

ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ НАУКА

Божидар Раденковић

Маријана Деспотовић-Зракић

Зорица Богдановић

Душан Бараћ

Александра Лабус

Живко Бојовић

Интернет интелигентних уређаја

Internet of things

Интернет интелигентних уређаја

Божидар Раденковић

Маријана Деспотовић-Зракић

Зорица Богдановић

Душан Бараћ

Александра Лабус

Живко Бојовић

Рецензенти

Проф. др Вељко Милутиновић

Проф. др Милорад Стanoјевић

др Бранислав Јованић, научни саветник

Издавач: Факултет организационих наука, Београд, Јове Илића 154

Лектор: Вукашин Стојиљковић

Корице: Лабораторија за електронско пословање

Штампа: Newpress, Смедерево

Тираж: 500 примерака

ИНТЕРНЕТ интелигентних уређаја = Internet of things / Божидар

Раденковић ... [и др.]. - Београд : Факултет организационих наука, 2017

(Смедерево : Newpress). - XVI, 324 стр. : илустр. ; 24 cm

Тираж 500. - Библиографија уз свако поглавље.

ISBN 978-86-7680-339-2

1. Раденковић, Божидар, 1958- [автор]

а) Интернет ствари

COBISS.SR-ID 232745228

На основу одлуке Издавачког одбора Факултета организационих наука Универзитета у Београду 04-07 број 3/11 од 28.03.2017. одобрава се за употребу у настави као основни уџбеник.

Издавачи задржавају сва права. Репродукција поједињих делова или целине ове публикације није дозвољена.

САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР.....	XV
I. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА.....	1
1. УВОД У ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	3
1. Интернет интелигентних уређаја	3
2. Паметни уређаји	5
3. Умрежавање паметних уређаја	6
4. Платформе за развој интернета интелигентних уређаја.....	9
4.1. Карактеристике платформе интернета интелигентних уређаја	9
4.2. Развој платформе интернета интелигентних уређаја	11
Хардверске компоненте	12
Софтверске компоненте.....	13
5. Технологије за развој интернета интелигентних уређаја	14
5.1. Мрежне технологије и протоколи	15
5.2. Мобилне технологије	15
Мобилне мреже	15
Bluetooth.....	16
RFID.....	16
GPS.....	19
WiMax.....	19
Комуникација уређаја у близком пољу.....	20
ZigBee.....	22
5.3. Cloud computing и Big data.....	22
6. Области примене интернета интелигентних уређаја	23
6.1. Примена Интернета интелигентних уређаја у личне и пословне сврхе	23
6.2. Интернет интелигентних уређаја у градском окружењу	24
6.3. Интернет интелигентних уређаја у образовању.....	25
6.4. Интернет интелигентних уређаја у здравству	26
6.5. Интернет интелигентних уређаја у трговини	26
6.6. Интернет интелигентних уређаја у маркетингу.....	27
6.7. Интернет интелигентних уређаја у логистици и транспорту.....	27
6.8. Интернет интелигентних уређаја у индустрији	28
6.9. Интернет интелигентних уређаја у праћењу стања у окружењу.....	28
6.10. Интернет интелигентних уређаја у енергетским системима.....	28
6.11. Интернет интелигентних уређаја у пољоривреди	28
6.12. Интернет интелигентних уређаја у роботици.....	29
Закључак	29

Питања	29
Референце	30
2. ПАМЕТНИ УРЕЂАЈИ	33
1. Сензори.....	33
1.1. Сензори у здравству	35
1.2. Сензори саобраћаја	36
1.3. Сензори паметних кућа	36
1.4. Сензори у паметним учионицама	37
1.5. Сензори у паметним канцеларијама	37
1.6. Сензори паметних градова	37
2. Актуатори.....	38
3. Микрорачунари и микроконтролери	40
3.1. Оперативни системи за паметне уређаје	41
4. Wearable уређаји.....	42
Закључак	46
Питања	46
Референце	46
3. СЕНЗОРСКЕ МРЕЖЕ.....	49
1. Бежичне сензорске мреже.....	49
2. Бежични сензорски чврлови.....	50
2.1. Сензорска јединица.....	51
2.2. Примопредајник.....	52
2.3. Процесор.....	52
2.4. Батеријско напајање	52
2.5. Меморија.....	53
3. Архитектура бежичне сензорске мреже.....	53
3.1. <i>Ad hoc</i> бежичне сензорске мреже	54
3.2. Кластериране бежичне сензорске мреже	54
4. Слојевита архитектура бежичне сензорске мреже	56
4.1. Физички слој	56
4.2. Слој везе	57
4.3. Мрежни слој	59
4.4. Транспорни слој	61
4.5. Апликациони слој	62
5. Реализација бежичних сензорских мрежа.....	62
6. Управљање подацима у сензорским мрежама	65
6.1. Агрегација података	65
6.2. Квалитет сервиса у сензорској мрежи	65
6.3. Безбедност сензорске мреже	66

7. Примена бежичних сензорских мрежа	66
Закључак	67
Питања	67
Референце	68
4. МРЕЖНИ ПРОТОКОЛИ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	69
 1. Мрежни протоколи	69
1.1. <i>Ethernet</i>	70
1.2. <i>Wi-Fi</i>	71
1.3. <i>WiMAX</i>	72
1.4. <i>Bluetooth</i>	74
1.5. <i>IEEE 802.15.4</i>	77
1.6. <i>ZigBee</i>	78
 2. Власнички комерцијални протоколи	80
2.1. <i>EnOcean</i>	80
2.2. <i>Z-wave</i>	80
2.3. <i>Insteon</i>	82
 3. Протоколи мрежа кућних уређаја	83
3.1. <i>X10</i>	83
3.2. <i>KNX</i>	84
3.3. <i>LonWorks</i>	85
 4. Протоколи мобилних мрежа	86
4.1. <i>3G</i>	86
4.2. <i>4G</i>	87
4.3. <i>5G</i>	90
 5. Протоколи мрежног интернет слоја	90
5.1. <i>IPv4</i>	90
5.2. <i>IPv6</i>	92
5.3. <i>6LoWPAN</i>	94
 6. Бежичне меш мреже.....	95
6.1. Архитектура бежичних меш мрежа	96
6.2. Протоколи за усмеравање података.....	96
6.3. Примена меш мрежа.....	96
 7. Протоколи транспортног слоја.....	97
7.1. <i>TCP</i>	97
7.2. <i>UDP</i>	98
 8. Cross layer комуникација за интернет интелигентних уређаја.....	98
Закључак	100
Питања	100
Референце	101

5. КОМУНИКАЦИЈА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА - MACHINE TO MACHINE M2M ...	103
1. М2М комуникација	103
2. Инфраструктура M2M система	104
2.1. Приступна мрежа	105
2.2. Капиларна мрежа.....	106
2.2. WAN мреже	107
3. Стандардизација и протоколи у M2M мрежама	107
3.1. ETSI	107
3.2. 3GPP	109
3.3. OneM2M.....	109
4. Примена M2M система	110
Закључак	111
Питања	111
Референце	111
6. СОФТВЕРСКИ ДЕФИНИСАНЕ МРЕЖЕ	113
1. Софтврски дефинисане мреже	113
2. Архитектура софтврски дефинисаних мрежа.....	114
3. OpenFlow протокол	116
4. Примена софтврски дефинисаних мрежа	117
5. Контрола и сигурност у софтврски дефинисаним мрежама.....	118
Закључак	119
Питања	119
Референце	119
7. ПРОТОКОЛИ АПЛИКАТИВНОГ СЛОЈА ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА...121	
1. Протоколи апликативног слоја интернета интелигентних уређаја.....	121
2. HTTP	122
3. REST.....	124
4. CoAP	126
4.1. Модел размене порука и формат поруке.....	127
4.2. Захтев-одговор модел.....	129
4.3. Посредници и кеширање.....	129
4.4. Проналажење ресурса	130
5. Веб сокет.....	130
6. MQTT	132
7. XMPP	133
8. DDS	134
9. AMQP	135

10. LWM2M.....	136
Закључак	137
Питања	137
Референце	138
8. РАЧУНАРСТВО У ОБЛАКУ И ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА.....	139
1. Рачунарство у облаку	139
1.1. Виртуелизација	139
1.2. Управљање дигиталним идентитетима у облаку.....	140
2. Развојни модели рачунарства у облаку.....	140
2.1. Инфраструктура као сервис за интернет интелигентних уређаја	141
2.2. Платформа као сервис за интернет интелигентних уређаја.....	142
Xively PaaS за IoT.....	142
Carriots PaaS за IoT.....	144
ThingWorx PaaS за IoT.....	146
Aneka PaaS за IoT	146
2.3. Софтвер као сервис за интернет интелигентних уређаја	147
3. Интеграција интернета интелигентних уређаја и рачунарства у облаку.....	147
Закључак	150
Питања	150
Референце	151
9. BIG DATA И ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	153
1. Појам и карактеристике Big data.....	153
2. Big data инфраструктура.....	154
2.1. Складиштење података у Big data окружењу.....	155
Дистрибуирани фајл системи	155
Нерелационе базе података	156
2.2. Претрага података у Big data окружењу	156
2.3. Big data аналитика	157
2.4. Hadoop оквир за Big data.....	158
2.5. Apache Spark	160
3. Примена Big data.....	160
Закључак	161
Питања	161
Референце	161

II. ПАМЕТНА ОКРУЖЕЊА	163
10. ПАМЕТНИ ГРАДОВИ.....	165
1. Појам и карактеристике паметних градова.....	165
2. IoT инфраструктура паметних градова	167
3. Технологије за развој паметних градова	168
4. Сервиси паметних градова	169
5. Пример примене у пракси	172
Закључак	173
Питања	174
Референце	174
11. ПАМЕТНЕ КУЋЕ	177
1. Карактеристике паметне куће	177
2. Архитектура и компоненте система паметних кућа.....	179
3. Протоколи за аутоматизацију паметних кућа	180
4. Системи за управљање паметним кућама	182
5. Пример примене у пракси	184
Закључак	185
Питања	185
Референце	185
12. ПАМЕТНЕ УЧИОНИЦЕ	187
1. Карактеристике паметних учионица	187
2. Техничка опремљеност паметних учионица	188
2.1. Хардверска опремљеност	189
2.2. Софтверска опремљеност	191
2.3. Паметни уређаји у учионицама.....	192
3. Инфраструктура паметних учионица	192
4. Врсте паметних учионица	194
5. Пројектовање паметних учионица	196
6. Пример примене у пракси.....	197
Закључак	200
Питања	200
Референце	200
13. ПАМЕТНЕ КАНЦЕЛАРИЈЕ	203
1. Појам паметне канцеларије.....	203
2. Карактеристике паметних канцеларија.....	204

3. Инфраструктура и техничка опремљеност паметних канцеларија	204
3.1. Инфраструктура паметних канцеларија.....	204
3.2. Уређаји у паметним канцеларијама	205
4. Пример примене у пракси	209
Закључак	210
Питања	210
Референце	210
14. ПАМЕТНИ САОБРАЋАЈ	213
1. Транспорт и логистика.....	213
2. Асистирана вожња	214
3. Интелигентни транспортни системи	214
3.1. Елементи интелигентних транспортних система.....	215
3.2. Архитектура интелигентних транспортних система.....	216
3.3. Примена интелигентних транспортних система	217
3.4. Аутоматизација саобраћајних сигнализација	218
4. Техничке карактеристике интелигентних транспортних система	220
4.1. Cloud computing у интелигентном транспортном систему.....	220
4.2. Квалитет услуга (QoS).....	220
4.3. Скалабилност, поузданост и мобилност	220
4.4. Безбедност	221
4.5. Управљање	221
4.6. Праћење саобраћаја у реалном времену	221
4.7. Ваздушни саобраћај	222
4.8. Аутомобилски саобраћај.....	223
5. Паметан паркинг	225
5.1. Систем за управљање паметним паркингом	225
5.2. Технологије паметног паркинга.....	228
6. Паметна возила.....	228
6.1. Електрична возила.....	230
7. Пример примене у пракси	231
Закључак	232
Питања	232
Референце	233
15. ПАМЕТНА ИНДУСТРИЈА	235
1. Појам паметне индустрије	235
2. Карактеристике и циљеви паметне индустрије	238
3. Компоненте паметне индустрије.....	238
3.1. Сајбер-физички систем	238
3.2. Интернет интелигентних уређаја.....	239

3.3. Интернет сервиси	239
3.4. Паметне фабрике	239
4. Принципи паметне индустрије	240
5. Паметна индустрија и промене у друштву.....	241
5.1. Промене у структури ланца вредности	241
5.2. Нови производи и сервиси.....	242
5.3. Послови и вештине.....	242
5.4. Промене у економији.....	242
5.5. Промене у логистичким процесима	243
6. Пример примене у пракси	243
Закључак	244
Питања	245
Референце	245
16. ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТИХ УРЕЂАЈА У ТРГОВИНИ, ЛОГИСТИЦИ И МАРКЕТИНГУ	247
1. Технологије интернета интелигентних уређаја у малопродаји	247
2. Интелигентне продајне машине и паметни системи плаћања.....	250
3. Примена интернета интелигентних уређаја у шопинг моловима	253
4. Интернет интелигентних уређаја у логистици.....	254
4.1. Примена Интернета интелигентних уређаја у колаборативним ланцима снабдевања	255
5. Интернет интелигентних уређаја у маркетингу.....	256
6. Пример примене у пракси	257
Закључак	258
Питања	258
Референце	258
17. ПАМЕТНА ПОЉОПРИВРЕДА	261
1. Инфраструктура паметне пољопривреде.....	261
1.1. IoT инфраструктура паметне фарме.....	262
1.2. Информациони систем паметне фарме	262
1.3. Екстерни сервиси паметне фарме	263
2. Примена интернета интелигентних уређаја у пољопривреди	264
2.1. Мерење и праћење квалитета окружења	264
2.2. Пољопривредна механизација	264
2.3. Паметно наводњавање.....	265
3. Интернет интелигентних уређаја у сточарству	266
4. Интернет интелигентних уређаја у шумарству	267
5. Пример примене у пракси	267

Закључак	268
Питања	268
Референце	269
18. ПАМЕТНЕ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКЕ МРЕЖЕ - SMART GRID	271
1. Појам и карактеристике паметних електроенергетских мрежа	271
2. Архитектура паметне електроенергетске мреже	272
2.1. Потрошачи у паметној електроенергетској мрежи.....	273
2.2. Тржиште.....	274
2.3. Сервис провајдери	274
2.4. Операције у паметној електроенергетској мрежи.....	275
2.5. Генерисање електричне енергије	275
2.6. Пренос електричне енергије.....	276
2.7. Дистрибуција електричне енергије.....	276
3. Инфраструктура паметне електроенергетске мреже.....	276
3.1. Home Area Network	277
3.2. Инфраструктура за управљање паметним бројилима.....	278
3.3. Neighbourhood Area Network.....	278
3.4. Field Area Network	279
3.5. Wide Area Network	280
3.6. Информациони системи у smart grid предузећима	280
4. Стандарди у паметним електроенергетским мрежама.....	280
5. Имплементација паметних електроенергетских мрежа	281
6. Пример примене у пракси	282
Закључак	283
Питања	284
Референце	284
19. ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТИХ УРЕЂАЈА У Е-ЗДРАВСТВУ	287
1. Појам и карактеристике е-здравства	287
2. Примена интернета интелигентних уређаја у е-здравству	289
3. Архитектура е-здравства заснована на интернету интелигентних уређаја	291
4. Мобилно здравство	292
5. Пример примене у пракси	294
Закључак	296
Питања	297
Референце	297
20. ПАМЕТНА Е-УПРАВА	299
1. Појам и карактеристике паметне е-управе	299

2. Инфраструктура и сервиси паметне е-управе	301
3. Отворени подаци у паметној е-управи.....	303
4. Пример примене у пракси.....	304
Закључак	305
Питања	305
Референце	306
21. СИГУРНОСТ У ПАМЕТНИМ ОКРУЖЕЊИМА	307
1. Сигурност у паметним окружењима	307
2. Безбедност интелигентних уређаја.....	309
3. Примена мера безбедности у IoT	310
4. End-to-end решења за безбедност.....	311
Закључак	312
Питања	313
Референце	313
22. ТРЕНДОВИ У ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	315
1. Smart dust технологија	315
2. Brain-Computer интерфејс	316
3. Интернет интелигентних уређаја у роботици.....	316
4. Интернет интелигентних уређаја и виртуелна реалност.....	318
5. Интернет интелигентних уређаја и говорне апликације	319
6. Интернет интелигентних уређаја у здравству	320
7. Интернет интелигентних уређаја и друштвене мреже	320
Закључак	323
Питања	323
Референце	323

ПРЕДГОВОР

Уџбеник Интернет интелигентних уређаја (енг. Internet of Things, IoT), намењен студентима Факултета организационих наука, даје преглед теоријских концепата, технологија и методолошких поступака за развој и примену интернета интелигентних уређаја.

Уџбеник се може користити и као додатна литература за друге предмете из области примене савремених информационих технологија на свим нивоима студија. Осим студентима, биће од користи и онима који се баве проучавањем савремених информационих технологија с теоријског и практичног аспекта.

Интернет интелигентних уређаја довео је до великих промена у свакодневном животу, пословању, образовању, здравству, производњи и другим областима, омогућивши повезивање већег броја корисника, уређаја, сервиса и апликација на интернет, при чему сваки уређај има јединствен идентитет и може да препозна и прилагоди се променама у окружењу. Уређаји повезани с другим уређајима и апликацијама директно и индиректно размењују податке и прослеђују их удаљеним серверима, а крајњи корисници им приступају путем веб и мобилних апликација.

Интернет интелигентних уређаја може се применити у домаћинствима, градовима, енергетици, малопродаји, логистици, пољопривреди, индустрији, образовању, здравству, пословању, државној управи, чиме се знатно унапређује квалитет живота и олакшава извршавање свакодневних активности. У образовању се користи у паметним учоницама и библиотекама посредством wearable уређаја и сензора, што ученицима са инвалидитетом може олакшати учење. У здравству и спорту се оваквим справама прати здравствено стање пацијената и спортиста. Постављањем сензора, актуатора, микроконтролера и микрорачунара аутоматизује се градска инфраструктура: путеви, паркинзи, осветљење, надзор и систем за ванредне ситуације; на сличан начин надгледају се временске прилике, загађење ваздуха, бука, пожари и поплаве. У логистици се може пратити кретање возила и испорука робе. Битно подручје примене представљају паметне електроенергетске мреже (енг. Smart grid) и обновљиви извори енергије који потрошачима омогућују да самостално управљају потрошњом, производњом и продајом електричне енергије. У пољопривреди интернет интелигентних уређаја аутоматизује наводњавање и контролу стаклених башти на даљину и одређује квалитет за узгајање појединих биљних култура.

Књига Интернет интелигентних уређаја састоји се из два дела. У првом, под називом „Теоријске основе интернета интелигентних уређаја”, дат је преглед концепата, инфраструктуре и технологија којима се развијају апликације за управљање паметним окружењима. Други се односи на паметна окружења и приказује примену интернета интелигентних уређаја у различитим подручјима.

С обзиром да на српском језику до сада није било свеобухватне књиге из ове

области, у писању смо користили најновије научне чланке еминентних аутора који проучавају интернет интелигентних уређаја, практична знања и искуства научника и стручњака из Србије и нас самих, а у великој мери наше претходне радове објављене у угледним међународним и домаћим часописима. Уверени смо да је квалитету уџбеника нарочито допринело вишегодишње искуство потписаника у настави и вежбама са студентима основних, мастер и докторских студија.

Посебно захваљујемо професорима Вељку Милутиновићу, Милораду Станојевићу и Браниславу Јованићу на саветима и подршци, а такође смо захвални сарадницима и докторандима Катедре за електронско пословање Факултета организационих наука у Београду: Ивану Јездовићу, Ђорђу Кнежевићу, Александру Ивковићу, Павлу Лошићу, Игору Ђурићу, Николи Угриновићу, Владану Бојићу, Предрагу Милићевићу, Растку Мартаћу, Бранки Родић-Трмчићу, Милици Лабус на помоћи. Нисмо заборавили ни бројне студенте који су допринели својим семинарским и завршним радовима.

Све сугестије у вези са изложеним градивом су добродошле.

Аутори

I ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

1. УВОД У ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Интернет интелигентних уређаја. Паметни уређаји. Умрежавање паметних уређаја. Платформе за развој интернета интелигентних уређаја. Карактеристике платформе интернета интелигентних уређаја. Развој платформе интернета интелигентних уређаја. Технологије за развој интернета интелигентних уређаја. Мрежне технологије и протоколи. Мобилне технологије. Cloud computing и Big data. Области примене интернета интелигентних уређаја.

2. ПАМЕТНИ УРЕЂАЈИ

Сензори. Healthcare сензори. Сензори саобраћаја. Сензори паметних кућа. Сензори у паметним учионицама. Сензори у паметним канцеларијама. Сензори паметних градова. Актуатори. Микрорачунари и микроконтролери. Wearable уређаји.

3. СЕНЗОРСКЕ МРЕЖЕ

Бежичне сензорске мреже. Бежични сензорски чворови. Сензорска јединица. Примопредајник. Процесор. Батеријско напајање. Меморија. Архитектура бежичне сензорске мреже. Ad hoc бежичне сензорске мреже. Кластеризоване бежичне сензорске мреже. Слојевита архитектура бежичне сензорске мреже. Физички слој. Слој везе. Мрежни слој. Транспортни слој. Апликациони слој. Реализација бежичних сензорских мрежа. Управљање подацима у сензорским мрежама. Агрегација података. Квалитет сервиса у сензорској мрежи. Безбедност сензорске мреже. Примена бежичних сензорских мрежа.

4. МРЕЖНИ ПРОТОКОЛОИ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Мрежни протоколи. Ethernet. Wi-Fi. WiMAX. Bluetooth. IEEE 802.15.4. ZigBee. Власнички комерцијални протоколи. EnOcean. Z-wave. Insteon. Протоколи мрежа кућних уређаја. X10. KNX. LonWorks. Протоколи мобилних мрежа. 3G. 4G. 5G. Протоколи мрежног интернет слоја. IPv4. IPv6. 6LoWPAN. Бежичне меш мреже. Архитектура бежичних меш мрежа. Протоколи за усмеравање података. Примена меш мрежа. Протоколи транспортног слоја. TCP. UDP. Cross layer комуникација за интернет интелигентних уређаја.

5. КОМУНИКАЦИЈА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА - MACHINE TO MACHINE M2M

M2M комуникација. Инфраструктура M2M система. Приступна мрежа. Капиларна мрежа. WAN мреже. Стандардизација и протоколи у M2M мрежама. ETSI. GPP. OneM2M. Примена M2M система. Будућност M2M комуникације.

6. СОФТВЕРСКИ ДЕФИНИСАНЕ МРЕЖЕ

Софтверски дефинисане мреже. Архитектура софтверски дефинисаних мрежа. OpenFlow протокол. Примена софтверски дефинисаних мрежа. Контрола и сигурност у софтверски дефинисаним мрежама.

7. ПРОТОКОЛИ АПЛИКАТИВНОГ СЛОЈА ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Протоколи апликативног слоја интернета интелигентних уређаја. HTTP. REST. CoAP. Модел размене порука и формат поруке. Захтев-одговор модел. Посредници и кеширање. Проналажење ресурса. Веб сокет. MQTT. XMPP. DDS. AMQP. LWM2M.

8. РАЧУНАРСТВО У ОБЛАКУ И ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Рачунарство у облаку. Виртуелизација. Управљање дигиталним идентитетима у облаку. Развојни модели рачунарства у облаку. Инфраструктура као сервис за интернет интелигентних уређаја. Платформа као сервис за интернет интелигентних уређаја. Софтвер као сервис за интернет интелигентних уређаја. Интеграција интернета интелигентних уређаја и рачунарства у облаку.

9. BIG DATA И ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Појам и карактеристике Big data. Big data инфраструктура. Складиштење података у Big data окружењу. Претрага података у big data окружењу. Big data аналитика. Hadoop оквир за Big data. Apache Spark. Примена Big data.

1

УВОД У ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Интернет интелигентних уређаја (енг. Internet of Things, IoT) представља нову област информационих технологија која се веома брзо развија [1][2][3]. Технологије интернета интелигентних уређаја омогућују повезивање већег броја корисника, уређаја, сервиса и апликација на интернет. Овај термин предложио је Кевин Ештон 1999. године за опис система који помоћу сензора повезује физички свет на интернет [4][5]. Компоненте интернета интелигентних уређаја међусобно су повезане, комуницирају и размењују податке, имају јединствен идентитет, на даљину детектују промене у окружењу, реагују на њих и надгледају систем. Уређаји повезани с другим уређајима и апликацијама у стању су да директно и индиректно међусобно разменjuју податке. Прикупљени подаци обрађују се локално или шаљу на обраду у сервере или апликације засноване на Cloud computing-у. Крајњи корисници путем веба и мобилних апликација приступају овим подацима, подешавају конфигурације уређаја и управљају и одржавају IoT системе.

Интернет интелигентних уређаја може се применити: у домаћинствима, градовима, пословању, трговини, логистици, енергетици, пољопривреди, индустрији, образовању, здравству, управи и другим областима.

1. Интернет интелигентних уређаја

Развој интернет технологија и IPv6 протокола и нова достигнућа у нанотехнологијама омогућили су пројектовање, производњу, постављање и умрежавање великог броја уређаја опремљених сензорима и актуаторима. Овим уређајима може се приступати и управљати путем интернета у реалном времену [6].

Интернет интелигентних уређаја дефинише се као глобална мрежна инфраструктура која омогућује повезивање физичких и виртуелних уређаја интероперабилним комуникационим протоколима и интелигентним интерфејсима. Инфраструктуру чине три основне компоненте: интелигентни уређаји, мрежна инфраструктура за њихово повезивање и системи што користе податке које генеришу интелигентни уређаји [6][7]. Интелигентни уређаји имају своје физичке атрибуте и јединствен физички и виртуелни идентитет [8].

Уређаји повезани на интернет могу да комуницирају са другим уређајима. Такав вид комуникације назива се M2M комуникација (енг. Machine-to-Machine Communication) [3]. M2M комуникација омогућује слање, примање и анализу података с ма ког уређаја у ма ком тренутку. У уређаје је могуће уградити сензоре који опажају околину [9]. Сензорски уређаји за прикупљање података из окружења често се за-снивају на RFID, NFC, Bluetooth, GPS, инфрацрвеним и другим технологијама [10].

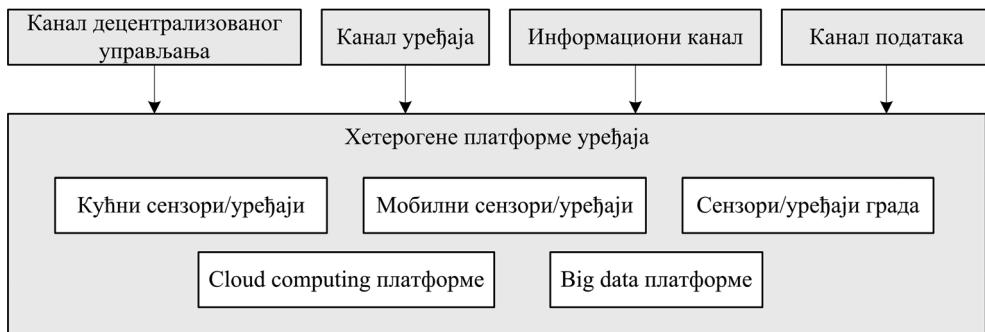
Структура интернета интелигентних уређаја може се ради једноставније анализе и пројектовања поделити на три слоја: хардвер, инфраструктура, апликације и сервиси (*слика 1.1*) [6][11].



Слика 1.1: Основни слојеви интернета интелигентних уређаја

Први и најнижи IoT слој је хардвер за повезивање физичких уређаја. Само они уређаји који су повезани могу међусобно размењивати информације и учити на основу искуства. Циљ јесте да се направе уређаји и системи са угађеним рачунарским функционалностима и интелигенцијом за проактивно расуђивање и понашање.

Инфраструктура као други IoT слој омогућује повезивање уређаја на бежичну или неку другачију рачунарску мрежу; треба да обезбеди окружење за развој IoT апликација кроз канале за управљање подацима информацијама и уређајима и канале за децентрализовано управљање (*слика 1.2*).



Слика 1.2: Инфраструктура IoT, канали IoT платформе, адаптирано из [12]

Канал података омогућује управљање, оптимизовано складиштење и издвајање сродних информација из токова података.

Информациони канал служи за откривање важних догађаја, процену утицаја, идентификацију поузданости информација и анализу података у реалном времену.

Канал уређаја обухвата технологије за опис и размену информација са уређаја у односу на просторне, друштвене и апликационе аспекте. Обухвата и механизме за заштиту приватности. Децентрализовани канал односи се на технологије за ефикасно управљање и координацију великог броја уређаја.

Трећи и највиши IoT слој представљају апликације и сервиси за прибављање података са уређаја, обраду и испоруку. Усавршавање апликација и сервиса неопходан је услов за развој паметних окружења и смислену примену IoT у различитим подручјима људског деловања.

2. Паметни уређаји

Паметни уређај је инструмент или машина са својствима рачунара. Главна одлика му је да може да комуницира с другим уређајима у окружењу и изводи интелигентне операције.

Такав уређај мора имати следеће физичке компоненте[13]:

- напајање,
- меморију,
- процесор и
- комуникациони интерфејс.

Паметни уређаји могу се напајати преко електричне мреже, батерија, соларних панела итд. Меморија паметних уређаја омогућује чување података из сензора и реализацију операција за које су уређаји програмирани. Уколико је меморијски простор већи, паметни уређаји могу меморисати више података и реализовати сложеније операције. IoT уређај се састоји од улазно/излазних интерфејса за сензоре и актуаторе, интерфејса за интернет конекцију, интерфејса за складиште и меморију и аудио и видео интерфејса. У IoT уређаје спадају:

- Сензори за праћење стања и обавештавање о насталим променама у окружењу.
- Актуатори који на основу детектованих промена у окружењу путем управљачких акција извршавају физичке активности.
- Модули који омогућују пријем команди у одређеном окружењу.
- Микроконтролери (обично базирани на микропроцесорима) са уgraђеном меморијом, часовником и хардвером за повезивање на спољне уређаје, као што су сензори, актуатори и примопредајници за бежични пренос података.
- Микрорачунари („малени“ рачунари) који на једном чипу имају микропроцесор, меморију и улазно-излазне уређаје.

Карактеристике IoT уређаја су [8]:

- **Динамичка самоадаптивност.** Динамички се прилагођавају окружењу и реагују на промене из окружења.
- **Самоконфигурисање.** Конфигуришу се уз минимално учешће корисника.

- **Интероперабилност комуникационих протокола.** Међусобну комуникацију остварују путем стандардизованих интероперабилних комуникационих протокола.
- **Јединствени идентитет.** Имају јединствен симболички или нумерички идентификатор, на пример IP адресу или јединствени идентификатор ресурса (енг. Uniform Resource Identifier, URI). Помоћу јединственог идентификатора корисници приступају уређају преко интернета, даљински управљају уређајем, конфигуришу и прате у каквом је статусу.
- **Повезаност у мрежу.** Повезани су у рачунарску мрежу која омогућује да међусобно комуницирају и да буду видљиви осталим уређајима и апликацијама.

IoT уређаји могу бити: кућни апарати, рачунари, паметни телефони, штампачи, аутомобили, индустријске машине, уређаји у енергетским системима, уређаји у здравственим системима и други [8].

3. Умрежавање паметних уређаја

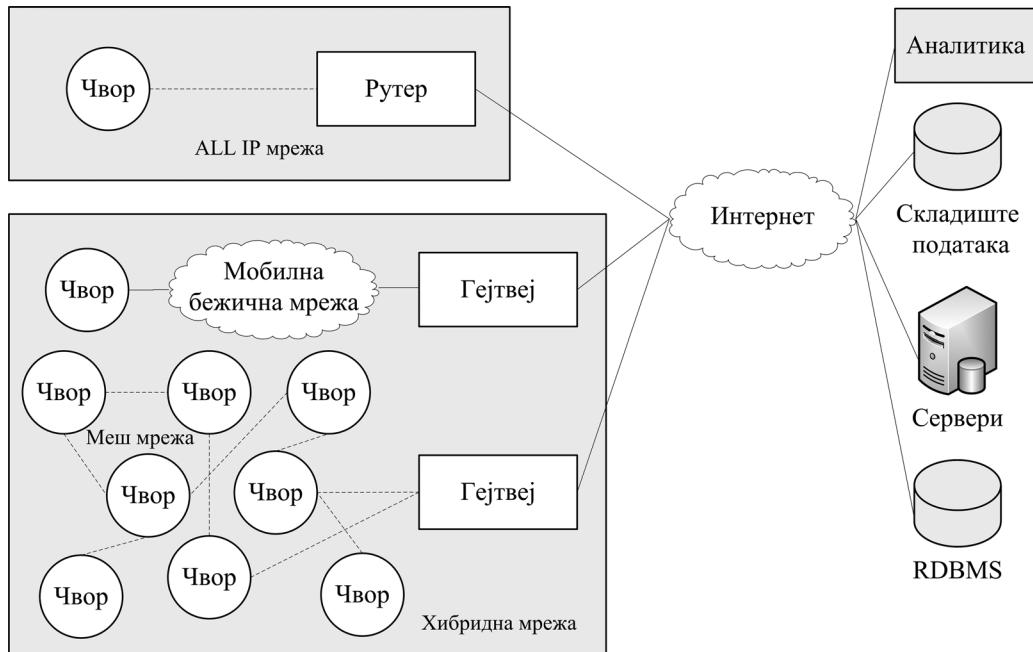
M2M комуникација (енг. Machine to Machine, M2M) омогућује повезивање, размену и анализу прикупљених података између IoT уређаја без људског утицаја [14]. Главно својство M2M концепта јесте да су механички и електрични уређаји међусобно повезани и контролисани на даљину коришћењем јефтиних, скалабилних и поузданних технологија [15]. Комуникација између паметних уређаја омогућује имплементацију бројних апликација, као што су паметна мерења, даљинско управљање возилима, удаљено праћење здравственог стања пацијената, надзор на даљину, аутоматизација у индустрији и слично. Примена овог концепта је ограничена могућностима постојећих телекомуникационих мрежа и непостојањем глобалних стандарда за M2M комуникацију. Претпоставља се да ће број паметних уређаја рasti, па је реално очекивати интензиван технолошки напредак умрежавања и подршке за IP технологије. Успостављање M2M комуникације је сложен поступак, јер не постоји јединствена архитектура за M2M мреже, ни у погледу организације, ни у погледу величине мрежа.

Постојеће M2M мреже деле се на: потпуне IP и хибридне мреже [16]. Потпуно IP мреже углавном се заснивају на технологијама повезивања као што су: Ethernet и Wi-Fi. Карактеришу их повећани трошкови реализације, потенцијални несклад између захтева различитих апликација у погледу латенције, мрежних карактеристика и проблеми везани за безбедност на интернету. У хибридним мрежама фокус је на обезбеђењу функционисања TCP/IP протокола на скромном хардверу и интероперабилност са индустријским стандардима за умрежавање уређаја, као што је ZigBee. Главни разлог за примену хибридних M2M мрежа јесте што чворови мреже у неким случајевима не прихватају стандардне мрежне интерфејсе, осетљиви су на напајање и често су далеко лоцирани. Додатни разлози за примену су могућност интеграције постојећих телеметријских система, као што су пасивни сензори (RFID тагови), нискофреквентни уређаји, уређаји за једнократну употребу и други.

Хибридни M2M системи подразумевају интеграцију чврода који међусобно комуницирају разменом аналогних и дигиталних сигнала преко не-IP протокола, повезивањем у меш мрежу (енг. Mesh network topology) или преко гејтвеја (енг. Gateway). Улога гејтвеја је да консолидује и агрегира сигнале од/ка уређајима и да усмери агрегиране податке са IoT уређаја на IP мрежу. Када је потребно, гејтвеј може да врши локално кондиционирање сигнала, филтрирање, меморисање и друге обраде пре слања података на даљу анализу. За пренос података у хибридним мрежама користе се и ресурси мобилне телефоније где се пакети преко мобилне мреже најпре шаљу на гејтвеј, а затим преко TCP/IP мреже на сервере.

У M2M мрежама с бежичном мешовитом архитектуром, где не постоји главни чврд преко кога се одвија целокупна комуникација, користе се меш стандарди или стандарди за умрежавање, као што су Bluetooth или Z-wave, за надгледање и контролу [17].

На слици 1.3 дат је приказ повезивања паметних уређаја у M2M мрежу.



Слика 1.3: Повезивање паметних уређаја [16]

Комуникација паметних уређаја може се остварити коришћењем директне везе употребом жичаних или бежичних технологија или индиректним повезивањем преко приступних мрежних уређаја провајдера комуникационих услуга, применом мобилних, бежичних, оптичких или других одговарајућих технологија. У приступној мрежи избор начина комуникације са IoT уређајима зависи од захтева апликације која се имплементира и од техничких могућности мреже провајдера на конкретној локацији (доступност мреже, расположиви капацитети и сл.). Доступност мреже провајдера на локацији где су смештени крајњи и приступни уређаји у великој мери одређује коју врсту преноса података ће IoT уређаји користити,

односно да ли ће се користити услуге бежичне мреже, као што су 2G, GPRS, 3G, LTE, или неке друге оптичке или жичане технологије, као што су фиксна телекомуникациона мрежа или мрежа за комуникацију преко енергетских водова (енг. Power Line Communication, PLC). У највећем броју случајева користе се сервиси мобилне телекомуникационе мреже. Она обезбеђује високу покривеност простора, мобилност корисника и уређаја, а гарантује IP комуникацију од крајњег уређаја до интернета, уз задовољавајуће карактеристике конекције у погледу кашњења и пропусности. За пренос података се, углавном, примењује пакетски пренос преко IP протокола.

У мрежама сензора и актуатора, које су хетерогене, за међусобно повезивање IoT уређаја се углавном примењују бежични протоколи, као што су ZigBee, Bluetooth и жично повезивање PLC-а (енг. Programmable Logic Controller), а њима други уређаји и апликације у већини случајева приступају преко WAN мреже провајдера.

У M2M комуникацији између уређаја важно место заузима примена бежичних технологија кратког домета (енг. Short-Reach Wireless Technology). Оваквом комуникацијом могу се мреже сензора и актуатора лако проширити у нова окружења и у њима применити бројне апликације које користе предности ове технологије. У ту сврху се најчешће користе IEEE 802.15.4 протоколи, као што су 6LoWPAN (енг. IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) и ZigBee јер су погодни за мреже с малим протоком, дометом и потрошњом енергије, а ређе Bluetooth који троши више енергије и намењен је за комуникацију кратког домета равноправних чворова са малом пропусношћу преноса података.

WAN мреже предузећа, установа и телекомуникационих провајдера обезбеђују комуникацију крајњих тачака и са сервисним центром у M2M мрежи. У овим мрежама користи се лиценциран и нелиценциран спектар бежичних или жичних приступних технологија: DSL (енг. Digital Subscriber Line), WiMax, Wi-Fi, Ethernet и други.

Модели управљања мрежним саобраћајем и подацима у мрежама за M2M комуникацију разликују се према намени мреже и у великој мери зависе од захтева корисничких апликација. За телеметријске и друге податке који се испоручују са крајњих тачака M2M инфраструктуре потребно је решити питање чувања, организације и обраде на месечној, недељној или дневној основи. Великом количином информација различитих формата немогуће је управљати на традиционалан начин. Имајући у виду количину података, велику брзину пристизања и њихову разноврсност, решења за управљање подацима која се данас често примењују заснована су на Big data технологијама.

Водеће Big data технологије засноване су на Apache Hadoop-у и повезане су са решењима отвореног кода (HDFS, Hive, Mahout и други) и пројектима произвођача као што су Cloudera, HortonWorks, Amazon, Karmasphere и други, који нуде комерцијалне Hadoop дистрибуције, Cloud-based Hadoop имплементације и разноврсне алате за аналитику.

Ширење M2M комуникације намеће потребу за стандардизацијом и развојем протокола који би били део јединствене архитектуре. Међу значајним комуникационим протоколима намењеним M2M комуникацији су [18]:

- **aJile.** Обезбеђује оперативни систем и стандардну JME платформу за M2M апликације.
- **BITXml.** Нуди XML заснован протокол за M2M комуникацију који обухвата синтаксу, семантику и формалне дефиниције за уређаје и гејтвеје.
- **CEP.** Oracle M2M платформа за израду апликација за филтрирање и процесирање догађаја у реалном времену.
- **M2MXML.** XML протокол за M2M комуникацију са имплементацијом отвореног кода у Java и C програмским језицима.
- **MQTT** (енг. Message Queue Telemetry Transport). Протокол за комуникацију паметних уређаја код система који захтевају минималан проток у мрежи и малу потрошњу енергије.
- **CoAP (енг. Constrained Application Protocol).** Протокол сличан HTTP-у који функционише на клијент-сервер принципу, а за конекцију користи UDP протокол и не захтева додатне рачунарске ресурсе.
- **Viewbiuity.** Cloud-based M2M платформа за повезивање уређаја, процеса и апликација која обезбеђује поуздан рад кроз остварену редундантност, контролу, аутоматско креирање база података и бекап.

4. Платформе за развој интернета интелигентних уређаја

4.1. Карактеристике платформе интернета интелигентних уређаја

IoT платформа је софтверско и хардверско окружење за ефикасан развој IoT система [20]. Развој IoT платформи представља веома динамичну област софтверског и хардверског инжењерства за коју се стандарди и најбоља пракса, која би помагала у примени, тек формирају. IoT платформе које су до сада развијане за лабораторијску употребу не задовољавају у потпуности постављене циљеве и имају недостатке као што су ограничења у реалистичности експерименталног окружења и ограничења у мобилности, тестирању или учешћу крајњег корисника. Развојем нових IoT платформи један број ових недостатака је отклоњен.

Управљање IoT платформом је комплексно и обухвата процесе [19]:

- **Откривање ресурса.** Овај процес обухвата детектовање нових IoT ресурса на платформи, њихово регистровање за употребу и откривање потребног IoT ресурса претраживањем и коришћењем стандардних модела за опис ресурса.
- **Праћење ресурса.** Овај процес односи се на праћење поузданости платформе, јер IoT уређаји могу остати без напајања или бити физички оштећени.
- **Реконфигурацију платформе.** Реконфигурација IoT платформе није ограничена само на управљање грешкама, већ она треба да обезбеди оптималне перформансе

компоненти платформе. Реконфигурација обично подразумева промену параметара и структуре и промене у комуникационим протоколима које су потребне за оптимизацију рада IoT компоненти.

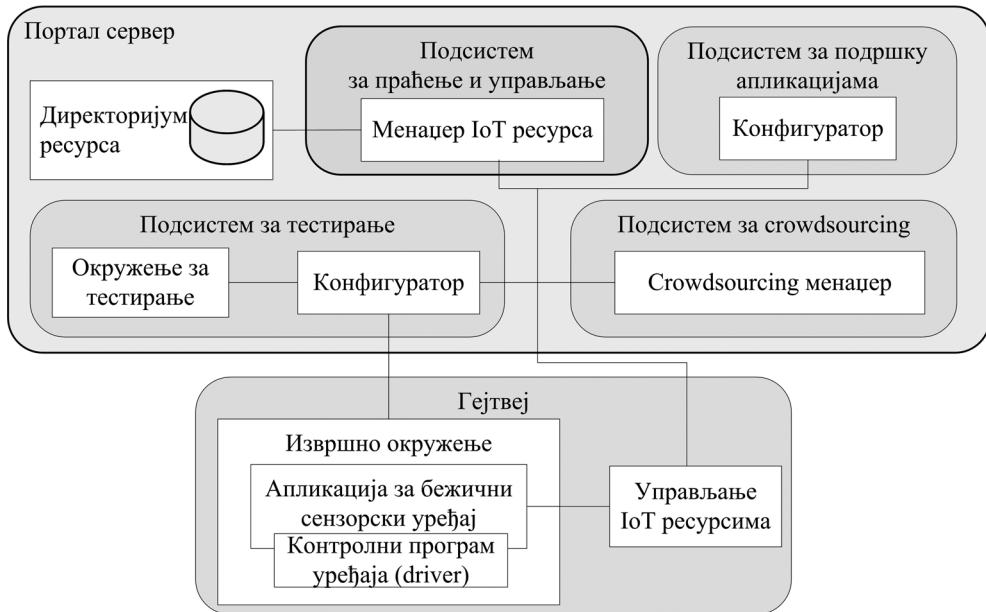
Важна карактеристика IoT платформе јесте проналажење ресурса на основу скупа критеријума које је корисник задао. Компоненте које се користе да обезбеде механизам за откривање ресурса, надгледање ресурса и реконфигурацију платформе распоређене су на различитим слојевима IoT платформе.

IoT платформе у већини случајева користе клијент-сервер архитектуру. На серверској страни, компоненте које су одговорне за пружање функционалности управљања платформом су (*слика 1.4*) [19]:

- **Директоријум ресурса.** Подржава откривање IoT ресурса, омогућује складиштење и проналажење описа ресурса за IoT чворове и врши проналажење IoT ресурса на основу задатог скупа критеријума унетих од стране корисника.
- **Менаџер IoT ресурса.** Обавља регистрацију нових IoT чворова у платформи и ажурирање статуса чворова на основу пријема извештаја из контролне компоненте која врши надзор над регистрованим ресурсима.
- **Конфигуратор за подешавање подсистема за подршку апликацијама.** Омогућује конфигурацију скупа IoT чворова који се користе за пружање услуга апликацијама.
- **Конфигуратор за подешавање подсистема за тестирање.** Омогућује конфигурацију скупа IoT чворова на начин који је погодан за сврху тестирања мреже и апликација.
- **Crowdsourcing менаџер.** Омогућује периодично очитавање ресурса, стања IoT чворова, прати и анализира њихова стања и догађаје и прослеђује извештаје менаџеру IoT ресурса.

IoT чворови се разликују и по улогама у платформи, тако да постоје следеће врсте [19]:

- **Инфраструктурни чворови** су део мреже у IoT уређају и служе за повезивање са платформом.
- **Експериментални IoT чворови** служе за подршку експериментисању.
- **Чворови за пружање сервиса** се користе за пружање сервиса клијентским апликацијама.
- **Партиципативни чворови су ручни уређаји** (нпр. мобилни телефони или таблети) за праћење и прикупљање података.



Слика 1.4: Компоненте система за управљање IoT платформом (адаптирано из [19])

4.2. Развој платформе интернета интелигентних уређаја

Приликом развоја платформе за интернет интелигентних уређаја неопходно је размотрити потребне функционалне елементе, као што су:

- Уређаји који имају функције прикупљања података и извршавања унапред дефинисаних акција и надгледања и контроле.
- Комуникационе компоненте које омогућују повезивање уређаја у оквиру IoT платформе.
- Срвиси у оквиру IoT платформе који треба да омогуће надгледање уређаја, управљање уређајима, извештавање о прикупљеним подацима и откривање уређаја на мрежи.
- Управљање функционалностима IoT платформе, као што су конфигурисање, праћење перформанси платформе и друго.
- Сигурносна компонента која се односи на реализацију функционалности, аутентификације, ауторизације, заштите интегритета и приватности података.
- Апликациона компонента која се односи на пружање могућности корисницима да надгледају и користе функционалности IoT платформе и да њима управљају.

Платформа интернета интелигентних уређаја представља комбинацију хардверских и софтверских решења која омогућује развој апликација за интелигентне уређаје и развој паметних окружења.

Компоненте за развој платформе интернета интелигентних уређаја су [20]:

- Хардверске:
 - сензори (нпр. за мерење температуре, влажности ваздуха, притиска),
 - актуатори (нпр. за контролу осветљења, климатизације),
 - микрорачунари (нпр. Raspberry Pi),
 - микроконтролери (нпр. Arduino) и
 - мрежна инфраструктура (рутери, свичеви, каблови и сл.).
- Софтверске:
 - развојна окружења (нпр. Eclipse, Arduino IDE и др.),
 - оперативни системи прилагођени за уређаје (нпр. Raspbian) и
 - софтвер за специфично паметно окружење.

Особе задужене за пројектовање и имплементацију апликација интернета интелигентних уређаја или паметних окружења могу се определити да ли желе да користе готове или да развијају сопствене платформе.

Комерцијалне (енг. proprietary) платформе пружају у већини случајева потпуно интегрисано и затворено решење за одговарајуће паметно окружење. Након куповине оваквог решења администратор треба да повеже хардвер и конфигурише платформу, након чега је она спремна за употребу. Неке од комерцијалних платформ поседују API (енг. Application programming interface) преко кога је могућа интеграција платформе с другим софтверским системима. Главна предност овог приступа огледа се у брзом добијању функционалног решења. Недостатак је да је овакав приступ обично затворен за уређаје и софтверске компоненте других производиођача и знатно је скупљи од властитог решења. У већини случајева такво решење није могуће интегрисати са платформама отвореног кода.

С друге стране, сопствене платформе омогућују знатно већу флексибилност. Пројектант платформе има слободу избора хардверских и софтверских компоненти. Главне предности овог приступа су флексибилност и отвореност, а недостаци су тежина имплементације и неопходно поседовање знатно већег техничког знања.

За повезивање интелигентних уређаја неопходна је мрежна инфраструктура. У ту сврху се најчешће користе бежичне сензорске мреже и протокол IPv6.

Хардверске компоненте

Без хардверских компоненти платформа интернета интелигентних уређаја није у стању да прикупља податке из окружења, нити да на њега утиче. Хардверске компоненте IoT платформе су:

- **Сензори** очитавају физичке карактеристике окружења (температура, релативна влажност ваздуха у процентима, притисак у паскалима и друге по потреби) и конвертују их у електричне величине (најчешће волте или оме) које су погодније

за рад са другим електронским уређајима. Подаци из сензора користе се у оквиру платформе која их детаљно анализира.

- **Актуатори** извршавају физичке задатке, често имају функцију прекидача и управљачког механизма. Примењују се за контролу осветљења, клима-уређаја, система за грејање и друго. Коришћењем актуатора врши се интеракција платформе са физичким окружењем.
- **Микрорачунари** (енг. Single Board Computer) су рачунари на једној штампаној плочи, са стандардним компонентама као што су процесор, оперативна меморија, меморија за складиштење података, периферије (најчешће USB и HDMI прикључци) и мрежни интерфејс. За разлику од класичних рачунара, уместо стандардне x86 или x64 архитектуре, најчешће користе ARM или неку другу RISC процесорску архитектуру. Главна предност им је енергетска ефикасност: троше мање струје и погодни су за напајање батеријом, што омогућује да буду постављени и на тешко приступачним локацијама. Микрорачунари за свој рад у већини случајева користе оперативни систем. Најчешће је то прилагођена Linux дистрибуција попут Raspbian-а. Један од често коришћених микрорачунара у IoT јесте Raspberry Pi, кога покреће ARM процесор на 700 MHz и 512 GB меморије, а другу генерацију овог уређаја покреће ARM процесор на 900 MHz и 1 GB меморије. Оперативни систем се инсталира на SD (енг. Secure Digital Card) картицу која се убацује у за њу предвиђен слот. Подржане су различите Linux дистрибуције (Raspbian, Pidora, OpenELEC) и Microsoft Windows 10 for IoT. Микрорачунари често поседују GPIO (енг. General Purpose Input Output) интерфејс, који омогућује повезивање великог броја различитих електронских компоненти, као што су сензори и актуатори, улазни и излазни уређаји.
- **Микроконтролери**. За разлику од микрорачунара, микроконтролери немају оперативни систем, већ само firmware; није подржан multitasking и учитава се (upload) само један програм у флеш меморију уређаја. Пренос апликације на хардвер се обавља коришћењем развојног окружења за дати микроконтролер. Хардверске карактеристике микроконтролера су слабије од оних код микрорачунара, меморија је ограничена и често није проширива. Микроконтролери, у односу на микрорачунаре, често имају више GPIO интерфејса за повезивање електронских уређаја. Уколико је потребно, микрорачунаре је могуће повезати с микроконтролерима. Пример микроконтролера јесте фамилија Arduino. Ови уређаји засновани су на ATMEL AVR процесорима.

Софтверске компоненте

Софтверске компоненте IoT платформе обухватају алате за развој апликација, оперативне системе који се користе на интелигентним уређајима и софтвер развијен за функционалности платформе. За развој сопствене платформе неопходно је коришћење интегрисаних развојних окружења (енг. Integrated Development Environment, IDE). За програмирање микрорачунара користе се стандардни програмски језици, као што су Python, Java и други, а самим тим и стандардна развојна окружења, на пример Eclipse.

Eclipse је универзално вишеплатформско развојно окружење. Eclipse подржава развој софтвера у више програмских језика, као што су Java, C++, PHP, Python, Ruby и др.

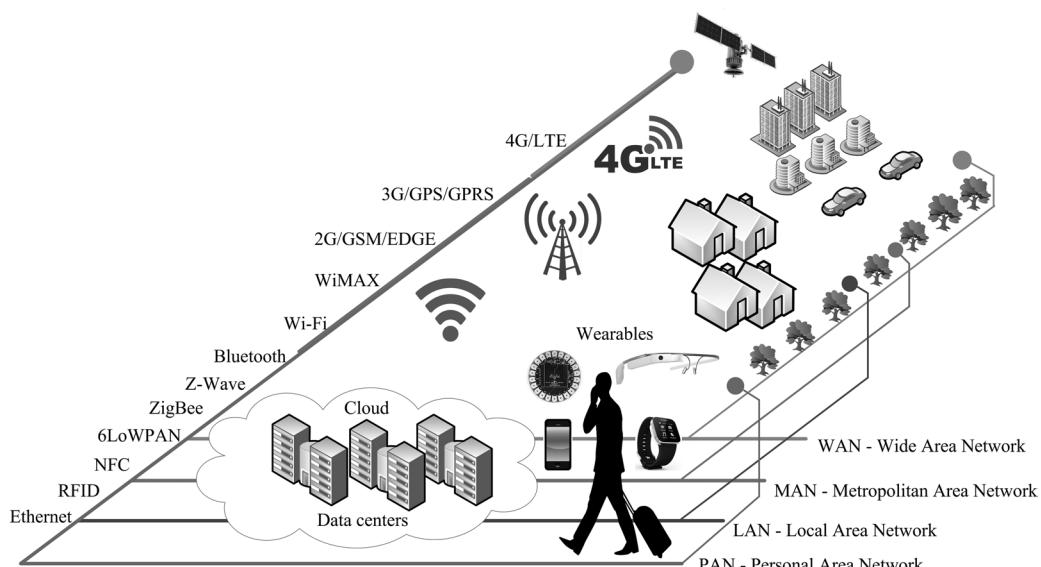
За програмирање микроконтролера користе се наменска развојна окружења. За Arduino уређаје користи се Arduino IDE. Arduino програми се пишу у модификованим С програмском језику.

Микрорачунари користе оперативне системе, Raspberry Pi најчешће Linux дистрибуције за ARM процесорску архитектуру. Raspbian је Linux оперативни систем заснован на Debian дистрибуцији прилагођен Raspberry Pi уређајима.

Једна од главних софтверских компоненти IoT платформе јесте софтвер паметног окружења. У складу с корисничким захтевима, софтвер може бити опште намене или прилагођен за одређено паметно окружење, као што су паметна учионица или паметна кућа. Квалитетан софтвер треба да поседује функционалан и добро документован API који се повезује с различитим апликацијама у IoT екосистему, што омогућује да се коришћењем исте пословне логике развију апликације за управљање паметним окружењима које се извршавају на различитим уређајима (веб апликације, мобилне апликације, SMS апликације и друге).

5. Технологије за развој интернета интелигентних уређаја

Технологије које се користе за развој интернета интелигентних уређаја су (слика 1.5): мрежне технологије и протоколи, сензорске мреже, мобилне технологије, Cloud computing и Big data.



Слика 1.5: Технологије за развој интернета интелигентних уређаја

5.1. Мрежне технологије и протоколи

Интернет интелигентних уређаја заснива се на примени рачунарских мрежа за повезивање интелигентних уређаја и апликација. Интелигентни уређаји могу се повезати у персоналне (енг. Personal Area Network, PAN), локалне (енг. Local Area Network, LAN), MAN (енг. Metropolitan Area Network), WAN (енг. Wide Area Network) и сензорске мреже [22]. Од сензорских најчешћу примену имају бежичне сензорске мреже (енг. Wireless Sensor Network, WSN), које омогућују бежично повезивање сензора у сензорска поља. Сензори се користе за прикупљање и слање необрађених података, на основу којих се примењују неки од унапред дефинисаних сценарија управљања и експлоатације.

Комуникација два уређаја успоставља се директним повезивањем или преко приступних уређаја повезаних на мрежу. Таква комуникација се назива M2M и најчешће се одвија коришћењем IP протокола.

5.2. Мобилне технологије

Мобилне технологије које су допринеле развоју и примени интернета интелигентних уређаја су мреже мобилне телефоније и мобилног интернета, Bluetooth, RFID (енг. Radio Frequency Identification), WiMAX (енг. Worldwide Interoperability of Microwave Access), глобални систем позиционирања (енг. Global Positioning System, GPS), комуникација у близком пољу (енг. Near Field Communication, NFC), ZigBee и друге.

Мобилне мреже

Еволуција мобилних мрежа може се пратити по 1G, 2G, 2.5G, 3G, 4G и 5G ознакама. Аналогни системи или 1G су касних седамдесетих и раних осамдесетих година коришћени за пренос гласа при максималној брзини преноса података мањој од 15kbps.

Друга генерација (2G) мобилних мрежа заснована је на дигиталној технологији, а главни представници су GSM, HSCSD и IS-95. Генерација 2.5G мобилних мрежа омогућује пакетски пренос података од 64 до 200kbps, а најпознатији системи су GPRS, EDGE и IS-95.

Трећа генерација мобилних мрежа, 3G, пружа корисницима бржи приступ интернету и другим сервисима преноса података и омогућује глобални роминг. Типична брзина преузимања података је од 400kbps до неколико мегабита у секунди.

Мреже нове, 4G генерације, укључују бежичне технологије као што су WiBro, WiMAX, CDMA, бежични LAN, Bluetooth и друге. То су IP засноване хетерогене мреже, велике брзине преноса од приближно 100Mbps у покрету и 1Gbps стационарно, а одликују се великим пропусним опсегом, добрым квалитетом преноса,

глобалном покривеношћу и флексибилним ромингом. Широки пропусни опсези, а самим тим и већа брзина преноса података, омогућују рад мултимедијалних апликација, као што су видео-конференције, онлајн игре и друге. Технологије 5G ће обезбедити више симултаних конекција, мању потрошњу батерије, бољу покривеност, већу брзину и ниже трошкове инфраструктуре.

Bluetooth

Bluetooth је IEEE 802.15 WPAN (енг. Wireless Personal Area Network) стандард за бежични пренос података и говора кратког домета. Намењен је за уређаје мале потрошње који користе јефтине бежичне комуникације засноване на радиоталасима [23]. Ову технологију карактерише умерено брз проток података (од 1 до 3 Mbps) између уређаја удаљених највише неколико десетина метара.

Bluetooth функционише по структури master-slave, у којој један master уређај може комуницирати са седам slave уређаја. Када се оствари комуникација, уређај који шаље податке постаје master, а онaj који прима slave. Bluetooth уређај може аутоматски отворити друге уређаје у његовом опсегу и послати им упит за успостављање конекције. Када уређаји аутоматски успоставе конекцију, креира се PAN мрежа која може бити: piconet (пикомрежа) или scatternet (распршена мрежа). У једну пикомрежу се повезују од два до осам уређаја. До десет пикомрежа може се међусобно везати у scatternet и тиме повезати 80 уређаја у једну мрежу.

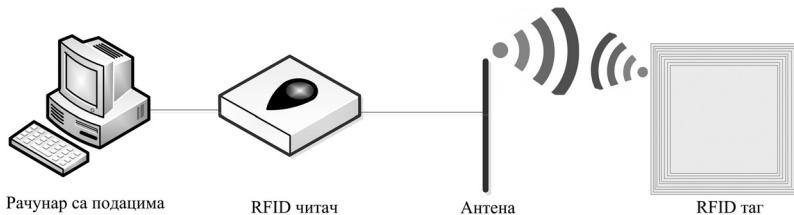
Основна својства која ову технологију чине погодном за интернет интелигентних уређаја јесу мала потрошња енергије, робусност, ниска цена и глобална присутност. Bluetooth технологија је подесна за примену у паметним окружењима, као што су паметни градови, паметни саобраћај, паметне куће, паметне учионице и паметне канцеларије. Bluetooth апликације често се користе за повезивање паметних уређаја у аутомобилима, канцеларијама, учионицама, кућама и за пружање информација из паметног окружења корисницима.

RFID

RFID технологија користи радио-таласе за напајање и размену података између читача и електронског тага [24]. Састоји се од једног или више читача и тгова, којих има два типа:

- **Пасивни тгови.** Немају извор енергије и постављају се на објекте, људе и животиње.
- **Активни тгови.** Садрже батерију и имају већи домет, а могу се користити и за личну идентификацију.

Основне компоненте RFID система приказане су на слици 1.6.



Слика 1.6: Основне компоненте RFID система [25]

С физичког аспекта, RFID таг је микрочип прикључен на антenu која служи за пријем података и напајања, у пакету који је обично сличан налепници. Комуникација се реализује путем радио-таласа у неколико опсега: од ниских фреквенција (LF) на 124-135kHz до ултрависоких фреквенција (UHF) на 860-960MHz.

Основне делови тага су микрочип и антена, а уgraђени су у кућиште отпорно на ути-цај околине [26]. Врсте RFID тагова су: транспондер (таг), смарт налепнице и RFID плочице. Носилац информације у облику транспондера, налепнице или плочице ставља се на објекат, амбалажу, палету, контејнер или на сам производ, тако да се може на сваком кораку идентификовати.

Зависно од врсте и начина управљања меморијом у тагу, постоје три могућности меморисања података подржане RFID технологијом:

- **Read Only (R).** Таг који у процесу производње добија свој јединствен серијски број једино се може читати; једном утиснута информација се не мења. Обично се користе за означавање јефтиних производа.
- **Write Once Read Many (WORM).** Корисник програмира меморију тага, али податак уписује само први пут, након чега он остаје заувек сачуван. Користи се када се објекту с тагом, додељују атрибути који трајно остају везани за објекат.
- **Read/Write (R/W).** Корисник више пута уписује информацију на таг који обично има неизбрисиви серијски број, а нови подаци се приодају постојећим подацима на тагу. Овакви тагови се користе у сложенијим апликацијама, скупљи су и нису за означавање јефтиних производа.

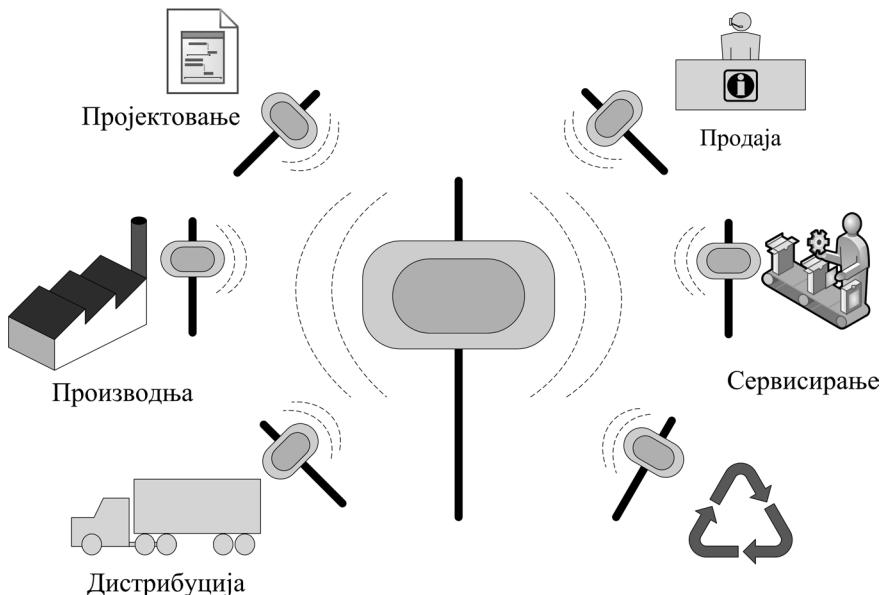
RFID системима прате се објекти у реалном времену, због чега имају широку примену у паметним окружењима: у саобраћају, управљању ланцима снабдевања, здравству, образовању и слично. Као подршка паметном саобраћају могу се употребити за:

- **Аутоматску идентификацију возила.** Користи активне транспондере на 2,4GHz који омогућују идентификацију возила без заустављања или отварања прозора док прилази наплатној рампи, чиме се повећава проток саобраћаја.
- **Контролу точења горива.** Обезбеђује испоруку течних горива возилима обележеним RFID тагом и аутоматску обраду релевантних података: време истакања, врста и количина горива, имена возача и точиоца. Уједно тиме спречава неконтролисано и ненаменско точење.

- Електронску наплату карата у јавном градском превозу. Побољшава комфорту путника обезбеђујући податке неопходне за планирање саобраћаја, ефикасно коришћење ресурса и објективну расподелу прихода у систему.

RFID систем се може уградити и у аутомобилске кључеве. Тагови се, иначе, користе у апликацијама е-управе за возачке дозволе и пасоше, за телефонске апликације, за паметни паркинг и за роботизоване гараже.

У производњи, логистици, транспорту и контроли омогућује произвођачима да на производе ставе RFID чипове с подацима и да их прате [27]. У стандардом сценарију произвођач утврђује тагове у компоненте производа са информацијама широког распона, који олакшавају квантитативну и квалитативну контролу производње. При изласку из фабрике и утовару производи се скенирају помоћу читача, а након приспећа на одређену локацију (крајњи корисник, следећи дистрибутивни центар, коначно одредиште) сви подаци се могу поново прочитати. Информације попут цене, истека рока трајања, стања залиха или оних које спречавају крађу доприносе успешном пословању малопродајних трговаца. На слици 1.7 приказан је животни циклус производа и могућност примене RFID технологије.



Слика 1.7: Животни циклус производа и могућност примене RFID технологије

У образовању RFID се примењује у паметним библиотекама и паметним учионицама. У паметним библиотекама књиге су обележене таговима. При уласку или изласку може се путем самоуслужних боксова, у којима се налази читач, узети или вратити прочитана књига. Помоћу читача се проверава да ли је тражено штиво на одређеној полици, чиме се скраћује време тражења и чекања на узимање или враћање. У паметним учионицама RFID тагови и читачи бележе долазак студената и наставника на наставу и воде евидентију техничке опреме у учионицама.

У здравству RFID служи за идентификацију, евиденцију и праћење здравственог стања пацијената, опреме и слично. Таговима се означавају пацијенти, здравствено особље, уређаји и медицинска опрема. Лекар у сваком тренутку има увид у здравствено стање посредством интелигентног уређаја на или у телу пацијента, па може на даљину очитати пулс, измерити притисак, установити ниво шећера у крви и слично.

RFID технологија употребљава се и за праћење животиња. Идентификација се спроводи ради провере здравственог стања, сузбијања и искорењивања болести, праћења промета и надгледања увоза и извоза. Тако се стиче увид у порекло, старост, здравствено стање (вакцинисање, лечење и слично), одгајање на фармама, заштиту од крађе и кретање животиње, што олакшава да се успостави централна база података (идентификациони број, датум рођења, пол, раса, боја длаке, идентификациони број имања, датум издавања, серијски број итд.).

Недовољна поузданост и стабилност (пре свега када се читају подаци са тагова који се налазе у течности или су заклоњени иза метала) главни су недостаци RFID технологије.

GPS

Глобални позициони систем (енг. Global Positioning System, GPS) један је од глобалних сателитских навигационих система. Чине га земаљски (кориснички), контролни и небески сегмент, с најмање 24 сателита у орбити Земље, који шаљу радио-сигнал на површину [28]. Користи се за навигацију на мору, копну и у ваздуху, за мапирање земљишта, прављење мапа, одређивање тачног времена, откривање земљотреса и друго. GPS пријемници на основу радио-сигнала са сателита могу да одреде своју тачну позицију (надморска висина, географска ширина и географска дужина) на ма ком месту на Земљи у различитим временским условима.

Осим америчког GPS-а, у употреби је руски ГЛОНАСС, а у великој мери се развијају системи Европске уније, Индије, Кине и Јапана.

У контексту интернета интелигентних уређаја системи за глобално позиционирање користе се највише у саобраћају за утврђивање локације, правца кретања и стања на путевима.

WiMax

WiMax технологија заснива се на IEEE 802.16 стандарду за широкопојасне бежичне мреже и омогућује пренос података од 1,5Mbps до 1Gbps. Због досега на релативно великим раздаљинама, представља ефикасно решење за увођење широкопојасног интернет приступа у домове и креирање бежичних хот-спотова на местима као што су аеродроми, студентски градови итд.

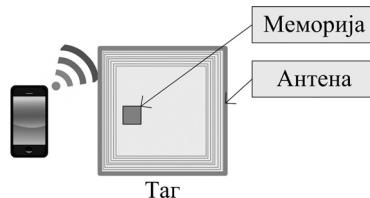
У интернету интелигентних уређаја WiMAX се може користити и за повезивање и аутоматизацију целих градова или региона, а нарочито је погодан у подручјима у којима није могуће успоставити жичану инфраструктуру за повезивање на интернет [28].

WiMAX се примењује у следећим областима IoT-а:

- Обезбеђује мобилни широкопојасни приступ интернету у градовима.
- Омогућује пренос различитих типова података.
- Користи се у паметним електроенергетским мрежама.

Комуникација уређаја у близком пољу

Комуникација уређаја у близком пољу (енг. Near Field Communication, NFC) је бежична технологија кратког домета и високе фреквенције [29] за размену података између уређаја на растојањима до 10 сантиметара и при брзини протока до 424kbps. NFC чипови који се користе за имплементацију ове технологије могу бити пасивни или активни. Пасивни само шаљу податке када приме захтев од читача, па им за рад није потребно екстерно напајање. Енергија за њихово напајање индукује се у току комуникације са читачем. Активни се програмирају да шаљу и примају податке, који се чувају у меморији. За функционисање активних NFC чипова неопходно је екстерно напајање, због чега се они интегришу у неки систем који има процесор, меморију, комуникационе контролере и антenu, као што је то мобилни телефон. На слици 1.8 приказан је пасивни, а на слици 1.9 активни NFC чип.



Слика 1.8: Пасивни NFC чип



Слика 1.9: Активни NFC чип

У NFC комуникацији учествују:

- **NFC читач**, активни уређај који иницира комуникацију.
- **NFC таг**, пасиван уређај који комуницира са читачем и
- **NFC мобилни уређај** (телефон, кључ или други уређај) који, по потреби, има улогу читача или тага.

Постоје три начина NFC комуникације активних и пасивних уређаја [31]:

- **Читање или писање.** Функционише тако што NFC читач иницира комуникацију с тагом: прочита податке или их упише.
- **Емулација картице.** Иницијатор комуникације је NFC читач. Када се мобилни телефон приближи читачу, он реагује као пасиван уређај и одговара на захтев. Овај начин рада користи се за мобилна плаћања и за емулацију картица (картице за контролу приступа, картице лојалности, здравствени картон, картице са личним информацијама и друге). Емулација картице се уобичајено користи за пасиван пренос поверљивих информација.
- **Peer-to-peer.** Два активна NFC мобилна телефона успостављају комуникацију и размењују податке.

Предност NFC у односу на друге бесконтактне технологије јесте у двосмерном саобраћају између уређаја. Подаци се шаљу и примају аутоматски, без претходног упаривања уређаја. NFC технологија има важну улогу у интернету интелигентних уређаја, а може се применити у паметном саобраћају, у паметним учионицама и канцеларијама, у туризму, е-здравству итд.

У паметном саобраћају може се уградити у:

- **Кључеве автомобила.** Кључ с NFC чипом лоцира возило, дијагностикује аутомобил и помаже у планирању руте за путовање у комбинацији са навигационим системом.
- **Паметни систем наплате.** NFC налепницом аутоматски се плаћа путарина, а у јавном саобраћају карте за превоз се чувају на чиповима и контролишу у читачима.
- **Системе паметног паркинга.** За плаћање паркинга могу се користити мобилна апликација и NFC.

У паметним учионицама NFC технологија одмењује наставника који прозива присутне, чиме се добија на времену за предавање и испитивање. У паметним канцеларијама, пак, бележи доласке и одласке запослених у реалном времену.

NFC технологија се у туризму најчешће примењује на паметним постерима који туристима, кад прислоне мобилни уређај с NFC читачем, пружају информације о локалитетима, збивањима и слично.

У е-здравству може се користити за евидентију преписане терапије пациентима, доласка код лекара и остало.

ZigBee

ZigBee је скуп комуникационих протокола заснованих на IEEE 802.15.4 стандарду за WPAN (енг. Wireless Personal Area Network) [23], које дефинише организација ZigBee Alliance. Назив потиче од цик-цак (енг. zig-zag) путање којом лете пчеле између цветова, образујући својеврсну меш мрежу.

IEEE 802.15 обухвата стандарде који се односе на мреже кратког домета. Простор на ком се оне простиру назива се POS (енг. Personal Operating Space). Развој стандарда 802.15 обухвата:

- Уређење спецификације преузете из стандарда Bluetooth.
- Стандардизацију коегзистенције Wireless LAN-а (802.11) и Wireless PAN-а (802.15) због међусобне интерференције при коришћењу нелиценцираног фреквенцијског појаса за пренос.
- Стандардизацију за брзине преноса изнад 20Mbps.
- Стандардизацију за једноставне мреже мале потрошње са уређајима и апликацијама ниске потрошње (до 250kbps).

Основне карактеристике ZigBee протокола су: мали протокол стек (protocol stack), мала потрошња, велики број чворова и мала пропусност. ZigBee је WPAN мрежа који садржи три врсте уређаја: ZigBee координатор, ZigBee рутер и ZigBee кориснички уређај. Свака ZigBee мрежа има једног координатора који представља главну тачку мреже, чији су задаци успостављање мреже, додељивање мрежних адреса чворовима, управљање сигурношћу и контрола исправности размене података између чворова. ZigBee мрежа подржава топологије звезде, кластера и мешовитих мрежа. Рутер није неопходан; уколико постоји, он омогућује додавање већег броја чворова и повећање домета.

5.3. Cloud computing и Big data

За изградњу квалитетне IoT инфраструктуре, може се користити Cloud computing и Big data инфраструктура.

Cloud computing представља парадигму испоруке рачунарских ресурса као сервиса. IoT сервисе могуће је испоручити и путем облака (енг. cloud). У погледу интеграције IoT-а с cloud-ом, потребно је задовољити следеће захтеве [32]:

- Cloud сервиси треба да олакшају комуникацију хардвера и софтвера у IoT екосистему.
- Потребна је подршка за cloud протоколе, као што су то WebSocket, REST, MQTT, CoAP.
- Потребна је подршка за сигурно даљинско ажурирање софтвера на уређајима.
- Веб и мобилне апликације треба да омогуће приказ података, процесирање података и управљање удаљеним уређајима.

Cloud платформе за IoT могу имати различите ценовне моделе. Плаћање за коришћење платформе врши се најчешће на месечном нивоу, а цена зависи од броја уређаја, збира трансакција, типова података и количине информација.

Термин Big data односи се на прикупљање и обраду великих количина података [33]. С обзиром на то колико података генеришу разни уређаји повезани на интернет, потребно је реализовати одговарајућу инфраструктуру која може да их прикупља, складиши и обрађује. Један од главних изазова у развоју и примени Big data у IoT јесте обезбедити потребан проток информација у реалном времену.

6. Области примене интернета интелигентних уређаја

Интернет интелигентних уређаја може се применити у [8][34]:

- **Личне и пословне сврхе:** аутоматизација кућа, зграда, станови и канцелација.
- **Градском окружењу:** аутоматизација градова и његових главних делова као што су путеви, паркинзи, осветљење, системи надзора и системи за реаговање у ванредним ситуацијама.
- **Образовању:** аутоматизација факултета, учионица и библиотека.
- **Здравству:** аутоматизација болница, домаца здравља, мониторинг пацијената и спортиста, коришћење одевних (wearable) уређаја.
- **Логистици:** аутоматизација транспорта, праћење испоруке робе и удаљено дијагностковање стања транспортних возила.
- **Индустрији:** аутоматизација фабрика, складишта и магацина, надгледање машина и алата.
- **Окружењу:** праћење временских прилика, загађености ваздуха, буке, пожара и поплава.
- **Енергетским системима:** паметне електроенергетске мреже и системи обновљиве енергије.
- **Малопродаји:** аутоматизација процеса управљања инвентаром и паметна плаћања.
- **Пољопривреди:** аутоматизација система наводњавања и контрола стаклених башти.
- **Роботици:** паметни роботи.

6.1. Примена интернета интелигентних уређаја у личне и пословне сврхе

Свакодневна примена интернета интелигентних побољшава квалитет живота и рада. Увођењем паметних уређаја у стамбени и пословни простор олакшава се вршење свакодневних активности.

Паметне куће, зграде и станови заснивају се на интеграцији IoT технологија у стамбену инфраструктуру и представљају интелигентни амбијент у коме се постав-

љени паметни уређаји прилагођавају стању из окружења и извршавају унапред дефинисане операције.

Компоненте паметних кућа су:

- **Сензори**, прате стање и обавештавају о насталим променама.
- **Актуатори**, извршавају задате физичке активности.
- **Контролери**, одлучују о употреби актуатора на основу дефинисаних правила и догађаја.
- **Централна јединица**, омогућује програмирање и праћење осталих уређаја у систему.
- **Мрежа**, обезбеђује комуникацију између уређаја у систему.
- **Интерфејси**, комуникација корисника с кућним системом.
- **Модули**, омогућују пријем команди.

Паметни уређаји у паметним кућама, зградама или становима омогућују аутоматизацију рада кућних уређаја, којима се може управљати путем рачунара, мобилних телефона или даљинских управљача. Подаци прикупљени са уgraђених сензора чувају се у бази података, одакле се информације о промени стања испоручују крајњим корисницима путем веб или мобилних апликација. Да би уређаји у паметним кућама могли међусобно да комуницирају, потребно је да буду повезани одговарајућим протоколом. Често коришћени протоколи за аутоматизацију паметних кућа су: X10, Z-Wave, ZigBee, Insteon, KNX, LonWorks.

Интернет интелигентних уређаја примењује се у паметним канцеларијама, које запосленима обезбеђују комфоран рад, здраво и безбедно радно окружење и висок ниво продуктивности [35]. Путем рачунара и мобилних телефона они управљају опремом (осветљење, грејање, хлађење, детекција буке итд.). Паметне канцеларије треба да омогуће енергетску ефикасност и уштеду електричне енергије.

6.2. Интернет интелигентних уређаја у градском окружењу

Паметни град представља урбани простор који убрзава економски развој, пружа висок квалитет живота и олакшава учешће грађана у управљању здравственим, образовним, комуналним, пословним, транспортним и сервисима јавне безбедности.

Инфраструктуру паметног града чине:

- градска управа,
- сервиси за грађане и
- инфраструктура и основни сервиси: саобраћај, јавна сигурност, комуналне услуге.

Имплементација паметног града обухвата реализацију паметног паркинга, аутоматизацију саобраћајних сигнализација, постављање сензора у путну инфра-

структуре, постављање сензора у зграде, куће, станове, болнице, образовне институције, автоматизацију осветљења путева и насељених места, детекцију пожара, нивоа загађености ваздуха, температуре и влажности ваздуха, радијације, управљање потрошњом струје и воде итд. Компоненте паметног града приказане су на слици 1.10.



Слика 1.10: Компоненте паметног града

6.3. Интернет интелигентних уређаја у образовању

Интернет интелигентних уређаја може се применити и за реализацију паметних образовних установа: учионица, библиотека, канцеларија итд.

Паметне учионице опремљене су мултимедијалном опремом, а пројектоване су тако да повећају ефикасност предавања и учења. У контексту високошколског образовања паметне учионице могу имати следећу опрему:

- умрежени рачунар с пратећом опремом,
- пројектор и платно,
- контролни уређаји (даљински управљачи за гласање, контролни панели),
- LAN/WLAN мрежна опрема,
- микрофони, звучници и остала аудио-опрема,
- конзола за управљање,
- документ камере,
- паметна интерактивна табла,
- интерактивни монитори и
- airliner плоча.

Поред хардвера, паметне учионице треба да имају софтвер којим се управља опремом у учионици и приступа удаљеним наставним ресурсима.

6.4. Интернет интелигентних уређаја у здравству

Примена интернета интелигентних уређаја и сродних технологија у здравственој заштити омогућује бољи приступ, ефикасност и квалитет медицинских и пословних процеса које спроводе учесници у том систему. Основни циљ јесте праћење здравственог стања пацијента и пружање квалитетне медицинске услуге.

У комбинацији са интернетом интелигентних уређаја користи се е-здравство, чији су циљеви:

- Смањење трошкова пословних трансакција, повећање брзине и тачности административних послова.
- Остварење комуникације с пациентима и медицинским особљем на географски удаљеним локацијама.
- Повећање транспарентности и доступности информација о пословању здравствених установа, донетим законима, правилницима и сл.
- Повећање расположивости услуга: обезбеђење разноврсних услуга за пациенте, здравствене раднике и правна лица.
- Подстицање здравог начина живота.

Постоје одевни електронски уређаји који се носе као аксесоар на одећи или уз тело (Wearables), а користе се за једноставно праћење здравственог стања пацијената: сат, наочаре, контактна сочива, паметне тканине, траке за чело, капе, накит итд.

6.5. Интернет интелигентних уређаја у трговини

У малопродаји интернет интелигентних уређаја омогућује аутоматизацију процеса управљања инвентаром, даљинско управљање и надзор, унапређење процеса куповине и паметно плаћање. Циљ јесте ефикасно праћење стања робе на залихама, унапређење ланца снабдевања и повећање задовољства и лојалности купца.

За праћење и мониторинг инвентара користе се RFID тагови постављени на производе, који служе за праћење робе у реалном времену. На овај начин се ажурно прати стање робе на залихама и збир продатих производа. Тагови се постављају у малопродајним објектима или у складиштима. Уградњом RFID сензора у производе и полице у продајним објектима прати се стање производа у праћењу, кврљивост и температура којој су изложени. Системи паметних плаћања у малопродаји често се заснивају на NFC технологији. NFC тагови у продајним објектима купцима пружају датале информације о производима и о стању на залихама на више локација.

NFC и RFID картице могу се користити за реализацију програма лојалности.

6.6. Интернет интелигентних уређаја у маркетингу

Примена IoT омогућује персонализовани маркетинг и развој напредних сервиса за купце. Сензори у продајним објектима прате број посета и, у комбинацији са актуаторима, остварују интеракцију с купцима. Путем интерактивних панела и паметних огледала за приказ информација, купци добијају информације о роби која их интересује. IoT технологије, такође, прикупљају податке о купцима и купљеним производима, на основу чега се креирају персонализовани сервиси засновани на њиховим особинама и понашању [36].

Многи брендови нуде мобилне апликације које купцима олакшавају куповину, очитавајући податке преузете из сензора продајног објекта и приказујући робу на акцији и актуелни каталог.

6.7. Интернет интелигентних уређаја у логистици и транспорту

Интернет интелигентних уређаја може се употребити за аутоматизацију и праћење тока саобраћаја, возила, саобраћајне инфраструктуре и саобраћајнице. RFID и NFC технологије омогућују надгледање сваке карике у ланцу снабдевања у реалном времену: набавка материјала, производња, транспорт, дистрибуција и продаја полу производа и финалних производа [37].

За примену IoT-а у логистици везује се појам интелигентни транспортни систем који омогућује примену напредних апликација за управљање саобраћајем. Интелигентни транспортни системи служе корисницима да буду боље информисани о стању на путевима и да сигурније и паметније користе транспортне мреже.

У саобраћају се сензори могу поставити:

- **У путну инфраструктуру.** На овај начин детектују се оштећења пута на појединачним деоницама или мостовима.
- **Поред путне инфраструктуре.** На овај начин детектују се одрони или пожари у близини или на самом путу.
- **На раскрсницама и пешечким прелазима.** На овај начин се пешаци упозоравају на возило које наилази и регулише се саобраћајна сигнализација.
- **У возилима учесника у саобраћају.** На овај начин возачи добијају информације о приликама на путевима и о алтернативним правцима. Могу се користити и за праћење испоруке робе и удаљено дијагностиковање стања транспортних возила. За робу која се шаље транспортним возилима у сваком тренутку зна се у каквом је стању и докле је стигла.
- **На паркинзима.** На овај начин возачи добијају информације о најближим доступним паркинзима и слободним местима на њима.

6.8. Интернет интелигентних уређаја у индустрији

Интернет интелигентних уређаја у индустрији служи за аутоматизацију производних постројења у фабрикама и за надгледање машина, складишта и магацина. У производним халама неопходно је да постоје сензори за: детекцију емисије штетних гасова, детекцију пожара, кварова на машинама, контролу уласка овлашћених лица у халу, детекцију провале итд.

6.9. Интернет интелигентних уређаја у праћењу стања у окружењу

Интернет интелигентних уређаја може се искористити за праћење временских прилика, загађености ваздуха, буке, детекцију пожара и поплава у окружењу. Поред сензора, у надгледању запажену улогу имају бежичне сензорске мреже које омогућују постављање више сензора у сензорска поља.

Сензори се постављају у земљишту (за детекцију влажности), води (за детекцију квалитета воде), покрај воденог тока (за детекцију нивоа воде), на згради (за детекцију емисије штетних гасова), у близини паркова и шума (за детекцију пожара) итд.

6.10. Интернет интелигентних уређаја у енергетским системима

Интернет интелигентних уређаја може се применити у производњи, испоруци и потрошњи електричне енергије.

Електроенергетска мрежа сматра се паметном, уколико се IoT технологије користе за повезивање, аутоматизацију и координацију учесника у ланцу снабдевања електричном енергијом. Паметне електроенергетске мреже (енг. smart grids) на основу информација о понашању добављача електричне енергије и потрошача предузимају управљачке акције у циљу [38]:

- Одрживости пружања услуга снабдевања електричном енергијом.
- Побољшања ефикасности трансмисије и дистрибуције електричне енергије.
- Уштеде и контроле потрошње електричне енергије.

Паметне електроенергетске мреже потрошачима омогућују контролу генерирања и потрошње електричне енергије, што у традиционалним електроенергетским мрежама није било могуће.

6.11. Интернет интелигентних уређаја у пољопривреди

За аутоматизацију наводњавања и контроле њива, башти и воћњака могу се користити различити сензори и актуатори. Праћењем нивоа влажности земљишта, када је потребно, може се даљинским путем активирати аутоматско наводњавање или

заливање земљишта. Постоје сензори који утврђују квалитет земљишта на основу мерења механичких, физичких и хемијских особина. На овај начин може се утврдити које је погодно за одређене биљне културе.

Применом технологија интернета интелигентних уређаја може се управљати стакленом баштом, у којој се климатски услови прате и прилагођавају с циљем бољег раста биљака. Помоћу паметних уређаја надгледају се и подешавају: температура, влажност, плодност земљишта, осветљење, ниво угљен-диоксида и друго.

6.12. Интернет интелигентних уређаја у роботици

Паметни роботи се користе у различите сврхе, као што су: паметне куће, паметне учионице, паметан саобраћај и тако редом, а најчешће за комуникацију с другим паметним уређајима, видео надзор, детекцију присуства, плаћање и др.

ЗАКЉУЧАК

Интернет интелигентних уређаја омогућује повезивање физичких објеката у информациону мрежу и њихово активно учешће у пословним процесима. Захваљујући смањењу цене, различити типови сензора и актуатора постали су доступни милионима корисника. Број уређаја повезаних на интернет непрестано се увећава, што отвара простор за нове пословне моделе који ће утицати на промене у начину живљења и пословања.

Развој интернета интелигентних уређаја је предуслов за увођење паметних окружења која повезују физичку реалност и виртуелно окружење у коме су човек и објекти у интеракцији путем интернета. Овакво повезивање омогућује брже и прецизније праћење окружења, пословних, образовних, здравствених и индустријских процеса.

ПИТАЊА

1. Дефинисати појам интернета интелигентних уређаја?
2. Објаснити значај IPv6 протокола?
3. Објаснити основне слојеве интернета интелигентних уређаја?
4. Које су основне карактеристике интернета интелигентних уређаја?
5. Објаснити појам M2M комуникације?
6. Објаснити компоненте за развој платформе интернета интелигентних уређаја?
7. Објаснити технологије за развој паметних окружења?
8. Објаснити значај примене мобилних технологија у реализацији паметних окружења?
9. Објаснити области примене интернета интелигентних уређаја?
10. Објаснити значај примене cloud computing и Big data технологија у контексту интернета интелигентних уређаја.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] L. Tan and N. Wang, „Future Internet: The Internet of Things”, in: Proceedings of 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, vol. 5, 2010, pp. V5-376-V5-380.
- [2] M. Wu, T. J. Lu, F. Y. Ling, J. Sun and H. Y. Du, „Research on the architecture of Internet of Things”, in: Proceedings of 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, vol. 5, 2010, pp. V5-484-V5-487.
- [3] A. Santos, J. Macedo, A. Costa and M. J. Nicolau, „Internet of Things and Smart Objects for M-Health Monitoring and Control”, *Procedia Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 1351-1360, 2014.
- [4] K. Ashton, „That ‘Internet of Things’ Thing”, *RFID Journal*, 2009. Доступно на: www.rfidjournal.com/article/print/4986 [19.10.2015].
- [5] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, „Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions”, *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, 2013.
- [6] J. Gomez, J. F. Huete, O. Hoyos, L. Perez and D. Grigori, „Interaction System Based on Internet of Things as Support for Education”, *Procedia Computer Science*, vol. 21, pp. 132-139, 2013.
- [7] G. Feller, „Understanding the Three Basic Layers of the Internet of Things”, Bankinter Foundation of Innovation. Доступно на: http://www.fundacionbankinter.org/system/documents/8193/original/Chapter_3_Understanding_the_three_basic_layers.pdf [19.10.2015].
- [8] A. Bahga and V. Madisetti, *Internet of Things: A Hands-on-Approach (VPT 1 edition)*, USA: Arshdeep Bahga & Vijay Madisetti, 2014.
- [9] B. Xu, L. Xu, H. Cai and L. Jiang, „Architecture of M-Health Monitoring System Based on Cloud Computing for Elderly Homes Application”, in: Proceedings of Enterprise Systems Conference, 2014, pp. 45-50.
- [10] B. Li and J. Yu, „Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things”, *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 2087-2092, 2011.
- [11] X. Xingmei, J. Agric, Z. Jing and W. He, „Research on the basic characteristics, the key technologies, the network architecture and security problems of the Internet of things”, in: Proceedings of 3rd International Conference on Computer Science and Network Technology, 2013, pp. 825-828.
- [12] J. Kyriazis and T. Varvarigou, „Smart, autonomous and reliable Internet of Things”, *Procedia Computer Science*, vol. 21, pp. 442-448, 2013.
- [13] A. Davy, „Components of a smart device and smart device interactions”, M-Zones, white paper 05/03, pp. 1-12, 2003.
- [14] H. Wang, „M2M communications”, in: Proceedings of the IET International Conference on Communication Technology and Application, 2011, pp. 2-6.
- [15] N. Gospic and B. Bakmaz, „Machine-to-Machine Communications Toward Smart Logistics Systems”, in: Proceedings of 2nd Logistics International Conference, 2015, pp. 191-196.
- [16] V. Cackovic and Z. Popovic, „Management in M2M networks”, in: Proceedings of the 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, 2014, pp. 501-506.
- [17] E. C. Haddad and J. Gregoire, „Implementation issues for the deployment of a WMN with a hybrid fixed/cellular backhaul network in emergency situations”, in: Proceedings of the 1th International Convention on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology, 2009, pp. 525-529.
- [18] Z. Sheng et al., „A survey on the ietf protocol suite for the internet of things: standards, challenges, and opportunities”, *Wireless Communications*, vol. 20, no. 6, pp. 91-98, 2013.
- [19] L. Sanchez et al., „SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed”, *Computer Networks*, vol. 61, pp. 217-238, 2014.

- [20]M. Blackstock et al., „MAGIC Broker 2: An open and extensible platform for the Internet of Things”, in: Proceedings of the Internet of Things conference, 2010, pp. 1-8.
- [21]Postcapes, „Tracking the Internet of Things”, Доступно на: <http://postscapes.com/iot-development-platform-arm-mbed> [19.10.2015].
- [22]A. C. Olivieri et al., „Scalable Approaches to Integration in Heterogeneous IoT and M2M Scenarios”, in: Proceedings of the 9th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 2015, pp. 358-363.
- [23]M. Collotta and G. Pau, „Bluetooth for Internet of Things: A fuzzy approach to improve power management in smart homes”, *Computers and Electrical Engineering*, vol. 44, no. 1, pp. 137-152, 2015.
- [24]B. Li and J.Yu, „Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things”, *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 2087-2092, 2011.
- [25]Z. Mingxiu, F. Chunchang and Y. Minggen, „The Application used RFID in Third Party Logistics”, *Physics Procedia*, vol. 25, pp. 2045-2049, 2012.
- [26]A. Hagelauer et al., „SAW and CMOS RFID transponder-based wireless systems and their applications”, in: Proceedings of International Frequency Control Symposium, 2012, pp. 1-6.
- [27]D. Zhang et al., „Real-Time Locating Systems Using Active RFID for Internet of Things”, *IEEE Systems Journal*, no. 99, pp.1-10, 2014.
- [28]B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus. *Elektronsko poslovanje*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2015.
- [29]P. Urien, „LLCPS: A new secure model for Internet of Things services based on the NFC P2P model”, in: Proceedings of 9th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2014, pp. 1-6.
- [30]INFO Wester, „Hardware&Technology”, Доступно на: <http://www.infowester.com/nfc.php> [29.10.2015].
- [31]L. Jinghui et al., „Design of the Intelligent Inspection System Based on Near Field Communication Signature Technology”, in: Proceedings of 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications, 2014, pp. 398-403.
- [32]Micrium, „Designing the Internet of Things”, Доступно на: <http://micrium.com/iot/cloud/> [19.10.2015].
- [33]P. Colombo and E. Ferrari, „Privacy Aware Access Control for Big Data: A Research Roadmap”, *Big Data Research*, vol. 2, pp. 10-15, 2015.
- [34]E. Borgia, „The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues”, *Computer Communications*, vol. 54, no.1, pp. 1-31, 2014.
- [35]C. Ramos, G. Marreiros, R. Santos and C. F. Freitas, „Smart Offices and Intelligent Decision Rooms”, *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments(1st edition)*, H. Nakashima, H.Aghajan & J. C. Augusto (Eds.), pp. 851-880, London, UK: Springer, 2010.
- [36]E. Pantano and H. Timmermans, „What is Smart for Retailing?”, *Procedia Environmental Sciences*, vol. 22, no. 1, pp. 101-107, 2014.
- [37]S. Karpischek, F. Michahelles, F. Resatsch and E. Fleisch, „Mobile sales assistant – an NFC-based product information system for retailers”, in: of the First International Workshop on Near Field Communications, 2009, pp. 20-23.
- [38]J. Lukić, M. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A. Labus and Z. Bogdanović, „Supply chain intelligence for electricity markets: A smart grid perspective”, *Information Systems Frontiers*, 2015, DOI 10.1007/s10796-015-9592-z.

2

ПАМЕТНИ УРЕЂАЈИ

Паметни или интелигентни уређаји су опрема, инструменти или машине које поседују рачунарске способности. Компоненте паметног уређаја су [1]:

- **Напајање.** Извор напајања неопходан је да би уређај функционисао, а могуће га је обезбедити на више начина: коришћењем електричне енергије из електричне мреже, батерије, соларних панела и др. Батерије могу да буду за једнократну употребу или на пуњење. Извор треба да буде у складу са енергетским потребама уређаја и да му омогући нормално функционисање.
- **Меморија.** Паметни уређаји, углавном, имају интерну меморију. Пораст сложености операција намеће потребу за већим меморијским капацитетом. Меморијска компонента садржи процесорску меморију, кеш меморију, привремену (волатилну) и сталну (неволатилну) меморију.
- **Процесор.** Потреба за интелигенцијом савремених уређаја се повећава, што подразумева брже и ефикасније извршавање операција, а то захтева јачи процесор.
- **Комуникација.** Омогућује размену података с другим уређајима. Могу се користити различити комуникациони канали као што су Ethernet, IEEE 1394 (Firewire), USB, ProfiBus, серијски каблови, паралелни каблови, бежична конекција (Wi-Fi, Bluetooth, IrDA, GSM, GPRS, EDGE, UMTS, LTE).

Интелигентни уређаји обухватају: сензоре, актуаторе, микроконтролере, микрорачунаре и wearable спрave.

1. Сензори

Сензор мери физичке величине из окружења прикупљајући податке као што су вибрације, температура, притисак и други, које претвара у сигнал читљив кориснику и/или инструменту, обрађује га и анализира. Најчешће се користе за регулацију неке физичке величине. Када сензор измери да одређени параметар што описује физичку појаву која се прати достигне постављену граничну вредност, активирају се други уређаји да би корективним акцијама ефикасно управљали насталом појавом.

Према врсти физичке појаве коју мере, сензори се класификују у следеће групе [2]:

- топлотни: термометар, термостат, биметални термометар, калориметар, сензор протока итд.
- електромагнетни:
 - сензори електричног отпора: омметар, мултимер,
 - сензори електричне струје: галванометар, амперметар,
 - сензори електричног напона: волтметар, електроскоп,
 - сензори електричне снаге: киловат-сат метар,
 - магнетни сензори: магнетни компас, магнетометар,
 - детектори метала и
 - радари.
- механички:
 - сензори притиска: барометар, барограф, манометар, мерач притиска,
 - сензори протока флуида: сензор протока, гасни сензор, пресостат,
 - сензори густине и вискозности флуида: вискозиметар, хидрометар,
 - механички сензори: сензор растојања, сензор брзине, сензор убрзања, сензор напрезања, сензор прекида,
 - сензори влаге: хигростат и
 - сензори нивоа течности: нивостат.
- хемијски:
 - сензори хемијских елемената: сензори кисеоника, јон-селективне електроде, pH стаклене електроде, детектори угљен-моноксида и
 - сензори мириса: QCM сензор, калај-оксид гас сензор.
- оптички:
 - светлосни сензори или фотодетектори, као што су фотоћелија, фотодиода, фототранзистор, CCD, сензор слике и други,
 - инфрацрвени сензори за детекцију предмета у окружењу и извора топлоте.
 - сензори за детекцију растојања који се реализују као комбинација фотоћелије, лед диоде или ласера; користе се код мобилних телефона, детектора папира, код уређаја за фотокопирање,
 - фокус сензори мере растојање од фокусираног елемента подешавањем сочива,
 - бинокулар: две слике добијене са исте почетне линије преклапају се системом огледала и призми, а њихово подешавање користи се за утврђивање растојања,
 - интерферометар: користи се за прецизна мерења интерференције и растојања између рефлексованих светлосних таласа који су емитовани из кохерентног извора као што је ласер,
 - сцинтилометар: мери количину расипања светlostи под дејством зрачења и
 - фибероптички сензори.

- сензори јонског зрачења:
 - сензори зрачења: гајгеров бројач, дозиметар, детектор неутрона, бројач искри и
 - сензори субатомских остатака: детектор остатака, маглена комора, атомска комора.
- акустички:
 - акустички: користе мерење временског кашњења простирања ултразвучних таласа и
 - звучни: микрофон, хидрофон, сеизмометар.
- остали типови:
 - сензори покрета: радарски пиштолј, брзинометар, тахометар, сензор пролаза возила и
 - сензори оријентације: жироскоп, вештачки хоризонт, жироскоп са лесерским прстеном.

На слици 2.1 приказани су примери различитих типова сензора.



Слика 2.1: Примери различитих типова сензора

1.1. Сензори у здравству

У здравству, се сензори користе за праћење здравственог стања пацијената, особа са инвалидитетом, деце, старијих особа, спортиста, животиња итд.

Интернет интелигентних уређаја може да има значајну примену у надгледању здравственог стања пацијената. Сензори у окружењу, на одећи, обући и разним справама могу утицати на додељивање адекватне терапије и правовремено реаговање у случају угроженог здравља: мере ЕКГ, крвни притисак, покрете мишића, очитавају маждане активности (електроенцефалографија) и сл. [3]. Читање података из сензора путем веб или мобилних апликација лекарима омогућује да у право време укажу помоћ.

Healthcare сензори се користе и у спорту за праћење виталних функција спортиста у току тренинга. Постављају се на тело, одећу или обућу, а приступа им се путем веб или мобилних апликација: прате потрошњу калорија, рад срца, вежбање на задати начин итд. [4].

Сензори се употребљавају и за праћење здравственог стања, и проналажење животиња и у друге сврхе.

1.2. Сензори саобраћаја

У саобраћају сензори могу бити фиксни и мобилни. Фиксни се уградију у путну инфраструктуру (мостови, раскрснице итд.) и поред пута (паркинзи, улична расвета итд.), а намењени су надгледању саобраћаја и детектовању промена на делу пута где су постављени. Примери оваквих сензора су индуктивне петље, системи за обраду видео слике, пнеуматске цеви и RFID системи. Индуктивна петља се састоји од спона жица уградјених у пут и детектора промене индуктивности која настаје проласком возила [5]. Користи се за детекцију возила када улази или излази из петље, а и у друге сврхе, као што је аутоматско отварање и затварање рампе.

У мобилне сензоре саобраћаја спадају сви сензори инсталирани у возилу (автомобил, аутобус итд.). Пример за мобилне су ултразвучни сензори за детекцију возила, радара и као помоћ при паркирању. Уређај пушта спон ултразвучног сигнала, на основу кога се утврђује да ли се у близини налази објекат у који возило може ударити. Предности оваквих сензора су ниска цена и једноставан хардвер.

Постоје и сензори који се могу поставити на возила и користити за праћење параметара из окружења, као што су загађеност ваздуха, гужва на путевима и сл. Возила у саобраћају могу се пратити и помоћу GPS, GPRS, RFID, NFC, Bluetooth и других технологија.

1.3. Сензори паметних кућа

У паметним кућама, зградама или становима постављају се различите врсте сензора, зависно од система за управљање [6]. У паметној кући управља се следећим подсистемима:

- **Расвета.** Користи се комбинација различитих сензора и актуатора који детектују присуство у некој од просторија, приближавање улазним вратима, дневну светлост итд.
- **Климатизација и грејање.** Мере температуру у просторијама и на основуочитаног податка активирају актуаторе по унапред дефинисаним правилима да укључе или искључе грејање или хлађење.
- **Ролетне.** Аутоматски се подешава јачина светла у просторији у току дана. Сензори најчешће детектују јачину сунчеве светlostи, температуру фасаде и брзину ветра или кише. На основу измерених вредности укључују се актуатори који аутоматски спуштају или подижу ролетне.
- **Видео надзор и алармирање.** У паметним кућама се подразумевају противпожарни и противпровални сензори и уређаји за видео надзор.
- **Спољашње окружење.** Сензори се користе за отварање врата на гаражи, рампе, капије, за укључивање заливања баште и сл.

Уређаји функционишу према унапред дефинисаним сценаријима, чиме се остварују уштеде у потрошњи електричне енергије и простор прилагођава жељама укућана, а њима се може управљати преко даљинског управљача, интерактивних екрана, мобилног или фиксног телефона и интернета.

1.4. Сензори у паметним учионицама

У паметним учионицама често се користе сензори за регулацију осветљења, температуре, детекцију пожара, буке, активацију аларма, проверу присуства и сл.

Типични светлосни сензори су фотодиоде, фототранзистори, fotoотпорници, инфрацрвени детектори итд. Помоћу светлосних сензора и доброг осветљења побољшавају се услови за учење, смањује потрошња енергије и повећава безбедност. Наставник бира различите сценарије расвете и подешава осветљење помоћу контролног система.

Топлотни сензори мере промене температуре у различитим уређајима или просторији. Температура у учионици се регулише помоћу регулатора топлоте, на чијем је улазу топлотни сензор који упоређује тренутне вредности температуре са жељеним или задатим вредностима и подешава је.

Сензори за аларм најчешће пале и гасе расвету, спуштају ролетне и укључују звучно упозорење. Савремене учионице су опремљене и сензорима за детекцију пожара. Сензори за бележење присуства на настави имају за циљ да скрате време потребно наставнику за прозивку. Често се користе у комбинацији с RFID и NFC технологијама.

1.5. Сензори у паметним канцеларијама

Сензори за паметне куће и учионице могу се применити и у аутоматизацији паметних канцеларија. Поред сензора за детекцију температуре, нивоа осветљења и пожара, неизбежни су и они који бележе присуство запослених. Често се користе и сензори који детектују отказивање поједине канцеларијске опреме.

1.6. Сензори паметних градова

У паметним градовима могу се употребити сензори распоређени на различитим локацијама: у инфраструктури и окружењу, као што су: путеви, зграде (стамбене, пословне, здравствене и образовне), паркинзи, индустриска постројења, паркови, шуме итд. Уколико су сензори смештени напољу, обично су заштићени одговарајућим кућиштима и напајају се без прекида. У кућишта се смештају појединачни сензори или чешће сензорске табле с више сензора, које мере промене у окружењу: испуштање гасова, поједине догађаје, паметно паркирање, стање на околним пољопривредним парцелама, космичко зрачење.

Најчешће се користе сензори за детекцију загађености ваздуха, радијације, концентрације честица прашине, буке, влажности ваздуха, температуре, пожара, осветљености, гужве у саобраћају, слободних паркинг места, напрслина у јавним зградама и на мостовима, смећа у кантама за одлагање, водостаја, квалитета воде итд.

За повезивање и прослеђивање прикупљених параметара неопходне су бежичне сензорске мреже, чије постављање подразумева следећу процедуру:

- Избор протокола за прикупљање података.
- Интеграцију сензора на сензорским таблама.
- Заштиту сензора одговарајућим кућиштем.
- Избор напајања: батерија, соларни панел или USB конектор.
- Пренос измерених података до најближег рутера, а потом до сервера базе података из које се они испоручују крајњим корисницима.

2. Актуатори

Актуатори представљају тип мотора који је одговоран за померање или контролу механизма или система. Покреће их извор енергије, обично електрична енергија, хидраулички притисак течности или пневматски притисак, који енергију претвара у покрет [7]. Могу бити механички, електронски или софтверски.

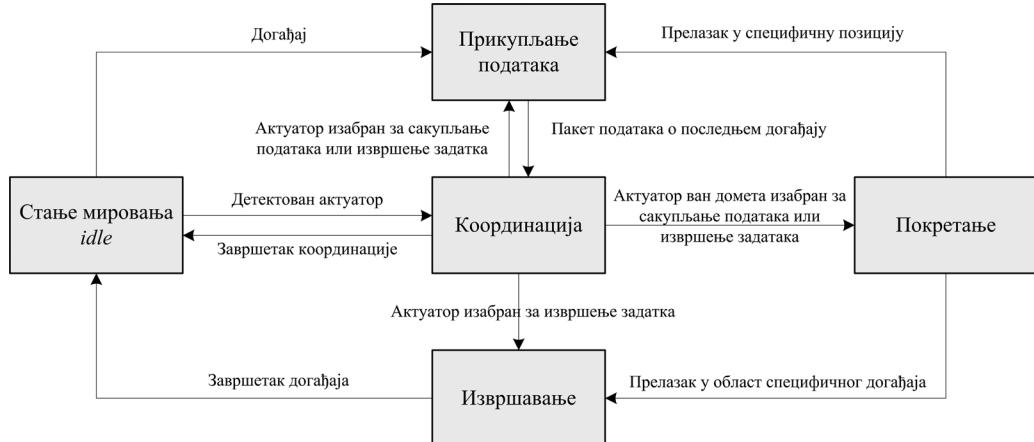
Актуатори се користе у комбинацији са сензорима или другим актуаторима. Пријем информације из сензора и покретање акције на основу детектоване промене у окружењу врши се посредством бежичне сензорско-актуаторске мреже (енг. Wireless Sensor Actuator Network, WSAN) [8], која се може применити у аутоматизацији паметних кућа, учионица и канцеларија за праћење промена у окружењу. У бежичној сензорско-актуаторској мрежи актуатори могу имати следећа стања и улоге [8]:

- **Неактиван (енг. idle).** Стане у коме актуатори не раде, чекају на извршење неке активности.
- **Прикупљање података (енг. collecting).** Ови актуатори прикупљају податке у координацији са сензорима из окружења.
- **Координатор (енг. coordinate).** У ове спадају актуатори задужени за координисање активности у мрежама с више сензора и актуатора.
- **Покретач (енг. moving).** Овакви су задужени за померање актуатора у одређени положај ради преузимања података или извршења задатка.
- **Вршилац активности (енг. acting).** Актуатори намењени искључиво извршењу неког унапред дефинисаног задатка.

Актуатори обављају радње према порукама које примају на основу регистрованих догађаја. Почетно стање сваког актуатора назива се стање мировања (енг. idle). Кад се детектују подаци са сензора, актуатор улази у стање прикупљања података. Ако у току мировања прими поруку, може прећи и у стање координације када се

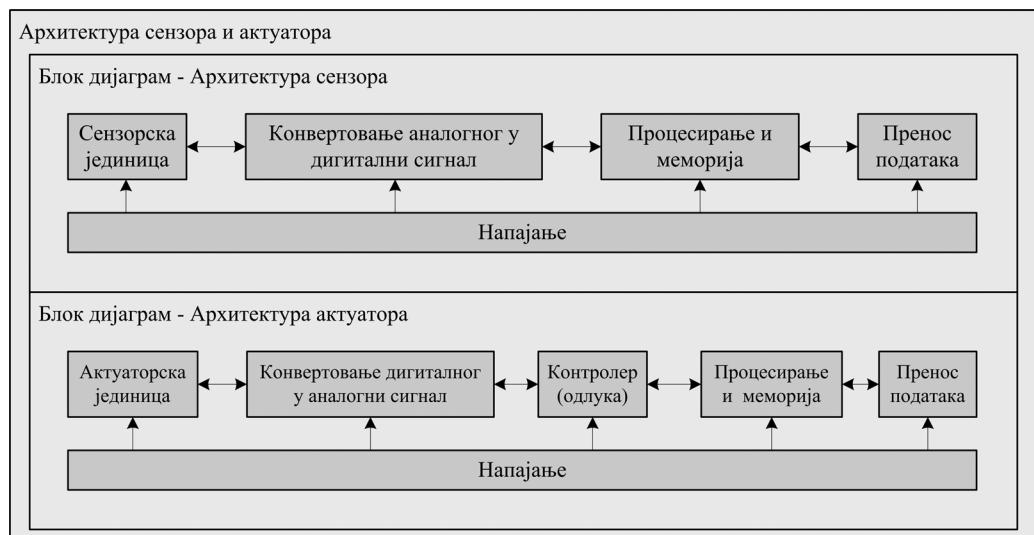
прерачунава и одређује коју активност треба извршити. Чим заврши координацију, актуатор се враћа у стање мировања. Уколико је актуатору додељена улога извршиоца, он прелази у стање покретача или вршиоца радње коју извршава. Након обављеног задатка враћа се у стање мировања.

Функције актуатора у WSAN-у приказане су на *слици 2.2*.



Слика 2.2: Функције актуатора WSAN-у (адаптирано из [8])

Сразмера потребног броја сензора и актуатора зависи од врсте примене [9]. Ако се сензори и актуатори користе за управљање осветљењем дуж већих саобраћајних деоница, потребан је већи број и једних и других. У пљоопривреди се користи више сензора него актуатора, зависно од површине земљишта на коме се уводи аутоматизација. Постоје апликације у којима се подразумева коришћење и сензора и актуатора, као што је на пример праћење здравственог стања пацијената. Архитектура сензора и актуатора приказана је на *слици 2.3*.



Слика 2.3: Архитектура сензора и актуатора (адаптирано из [9])

Типичан сензор састоји се од напајања, сензорске јединице, јединице за конверзију аналогног у дигитални сигнал, процесне јединице, меморије и јединице за пренос података. Процесор прикупља и обрађује сигнал преузет из сензорске јединице и шаље га до јединице за пренос података [9][10][11]. Актуатор се састоји од напајања, актуаторске јединице, јединице за конверзију дигиталног у аналогни сигнал, контролера, процесне јединице, меморије и јединице за пренос података. Контролер има значајну улогу, јер доноси одлуке на основу унапред дефинисаних правила. Актуаторска јединица усмерена је на извршење одређене акције.

3. Микрорачунари и микроконтролери

Микрорачунар је сваки рачунар који се састоји од микропроцесора, меморије, улазног и излазног интерфејса. Радње које изводи микропроцесор зависе од врсте примљених података у бинарном формату, који се преко улазног интерфејса преносе до процесора или меморије. У меморији су програми који микропроцесору дају инструкције за операције над подацима које треба реализовати. За пренос обрађених података од микропроцесора до излазних јединица надлежан је излазни интерфејс.

Микроконтролер је микропроцесор са уgraђеном меморијом, генератором такта, часовником и хардвером за повезивање са спољним уређајима, као што су сензори, актуатори и преносници података [12]. То је, у ствари, рачунарски чип направљен са циљем да се угради у различите објекте у физичком окружењу, личи на традиционални микрочип са пластичним кућиштем и металним контактима. Најчешћи тип микроконтролера јесте микропроцесор.

Разлика између микропроцесора и микроконтролера огледа се у томе што су микропроцесори оптимизовани за брзину и перформансе при извршењу рачунарских програма, а микроконтролери за интеграцију већег броја улазно-излазних интерфејса за управљање процесима у реалном времену, масовну производњу и малу потрошњу струје.

Контролери су микропроцесори, често уgraђени у сензоре и актуаторе, који пријимају и обрађују вредности неке променљиве добијене из сензора или другог контролера. Имају могућност доношења одлука о операцијама уређаја у који су уgraђени на основу претходно дефинисане логике, програмских сценарија и тренутних дешавања.

Микроконтролери омогућују интелигентно понашање паметним уређајима; покрећу софтвер и одговорни су за повезивање са сензорима и актуаторима. Микроконтролери у паметним уређајима су по димензијама мањи од микропроцесора у рачунарима. Уобичајени микроконтролер има неколико килобајта меморије на чипу и достиже брзину обраде од неколико MHz, што је за неколико редова мање и спорије од процесора персоналних рачунара.

Микроконтролери имају следеће типове меморије: ROM (енг. Read-Only Memory), RAM (енг. Random Access Memory) и неволатилну (перманентну) меморију за чување програма [13]. ROM се користи за складиштење програмских кôдова који дефинишу основно понашање уређаја. Садржак ROM меморије уписује се у уређај у току производње и обично се не мења за време коришћења. Сам програм који микроконтролер извршава уобичајено се не смешта у ROM, већ се чува на неком типу неволатилне меморије, на пример на флеш меморији. RAM меморија се користи за чување вредности променљивих у оквиру програма који се на микроконтролеру извршава.

Микроконтролер, такође, има часовник и механизме за интеракцију са спољним уређајима, као што су комуникациони уређаји, сензори и актуатори. Спољни уређаји су директно повезани на пинове микроконтролера, обично преко серијских портова или серијске магистрале.

Понашање паметних уређаја дефинисано је софтвером на микроконтролеру, који је сличан софтверу на персоналним рачунарима. Ови програми писани су у асемблеру или у неком вишем програмском језику, као што је C и компајлирани су у машински кôд за микроконтролер. Када се паметан уређај укључи, микроконтролер покрене учитани рачунарски кôд.

Иако је могуће програмирати микроконтролер без коришћења оперативног система, већина паметних уређаја због једноставније имплементације користи неки од оперативних система који су прилагођени за микроконтролере.

3.1. Оперативни системи за паметне уређаје

Оперативни системи за паметне уређаје писани су према специфичним захтевима и ограничењима наметнутих хардверским карактеристикама ових уређаја. Ограниченија меморије чине програмерски модел другачијим од оперативних система опште намене. Ограниченија у брзини процесирања захтевају програмске језике низег нивоа, као што је C.

Неки од оперативних система отвореног кôда за паметне уређаје су:

- **Contiki** је први оперативни систем за паметне уређаје који је омогућио IP комуникацију коришћењем uIP TCP/IP протокол стека. У 2008. години Contiki систему припојен је uIPv6, светски најмањи IPv6 стек. Величина uIP и uIPv6 стекова је мала, мања од 5kB за uIP стек и приближно 11kB за uIPv6, што их чини погодним за коришћење у ограниченој окружењу паметних уређаја. Contiki је имплементиран у C програмском језику и подржава већи број процесора и хардверских конфигурација, обезбеђујући потпуно повезивање IPv4 и IPv6 преко uIP и uIPv6 протокол стека. uIPv6 је једини IPv6 стек за паметне уређаје са IPv6 сертификатом (Ready Certification).
- **TinyOS** је оперативни систем отвореног кôда за паметне уређаје и сензорске мреже, омогућује имплементацију великог броја мрежа и механизама рутирања.

Надоградња uIP стека за TinyOS постоји, а новије верзије TinyOS имају основну IPv6 подршку. TinyOS је имплементиран у програмском језику nesC (енг. network embedded systems C). Раније је користио uIP за IP комуникацију, а сада IPv6.

- **FreeRTOS** је оперативни систем отвореног кода, пројектован за уградњене системе. За разлику од Contiki и TinyOS, он у реалном времену омогућује покретање апликације баш када неки догађај у систему треба да се дододи и пружа TCP/IP подршку преко uIP и lwIP стека. Пројектанти система бирају који ће стек да користе у зависности од захтева апликације и ограничења система. За апликације које захтевају велики пропусни опсег, одабира се lwIP; за апликације с мањим захтевима у пропусним могућностима, али са већим за меморијом, бира се uIP.

У софтверу паметних уређаја меморија може бити статички алоцирана у време компајлирања или динамички приликом извршавања. Статички алоцирана меморија допушта програмеру да предвиди да ли ће програмстати у меморију микроконтролера, али не дозвољава систему да динамички одговори на захтеве током извршења. Динамички алоцирана меморија је у могућности да одговори на захтеве стварног оптерећења меморије, али не може предвидети како ће се систем понашати.

4. Wearable уређаји

Wearable computing, wearable уређаји или wearables односи се на електронске технологије или рачунаре који су уградњени у одевне предмете или постављени уз тело [14]. Wearable рачунари су минијатурни електронски уређаји које корисници носе испод, преко или као део одеће. Онаме ко је носи, wearable технологија омогућује приступ информацијама у реалном времену и локално складиштење забележених података. Циљ wearable computing-а јесте да обједини функционалности преносиве електронике и рачунара са свакодневним активностима корисника.

Основне карактеристике wearable уређаја су [14]:

- **Мобилност.** Wearable уређаје корисник може носити са собом у виду одевног аксесоара.
- **Комуникативност.** Комуникација уређаја са корисником и другим паметним уређајима у сваком тренутку, уз висок ниво заштите приватности података.
- **Аутоматизација.** Прикупљање података из окружења и персонализација уређаја у циљу повећања менталних и физичких способности корисника.
- **Мултитаскинг.** Могућност извођења више активности истовремено.

Одлике wearable уређаја јесу стална интеракција рачунара и корисника и мултитаскинг. Wearable computing може се применити у пословању, образовању, здравству и медицини, саобраћају, спорту и забави [14][15][16][17][18]. Велику улогу wearable computing има првенствено у здравству, јер омогућује праћење здравственог стања пацијената, реализацију свакодневних активности особа са инвалидитетом и старијих особа.

Wearable уређаји могу се користити у превентивне сврхе и за персонализовано праћење здравља пацијената или спортиста након откривања болести или као део поступка опоравка, а и као помагала особама са инвалидитетом омогућујући им да боље виде и чују, да се неометано крећу, уче итд. Често служе и за надзор пацијената, спортиста и слично [14].

Примена wearable computing-а од великог је значаја у медицини, јер нуди одређене предности за пациенте и за лекаре. За шире комерцијалне сврхе развијени су wearable уређаји за надзор пацијената, дизајнирани да обезбеде дугорочну помоћ особама с привременим или трајним инвалидитетом. Главна намена им је да помоћу сензора детектују покрете, промене телесне температуре и реаговање коже на разне спољашње и унутрашње утицаје. Податке прикупљене помоћу уређаја повезаних са сензорима и бежичног интернета лекари и пациенти виде и користе у реалном времену, зато што су често уређаји које пациент носи повезани са информационим системом здравствене установе.

Најчешће се надзиру оболели од дијабетеса, кардиоваскуларних болести, умањене мождане функције, особе ослабelog вида и слуха и сл. [19]. Поред надгледања (мониторинг) болести, wearable уређаји прате здравствено стање старијих људи и мале деце. Пример примене у надзору пацијената дат је слици 2.4. У рехабилитацији wearable уређаји омогућују превенцију или дијагнозу потенцијално опасних ситуација за пациенте у периодима високог ризика, као након операције или срчаног удара. Приликом мониторинга прикупљени медицински подаци се одговарајућим алгоритмима анализирају и служе лекару као подршка у доношења одлука.



Слика 2.4: Примена wearable технологија у надзору пацијената

Велико интересовање за wearable уређаје постоји у спорту и фитнесу [20], с богатим избором софтвера за употребу. Способности и здравље спортиста могу се тако знатно побољшати. Сензори су прикачени на мајицама, шортсевима, патикама и другој опреми, бележећи податке о кориснику. У продаји су разноврсни справе, попут паметних сатова који воде евиденцију свакодневног уноса и потрошње калорија, препешачених или претрчаних километара итд.

Wearable технологија заступљена је и у војној индустрији. Поред разгранате примене у комуникацији и навигацији, она омогућује да се приступи тактичким информацијама којима се идентификују пријатељске и непријатељске снаге и потенцијално корисне стратегије у критичним ситуацијама. Помоћу бежичне и wearable опреме могуће је успоставити неприметну комуникацију међу војницима који размењују видео приказе онога што снимају помоћу минијатурних камера, опремљених лаганим wearable рачунарима.

Технологија за препознавање лица (енг. face recognition) велико се примењује у wearable computing-у. Уз одговарајући софтвер за препознавање и претраживање, користи се у полицији или војсци у идентификацији одређених особа или служби за евиденцију присуства у различитим околностима.

Један од најједноставнијих примера примене јесте камера за тзв. finger tracking, где рачунар визуелно прати покрете прста корисника, чиме се замењује миш.

Повезивање wearable уређаја са GPS-ом кориснику омогућује лаку оријентацију, уједно га обавештавајући о опасностима које му се приближавају (нпр. временске непогоде).

Wearable computing може се применити и у туризму: туристи као одевни детаљ носе мању камеру која прави фото-белешке.

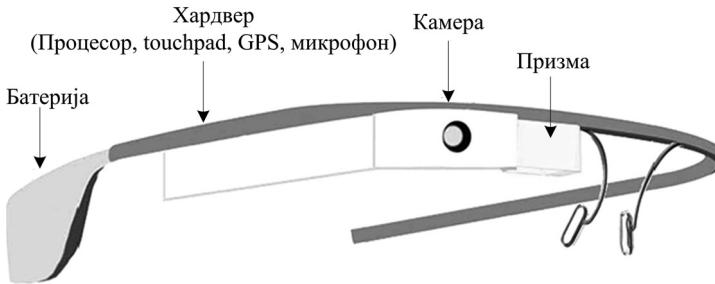
Ручни паметни сатови један су од атрактивних паметних уређаја у широкој употреби; често се користе за проверу локације корисника, за мерења у спортским активностима, за обавештавање о временским приликама и стању на путевима, јер су у стању да примају позиве, SMS и имејл поруке итд. Недостаци су им мала аутономија батерије и скромна прегледност екрана. Као и остали паметни уређаји, они сакупљају и шаљу информације интерним и екстерним сензорима на другим рачунарима и апаратима. Имају уграђене Wi-Fi, Bluetooth и GPS технологије.

Гугл наочаре (енг. Google Glasses) су wearable технолошко решење с дисплејом који омогућује рефлексију пројектоване слике (слика 2.5.) [21]. Направљене су у Гугл лабораторији (Google X lab) и повезују се са iOS или Android паметним телефонима. Усмеравају се без руку, задавањем гласовних команди чиме се поруке, позиви и друге информације преносе до дисплеја који се пројектује испред наочара. Дужина коришћења зависи од трајања батерије, обично неколико сати, али се повезивањем с паметним телефоном време скраћује, што може довести до загревања наочара.

У раму наочара је камера и Touchpad за контролу уређаја. Поред овога, наочаре поседују жироскоп, брзиномер, компас, сензор јачине светlostи и даљине, а могу се повезати на мобилни телефон који подржава Bluetooth. Могуће је задавање гласовних команди којима почиње снимање видео записа, сликање, проналажење одређене локације итд. GPS навигација кориснику предочава приказ тражене путање у реалном времену.

Гугл наочаре корисницима пружају додатне предности у погледу чујности и видљивости. Пример за то је пренос звука слушаоцу без слушалица помоћу механичких вибрација. Оне изазивају осциловање звучних таласа у ушној школици и на тај начин код слушалаца репродукују јасан сигнал, чак и када је бука у непосредном окружењу. Код особа са оштећеним видом омогућују да се побољша или изоштри слика.

Гугл је 2015. године зауставио развој ових научара, али се од тада на тржишту јављају бројни модели паметних наочара различитих произвођача.



Слика 2.5: Гугл наочаре (адаптирано из [21])

Wearable уређаји дизајнирани су да се носе током уобичајених дневних активности како би се континуално мериле биомеханичке и физиолошке активности и анализирали подаци. У стању су да прикупљају податке у дужем периоду, а имају могућност да укључују електропрекидаче, манометре, акцелерометре, жироскопе, бројаче корака и убрзања који се користе за снимање и анализирање људских покрета.

У спортском инжењерству или спортској биомеханици за анализу покрета се користе сензори инерције, као што су акцелерометар или жироскоп.

Паметна одећа (енг. Smart clothing) је нови производ текстилне и модне индустрије који се заснива на уградњи микрорачунара и електронских елемената [22] у тканине са интелигентним карактеристикама (е-текстил). Током прања електричне компоненте се обавезно изолују. Паметна одећа се користити у здравству, спорту, војсци, свакодневним активностима и сл. У здравству служи за праћења виталних показатеља: мерење срчаног ритма, дисања, температуре пацијента. У спорту, поред надгледања виталних функција, прати брзину покрета спортиста, проверава правилност извођења одређених вежби и сл.

Компанија Адидас прва је лансирала тзв. паметне патике са микрочипом који има улогу да ублажи удар. Микрочип прима сигнале из електромагнетног сензора који мери јачину додира с тлом, прорачунавајући тежину корисника. У стању је да изврши амортизацију, тј. да ублажи удар док је нога у ваздуху.

Још један од примера паметне одеће су јакне за ватрогасце са сензорима који бележе откуцаје срца, телесну топлоту, температуру околине, анализирају хемијски

састав дима и сл. Подаци се сакупљају у микропроцесорском чипу у јакни који их бежичним путем шаље у базну станицу ватрогасног возила, а одатле се прослеђују централном серверу на обраду.

Посебну врсту представља интелигентна одећа која упија соларну енергију и помоћу специјалних механизама је претвара у електричну енергију за пуњење мобилних телефона, дигиталних камера и сличних уређаја.

Приликом дизајнирања wearable уређаја треба водити рачуна о једноставности коришћења у свакодневним активностима, величини уређаја, квалитету повратних информација и заштити осетљивих личних медицинских података корисника.

ЗАКЉУЧАК

Сензори, актуатори, микроконтролери, микрорачунари и wearable уређаји представљају паметне или интелигентне уређаје. Интелигентни уређаји се сastoје од следећих елемената: напајање, меморија, процесор и компоненте за комуникацију с крајњим корисницима или другим уређајима. Циљ интернета интелигентних уређаја јесте повезивање већег броја уређаја из одређеног радног окружења на интернет и испорука прикупљених података корисницима. Често се у паметним окружењима комбинују различити типови сензора, тако се, на пример, у паметним градовима паметним сензорским таблама у исто време мере температура, влажност и загађеност ваздуха. Зависно од примљених података, актуатори извршавају одређену радњу која представља управљачку акцију. У повезивању сензора и актуатора важну улогу играју микрорачунари, микроконтролери и бежичне сензорско-актуаторске мреже. Посебна врста су wearable уређаји на и у телу.

ПИТАЊА

1. Објаснити појам и компоненте паметних уређаја?
2. Објаснити разлику између сензора и актуатора?
3. Који типови сензора постоје?
4. Објаснити архитектуру сензора и актуатора?
5. Објаснити појам бежичних сензорско-актуаторских мрежа?
6. Објаснити функционалности актуатора у бежичним сензорско-актуаторским мрежама?
7. Објаснити разлику између микроконтролера и микропроцесора?
8. Објаснити предности и ограничења оперативних система за интелигентне уређаје?
9. Објаснити појам wearable computing-a и области примене wearable уређаја?
10. Објаснити значај примене wearable уређаја у праћењу здравственог стања пацијената?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] A. Davy, „Components of a smart device and smart device interactions”, M-Zones, white paper 05/03, pp. 1-12, 2003.
- [2] M. Rowe, „Sensor basics: Types, functions and applications”, EDN Network, Доступно на: <http://www.edn.com/design/test-and-measurement/4420987/Sensor-basics--Types--function-and-applica>

- tions [28.10.2015].
- [3] S. Radhakrishnan, A. Duvvuru and S. V. Kamarthi, „Investigating Discrete Event Simulation Method to Assess the Effectiveness of Wearable Health Monitoring Devices”, *Procedia Economics and Finance*, vol. 11, no. 1, 838-856, 2014.
- [4] Y. Zhang, P. Luen and P. Rau, „Playing with multiple wearable devices: Exploring the influence of display, motion and gender”, *Computers in Human Behavior*, vol. 50, pp. 148-158, 2015.
- [5] C. Bucknell and J. C. Herrera, „A trade-off analysis between penetration rate and sampling frequency of mobile sensors in traffic state estimation”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 46, pp. 132-150, 2014.
- [6] P. Carreira, S. Resendes and A. C. Santos, „Towards automatic conflict detection in home and building automation systems”, *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 12, pp. 37-57, 2014.
- [7] Y. A. Chen, L. W. Yeh and Y. C. Tseng, „Controlling the fluid factors of an environment by sensor and actuator networks”, *Pervasive and Mobile Computing*, 2015, doi:10.1016/j.pmcj.2015.07.004.
- [8] Y. Zeng, D. Li and A. V. Vasilakos, „Real-time data report and task execution in wireless sensor and actuator networks using self-aware mobile actuators”, *Computer Communications*, vol. 36, no. 9, pp. 988-997, 2013.
- [9] H. Salarian, K. W Chin and F. Naghdy, „Coordination in wireless sensor actuator networks: A survey”, *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 72, no. 7, pp. 856-867, 2012.
- [10] C. Buratti, A. Conti, D. Dardari and R. Verdone, „An overview on wireless sensor network technology and evolution”, *Sensors*, vol. 9, pp. 6869-6896, 2009.
- [11] S. N. Simic and S. Sastry, „Distributed environmental monitoring using random sensor networks”, *Information Processing in Sensor Networks*, F. Zhao & L. Guibas (Eds.), pp. 582-592, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.
- [12] M. Kelemená, T. Kelemenová, I. Virgala, L. Miková and T. Lipták, „Rapid Control Prototyping of Embedded Systems Based on Microcontroller”, *Procedia Engineering*, vol. 96, no. 1, pp. 215-220, 2014.
- [13] D. Ibrahim, *Designing Embedded Systems with 32-Bit PIC Microcontrollers and MikroC*. Oxford, UK: Newnes, 2014.
- [14] S. Jhajharia, S. K. Pal and S. Verma, „Wearable Computing and its Application”, *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 5, no. 4, pp. 5700-5704, 2014.
- [15] S. Coyle et al., „BIOTEX-Biosensing Textiles for Personalised Healthcare Management”, *IEEE Transactions on information technology in biomedicine*, vol. 14, no. 2, pp. 364-370, 2010.
- [16] S. Mohammed et al., „Recognition of gait cycle phases using wearable sensors”, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 50-59, 2016.
- [17] S. Radhakrishnan, A. Duvvuru and S. V. Kamarthi, „Investigating Discrete Event Simulation Method to Assess the Effectiveness of Wearable Health Monitoring Devices”, *Procedia Economics and Finance*, vol. 11, pp. 838-856, 2014.
- [18] T. K. Rasmussen, J. B. Ingvardson, K. Halldórsdóttir and O. A. Nielsen, „Improved methods to deduct trip legs and mode from travel surveys using wearable GPS devices: A case study from the Greater Copenhagen area”, *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 54, no. 1, pp. 301-313, 2015.
- [19] T. Klingeberg and M. Schilling, „Mobile wearable device for long term monitoring of vital signs”, *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 106, pp. 89-96, 2012.
- [20] Y. D. Lee and W. Y. Chung, „Wireless sensor network based wearable smart shirt for ubiquitous health and activity monitoring”, *Sensors and Actuators B: Chemical*, vol. 140, no. 2, pp. 390-395, 2009.
- [21] P. A. Rauschnabel, A. Brem and B. S. Ivens, „Who will buy smart glasses? Empirical results of two pre-market-entry studies on the role of personality in individual awareness and intended adoption of

- Google Glass wearables”, *Computers in Human Behavior*, vol. 49, pp. 635-647, 2015.
- [22]J. McCann and D. Bryson, *Smart Clothes and Wearable Technology (1st edition)*, Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2009.

3

СЕНЗОРСКЕ МРЕЖЕ

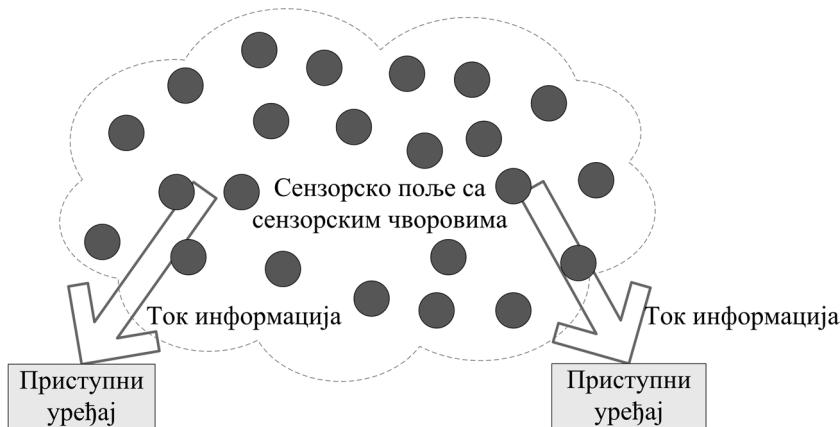
Бежичне сензорске мреже (енг. Wireless Sensor Network, WSN) су дистрибуирани системи који се сastoјe од сензора повезаних бежичном комуникационом мрежом [1]. Сензори прикупљају податке из физичког окружења, као што су температура, влажност ваздуха, притисак, ниво загађености итд. Примена бежичних сензорских мрежа темељи се на коришћењу малих, јефтиних и мултифункционалних платформи које самостално формирају ad hoc бежичну мрежу и прикупљене податке из сензора достављају кориснику. Дизајн такве мреже зависи од захтеваног протока података, алгоритма рутирања, механизама за поуздан рад и корисничких апликација. Бежичне сензорске мреже се примењују у екологији, е-здравству, паметном саобраћају и другим областима.

1. Бежичне сензорске мреже

Бежичне сензорске мреже сastoјe од просторно дистрибуираних и аутономних сензора за праћење физичких или еколошких услова у којима се налазе [2]. Основна намена им је сакупљање, обрада и достава измерених информација из окружења крајњим корисницима. За мерење и прикупљање резултата мерења служе одговарајући типови пасивних или активних сензора који су део мултифункционалних платформи, тј. сензорских чворова (енг. Sensor Nodes, SN). Сензорски чворови омогућују складиштење и обраду прикупљених података и комуникацију са IoT платформом [3].

Бежичне сензорске мреже се у пракси најчешће реализују као data-centric системи, а ређе као address-centric системи. Реализација зависи од тога да ли се информације појединачно или групно прикупљају и преносе до приступних уређаја. Приступни уређаји задужени су да обезбеде двосмерну комуникацију крајњег корисника и сензорских чворова. Комуникација обухвата пријем података из чворова и слање захтева и управљачких налога чворовима. Захтеви се могу упутити свим сензорским чворовима или само одређеној групи. Када се упућују групи, од свих чворова их прикупља агрегатни чвор групе и шаље приступном уређају. На овај начин управља се оптерећењем на комуникационим линковима, повећава тачност прикупљених података и обезбеђује редундантност података, чиме се компензују квирови у чворовима.

Приказ бежичне сензорске мреже дат је на слици 3.1 [4]



Слика 3.1: Бежичне сензорске мреже

Осим што прибављају информације, бежичне сензорске мреже могу да делују на своје окружење преко актуатора, и у том случају називају се бежичне сензорско-актуаторске мреже [4].

2. Бежични сензорски чврори

Сензорски чврори су обично густо распоређени у сензорском пољу и прикупљају и прослеђују прикупљене податке из непосредног окружења у коме се налазе. Праве се да буду малих димензија, због мање потрошње енергије и прилагођавања окружењу. Циљ постављања сензорских чврора јесте да се кориснику достави комплетна информација о стању окружења, која је потребна за процес одлучивања [2]. Постављањем и међусобним повезивањем већег броја сензорских чврора у неком окружењу остварује се:

- висока поузданост у раду,
- висока тачност измерених података,
- флексибилност и једноставно распоређивање сензора и
- ниска цена имплементације.

Зависно од тога да ли су имплементирани у проактивним или реактивним бежичним сензорским мрежама, постоје две групе сензорских чвррова:

- Сензорски чврори који периодично укључују сензоре, прикупљају и обрађују податке из окружења и информације од интереса прослеђују корисницима.
- Сензорски чврори који у реалном времену реагују на сваку промену у мрежи.

Структуру паметног сензорског чврора чине [5]:

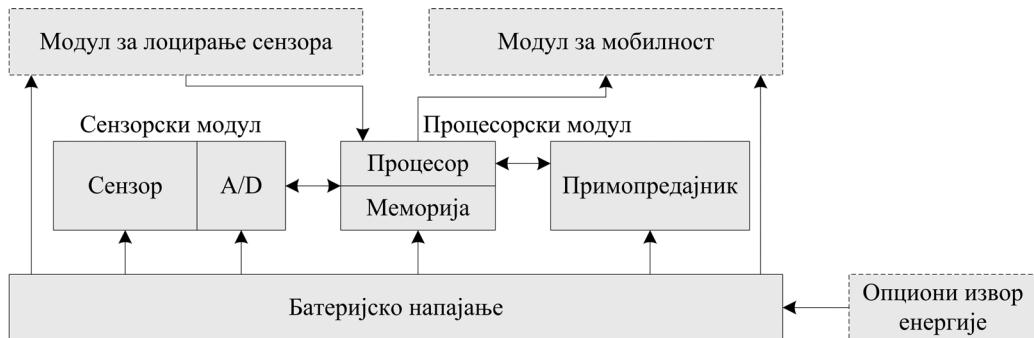
- сензорска јединица,
- примопредајник,

- процесорска јединица,
- меморија и
- батеријско напајање.

Опционе компоненте сензорских чврода су:

- јединица за одређивање локације сензора (нпр. GPS пријемник),
- модул за мобилност (користи се када сензор треба да постане мобилан) и
- генератор енергије тј. блок који врши конверзију енергије (нпр. соларна батерија).

На слици 3.2 приказана је архитектура сензорског чврда [5]. Један од задатака сензора јесте да измерену величину претвори у електрични сигнал који проследи на улаз A/D конвертора. У A/D конвертору се врши конверзија мерењог сигнала у дигитални формат погодан за обраду у процесору сензора. Процесор обрађује измерене податке и, ако је потребно, коначну информацију примопредајницима пошаље у мрежу.



Слика 3.2: Архитектура сензорског чврда [3]

2.1. Сензорска јединица

Сензори су уређаји за прикупљање информација о променама физичког стања околине. Континуални, аналогни, мерни сигнал из сензора се дигитализује у A/D конвертору и упућује контролеру на обраду. Сензори се деле у три категорије [6]:

- **Пасивно-омнидиракциони.** Мере физичке промене на месту на ком се налазе; у ову категорију спадају светлосни, сензори вибрација, микрофони, детектори дима, сензори ваздушног притиска итд.
- **Пасивно-ускоснопни.** Имају строго дефинисан скуп позиција и мерења; пример за то су камере које снимају у задатом правцу, а по потреби се усмеравају.
- **Активни.** Активно раде и испитују окружење, такви су сонари, радари или сеизмички сензори.

2.2. Примопредајник

Примопредајник је уређај који обједињује предајник и пријемник и одговоран је за бежичну комуникацију сензорских чврова и комуникацију с приступним уређајима, са основним задатком да прикупљене дигиталне податке из сензора, који су смештени у меморији процесора, преузима и претвара у радио-таласе, и обратно. Основна стања примопредајника су: пријем, мировање и пренос података. Постоје различити типови бежичног преноса података [6]: радио-таласи, ласерски пренос, пренос инфрацрвеним зрацима. У бежичним сензорским мрежама се, углавном, користи пренос радиоталасима.

2.3. Процесор

Процесор је основни елемент бежичног сензорског чвора, чија је улога да прикупи, обради и пошаље податке из чвора. Он може да прима податке из других чвррова у мрежи и да одлучује о покретању актуатора. При избору процесора се води рачуна да се постигне компромис између флексибилности, перформанси, енергетске ефикасности и трошкова. Углавном се користе процесори специјално направљени за потребе сензора, који су за ту сврху прилагођени микроконтролери.

Карактеристике микроконтролера су флексибилност у повезивању с другим уређајима, уграђена меморија и програмабилност, а посебно је важна мала потрошња енергије. У стању су да прелазе у sleep mode, у коме су само делови процесора активни.

2.4. Батеријско напајање

Батерије су главни извор напајања за бежичне сензорске чврлове. У зависности од типа сензора и окружења у коме се налази, рад сензора на батеријско напајање може трајати неколико сати, дана или година. Батерије се деле на пуњиве и за једнократну употребу. На основу хемијског материјала за израду електрода највише се користе: NiCd, NiMH и Lithium-ion [6].

Неки типови сензора оспособљени су да своје залихе енергије допуне из соларних извора, температурних разлика или вибрација.

Постоје две технике очувања залиха енергије:

- **Динамично управљање енергијом** (енг. Dynamic Power Management, DPM) штеди енергију тако што делове сензора који нису активни ставља ван функције.
- **Динамично контролисање напона** (енг. Dynamic Voltage Scalling, DVS) надзире и подешава напон процесора и меморије у зависности од потребе сензора и обима послса; мењањем напона успорава се процесор у периодима када није потребна већа снага обраде и тиме се знатно смањује потрошња енергије.

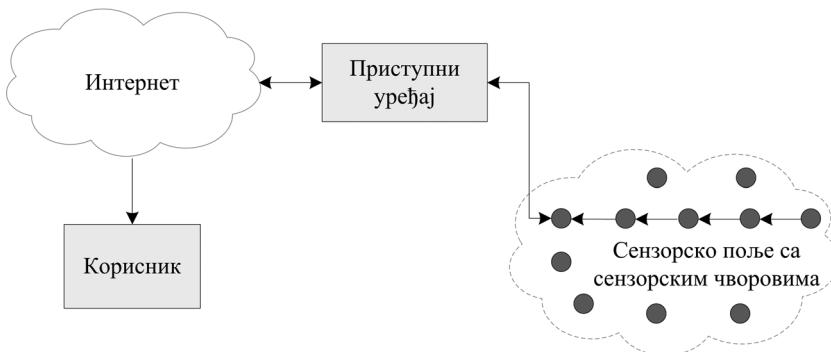
2.5. Меморија

Меморија се састоји од RAM меморије која чува измерене податке из самог сензора и податке о мерењима примљене из других сензора [6]. Предност јој је већа брзина приступа, а недостатак што се подаци губе прекидањем напајања.

Програмски код може бити сачуван у ROM, EEPROM или флеш меморији, која се може користити и за складиштење података у случају да RAM меморија није довољна или да снабдевање енергијом престане, а измерени подаци треба да се чувају. Величина меморије зависи од потреба апликација за које се сензорски чвор користи.

3. Архитектура бежичне сензорске мреже

Дистрибуирани систем бежичне сензорске мреже чини мноштво сензорских чвррова, распоређених у сензорском пољу, чији је основни задатак да мери и обрађује податке у вези са феноменима које треба да прати. На слици 3.3 приказана је комуникационија архитектура бежичне сензорске мреже [4].



Слика 3.3: Комуникационија архитектура бежичне сензорске мреже

Умрежавање омогућује комуникацију сензорских чвррова и размену података између њих. Сваки чврв у бежичној сензорској мрежи има две функције:

- Да прикупи податке тако што ће из непосредне близине измерити својства феномена које прати или да их преузме од суседа;
- Да реализације рутирање података ка приступном уређају.

Пут податка од сензорског чврва до приступног уређаја може да води преко више других чвррова, путем комуникације од чврва до чврва (hop-to-hop) унутар архитектуре бежичне сензорске мреже. Корисник приступа ресурсима бежичне сензорске мреже или самим сензорским чврловима преко приступног уређаја.

3.1. Ad hoc бежичне сензорске мреже

Ad hoc бежичне сензорске мреже су посебна врста сензорских мрежа. Чине их равноправни и међусобно повезани сензорски чворови који бежично комуницирају и одликују се одређеном интелигенцијом за обраду сигнала и умрежавање. Осим уобичајеног прикупљања и емитовања прикупљених података, сензорски чворови једни с другима комуницирају. Комуникација није условљена постојањем инфраструктуре или потребом да се претходно дефинишу међусобни односи, већ само чињеницом да ли се оне налазе у домену покривања сигналом. Динамичку топологију ad hoc бежичних сензорских мрежа карактерише способност аутоматског искључивања неисправних сензора, па оне могу функционисати у различитим окружењима чија се структура мења у времену.

Главни изазови у ad hoc сензорским мрежама везани су за избор протокола рутирања и за безбедност. Избор се врши у складу с потребом за уштедом енергије, а користе се проактивни, реактивни и хибридни протоколи рутирања. Протоколи и алгоритми у бежичним ad hoc мрежама обично нису способни да испуне све захтеве и потребе сензорских чворова из следећих разлога:

- Број сензорских чворова већи је у односу на број чворова код ad hoc мреже.
- Сензорски чворови су густо распоређени.
- Сензорски чворови могу да користе broadcast комуникацију у односу на ad hoc чворове који користе point-to-point комуникацију.
- Сензорски чворови обично немају глобалну идентификацију због великог броја сензора.

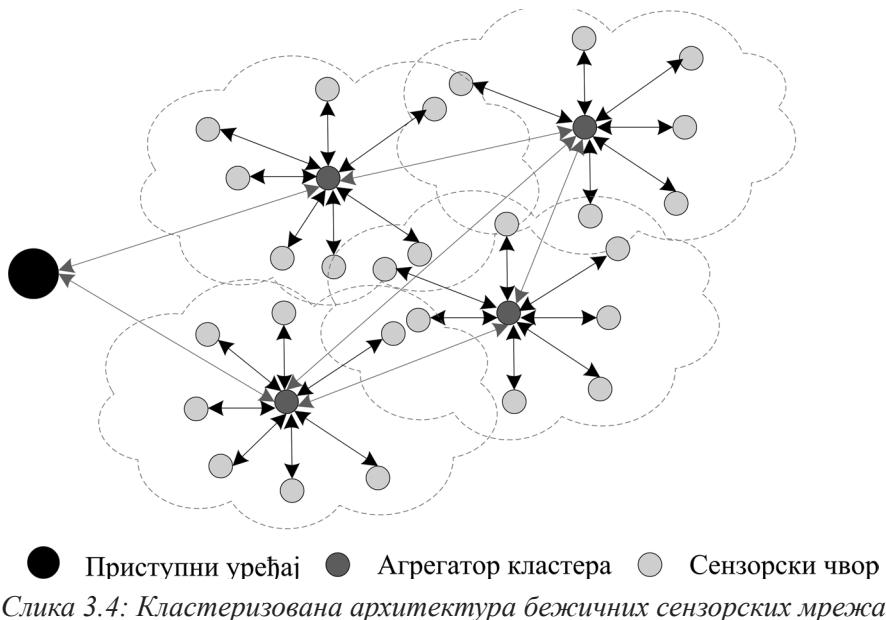
3.2. Кластериране бежичне сензорске мреже

У пракси је често заступљена архитектура бежичних сензорских мрежа с кластерираном организацијом, коју одликује мања количина саобраћаја на комуникационим линковима ка приступном уређају и смањена потрошња енергије. Предност овог типа организације јесте већа тачност измерених података добијена комбиновањем података из више чворова [4]. На слици 3.4 приказана је кластеризована архитектура бежичних сензорских мрежа.

Кластер је хијерархијска организациона целина коју чине агрегатор с припадајућим сензорским чворовима. Улога агрегатора јесте да координира прикупљање података, да их агрегира и рутира ка приступном уређају. За ову врсту бежичних сензорских мрежа често се користи термин двослојна архитектура, јер се она састоји од:

- **Слоја агрегатора.** Скуп свих агрегатора који међусобно комуницирају и обављају рутирање пакета ка приступном уређају.
- **Слоја чворова.** Чворови у кластеру који комуницирају међусобно и са агрегатором.

Формирањем кластера у бежичним сензорским мрежама олакшава се рутирање пакета и смањује оптерећење у мрежи, што управљање мрежом чини једноставнијим [7]. Кластеризација се извршава коришћењем MAC (енг. Medium Access Control) протокола и протокола рутирања. Избор агрегатора у кластеру реализације се на основу потрошње електричне енергије, конкретне примене мреже, потреба рутирања пакета и саобраћајних захтева у мрежи [7][8]. Променама саобраћаја у мрежи мења се њена топологија, а тиме и конфигурација кластера, укључујући избор агрегатора. Промена агрегатора врши се периодично како би се равномерно распоредила потрошње енергије сензорских чворова у кластеру [4]. Реконфигурација кластера реализације се применом мрежних протокола.

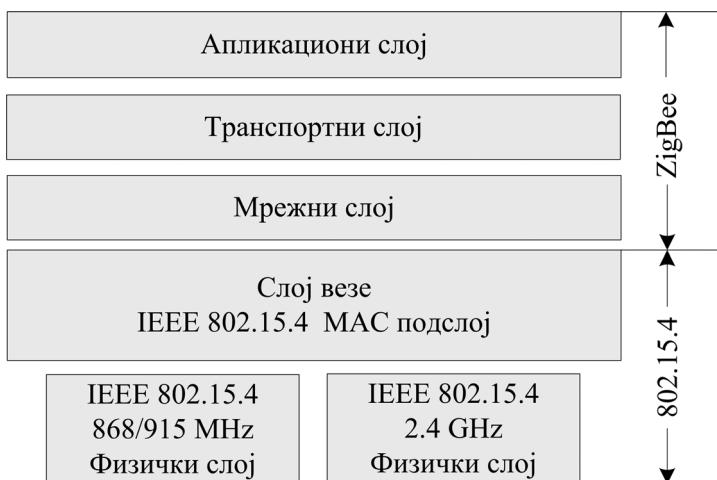


Архитектура бежичних сензорских мрежа може се у комуникационом смислу модификовати додавањем посебних релеја (енг. Relay Node). У поређењу са сензорским чврсвима, они имају већу резерву енергије, јачу процесорску снагу и боље карактеристике бежичне комуникације. Релеји се постављају плански и у стању су да преузму улогу агрегатора у кластерираној архитектури.

Кластеризована архитектура бежичних сензорских мрежа и додавање релеја подразумевају увођење додатне инфраструктуре, што представља напуштање концепта *ad hoc* бежичне сензорске мреже.

4. Слојевита архитектура бежичне сензорске мреже

Основу комуникација у бежичним сензорским мрежама чини слојевит модел архитектуре. Карактеристике процеса који се одвијају на физичком слоју и MAC подслоју TCP/IP референтног модела дефинисане су стандардом IEEE 802.15.4, који је креиран да би се решили захтеви за малом потрошњом електричне енергије, за високом поузданошћу преноса и за ниском ценом. ZigBee асоцијација предложила је надградњу постојећег IEEE 802.15.4 стандарда закључно са апликационим слојем референтног модела за бежичне сензорске мреже, који је приказан на слици 3.5 [9]. Овај модел састоји се од физичког слоја, слоја везе, слоја мреже, транспортног и слоја апликација.



Слика 3.5: Референтни модел за бежичне сензорске мреже

4.1. Физички слој

Улога физичког слоја (енг. physical layer, PHY) јесте да у комуникацији извршава следеће функције [2]:

- избор фреквенције,
- детекцију сигнала,
- заштиту података,
- пренос података између чвррова,
- модулацију и
- реализацију енергетске ефикасности.

За пренос радио-сигнала најчешће се користе фреквенције у ISM опсегу (The industrial, scientific and medical radio band) од 915MHz. Детекција сигнала базира се на принципу да се из скупа вредности које се надгледају бира она на којој је радио-сигнал најквалитетнији и измерена вредност најтачнија.

Идентификација просторног раздавања чврова остварује се густим распоређивањем чврова на појединим позицијама. Чврви имају уградене мале антене, а распоређени су обично по неравној површини. Што је већа густина, то значи да су чврви ближе један другом, па је повећана вероватноћа остваривања добре везе на малом растојању.

Да би се очувала енергетска ефикасност, важно је направити правилан избор врсте дигиталне модулације радио-сигнала за пренос. Различитим врстама модулација (у оквиру једног симбола који се шаље, преноси се већи број битова) смањује се снага потребна да се изврши предаја информација, али расте сложеност и потрошња енергије кола за предају/пријем (Tx/Rx). Код бинарних модулационих шема, какве су BPSK, FSK и ASK, постоји бољи баланс између снаге на предајнику и снаге која се троши од стране Tx/Rx кола. Start-up време које је потребно за припрему преноса сваког пакета података има велики утицај на просечну енергију која се троши по биту. Када се у току преноса користе мањи пакети, тада на укупну потрошњу већи утицај има start-up енергија од оне која се троши за пренос корисне информације.

Стандард предвиђа коришћење три фреквенцијска опсега [4]:

- један радио-канал у опсегу 868-868,8MHz (Европа),
- десет радио-канала у опсегу 902-928MHz (Северна Америка) и
- шеснаест радио-канала у опсегу 2,4-2,4835GHz (цео свет).

4.2. Слој везе

Слој везе задужен је за следеће функције:

- мултплексирање пакета података,
- формирање заглавља пакета,
- физичко адресирање,
- контрола токова пакета,
- контрола грешака при преносу и
- контрола приступа.

Контрола приступа медијуму важан је аспект бежичног преноса, имајући у виду његову деливост између више чврва. Покушај већег броја предајника да преноси врши на истој фреквенцији доводи до колизије. Да би се то спречило, неопходно је да се у MAC подслоју идентификује када и на који начин чврви могу да приступају и врше пренос по бежичном комуникационом каналу.

Примарни задаци MAC подслоја јесу [2]: избегавање колизије, енергетска ефикасност, скалабилност и адаптивност, ефикасно коришћење пропусног опсега, латенција и пропусност. Постојећи MAC протоколи не могу се користити код бежичних сензорских мрежа, јер у сензорским чврвима не постоји централни управљачки агент.

Протоколи за сензорске мреже у MAC подслоју класификују се на:

- протоколе базиране на сударима (енг. contention based protocols) и
- протоколе базиране на планирању (енг. scheduled protocols).

Примери протокола у MAC подслоју су ALOHA и CSMA/CA. Код ALOHA протокола чвор предаје пакет у тренутку генерисања или у наредном доступном временском слоту. Пакети код којих долази до колизије привремено се избацују, а касније поново шаљу на предају. Код CSMA/CA чврлови пре него што започну пренос ослушкују канал; ако установе да је заузет, они одлажу пренос и касније поново покушају да му приступе. Код CSMA/CA механизма пре него што предајник почне с предајом података успоставља се RTS-CTS (енг. Request to Send - Clear to Send handshake) процедура између предајника и пријемника. Тако се чврлови у суседству предајника и пријемника међусобно обавештавају да постоји потреба за преносом података.

Протоколи базирани на планирању, засновани су на TDMA технологији (Time Division Multiple Access) којом се сваки канал дели на више временских слотова. За време трајања сваког слота само један чвор може да врши пренос. Базна станица у оквиру сваке ћелије алоцира временске слотове. Мобилни чврлови комуницирају само с базном станицом. Не постоји међусобна комуникација мобилних сензорских чвр洛ва. Тиме се добија на енергетској ефикасности. TDMA има недостатке који се огледају у услову да чврлови формирају кластер, при чему се један од чврлова бира да буде агрегатор и он се понаша као базна станица. Комуникација чврлова ограничава се на кластер.

Код бежичних сензорских мрежа често се захтева да буде доступан већи број радио-канала. На тај начин везе које имају сметње могу да користе различите канале, што је случај код FDMA и CDMA технологије. Овакви самоорганизујући протоколи подразумевају да чвор у временским интервалима, у којима нема пријема и предаје, у циљу уштеде енергије искључује свој радијски део. Недостатак ових протокола односи се на малу искоришћеност канала. Типичан пример протокола који у бежичним сензорским мрежама користи TDMA технику јесте LEACH (енг. Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy): овај протокол организује чврлове у кластерску хијерархију, а у сваком кластеру је имплементиран TDMA. Важно је напоменути да се улога агрегатора у кластеру у току рада мења између чврлова и директно зависи од биланса или расположиве енергије.

За контролу и исправку грешака при преносу података користе се:

- **FEC (Forward Error Correction) техника.** Карактерише се додатном потрошњом енергије и кашњењем у преносу пакета, изазваним израчунавањем FEC кода и преносом додатних битова.
- **ARQ (Automatic Repeat Request) техника.** Пренос пакета с грешком узрокује процес ретрансмисије, што за последицу има повећану потрошњу енергије.

Интеракција MAC слоја с вишим слојевима одвија се преко IEEE 802.2 стандарда који је намењен за комуникацију уређаја на малим растојањима (до 10 метара), без постојања инфраструктуре за организацију и управљање мрежом. Применом ових стандарда врши се умрежавање сензора у индустријске, научне и медицинске сврхе. Уређаји који се користе карактеришу мања потрошње енергије и ниже вредности протока у односу на IEEE 802.15.1 Bluetooth стандард. На основу IEEE 802.15.4 осмишљено је више стандарда, а највише се примењује ZigBee стандард.

ZigBee је бежични комуникациони протокол намењен персоналним мрежама с малим пропусним опсегом и ниском потрошњом енергије [10]. Углавном се користи када је потребно да се умрежи велики број уређаја, поуздано пренесе мала количина података и обезбеди мала потрошња енергије. Типични примери апликација са оваквим захтевима јесу бежичне сензорске мреже, мреже са применом у прикупљању медицинских података и сл.

IEEE 802.15.4 стандард дефинише две класе уређаја:

- **FFD** (енг. Full-Function Device) уређај спојен на неки стални извор напајања.
- **RFD** (енг. Reduced-Function Device) уређај са ограниченим функционалношћу, који има ограничено аутономно напајање.

ZigBee дели уређаје по функцији у мрежи на [9]:

- **Мрежне координаторе (FFD)** који врше иницијализацију мреже, успостављају везе између чврова и усмеравају податке на излазу ка другој врсти мреже, као што је LAN или GSM.
- **Рутер (FFD)** који усмеравањем пакета повећава домет мреже.
- **Крајње уређаје (углавном RFD, али могу бити и FFD)**, тј. сензоре, актуаторе или управљачке единице.

4.3. Мрежни слој

Мрежни слој обезбеђује размену података између транспортног, апликационог и MAC подслоја. Задатак мрежног слоја јесте да се правилно формира мрежна топологија, конфигуришу и адресирају уређаји, води рачуна о суседству између чврова, пронађе најбољи пут и порука достави на одредиште и да се укључивањем и искључивањем чврова с мреже контролише потрошња енергије.

На мрежном слоју постоји неколико техника рутирања података. Једна од њих, flooding техника, заснива се на томе да сваки чвр који прими податак или управљачку информацију, тај исти податак или информацију шаље свим чвровима (broadcast) све док се не достигне максималан број скокова специфициран у пакету или док пакет не пристигне до одредишног чвора.

Ову технику карактерише следеће:

- **Имплозија:** истом чврлу шаљу се удвојене поруке.

- **Прикупљање:** два чвора у кластеру процењују у истом тренутку исти стимулус, а као резултат суседни чворови примају двоструке поруке.
- **Нерационалност коришћења ресурса:** протокол не води рачуна о расположивој енергији.

Да би се отклонила могућност имплозије, извршене су промене у flooding технички. Развијена је нова техника gossiping која предвиђа да чворови, уместо да шаљу broadcast саобраћај свим чворовим, произвољно бирају други сензорски чвр према коме ће усмерити поруку. На овај начин избегава се имплозија, јер сваки чвр располаже само једном копијом поруке. Недостатак ове технике везан је за чињеницу да је потребан дуг временски период да би се порука пренела до свих сензорских чврова.

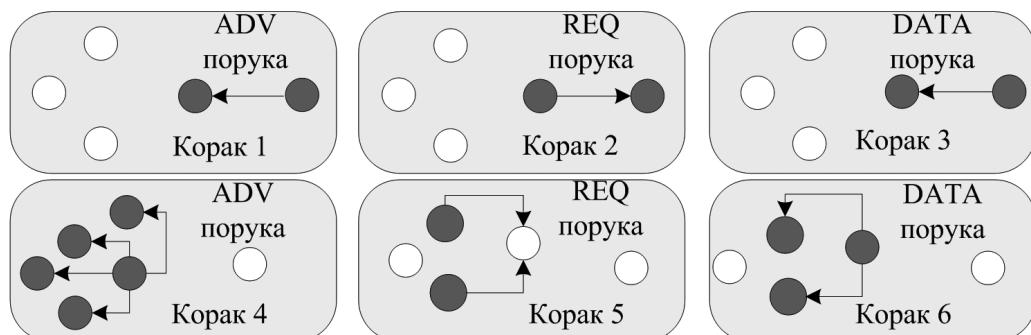
Бежичне сензорске мреже су, углавном, data-centric, што значи да се подаци неће рутирати између чвррова, него се агрегирају. Чврлови примљене упите шаљу агрегаторима и чекају да се подаци прикупе да би се успоставила ruta када за то постоји потреба (Route on-demand). Представници data-centric протокола су SPIN (енг. Sensor Protocol for Information via Negotiation). Ове протоколе одликује прослеђивање података између чвррова по принципу: од сваког чвра ка сваком чвру у мрежи [2]. Корисник има могућност да захтеве упути сваком чвру и да тренутно добије жељену информацију.

SPIN-1 протокол карактерише и особина да суседни чврлови поседују сличне податке, па се зато дистрибуирају само они подаци које остали чврлови немају. Специфичност овог протокола јесте дистрибуција информација у целој мрежи, чак и у случају када корисник не тражи податке.

За размену података између чвррова користе се три типа порука:

- **ADV** поруке којима сензори оглашавају поједине метаподатке,
- **REQ** поруке којима се врши упис специфичних података и
- **DATA** поруке којима се преносе тренутне вредности измерених података.

На слици 3.6 приказана је размена порука у бежичним сензорским мрежама.



Слика 3.6: Размена порука у бежичним сензорским мрежама

У сваком сензору налази се менаџер који бележи информација о мерењима на сензору и извршава и прекида активности због уштеде енергије. За разлику од SPIN-1, SPIN-2 протокол функционише тако што чвор иницира размену порука само ако има довољно енергије да заврши пренос. Уколико је ниво расположиве енергије низак, чвор наставља да прима поруке, али не може да шаље или прима DATA поруке.

Пре слања DATA поруке, сензорски чвор емитује broadcast ADV поруку која описује садржај DATA поруке (корак 1). Суседни чвор коме је потребан овај податак шаље REQ поруку (корак 2). Овом поруком чвор захтева да му се податак проследи. Као одговор на свој захтев чвор добија жељене податке тј. прима DATA поруку (корак 3). Да би сви суседни сензорски чворови који су заинтересовани за овај податак добили копију, овај сензорски чвор понавља процес (корак 4, 5 и 6). Чворови заинтересовани за податак не примају копију само ако између извора података и њих на траси постоје чворови које ти подаци не интересују.

4.4. Транспортни слој

TCP као транспортни протокол не гарантује поуздан пренос због постојања великог броја чворова и предајника и потребе појединих приступних уређаја да иницирају multicast саобраћај [2]. За исти догађај (захтев за подацима) постоји редунданса; другим речима, постоји корелација података обезбеђених у више сензора. Зато постоји потреба за end-to-end поузданим преносом само између догађаја и приступног уређаја. У ситуацијама као што су retasking или репограмирање не постоји потреба за end-to-end поузданим преносом између приступног уређаја и индивидуалних чворова. Главни захтев који се поставља пред протоколе транспортног слоја јесте да они буду упознати с потрошњом енергије и довољно једноставни за имплементацију у хардверу и софтверу у различитим контекстима.

На транспортном слоју користе се следећи протоколи:

- **PFSQ (енг. Pump Slow Fetch Quickly) протокол.** Користи се за broadcast пренос константне брзине од приступног уређаја до околних сензорских чворова који их даље прослеђују суседима.
- **RMST (енг. Reliable Multi-Segment Transport) протокол.** Обезбеђује поуздан транспорт у смеру догађај-приступни уређај на MAC и транспортном слоју.
- **ESRT (енг. Event to Sink Reliable Transport) протокол.** Обезбеђује колективну поузданост на релацији догађај-приступни уређај, тако што се детекција судара врши у сваком чвиру надгледањем локалног реда чекања или постављањем бита који указују на судар.
- **CODA (енг. Congestion Detection and Avoidance) протокол.** Протокол сличан ESRT протоколу: детекција судара реализације се надгледањем канала.

4.5. Апликациони слој

Најпознатији апликациони протоколи су:

- **SMP (енг. Sensor Management Protocol).** Омогућује управљање хардвером и софтвером сензора.
- **TADP (енг. Task Assignment and Data Advertisement Protocol).** Обезбеђује апликационом софтверу ефикасан интерфејс за потребе расејавања информација.
- **SQDDP (енг. Sensor Query and Data Dissemination Protocol).** Обезбеђује корисничким апликацијама интерфејс за захтеве и одзиве на њих.

5. Реализација бежичних сензорских мрежа

У пракси постоји више разлога због којих долази до прекида рада сензорских чвррова. Најчешћи разлози су нестанак енергије, интерференција са суседним чврвима, физичко оштећење и прелазак у неактивно стање. Од бежичне сензорске мреже захтева се да, без обзира на прекид рада појединих чвррова, настави да функционише. Њена поузданост схвата се као способност достављања пакета одговарајућем скупу сензорских чвррова, зависно од примене. Да би се повећала поузданост, развијени су бројни механизми за управљање отказима. Управљање отказима састоји се из три фазе: детекције, дијагностике и опоравка. Свака од фаза може се реализовати на централизован или дистрибуиран приступ. Недостатак централизованог приступа огледа се у томе да често генерише преоптерећења мреже, чиме се додатно троши енергија, угрожава стабилност рада и смањује време живота чвора. За разлику од овог приступа, дистрибуирани приступ је енергетски ефикаснији, али је ограничен расположивим ресурсима у хардверу и софтверу сензорских чвррова. Зависно од типа окружења у коме се постављају, број чвррова варира од неколико десетина до неколико стотина хиљада. Густим постављањем сензора постиже се боље покривање територије, али се истовремено смањује потрошња енергије сензора у комуникационе сврхе. Начин постављања сензора на неком терену зависи од функционалности сензорских чвррова које су ограничene у дometu и тачности мерења.

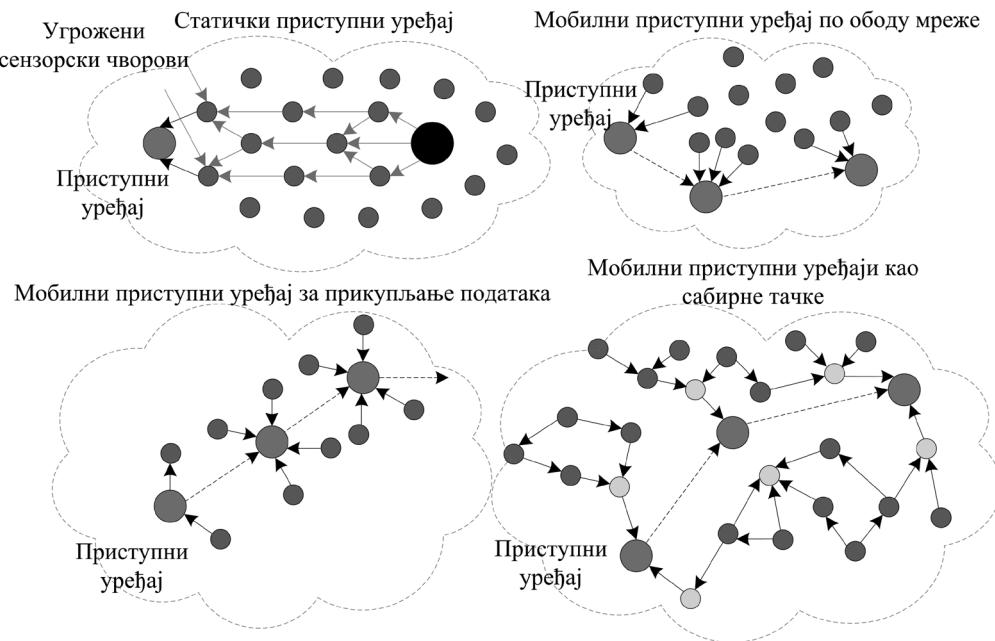
Сваки сензорски чврт има своју област покривања у којој са задатом тачношћу обавља функцију одређеног типа. Повећавањем опсега деловања може се негативно утицати на квалитет рада сензора и ефикасност алгоритама за обраду података и самоорганозовање у мрежи. Осим претходно поменутих чинилаца који утичу на поузданост и скалабилност мреже, неопходно је водити рачуна о економичности примењеног решења. За велике мреже битно је да јединична цена сензорског чврта буде ниска, па и нижа него код других бежичних уређаја.

Ограничења у величини мреже или њене примене су хардверска и софтверска, као што су меморијски капацитет, мала процесорска снага и недовољна енергија. Наведени фактори утичу на одлуку о броју сензорских чвррова које треба поставити у окружењу.

Да би се остварио максималан учинак, неопходно је пажљиво одабирање компоненти и одржавање мреже. Овај процес састоји се из инсталације мреже одабране топологије, одржавања и евентуалних допуна и промена везаних за престанак рада сензорског чвора и потребу да се одржи висок ниво конективности у фази реконфигурације. За процес управљања и одржавања бежичне сензорске мреже отежавајућа околност јесте стање окружења у којем су постављени сензори. У одређеним случајевима није могуће приступити сензорском чвиру, јер је средина хемијски загађена, терен тешко доступан итд.

Сензорски уређаји располажу малом резервом енергије, и у случају нестанка напајања долази до прекида њиховог рада. Отказ сензорских чворова изазива промене у топологији и захтева реорганизацију мреже и поновно рутирање пакета. Иако велика густина сензорског поља обезбеђује висок ниво конективности и променљивости топологије, преласци из активног у неактивно стање и откази чворова изазивају промену конективности у мрежи.

Бежичне сензорске мреже подразумевају активну и пасивну мобилност сензорских чворова [4]. Пасивна мобилност настаје због промена у окружењу или непланираног померања онога на чemu су чворови постављени. Активна мобилност је планске природе и везана је за реализацију циљева као што су боље покривање, енергетска ефикасност и боље праћење стања од интереса. Мобилност се из енергетских разлога реализује и на приступним уређајима, тако што се они померају по ивици мреже да би се равномерније распоредила потрошња енергије на сензорским чворовима њему најближим. На слици 3.7 приказан је пример примене мобилности приступних уређаја.



Слика 3.7: Примена мобилности приступних уређаја

Да би бежичне сензорске мреже функционисале, неопходна је координација рада великог броја сензорских чвррова: на пример, агрегатор мора имати информацију када су генерисани резултати мерења да би одлучио који податак да проследи [4]. Синхронизација рада сензорских чвррова може да се искористи за повећање енергетске ефикасности и бољу усклађеност пријема и предаје. У различитим контекстима примене познавање релативне или апсолутне локације чврса унутар сензорског поља од важности је за рад мреже; ово је важно када се из одређеног разлога постављање чвррова одвија случајно и није позната њихова позиција.

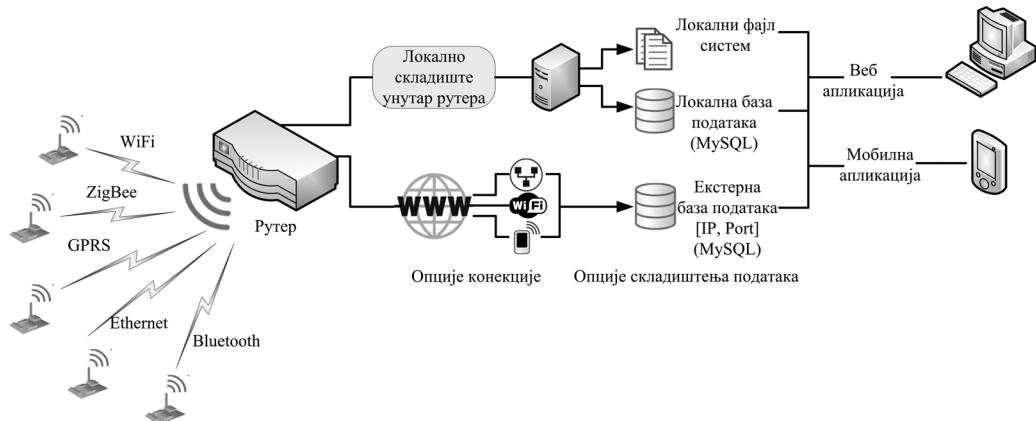
Хардверска ограничења условљавају употребу специјализованих оперативних система и програмских језика. Најчешће се користи nesC (енг. network embedded systems C) програмски језик, заснован на Јави, у развојном окружењу TinyOS оперативног система [4]. Правило је да сви чврлови користе исту софтверску платформу. На почетку се развој заснивао искључиво на хардверским решењима [11]. За сваку примену развијана је посебна корисничка апликација, у складу с примењеним хардверским решењем и комуникационим протоколима. Ова разноликост хардвера је превазиђена развојем middleware платформи као софтверских посредника између апликације и оперативног система. При развоју апликације бежичних сензорских мрежа middleware платформа се користи да би се апстраховала сложеност и разноликост хардверских и софтверских решења и захтева. На овај начин се обезбеђују програмске апстракције применљиве за широк скуп апликација. Middleware се третира као софтверска платформа која обезбеђује механизме за агрегацију података, контролу и управљање.

Основне функције платформе јесу: подршка развоју, одржавању, примени и извршавању апликација базираних на могућностима бежичне сензорске мреже.

Процедура реализације бежичних сензорских мрежа везана је за избор одговарајућег техничког решења за пренос података из бежичне сензорске мреже на одређену удаљену локацију. Подаци из бежичне сензорске мреже најчешће се посредством интернета прослеђују на одређену IP адресу како би се могли читати и смештати у базу података. За овакав пренос података користе се, углавном, решења која подразумевају инсталацију гејтвеја или рутера. Гејтвеј се преко USB-а повезује на рачунар. Овакво решење погодно је за мреже с неколико чвррова у затвореном простору или за тестирање приликом конфигурисања мреже. У већим мрежама користе се рутери који податке са сензорских чвррова прикупљају коришћењем различитих комуникационих протокола, анализирају их и дистрибуирају на удаљену локацију. Бежичне сензорске мреже подржавају рад са следећим протоколима: Wi-Fi, ZigBee, GPRS, Bluetooth, Ethernet и слично.

Општа архитектура за пренос података из сензорске мреже приказана је на слици 3.8. Када прими податке из сензора, рутер их складиши на одређеној локацији: у фајл систему, у локалној или екстерној бази података. Подаци усклађивани у локалној бази података на удаљену локацију преносе се преко Ethernet-а или бежичне LAN конекције, а преко интернета може и GPRS везом.

У мањим бежичним сензорским мрежама често се примењује решење које подразумева да се подаци из сензорских мрежа посредством интернета прослеђују на одређену адресу. Тако се могу читати и смештати с било које удаљене локације. Због комплексности кода којим је програмирана базна станица, у овим решењима користе се микроконтролери програмирани да прихвate и обраде податке из базне станице и проследе их GPRS или неком другом модему за мобилни пренос. GPRS модем подешен је да податке шаље на конкретну адресу на којој се они даље обрађују.



Слика 3.8: Архитектура преноса података из сензорске мреже

6. Управљање подацима у сензорским мрежама

6.1. Агрегација података

Прикупљање података подразумева процес прибављања резултата мерења из сензорских чворова и достављање приступном уређају. Количина генерисаних података може бити велика, што оптерећује мрежу која располаже ограниченим енергетским ресурсима. Да би се обезбедила енергетска ефикасност и спречила загушења у мрежи, врши се агрегација података. Циљ је смањити број пакета који се преносе и уштедети енергију и комуникационе ресурсе. Агрегација пакета реализује се у сензорским чворовима у којима се стичу подаци већег броја чворова, агрегирани се даље преносе ка приступном уређају. Заједно са рутирањем пакета кроз мрежу, агрегација знатно утиче на њену енергетску ефикасност.

6.2. Квалитет сервиса у сензорској мрежи

Појединачна примена бежичне сензорске мреже одређује захтеве у погледу квалитета сервиса, енергетске ефикасности, трајања преноса података, вероватноће губитка пакета при преносу и сл. Усклађивање захтева у погледу квалитета сервиса ради се на нивоу мреже.

6.3. Безбедност сензорске мреже

Бежичне сензорске мреже развијане су као отворени системи за прикупљање и обраду података из окружења, при чему безбедност није била примарна. У областима које подразумевају надзор и прикупљање повериљивих података, као што је војна примена, нарушавање безбедности битно утиче на прикупљање и обраду података и комуникацију у мрежи и угрожава њихов интегритет. Да би се спречило нарушавање безбедности, у бежичним сензорским мрежама уведени су безбедносни механизми као што су криптографија, управљање дистрибуцијом кључева, протоколи за безбедно рутирање и агрегацију података, техника безбедне синхронизације и техника за детекцију напада [12].

7. Примена бежичних сензорских мрежа

Зависно од окружења у коме се примењују, бежичне сензорске мреже могу се користити за [4]:

- Појединачна и периодична мерења на основу којих је могућа апроксимација временских или просторних функција, праћење промена или одређивање граничних вредности посматране величине.
- Временско и просторно праћење објекта и циљева и пренос прикупљених информација ка приступном уређају.

У табели 3.1 приказане су основне области примене бежичних сензорских мрежа.

Табела 3.1. Области примене бежичних сензорских мрежа

Област примене	Примена
Индустрија	Надзор и контрола опреме и процеса производње. Аутоматизација индустрије.
Војска	Детекција хемијских и биолошких претњи. Надзор бојишта. Системи за команду и комуникације. Осматрање, надгледање и навођење пројектила. Праћење покрета на копну и мору.
Геолокација	Праћење људи, добара и робе у различитим окружењима, уз одржавање комуникације за потребе мониторинга.
Јавна безбедност	Праћење и идентификација места саобраћајних незгода.
Пољопривреда	Праћење параметара земљишта, биљака и животиња.
Сеизмологија	Мониторинг и обавештавање о сеизмичким активностима.
Здравство	Праћење пацијената (притисак, ЕCG, пулс итд.). Помоћ непокретним и хендикапираним особама. Умрежавање медицинске опреме и објекта. Брза реакција и праћење настрадалих у несрећама.

Област примене	Примена
Идентификација инцидентних ситуација	Праћење места несреће. Детекција пожара. Праћење хемијских и биолошких инцидената. Помоћ у хитним ситуацијама.
Надгледање објекта	Праћење стабилности објекта. Аутоматизација животног простора. Безбедност објекта.
Саобраћај	Праћење возила. Детекција загушења у саобраћају. Испорука навигационих сервиса.
Логистика	Праћење и контрола квалитета производа у складиштима. Праћење стања залиха у складиштима.
Научне, биолошке и еколошке примене	Праћење физичког окружења. Праћење биолошких промена у окружењу. Праћење људи и животиња у биолошким, здравственим и социолошким истраживањима.

ЗАКЉУЧАК

Развој напредних информационих технологија и примена нових мрежних протокола изазов су за умрежавање интелигентних сензора и њихову ширу примену. Топологија и архитектура ових мрежа слична је стандардним типовима ad hoc бежичних мрежа. Специфични захтеви корисника и ограничења платформи за управљање сензорима воде ка проналажењу нових решења за комуникације на свим слојевима мреже. Главни изазови у дизајнирању сензорских мрежа јесу потребан проток и ефикаснији алгоритми рутирања и механизми за поуздан рад. Успешно решавање ових изазова доприноси развоју нових корисничких апликација које шире подручје примене сензорских мрежа.

ПИТАЊА

1. Која је основна намена бежичних сензорских мрежа?
2. Шта су то сензорски чворови, за шта се користе и од чега се састоје?
3. Који елементи чине структуру паметног сензорског чвора?
4. Које су основне функције сваког чвора у бежичној сензорској мрежи?
5. Шта је то бежична сензорска мрежа са кластеризованом организацијом и које су њене карактеристике?
6. Којим је стандардима дефинисана размена података у бежичним сензорским мрежама малог протока?
7. Како се класификују протоколи у сензорским мрежама на MAC подслоју?
8. Које класе уређаја дефинише IEEE 802.15.4 стандард?
9. Који се протоколи користе на апликационом слоју бежичних сензорских мрежа?
10. Како се могу применити бежичне сензорске мреже у зависности од окружења?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] J. Agre and L. Clare., „An integrated architecture for cooperative sensing networks”, *Computer*, vol. 33, no. 5, pp. 106-108, 2000.
- [2] I. F. Akyildiz et al., „Wireless Sensor Networks: A Survey”, *Elsevier Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393-422, 2001.
- [3] M. Tubaishat and S. K. Madria, „Sensor networks: an overview”, *IEEE Potentials*, vol.22, no. 2, pp. 20-23, 2003.
- [4] G. B. Marković and M. L. Dukić, „Bežične senzorske mreže I deo: Osnovna arhitektura, karakteristike i primene”, *Telekomunikacije*, no. 3, pp. 35-48, 2009.
- [5] A. Munir et al., „A One-Shot Dynamic Optimization Methodology for Wireless Sensor Networks,” in: Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, 2010, pp. 287-293.
- [6] K. Holger and A. Willig, *Part 1: Architectures; Protocols and architectures for wireless sensor networks*, England: Wiley, 2005.
- [7] O. Younis et al., „Node Clustering in Wireless Sensor Networks: Recent Developments and Deployment Challenges”, *IEEE Networks*, vol. 20, no.3, pp. 20-25, 2006.
- [8] A. A. Abbasi and M. Younis, „A Survey on Clustering Algorithms for Wireless Sensor Networks”, *Computer Communications*, vol. 30, no. 14, pp.2826-2841, 2007.
- [9] P. R. Lakhe, „Wireless sensor network using ZigBee”, in: Proceedings of the 30th National Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology, 2012, pp. 292-301.
- [10] N. Patel et al., „Wireless sensor network using ZigBee”, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 2, no. 6, pp. 1038-1042, 2013.
- [11] K. Romer and F. Mattern, „The Design Space of Wireless Sensor Networks”, *IEEE Wireless Communications*, vol. 11, no. 6, pp. 54-61, 2004.
- [12] Y. Wang et al., „A Survey of Security Issues in Sensor Networks: A Survey”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 8, no. 2, pp. 1-22, 2006.

4

МРЕЖНИ ПРОТОКОЛИ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Интернет интелигентних уређаја представља мрежу физичких објеката или ствари са уgraђеном електроником, софтвером и сензорима, који прикупљају податке из окружења и размењују их с другим уређајима и системима. Удаљен приступ овим уређајима и комуникација са окружењем одвија се преко постојеће мрежне инфраструктуре која IoT уређајима мора да обезбеди несметан и безбедан приступ интернету. Да би се интелигентни уређаји посредно или непосредно повезали на мрежну инфраструктуру, потребно је да поседују адекватан интерфејс (нпр. Wi-Fi мрежни адаптер) и да подржавају одговарајуће мрежне технологије и комуникационе протоколе. Основни циљ овог поглавља јесте да прикаже најзначајније протоколе интернета интелигентних уређаја.

1. Мрежни протоколи

У области комуникација постоји тренд интеграције M2M система и бежичних сензорских мрежа са интернет сервисима који користе постојеће TCP/IP протоколе [1]. Циљ интеграције јесте да се интелигентним уређајима обезбеди конективност преко TCP/IP стека и веб сервиса и да се омогући агрегација, визуелизација и анализа података добијених из паметних уређаја. Међутим, IP није идеалан за примену у IoT системима због проблема који настају услед рада IoT уређаја са слабим енергетским капацитетима без могућности ефикасног пуњења и велике фреквенција размене података што доводи до повећане потрошње енергије. IoT уређаји повезани на мрежу међусобно могу да комуницирају само по унапред утврђеном скупу правила и да размењују поруке у одређеним форматима. Протоколи за комуникацију с паметним уређајима су једноставни, али је њихова сложеност условљена хардверским и софтверским могућностима самих IoT уређаја.

Различита тела и радне групе за стандардизацију настоје да осмисле интероперабилни протокол стек и отворене стандарде за IoT. Ти стандарди укључују HTTP, TCP/IP, бежичне протоколе, као што су ZigBee, RFID, Bluetooth, и стандарде за бежичне комуникације следеће генерације, као што су 802.15.4e, 6LoWPAN, RPL и CoAP.

Рад на стандардизацији одвија се у правцу усклађивања интернет протокола с протоколима IoT уређаја у бежичним сензорским мрежама на транспортном слоју и нивоима испод њега. Пажња се посвећује и интероперабилности на апликативном нивоу.

На слици 4.1 приказан је референтни модел са стандардима за протоколе који су тренутно актуелни у IoT комуникацијама [2].

Апликациони слој	Веб сервиси/EXI HTTPS/CoAP	SNMP, Ipfix, DNS, NTP, SSH,...	IEC 61968CIM ANSI C12.19/C12.22 DMLs COSEM	IEC 61850	IEC 60870	DNP	IEEE 1888	MOD BUS
Функционалности мреже	TCP/UDP							
	Рутирање-RPL(RFC6550)		IPv6/IPv4		Адресирање, Мултикаст, QoS, Сигурност			
Комуникациони мрежни слој PHY/MAC функционалности	Решење за контролу приступа засновано на протоколу 802.1x/EAP-TLS							
	6LoWPAN (RFC6282)			IETF RFC 2464		IETF RFC 5072	IETF RFC 5121	
	IEEE 802.15.4 MAC	802.15.4e MAC		IEEE 802.11 Wi-Fi	IEEE 802.3 Ethernet	2G/3G/LTE мобилне технологије	IEEE 802.16 WiMAX	
		802.15.4e MAC (укључујући FHSS)	IEEE P1901.2 MAC					
	IEEE 802.15.4 2.4GHz DSSS	IEEE 802.15.4g (FSK, DSSS, OFDM)	IEEE P1901.2 PHY					

Слика 4.1: Референтни модел са стандардима који се користе у IoT комуникацијама

1.1. Ethernet

Ethernet је протокол дефинисан IEEE 802.3 стандардима за комуникацију на физичком и слоју везе OSI референтног модела [3] и представља једну од најчешће коришћених вишемедијумских технологија у LAN и WAN мрежама. Применом IEEE 802.3 стандарда у мрежама дефинишу се начин повезивања уређаја на мрежу, технологија и брзина преноса фрејмова с подацима, поступак сигнализације, кодовање информација и величина и формат фрејма у комуникацији. Сваки уређај у Ethernet мрежи има хардверски део, картицу за интерфејс с 48-битном MAC адресом, која на јединствен начин идентификује уређај с кога је послат и коме је фрејм намењен.

Експанзија IoT система и трансформације у решењима захтевају коришћење бржих комуникационих линкова, на пример величине Gigabit Ethernet-a. IoT комуникацијама су у периоду раног развоја доминирала власничка решења. Међутим, IoT комуникације се све више заснивају на коришћењу стандардних Ethernet мрежа због потреба за већим пропусним опсегом и порастом броја захтева за умрежавањем у IoT мрежама свих врста. Да би се Ethernet у потпуности искористио у IoT контексту, потребно је додати нове атрибуте као што су стандардизовани сервиси, функционалности везане за административне, оперативне и управљачке активности, класе квалитета услуга, захтеви поузданости и сл.

Основни циљеви које Ethernet треба да испуни у IoT систему јесу:

- **Побољшање енергетске ефикасности.** Gigabit Ethernet линкови троше енергију, чак и када нема активне конекције или док чекају фрејмове с подацима. Потребно је развити нови хардвер са мањом потрошњом енергије.
- **Безбедност.** Безбедност је од виталног значаја за IoT мреже; број повезаних уређаја брзо расте, па је потребно обезбедити скалабилан и лако проширив механизам заштите.
- **Синхронизација.** Синхронизација је од значаја за IoT мреже како би се осигурало да повезани уређаји имају тачне сатове за аквизицију података и контролу система.

1.2. Wi-Fi

Wi-Fi је често коришћен у IoT комуникацијама [4], а представља технологије за локалне бежичне мреже засноване на групи IEEE 802.11 стандарда. У *табели 4.1* приказани су најзначајнији стандарди за примену ове бежичне технологије. Углавном се користи фреквенцијски опсег од 2,4-2,4835GHz, осим код 802.11a стандарда који захтева опсег од 5,725-5,850GHz.

Табела 4.1: Најзначајнији стандарди у групи 802.11 стандарда

Назив стандарда	Опис
802.11b	Омогућениprotoци од 5,5Mbps и 11Mbps Ради на фреквенцији од 2,4GHz Екstenзија DSSS протокола из оригиналног 802.11 протокола
802.11a	Протоци од 6 до 54Mbps Ради на фреквенцији од 2,4GHz Основа OFDM (енг. Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Слободан фреквенцијски простор, нема интерференције Слабији домет Некомпабилност
802.11e	Скуп препорука за квалитет услуга у WLAN мрежама Кључни део стандарда за апликације осетљиве на кашњење: 1) voice over wireless IP и 2) multimedia streaming. Дефинише приоритет саобраћаја
802.11g	Протоци од 6 до 54Mbps Ради на фреквенцији од 2,4GHz OFDM Проблеми са интерференцијом с обзиром на фреквенцију од 2,4GHz
802.11h	Протоци се крећу од 6 до 54Mbps.
802.11i	Спецификација сигурносних механизама у бежичним мрежама WEP спецификација је замењена новом WPA спецификацијом 802.1x алгоритам за аутентификацију

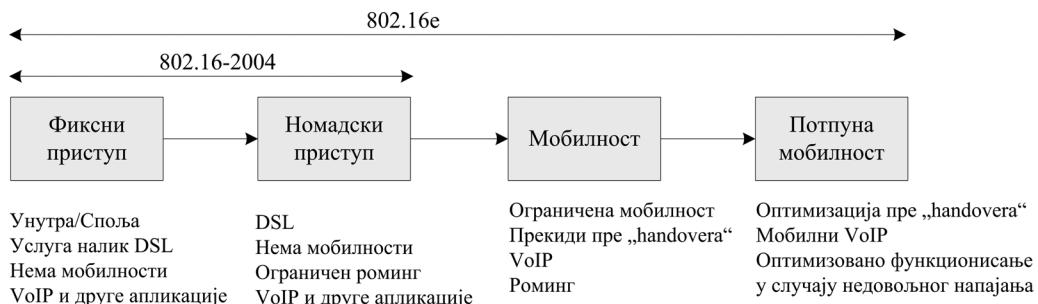
Назив стандарда	Опис
802.11n	Повећање протока са 54Mbps на 600Mbps MIMO (енг. multiple-input-multiple-output)
802.11ac	Пренос брзином до 7Gbps, уз мало кашњење Фреквенција 60GHz

Имајући у виду карактеристике Wi-Fi технологије и захтеве које постављају IoT системи и M2M комуникација, шира примена у комуникацији паметних уређаја очекује се из следећих разлога [5]:

- **Ниски трошкови.** Трошкови производње Wi-Fi чипова су исти, у неким случајевима и мањи у односу на производњу других бежичних компонената које се користе у IoT системима и M2M комуникацијама.
- **Мала снага напајања.** IoT апликације ретко захтевају проток дефинисан 802.11n и 802.11ac стандардом и очекује се, углавном, примена компоненти с малом потрошњом енергије.
- **Компактна форма.** Wi-Fi решења су претежно исте или мање величине од решења заснованих на другим технологијама.
- **Широка распорастрањеност и коришћење постојеће инфраструктуре.** Опсег примене IoT апликација је широк, од стамбених објеката до милиона чвррова лоцираних на великим удаљеностима и на неприступачним локацијама, па је примена Wi-Fi технологије погодна. Једна од главних предности Wi-Fi технологије у IoT системима јесте да се може користити постојећа инфраструктура без увођења нових компонената.
- **IP комуникација.** Wi-Fi омогућује комуникацију паметних уређаја преко IP протокола, уз коришћење IPv4 и IPv6 адреса. Тиме нестаје потреба за коришћењем посебног гејтвеја, решење је мање комплексно, а побољшавају се перформансе M2M уређаја јер се смањује вероватноћа појаве уских грла у комуникацији.
- **Сигурност и интегритет.** Нове спецификације WPA2 стандарда заснивају се на високој поузданости и сигурности.
- **Флексибилност.** Wi-Fi уређаји који подржавају 802.11ah стандард користе фреквенцијски опсег од 900MHz и друге нелиценциране делове спектра испод 1GHz и погодни су за рад IoT апликација.

1.3. WiMAX

WiMAX (енг. Worldwide Interoperability for Microwave Access) је широкопојасна бежична технологија дефинисана IEEE 802.16 стандардом [6]. WiMAX има сличну примену као и Wi-Fi, али је функционална на већим удаљеностима, с већом брзином протока и за више корисника. WiMAX обезбеђује протоке брзине до 5Mbps по кориснику, без постојања линије видљивости. Углавном се имплементира у лиценцираном спектру фреквенција, у опсегу од 2 до 66GHz. Примена у оквиру IoT окружења еволуирала је с њеном архитектуром.



Слика 4.2: Еволуција WiMAX стандарда

У складу са захтевима мобилности, примена WiMAX-а може бити подељена у четири фазе (слика 4.2) [6]:

- **Фиксни приступ.** Сервис фиксног приступа представља базични модел сервиса у WiMAX мрежи, а сличан је DSL и кабловском широкопојасном сервису. Не подржава покретне конекције, ни switchover. Аутентификација и ауторизација корисника морају се обавити пре него што се успостави IP конекција. Кориснички уређај може бити малих димензија.
- **Номадски приступ.** Номадски сервис обележава наредну фазу развоја фиксног приступа, његов терминал може приступити операторовој WiMAX мрежи из различитих приступних тачака. Switchover између различитих базних станица није подржан и ова варијанта може бити примењена заједно са сервисом фиксног приступа.
- **Мобилни приступ.** Мобилни сервис представља наредну фазу која прати номадски сервис. Капацитет switchover-а при брзини ходања је ограничен. Начин примење када су терминали непокретни исти је као у фиксним сервисима. Терминал може бити интегрисан у лаптоп рачунар.
- **Потпuna мобилност.** Овај сервис кориснику омогућује несметану примену у покрету: на пример, у аутомобилу којим се вози. Оријентисан је ка тржишту индивидуалних корисника које је велико. Могући су роминг и switchover.

У раним фазама развоја WiMAX мрежа је обезбеђивала фиксан приступ или повезивање уређаја у једном географски ограниченој подручју. За повезивање на сопствену мрежу коришћени су радио-релејни линкови, а касније мобилна мрежа.

Шира примена WiMAX мрежа почела је с применом IEEE 802.16e стандарда који је обезбедио мобилност. WiMAX мреже се примењују у руралним срединама и на неприступачним локацијама и у урбаним локацијама где је потребно брже успоставити конекцију и приуштити корисницима широкопојасни приступ већег протока.

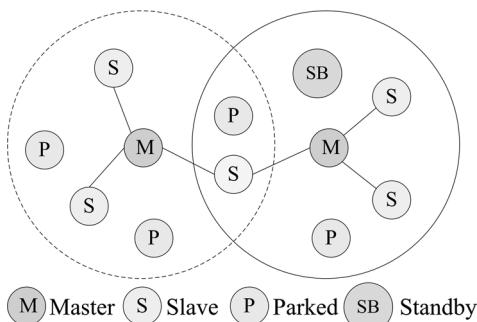
У оквиру примене IoT решења WiMAX се може користити за:

- обезбеђивање мобилног широкопојасног приступа у градовима за IoT уређаје.
- пренос различитих типова података и
- паметне електроенергетске мреже и мерења.

1.4. Bluetooth

У многим областима људског деловања захтева се интензивно и детаљно прикупљање података из окружења. Системи засновани на примени сензора и других интелигентних уређаја, на покретним или непокретним платформама, са могућношћу point-to-point комуникације ка уређајима на приступном слоју нису пружали потребну флексибилност, скалабилност и захтевали су велике трошкове постављања и одржавања.

Као решење за ове проблеме развијена је Bluetooth технологија која се темељи на IEEE 802.15 стандарду [7]. Она представља пример ad hoc бежичног умрежавања великог броја уређаја. Bluetooth технологију карактерише мала потрошња енергије и јефтине бежичне комуникације засноване на радио-таласима. Бројна предузећа, као што су Ericsson, Intel, Nokia, Toshiba, Microsoft, Motorola и други чланови Bluetooth Special Interest Group (SIG), развила су ову технологију као замену за жичане мреже краћег домета које раде у ISM (енг. Industrial, Scientific and Medical) радио-фрејквенцијском опсегу 2,4-2,4835 GHz. Архитектура Bluetooth мрежа заснива се на scatternet концепту који чини више малих ћелија, piconets, унутар којих уређаји раде у једном од четири различита режима: master, slave, stand-by или hold (слика 4.3).



Слика 4.3: Архитектура Bluetooth мрежа

Комуникација два Bluetooth уређаја једноставна је и користи радио-таласе да би се успоставила конекција од тачке до тачке (point-to-point) или од једне до више тачака (point-to-multipoint). Домет Bluetooth уређаја је у распону од 10 метара до највише 100 метара. Примопредајник је мали и уграђен је у чип с контролером везе (Link Controller) који успоставља и управља индивидуалним конекцијама (слика 4.4).

За емитовање сигнала потребна је мала снага, а највећа брзина преноса података је 1Mbps. Имплементације Bluetooth-а првенствено су усмерене на једноставне везе два уређаја који су један другом у домету. Bluetooth спецификацијом дефинишу се и конекције помоћу којих се остварују сложене мрежне топологије. Циљ оваквог повезивања јесте да се формирају Bluetooth scatternet-ови који ће омогућити ефикасну комуникацију између крајњих тачака преко већег броја прелаза, с прихватљивим временским одзивом и малом потрошњом енергије.



Слика 4.4: Структура Bluetooth слојева протокола и апликација

Процес успостављања конекције између уређаја одвија се у више корака:

- **Откривање уређаја.** Одређивање адреса других Bluetooth уређаја у близини и њихове способности коришћењем class of device (CoD) информација.
- **Откривање имена.** Опционо одређивање тачног имена откривеног чвора повезивањем с тим чвором и захтевањем информација.
- **Откривање сервиса.** Добијање информација о апликацијама које су подржане на откривеним уређајима и информације неопходне за повезивање са одређеном апликацијом.
- **Сигурност.** Аутентификација, процедуре ауторизације и енкрипција.
- **Повезивање апликација.** Позивање апликације на основу параметара добијених у претходном кораку.

Имајући у виду да је инфраструктура IoT система састављена од великог броја повезаних уређаја које треба да се једноставно повезују, имају малу потрошњу енергије, лако се инсталирају и одржавају, Bluetooth технологија је погодна јер омогућује безбедно повезивање са постојећим мрежама за пренос података и механизам за обликовање малих приватних и ad hoc повезаних уређаја изван жичне инфраструктуре мреже.

Једно од решења јесте Bluetooth low energy, које се још назива Bluetooth Smart, а задовољава захтеве IoT у погледу конективности. Комбинује предности класичне Bluetooth технологије, дomet комуникације, свеприсујност и ниске трошкове имплементације, са знатно мањом потрошњом енергије [8]. На овај начин апликације са истим извором напајања (батеријом или неким другим) раде дуже истом брзином и у истом опсегу. Bluetooth Smart се користи за повезивање IoT уређаја на интернет, на пример за повезивање Bluetooth Smart IoT сензора са Bluetooth Smart Ready паметним телефонима. Подршка за Bluetooth Smart обезбеђена је на десктоп и мобилним оперативним системима као што су Windows,

iOS, OSX и Android, почевши од Bluetooth v4.0. Паметни телефони са Bluetooth Smart Ready функционалношћу сматрају се кључним делом IoT-човек интерфејса.

У Bluetooth low energy решењу разликују се два типа уређаја: single mode и dual mode. Single mode уређаји су самостални и фокусирају се на ниску потрошњу енергије и ниске трошкове. Интегрисани су у сензорима, као што су сензор за откуцаје срца, температурни сензори и други. Dual mode раде и као Bluetooth low energy и као класични Bluetooth уређаји. Типични примери су паметни телефони, рачунари итд. Комуникација Bluetooth low energy користи клијент-сервер модел, а трансакција се извршава тако што клијент (рачунар, телефон или таблет) приступа серверу или сензору на коме се налазе жељени подаци. Сензори су, што се подразумева, у sleep моду све док се не иницира оглашавање или клијент не пронађе сервер и не покрене повезивање.

Овакав начин рада карактерише мала потрошња енергије, што отвара нове могућности употребе. Интензивна примена Bluetooth Smart решења очекује се у аутоматизацији процеса у паметним објектима, а оно се може интегрисати и у гејтвеје, рутере и set-top-box уређаје. Циљ интеграције јесте да се омогући континуиран удаљени надзор и контрола над чврзовима у паметним објектима, као што су амбијентални сензори, браве, светлосни регулатори и други уређаји којима се може управљати преко мобилног телефона или кућног гејтвеја.

Предајна снага уређаја од 4dBm довољна је за комуникацију у распону до 50 метара, због чега је ова технологија погодна, рецимо, за прикупљање података у халама, из возила у току вожње или из сензора у срединама које су недоступне или опасне по људско здравље. У *табели 4.2* приказане су различите области примене и примери употребе Bluetooth технологије.

Табела 4.2: Области и примери примене Bluetooth технологије

Област примене	Примена
Паметне куће	Повезивање рачунара са другим уређајима. Контрола електричних уређаја. Управљање приступом. Синхронизација кућних уређаја и размена података.
Употреба у медицини	Контрола здравственог стања пацијената. Телемедицина. Повезивање телесних сензора. Паметне таблете.
Употреба у маркетингу	Дистрибуирање маркетиншких порука купцима у близини продајних места. Локацијски маркетинг.
Авто-индустрија	Контрола приступа (паметни кључеви). Управљање уређајима у возилу. Bluetooth слушалица за мобилне уређаје.

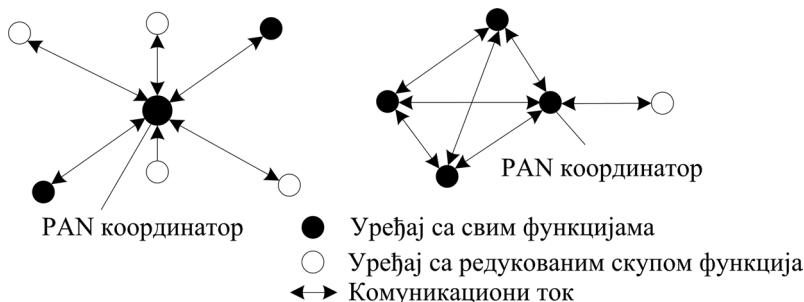
Област примене	Примена
Спорт	Прикупљање информација о спортским активностима. Паметни спортски реквизити и опрема.
Носиви уређаји	Апликације у оквиру свакодневних активности. Праћење параметара преко носивих уређаја. Проширена реалност.
Паметни саобраћај	Оптимизација саобраћаја на основу података са Bluetooth пријемника. Управљање и контрола приступа. Анализа саобраћаја.
Индустрија игара	Играчке конзоле и опрема за игрице. Роботи.

1.5. IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 је стандард који је дефинисала IEEE 802.15 радна група, а односи се на физички слој и контролу приступа медијуму за LR-WPAN (енг. Low-Rate Wireless Personal Area Networks) мреже малих брзина преноса података [7]. Он је основа за ZigBee, WirelessHART и MiWi протоколе што проширују стандард развијајући горње слојеве који њиме нису дефинисани. IEEE 802.15.4. може се користити и са 6LoWPAN стандардом у развоју бежичног embedded интернета.

Основна идеја је да дефинише доње слојеве мрежне комуникације у WPAN мрежама, с фокусом на ниске цене, мању брзину и свеприсутну комуникацију уређаја. Протокол омогућује комуникацију на раздаљини до 10 метара и брзину преноса од 250kbps. Најзначајније функционалности односе се на комуникацију у реалном времену с резервисањем одговарајућих временских слотова и избегавањем колизије применом CSMA/CA протокола и интегрисаном подршком за безбедну комуникацију.

Зависно од захтева апликација, IEEE 802.15.4 LR-WPAN мреже могу бити с топологијом звезде или peer-to-peer топологијом (слика 4.5). У топологији звезде комуникација се успоставља између уређаја и централног контролера који се назива PAN координатор (енг. Personal Area Coordinator).



Слика 4.5: Топологије LR-WPAN мрежа

1.6. ZigBee

ZigBee је протокол за бежичну комуникацију, изграђен на IEEE 802.15.4 стандарду. У оквиру IoT система и M2M комуникације користи се за контролу и управљање паметним уређајима [9]. Стандард користе многи познати производи у својим уређајима и системима који раде на фреквенцији од 2,4 GHz, као што су LG, Bosch, Philips, Logitech, Samsung, Schneider и др. Протокол служи за комуникацију паметних уређаја и за комуникацију са уређајима у приступном слоју. Уређаје који раде са овим протоколом карактерише мала потрошња енергије и мало кашњење у оквиру приватне мреже. Домет у овим мрежама износи од неколико десетина метара до неколико километара. На располагању је и 128-битна асиметрична енкрипција за конекцију и пренос података. Кључна предност овог протокола јесте подршка меш топологији мреже где је сваки чвор повезан и комуницира са осталима, чиме се постиже већа поузданост у раду и отпорност на кварове. Максималан број чворова у мрежи која ради са ZigBee протоколом износи 65.000. Остале предности рада у ZigBee мрежама:

- Пренос са ретрансмисијом и обавештење успешно пренетој поруци.
- Дефинисање критеријума зависно од јачине сигнала (енг. Clear Channel Assessment).
- Подршка за GTS (енг. Guaranteed Time Slots) и освежавање податка.

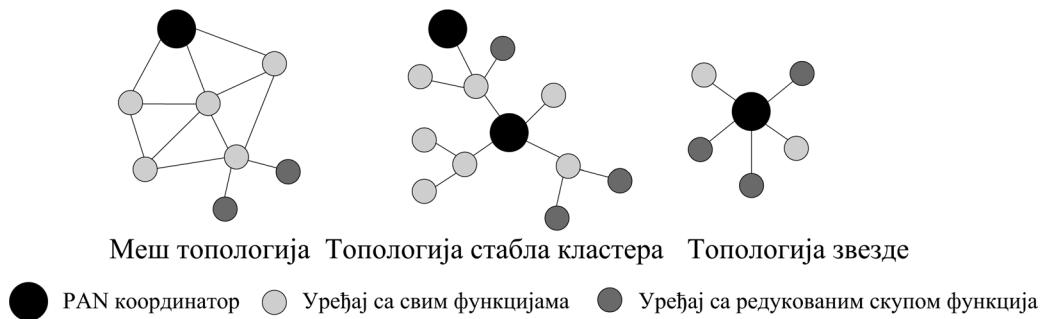
На слици 4.6 приказана је архитектура ZigBee протокол стека.

Физички ниво и ниво везе дефинисани су IEEE 802.15.4 спецификацијом, а слојеви изнад од стране Zigbee алијансе, све до апликационог слоја који дефинише крајњи корисник.

	ZigBee RF4CE		ZigBee PRO						ZigBee IP
Апликациони стандард	ZigBee удаљена контрола	ZigBee улазни уређај	ZigBee аутоматизација зграда и кућа	ZigBee здравство	ZigBee сервиси малопродаје	ZigBee smart grid	ZigBee телекомуникационе услуге	ZigBee паметна енергија 2.0	
Мрежа	ZigBee RF4CE		ZigBee PRO						ZigBee IP
MAC	ZigBee PRO								IEEE 802.15.4 MAC
PHY	IEEE 802.15.4 Sub-GHz (Специфично у зависности од регије)			IEEE 802.15.4 GHz (широм света)				IEEE 802.15.4 2006 – 2.4GHz/ други	

Слика 4.6: Архитектура ZigBee стека [9]

ZigBee мрежни слој подржава једну од следеће три топологије мреже приказане на слици 4.7: топологије звезде, кластер стабло и генеричке меш мреже.



Слика 4.7: ZigBee мрежне топологије

ZigBee стандардом дефинисана су три типа ZigBee уређаја:

- **ZigBee координатор (енг. Zigbee Coordinator - ZC).** Комплексан уређај који има улогу корена мрежног стабла и омогућује везу с другим мрежама. У свакој мрежи постоји један Zigbee координатор који склadiши мрежне информације, укључујући управљање безбедносним кључевима.
- **ZigBee рутер (енг. Zigbee Router - ZR).** Опциони мрежни елемент чија је главна функција да учествује у рутирању саобраћаја у меш мрежама. Поседује табеле рутирања и контролише расподелу локалних адреса за ZigBee крајње уређаје. Примљени захтев са интерфејса рутера који се не налази у табели рутирања прослеђује свим рутерима у мрежи. Када захтев стигне до циљане дестинације, ажурира се информација о најбољој путањи или броју чворова које треба проћи.
- **ZigBee крајњи уређај (енг. Zigbee End Device - ZED).** Комуницира с родитељским чвртом (координатор или рутер), али податке не може да преноси до других уређаја. Овакав начин рада омогућује да чвр буде у sleep стању већину времена и тиме продужи животни век батерије. ZED троши мање меморије од ZR или ZC уређаја.

ZigBee се користи у IoT апликацијама које захтевају бежични пренос малих количина података на краћим растојањима, дуг животни век батерије и сигурну мрежну комуникацију.

Области примене су: контрола осветљења, AMR (енг. Automatic Meter Reading) системи за аутоматско очитавање бројила, детектори дима, бежична телеметрија, контрола климатизације, безбедносни системи и др.

Једна од ZigBee спецификација јесте ZigBee Smart Energy v2.0 [10], која дефинише IP заснован протокол за управљање, контролу, информисање и аутоматизацију достављања и коришћења енергије и воде. Она унапређује прву верзију спецификације додајући сервисе за пуњење електричних уређаја, инсталацију, конфигурисање и преузимање фирмвера, информације о кориснику, размену порука, управљање оптерећењем, стандардне информационе и интерфејсе апликационих профила за жичане и бежичне мреже.

2. Власнички комерцијални протоколи

2.1. EnOcean

EnOcean је бежична технологија која се заснива на концепту напајања сакупљањем енергије (енг. energy harvesting). Примењује се у развоју система за аутоматизацију и у другим апликацијама у индустрији, транспорту, логистици и паметним кућама [11]. Концепт сакупљања енергије темељи се на идеји да се енергија може пронаћи у покрету врата, прозора или неке машинске компоненте, вибрацији мотора, промени температуре и нивоа осветљења и искористити за рад уређаја и пренос сигнала. Намена ове технологије јесте да се искористе лаки механички покрети и други потенцијални извори енергије из окружења, као што су светлосне и температурне разлике и сл. Да би се енергија трансформисала у искористиву електричну, примењују се електромагнетни, соларни и термоелектрични конвертори.

EnOcean стандард обухвата OSI слојеве 1-3 [12]. Модули засновани на EnOcean технологији комбинују microenergy конвертере са електронским уређајима ниске потрошње да би се омогућила бежична комуникација између сензора, свичева, контролера и гејтвеја без батерија. Уређаји на EnOcean стандарду функционишу без батерија и раде без одржавања. Радио-сигнали из ових сензора и свичева могу се преносити бежично до 300 метара на отвореном и до 30 метара у затвореном простору. EnOcean пакети релативно су мале дужине од 14 бајтова и преносе се брзином од 125kbps. Фреквенције на којима функционишу су 902MHz, 928,35MHz, 868,3MHz и 315MHz.

Кључне предности EnOcean протокола јесу: скраћено време пројектовања и имплементације система, без жичане инфраструктуре у позадини, једноставно одржавање, поузданост и флексибилност.

Једна од првих практичних имплементација јесте бежични прекидач за светло без батерије, остале обухватају сензоре за светло, прекидаче и сензоре, расхладне уређаје, сензоре температуре, CO₂ сензоре итд.

2.2. Z-wave

Z-wave стандард настао је 2005. године као резултат активности Z-wave алијансе коју чини 250 компанија, као што су Danfoss, Yale, GE, Black&Decker, Belkin, Kwikset, Leviton и друге. Главна компонента јесте радио-примопредајник помоћу кога се успоставља веза између уређаја различитих произвођача. Протокол је развијен за потребе кућне аутоматизације, пре свега за удаљену контролу апликација у приватним и пословним објектима.

Комуникација између уређаја у Z-wave мрежама одвија се у складу с комуникационим моделом од три слоја [13]:

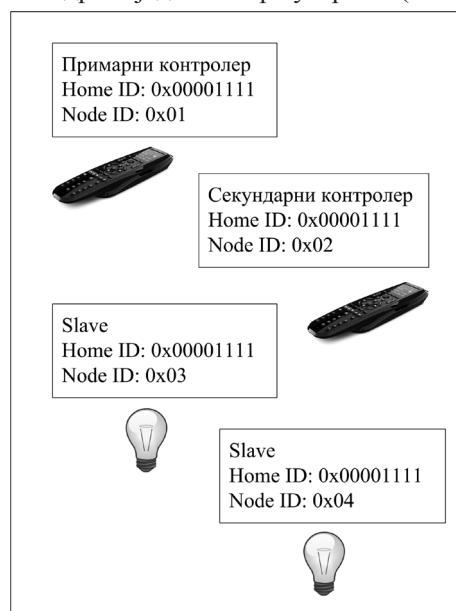
- **Радио слој.** Дефинише начин на који се сигнали размењују између мреже и физичког радио хардвера, укључујући фреквенције, кодовање, приступ хардверу и др.
- **Мрежни слој.** Дефинише како се размењују контролни сигнали између два уређаја, укључујући адресирање, организацију мреже, рутирање и др.
- **Апликациони слој.** Дефинише како поруком треба да управљају одређене апликације за остваривања задатака, као што су палење или гашење светла, промена температуре на уређајима за климатизацију и сл.

На мрежном слоју дефинише се процедура размене података различитих уређаја у мрежи, а он се састоји од три подслоја:

- **MAC слој (енг. Media Access Layer).** Контролише основе коришћења бежичног хардвера.
- **Транспортни слој.** Контролише пренос порука и омогућује комуникацију два бежична чвора без грешака. Крајњи корисник не може да утиче на функције овог слоја, али су за њега неке активности видљиве.
- **Слој рутирања.** Управља прослеђивањем порука у Z-wave меш мрежи како би обезбедио максималну расположивост путева. Користи додатне чворове за ретрансмисију података, уколико је дестинација недоступна.

Сваки чвор има јединствену идентификацију да би се разликовао од осталих у истој мрежи. Z-wave протокол дефинише два типа идентификације чвррова у мрежи (слика 4.8):

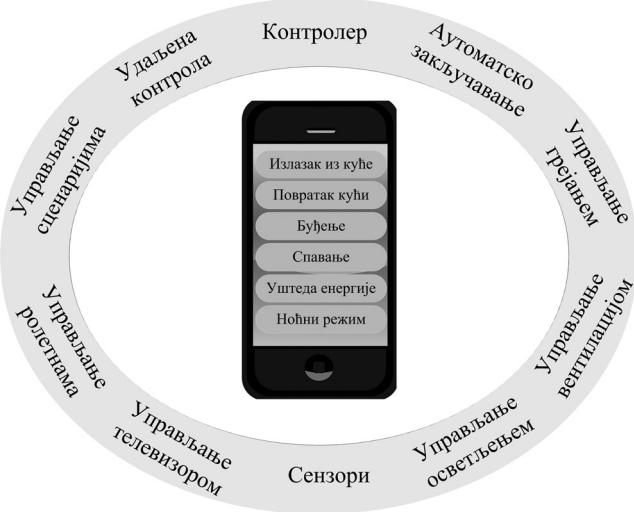
- **Home ID.** Заједничка идентификација за све нодове који припадају једној логичкој мрежи (32 бита); чврлови с различитим Home ID не могу да комуницирају.
- **Node ID.** Јединствена адреса једног чврва у мрежи (8 бита).



Слика 4.8: Идентификација чвррова у Z-wave мрежама

У Z-wave мрежама могу бити имплементирана до 232 чвора који се категоризују у две врсте: контролери и slave уређаји. Home ID контролера је фабрички дефинисан и не може се мењати. Идентификацију slave чворова или доделу Home ID и Node ID врши контролер. Као енергетски извор користе се, углавном, батерије. Брзина преноса података је до 100kbps, а фреквенција 900MHz, тако да нема интерференције с технологијама на 2,4GHz.

На слици 4.9 приказан је пример примене Z-wave у аутоматизацији процеса управљања паметном кућом.



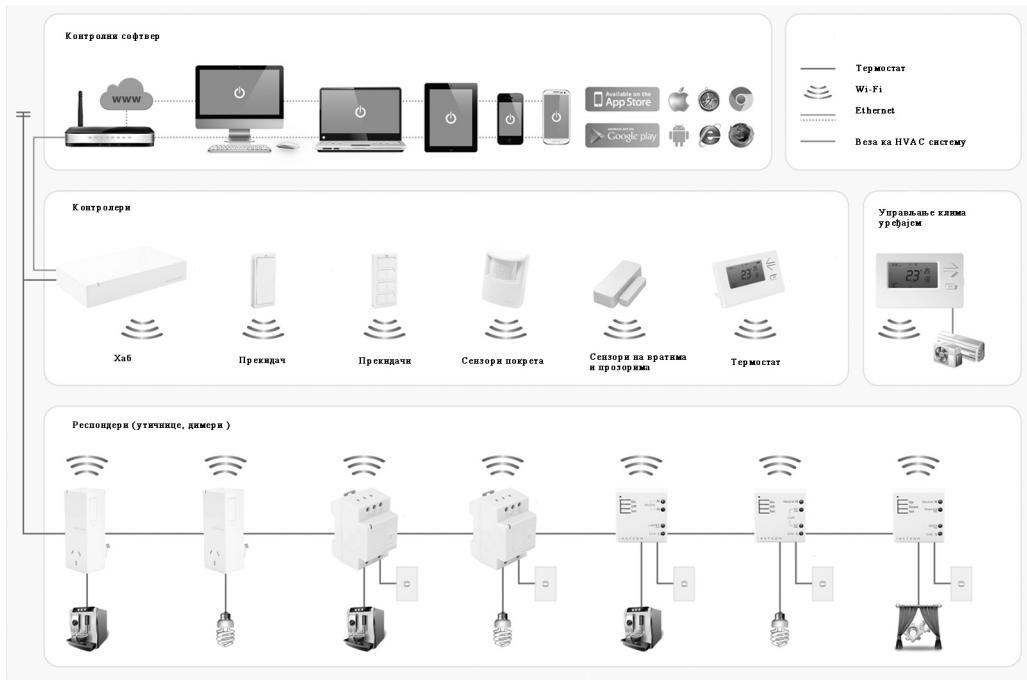
Слика 4.9: Пример Z-wave екосистема

2.3. Insteon

Insteon je dual-band (ради у два фреквентна опсега, некада преко различитих медијума) мрежна топологија која обезбеђује аутоматизацију осветљења, термостата, сензора покрета и других електричних уређаја. Уређаји комуницирају путем струјних канала електроенергетске мреже (енг. Powerline, PL), радио-таласа (енг. Radio frequency, RF) или комбинацијом једног и другог [14]. Могу се искористити постојеће везе путем електричне енергије или бежична комуникација. Мрежа крајњих корисника обично се састоји од plug-in, ожичаних и батеријских модула који се конфигуришу преко рачунара или контролера. Сваки уређај може аутономно да преноси, прима и понавља поруке, па није неопходно да у мрежи постоји контролер. Једноставност протокола обезбеђује поузданост и ниску цену имплементације.

Insteon RF уређаји међусобно комуницирају применом Insteon RF протокола, Insteon PL преко жице применом Insteon PL протокола, а Insteon dual-band користе и Insteon PL и Insteon RF протоколе. Insteon дефинише Insteon hub уређај који има улогу контролера и управља различитим типовима Insteon уређаја: сијалицама, прекидачима, термостатима, сензорима и другим [15].

На слици 4.10 приказан је пример Insteon екосистема.



Слика 4.10: Пример Insteon екосистема

3. Протоколи мрежа кућних уређаја

У мрежама кућних уређаја протоколи дефинишу како комуницирају лампа, бојлер, фрижидер или други уређаји. У ове сврхе развијени су LonWorks, KNX, X-10 и други протоколи.

3.1. X10

X10 је међународни и отворени индустриски стандард за комуникацију електронских уређаја у кућној аутоматизацији [16]. Осмислила га је 1975. компанија Pico Electronics (Glenrothes, Scotland) како би омогућила даљинско управљање кућним уређајима [17].

Протокол користи електроенергетску мрежу за сигнализацију и контролу, где сигнали на високим фреквенцијама преносе дигиталне податке кодоване у таласном облику с носиоцем од 120 kHz, који се одашиље током пресека с нулом споро про-менљивог таласног облика наизменичне струје (50 или 60Hz). При сваком пресеку с нулом шаље се један бит.

Дигитални подаци састоје се од адресе и наредбе послате из контролера ка контролисаном уређају. Напреднији контролери могу од уређаја захтевати да пошаљу

свој статус, који је једноставно „укључен” или „искључен”, вредност температуре или слично.

Пакети X10 протокола састоје се од четири бита који представљају код куће. Затим следи код уређаја дужине од једног до четири бита, и на крају иде четвроробитна команда. Ради лакше употребе код куће представљен је латиничним словима од A до P, а код уређаја бројем од 1 до 16.

Сваки емитовани фрејм почиње стартним кодом 1110. Након стартног кода следи код куће (A-P), а затим код функције. Код функције може садржати код уређаја или код команде, а који је од ова два одређује последњи бит где 0 одговара коду уређаја а 1 коду команде. Један стартни код, један код куће и један код функције чине X10 фрејм који представља минималан X10 пакет података.

X10 се користи у великом броју домаћинстава због своје једноставности, могућности проширења без додатних трошкова и степена развијености протокола. Различите врсте уређаја имају функцију интерфејса између корисника и паметне куће, тј. омогућују кориснику да управља целим системом. Задржавају се сви постојећи прекидачи на уређајима, тако да је могуће радити на стари начин. Инфрацрвени даљински управљачи могу се програмирати и користити за разне функције, на пример за управљање осветљењем. Многе паметне куће имају независне управљачке јединице, чак користе персоналне рачунаре. Неки од система са X10 протоколом поседују управљачку јединицу која се помоћу серијског порта повезује на рачунар, а затим софтвер добијен уз опрему подешава и програмира кућне уређаје.

3.2. KNX

KNX је мрежни протокол за интелигентне зграде, заснован на OSI стандарду [18], који функционише на неколико комуникационих медијума: упредена парица, електроенергетска мрежа, радио-таласи, инфрацрвени таласи, Ethernet. Најчешће се реализује помоћу упредених парица.

На слици 4.11 приказан је пример KNX система за управљање уређајима у паметним кућама.



Слика 4.11: Пример KNX система за управљање уређајима у паметним кућама

KNX је дизајниран тако да буде независан од хардверске платформе. Управљање KNX мрежом може се остварити применом различитих уређаја, као што су 8-битни микроконтролери или рачунари. Уређаји су повезани су помоћу две жичне магистрале, тако размењују податке.

Све компоненте KNX система могу се сврстати у сензоре (тастери, сензори за ветар, температуру, покрете итд.), актуаторе (dimming јединице, дисплеји, електрични грејни вентили итд.) и системске уређаје и компоненте. KNX системи су реализовани у различитим топологијама: стабло, линија и звезда.

Постоје три категорије KNX уређаја [19]:

- **A-mode или Automatic mode.** Инсталирају се код крајњег корисника и поседују могућност самоподешавања параметара.
- **E-mode или Easy mode.** Уређаји су унапред програмирани, али је потребно додатно подешавање параметара према потребама корисника.
- **S-mode или System mode.** Користе се у зградама као саставни део решења за паметне системе; морају се програмирати при инсталацији јер немају подразумеване вредности за параметре који се подешавају.

Могућности примене KNX у IoT су велике: управљање осветљењем, управљање грејањем, управљање вентилацијом, управљање алармима, мерење потрошње струје, воде, гаса и сл. Кључне предности KNX протокола су:

- **Флексибилност.** Захваљујући карактеристикама KNX протокола, елементе система могуће је комбиновати на различите начине.
- **Смањење трошкова.** С обзиром на високу флексибилност, могућност коришћења постојеће инфраструктуре електричних инсталација и ниску цену KNX уређаја, трошкови имплементације нижи су у односу на друге протоколе за паметне куће.
- **Сигурност у интелигентним зградама.** Повезаност свих елемената и учешће компонената, као што су разноврсни аларми и сензори, омогућује висок ниво сигурности.
- **Дизајн система.** Постоји велики број стандардних кућних уређаја који се могу користити у KNX системима.

3.3. LonWorks

Компанија Echelon развила је LonWorks (LonTalk) протокол или ANSI/EIA 709.1 стандард као платформу за интелигентну градњу у индустрији, који се све више примењује и у кућној аутоматизацији [20]. Платформа се састоји од:

- микропроцесора (Neuron),
- комуникационог протокола (LonTalk) и
- мрежних сервиса (енг. Lonworks Network Services - LNS).

Брзина комуникације у LonWorks мрежама зависи од медијума: упредена парица,

градска електроенергетска мрежа, радио-таласи, инфрацрвени таласи, коаксијални кабл или оптичка влакна. У мрежама где се користе упредене парице остварује се проток од 78kbps, а преко електричних водова од 5,4 или 3,6kbps у зависности од фреквенције. Централни део LonWorks платформе јесте микропроцесорски чип тзв. неурон, са слојем који представља еквивалент функцијама што се извршавају од другог до шестог слоја OSI референтног модела, и то олакшава развој нових апликација за управљање мрежама.

Архитектура LonWorks протокола темељи се на peer-to-peer комуникацији равноправних уређаја [21]. Усмеравање пакета од извornог до одредишног уређаја, групе уређаја или свих уређаја у мрежи врши се на основу алгоритма за адресирање. LonTalk тип адресе укључује:

- физичку адресу,
- логичку адресу уређаја,
- групну адресу и
- broadcast адресу.

Физичка адреса је 48-битни идентификатор који додељује произвођач и не се може мењати. Логичка адреса додељује се уређају приликом инсталације у мрежу, а користи се уместо физичке адресе за ефикасно усмеравање порука и поједностављује замену уређаја у случају квара. Групна адреса додељује се логички груписаним уређајима, док broadcast адреса служи за преношење података свим уређајима унутар мреже или домена.

LonWorks платформа користи IP tunneling стандард ANSI/CEA-852 који омогућује интероперабилност између уређаја развијених на бази старијих верзија LonWorks протокола с новим уређајима заснованим на интернет протоколу.

Иако је првобитно био намењен великим индустриским и пословним системима, LonWorks може да се користи и у кућној аутоматизацији. Примењује се у различитим областима, као што су контролни системи за осветљење, системи за управљање енергијом, системи за вентилацију, хлађење и грејање, сигурносни системи, кућна аутоматизација, контрола корисничких уређаја, надгледање уличног осветљења, контрола станица с горивом итд.

4. Протоколи мобилних мрежа

4.1. 3G

3G представља трећу генерацију мобилне телефоније, утемељену на низу стандарда за коришћење сервиса и мрежа мобилних телекомуникација у складу са спецификацијом International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000). Пројекат развоја 3G мрежа започет је осамдесетих година 20. века с циљем да се истовреме-

но преносе говор, подаци, текст, слика, аудио и видео информације. 3G се примењује у гласовној телефонији, приступу мобилном интернету, видео позивима, мобилној телевизији, видео конференцијама, сервисима заснованим на локацији, GPS системима, телемедицини и другим.

3G телекомуникационе мреже подржавају сервисе који обезбеђују пренос података брзином од најмање 200kbps. Касније верзије омогућиле су мобилни широкопојасни приступ од неколико Mbps за смарт телефоне и мобилне модеме на лаптоп рачунарима. 3G користи део спектра између 400MHz и 3GHz. Главна предност у односу на претходне генерације огледа се у већој брзини протока и ширем спектру сервиса.

У зависности од величине области покривене сигналом, постоје три врсте ћелија: макроћелије, микроћелије и пикоћелије. Брзине преноса података су различите од зоне до зоне и зависе од брзине којом се корисници крећу и њиховог броја:

- 2084kbps у згради, у околини ћелије с мноштвом корисника који ходају.
- 384kbps-2084kbps у граду где се корисник креће брзином мањом од 120km/h.
- 144kbps-384kbps у зонама с просечном густином корисника, који су у покрету и који достижу брзину од 120-150km/h.
- До 144kbps у удаљеним зонама (планине, океани) при брзинама од 1000km/h (нпр. у авионима).

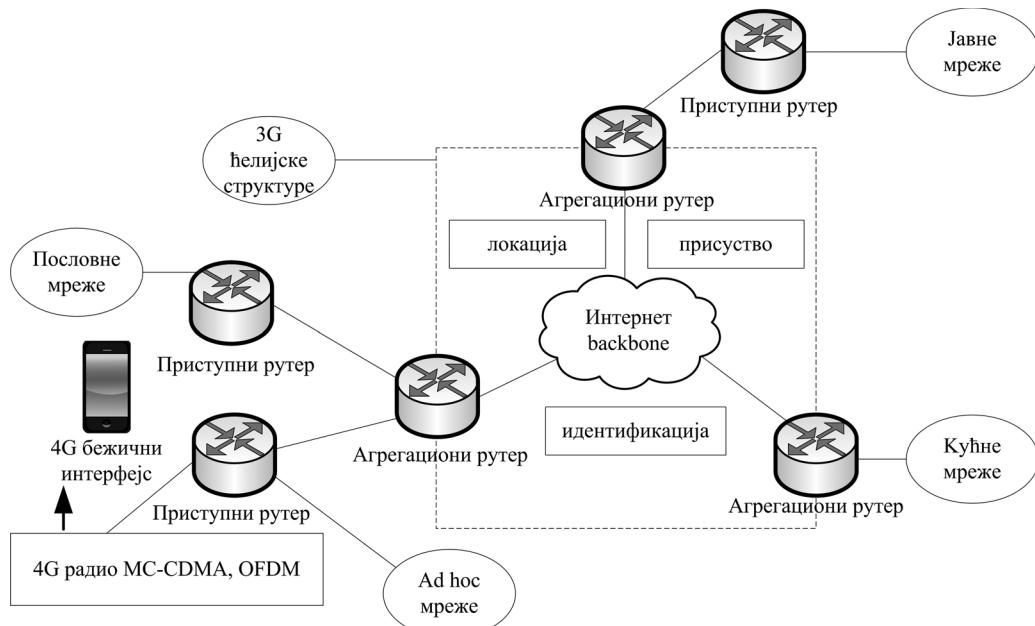
Следећи стандарди припадају 3G мрежи: UMTS, CDMA 2000, EDGE, W-CDMA, HSDPA итд. HSDPA (енг. High-Speed Downlink Access) је 3GPP R5 стандард који знатно повећава капацитет носиоца сигнала у мобилној мрежи и омогућује квалитетне мултимедијалне комуникације; у литератури се често сврстава у 3.5G групу. Да би се повећала брзина преноса података у downlink-у и смањило време кашњења, HSDPA користи следеће технологије:

- Adaptive Modulation and Coding (AMC),
- Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) и
- брзо позивање.

4.2. 4G

LTE (енг. Long Term Evolution), познатији под називом 4G, представља стандард за бежичну комуникацију великих брзина намењен мобилним уређајима и терминалима. Заснива се на унапређеним GSM/EDGE и UMTS/HSDPA мрежним технологијама и на OFDMA, SC-FDMA, MC-CDMA техникама модулације. Највеће промене дешавају се у архитектури система, пошто се прелази из UMTS комутације водова и пакета у IP архитектуру. 4G гарантује брзину преноса од 100Mbps, када је корисник у покрету, и 1Gbps ако се не креће, а поврх тога брзину од 100Mbps између ма које две тачке у свету.

На слици 4.12 приказана је архитектура 4G мрежа.



Слика 4.12: Архитектура 4G мреже

Најзначајније технологије у 4G групи су: Long Term Evolution, Ultra Mobile Broadband (UMB), IEEE 802.16 стандард (WiMax) и MIMO. Током 2011. дефинисана су два унапређена протокола: LTE-advanced и Mobile WiMax.

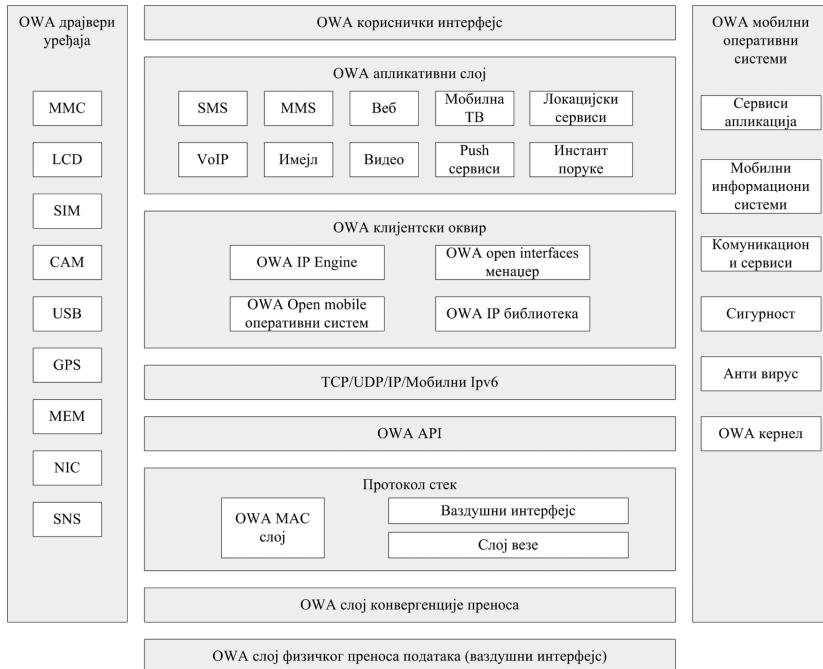
Основне предности 4G стандарда су:

- интегрисан систем у потпуности заснован на IPv6,
- већи капацитет мрежа (више корисника у једној ћелији),
- спектрална ефикасност,
- неосетан прелазак из мреже у мрежу,
- глобални роминг у свим мрежама,
- висок квалитет услуга и подршке мултимедијалним садржајима (real time audio, high speed data, HDTV video content, мобилни TV и сл.) и
- интероперабилност с постојећим стандардима бежичних мрежа.

Једна од основних идеја у 4G и 5G комуникацији јесте развој OWA (енг. Open Wireless Architecture) стандарда, који треба да дефинише слој између слоја преноса података, слоја апликација и оперативног система, тако да се обезбеди интегрална отворена платформа за пренос података путем радио-таласа. На тај начин обезбеђује се независност слоја апликација и слоја оперативног система на мобилном уређају од слоја бежичног преноса и решавају се проблеми некомпатибилности између различитих софтверских и хардверских елемената мобилних уређаја.

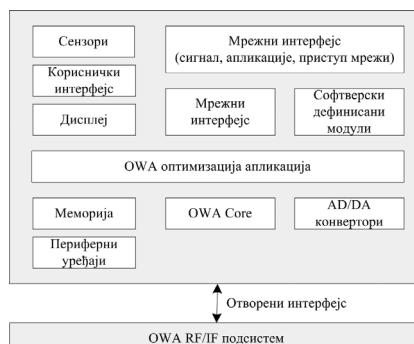
На слици 4.13 је приказана софтверска архитектура OWA мобилног клијента. Оваква архитектура обезбеђује софтверску платформу за праву сервисно оријенти-

сану архитектуру мобилних апликација, независну од специфичних стандарда бежичних мрежа [22].



Слика 4.13: Софтверска архитектура OWA мобилног клијента [22]

На слици 4.14 приказана је OWA архитектура мобилног клијента у cloud окружењу. OWA мобилни cloud врши удаљено процесирање података, чиме се смањује оптрећење мобилног клијента. Софтверски дефинисани модул омогућује да мобилни клијент подржи различите бежичне стандарде убаcивањем SIM картица с одговарајућим интерфејсима [23].



Слика 4.14: OWA архитектура мобилног клијента у cloud окружењу [23]

4.3. 5G

Мреже пете генерације представљају концепт у развоју заснован на следећим захтевима:

- већи број симултаних конекција уређаја,
- већа ефикасност у коришћењу фреквентног спектра,
- мање трошење батерије,
- боља покривеност,
- већа брзина,
- нижи трошкови инфраструктуре,
- обезбеђивање приступа интернету при брзинама од 400 до 500km/h,
- интеграција 10Gbps линкова,
- Millimeter wave (микроталасне) бежичне комуникације,
- интеграција са Li-Fi технологијом и
- примена MIMO (енг. multiple-input and multiple-output) система мултиплекса.

5. Протоколи мрежног интернет слоја

5.1. IPv4

IPv4 представља четврту верзију интернет протокола (IP) која је дефинисана IETF документом RFC 791 из 1981. године [24], чија је кључна улога да омогући повезивање, препознавање и слање података између два уређаја који комуницирају путем интернет протокола. Да би то било могуће, уређајима се додељују логичке адресе (IPv4 адресе) које их на јединствен начин идентификују на интернету. IPv4 адреса је низ од 32 бита, организован у четири октета или бајта (*слика 4.15*).

192	.	168	.	10	.	10
11000000		10101000		00001010		00001010

Слика 4.15: Пример IPv4 адресе

Овај низ је тежак за интерпретацију и памћење, па се IPv4 адресе представљају у децималном формату где је сваки бајт из 32-битног бинарног обрасца представљен као децимални број. Децимална вредност октета може да буде од 0 (00000000) до 255 (11111111), јер сваки бит у октету има своју тежинску вредност од 20 до 27 посматрано с десна улево (*слика 4.16*).

Структура IPv4 адреса јесте хијерархијска, и састоји се од:

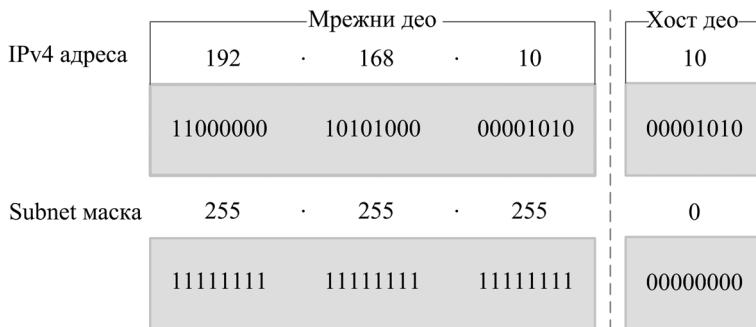
- мрежног дела (Network ID) и
- хост дела (HOST ID).

Основа	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Вредност	128	64	32	16	8	4	2	1
Бинарна адреса	1	1	0	0	0	0	0	0
Вредност битова	128	64	0	0	0	0	0	0

Додај бинарне вредности битова
128 + 64 = 192

Слика 4.16: Битови у оквиру IPv4 адресе

Битови у мрежном делу морају бити исти за све уређаје у једној мрежи, док битови у хост делу на јединствен начин идентификују одређени уређај. Осим IP адресе, у IPv4 протоколу користи се Subnet маска, указује који се део IP адресе односи на мрежу, а који је део хоста. Subnet маска се посматра слева на десно (слика 4.17).



Слика 4.17: Subnet маска

IPv4 адресе могу се додељивати статички или динамички. Статичка додела подразумева да администратор конфигурише IP адресу интерфејса, subnet маску и IP адресу подразумеваног гејтвеја на уређају. Међутим, пораст броја хостова у мрежи, хитност повезивања уређаја и потенцијалне грешке при конфигурацији мрежних параметара иницирају динамичку доделу адреса преко DHCP протокола.

У међусобној комуникацији уређаја преко интернета, IPv4 протокол користи три врсте адреса за слање пакета на интернет мрежу:

- **Unicast.** Јединствено идентификује интерфејс на IPv4 уређају.
- **Multicast.** Један пакет шаље се на више адреса или уређајима у једној групи.
- **Broadcast.** Један пакет шаље се свим уређајима на мрежи.

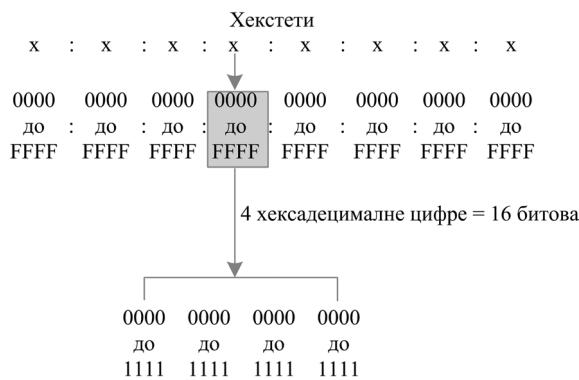
С порастом броја уређаја на интернету појављује се недостатак IPv4 адресног простора, због тога се често користе приватне IPv4 адресе и NAT (енг. Network Address Translation) механизам за превођење приватних у јавне, и обратно. Недовољан број слободних IP адреса и недостаци NAT технологије успорили су ширење IoT апликација [25]. Као решење појавио се IPv6 протокол [26][27].

5.2. IPv6

IPv6 дефинише нови формат пакета, дизајниран да минимизира управљање заглављем пакета од стране рутера. IPv6 користи 128-битне адресе. Иако IPv4 и IPv6 верзије интернет протокола нису компатибилне, постоје технике за миграцију с једног на други које се могу поделити у три категорије:

- Dual stack,
- тунеловање (енг. tunneling) и
- транслација (енг. translation).

IPv6 је 128-битна адреса у формату приказаном на *слици 4.18.*



Слика 4.18: IPv6 адреса

Да би се смањио број симбола у IPv6 адреси, водеће нуле у било ком 16-битном хексстету се изостављају (*слика 4.19.*).

Приоритетно	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Без водећих 0	2001: DB8: 0:1111: 0: 0: 0: 200

Слика 4.19: IPv6 адреса - изостављање водећих нула

За додатно упрошћавање адресне шеме користи се Using Double Colons (compressed format) формат којим се хексстет с четири 0 замењује једном 0. Ако таквих хексстета у „суседству“ има више, онда се они могу заменити са „::“ (*слика 4.20.*)

Приоритетно	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Без водећих 0	2001: DB8: 0:1111: 0: 0: 0: 200
Компримован формат	2001: DB8: 0:1111 :: 200

: може се само једном искористити

Слика 4.20: IPv6 адреса - compressed format

Као код IPv4 адресне шеме, IPv6 адресе имају хијерархијску организацију у којој одређени број битова највеће вредности представља мрежни део адресе (слика 4.21). Дужина IPv6 префикса за LAN и већину других врста мрежа износи 64.



Слика 4.21: Структура IPv6 адресе

Постоје три врсте IPv6 адреса:

- Unicast адреса јединствено идентификује интерфејс на IPv6 уређају.
- Multicast адреса за слање једног IPv6 пакета на више одредишта.
- Anycast адреса се може доделити на више интерфејса различитих уређаја: пакет послат на anycast адресу усмерава се на најближи који има ту адресу, а он се одређује протоколом рутирања и метриком.

Примена IPv6 протокола омогућила је бржи развој и примену IoT решења. Основне предности примене IPv6 у IoT јесу:

- **Скалабилност.** Главна предност IPv6 јесте високоскалабилна адресна шема која обезбеђује $3,4 \times 10^{38}$ IP адреса, што је доволно да се одговори на комуникационе потребе уређаја с више дозвољених адреса.
- **Престанак коришћења NAT баријера.** IoT системи имали су тешкоће у примени NAT технике, јер је она ограничавала присуство више независних група корисника на истим сензорима.
- **Подршка различитим интересним групама.** Постојање више IPv6 адреса на уређајима омогућује различитим интересним групама да на IoT уређајима конфигуришу адресе конзистентне с њиховом мрежном праксом и апликативним захтевима. То значи да ће различите интересне групе независно моћи да деле инфраструктуру и при томе користе сопствене апликације.
- **Карактеристике IPv6 протокола.** Многе особине уградњене у начела IPv6 протокола корисне су за рад и размештање IoT уређаја: примена multicast саобраћаја, anycast саобраћај, подршка мобилности, аутоконфигурација и обим адресног простора.
- **TinyOS и мрежни стек.** IoT заједница радила је на развоју IPv6 апликација да би омогућиле рад оперативног система као што је TinyOS, који је релативно мали, али задовољава потребе IoT система и оставља више простора за апликације.
- **Повећана подршка за хардвер.** Оперативни систем и мрежни стек могу бити компактнији, пружајући већу подршку хардверу у чипсету.
- **Проширење концепта Internet of Things на Web of Things.** Захваљујући великом

адресном простору, IPv6 омогућује проширење интернета на ма који уређај и сервис. На пример, CoAP протокол обезбеђује да се хардверски ограничени уређаји понашају као веб сервиси који су лако доступни и у потпуности су у складу с REST архитектуром.

- **Мобилност.** IPv6 обезбеђује решења за подршку мобилности крајњих чвррова и рутирање у мрежи.
- **Аутоконфигурација адреса.** IPv6 омогућује смањење активности IoT система и трошкова конфигурације применом механизама за аутоконфигурацију.
- **Потпуну компатибилност између гејтвеја.** Могуће је изградити сопствену мрежу паметних уређаја и повезати је са остатком интернета.
- **Стандардизација.** Нека IoT решења, као што су GLoBALIP и Identifier system, иду ка стандардизацији паралелно са IPv6.

5.3. 6LoWPAN

6LoWPAN представља IPv6 преко Low power Wireless Personal Area Networks [28], а то је, у ствари, адаптациони слој за IPv6 који се реализује преко IEEE 802.15.4 мрежа. Овај протокол функционише на фреквенцији од 2,4GHz с брзином од 250kbps и дефинише енкапсулацију и механизме компресије заглавља, омогућујући тако IPv6 пакетима да буду послати и примљени преко мрежа заснованих на IEEE 802.15.4 стандарду. Основна идеја јесте да интернет протокол може бити примењен и на најмање уређаје и да уређаји с малом снагом и ограничених процесорских способности буду укључени у IoT.

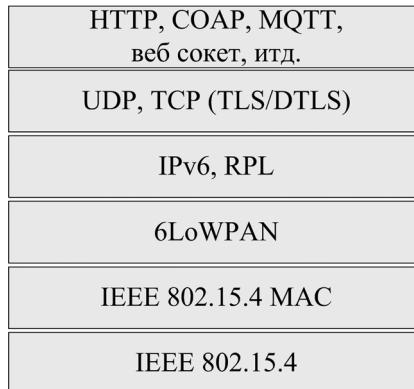
Кључне функционалности овог протокола јесу:

- адаптација величина пакета из две различите мреже,
- решавање адреса,
- сигурност,
- откривање сервиса и уређаја,
- управљање адресама,
- оптимизација параметара,
- рутирање у меш мрежним топологијама и
- оптимизација параметара пакета.

Увођењем адаптационог слоја између слоја вода података и мрежног слоја, стандард 6LoWPAN омогућује повезивање Bluetooth и Zigbee уређаја на интернет без потребе за инсталацијом наменских гејтвеја (слика 4.22). Слој адаптације дефинише три кључне активности [29]:

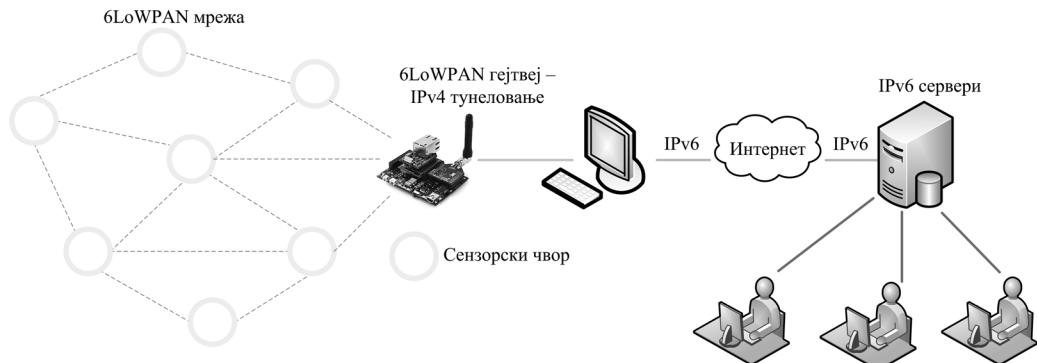
- **Компресију заглавља.**
- **Фрагментацију и поновно састављање.** Дата линк IEEE 802.15.4 са дужином фрејма од 127 бајтова није у складу с фрејмом IPv6 од 1280 бајтова, зато је неопходно раздвојити и поново склопити фрејмове.

- **Аутоконфигурацију без става.** Овај процес омогућује да уређаји у 6LoWPAN мрежама аутоматски генеришу своје IPv6 адресе. Постоје методе за избегавање случајева да два добију исту адресу (енг. Duplicate Address Detection, DAD).



Слика 4.22: 6LoWPAN протокол стек

На слици 4.23 приказан је пример имплементације IoT система са 6LoWPAN сензорима. У овом примеру сензори користе 802.15.4 да би креирали меш мрежу. Преко 6LoWPAN гејтвеја успоставља се веза с рачунаром који реализује IPv4/IPv6 тунеловање до IPv6 сервера за крајње кориснике.



Слика 4.23: Пример имплементације IoT система са 6LoWPAN сензорима

6. Бежичне меш мреже

Бежичне меш мреже (енг. Wireless Mesh Networks, WMN) карактерише одсуство средишњег чвора преко кога би се одвијала целокупна комуникација [30][31]. Уместо тога, сваки чвор у мрежи служи као преносник података за друге чворове. Постојање више путева за пренос података између корисника значи да су меш мреже поузданјије од осталих комуникационих у погледу отпорности на кварове. Квар на неком чвору не значи прекид саобраћаја у мрежи, јер се брзо проналази други пут за пренос података између корисника. Лака имплементација меш мрежа чини их погодним за примену у променљивим окружењима, као што су аутомобили, возови, авиона, приватни и пословни објекти.

6.1. Архитектура бежичних меш мрежа

Архитектура бежичних меш мрежа може бити реализована на три начина, зависно од топологије [32]:

- равне бежичне меш мреже (један слој хијерархије),
- хијерархијске бежичне меш мреже и
- хибридне бежичне меш мреже.

Равна архитектура најближа је централизованим бежичним мрежама, а чине је кориснички уређаји који се понашају и као хостови и као рутери. Сви чворови су на истом нивоу, а и приступна тачка (енг. Access Point). Они међусобно координирају послове усмеравања, мрежне конфигурације, резервације сервиса и резервације простора за пренос података. Главна им је предност једноставност реализације, а недостаци су велико заузети мрежних ресурса и мања брзина преноса.

У хијерархијској архитектури бежичних меш мрежа постоји више нивоа, на најнижем су кориснички чворови или приступне тачке. Оне комуницирају са основом мреже коју чине рутери. Чворови у основи мреже нису намењени успостављању и прекидању преноса података, то раде кориснички чворови. Предности овакве архитектуре су јефтинија реализација и повећана брзина преноса у односу на равну, а недостатак им је повећање броја чворова у мрежи.

Хибридна архитектура бежичних меш мрежа посебан је случај хијерархијске мреже, јер представља интеграцију бежичне меш мреже с другим бежичним мрежама за комуникацију.

6.2. Протоколи за усмеравање података

Са аспекта преноса података, бежичне меш мреже су поуздане и еластичне. Сваки чвор преноси само податке који се тичу следећег чвора, и сваки је повезан с неколико других: ако један испадне због квара хардвера или другог разлога, суседи брзо налазе други пут за пренос података користећи протоколе рутирања.

Протоколи рутирања обезбеђују неопходне путање података, тако да чворови комуницирају на функционалан и оптималан начин проверавајући променљиве услове у мрежи, као што су заузетост ресурса или грешке на чворовима, и омогућујући поуздану и ефикасну комуникацију.

6.3. Примена меш мрежа

Меш мреже садрже фиксне или мобилне уређаје, зависно од комуникационих потреба. Неки од примера примене су:

- У војсци за бежично умрежавање рачунарске опреме.

- У објектима где се врши очитавање стања електричних и других бројила и пренос до централне локације.
- У образовним сервисима да се студентима омогући трансфер фајлова када нема кабловског или приступа преко мобилних уређаја.
- Разговор између два сателитска телефона усмерава се кроз меш мрежу од једног до другог сателита, заobilazeći земаљске станице.

Бежичне меш мреже имплементирају се различитим бежичним технологијама, укључујући 802.11, 802.15, 802.16, мобилне технологије или њихову комбинацију.

7. Протоколи транспортног слоја

7.1. TCP

TCP (енг. Transmission Control Protocol) је протокол Internet Protocol Suite-а и омогућује поуздано, усмерено и уређено достављање стрима октета између апликација које се извршавају на рачунарима повезаним на IP мрежу. На TCP протоколу заснивају се сервиси апликативног слоја: веб, имејл, фајл трансфер и други сервиси. Апликације којима није неопходна потпуна поузданост у испоруци података користе UDP за достављање с низом нивоом латенције.

У основи TCP протокола јесте идеја да прималац поруке мора да одговори потврдом (acknowledgment) када прими податке. Пошиљалац мора да памти све податке које је послao и време слања поруке. Уколико не добије потврдну поруку од примаоца након одређеног времена, порука се поново шаље. На пример, када сервер шаље неки фајл клијенту, TCP слој дели фајл у сегменте и прослеђује их појединачно. С друге стране, клијент прихвата све пристигле TCP сегменте, проверава да ли су коректно поређани и без грешака и шаље их ка апликацији којој је фајл послат.

TCP прихвата податке из стрима, дели их на делове и додаје TCP заглавље креирајући TCP сегмент. Након тога TCP сегмент је енкапсулиран у IP датаграм и разменјује се са одговарајућим рачунаром. TCP сегмент састоји се од заглавља и дела везаног за податке. TCP заглавље садржи 10 обавезних поља и опционо поље с неким додатним вредностима. На слици 4.24 је приказана структура TCP заглавља.

Offsets	Октет	0								1								2								3							
Октер	Бит	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	Изворни порт																Оредиши порт															
4	32																	Број секвенце															
8	64																	ACK број															
12	96	Data offset	Резервисане	N S	C W	E R	U E	A R	P C	R K	S H	S T	S Y	F I																		Величина скрана	
16	128	Checksum																URG															
20	160																	Опције															
...	...																																

Слика 4.24: Структура TCP заглавља

7.2. UDP

Као и TCP, UDP (енг. User Datagram Protocol) једна је од кључних компоненти интернет протокола. Помоћу UDP-а апликације шаљу се поруке, у овом случају датаграми, другим хостовима на мрежи без претходне комуникације и отварања специјалних канала за пренос [33]. Он се најчешће користи у апликацијама где је кључни захтев брзина достављања података, али не обезбеђује гаранције да ће одређена порука бити достављена.

Кључне карактеристике овог протокола јесу:

- оријентисаност на трансакције и датаграме,
- једноставност,
- непостојање памћења стања и
- комуникација у свим правцима.

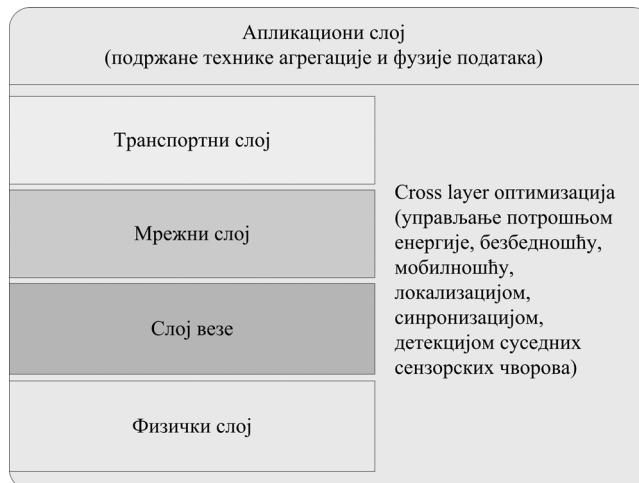
На слици 4.25 је приказана структура UDP заглавља.

Offsets	Октет	0	1	2	3												
Октет	Бит	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31														
0	0	Изворни порт															Одредишни порт
4	32	Дужина															Checksum

Слика 4.25: Структура UDP заглавља

8. Cross layer комуникација за интернет интелигентних уређаја

На слици 4.26 приказана је вишеслојна архитектура бежичне сензорске комуникационе мреже у којој се остварује комуникација њених елемената [35].



Слика 4.26: Вишеслојна архитектура у бежичним сензорским мрежама

Основне функције физичког слоја, слоја линка података, мрежног слоја и транспортног слоја одговарају њиховим стандардним функцијама у OSI референтном моделу. У апликативном слоју реализује се софтверска подршка за различите типове примене бежичних сензорских мрежа и техника комбиновања података (агрегација и фузија). Агрегација података остварује се у оним чврзовима у којима се сакупљају подаци већег броја сензорских чвркова при преносу ка приступним тачкама. Процес агрегације везан је за усмеравање података у бежичним сензорским мрежама и он утиче на енергетску ефикасност и дужину живота мреже сензора.

Cross layer оптимизација мреже нови је елемент у архитектури. За разлику од традиционалних мрежа које обављају независну оптимизацију слојева, овде се она изводи уз пренос великог броја параметара кроз друге слојеве мреже.

Недостатак у бежичним мрежама са ограниченим ресурсима јесте да побољшања остварена у неком од слојева могу да проузрокују погоршање карактеристика у другим слојевима мреже. Зато се у бежичним сензорским мрежама врши cross layer оптимизација, којом се на нивоу система, коришћењем свих расположивих информација, укључујући и оне о стању мреже између суседних чвркова, може смањити overhead. У неким протоколима за усмеравање података врши се cross layer оптимизација MAC протокола.

У мрежној архитектури cross layer оптимизација се врши у управљању потрошњом енергије, безбедношћу, мобилношћу, процесима локализације, синхронизације и детекције суседних чвркова. У бежичним сензорским мрежама важно је да се обезбеди кооперативан рад чвркова на нивоу мреже или региона у мрежи, а то подразумева да се усклађује и распоређује активност сензора у мрежи у циљу смањивања и уједначавања потрошње енергије чвркова. Управљање потрошњом енергије значајно је при комуникацији, обради података и раду сензора (нпр. сензорски чвор шаље поруку свим суседним чврловима да, због смањења енергије, неће обављати усмеравање пакета). Управљањем мобилношћу и локализацијом детектује се и региструје мобилност чвркова на нивоу мреже и одређују локације чвррова у циљу очувања повратних ruta и информација о суседним чврловима и нивоима потрошње енергије у чврловима.

Један од проблема у бежичним сензорским мрежама јесте подршка за мултимедијалне сервисе, што захтева да се обезбеди велики мрежни проток и одређени ниво квалитета сервиса. Да би се проценио квалитет мрежне услуге, из перспективе корисника дефинишу су кључни параметри који се односе на кашњење и губитак информација. Они су сврстани у категорије према типу апликација: пренос говора, видеа, слика и текста. Свака мултимедијална апликација поставља другачије захтеве квалитета сервиса, и оне се често групишу у класе. У исту класу сврставају се апликације које имају сличан ниво толеранције на кашњење и губитак пакета.

За cross layer оптимизацију важан је избор оптимизационих параметара, који се одвија кроз следеће кораке:

- **Апстракција параметара специфичних за дати слој.** Идентификују се мрежни параметри који битно утичу на жељене карактеристике, а број селектованих зависи од расположивих хардверских ресурса.
- **Идентификација параметара који оптимизују задату функцију.** Мрежни проток оптимизује се за задати ниво снаге предајника.
- **Реконфигурација слоја.** Подразумева дистрибуцију одабраних вредности мрежних параметара свим слојевима који учествују у оптимизацији. Одговорност за примену достављених параметара је на слојевима.

Према улози, селектовани мрежни параметри класификују се у категорије:

- **Директно подесиви параметри.** Директно су доступни cross layer алгоритму, а пример може бити избор модулационе технике на физичком слоју код целуларних мрежа.
- **Индиректно подесиви параметри.** Параметри које cross layer алгоритми не могу мењати, али се адаптацијом директно подесивих утиче на њих. Пример је BER (енг. Bit Error Rate) параметар који се не може подешавати, јер директно зависи од изабране модулационе шеме.
- **Дескриптивни параметри.** Ову врсту cross layer алгоритам може читати, али не и подешавати. Пример може бити број фрејмова у секунди или величина слике у видео стримингу.
- **Апстрактни параметри.** Ови су апстракција претходна три типа који су коришћени у cross layer алгоритму.

Cross layer алгоритми користе се за заједничку оптимизацију параметара физичког слоја (снага предајника, тип модулације, битска брзина, BER), MAC-DLC слоја (приступна шема, величина и попуњеност предајног бафера) и апликационог слоја (изворно кодовање и дозвољено кашњење).

ЗАКЉУЧАК

На тржишту постоји више протокола које IoT уређаји користе за сваки од слојева OSI модела. IoT системи се све више заснивају на интернет архитектури и постојећим веб технологијама. Већина стандардних интернет протокола може се применити и у контексту IoT-а. Истовремено се, због нових захтева које IoT системи постављају, развијају нови протоколи. С обзиром на хетерогеност мрежних технологија у IoT контексту, реализација мрежног слоја је комплексан задатак. Већина мрежа имплементира слична, али прилагођена комуникациона и сигурносна решења.

ПИТАЊА

1. Навести најзначајније протоколе слоја мрежног интерфејса који се примењују у IoT контексту?
2. Објаснити могућности примене Wi-Fi у IoT мрежама?
3. Објаснити могућности примене WiMax у IoT контексту?
4. Објаснити могућности примене Bluetooth протокола у IoT контексту?

5. Објаснити Zigbee протокол и могућности примене у IoT екосистемима?
6. Објаснити протоколе за паметно управљање кућним уређајима?
7. Објаснити могућности примене мобилних мрежа у IoT екосистемима?
8. Објаснити IPv6 адресирање?
9. Који су најзначајнији протоколи транспортног слоја?
10. Објаснити појам меш мрежа и њихову улогу у IoT контексту?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] M. Castro, A. J. Jara and A.F.Skarmeta, „An Analysis of M2M Platforms: Challenges and Opportunities for the Internet of Things”, in: Proceedings of the 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 2012, pp. 757-762.
- [2] A. H. Alhamadi, V. Snasel, H. M. Aldosari and A. Abraham, „Internet of things communication reference model”, in: Proceedings of 6th International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN), 2014, pp. 61-66.
- [3] IEEE, 802.3 Ethernet Working Group, 2015, Доступно на: <http://www.ieee802.org/3/> [17.11.2015].
- [4] A. Rajandekar and B. Sikdar, „On exploiting white spaces in WiFi networks for opportunistic M2M communications,” in: Proceedings of the 21st IEEE International Workshop on Local and Metropolitan Area Networks, 2015, PP. 1-6.
- [5] S. Tozlu, M. Senel, W. Mao and A. Keshavarzian, „Wi-Fi enabled sensors for Internet of things: A practical approach”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 6, pp. 134-143, 2012.
- [6] A. Bahga and V. Madisetti, *Internet of Things: A Hands-on-Approach (VPT 1 edition)*, USA: Arshdeep Bahga & Vijay Madisetti, 2014.
- [7] IEEE, „IEEE802.15 WPAN”, IEEE 802.15 Working Group for WPAN, 2006. Доступно на: <http://www.ieee802.org/15/> [19.11.2015].
- [8] J. Nieminen et al., „Networking solutions for connecting bluetooth low energy enabled machines to the internet of things”, *IEEE Network*, vol. 28, no. 6, pp. 83-90, 2014.
- [9] S. Castle, „ZigBee IP: Smart Grid, Meet the Internet of Things”, GreenTech Advocates, 2013. Доступно на: <http://greentechadvocates.com/2013/04/04/zigbee-ip-smart-grid-meet-the-internet-of-things/> [19.11.2015].
- [10] C. Gezer and C. Buratti, „A ZigBee Smart Energy Implementation for Energy Efficient Buildings”, in: Proceedings of the 73rd Vehicular Technology Conference, 2011, pp. 1-5.
- [11] J. Ploennigs et al., „Performance analysis of the EnOcean wireless sensor network protocol”, in: Proceedings of the Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2010, pp. 1-9.
- [12] EnOcean, „The Easy Way to Energy Harvesting Wireless Products”, pp. 1-8, 2015.
- [13] Vesternet, „Understanding Z-Wave Networks, Nodes & Devices”, 2012. Доступно на: <http://www.vesternet.com/resources/technology-indepth/understanding-z-wave-networks>. [17.12.2015].
- [14] C. Gomez and J. Paradells, „Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies”, *Communications Magazine*, vol. 48, no. 6, pp. 92-101, 2010.
- [15] Insteon, “Amazon Echo Brings Voice-Control to Insteon Connected Home Devices”, September 2015. [Online]. Доступно на: <http://www.insteon.com/> [17.12.2015].
- [16] A. J. Jara, L. Ladid and A. Skarmeta, „The Internet of Everything through IPv6: An Analysis of Challenges, Solutions and Opportunities”, *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications*, vol. 4, no. 3, pp. 97-118, 2015.
- [17] X10, „Home Automation”, 2015. Доступно на: <http://www.x10.com/> [17.12.2015].
- [18] KNX, „The worldwide standard for home and building control”, 2015. Доступно на: <http://www.knx.org/media/> [12.01.2016].

- [19]H. Ning, Y. H. Wu and Y. Tang, „Research of KNX device node and development based on the bus interface module,” in: Proceedings of the 29th Chinese Control Conference, CCC 2010, pp. 4346-4350.
- [20]LonMark International, „CEA, LONMARK Announce New Home & Building Automation Standards”, 2015. Доступно на: <http://www.lonmark.org/> [12.01.2016].
- [21]M. Miskowicz and R. Golanski, „LON Technology in Wireless Sensor Networking Applications”, Sensors, vol. 6, no. 1, pp. 30-48, 2006.
- [22] W. Lu, and D. Lu, „Mobile cloud architecture based on open wireless architecture (OWA) platform”, US Patent US8654683 B2, Feb 18, 2014.
- [23]W. Lu, „Open wireless architecture (OWA) medium access control (MAC) processing architecture for future mobile terminal”, US Patent US7822065 B2, Oct 26, 2010.
- [24]Darpa Internet Program, „Internet protocol”, 1981. Доступно на: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc791.txt> [12.01.2016].
- [25]S. Deering and R. Hinden, „Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification” 1998. Доступно на: <https://tools.ietf.org/html/rfc2460> [12.01.2016].
- [26]T. Savolainen, J. Soininen and B. Silverajan, „IPv6 Addressing Strategies for IoT”, *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, no. 10, pp. 3511-3519, 2013.
- [27]IoT.6eu, „IPv6 advantages for IoT”, *European research project on the future Internet of Things*, 2011. Доступно на: http://iot6.eu/ipv6_advantages_for_iot [12.01.2016].
- [28]N. Kushalnagar, G. Montenegro and C. Schumacher, „IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals”, RFC 4919, 2007. Доступно на: <http://datatracker.ietf.org/wg/6lowpan/documents/>. [14.01.2016].
- [29]G. Mulligan, „The 6LoWPAN architecture”, in: Proceedings of the 4th workshop on Embedded networked sensors, EmNets, 2007, pp. 78-82.
- [30]H. Song, B.C. Kim, J.Y.Lee and H.S.Lee, „IEEE 802.11-based Wireless Mesh Network Testbed”, in: 16th Mobile and Wireless Communications Summit, 2007, pp. 1-5.
- [31]Z. Shelby and C. Bormann, *6LoWPAN: The Embedded Internet*, Chichester, UK: Wiley, 2009.
- [32]A. Esmailpour, N. Nasser and T. Taleb, „Topological-based architectures for wireless mesh networks”, *IEEE Wireless Communications*, vol. 18, no. 1 , pp. 74-81, 2011.
- [33]Darpa Internet Program, „Transmission control protocol”, 1981, Доступно на: <https://tools.ietf.org/html/rfc793> [14.01.2016].
- [34]J. Postel, „User Datagram Protocol”, 1980. Доступно на: <https://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt> [14.01.2016].
- [35]A. A. Frohlich, A. M. Okazaki, R. V. Steiner, P. Oliveira and J. E. Martina, „A cross-layer approach to trustfulness in the Internet of Things”, in: Proceedings of the 16th International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing, ISORC, 2013, pp. 1-8.

5

КОМУНИКАЦИЈА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА - MACHINE TO MACHINE M2M

У циљу аутоматизације и повећања ефикасности појединих пословних процеса, система или сложених уређаја, примењује се комуникација машине с машином (енг. Machine to Machine, M2M) [1]. M2M технологије треба да омогуће аутоматизовану комуникацију различитих уређаја и комуникацију с глобалном мрежом без учешћа људи. Комуникација машина одвија се, претежно, преко IP протокола.

Постојеће рачунарске мреже пројектоване су тако да омогућују, углавном, комуникацију људи (енг. Human to Human, H2H). Иако се мрежни саобраћај између машина разликује од људског, за комуникацију машина могу се користити механизми који већ постоје у мобилним мрежама, а односе се на управљање конекцијом машина и апликационог сервера и на могућност кретања уређаја у простору. Развојем M2M комуникације покренут је широк спектар апликација, као што су паметна мерења, удаљено праћење здравственог стања пацијената, управљање и праћење возила и аутоматизација индустрије.

1. M2M комуникација

M2M је мрежна комуникација две машине без учешћа људи [2], а успоставља се жичаним или бежичним преносом. Повезивање може бити директно, point-to-point или point-to-multipoint, или преко приступних уређаја повезаних на традиционалну телекомуникациону или дистрибуциону мрежу засновану на интернет протоколу.

У основи сваке M2M комуникације су следећи процеси [3]:

- прикупљање података,
- пренос података кроз комуникациону мрежу,
- обрада података и
- одзив на одговарајућу информацију.

Прикупљање података из уређаја могуће је уколико он има уграђен интелигентни бежични модул који препознаје комуникационе протоколе других уређаја. Подаци се у надзорни центар шаљу телефонском мрежом, земаљским бежичним системом

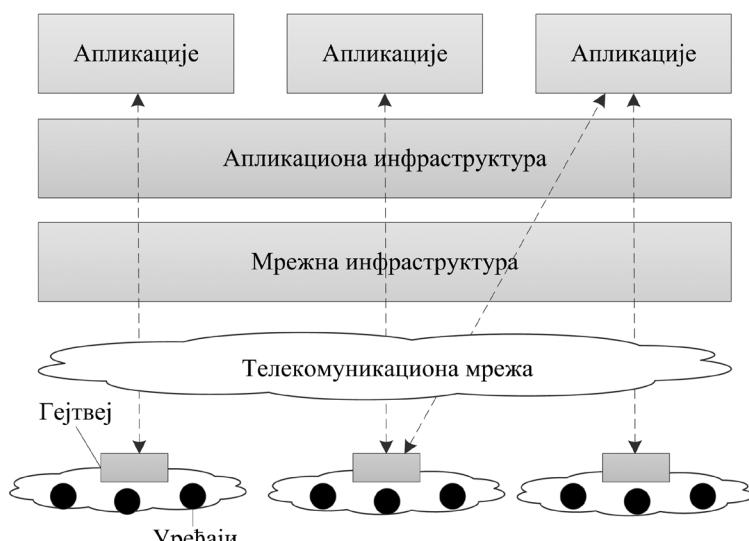
или сателитском комуникационом мрежом према унапред предвиђеном распореду или на захтев, с циљем да буду доступни корисницима у правом тренутку.

Зависно од захтева који се односе на потребан пропусни опсег, брзину, поузданост преноса, безбедност и кашњење у мрежи, M2M комуникације могу бити различите. Неке апликације иницирају пренос мале количине података који се ретко преносе, док је за друге потребан пренос велике количине података. На пример, сензори који прате климатске параметре ређе комуницирају с телекомуникационом опремом и шаљу малу количину података, а камере за удаљени надзор објекта непрекидно прослеђују велику количину података. Пренос појединачних врста података може бити осетљив на кашњење и друге параметре квалитета услуге: рецимо, за M2M апликацију која управља видео надзором и противпожарном заштитом у трафостаници кашњења већа од 100ms су неприхватљива. У M2M апликацијама које се у здравству користе за удаљено праћење пацијената од великог значаја су квалитет услуге и приватност података.

2. Инфраструктура M2M система

M2M технологију карактеришу анализа и процесирање података између различитих уређаја који су међусобно повезани преко комуникационих мрежа [4]. Инфраструктура обезбеђује аутоматску међусобну размену и обраду података између повезаних машина и уређаја. Најчешће се реализује имплементацијом хоризонталне платформе која омогућује повезивање и међусобну комуникацију индустријске опреме, возила, банкомата, продажних места и сл. преко интернета.

На слици 5.1 приказан је концепт хоризонталне платформе M2M система која обухвата мрежну и телекомуникациону инфраструктуру, а укључује уређаје који раде на физичком и приступном слоју.



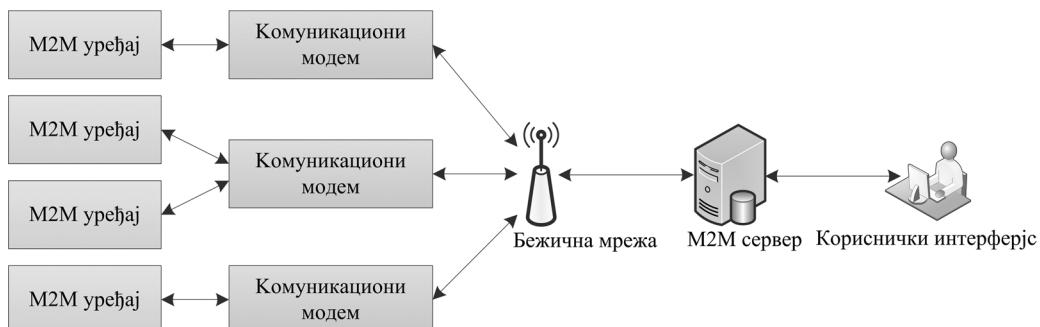
Слика 5.1: Хоризонтална платформа M2M система [4]

2.1. Приступна мрежа

Улога телекомуникационих система јесте да уређајима из физичког слоја омогући повезивање с приступним или среће слојем пакетске мреже [5]. Ови системи могу бити жичани (xDSL, HFC итд.), бежични (2G, 3G, LTE, WLAN, WiMAX, сателит итд.), а користи се и техника преноса преко енергетских водова (Power Line Communication). На избор система у повезивању утиче комуникациона инфраструктура на локацији где се налазе уређаји који учествују у M2M комуникацији.

На одабир технике преноса највећи утицај има покривеност сигналом на локацији где се налазе M2M уређаји. Мобилне мреже су погодно решење, јер су изграђене према 3GPP стандардима и омогућују комуникацију преко интернета. 3G и LTE мобилне мреже су задовољавајуће у погледу кашњења и пропусне моћи и за захтевне сервисе као што су мултимедијални сервиси [6]. Као протоколи мрежног слоја у M2M комуникацији користе се IPv4 и IPv6 протокол.

На слици 5.2 дат је приказ M2M комуникације.



Слика 5.2: M2M комуникација

Без обзира на разлике у саобраћају између H2H и M2M комуникације, поједини механизми H2H и даље се користе у M2M комуникацији. То се, пре свега, односи на начин интеракције клијентских уређаја и апликационих сервера и на управљање мобилношћу у мрежи. Предности примене бежичног преноса у M2M мрежама су:

- **Безбедност.** На радио-интерфејсу могу се применити различите технике енкрипције података, док на приступном слоју постоји подршка за примену end-to-end заштите података кроз IPSec и друге методе.
- **Технике рутирања.** Применом различитих техника рутирања саобраћаја и формирањем класа услуга на среће мрежи, могуће је извршити диференцијацију корисника према потребном квалитету услуге или другим параметрима.
- **Подршка за multicast и broadcast саобраћај.** Постоји код већег броја техника, као што су WCDMA технике (енг. Wideband Code Division Multiple Access), MBMS (енг. Multimedia Broadcast-Multicast), LTE (енг. Long Term Evolution), ETWS (енг. Earthquake Tsunami Warning System) и друге.

Основна улога уређаја у мобилним мрежама јесте повезивање машина које су део M2M комуникације на пакетску мрежу. Из тог разлога настало је пројекта 3GPP

(енг. 3rd Generation Partnership Project), чија је основа била да се дефинише решење које оптимизује инфраструктуру у комуникационој мрежи узимајући у обзир специфичности M2M комуникације [7].

2.2. Капиларна мрежа

Капиларна мрежа у M2M контексту је скуп једноставних и јефтиних уређаја, као што су сензори и актуатори, који се обично имплементирају на малој површини (нпр. блок кућа, зграда, аутомобил или људско тело), а осим међусобног умрежавања поседују могућност повезивања на мрежну инфраструктуру [8]. Овим уређајима приступа се преко WAN мреже, гејтвеја или директно. У неким случајевима M2M уређаји повезују се преко IP концентратора (DSLAM или сл.) на локалну мрежу, где се њихов саобраћај изолује од саобраћаја других сервиса, најчешће применом технологија на L2 слоју (VLAN) или неком од технологија на другим слојевима OSI референтног модела. Уређаји преко којих се M2M уређаји, сензори и актуатори повезују на мрежу могу подржавати функционалности, као што су:

- Интеракција већег броја протокола у физичком слоју везе и мрежном слоју.
- Мапирање идентитета.
- Конверзија свих врста података у јединствени формат.
- Агрегација података из више чворова ка једном елементу.
- Привремено складиштење података.
- Контрола приступа.
- Распоред интеракције сензорских чворова.
- Могућност приступа са удаљене локације, надоградња софтвера и сл.

За повезивање бежичне мреже сензора и актуатора на мрежну инфраструктуру најчешће су у употреби бежичне технологије кратког домета. Оне обезбеђују M2M комуникацију у којој је процес конфигурације скоро аутоматизован. Ови комуникациони протоколи настали су као потреба за умрежавањем великог броја уређаја између којих се преноси мала количина података, а захтева велика енергетска аутономија. У пракси се користе за реализацију система за детектовање противпожарне опасности у објекту, контролу потрошње електричне енергије, даљинско управљање уређајима и у друге сврхе.

Типичан пример су бежичне сензорске мреже, мреже за прикупљање медицинских података и слично. Стандарди, као што је IEEE 802.11 (Wi-Fi), примењују се за апликације које захтевају подршку за веће удаљености и веће количине података (нпр. апликације за аудио и видео-стриминг), док се технологије, као што је Bluetooth, користе за комуникацију равноправних уређаја (peer-to-peer) на мањем растојању и с мањим пропусним опсегом.

2.3. WAN мреже

Основна намена WAN мрежа у M2M контексту је комуникација M2M уређаја преко крајњих WAN тачака [9]. WAN мреже раде у лиценцираном и нелиценцираном фреквенцијском спектру помоћу бежичних или жичаних технологија, као што су: xDSL, WiMAX, Wi-Fi, Ethernet и друге. Модел мрежног саобраћаја M2M комуникације зависи од врсте примене. Основне функције које треба да обезбеди WAN мрежа јесу:

- Конективност капиларних мрежа, сензора и актуатора са M2M функцијама за омогућавање услуга. Стандардни комуникациони модел је TCP/IP.
- Пријем и испорука различитих типова пакета попут SMS порука.
- Управљање идентитетима унутар и ван ћелије који се углавном користе како би се дозволио приступ конкретном WAN ресурсу.

M2M комуникација се прилагођава изменама у архитектури и технологијама WAN мрежа. Мултимедијски системи засновани на IP комуникацији (енг. IP Multimedia Subsystem, IMS) пружају нове могућности у погледу комуникације и испоруке сервиса M2M апликацијама. M2M апликације користе неке IMS функције: адресирање, NAT за IPv4/IPv6 адресе, безбедност, аутентификацију, квалитет сервиса, управљање групама, приоритетизацију саобраћаја и извештавање о догађајима. Оне поседују специфичну логику која IMS систему приступа преко стандардизованог интерфејса.

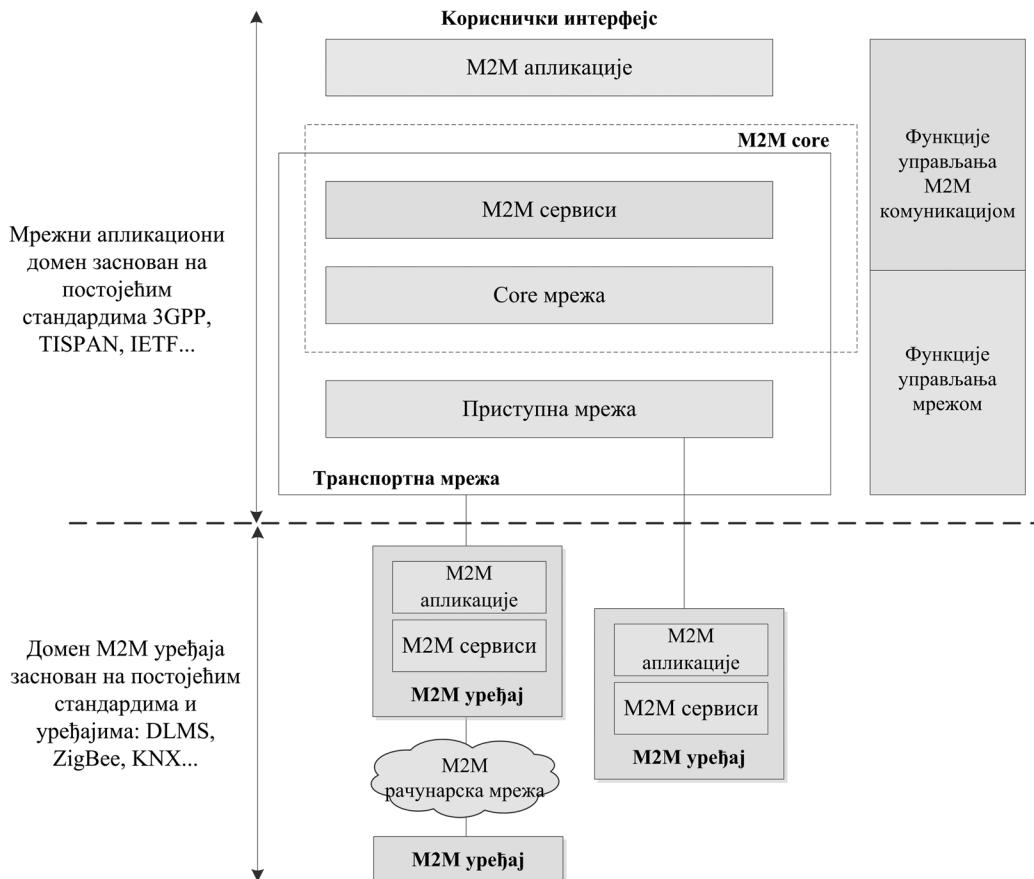
3. Стандардизација и протоколи у M2M мрежама

Најзахтевнији део имплементације M2M решења јесте интеракција компоненти са различitim комуникационим мрежама [10]. Она изискује прилагођавања на страни технологија преноса како би се добило поуздано, скалабилно, безбедно решење једноставно за управљање, а односе се на разноликост, велики број умрежених машина и потребу да се поједина решења у комуникационим мрежама прилагоде потребама машина да мало троше енергију.

3.1. ETSI

ETSI је једна од међународних организација која преко надлежних одбора ради на стандардизацији M2M комуникације. На слици 5.3 приказан је ETSI концепт архитектуре. ETSI концепт M2M архитектуре обухвата: мрежни, апликациони и домен M2M уређаја. Домен M2M уређаја састављен је од следећих елемената:

- M2M уређај,
- M2M рачунарска мрежа и
- M2M гејтвеј.



Слика 5.3: ETSI M2M архитектура

На M2M уређајима извршавају се M2M апликације које користе функције из домена мреже како би међусобно размењивале податке. Постоје два сценарија за повезивање ових уређаја на core мрежу:

- **Сценарио 1:** директно повезивање. M2M уређаји се преко WAN модула повезују или директно приступају приступној мрежи телеком оператора. Пример таквог M2M уређаја јесте паметно бројило у електроенергетским мрежама које се директно повезује на GSM/UMTS или LTE инфраструктуру. У оваквим случајевима M2M уређај обезбеђује процедуре регистрације, аутентификације, ауторизације, управљања и обезбеђивања сервиса у мрежном и апликационом домену.
- **Сценарио 2:** гејтвеј као мрежни прокси. M2M уређаји се преко M2M рачунарске мреже повезују на M2M гејтвеј, а преко њега на мрежни и апликациони домен. Ово решење примењује се за уређаје који само извршавају апликације, а сервисе реали-зују преко M2M гејтвеја да би обезбедили процедуре као у сценарију 1.

M2M рачунарска мрежа је генерички термин за ма коју мрежну технологију која обезбеђује конективност припадајућих M2M уређаја, док се преко гејтвеја реализује повезивање на јавну мрежу. Примери оваквих мрежа су: IEEE 802.15.x, Zig-

Bee, Bluetooth и сл.

M2M гејтвеј је уређај који се имплементира да би се обезбедило повезивање уређаја и интерконекција с мрежним и апликационим доменом. На овим уређајима могу да се извршавају M2M апликације и да се инсталира локална интелигенција која омогућује прикупљање и обраду информација из различитих извора. Мрежни и апликациони домени састоје се од следећих елемената:

- **Приступне мреже.** Омогућују уређајима из M2M домена да комуницирају, да приступе слогу мрежи телеком оператора.
- **Транспортна мрежа.** Омогућује пренос података у мрежи и апликационом домену.
- **Core мрежа.** Обезбеђује функције конективности, сервис, контролне функције у мрежи и повезивање с другим мрежама.
- **M2M сервиси.** Налазе се на M2M уређајима или гејтвејима. Обезбеђују реализацију M2M апликационих сервиса кроз отворене интерфејсе с core мрежом од којих су неки стандардизовани, на пример 3GPP Gi за размену IP саобраћаја или 3GPPRx за приступ контролним функцијама QoS-а.
- **M2M апликације.** Извршавају сервисну логику и користе могућности M2M сервиса. На пример, M2M апликације у мрежном и домену апликација користе back-end апликације одговорне за прикупљање и анализу података из паметних мерних уређаја.
- **Управљање мрежом.** Подразумева све функције неопходне за управљање приступном, преносном и core мрежом, укључујући обезбеђење сервиса, надзор и управљање грешкама.
- **Функције управљања M2M комуникацијом.** Неопходне су за управљање M2M апликацијама и сервисима у мрежном и апликационом домену.

3.2. 3GPP

Стандардом 3GPP дефинише се повезивање машина (енг. Machine-Type Communication, MTC) на инфраструктуру мобилне мреже, која пружа транспортне и комуникационе сервисе, укључујући пренос мултимедија и слање SMS порука. Овим се оптимизује комуникација умрежених уређаја и сервера и међусобна комуникација уређаја. Приступ на мрежну структуру умрежени уређаји остварују преко MTC интерфејса мобилних мрежа.

3.3. OneM2M

Организација OneM2M основана је 2012. године са циљем да обједини све активности у телекомуникацијама на пољу стандардизације свих делова M2M комуникације. Ослажајући се на стандард ETSI TS 102 6901 (ETSI Release 1), OneM2M дефинише техничке спецификације и систем извештавања којим би се побољшали постојећи стандарди.

4. Примена M2M система

M2M се примењује у системима за управљање саобраћајем, системима даљинског очитавања бројила, системима за праћење здравственог стања људи, дистрибуираним системима техничке заштите, паметнима зградама итд. Већина ових система функционише тако што уређај на конкретној локацији аутоматски очитава податке и шаље их на централну локацију користећи јавну телекомуникациону мрежу.

Системи за управљање саобраћајем део су M2M решења и користе јавну телекомуникациону инфраструктуру намењену мобилним телефонима, чиме се омогућује мобилност M2M уређаја. Мобилни део може се поделити на више целина:

- **Локацијски модул.** Служи за одређивање географске локације возила.
- **Комуникациони модул.** Прикупља податке из возила, омогућује комуникацију с другим модулима, прима податке из рачунара и прослеђује му их.
- **Процесорски модул.** Подржава навигацију возила и обрађује све информације, рачуна најповољније руте и управља целим системом.
- **Кориснички интерфејс за возаче и путнике.** Омогућује комуникацију возача са системом паметног возила, са удаљеним рачунарским системом и контролором саобраћаја. Најчешће је реализован у облику екрана осетљивог на додир, али се управља и преко команди на волану. Функције овог модула су: приказ тренутне позиције возила, приказ руте, програмирање руте и савети за возача.

Системи за даљинско очитавање различитих бројила (потрошње електричне енергије, утрошка воде или гаса) омогућују континуирано, аутоматско и интервентно очитавање бројила од стране продавца [11]. Најчешће се ради о паметним бројилима која, осим мерења, шаљу податке добијене мерењем преко IP протокола. Могу се користити и ZigBee и Bluetooth протоколи.

Да би се омогућио даљи развој M2M, неопходно је решити следеће проблеме:

- **Пословни модели и партнерства у индустрији.** Појава платформи за успостављање M2M комуникације условила је промене у начину пословања и повезивања M2M система са мобилним мрежним операторима.
- **Стандардизација M2M система.** Глобални стандарди кључни су за интероперабилност и масовност употребе M2M решења. Процеси и активности стандардизације M2M система још нису јасно дефинисани.
- **Безбедност у M2M системима.** Информациона безбедност подразумева скуп мера за заштиту поверљивости информација, интегритет податка и извора и обезбеђивање доступности услуге. У M2M комуникацији то је комплексније због већег броја уређаја у мрежи и њиховог рада у неконтролисаном окружењу.
- **Интеракција с мрежама телеком оператора.** Захтеви M2M система су различити, па су потребна прилагођавања у мрежама телекомуникационих оператора.
- **Идентификација и адресирање у M2M системима.** M2M систем мора да омогући комуникацију различитих ентитета, без обзира на комуникациону технологију и механизам за идентификацију и адресирање крајњих уређаја. Сензоре је

неопходно идентификовати на јединствен начин који би омогућио флексибилну комуникацију у хетерогеним мрежама.

- **Регулаторни аспекти.** Прописи и регулатива важан су покретач на M2M тржишту, зато је потребно усвојити одговарајуће законе да би се применила напредна решења.
- **Управљање M2M системима.** Управљање је важно за даљу примену и подразумева већи ниво аутономности и аутоматизације.

ЗАКЉУЧАК

Технолошка револуција започета развојем и применом информационо-комуникационих технологија ствара умрежено друштво и мења пословне процесе. M2M технологија је у експанзији, јер се у највећој мери ослања на бежичну комуникацију омогућену постојећом телекомуникационом инфраструктуром. Кључне предности M2M технологије су:

- Стална веза са уређајима и на удаљеним локацијама.
- Централизовано управљање удаљеним уређајима.
- Надзор удаљених уређаја у реалном времену и идентификовање критичних догађаја.
- Оптимизација и аутоматизација процеса који се извршавају на основу критичних догађаја.

Да би M2M системи постали масовнији, потребно је решити проблеме и питања која се пре свега односе на дефинисање нових пословних модела, стандардизацију, безбедност, законску регулативу, сарадњу са телеком операторима и др.

ПИТАЊА

1. Објаснити појам M2M комуникације?
2. Који су елементи M2M инфраструктуре?
3. Објаснити улогу приступне мреже у M2M комуникацији?
4. Који уређаји чине капиларну мрежу?
5. Објаснити три примера примене M2M мрежа?
6. Објаснити улогу WAN мрежа у M2M контексту?
7. Објаснити ETSI архитектуру M2M мреже?
8. Како се M2M уређаји повезују на сопствену мрежу?
9. Шта дефинише 3GPP стандард?
10. Навести проблеме који оптерећују M2M комуникацију?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] M. Castro, A. J. Jara and A. F. Skarmeta, „An Analysis of M2M Platforms: Challenges and Opportunities for the Internet of Things,” in: Proceedings of the 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, IMIS 2012, pp. 757-762.
- [2] A. Aijaz and A. H. Aghvami, „Cognitive Machine-to-Machine Communications for Internet-of-Th-

- ings: A Protocol Stack Perspective”, *Internet of Things Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 103-112, 2015.
- [3] G. Wu, S. Talwar, K. Johnsson, N. Himayat and K. D. Johnson, „M2M: From mobile to embedded internet”, *Communications Magazine*, vol. 49, no.4, pp. 36-43, 2011.
- [4] E. Darmois and O. Elloumi, „Introduction to M2M”, in: D. Boswarthick, O. Elloumi and O. Hersistent (eds.) *M2M Communications: A systems approach, 1st ed.*, Wiley, Chichester, West Sussex, UK, 2012, pp. 1-20.
- [5] F. Cao and Z. Fan, „Cellular M2M network access congestion: Performance analysis and solutions,” in: Proceedings of the 9th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, WiMob, 2013, pp. 39-44.
- [6] F. Alsewaidi, D. Kaleshi and A. Doufexi, „Analysis of radio access network performance for M2M communications in LTE-A at 800 MHz,” in: Proceedings of the Wireless Communications and Networking Conference Workshops, WCNCW, 2014, pp. 110-115.
- [7] F. Ghavimi and H. H. Chen, „M2M Communications in 3GPP LTE/LTE-A Networks: Architectures, Service Requirements, Challenges, and Applications”, *Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 2, pp. 525-549, 2014.
- [8] N. Accettura et al., „Standardized power-efficient & internet-enabled communication stack for capillary M2M networks,” in: Proceedings of the Wireless Communications and Networking Conference Workshops, 2012, pp. 226-231.
- [9] L. Lei, Z. Zhong, C. Lin and X. Shen, „Operator controlled device-to-device communications in LTE-advanced networks“, *Wireless Communications*, vol. 19, no. 3, pp. 96-104, 2012.
- [10] European Telecommunications Standards Institute, Machine to Machine Communications (M2M), M2M service requirements, European Telecommunications Standards Institute, ETSI TS 102 689 V1.1.1, 2010. Доступно на: <http://www.etsi.org> [08.10.2015].
- [11] C. Wietfeld, H. Georg, S. Groening, C. Lewandowski, C. Mueller and J. Schmutzler, „Wireless M2M Communication Networks for Smart Grid Applications,” in: Proceedings of the 11th European Wireless Conference - Sustainable Wireless Technologies, 2011, pp. 1-7.

6

СОФТВЕРСКИ ДЕФИНИСАНЕ МРЕЖЕ

Експоненцијални пораст броја уређаја повезаних на мрежу довео је до развоја и примене бројних IoT апликација и сервиса. Предности примене IoT апликација ограничени су могућностима традиционалне, хијерархијски организоване мрежне инфраструктуре. Широк спектар мрежних технологија и ручна конфигурација великог броја уређаја чине систем за управљање мрежом комплексним. Да би се то превазишло, имплементирају се софтверски дефинисане мреже (енг. Software Defined Networking, SDN), чија је улога да се обезбеде боље перформансе мреже, унапреди ефикасност, повећа поузданост и флексибилност за реализацију различитих захтева корисника. Висока мобилност корисника и динамичка алокација ресурса на захтев, кључни су услови за брзу и једноставну реализацију нових сервиса заснованих на IoT технологији.

1. Софтверски дефинисане мреже

Већина постојећих мрежних архитектура заснована је на традиционално хијерархијски организованим мрежама, које су се показале недовољно ефикасним и флексибилним да одговоре на захтеве корисника за новим апликацијама и онлајн сервисима. Разлози су следећи:

- Хардвер је у већини случајева израђен само за одређену намену.
- Велики број функционалности дефинисан је у хардверу, што решење чини скупим и мање флексибилним да одговори на телекомуникационе захтеве корисника.
- Власничка решења уградњена у телекомуникациону опрему нису интероперабилна са опремом и софтвером других произвођача опреме.
- Процес стандардизације телекомуникационих протокола је дуготрајан.

Примена интелигентних сензора и актуатора и њихово умрежавање посредством мобилних мрежа битно су утицали на ширу примену IoT апликација које су, уз виртуализацију и cloud computing, иницирале развој нове, SDN мрежне архитектуре [1].

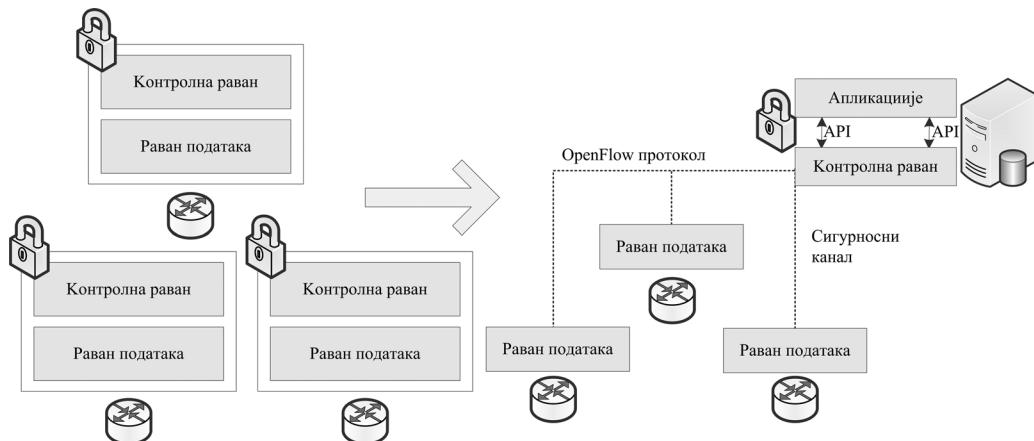
Циљеви SDN јесу:

- Омогућити висок степен флексибилности и мобилност корисника у мрежи.
- Смањити комплексност рачунарских мрежа и елиминисати ограничења која намећу власничка решења.
- Брже и једноставније применити нове сервисе.
- Ефикасније се прилагођавати будућим трендовима.

Да би се ефикасно примениле нове технологије и корисницима пружиле нове услуге, дефинисани су принципи на којима се гради SDN архитектура:

- Раздвајање мрежног софтвера на четири слоја: управљање, сервиси, контрола и прослеђивање.
- Реализација највећег броја управљачких функција out-of-the-box и њихова централизација на једном месту.
- Програмабилност мреже и могућност имплементације SDN принципа у свим мрежним окружењима.
- Интерфејси отвореног кода за комуникацију с протоколима независним од производа опреме.

Упоредни приказ традиционалне и SDN мреже приказан је на слици 6.1.



Слика 6.1: Прелазак са традиционалне на SDN архитектуру

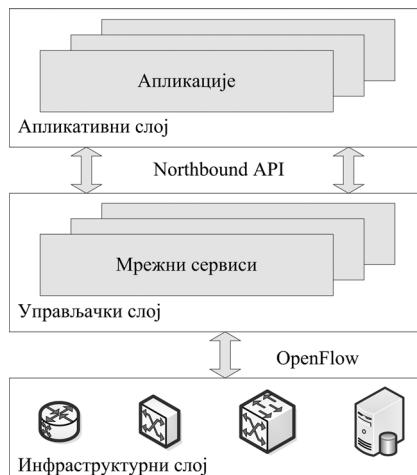
2. Архитектура софтверски дефинисаних мрежа

Применом отворених интерфејса и софтвера који контролишу конективност мрежних ресурса и проток података, могуће је модификовати саобраћај који је претходно успостављен. Ове функције могу да се апстрагују помоћу изабраних мрежних сервиса који се реализују на различитим слојевима SDN архитектуре.

Основне карактеристике SDN архитектуре су [1]:

- **Логичка централизација интелигенције.** Управљање мрежом развојено је од прослеђивања саобраћаја; тако је одлучивање поједностављено и утемељено на целокупној мрежи, а не само на појединим елементима као што је то случај у традиционалним рачунарским мрежама код којих је интелигенција концентрисана у појединачним уређајима.
- **Програмабилност.** Функција управљања у SDN-у реализује се динамички у софтверу. Примена апликативних програмских интерфејса (API) отвореног стандарда омогућује једноставну комуникацију апликација и мреже.
- **Апстракција.** У SDN-у корисничке апликације су издвојене од осталих мрежних елемената; мрежни уређаји су апстрахованы у односу на управљачки слој.

Поред апстракције мрежних уређаја, SDN архитектура подржава примену API-а за различите интерфејсе чиме се омогућује имплементација бројних мрежних сервиса, као што су рутирање, multicast, traffic engineering, QoS и многи други. На слици 6.2 приказана је трослојна SDN архитектура која се састоји од инфраструктурног, управљачког и апликативног слоја.



Слика 6.2: Тролојна SDN архитектура

Инфраструктурни слој чине мрежни елементи и уређаји преко којих се одвија саобраћај; овде се примењују различите технике виртуелизације, реализује повезивање и обезбеђују безбедност, доступност и квалитет услуге. Поменути уређаји не одлучују самостално о прослеђивању, изузетак је када им контролер додели могућност да реагују на неке догађаје, као што су прекид у мрежи.

Управљачки слој задужен је за контролу и надзор прослеђивања саобраћаја у мрежи. Кључну улогу у томе игра SDN контролер, софтверски ентитет који има искључиву контролу над апстрактним скупом ресурса у слоју података (data plane) [2]. Контролер може бити реализован као скуп софтверских компоненти које се налазе на различитим физичким платформама, али морају бити синхронизоване и одржавати конзистентност информација и стања.

Контролер подржава три типа функционалних интерфејса:

- **D-CPI интерфејс.** Налази се између контролера и слоја података, преко овог интерфејса контролер надзира ресурсе инфраструктуре. Често се употребљава термин southbound API интерфејс.
- **A-CPI интерфејс.** Налази се између апликација и контролера, преко њега апликације добијају сервисе од контролера. Често се употребљава термин northbound API интерфејс.
- **Менаџмент интерфејс.** Омогућује управљање ресурсима, полисама и другим традиционалним функцијама управљања.

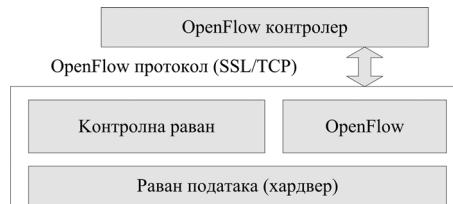
Апликативни слој чине корисничке апликације које користе SDN комуникационе сервисе. Ресурси се динамички алоцирају сагласно пословним потребама и споразуму о нивоу услуге који је корисник закључио с провайдером. SDN апликације могу се повезати с различитим сервисима и оркестрирати већи број SDN контролера. Апликације посматрају мрежу као логички свич, док је њена интелигенција централизована у софтверским SDN контролерима.

3. OpenFlow протокол

OpenFlow представља први стандардизовани интерфејс између управљачког и слоја прослеђивања саобраћаја у софтверски дефинисаним мрежама [3]. Користи концепт токова података за препознавање саобраћаја на основу унапред, статички и динамички дефинисаних правила у управљачком софтверу. Примењује се у постојећим физичким и виртуелним мрежама, а због флексибилности и у мрежама са опремом различитих произвођача.

Архитектура OpenFlow логичког свича подразумева постојање једне или више flow табела на основу којих се врши прослеђивање пакета и једног или више OpenFlow канала ка екстерном контролеру (слика 6.3) [3]. Токови садрже поља и припадајуће акције којима контролер налаже свичу шта треба да уради с пакетом, уколико се поља пакета слажу с пољем записа текуће табеле.

OpenFlow контролер са свичевима комуницира преко OpenFlow протокола, а то се одвија преко безбедног канала (енг. Secure Sockets Layer, SSL). На овај начин се контролеру омогућује да успостави TCP сесију и да безбедно управља прослеђивањем пакета на свичеве.



Слика 6.3: OpenFlow протокол

SDN са OpenFlow протоколом примењује се у бројним мрежним окружењима: у дата центрима, кампусима и мрежама сервис провајдера [4].

Без обзира на мрежно окружење, овај концепт има следеће предности:

- централизовано управљање у окружењима са опремом различитих произвођача,
- једноставност управљања,
- убрзан развој и примена иновација,
- побољшање доступности и безбедности мреже,
- грануларност процеса управљања и
- висок степен прилагодљивости корисничким захтевима.

4. Примена софтверски дефинисаних мрежа

Софтверски дефинисане мреже омогућују динамичко прилагођавање мрежног окружења тренутним апликативним захтевима или потребама корисника, а у пракси се примењују кроз следеће моделе:

- **Реактивни модели.** Повезују се са SDN мрежама и OpenFlow протоколом. Карактерише их процес сталног прилагођавања као реакција на тренутне услове у мрежи. Недостатак овог модела је у томе што не може да обезбеди скалабилност за сваку организацију мреже.
- **Проактивни модели.** Предвиђају тешкоће у мрежи и покушавају да их реше пре него што постану озбиљне. Проактивни модели могу да се заснивају на детаљима, као што су повећано коришћења одређених делова мреже или потенцијална појава усих грла. Као једна од метода за ублажавање евентуалних сметњи, праве се промене у рутирању пакета пре него што у појединим деловима мреже дође до загашења.
- **Предиктивни модел.** Користи историјске податке о перформансама мреже да би се периодично подешавале руте и токови.

SDN мреже пружају могућност да се њихово понашање усклади с потребама корисника. Захваљујући принципима централизације, апстракције и програмабилности, на којима се заснивају, примењују се у различитим окружењима: интелигентне куће, дата центри, кампуси, мреже сервис провајдера итд.

У решењима која се базирају на IoT, управљање уређајима и мрежним ресурсима у кућним мрежама представља велики изазов због мноштва уређаја повезаних на исту приступну тачку. Имплементацијом SDN мрежа заснованих на OpenFlow протоколу омогућено је праћење и управљање корисницима и контрола приступа. Систем обезбеђује видљивост ресурса мреже и управљање приступом на основу корисника, групе, уређаја, апликације, доба дана или других параметара.

У рачунарским мрежама предузећа SDN концепт може допринети побољшању по словања, јер се применом виртуелизације и аутоматизације конфигурације процес увођења нових сервиса убрзава и поједностављује [5].

У дата центрима SDN концепт олакшава виртуелизацију, уз висок степен скалабилности. Миграција виртуелних машина реализује се аутоматски, што доприноси бољем искоришћењу ресурса сервера и оптималном коришћењу доступног пропусног опсега у мрежи [5].

Комплексност процеса имплементације нових сервиса и високи трошкови одржавања утицали су на сервис провајдере у смеру испитивања могућности примене SDN концепта. Од мрежне инфраструктуре тражи се да испуни захтеве у погледу скалабилности, поузданости, квалитета сервиса и управљања њима [6]. Уређаји у фиксној и мобилној мрежи треба да омогуће брз опоравак у случају сметњи у мрежи без утицаја на сервисе крајњих корисника, што се може постићи увођењем SDN решења [7].

Изазови с којима се данашње мреже сусрећу, као што су ефикасно управљање ресурсима, скалабилност, флексибилност, брза имплементација и смањење трошкова, могу успешно да се превазиђу комбинацијом cloud computing технологија и SDN архитектуре [8]. Cloud мреже утемељене на SDN концепту омогућују динамички приступ пропусном опсегу, тј. капацитетима преноса података, када за тим постоји потреба; у том случају нису више неопходни изнајмљене линије фиксног капацитета, чиме се смањују трошкови имплементације.

5. Контрола и сигурност у софтверски дефинисаним мрежама

SDN концепт поједностављује делегирање функције управљања и обавља апстракцију, тако да корисницима, поред приказа мреже на логичком нивоу, омогућује конфигурацију малог дела мреже који се односи на крајње кориснике, што отвара питања безбедности [9]. Глобална и централизована мрежа, каква је SDN, обезбеђује потпунију и једноставнију политику безбедности од оне у традиционалним мрежама.

Прекид сервиса (енг. Denial of service) један је од честих ризика и врста напада у SDN, јавља се и у контролном и у слоју података. У слоју података злонамерни рачунар који генерише лажне токове може да исцрпи пропусни опсег и меморијске ресурсе или да у табелу токова на свичевима унесе малициозне записи. На контролном слоју прекид сервиса може се изазвати на контролеру или на комуникационом каналу између контролера и свича. Нападач може да исцрпи капацитет у погледу процесирања пакета, тако што шаље контролеру много пакета с различитим заглављима. Прекид сервиса настаје када се комуникациони канал између контролера и свича оптерети малициозним саобраћајем. Овакве претње избегавају се аутентификацијом крајњих уређаја (хостова) и свичева, коришћењем SSL и инфраструктуре јавног кључа. Циљ је да се само овлашћеним чворовима дозволи приступ мрежи и да се у случају идентификације злонамерног понашања ускрати аутентификација.

За потребе заштите од евентуалних претњи, у SDN-у се најчешће користи AuthFlow механизам за контролу приступа и аутентификацију [9]. AuthFlow механизам реализује се преко OpenFlow контролера, где се неауторизованим рачунарима

ускраћује, а осталима дозвољава приступ мрежним ресурсима према нивоу привилегија. Рачунари се аутентификују директно у приступном слоју, што у мрежу уноси мали overhead и обезбеђује фину гранулацију контроле приступа. На сваком рачунару корисника врши се контрола приступа провером идентитета и упаривањем са скупом токова који припадају конкретном рачунару.

ЗАКЉУЧАК

Нове апликације и онлајн сервиси у IoT постављају високе захтеве у погледу скалабилности, поузданости и флексибилности; традиционалне рачунарске мреже са хијерархијским моделом архитектуре све теже их испуњавају. Решење су софтверски дефинисане мреже које уносе висок степен програмабилности. Архитектура ових мрежа заснована је на раздвајању процеса управљања од прослеђивања података, чиме се смањује комплексност мреже. Циљ увођења већег степена програмабилности јесте да се обезбеди већа поузданост и еластичност у реализацији различитих захтева корисника. Висока мобилност корисника и динамичка алокација ресурса сагласно њиховим захтевима су предуслов за брзу и једноставну реализацију нових сервиса заснованих на IoT технологији. Сложене окружења и различити захтеви корисника постављају нове изазове за SDN. Ово се пре свега односи на: дизајн логичких свичева, избор контролера и мерење перформанси, број и позицију контролера у мрежи, проблем single-point-of-failure и увођење више контролера и интеграцију са постојећом мрежном инфраструктуром.

ПИТАЊА

1. Дефинисати појам софтверски дефинисаних мрежа?
2. Објаснити архитектуру SDN?
3. Објаснити слојеве архитектуре SDN?
4. Објаснити програмабилност као карактеристику SDN?
5. Објаснити како функционише OpenFlow протокол?
6. Објаснити шта су то проактивни, реактивни и предиктивни модели примене софтверски дефинисаних мрежа?
7. Како се обезбеђује заштита од евентуалних претњи у SDN мрежама?
8. Објаснити AuthFlow механизам?
9. Објаснити предности примене SDN мрежа?
10. Пронаћи и описати пример примене SDN мрежа у IoT контексту?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] J. J. Tourrilhes, P. Sharma, S. Banerjee, and J. Pettit, „SDN and OpenFlow evolution: A Standards Perspective”, *Computer*, vol. 47, no. 11, pp. 22-29, 2014.
- [2] B. A. A. Nunes, M. Mendonca, X. N. Nguyen, K. Obraczka and T. Turletti, „A Survey of Software-Defined Networking: Past, Present, and Future of Programmable Networks”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 16, no. 3, pp. 1-17, 2014.
- [3] E. Haleplidis et al., „Software-Defined Networking (SDN) Layers and Architecture Terminology”,

- Internet Engineering Task Force, RFC 7426, 2015. Доступно на: <https://tools.ietf.org/html/rfc7426> [07.09.2015].
- [4] N. McKeown et al., „OpenFlow: enabling innovation in campus networks”, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 38, no. 2, pp. 69-74, 2008.
 - [5] M. Dillon and T. Winters., „Virtualization of Home Network Gateways”, *Computer*, vol. 47, no. 11, pp. 62-65, 2014.
 - [6] P. Quinn and J. Guichard., „Service Function Chaining:Creating a Service Plane via Network Service Headers”, *Computer*, vol. 47, no. 11, pp. 38-44, 2014.
 - [7] H. Lin, L. Sun, Y. Fan and S. Guo, „Embedded OpenFlow MPLS - Based Advance OpenFlow Inter-Domain Communication Proposal,” in: Proceedings of the 8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2012, pp. 1-4.
 - [8] T. C. Yen and C. S. Su, „An SDN-based cloud computing architecture and its mathematical model,” in: Proceedings of the International Conference on Information Science, Electronics and Electrical Engineering, ISEEE, 2014, pp. 1728-1731.
 - [9] D. M. F. Mattos, L. H. G. Ferraz and O. C. M. B. Duarte, AuthFlow: Authentication and Access Control Mechanism for Software Defined Networking, 2014, Доступно на: <http://www.etsi.org> [08.09.2015].

7

ПРОТОКОЛИ АПЛИКАТИВНОГ СЛОЈА ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Апликативни слој налази се на врху IoT протокол стека и одговоран је за испоруку апликација корисницима. За велики број IoT апликација не постоје заједнички стандарди, док за извесне стандарди нису јасно наведени. Избор протокола на апликативном слоју није нимало лак, јер брзина промена и потребе корисника воде ка дефинисању нових циљева и развоју савршенијих и усавршавању постојећих IoT апликација. Тиме се утиче на актуелност протокола апликативног слоја који брзо могу постати застарели и неодговарајући.

1. Протоколи апликативног слоја интернета интелигентних уређаја

При избору протокола у апликативном слоју узима се у обзир већи број захтева, а основни се односе на:

- механизам размене порука,
- безбедност података,
- интероперабилност уређаја и
- скалабилност IoT система.

У зависности од механизма размене порука, сви протоколи апликативног слоја могу се поделити на клијент-сервер и претплатничке (енг. Publish-Subscribe) протоколе. Велики број уређаја и пораст количине података у IoT системима води оптерећењу мреже и смањењу брзине преноса, због чега се у апликативном слоју IoT протокол стека чешће примењују претплатнички протоколи. Механизам претплате селектује податке на основу догађаја и шаље их само заинтересованим корисницима, што омогућује ефикаснији рад у мрежи.

Природа података који се разменују у IoT систему изискује примену адекватних мера приватности, због чега се користе механизми који подразумевају ауторизован приступ и безбедно управљање подацима из уређаја и подацима које генеришу сервиси. Сигурност података обезбеђује се стандардним протоколима и решењима, заснованим на протоколима као што су TLS, SSH, SFTP, HTTPS, DTLS, филтери, енкрипција и декрипција и други.

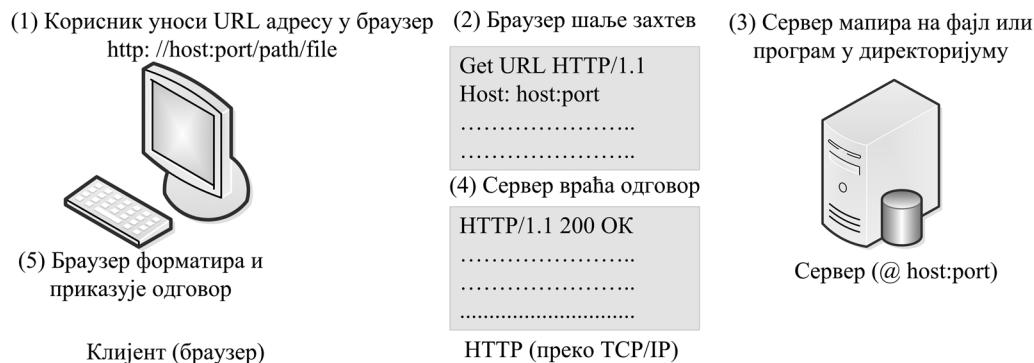
За уређаје који су реализовани у складу са индустријским стандардима, за функционисање IoT система потребно је да им се омогући потпуна интероперабилност како би заједнички извршавали задатке, а то се постиже применом отворених протокола и стандардизацијом порука. Тако уређаји постају независни од сервиса који им се имплементирају и које извршавају. С обзиром на то да су IoT протоколи у развоју, постизање пуне интероперабилности очекује се у будућности.

Скалабилност IoT подразумева могућност проширења екосистема додавањем нових уређаја и сервиса. У клијент-сервер архитектурама повећање броја доступних сервера је, углавном, ефикасно и једноставно решење. С друге стране, у bus и P2P архитектурама скалабилност се подразумева. IoT екосистем карактерише динамичко понашање уређаја, који се често укључују или искључују, чиме се утиче на оптерећење у мрежи. Зато су протоколи апликативног слоја дизајнирани за конфигурацију динамичких путања података.

Најзначајнији протоколи апликативног слоја IoT су: HTTP, COAP, Web socket, MQTT, XMPP, DDS и AMQ.

2. HTTP

HTTP (енг. Hypertext Transfer Protocol) је протокол апликационог слоја који се користи за комуникацију и размену података на вебу. Највише се користи верзија HTTP 1.1 [1], а актуелна верзија је HTTP/2 из 2015. HTTP дефинише клијент-сервер модел комуникације којим се описује низ стандардних правила за презентацију, сигнализацију, аутентификацију и отклањање грешака приликом слања датотека преко интернета. Функционише по методу захтев-одговор и омогућује размену хипертекста. Клијент шаље HTTP захтев поруку, а сервер одговара HTTP одговором. HTTP је pull протокол, где клијент повлачи информације са сервера, уместо да сервер гура (push) информацију ка клијенту. На слици 7.1 приказана је HTTP комуникација.



Слика 7.1: HTTP комуникација

Основни елементи HTTP захтева су: линија захтева, заглавље, празан ред и порука.

HTTP дефинише осам метода (*табела 7.1*) којима се реализују одређене акције:

- **HEAD.** Тражи одговор онакав какав би био да је послат GET захтев, али без тела поруке: на пример, ако су потребни неки мета подаци из заглавља.
- **GET.** Захтева одређени ресурс.
- **POST.** Шаље податке који се налазе у телу поруке, на обраду ка идентификованим ресурсима. Као резултат, може се добити нови ресурс или ажурирати стари.
- **PUT.** Омогућује upload одређеног ресурса.
- **DELETE.** Брише ресурс.
- **TRACE.** Враћа примљени захтев, тако да клијент може видети шта сервери посредници мењају у захтеву.
- **OPTIONS.** Враћа HTTP методу коју сервер подржава, за специфицирани URI.
- **CONNECT.** Пребације конекцију у јавни TCP/IP тунел.

Основни елементи HTTP одговора јесу статусне линије, заглавља одговора, празан ред и документ с подацима (нпр. HTML, GIF, JPEG, SWF). У *табели 7.1* приказане су групе одговора сервера.

Табела 7.1. Типичне класе HTTP одговора сервера

Класе HTTP одговора	Значење
1xx Informational	Захтев прихваћен, наставља се процес.
2xx Success	Захтев је примљен, прихваћен. 200 OK - Стандардни одговор за успешне HTTP захтеве.
3xx Redirection	Клијент мора предузети допунске активности како би се захтев комплетирао. 301 - Ресурс је премештен на алтернативну локацију.
4xx Client error	Клијентски захтев није исправан. 400 Bad Request - Захтев није потпун или није синтаксно исправан. 403 Forbidden - Сервер одбија да пошаље одговор. 404 Not Found - Захтевани ресурс није пронађен.
5xx Server Error	5xx Server Error - Сервер није успео да одговори на захтев, грешка на серверској страни. 500 Internal Server Error - Грешка на серверу.

HTTP је протокол без стања (енг. stateless protocol), јер пошиљалац и прималац не знају шта се дешавало у претходним захтевима, и не гарантује достављање поруке.

IoT уређаји за пренос саобраћаја преко веба већином користе HTTP протокол без обзира на постојећа ограничења, везана за чињеницу да је погодан за пренос великих фајлова, што се разликује од захтева који се постављају пред IoT системе. Од уређаја у IoT системима захтева се да размењују мањи број инструкција и троше мало енергије. Насупрот томе, HTTP захтева да се користе комплексна заглавља с најмање девет TCP пакета. Са аспекта трошкова, HTTP заглавље је непотребан оперативни трошак, посебно у бежичној комуникацији.

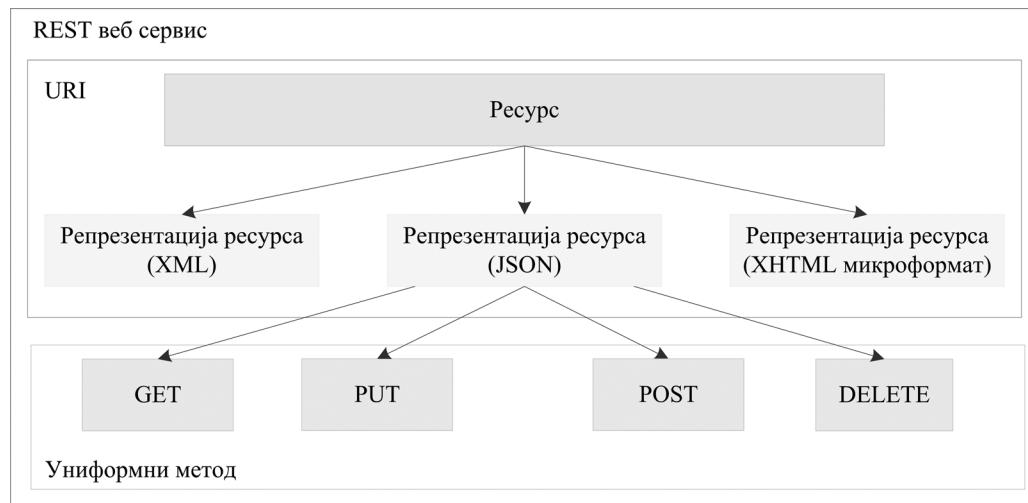
3. REST

REST представља модел архитектуре који се заснива на постојећим широко прихваћеним и коришћеним технологијама и протоколима. Главна имплементација ове архитектуре је HTTP протокол у комбинацији са URI (Uniform Resource Identifier, другим речима, вебом). Садржи пет обавезних и једно опционо ограничење [2]:

- **Униформни интерфејс.** Поједностављује архитектуру и омогућује независан развој различитих компонената веб сервиса.
- **Клијент-сервер.** Униформни интерфејс одваја клијенте од сервера, тако да они немају везе са складиштењем података или с пословном логиком.
- **Без стања.** Контекст клијента никада се не складиши на серверу, нити се користи принцип сесије. Комуникација се остварује искључиво разменом захтева и одговора.
- **Могућност кеширања.** Апликациони програмер дефинише да ли се одговори веб сервиса кеширају или не.
- **Слојевит систем.** Клијент не зна да ли је повезан са сервером или неким посредником. Већа скалабилност постиже се имплементацијом алгоритама за load-balancing и кеширањем на серверима или посредницима.
- **Код на упит (опционо).** Сервери привремено могу да прошире или прилагоде функционалности клијента преносом извршног кода: на пример, унапред се уведу компајлиране компоненте, као што су Java аплети, или скриптови клијентске стране, као што је JavaScript.

Уколико задовољава обавезна ограничења, такав сервис је пример RESTful сервиса.

На слици 7.2 приказана је REST архитектура.



Слика 7.2: REST архитектура

Основу REST архитектуре представља концепт ресурса под којим се подразумева било каква информација или концепт, документ, слика, сервис, колекција ресурса итд. Манипулисање ресурсима подразумева активности на актуелној репрезентацији ресурса. Резултат операције је поново одређена репрезентација ресурса у новом стању. Ресурси могу да имају више репрезентација: на пример, једну у HTML формату, намењену прегледању у претраживачима, и више њих у различитим XML форматима података.

Рецимо, адреса <http://elab.rs/> је идентификатор почетне странице сајта Катедре за електронско пословање, чијим се учитавањем у претраживач добија њена репрезентација или приказ. Кликом на неки од линкова са ове странице прелази на неку другу, у овом контексту неко друго стање апликације. У REST архитектури сваки ресурс има јединствени ID на вебу (URI) који га јединствено идентификује. Примери URI јесу:

```
http://primer.com/proizvodi/4554  
http://primer.com/porudzbine/2007/11  
http://primer.com/proizvodi?boja=zelena
```

Ресурси треба да буду повезани; ако се користи HTTP и URI, могуће је повезати један ресурс с другима без обзира на њихову локацију. Пример једног ресурса који има линкове ка другим јесте:

```
<narudzbinu self='http://primer.com/klijenti/1234'>  
  <kolicina>23</kolicina>  
  <proizvod ref='http://primer.com/proizvodi/4554' />  
  <klijent ref='http://primer.com/klijenti /1234' />  
</narudzbinu>
```

За манипулацију ресурсима користи се стандардни скуп метода, у случају HTTP-а то су: GET, POST, PUT, DELETE и HEAD. Сваки ресурс подржава исти интерфејс, исти скуп метода. Када претраживач учитава неку веб страницу, он користи GET методу и URI странице коју тражи:

```
GET http://elab.rs HTTP/1.1
```

Ако тражена страница има слике и друге екстерне садржаје, претраживач поново користи GET методу, овај пут са идентификаторима тих садржаја како би их добавио. GET је тзв. безбедна метода, јер је при њеном коришћењу гарантовано да неће доћи до промене ресурса. Могуће је направити сервис (нпр. PHP скрипту) код које ће се GET користити и за функционалности као што су брисање и измена ресурса. Али то није у складу са принципима REST-а, зато ове операције треба избегавати:

```
GET http://elab.rs?akcija=obrisi HTTP/1.1
```

4. СоАР

СоАР протокол представља реализацију REST архитектуре у форми погодној за Constrained уређаје и мреже (енг. Constrained network) [3]. Термин Constrained уређаји односи се на сензоре и актуаторе који имају ограничења везана за напајање, процесорску снагу, величину RAM и ROM меморије. Constrained мреже имају ограничења која се односе на брзину преноса, висок ниво губитака пакета, варијабилне величине пакета, недостатак напредних сервиса као што је IP multicast, ограничenu величину пакета, ограничenu доступност уређаја у мрежи итд. Пример је 6LoWPAN мрежа.

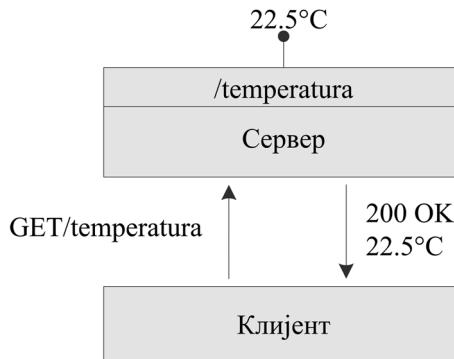
СоАР је дизајниран за потребе једноставног превођења порука у HTTP ради интеграције с вебом, а и да би се испунили посебни захтеви типични за Constrained мреже [3]. Дефинисала га је CoRE IETF група.

Constrained мреже подржавају фрагментацију IPv6 пакета у мрежном слоју, што знатно умањује вероватноћу достављања пакета на одредиште. Циљ СоАР протокола јест да смањи overhead саобраћај у мрежи и тиме ограничи потребу за фрагментацијом у мрежном слоју. Настало је као резултат потребе да се дизајнира генерички веб протокол прилагођен посебним захтевима у мрежама са ограничењима, као што су потрошња енергије, аутоматизација и потребе M2M апликација. СоАР протокол интегрише REST архитектуру с могућностима HTTP протокола оптимизованим за потребе M2M комуникације.

Основне функционалности СоАР протокола су:

- Веб протокол који испуњава захтеве M2M окружења у ограниченим мрежама.
- UDP повезивање са опционо подржаном поузданошћу unicast и multicast захтева.
- Асинхрона размена порука.
- Низак ниво overhead-a и ниска комплексност парсирања.
- Подржани URI и Content type приликом размене порука.
- Подржани прокси и кеширање.
- HTTP мапирање без стања које омогућује проксијима да обезбеде приступ СоАР ресурсима преко HTTP-а или да се једноставни HTTP интерфејси реализују преко СоАР протокола.
- Сигурносна повезивања са DTLS (енг. Datagram Transport Layer Security).

Модел интеракције у оквиру СоАР сличан је клијент-сервер моделу у HTTP, али се ентитети у M2M окружењима понашају и као сервер и као клијент. На тај начин је омогућена интеракција машина и интеракција уређаја са апликацијама и елементима средњег слоја. На слици 7.3 приказана је интеракција температурног сензора и клијентске апликације као СоАР сервера. СоАР омогућује сензору да шаље континуалну серију асинхроних информација о ажурирању ка клијентској апликацији, слично технологији push порука са веб сервера.



Слика 7.3: Температурни сензор који има улогу СоАР сервера

СоАР захтев сличан је HTTP захтеву: клијент га шаље серверу да изврши акцију на ресурсу, након обављеног задатка сервер враћа одговор с кодом одговора. За разлику од HTTP, СоАР протокол асинхроно управља разменама порука преко UDP протокола и дефинише четири типа поруке: Confirmable, Non-confirmable, Acknowledgement и Reset.

На слици 7.4 може се видети да СоАР користи двослојни приступ:

- Слој за размену порука подразумева асинхрону комуникацију и
- Захтев-одговор који обезбеђује комуникацију применом метод-одговор кода.

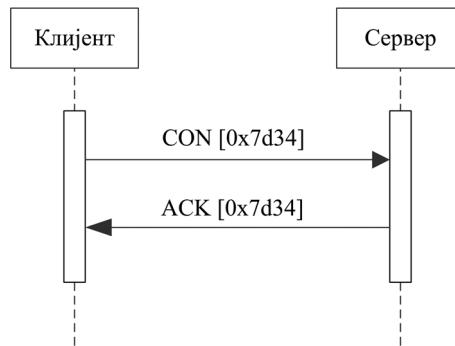
Управљање разменом порука и захтев-одговор су функционалности СоАР заглавља.



Слика 7.4: Апстрактни слојеви СоАР протокола

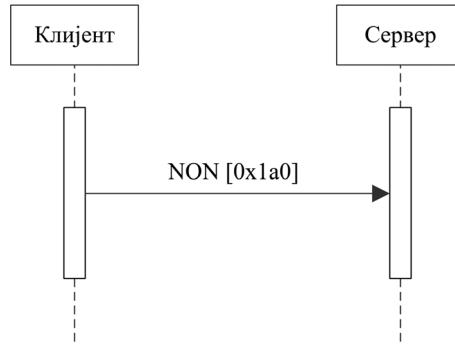
4.1. Модел размене порука и формат поруке

Модел размене порука у СоАР-у заснован је на UDP протоколу: свака садржи свој MessageID који се користи за откривање дупликата. Поузданост поруке обезбеђује се означавањем поруке са Confirmable (CON) и шаље се поново, након подразумеваног timeout-а, све док прималац не одговори поруком потврде (енг. Acknowledgement, ACK) са истим MessageID (слика 7.5). У случају да прималац није у могућности да обради CON поруку, уместо ACK шаље се порука Reset (RST).



Слика 7.5: Поузданни пренос порука

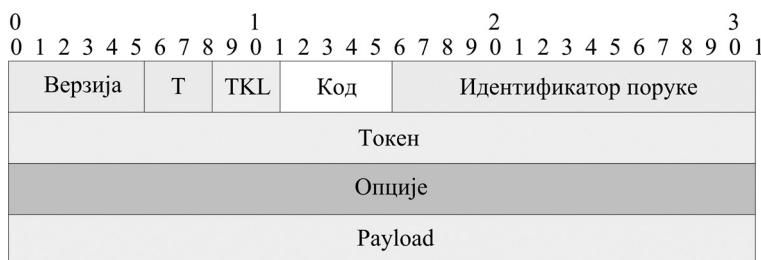
Ако порука не захтева поуздан пренос, може бити послата као Non-confirmable message (NON). Тада прималац не шаље ACK поруку, али постоји евиденција о ID-у поруке да би се открили дупликати (слика 7.6).



Слика 7.6: Непоузданни пренос порука

С обзиром да се CoAP заснива на коришћењу UDP протокола, он подржава коришћење multicast IP адреса и на тај начин омогућује multicast CoAP захтеве. CoAP пакети су мањи од оних у HTTP TCP размени. Стингови се мапирају у целобројне вредности да би се уштедео простор. Пакети се једноставно генеришу и могу се парсирати без трошења додатног капацитета у RAM меморији.

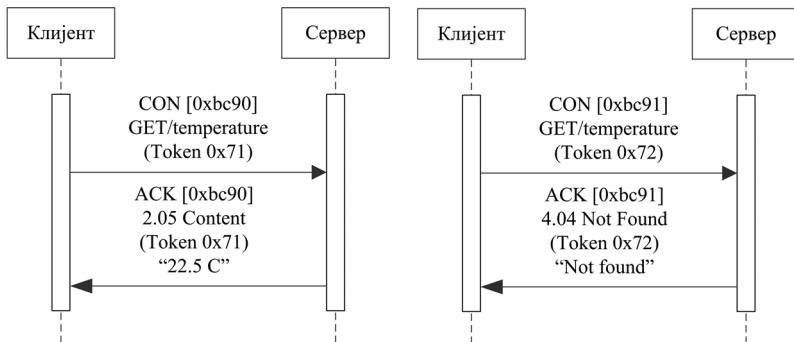
Поруке су енкодоване у једноставном бинарном формату. Порука почиње са заглављем од 4 бајта, након тога иде Token који може бити дужине 0-8 бајтова, затим Options, и на крају Payload део. Приказ структуре CoAP поруке дат је на слици 7.7.



Слика 7.7: Формат CoAP поруке

4.2. Захтев-одговор модел

CoAP поруке садрже код метода или код одговора. Додатно се у порукама могу налазити информације, као што су URI или тип података (енг. payload media type). Токени се користе да би се упарили захтеви и одговори независно од порука. Захтев се преноси преко Confirmable (CON) или Non-confirmable (NON) поруке. Ако је одговор на захтев могућ, преноси се преко ACK поруке: ово је тзв. piggybacked одговор. На слици 7.8 приказана су два примера с GET захтевом и piggybacked одговором: један је са успешним одговором, а други са одговором not found.



Слика 7.8: Два GET захтева са Piggybacked одговорима

CoAP протокол користи GET, PUT, POST и DELETE методе на сличан начин као HTTP протокол, али је семантика другачија. URI подршка на серверу је поједностављена, пошто клијент дели URI на хост, порт, путању и делове упита. Response кодови обухватају мањи део HTTP статус кодова, уз неколико CoAP специфичних кодова.

4.3. Посредници и кеширање

CoAP протокол подржава кеширање одговора да би се ефикасније испуњавали захтеви већег броја клијената. Суштина кеширања јесте у томе да се претходни одговор искористи да би се одговорило на захтев, што је омогућено коришћењем ажурираних и валидних информација које се преносе кроз CoAP одговоре.

Кеширани одговор може бити или лоциран, или у крајњој тачки, или у неком посреднику. За разлику од HTTP протокола, код кеширања у CoAP протоколу могућност кеширања зависи од кода одговора.

Примена проксија важна је у constrained мрежама због ограниченог мрежног саобраћаја, унапређења перформанси, сигурности и приступања ресурсима на уређајима који су у sleep режиму. Када комуникација иде преко проксија, тражени URI ресурс је укључен у захтев, док је IP адреса дестинације подешена на адресу проксија. У контексту CoAP протокола, прокси је крајња тачка коју CoAP клијенти могу да позову да преноси захтеве и одговоре уместо њих.

С обзиром да је CoAP дизајниран у складу с REST архитектуром и да омогућује функционалности сличне HTTP протоколу, постоји потреба за мапирањем из CoAP у HTTP, и обратно. Мапирање се може реализовати помоћу cross-protocol проксија (cross-proxy), који код метода или одговора, тип медија и друга поља конвертује у одговарајуће HTTP функционалности.

4.4. Проналажење ресурса

Проналажење ресурса битно је у M2M апликацијама. Основни захтев јесте да се дефинишу URI за ресурсе који се налазе на серверу, допуњени помоћу атрибута ресурса и могућих линкова између њих. Сервери обезбеђују листу ресурса које хостују на адреси `/well-known/core`. Ови линкови су у формату application/link-format media type и омогућују клијенту да открије који су ресурси доступни и каквог су типа. Да би се максимизирала интероперабилност у CoRE окружењу, CoAP крајње тачке треба да подрже CoRE (енг. Constrained RESTful Environments) Link формат за ресурсе, чиме се проширује поље HTTP Link заглавља. У M2M апликацијама (нпр. у паметним кућама или грађевинама) постоји реална потреба да локални клијенти или сервери међусобно реагују без интервенције корисника. CoRE Link формат омогућује серверима да обезбеде проналажење ресурса.

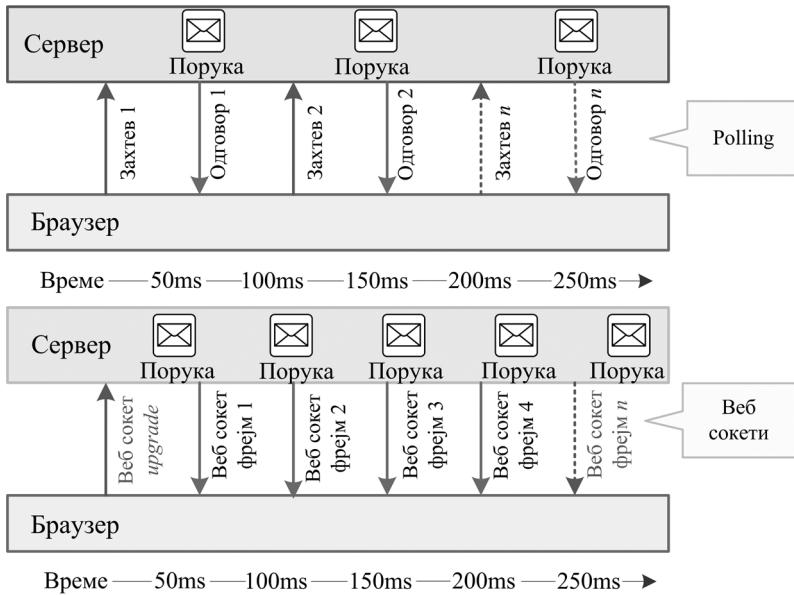
Сигурност CoAP комуникације обезбеђена је помоћу DTLS слоја који пружа исте функционалности у контексту сигурности као TLS, али се комуникација у транспортном слоју одвија преко UDP протокола.

5. Веб сокет

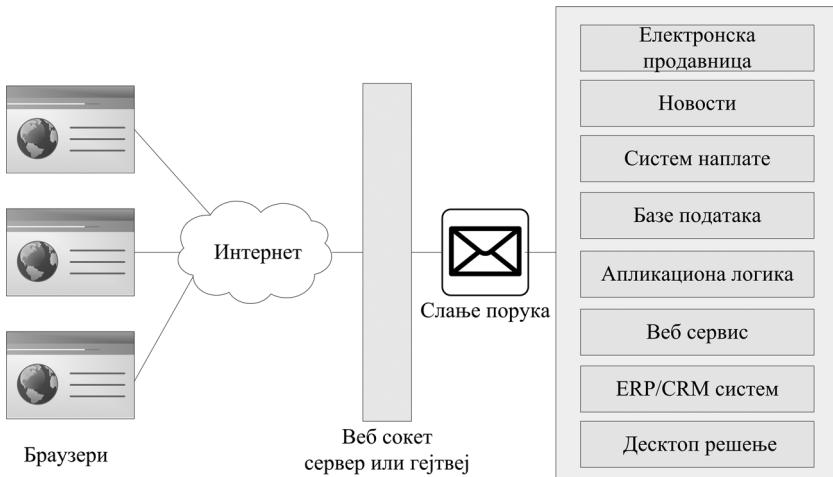
Веб сокет (енг. web socket) је двосмерни комуникациони протокол, настао у оквиру HTML 5 спецификације [4], који омогућује full-duplex комуникацију преко једне TCP конекције између клијента и сервера. Након успостављања конекције, поруке се преносе на иницијативу клијента или сервера. Основне предности су смањење количине саобраћаја и латенције, у поређењу с polling и long polling решењима која симулирају full-duplex везу одржавањем две конекције.

На слици 7.9 приказана је комуникација путем веб сокета у поређењу са стандардним polling-ом.

Када се успостави конекција, поруке иду од сервера ка браузеру. Комуникација се поједностављује јер не постоји потреба за комплексном двосмерном разменом, где клијент повлачи податке са сервера. На слици 7.10 приказана је основна веб сокет архитектура у којој браузери користе веб сокет конекцију за full-duplex, директну комуникацију са сервером [5].



Слика 7.9: Комуникација путем веб сокета и стандардни polling



Слика 7.10: Веб сокет архитектура

Применом овог протокола обезбеђен је механизам за оне апликације којима је потребна двосмерна комуникација са сервером, као што је XMLHttpRequest, чиме је омогућено динамичко креирање страница у реалном времену. У веб сокетима клијент иницијализује конекцију као и код стандардне HTTP конекције. Након тога шаље захтев за прелазак са HTTP на веб сокет конекцију (енг. Handshake), који се дефинише у ажурираном заглављу.

```
GET ws://echo.websocket.org/?encoding=text HTTP/1.1 Origin: http://websocket.org Cookie: __utma=99as Connection: Upgrade Host: echo.websocket.org Sec-WebSocket-Key: uRovscZjNol/umbT-t5uKmw== Upgrade: websocket Sec-WebSocket-Version: 13
```

Ако сервер разуме захтев, онда започиње веб сокет сесија.

```
HTTP/1.1 101 WebSocket Protocol Handshake Date: Fri, 10 Feb 2012 17:38:18 GMT Connection: Upgrade Server: Kaazing Gateway Upgrade: WebSocket Access-Control-Allow-Origin: http://websocket.org Access-Control-Allow-Credentials: true Sec-WebSocket-Accept: rLHCkw/SKsO9GAH/ZSFh-BATDKrU= Access-Control-Allow-Headers: content-type
```

Током сесије HTTP заглавља се уклањају, тако да клијенти и сервери могу размењивати поруке преко асинхроне full-duplex конекције. Сесија се може прекинути када више није потребна серверу или клијенту. Применом веб сокета смањује се саобраћај overhead-а, уз омогућавање full-duplex комуникације у реалном времену. Веб сокет ради са TCP протоколом и не имплементира никакве сигурносне механизме. Ако је потребно, сесије се могу осигурати коришћењем веб сокета преко TLS/SSL слоја. За време сесије веб сокет поруке имају overhead од 2 байта.

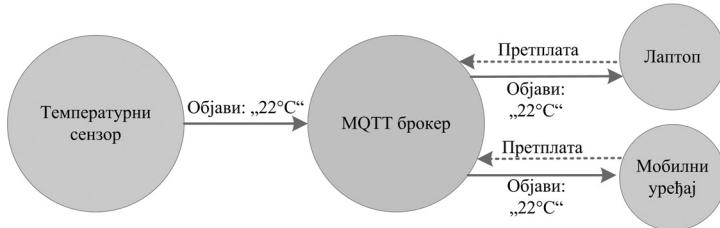
Веб сокет је дефинисан за апликације које се користе преко веб браузера. С обзиром на делимично клијент-сервер засновану архитектуру, није посебно погодан за IoT апликације. Намењен је за комуникацију у реалном времену, поуздан је и минимизује overhead, па се може користити као ефикасан систем за размену порука између сервера и IoT уређаја. Да би уређај био функционалан део IoT екосистема, неопходно је да има могућност слања података ка серверу, проверавања података на серверу и прихватања података који стижу без потребе за претходним слањем захтева. Главни недостатак овог приступа јесте у томе што је неопходно да се на уређајима програмирају веб сокети. На нижем нивоу комуникације постоји посебан потпротокол WebSocket Application Messaging Protocol (WAMP), који омогућује размену порука путем веб стандарда: веб сокети, JSON, URI.

6. MQTT

MQTT (енг. Message Queue Telemetry Transport) је publish-subscribe протокол, дизајниран за M2M комуникације [6]. Користи се као отворени стандард са основним циљем да се омогући ефикасна размена података и смањи потрошња енергије.

Заснован је на клијент-сервер моделу размене порука, где је сензор клијент повезан са сервером, тзв. брокером, преко TCP везе. Publish-subscribe је догађајем вођен протокол и омогућује да се поруке шаљу клијентима по push моделу. Централну улогу у комуникацији има MQTT брокер, задужен за управљање и распоређивање свих порука између пошиљаоца и одговарајућих прималаца. Клијент који објављује поруку брокеру дефинише тему на коју се она односи. На основу поруке брокер реализује рутирање. Клијент може да се претплати на одговарајућу тему и тада добија само поруке везане за ту тему. У складу са тим, клијенти се не морају познавати, већ су повезани преко теме. На овај начин реализују се високоскалабилна решења без зависности између произвођача и потрошача.

На слици 7.11 дат је пример MQTT система.



Слика 7.11: Пример MQTT система

На примеру са слике лаптоп и мобилни уређај су клијенти који се претплаћују на тему температура. Кад сензор објави температуру, брокер поруку прослеђује свим клијентима претплаћеним на ову тему. Тема је једноставан стринг који има више нивоа хијерархије, раздвојених знаком slash (/). У примеру са слике MQTT протокол подразумева три нивоа квалитета сервиса: fire and forget, delivered at least once и delivered exactly once. MQTT клијент има стално отворену TCP конекцију ка брокеру. Ако се прекине веза, брокер баферијује све поруке и шаље их клијенту када се поново успостави комуникација. У случају изненадног прекида конекције, MQTT аутоматски шаље одређене поруке везане за тему, што се назива last will and testament (LWT).

Главна предност MQTT протокола у односу на HTTP јесте што клијент не мора да захтева информације које су му потребне, него их брокер гура ка клијенту у случају промена у подацима. MQTT омогућује размену порука у реалном времену, с минималном потрошњом енергије. С обзиром на архитектуру система, један сервер може подржати велики број повезаних уређаја. Разлика у односу на CoAP протокол огледа се у томе што MQTT спада у групу publish-subscribe протокола.

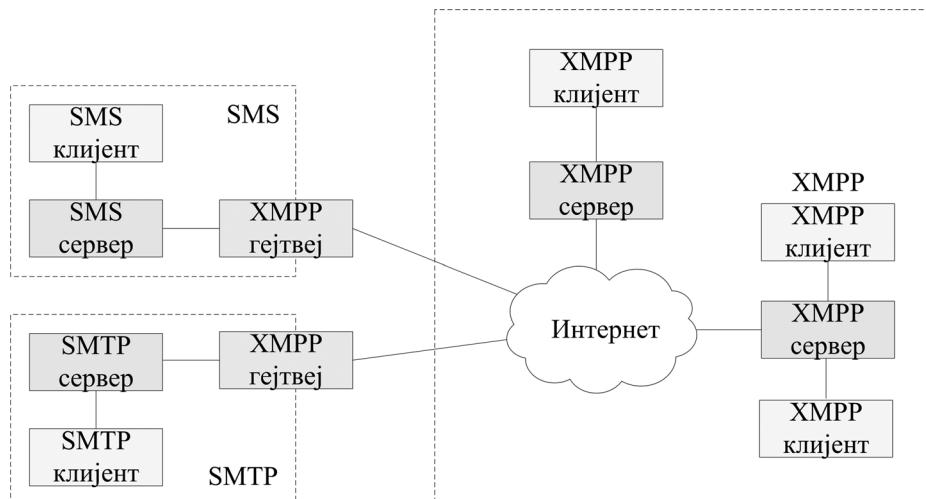
7. XMPP

XMPP (енг. Extensible Messaging and Presence Protocol) је протокол намењен размени текстуалних порука [7], заснован на захтев-одговор парадигми, који користи XML формат и ради преко TCP везе. Архитектура XMPP протокола подразумева да два клијента комуницирају један с другим преко сервера задуженог за рутирање порука. На слици 7.12 приказана је XMPP размена порука у истом домену [8].



Слика 7.12: XMPP размена порука

На слици 7.13 дата је комплексна архитектура XMPP система, где постоје XMPP гјетве за SMS и SMTP домен. XMPP је погодан backbone протокол који омогућује конективност различитих крајњих тачака.



Слика 7.13: Архитектура XMPP система

Предност XMPP протокола је шема адресирања, дефинисана у формату name@domain.com, која у IoT контексту омогућује једноставно адресирање уређаја. Овакав начин адресирања олакшава комуникацију удаљених тачака или ентитета, који припадају различитим контекстима: на пример, могуће је повезати термостат са веб сервером, тако да му се приступа путем мобилног телефона. С обзиром на адресирање, сигурност и скалабилност, овај протокол погодан је за кориснички оријентисане IoT апликације. XMPP брже од осталих протокола проналази одређени уређај, али је са аспекта брзине и управљања подацима слабији.

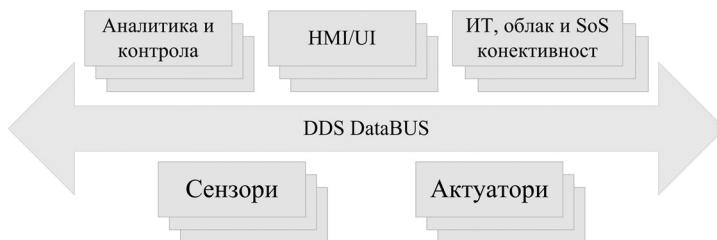
8. DDS

DDS (енг. Data-Distribution Service for Real-Time Systems) је први отворени стандард у средњем слоју који се заснива на publish-subscribe моделу. За разлику од већине других протокола оријентисаних ка порукама, он је оријентисан ка подацима. Код протокола оријентисаних ка порукама фокус је на достављању порука, без обзира на то какви се подаци у њима налазе, а улога инфраструктуре јесте да их достави. У протоколима заснованим на подацима фокус је на подацима дефинисаним од стране корисника. Јединица размене јесте вредност податка. Средњи слој разуме контекст података и осигурува да сви заинтересовани претплатници имају коректан и конзистентан поглед на њих. Ово је аналогно с базом података која може пружити глобални поглед на податке и управљати приступом. Протоколи засновани на подацима једноставнији су за одржавање и проширивање, омогућују корисницима да се фокусирају на развој пословне логике, а не на само писање порука. Апликације комуницирају са моделом података, а не међусобно.

У протоколима заснованим на порукама уобичајен је брокер. Учесник који објављује поруку је, заправо, шаље сервису за рутирање и достављање порука, тј. брокеру. Претплатник добија поруку од брокера. Насупрот томе, DDS подржава

децентрализовану структуру без брокера да би се омогућила несметана размена података. DDS протокол заснива се на постојању виртуелног глобалног простора података (енг. global data space) у који „произвођачи“ уписују, а клијенти одатле читaju податке. Произвођачи и клијенти повезани су магистралом података (енг. data bus). Магистрала података контролише истовремени приступ подацима и ажурирања од стране великог броја клијената. DDS протокол поседује механизам за откривање, који омогућује аутоматско упаривање производа и клијената (уписивања и читања података). Global data space је попуњен информацијама у оквиру DDS тема. Свака тема је описана јединственим именом, типом података и политикама квалитета сервиса [9].

На слици 7.14 приказан је пример примене DDS магистрале података у контексту IoT [10][11].



Слика 7.14: Пример примене DDS Data bus у контексту IoT

DDS протокол функционише преко различитих протокола, као што су TCP/IP, UDP, дељење меморије и сл. Поузданост испоруке података не зависи од транспортне инфраструктуре, већ се реализује у самом DDS протоколу.

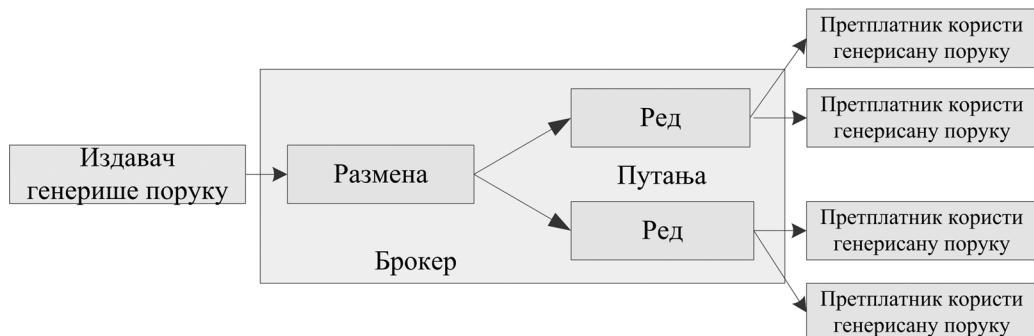
DDS може истовремено да достави милионе порука у секунди великим броју прималаца, а омогућује висок ниво QoS контроле, multicast, свеприсутну редундантност и поузданост. Примењује се у интегрисаним системима уређаја високих перформанси где се развијају комплексне, real-time апликације, као што су: војни системи, болнице, медицинске слике, надгледање ресурса, тестови вожње и сл.

9. AMQP

AMQP (енг. Advanced Message Queuing Protocol) је отворени стандард апликационог слоја за размену порука у пословном контексту [12]. Кључне функционалности су му размена порука, редови, рутирање (point-to-point и publish-subscribe), поузданост и сигурност.

AMQP реализује комуникацију елемената мреже кроз објаву поруке која треба да буде достављена на одређену адресу (слика 7.15). Део брокера има улогу да рутира поруке између редова (бафера) порука: на пример, порука се може једноставно проследити једном реду, или дистрибуирати међу више редова, или доставити на основу неког патерна. Компонента за размену и редови налазе се у брокеру.

Основна предност брокера огледа се у високом степену флексибилности када су у питању патерни за достављање порука. Комуникација компонената у транспортном слоју одвија се преко TCP протокола, што омогућује поуздану point-to-point конекцију.



Слика 7.15: Размена порука у AMQP систему

AMQP се у IoT контексту користити за размену трансакционих порука између сервера. Као протокол који је био намењен банкама, он може обрадити хиљаде трансакција. Основна идеја јесте да сваки уређај који има адресу прими поруку. Прималац може бити машина, мрежа, уређај и сл. AMQP гарантује да ће порука бити достављена на одговарајућу адресу, без обзира да ли је дошло до пада или гашења уређаја.

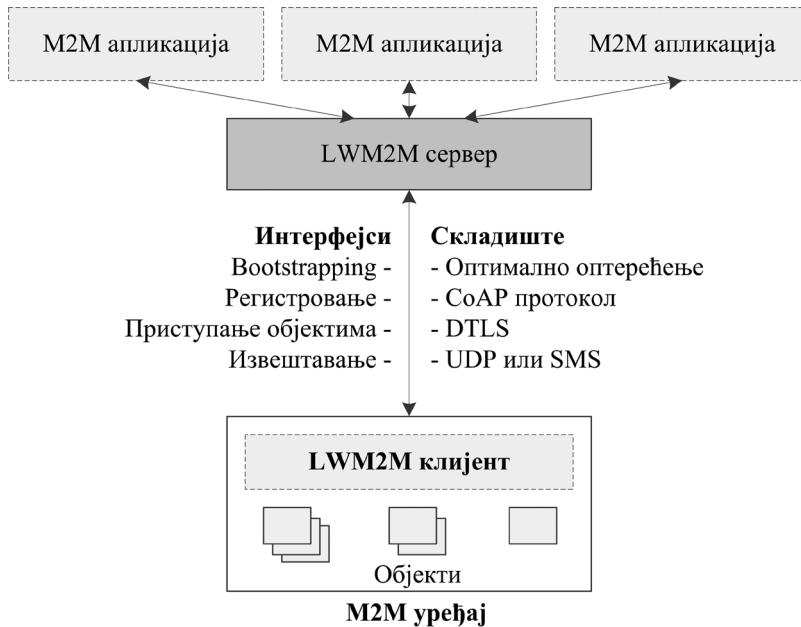
У IoT контексту, овај протокол погодан је за контролу или за функционалности засноване на анализама података са сервера.

10. LWM2M

LWM2M (енг. Lightweight Machine to Machine) протокол дефинише низ стандардних интерфејса и модела података да би се обезбедила интероперабилност између CoAP уређаја и локалних или удаљених сервиса [13]. Он омогућује функције неопходне за удаљено управљање уређајима и појединим сервисима на уређајима. Један од основних циљева протокола јесте да се направи једноставан стандард фокусиран на M2M контекст, који се може једноставно имплементирати на машинама и сервисима.

LWM2M дефинише једноставан објектни модел користећи CoAP REST API архитектуру за управљање уређајима коришћењем REST објеката и системске функционалности, укључујући контролу асинхроних нотификација.

На слици 7.16 налази се пример имплементације овог протокола у једном IoT екосистему.



Слика 7.16: Пример имплементације LWM2M у IoT екосистему

ЗАКЉУЧАК

Протоколи виших слојева развијени за потребе IoT омогућују већи број различитих функционалности [11][14]; већину су развили произвођачи, па је тешко направити одговарајући избор приликом имплементације IoT система. У пракси се јављају и протоколи усмерени ка појединачним IoT сегментима. Велики број различитих група и тела за стандардизацију ради на креирању интероперабилног стека протокола и отворених стандарда за IoT, што доводи до преласка са TCP/IP стека на специфичан IoT протокол стек, тако да се на апликативном нивоу појављују CoAP, XMPP, MQTT и други протоколи.

ПИТАЊА

1. Навести најзначајније протоколе апликативног слоја, који се примењују у IoT контексту?
2. Објаснити REST архитектуру?
3. Зашто је REST значајан у IoT контексту?
4. Шта је веб сокет?
5. Објаснити CoAP протокол и могућности примене у IoT контексту?
6. Објаснити MQTT протокол и могућности примене у IoT контексту?
7. Објаснити XMPP протокол и могућности примене у IoT контексту?
8. Које су главне предности DDS протокола?
9. Како се у контексту IoT може применити AMQP протокол?
10. Објаснити LWM2M протокол?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] T. Berners-Lee, „HyperText Transfer Protocol”, Доступно на: <https://www.w3.org/People/Berners-Lee/FAQ.html> [15.11.2015].
- [2] R. Fielding, „Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures”, doktorska disertacija, University Of California, Irvine, 2000.
- [3] Z. Shelby, K. Hartke and C. Bormann, „The Constrained Application Protocol (CoAP)”, Доступно на: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc7252.pdf> [15.11.2015].
- [4] I. Fette and A. Melnikov, „The WebSocket Protocol”, Доступно на: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc6455.pdf> [15.11.2015].
- [5] V. Wang, F. Salim and P. Moskovits, *The Definitive Guide to HTML5 WebSocket*, Apress, 2013.
- [6] OASIS, „MQTT Version 3.1.1”, 2014. Доступно на: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.pdf> [18.10.2015].
- [7] P. Saint-Andre, „Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP): Core”, Cisco, 2011. Доступно на: <http://xmpp.org/rfcs/rfc6120.html> [18.10.2015].
- [8] IBM, „Meet the Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)”, 2009. Доступно на: <http://www.ibm.com/developerworks/library/x-xmppintro/> [15.12.2015]
- [9] Object Management Group, „Data Distribution Service (DDS) version 1.4”, 2015. Доступно на: <http://www.omg.org/spec/DDS/1.4/pdf/> [05.09.2015].
- [10] Prismtech, „Data Distribution Service”, Доступно на: <http://www.prismtech.com/vortex/technologies/data-distribution-service> [12.10.2015].
- [11] S. Schneider, „Understanding The Protocols Behind The Internet Of Things”, 2013. Доступно на: <http://electronicdesign.com/iot/understanding-protocols-behind-internet-things> [12.10.2015].
- [12] OASIS, „OASIS Advanced Message Queuing Protocol (AMQP)”, 2012. Доступно на: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.pdf> [17.10.2015].
- [13] Open Media Alliance, „OMA LightweightM2M v1.0”, 2015. Доступно на: <http://technical.openmobilealliance.org/Technical/technical-information/release-program/current-releases/oma-lightweightm2m-v1-0> [27.10.2015].
- [14] V. Karagiannis, P. Chatzimisios, F. Vazquez-Gallego and J. Alonso-Zarate, „A Survey on Application Layer Protocols for the Internet of Things”, *Transaction on IoT and Cloud Computing*, vol. 3. no. 1, pp. 1-10, 2015.

8

РАЧУНАРСТВО У ОБЛАКУ И ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Примена сензорских мрежа и интернета интелигентних уређаја омогућила је развој паметних окружења, као што су: паметни градови, паметне куће, паметни саобраћај, паметна пољопривреда и друга. Управљање паметним окружењем је сложен процес и изискује скалабилне, поуздане и дистрибуиране рачунарске ресурсе, који треба да обезбеде хардверску и мрежну инфраструктуру и платформу за развој и извршавање IoT апликација. Имајући у виду ове захтеве, погодно решење за развој и коришћење IoT апликација јесте рачунарство у облаку.

1. Рачунарство у облаку

Рачунарство у облаку (енг. cloud computing) је област рачунарства у којој се корисницима на захтев путем интернета испоручују рачунарски ресурси: инфраструктура, сервери, складишта, апликације, сервиси и развојна окружења [1]. Ресурси су апстраховани, високо скалабилни и контролисани. Једноставан мрежни приступ дељеном скупу ресурса омогућује њихову брзу употребу или ослобађање, уз минималне интервенције испоручиоца услуга. Наплаћује се према оствареној потрошњи.

1.1. Виртуелизација

Рачунарство у облаку заснива се на технологији виртуелизације, која подразумева хостовање сервиса и података у дељеном, динамички скалабилном скупу ресурса провајдера [2]. Виртуелизација омогућује апстракцију физичких ресурса, тако што се један физички ресурс дели на више логичких целина или се више њих удружује у једну логичку целину.

Виртуелизација представља погодно решење за реализацију пословних система, јер смањује трошкове улагања у инфраструктуру и омогућује скалабилност и економичност облака [3]. У оквиру cloud-а могуће је реализовати виртуелизацију: сервера, апликација, десктоп рачунара и мрежне инфраструктуре.

1.2. Управљање дигиталним идентитетима у облаку

Дигитални идентитет чини низ података који јединствено описују особу или ресурс [4]. У виртуелизованим инфраструктурама подаци о дигиталним идентитетима су дистрибуирани и налазе се на различитим локацијама, па је неопходно успоставити адекватне системе за управљање њима. Ови системи обезбеђују да се исти идентитет (односно кориснички налог) користи за приступ свим сервисима, а подразумевају аутентификацију, ауторизацију, безбедност и приступање. Корисничким налозима управља се путем наменских складишта налога, најчешће заснованих на LDAP (енг. Lightweight Directory Access Protocol) протоколу [5].

Архитектура за управљање идентитетима обухвата:

- **Директоријум сервис.** Место за чување података о идентитету и правила приступа ресурсима, дефинисана политиком сигурности.
- **Управљање приступом.** Подразумева проверу идентитета корисника (аутентификација) и права приступа ресурсима (ауторизација) и њихов приступ у реалном времену. За доказивање идентитета користе се разни поступци, као што су лозинке, PIN кодови, биометријске методе или њихова комбинација.
- **Управљање животним циклусом идентитета.** Животни циклус дигиталног идентитета обухвата фазе настанка, трајања и нестанка.

2. Развојни модели рачунарства у облаку

У зависности од технологија и врсте услуге, постоје три приступа у коришћењу cloud computing сервиса [6]:

- **Инфраструктура као сервис** (енг. Infrastructure as a Service, IaaS). Корисник код провајдера облака резервише рачунарске и мрежне ресурсе у складу са својим потребама, а плаћа у зависности од потрошње или од дефинисаног тарифног пакета. Да би IaaS био доступан корисницима, потребан је софтвер помоћу кога провајдери администрирају, додељују ресурсе и мере перформансе. Примери: OpenStack, OpenNebula, Eucalyptus.
- **Платформа као сервис** (енг. Platform as a Service, PaaS). Пружа кориснику скуп алата и апликативних програмских интерфејса (API) за развој апликација. Корисник не може да управља хардверским ресурсима на којима се апликација извршава, има једино контролу над развијајућом апликацијом. Примери платформи: Google AppEngine и Microsoft Azure.
- **Софтвер као сервис** (енг. Software as a Service, SaaS). Корисник користи готов софтвер провајдера који се покреће на cloud инфраструктуре, а приступ му се кроз веб браузер. Примери: Gmail, Yahoo, Dropbox, Google Drive, Microsoft OneDrive и SalesForce.

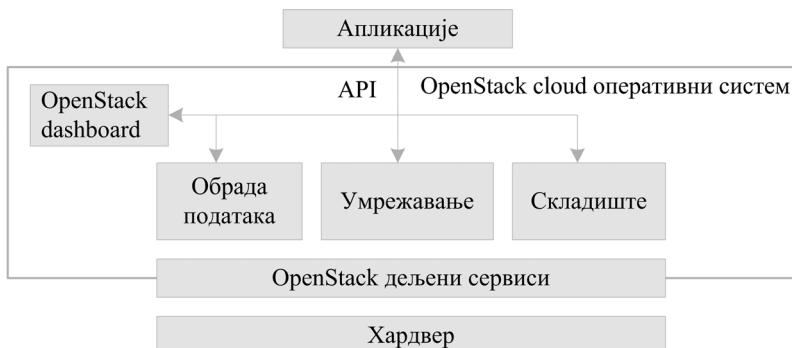
Глобални провајдери облака у понуди имају велики број јавно доступних сервиса: рачунарске ресурсе, сервисе за складиштење, базе података, анализку, апликације и развојне платформе. Без обзира да ли се услуге испоручују директно

или преко посредника, често се намеће питање безбедности рада у облаку. Да би заштитила приватност и интегритет података, предузећа улажу новац и граде сопствену рачунарску инфраструктуру у форми приватног облака [7]. Поред јавног и приватног, користе се хибридни облак (комбинација јавног и приватног) и заједнички облак (инфраструктура је подељена између више организација које повезују заједнички интерес).

2.1. Инфраструктура као сервис за интернет интелигентних уређаја

Неки од IaaS алата за управљање облаком: OpenStack, OpenNebula, Eucalyptus и други. OpenStack пројекат покренули су Rackspace Cloud и NASA, њиме руководи OpenStack непрофитна фондација. Међу предузећима која га подржавају су: AMD, Intel, Canonical, SUSE Linux, Red Hat, Cisco, Citrix, Dell, HP, IBM и Yahoo!. OpenStack се заснива на Линукс оперативном систему, написан је у Python програмском језику и развијен под Apache лиценцом. OpenStack-ом се управља преко контролне табле која администраторима омогућује надгледање ресурса за доделу корисницима путем веб интерфејса [8].

Концептуална архитектура OpenStack-а приказана је на слици 8.1.

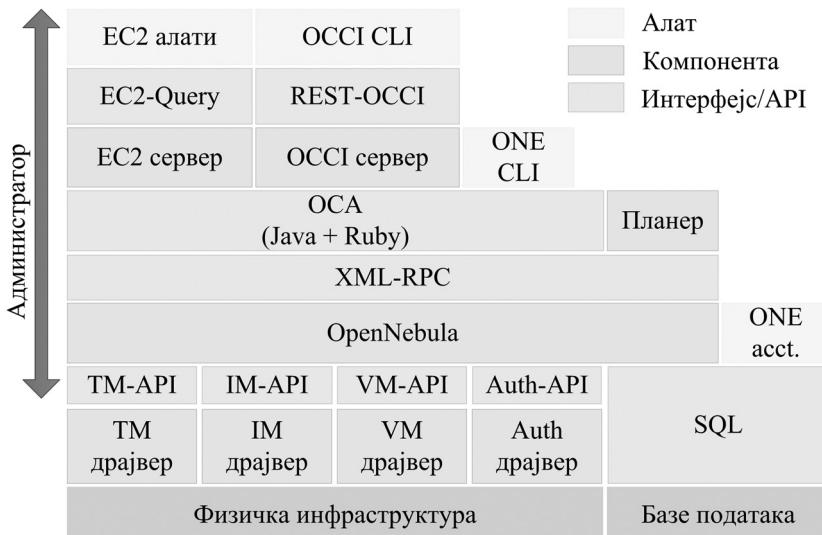


Слика 8.1: OpenStack архитектура

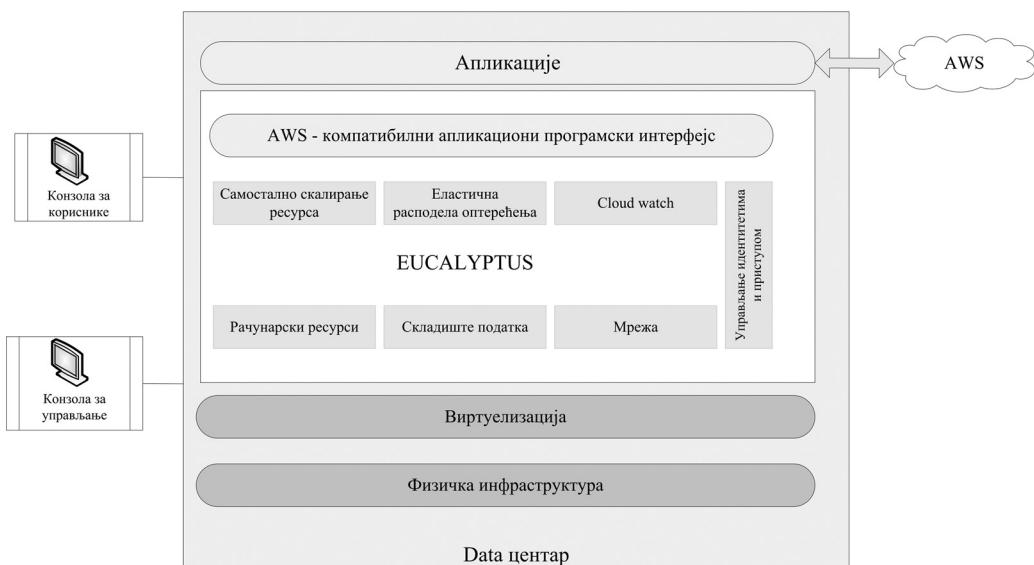
Open Nebula управља ресурсима, складиштењем, рачунарском мрежом, виртуелизацијом, праћењем и безбедношћу и обезбеђује динамичко груписање повезаних виртуелних рачунара [9]. Промена величине физичке инфраструктуре остварује се једноставним додавањем нових ресурса и динамичком поделом кластера у циљу задовољења захтева сервиса. Систем има централизовано управљање виртуелном и физичком инфраструктуром.

На слици 8.2 приказана је модуларна архитектура Open Nebula.

Eucalyptus је софтвер отвореног кода под Линукс оперативним системом [10], чија је модуларна архитектура приказана на слици 8.3.



Слика 8.2: Модуларна архитектура Open Nebule



Слика 8.3: Модуларна архитектура Eucalyptus-a

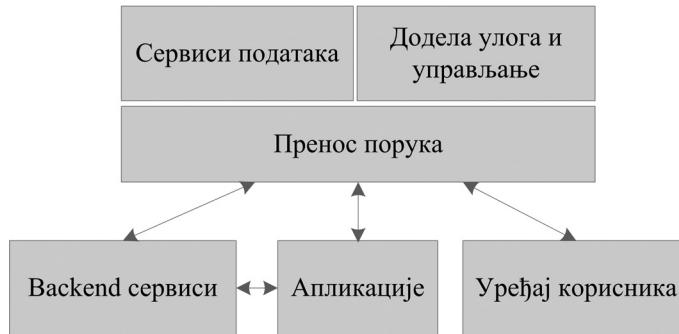
2.2. Платформа као сервис за интернет интелигентних уређаја

Xively PaaS за IoT

Xively је онлајн сервис за програмере који развијају апликације на подацима прикупљеним из сензора [11]. Ова платформа управља великом количином података послатих из различитих сензора и коришћених у разним форматима.

Клијентима омогућује да (слика 8.4):

- У веб сајтове уграде графике и виџете који функционишу у реалном времену.
- Анализирају и процесирају историјске податке добијене с неког Xively сервера.
- Пошаљу упозорења у реалном времену за било који ток података у контролне скрипте, уређаје и друга окружења.



Слика 8.4: Xively сервиси засновани на облаку

Xively cloud сервиси намењени су размени порука, архивирању података, резервисању и осталим услугама којима се приступа кроз Xively API. Xively API представља колекцију RESTful ресурса, чији је задатак да обезбеди једноставан трансфер података између уређаја и платформе. Из Xively API-ја могуће је:

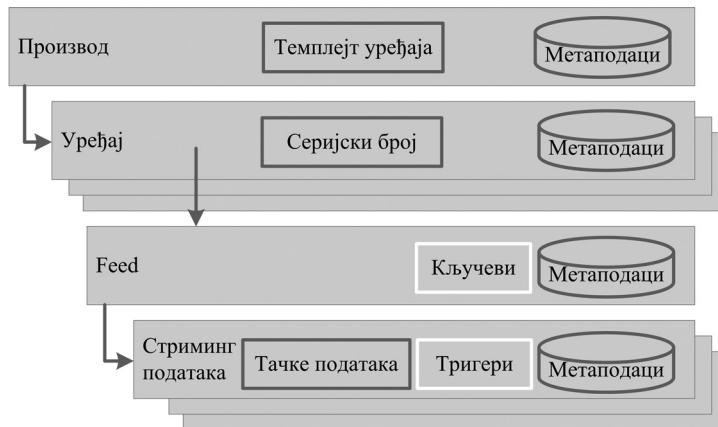
- Читати и писати податке и метаподатке.
- Управљати производима и уређајима.
- Читати историјске податке.
- Вршити интелигентне претраге кроз доступне feed-ове.

Читање и писање података обавља се кроз три ресурса:

- **Feed.** Представља колекцију токова података чији метаподаци опционо спецификују локацију, тагове, тип feed-а (физички или виртуелни), мобилност (фиксни или мобилни), изведбу (унутрашњи или спољни) итд. Један уређај поседује само један feed.
- **Ток података (енг. Datastream).** Двосмерни комуникациони канал који омогућује размену података између Xively платформе и ауторизованих уређаја, апликација и сервиса. Datastream је специфичан атрибут, јединица или тип информације (променљива). Поједини datastream-ови су аутоматски дефинисани у тренутку креирања feed-а.
- **Вредност података (енг. Datapoints).** Представља вредност податка у одређеном тренутку; то је једноставан пар <кључ, вредност> који садржи timestamp и вредност. Feed API је подразумевани API за интеракцију са Xively-јем.

На слици 8.5 приказана је хијерархија типова података на Xively платформи.

У оквиру Xively платформе могуће је ажурирање feed-а и метаподатака за токове података. Уколико постоји потреба за додавањем нових информација у постојеће метаподатке, потребно је уписати пуну листу метаподатака (старих и нових). Ако је неопходно обрисати постојеће, онда се уписују метаподаци садржаја или се ажурирају новим метаподацима. Feed и метаподаци токова података враћају се у формату за читање, уколико је формат спецификован као JSON или XML.



Слика 8.5: Xively хијерархија типова података

Xively платформа омогућује дефинисање и управљање серијама производа ради снабдевања, активирања и управљања индивидуалних уређаја унутар серије. Производ је највећи ниво апстракције у Xively хијерархији података и представља посебан тип стварног уређаја. Дефиниција укључује назив производа, опис и, опционо, feed темплејт примењен на уређају. Уређај је појединачни физички уређај у дефинисаном производу; сваки има јединствен серијски број. У часу креирања уређаји се налазе у пререгистрованом стању, још немају додељени feed или API кључ. Активира се првим позивом Xively API-ја када му се додељује Feed ID и API кључ. Производ или уређај се убудуће користе преко API-ја.

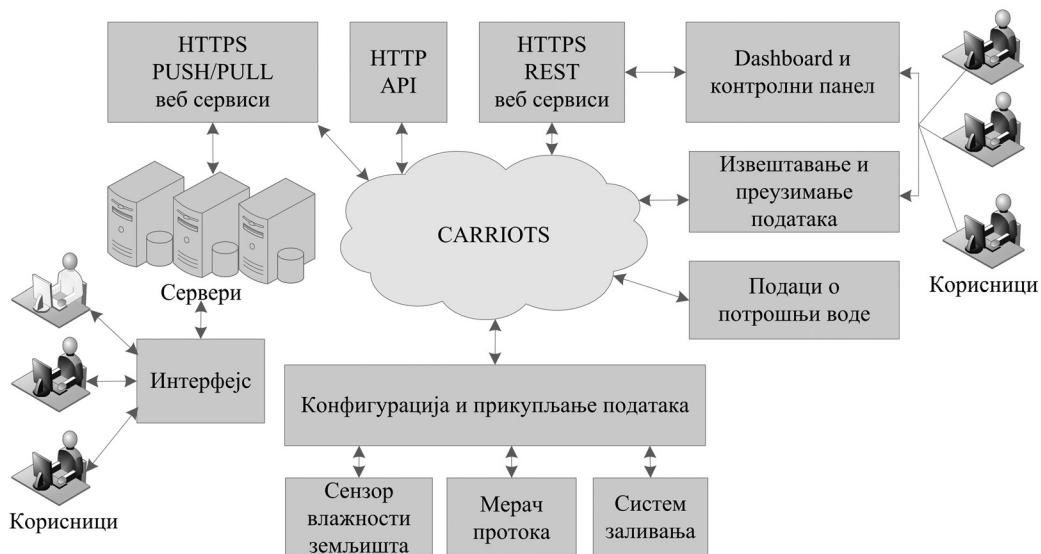
Carriots PaaS за IoT

Carriots представља развојну и хостинг платформу, посебно развијену за пројекте интернета интелигентних уређаја и M2M комуникацију [12], која омогућује прикупљање података с повезаних уређаја, њихово складиштење и креирање апликација заснованих на Groovy коду. Carriots обезбеђује једноставно развојно окружење, робустан API и поуздан хостинг, а Carriots API интеграцију апликација са спољним информационим системима, без обзира на број повезаних уређаја.

На слици 8.6 дат је приказ Carriots PaaS за IoT.

Основне карактеристике ове платформе су:

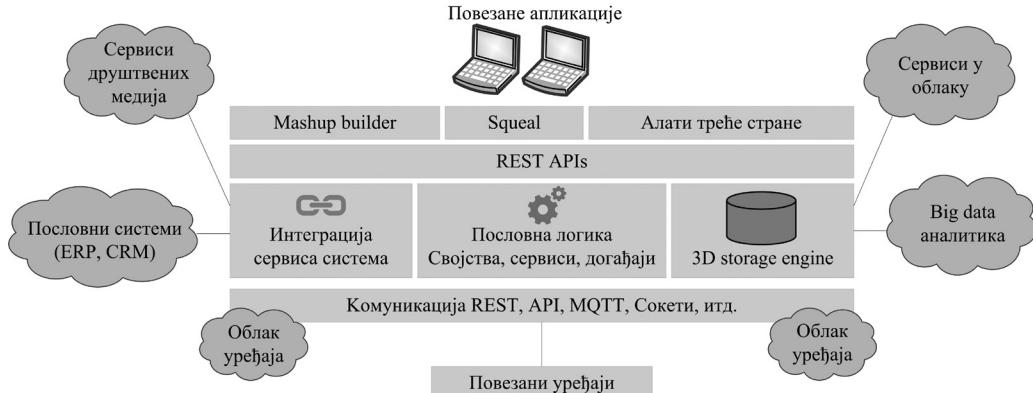
- **Управљање уређајима (Device Management).** Обухвата функционалности као што су: даљинско управљање, контрола и интеракција са уређајима, провера статуса, промена конфигурације и централизовано ажурирање firmware-а уређаја.
- **Управљање догађајима.** Управља се различитим догађајима, као што су пријем и складиштење података, повезивање или искључивање уређаја, и то помоћу if-then-else структуре.
- **Правила.** Коришћење комплексних скрипти за обраду догађаја.
- **Окидачи.** Подаци се прослеђују екстерним системима помоћу окидача (тригери).
- **SDK.** Управљање догађајима и правила се извршавају помоћу Carriots SDK.
- **Извоз података.** Интеграција с другим информационим системима, извоз фајлова, пренос података у друге базе или коришћење REST API-ја за управљање излазним подацима.
- **Прилагођени аларми.** Carriots аутоматски креира аларме када наступе непредвиђени догађаји. Корисници креирају прилагођене аларме у складу са сопственим потребама.
- **Debug логови.** Развој апликација захтева праћење свих делова пројекта; помоћу логова добијају се информације о уређајима повезаним с платформом.
- **Кориснички хијерархијски ниво.** Пројекти се организују тако да различити корисници виде њихове различите делове.
- **Управљање API кључевима.** Приступ API-ју контролише се API кључевима.
- **Управљање корисницима.** Пословни корисници управљају осталим корисничким налозима и дефинишу сопствене привилегије и видљивост пројекта.
- **Прилагођена контролна табла.** Контролна табла се прилагођава потребама корисника.



Слика 8.6: Carriots PaaS за IoT [12]

ThingWorx PaaS за IoT

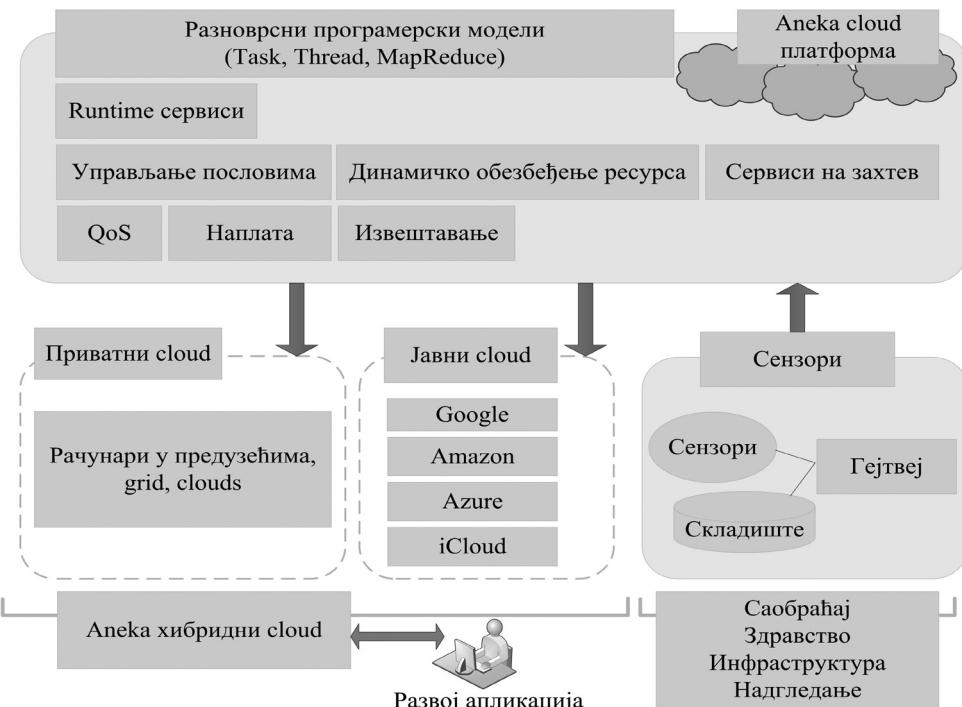
ThingWorx платформа обезбеђује пројектовање, имплементацију и коришћење IoT апликација [13]. Превасходно је намењена индустрији, али може и у другим окружењима. На слици 8.7 дат је приказ ThingWorx PaaS за IoT.



Слика 8.7: ThingWorx PaaS за IoT [13]

Aneka PaaS за IoT

На слици 8.8 дат је приказ Aneka PaaS за IoT.



Слика 8.8: Aneka PaaS за IoT [14]

Ова платформа утемељена је на .NET технологији [14], а користи се за рачунарске ресурсе и складиштење реализовано као јавни или приватни облак. Нуди извршно окружење које програмерима омогућује да пишу апликације коришћењем модела као што су мултитаск програмирање, вишенинитно програмирање (thread programming) и MapReduce. Aneka обезбеђује сервисе за контролу, скалирање, резервацију и надгледање апликација.

2.3. Софтвер као сервис за интернет интелигентних уређаја

Софтвер као сервис у IoT обезбеђује коришћење веб апликација за рад са сензорима, актуаторима и другим интелигентним уређајима. SaaS решења за интернет интелигентних уређаја имају ширу употребу од PaaS решења, јер од корисника не захтевају техничка знања. У IoT SaaS решења спадају апликације за мобилно здравство, за управљање паметним кућама и осталим паметним окружењима. Пример SaaS решења јесте Mnubo апликација која пружа Big data сервисе за апликације интернета интелигентних уређаја [15]. Софтвер поседује три модула: mnubo smartobjects cloud, mnulabs и mnubo smartobjects analytics. Одлике Mnubo решења су [16]:

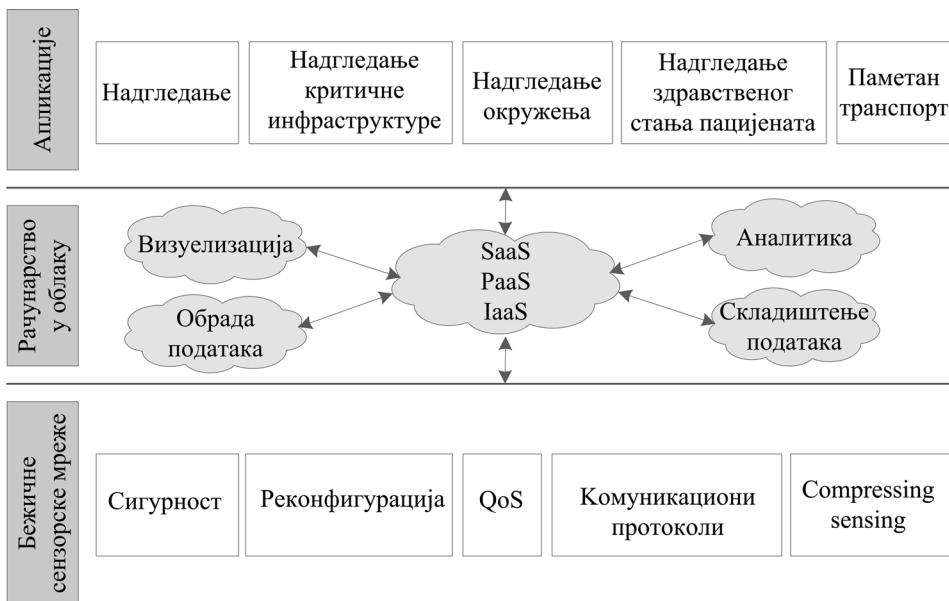
- развој у јавном, приватном или хибридном облаку,
- рад с великим количином података,
- дескриптивне и предиктивне анализе,
- прилагођени извештаји,
- напредне визуелизације података,
- флексибилни API-ји,
- шаблони сензора,
- библиотеке и SDK-ови и окружење за тестирање.

3. Интеграција интернета интелигентних уређаја и рачунарства у облаку

Интеграција cloud computing-a и IoT уређаја могућа је захваљујући свеприсутности сензорских уређаја и трансферу података које они генеришу. Тиме се стварају услови за реализацију система чији су елементи сензорска инфраструктура и клијенти заинтересовани за сензорске податке. Сензорска инфраструктура је производијач информација, она генерише велику количину података са различитих географских локација. Подаци се складиште у локалним базама и/или у cloud базама, а клијенти им приступају преко интернета [17].

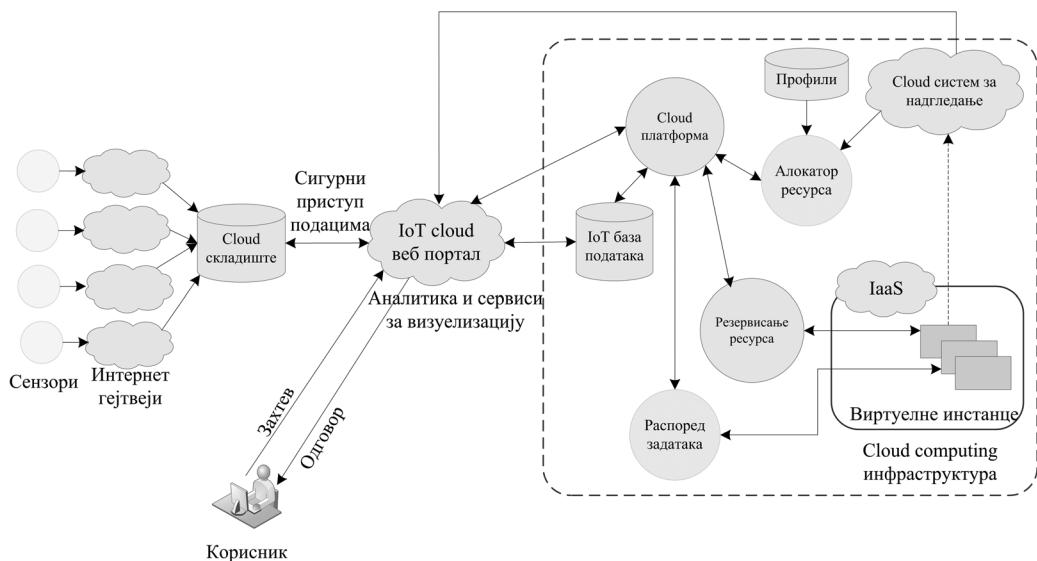
Приступ подацима у бази података се, углавном, обавља у складу са овлашћењима додељеним клијентима. У неким случајевима између поједињих локација може постојати споразум о размени података који клијентима омогућује приступ бази с друге локације. За проверу је надлежан систем за управљање дигиталним идентитетима.

Оквир за интеграцију интернета интелигентних уређаја с cloud computing технологијом приказан је на слици 8.9.



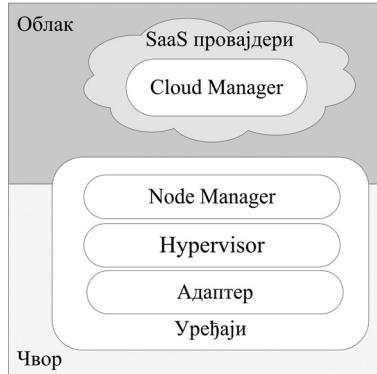
Слика 8.9: Оквир интеграције IoT са cloud computing-ом [17]

На слици 8.10 приказана је архитектура за end-to-end интеракцију различитих стејкхолдера (учесници и корисници) у IoT окружењу. Модел подразумева веб портал као јединствену тачку интеграције крајњих уређаја и IoT платформе. Подаци прикупљени из уређаја чувају се у бази, а крајњи корисници им приступају коришћењем веб портала.



Слика 8.10: Модел end-to-end интеракције између стејкхолдера у IoT [17]

На слици 8.11 приказана је архитектура IoT система интегрисаног са облаком.



Слика 8.11: IoT сервиси засновани на облаку [18]

Стратегија управљања паметним уређајима дефинише се у облаку, а креира је Cloud Manager, модул који има сталну интеракцију са сваким сензорским уређајем у сензорском пољу. Кроз ову интеракцију Cloud Manager прикупља податке из чврова. Комуникација Cloud Manager-а и сензорског чвора успоставља се посредством модула Node Manager, који повезује виртуелизоване чворове и софтвер у облаку, чиме IoT ресурси постају доступни као сервиси путем интернета. На једном физичком чвиру имплементирају се виртуелни сензори и актуатори коришћења Hypervisor-а. Улога чвора је преношење команди, проналажење података, апстракција уређаја, виртуелизација ресурса и семантичко означавање сервиса [18].

Адаптер је најнижа компонента у предложеном моделу која комуницира директно са сензором и спецификује редослед повезивања ресурса; преводи апликационе команде и прослеђује их физичким ресурсима, тј. уређајима.

За лакши приступ сензорским подацима, њихово откривање и претраживање, у адаптере се утређују SWE (Sensor Web Enablement) стандарди [18]:

- **SensorML.** Садрже моделе и XML шеме за описивање сензора и процеса.
- **Стандарди за посматрање и мерење** (Observation and Measurements - O&M). Обухватају моделе и XML шеме за структурирање података добијених мерењима у сензорским мрежама.
- **SOS** (Sensor Observation Service). Подразумева сервис за управљање сензорима, интерфејс за тражење, филтрирање, преузимање мерења и информациони систем сензора.

Ови стандарди се састоје из више слојева [18]:

- **REST API.** Интерфејс омогућује интеракцију са клијентима.
- **SOS агент.** Обраћује захтеве за подацима из сензора према SOS спецификацијама. Подржава механизме за описивање сензора и прикупљање мерења из сензорске мреже. Користи SensorML за описивање система сензора и сензорских података и O&M за моделирање података са сензора.

- **Сензор менаџер.** Комуницира са сензорима, координира њихове активности и прикупља податке из горњих слојева сензорске мреже и омогућује унiformно управљање хетерогеним сензорима.

Будући изазови у интеграцији cloud computing-a и IoT су:

- **Архитектура интернета интелигентних уређаја.** Будуће архитектуре засниваће се на потпуној интеграцији cloud computing-a, сензора и бежичних сензорских мрежа.
- **Сигурност.** IoT компоненте су осетљиве на сигурносне нападе. Кроз аутентификацију и шифровање штите се поверљивост и интегритет података од напада изван мреже. Када се ради о нападима из унутрашњости, потребно је развити напредније методе заштите које се заснивају на репограмирању чворова, на редовном ажурирању постојећих и увођењу нових апликација за праћење стања у мрежи.
- **Хетерогене мреже.** У IoT мрежама постоји више типова саобраћаја. Потребно је да свака обезбеди адекватан квалитет сервиса, независно од типа саобраћаја.
- **Нови протоколи.** Протоколи у IoT-у имају кључну улогу у формирању везе сензора и спољњег света.
- **Откривање знања у подацима.** Добијање корисних информација из комплексних IoT система захтеван је истраживачки задатак.

ЗАКЉУЧАК

У области интернета интелигентних уређаја cloud computing се може користити као инфраструктура, платформа и софтвер. На овај начин се ефикасно управља IoT ресурсима и апликацијама. Предности рачунарства у облаку јесу: сервиси на захтев, високо апстражована инфраструктура, еластичност ресурса, мерљивост, скалабилност и боља искоришћеност ресурса. Као недостаци могу се навести: неадекватна правна регулатива, нејасноће у надлежностима, тешкоће у управљању дигиталним идентитетима и проблеми с гаранцијом доступности сервиса од стране провајдера [7]. У будућности се очекује развој cloud оријентисане архитектуре, флексибилне и отворене, која ће омогућити да различити корисници користе као IoT оквир.

ПИТАЊА

1. Објасните појам рачунарства у облаку?
2. Објасните појам виртуелизације?
3. Објасните појам управљања дигиталним идентитетима?
4. Објасните појам инфраструктуре као сервиса и навести пример у IoT контексту?
5. Објасните појам платформе као сервиса и наведите пример у IoT контексту?
6. Објасните појам софтвера као сервиса и навести пример у IoT контексту?
7. Упоредите функционалности две IoT платформе по избору?
8. Објасните интеграцију IoT и cloud computing-a?
9. Шта обухватају SWE стандарди?
10. Који су изазови у интеграцији IoT и cloud computing-a?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] L. Tan and N. Wang, „Future Internet: The Internet of Things”, in: Proceedings of 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, vol. 5, 2010, pp. V5-376-V5-380.
- [2] M. Wu, T. J. Lu, F. Y. Ling, J. Sun and H. Y. Du, „Research on the architecture of Internet of Things”, in: Proceedings of 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, vol. 5, 2010, pp. V5-484-V5-487.
- [3] A. Santos, J. Macedo, A. Costa and M. J. Nicolau, „Internet of Things and Smart Objects for M-Health Monitoring and Control”, *Procedia Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 1351-1360, 2014.
- [4] K. Ashton, „That ‘Internet of Things’ Thing”, *RFID Journal*, 2009. Доступно на: www.rfidjournal.com/article/print/4986 [19.10.2015].
- [5] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, „Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions”, *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, 2013.
- [6] J. Gomez, J. F. Huete, O. Hoyos, L. Perez and D. Grigori, „Interaction System Based on Internet of Things as Support for Education”, *Procedia Computer Science*, vol. 21, pp. 132-139, 2013.
- [7] G. Feller, „Understanding the Three Basic Layers of the Internet of Things”, Bankinter Foundation of Innovation. Доступно на: http://www.fundacionbankinter.org/system/documents/8193/original/Chapter_3_Understanding_the_th'ree_basic_layers.pdf [19.10.2015].
- [8] A. Bahga and V. Madisetti, Internet of Things: A Hands-on-Approach (VPT 1 edition), USA: Arshdeep Bahga & Vijay Madisetti, 2014.
- [9] B. Xu, L. Xu, H. Cai and L. Jiang, „Architecture of M-Health Monitoring System Based on Cloud Computing for Elderly Homes Application”, in: Proceedings of Enterprise Systems Conference, 2014, pp. 45-50.
- [10] B. Li and J. Yu, „Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things”, *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 2087-2092, 2011.
- [11] X. Xingmei, J. Agric, Z. Jing and W. He, „Research on the basic characteristics, the key technologies, the network architecture and security problems of the Internet of things”, in: Proceedings of 3rd International Conference on Computer Science and Network Technology, 2013, pp. 825-828.
- [12] D. Kyriazis and T. Varvarigou, „Smart, autonomous and reliable Internet of Things”, *Procedia Computer Science*, vol. 21, pp. 442-448, 2013.
- [13] A. Davy, „Components of a smart device and smart device interactions”, M-Zones, white paper 05/03, pp. 1-12, 2003.
- [14] H. Wang, „M2M communications”, in: Proceedings of the IET International Conference on Communication Technology and Application, 2011, pp. 2-6.
- [15] N. Gospic and B. Bakmaz, „Machine-to-Machine Communications Toward Smart Logistics Systems”, in: Proceedings of 2nd Logistics International Conference, 2015, pp. 191-196.
- [16] V. Cackovic and Z. Popovic, „Management in M2M networks”, in: Proceedings of the 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, 2014, pp. 501-506.
- [17] E. C. Haddad and J. Gregoire, „Implementation issues for the deployment of a WMN with a hybrid fixed/cellular backhaul network in emergency situations”, in: Proceedings of the 1th International Convention on Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology, 2009, pp. 525-529.
- [18] Z. Sheng et al., „A survey on the ietf protocol suite for the internet of things: standards, challenges, and opportunities”, *Wireless Communications*, vol. 20, no. 6, pp. 91-98, 2013.
- [19] L. Sanchez et al., „SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed”, *Computer Networks*, vol. 61, pp. 217-238, 2014.

- [20]M. Blackstock et al., „MAGIC Broker 2: An open and extensible platform for the Internet of Things”, in: Proceedings of the Internet of Things conference, 2010, pp. 1-8.
- [21]Postcapes, „Tracking the Internet of Things”, Доступно на: <http://postscapes.com/iot-development-platform-arm-mbed> [19.10.2015].
- [22]A. C. Olivieri et al., „Scalable Approaches to Integration in Heterogeneous IoT and M2M Scenarios”, in: Proceedings of the 9th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 2015, pp. 358-363.
- [23]M. Collotta and G. Pau, „Bluetooth for Internet of Things: A fuzzy approach to improve power management in smart homes”, *Computers and Electrical Engineering*, vol. 44, no. 1, pp. 137-152, 2015.
- [24]B. Li and J.Yu, „Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things”, *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 2087-2092, 2011.
- [25]Z. Mingxiu, F. Chunchang and Y. Minggen, „The Application used RFID in Third Party Logistics”, *Physics Procedia*, vol. 25, pp. 2045-2049, 2012.
- [26]A. Hagelauer et al., „SAW and CMOS RFID transponder-based wireless systems and their applications”, in: Proceedings of International Frequency Control Symposium, 2012, pp. 1-6.
- [27]D. Zhang et al., „Real-Time Locating Systems Using Active RFID for Internet of Things”, *IEEE Systems Journal*, no. 99, pp.1-10, 2014.
- [28]B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus. Elektronsko poslovanje. Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2015.
- [29]P. Urien, „LLCPS: A new secure model for Internet of Things services based on the NFC P2P model”, in: Proceedings of 9th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2014, pp. 1-6.
- [30]INFO Wester, „Hardware&Technology”, Доступно на: <http://www.infowester.com/nfc.php> [29.10.2015].
- [31]L. Jinghui et al., „Design of the Intelligent Inspection System Based on Near Field Communication Signature Technology”, in: Proceedings of 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications, 2014, pp. 398-403.
- [32]Micrium, „Designing the Internet of Things”, Доступно на: <http://micrium.com/iot/cloud/> [19.10.2015].
- [33]P. Colombo and E. Ferrari, „Privacy Aware Access Control for Big Data: A Research Roadmap”, *Big Data Research*, vol. 2, pp. 10-15, 2015.
- [34]E. Borgia, „The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues”, *Computer Communications*, vol. 54, no.1, pp. 1-31, 2014.
- [35]C. Ramos, G. Marreiros, R. Santos and C. F. Freitas, „Smart Offices and Intelligent Decision Rooms”, *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments(1st edition)*, H. Nakashima, H.Aghajan & J. C. Augusto (Eds.), pp. 851-880, London, UK: Springer, 2010.
- [36]E. Pantano and H. Timmermans, „What is Smart for Retailing?”, *Procedia Environmental Sciences*, vol. 22, no. 1, pp. 101-107, 2014.
- [37]S. Karpischek, F. Michahelles, F. Resatsch and E. Fleisch, „Mobile sales assistant – an NFC-based product information system for retailers”, in: of the First International Workshop on Near Field Communications, 2009, pp. 20-23.
- [38]J. Lukić, M. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A. Labus and Z. Bogdanović, „Supply chain intelligence for electricity markets: A smart grid perspective”, *Information Systems Frontiers*, 2015, DOI 10.1007/s10796-015-9592-z.

9

BIG DATA И ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Развојем технологија мобилног пословања, интернета интелигентних уређаја и друштвених медија повећава се количина података која се чува у информационим системима предузећа [1]. Предузећа стичу приступ великој количини података, али не знају како да их искористе на квалитетан начин.

Захтеви за развојем напредних апликација електронског пословања, које одликује поузданост, дистрибуиреност и скалабилност, не могу се реализовати применом традиционалних база података. Зато се развијају нови приступи за складиштење, брзу претрагу и анализу великих количина података у реалном времену, засновани на Big data технологијама.

IoT системи са сензорским мрежама генеришу велике количине података. Мноштво сензора у кратким временским интервалима прати параметре у окружењу, као што су здравствено стање људи, биљака и животиња, грађевински објекти, атмосферске појаве, земљотреси, речни токови, збивања у свемиру и друге [2][3]. Потребно је прикупљене податке интегрисати с подацима из других сензорских система, а затим извршити анализу [4]. Резултати анализе треба да буду доступни у реалном времену и приказани у визуелној форми погодној за кориснике. На основу резултата врши се брзо обавештавање и узбуњивање у кризним ситуацијама и предвиђање будућих стања система.

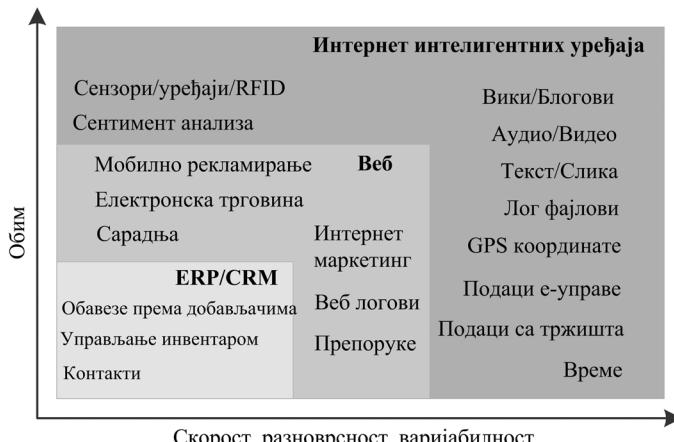
1. Појам и карактеристике Big data

Потреба за применом Big data технологија често се објашњава коришћењем три „V“ модела, по коме су главне карактеристике Big data [5]:

- **Обим података (Volume).** Главни извори великих количина података у IoT системима јесу сензори, мобилни телефони, видео камере, друштвене мреже и други. Обим прикупљених података експоненцијално се повећава.
- **Разноврсност података (Variety).** Подаци су често неструктурирани и не укљају се добро у базу података, а такви су мултимедијални подаци, подаци прикупљени из разнородних сензора и сл.

- Брзина (Velocity).** Актуелност података у IoT системима често је краћа од 1 секунде. Чим почне прикупљање, започињу обрада и анализа. Прикупљање се не завршава, јер се подаци обрађују и анализирају континуирано да би резултати били доступни у реалном времену.

Подаци у апликацијама интернета интелигентних уређаја често задовољавају све три наведене карактеристике (*слика 9.1*).



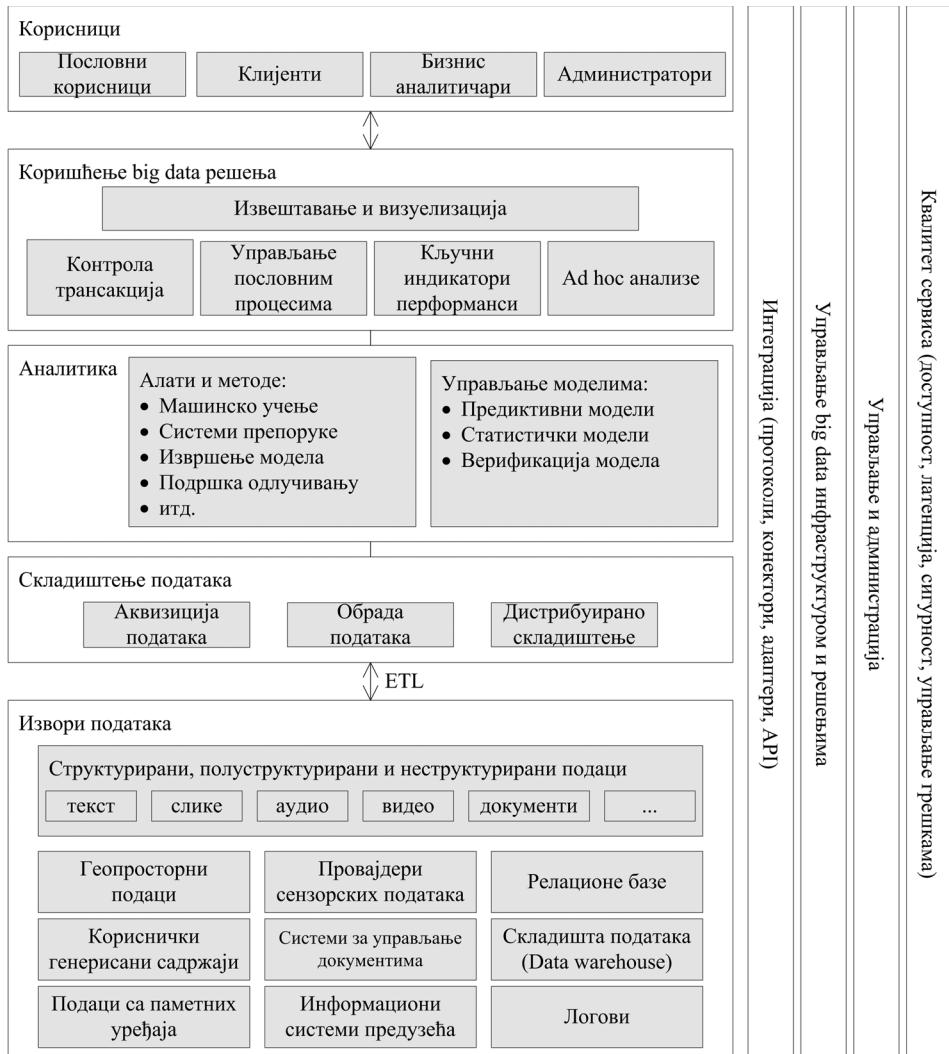
Слика 9.1: Димензије Big data и извори података

2. Big data инфраструктура

Big data инфраструктура може се илустровати *сликом 9.2*. Подаци се прикупљају из великог броја извора:

- трансакционих база података,
- нерелационих база података,
- веб логова,
- мобилних телефона,
- сензора,
- друштвених мрежа и
- других.

Екстракцијом, трансформацијом и учитавањем (енг. Extraction Transformation Load, ETL) подаци се пребацију у Big data фајл систем. Коришћењем доступних алата, техника и алгоритама они се анализирају у реалном времену, а резултати приказују корисницима у одговарајућој визуелној форми.



Слика 9.2: Big data инфраструктура

2.1. Складиштење података у Big data окружењу

Дистрибуирани фајл системи

Даби се омогућило поуздано и скалабилно складиштење великих количина података, неопходно је обезбедити чување и управљање фајловима у дистрибуираном окружењу. За то се користе дистрибуирани фајл системи који омогућују једноставан приступ фајловима на различитим локацијама, репликацију фајлова између сервера и компресију података оптимизовану за трансфер кроз мрежу са ограниченим пропусном моћи. Примери за имплементацију дистрибуираних фајл система:

- **Google File System (GFS)** који је дизајниран за ефикасан и поуздан приступ подацима у великим кластерима. Првенствено се користи за подршку сервисима интернет претраге [6].
- **Hadoop distributed file system (HDFS)** који је део Hadoop оквира за складиштење великих количина података [7].
- **GlusterFS** који се често користи за реализацију cloud computing инфраструктуре и сервиса [8].

Нерелационе базе података

Велике количина података које се генеришу у IoT апликацијама стварају тешкоће у коришћењу релационих база података, зато је неопходно упростити релациони модел и реализовати једноставније механизме за чување. Скалабилне, дистрибуиране и поуздане базе података реализују се на основу неког од следећих модела нерелационих база података:

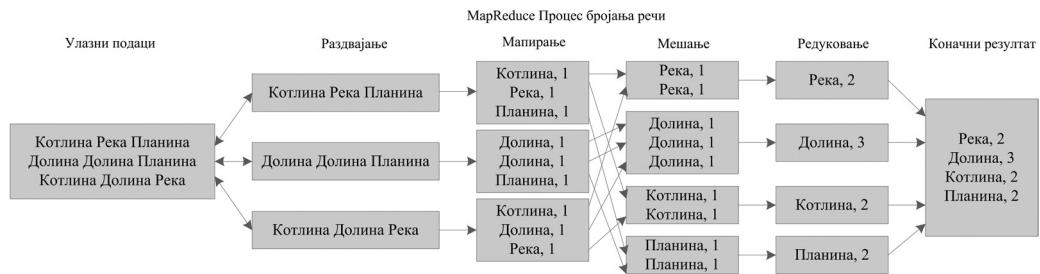
- **Кључ-податак модел.** Модел подразумева да се сви подаци у бази података чувају у табели која има две колоне. Једна колона је кључ, а друга вредност податка, при чему податак не мора бити атомски. Историја промене податка прати се помоћу time stamp-ова. Модел обезбеђује скалабилност, али не и конзистентност у реалном времену, а примењен је у Amazon Dynamo систему [9].
- **BigTable модел.** Заснива се на приступу да се релациони модел података апстрагује једном великим глобалном табелом [10]. Сваки елемент табеле има идентификатор реда, идентификатор колоне и time stamp. Модел је примењен у овиру пројекта Google Big Table и пројекта отвореног кода Cassandra.
- **Документ модел.** Централни елемент овог модела јесте документ, који представља групу полуструктурисаних података. У њему се заједно чувају сви релевантни подаци и метаподаци, што омогућује флексибилан приступ, лаку интеграцију са апликацијама и смањење величине базе података [11]. Посебна врста документ модела јесу XML базе података, а пример за ово је MongoDB.
- **Граф модел.** Модел се заснива на коришћењу графовске структуре за моделовање семантичких веза између чвррова графа [11]. Чврлови графа обично означавају особе, предузећа или друге концепте о којима се чувају подаци. Сваки чвр има својства којима се тај чвр описује и међусобно се повезују везама. Једна од често коришћених имплементација граф модела јесте Neo4j пројекат. Фејсбук нуди семантичко претраживање садржаја коришћењем Graph Search механизма који омогућује постављање упита природним језиком и претрагу корисника Фејсбука и веза између њих.

2.2. Претрага података у Big data окружењу

Стандардни механизми претраге не задовољавају у погледу брзине обраде података када се примењују у Big data окружењу, због чега је реализован један од нових приступ под називом MapReduce. Гугл је 2010. патентирао овај алгоритам који

претражује податке уређене по паровима: кључ, податак (k, v) [12]. Алгоритам се користи као основни механизам за претраживање и извештавање у већини Big data база података.

MapReduce алгоритам реализује се у два корака (слика 9.3). У првом (Map) паралелно и дистрибуирено процесирање сваког уређеног пара из првог домена: map(k_1, v_1) и одабирање само оних који се пресликавају у парове из другог домена: list(k_2, v_2). У другом (Reduce) врши се паралелна и дистрибуирана обрада парова ($k_2, list(v_2)$) које се, на основу критеријума за извештавање, пресликавају у резултат претраживања: list(v_3).



Слика 9.3: MapReduce алгоритам

2.3. Big data аналитика

Једна од најважнијих карактеристика интернета интелигентних уређаја јесте да што се функционисање уређаја и њихово управљање могу пратити у реалном времену. На основу прикупљених података проактивно се реагује на промене. У великим системима са стотинама хиљада сензора искрсава невоља са скалабилношћу, зато је неопходно користити Big data решења за проблеме као што су:

- Одржавање система, где је могуће детектовати ризичне уређаје и поправити их пре него што се заиста покваре.
- Оптимизација функционисања паметних уређаја: конфигурисање, подешавање интеракције с крајњим корисницима, оптимизација потрошње енергије.
- Анализа недостатака уређаја и исправке у наредним верзијама.

Паметна окружења, као што су паметни градови, прикупљају велике количине неструктурираних података које је потребно складиштити и обрађивати (слика 9.4). Најважније карактеристике алата за обраду неструктурираних података јесу једноставност за коришћење и способност обраде у реалном времену. У Big data анализи користе се различите технике, као што су [13]:

- **Кластер анализа.** Утврђивање релативно хомогених група објеката унутар хетерогене популације.
- **Правила придржавања.** Скуп техника које се примењују у великим базама да би се откриле везе између података који, наизглед, нису повезани.

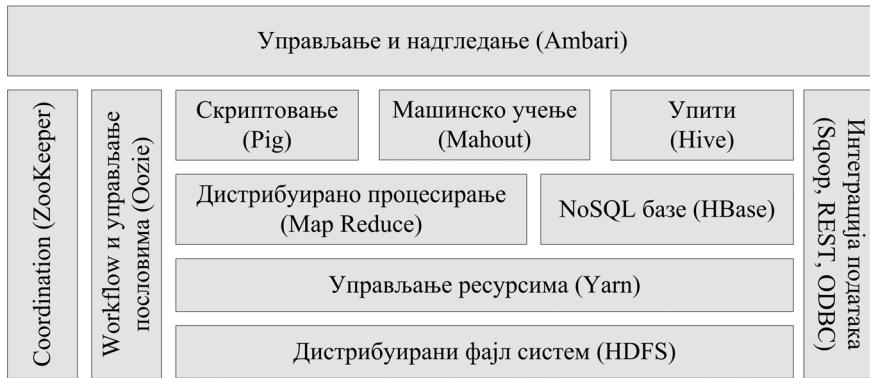
- **Класификација.** Категоризација информација или њихова подела на класе да би се подаци лакше анализирали и боље разумели.
- **Машинско учење.** Област вештачке интелигенције која има за циљ реализацију алгоритама способних за прилагођавање и за учење на бази искуства.
- **Неуронске мреже.** Предност неуронских мрежа је могућност паралелне обраде података.
- **Мрежна анализа.** Методе које се користе за откривање веза између, на први поглед, неповезаних чворова у графу или мрежи.
- **Оптимизација.** Реорганизација сложених система и процеса применом нумеричких метода.
- **Анализа сегмената.** Апликације које се примењују у текстуалном материјалу за обраду језика, идентификацију и извлачење информација из текстуалног материјала.
- **Интеграција података.** Метода којом се интегришу и анализирају подаци из више извора.
- **Генетски алгоритми.** Метода претраживања која по стохастичком принципу опонаша процес природне селекције.



Слика 9.4: Поступак big data анализе у паметним градовима

2.4. Hadoop оквир за Big data

Hadoop је софтверски оквир отвореног кода за складиштење, претрагу и анализу великих количина података. Написан је у Јава програмском језику. Hadoop екосистем обухвата више компоненти и алата (слика 9.5).



Слика 9.5: Hadoop екосистем

Основни елементи Hadoop екосистема су [14]:

- **Hadoop Common.** Основни пакети за подршку раду осталих модула.
- **Hadoop Distributed File System.** Дистрибуирани фајл систем који апликацијама омогућује брз приступ подацима.
- **Hadoop YARN.** Модул за управљање ресурсима у кластеру и за управљање извршењем послова.
- **Hadoop MapReduce.** Компонента за паралелно процесирање великих скупова података применом MapReduce алгоритма.

Други важни Hadoop пројекти и модули јесу:

- **Ambari** веб алат за праћење и управљање Hadoop системом,
- **Avro** систем за серијализацију података,
- **HCatalog** систем за управљање складиштем података,
- **HBase** скалабилна дистрибуирана база података за складиштење неструктурисаних података,
- **Hive** систем за data warehousing и ad hoc упите над подацима,
- **Mahout** библиотека за машинско учење и data mining,
- **Oozie** алат за управљање токовима посла (workflow, scheduling),
- **Pig** оквир за извршење паралелног израчунавања,
- **Sqoop** алат за пренос података између Hadoop-а и релационих база података,
- **Spark** програмски модел за подршку апликацијама, као што су ETL, машинско учење, обрада стримова и слично и
- **ZooKeeper** сервис за координацију дистрибуираних апликација.

Hadoop је дизајниран за подршку batch обради података и као такав није погодан за обраду података у реалном времену. За обраду података у реалном времену користе се Apache Storm или Apache Spark, системи отвореног кода, који се лако могу интегрисати са Hadoop инфраструктуром.

2.5. Apache Spark

Apache Spark је софтвер отвореног кôда за дистрибуирану обраду података у реалном времену. За разлику од Hadoop-а, заснован је на in-memory рачунарству. Корисничким програмима омогућено је да учитају велике количине података у меморију, па се претрага и обрада података врши у меморији, а не на дисковима. На овај начин постижу се боље перформансе у односу на Hadoop.

Основне предности примене решења као што је Apache Spark су:

- скалабилност и рад са стотинама нодова,
- мала латенција in-memory обраде података,
- једноставно програмирање и подршка за више програмских језика,
- интеграција batch и интерактивне обраде података и
- висока поузданост и stateful израчунавања.

3. Примена Big data

Big data технологије могу се применити у бројним областима IoT:

- **Примена у пословању.** Технологије интернета интелигентних уређаја омогућују предузећима да прикупљају велике количине података о клијентима, као што су лични, о кретању, о навикама, о интересовањима, о потребама и други. Као извори користе се подаци са друштвених мрежа, мобилних телефона и остали. Ефикасним коришћењем могуће је боље предвидети потребе, креирати персонализоване производе и услуге и повећати задовољство клијената.
- **Примена у медицини.** Праћење стања пацијената једна је од важних области примене сензора [15]. Чување и анализирање прикупљених података користи се за бољу дијагностику, праћење стања пацијената, предвиђања реакција на терапије, анализу биохемијских процеса у организму, пружање здравствених услуга на даљину и сл.
- **Примена у образовању.** Паметне учионице у образовним установама садрже већи број сензора, видео камера, микрофона и других интерактивних уређаја. Прикупљени подаци складиште се у информационом систему образовне установе и користе за: праћење активности студената, мерење квалитета наставе и задовољства студената, утврђивање типичних понашања студената и креирање персонализованих сервиса, подршку научноистраживачком раду наставника и студената и друге потребе [16].
- **Примена у транспорту и саобраћају.** Паметни системи за контролу возова аутоматски прилагођавају брзину на основу улазних података, као што су временски услови, топографија терена, растојање од одредишта, одстојање од других возова, стање у којем се налази железничка пруга и друго [17]. У будућности се очекује да Big data технологија у паметним аутомобилима омогући безбедну вожњу без возача [18].

- **Примена у метеорологији.** Сензори прикупљају метеоролошке податке, а брзом анализом историјских, у комбинацији са актуелним, може се допринети бољем предвиђању временских непогода и поузданој заштити становништва на угроженим подручјима [19].
- **Примена у научним истраживањима.** Прикупљање података из свемира често се заснива на remote sensing технологијама. У истраживањима се свакодневно прикупљају велике количине података, због чега се развијају бројни алгоритми за анализу великих количина података [20].
- **Примена у јавној управи.** Интеграцијом података прикупљених у системима паметних градова може се унапредити квалитет услуга градске администрације [21].

ЗАКЉУЧАК

IoT системи представљају сензорске мреже у којима се генерише велика количина података. Примена Big data у IoT решењима омогућује поуздано, дистрибуирено и скалабилно чување и коришћење великих количина података, уз очување њихове безбедности и приватности корисника. Бројне су предности примене Big data аналитике, јер су омогућене различите оптимизације и напредне анализе података. У будућности се може очекивати виши ниво интеграције и примене Big data инфраструктуре, сервиса и апликација у IoT решењима [22].

ПИТАЊА

1. Дефинисати појам Big data?
2. Објаснити три технике Big data аналитике по избору?
3. Објаснити Big data инфраструктуру?
4. Објаснити појам дистрибуираног фајл система?
5. Чему служе нерелационе базе података?
6. Објаснити основне моделе нерелационих база података?
7. Објаснити Hadoop екосистем? Наћи и објаснити примере примене у IoT системима?
8. Објаснити MapReduce алгоритам?
9. Чему служи Apache Spark?
10. Објаснити значај примене Big data аналитике у паметним окружењима?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus. *Elektronsko poslovanje*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2015.
- [2] A. Knobbe et al., „Data management of large systems for monitoring infrastructural performance”, *Advances in Intelligent Data Analysis IX*, P. R. Cohen, N. M. Adams & M. R. Berthold (Eds.), pp. 91-102, Tucson, USA: Springer 2010.
- [3] J. Vanschoren et al., „Large-Scale Sensor Network Analysis: Applications in Structural Health Monitoring”, *Big Data Management, Technologies, and Applications*, W-C. Hu & N. Kaabouch (Eds.), pp. 314-347, Hershey, USA: IGI Global, 2014.
- [4] P. P. Giangarra, B. Metrovich, M. M. Schwitters and B. P. Semple, „Smarter bridges through ad-

- vanced structural health monitoring”, *IBM Journal of Research and Development*, vol. 55, no. 1&2, pp. 100-109, 2011.
- [5] D. Laney, „3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety, Application Delivery Strategies”, Gartner, 2001. Доступно на: <http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf> [12.09.2015].
- [6] S. Ghemawat, H. Gobioff and S. T. Leung, „The Google File System”, in: Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles, 2003, pp. 29-43.
- [7] K. Bakshi, „Technologies for Big Data”, *Big Data Management, Technologies, and Applications*, W-C. Hu & N. Kaabouch (Eds.), pp. 1-22, Hershey, USA: IGI Global, 2014.
- [8] Red Hat, „RedHat Gluster Storage”, Доступно на: <https://www.redhat.com/en/technologies/storage/gluster> [17.01.2016].
- [9] G. de Candia et al., „Dynamo: Amazon’s Highly Available Key-value Store”, in: Proceedings of 21th ACM SIGOPS symposium on Operating systems principles, 2007, pp. 205-220.
- [10] F. Chang et al., „Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data”, in: Proceedings of 7th USENIX Symposium on operating systems Design and implementation, 2006, pp. 205-218.
- [11] C. Strauch, „NoSQL databases”, Stuttgart Media University Press, 2009. Доступно на: <http://www.christof-schrauth.de/nosqldb.pdf> [11.01.2016].
- [12] J. Dean and S. Ghemawat, „MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters”, in: Proceedings of 7th USENIX Symposium on operating systems Design and implementation, 2004, pp. 137-150.
- [13] J. Leskovec, A. Rajaraman and J. D. Ullman, *Mining of Massive Datasets (2nd edition)*, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2014.
- [14] Hadoop, „Apache Hadoop”. Доступно на: <https://hadoop.apache.org> [15.09.2015].
- [15] F. Zhang, J. Cao, S. U. Khan, K. Li, and K. Hwang, „A task-level adaptive MapReduce framework for real-time streaming data in healthcare applications”, *Future Generation Computer Systems*, vol. 43-44, pp. 149-160, 2015.
- [16] P. Tantatsanawong, S. Dontongdang and P. U-Aroon, „Improving big data on research and education networks using future Internet approach: A case study of networks analysis”, in: Proceedings of the 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2015, pp. 1-5.
- [17] Y.Q. Shao, R.K. Liu, F.T. Wang and M.D. Chen, „Research on Big Data Management for High-speed Railway Equipment”, Progress in Mechatronics and Information Technology, pts 1 and 2, Book Series: Applied Mechanics and Materials, K.M. Lee, P. Yarlagadda & Y.M. Lu (Eds.), vol. 462-463, pp. 405-409, 2014.
- [18] A. Daniel, A. Paul and A. Ahmad, „Near real-time big data analysis on vehicular networks”, in: Proceedings of the International Conference on Soft-Computing and Networks Security, 2015, pp. 1-7.
- [19] S. E. Haupt and B. Kosovic, „Big Data and Machine Learning for Applied Weather Forecasts: Forecasting Solar Power for Utility Operations”, in: Proceedings of the IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, 2015, pp. 496-501.
- [20] Z. Zhang et al., „Scientific computing meets Big Data technology: An astronomy use case”, in: Proceedings of the IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2015, pp. 918-927.
- [21] Q. Xu, L. Yang and C. Yu, „Research on influence of big data to Chinese E-government”, in: Proceedings of the First International Conference on Reliability Systems Engineering 2015, pp. 1-8.
- [22] M. Minelli, M. Chambers and A. Dhiraj, *Big Data, Big Analytics: Emerging Business Intelligence and Analytic Trends for Today’s Businesses*. New Jersey, USA: Wiley, 2013.

III ПАМЕТНА ОКРУЖЕЊА

10. ПАМЕТНИ ГРАДОВИ

Појам и карактеристике паметних градова. IoT инфраструктура паметних градова. Технологије за развој паметних градова. Срвиси паметних градова. Пример примене у пракси.

11. ПАМЕТНЕ КУЋЕ

Карактеристике паметне куће. Архитектура и компоненте система паметних кућа. Протоколи за аутоматизацију паметних кућа. Системи за управљање паметним кућама. Пример примене у пракси.

12. ПАМЕТНЕ УЧИОНИЦЕ

Карактеристике паметних учионица. Техничка опремљеност паметних учионица. Инфраструктура паметних учионица. Врсте паметних учионица. Пројектовање паметних учионица. Пример примене у пракси.

13. ПАМЕТНЕ КАНЦЕЛАРИЈЕ

Појам паметне канцеларије. Карактеристике паметних канцеларија. Инфраструктура и техничка опремљеност паметних канцеларија. Инфраструктура паметних канцеларија. Уређаји у паметним канцеларијама. Пример примене у пракси.

14. ПАМЕТНИ САОБРАЋАЈ

Транспорт и логистика. Асистирана вожња. Интелигентни транспортни системи. Елементи интелигентних транспортних система. Архитектура интелигентних транспортних система. Примена интелигентних транспортних система. Аутоматизација саобраћајних сигнализација. Техничке карактеристике интелигентних транспортних система. Cloud computing у интелигентном транспортном систему. Квалитет сервиса (QoS). Скалабилност, поузданост и мобилност. Безбедност. Управљање. Праћење саобраћаја у реалном времену. Ваздушни саобраћај. Аутомобилски саобраћај. Паметан паркинг. Систем за управљање паметним паркингом. Технологије паметног паркинга. Паметна возила. Електрична возила. Пример примене у пракси.

15. ПАМЕТНА ИНДУСТРИЈА

Појам паметне индустрије. Карактеристике и циљеви паметне индустрије. Компоненте паметне индустрије. Сајбер-физички систем. Интернет интелигентних уређаја. Интернет сервиси. Паметне фабрике. Принципи паметне индустрије. Паметна индустрија и промене у друштву. Промене у структури ланца вредности. Нови производи и сервиси. Послови и вештине. Промене у економији. Промене у логистичким процесима. Пример примене у пракси.

16. ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА У ТРГОВИНИ, ЛОГИСТИЦИ И МАРКЕТИНГУ

Технологије интернета интелигентних уређаја у малопродаји. Интелигентне продајне машине и паметни системи плаћања. Примена интернета интелигентних уређаја у шопинг моловима. Интернет интелигентних уређаја у логистици. Примена интернета интелигентних уређаја у колаборативним ланцима снабдевања. Интернет интелигентних уређаја у маркетингу. Пример примене у пракси.

17. ПАМЕТНА ПОЉОПРИВРЕДА

Инфраструктура паметне пољопривреде. IoT инфраструктура паметне фарме. Информациони систем паметне фарме. Екстерни сервиси паметне фарме. Примена интернета интелигентних уређаја у пољопривреди. Мерење и праћење квалитета окружења. Пољопривредна механизација. Паметно наводњавање. Интернет интелигентних уређаја у сточарству. Интернет интелигентних уређаја у шумарству. Пример примене у пракси.

18. ПАМЕТНЕ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКЕ МРЕЖЕ - SMART GRID

Појам и карактеристике паметних електроенергетских мрежа. Архитектура паметне електроенергетске мреже. Потрошачи у паметној електроенергетској мрежи. Тржиште. Сервис провајдери. Операције у паметној електроенергетској мрежи. Генерисање електричне енергије. Пренос електричне енергије. Дистрибуција електричне енергије. Инфраструктура паметне електроенергетске мреже. Home Area Network. Инфраструктура за управљање паметним бројилима. Neighbourhood Area Network. Field Area Network. Wide Area Network. Информациони системи у smart grid предузећима. Стандарди у паметним електроенергетским мрежама. Имплементација паметних електроенергетских мрежа. Пример примене у пракси.

19. ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА У Е-ЗДРАВСТВУ

Појам и карактеристике e-здравства. Примена интернета интелигентних уређаја у e-здравству. Архитектура e-здравства заснована на интернету интелигентних уређаја. Мобилно здравство. Пример примене у пракси.

20. ПАМЕТНА Е-УПРАВА

Појам и карактеристике паметне e-управе. Инфраструктура и сервиси паметне e-управе. Отворени подаци у паметној e-управи. Пример примене у пракси.

21. СИГУРНОСТ У ПАМЕТНИМ ОКРУЖЕЊИМА

Сигурност у паметним окружењима. Безбедност интелигентних уређаја. Примена мера безбедности у IoT. End-to-end решења за безбедност.

22. ТРЕНДОВИ У ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Smart dust технологија. Brain-Computer интерфејс. Интернет интелигентних уређаја у роботици. Интернет интелигентних уређаја и виртуелна реалност. Интернет интелигентних уређаја и говорне апликације. Интернет интелигентних уређаја у здравству. Интернет интелигентних уређаја и друштвене мреже.

10 ПАМЕТНИ ГРАДОВИ

Више од половине светске популације живи у градовима. Тренд даљег прилива становништва из руралних средина веома је изражен, што доводи до невоља у градовима, као што су загађење животне средине, здравствени проблеми, отежано одвијање саобраћаја и сл. Превазилажењу ових тешкоћа могу допринети инфраструктура и сервиси засновани на технологијама интернета интелигентних уређаја. Примена широког спектра IoT апликација треба да обезбеди паметну инфраструктуру у областима као што су: саобраћај, електрична енергија, снабдевање водом, стамбена изградња и јавни сервиси [1].

1. Појам и карактеристике паметних градова

Градови теже да постану „паметни“, а живот у њима садржајнији и квалитетнији. У том смислу постоје бројне дефиниције паметног града као што су:

- Град који повезује физичку инфраструктуру, ИТ инфраструктуру и пословну инфраструктуру у циљу коришћења колективне интелигенције града [2].
- Град који улаже у људски и друштвени капитал и традиционалну и модерну комуникациону инфраструктуру у циљу утицаја на економски раст и висок квалитет живота, с паметним управљањем природним ресурсима.
- Град чија заједница је спремна да учи, да се прилагођава и уводи иновације.
- Град који одражава идеју локалне заједнице. Градске власти, предузећа и грађани користе информационе технологије да осмисле и ојачају улогу заједнице у новој економији услуга, да стварају нова радна места и побољшају квалитет живота [2].

Претходни услови за развој паметног града јесу повезивање различитих технологија, бржи проток информација, постојање политичке визије, економских решења и других фактора.

Развој паметног града често се везује за реализацију следећих елемената [1][3]:

- паметна економија,
- паметно становништво,

- паметна управа,
- паметни саобраћај,
- паметна околина и
- паметан живот.

Знатан део сервиса паметног града реализује се применом IoT апликација које помажу ефикасном и оптималном коришћењу градске инфраструктуре и квалитетнијем животу грађана. Ефикасност и ширење на различите области живота у градовима зависе од расположиве IoT инфраструктуре која треба да обезбеди:

- Повезивање свих уређаја на јединствену заједничку мрежу.
- Коришћење сензора, актуатора, тагова и читача у стамбеним и пословним објектима, саобраћајницама, возилима и сл.

Неки од примера имплементације IoT апликација у паметним градовима су: системска контрола саобраћаја, паметна решења за паркирање возила, детекција нивоа загађености ваздуха, преузимање информација везаних за ниво смога и угљен-диоксида итд. Области примене интелигентних решења у паметним градовима могу се категоризовати у више домена:

- **Администрација.** Развој ефикасног система управљања паметним градом подразумева транспарентан, ефикасан и рационалан рад свих служби градске управе [4], што обухвата: повезивање путем информационих технологија, објављивање информација путем интернета, вођење јавне евиденције молби грађана и предузећа, решавање молби у најкраћем времену и сл.
- **Паметне зграде.** Појам паметних зграда односи се на аутоматизацију система унутар једне зграде (грејање, вода, струја, отпад итд.) у јединствену целину. Ово подразумева међусобну комуникацију делова зграде и комуникацију с другим зградама у насељу да би се оствариле уштеде енергије и смањили трошкови одржавања [5].
- **Јавна безбедност.** Најчешћа решења из ове области везана су за инсталацију великог броја камера за надгледање објекта као дела интегрисаног система безбедности [6]. Овај систем може се унапредити применом IoT решења и изградњом неопходне инфраструктуре за прикупљање, консолидацију, анализу и визуелно представљање информација у реалном времену. Овакве активности омогућују ефикасно планирање и брз одзив надлежних служби.
- **Програми партиципације.** За реализацију паметног града неопходно је учешће појединача и друштва у целини [7]. IoT апликације подстичу дељење идеја и информација и учешће грађана у доношењу одлука.
- **Здравство.** Примена IoT технологија у паметним градовима подразумева интеграцију сервиса паметног здравства са осталим деловима екосистема. Главни циљ је унапређење ефикасности, квалитета здравствених услуга и начина лечења [8].
- **Образовање.** Паметни градови пружају већи број образовних сервиса [9]. Циљ је да се грађани мотивишу и укључе у образовни процес и да се унапреди укупни ниво образовања.

- **Саобраћај.** Регулација саобраћаја од стратешке је важности у великим градовима [10]. Очекује се да се применом интелигентних система обезбеди интерактивно управљање из централног система за надзор и регулацију. На основу добијених података могу се анализирати и унапредити саобраћајни токови у реалном времену.
- **Енергетика.** Повезивање различитих енергетских извора у јединствену мрежу и једноставан приступ систему за дистрибуцију енергије представљају главне циљеве паметних градова [5]. Управљање уличним осветљењем, климатизацијом, лифтовима и мноштвом рачунарске опреме у пословним зградама представља изазов који је могуће решити применом IoT-а. Циљ примене јесте остварење уштеде електричне енергије.
- **Животна средина.** У очувању животне средине управљање енергијом и отпадом и смањење емисије штетних гасова представљају главне активности [11]. У паметном граду многообројни електрични уређаји морају се напајати из обновљивих извора енергије.

Примери паметних градова су Сонгдо у Јужној Кореји [12] и Сантандер у Шпанији [13], у којима су регулисани:

- Систем уличне расвете који, зависно од доба дана, укључује и искључује светильке.
- Систем мерења влажности земљишта који омогућује аутоматско заливање паркова.
- Алармни системи у контejнерима за смеће који упозоравају када се они напуне.

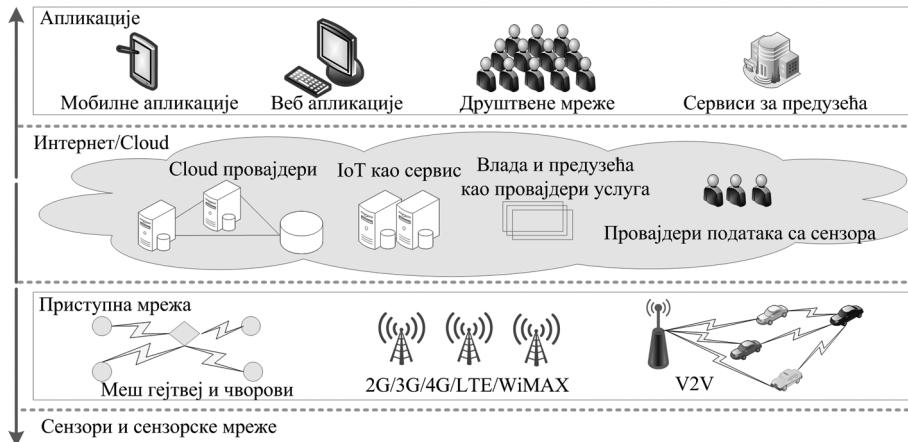
Сви прикупљени подаци прослеђују се у централни систем за надгледање и управљање паметним градом.

2. IoT инфраструктура паметних градова

IoT инфраструктура и сервиси у градовима могу допринети оптимизацији саобраћаја, потрошње енергије, административних и других процеса [14]. Посматрано са аспекта комуникација, управљања и обраде података, вишеслојну IoT архитектуру паметних градова чине [15]:

- Слој за мерење и очитавање (енг. Sensing),
- Мрежни слој за приступ IoT инфраструктуре (енг. Network-Centric IoT),
- Cloud оријентисана компонента IoT инфраструктуре (енг. Cloud-Centric IoT) и
- Апликативни слој IoT инфраструктуре (енг. Data-Centric IoT).

На слици 10.1 приказана је вишеслојна IoT архитектура паметног града која обезбеђује модуларно организовану, скалабилну и флексибилну инфраструктуру.



Слика 10.1: IoT архитектура паметног града

Најнижи у IoT инфраструктури јесте сензорски слој. Чине га интелигентни уређаји који прикупљају и обрађују податке из окружења: осветљење, бука, загађење ваздуха, температура, подаци о здрављу грађана и други.

Мрежни слој за приступ IoT инфраструктуре задужен је да обезбеди комуникациони канал од сензора до интернета, што укључује примену различитих технологија и мрежних уређаја као што су рутери, базне станице и други. Бежичне технологије у овом слоју треба да обезбеде међусобно повезивање сензорских чвркова и комуникацију преко интернета. Два кључна изазова, који условљавају архитектуру бежичне мреже, јесу интероперабилност и коегзистенција.

Интернет/cloud слој задужен је да корисницима стави на располагање податке и сервисе и одговоран је за обраду и дистрибуцију података прикупљених у сензорском слоју. Улога cloud технологија јесте да створе окружење у коме се управљање и коришћење сензора могу нудити као сервис за крајње кориснике.

Апликативни слој састоји се од апликација које користе податке прикупљене у сензорском слоју, на основу којих управљају различитим уређајима и објектима у паметном граду.

3. Технологије за развој паметних градова

Већина постојећих решења за паметне градове заснива се на интеграцији бежичних комуникационих технологија, с циљем да се направи флексибилна и скалабилна архитектура [16]. Велики број примењених платформи карактеришу власничка решења која отежавају реализацију скалабилности, јер их је тешко модификовати. Да би се то превазишло, пројекти паметних градова треба да се заснивају на примени хетерогене, ниско буџетне и прошириве архитектуре, засноване на отвореним стандардима. Пројекат паметног града најчешће треба реализовати ниским инвестицијама у мрежну опрему.

За развој IoT инфраструктуре у паметним градовима користе се: развојне платформе, приступне (енг. access) технологије, складишта података, сервиси за аналитику података и сервиси за безбедност података.

Улога платформи за развој IoT инфраструктуре јесте да олакшају реализацију екосистема паметног града. Постоји већи број платформи које се користе за изградњу IoT решења. Међу најпознатијим cloud платформама су: Microsoft Azure, Amazon Web services, HP Helion, Oracle Cloud и друге.

Посебан сегмент IoT инфраструктуре паметног града чине решења која треба да обезбеде мобилност клијената и непрекидност мрежне конекције. Основни захтев јесте да се омогући примена различитих приступних технологија и обезбеди комуникација с паметним уређајима и објектима са различитих локација. Посебна пажња при изградњи IoT инфраструктуре посвећује се решавању специфичних потреба IoT апликација које се односе на начин комуникације, пренос података и напајање IoT уређаја.

Апликације засноване на IoT технологијама обезбеђују велику количину различито структурираних података који захтевају адекватно чување, брз и једноставан приступ и напредну аналитику. У оквиру пројекта паметног града у Барселони [17], на пример, осмишљено је решење за ефикаснији увид у рад градске управе, засновано на прикупљању и анализи података из управе и екстерних извора као што су друштвене мреже, лог фајлови и GPS сигнали.

4. Сервиси паметних градова

У свом виђењу паметног града, Mashable [18] наводи предлог следећих сервиса које треба да буду саставни део паметног града:

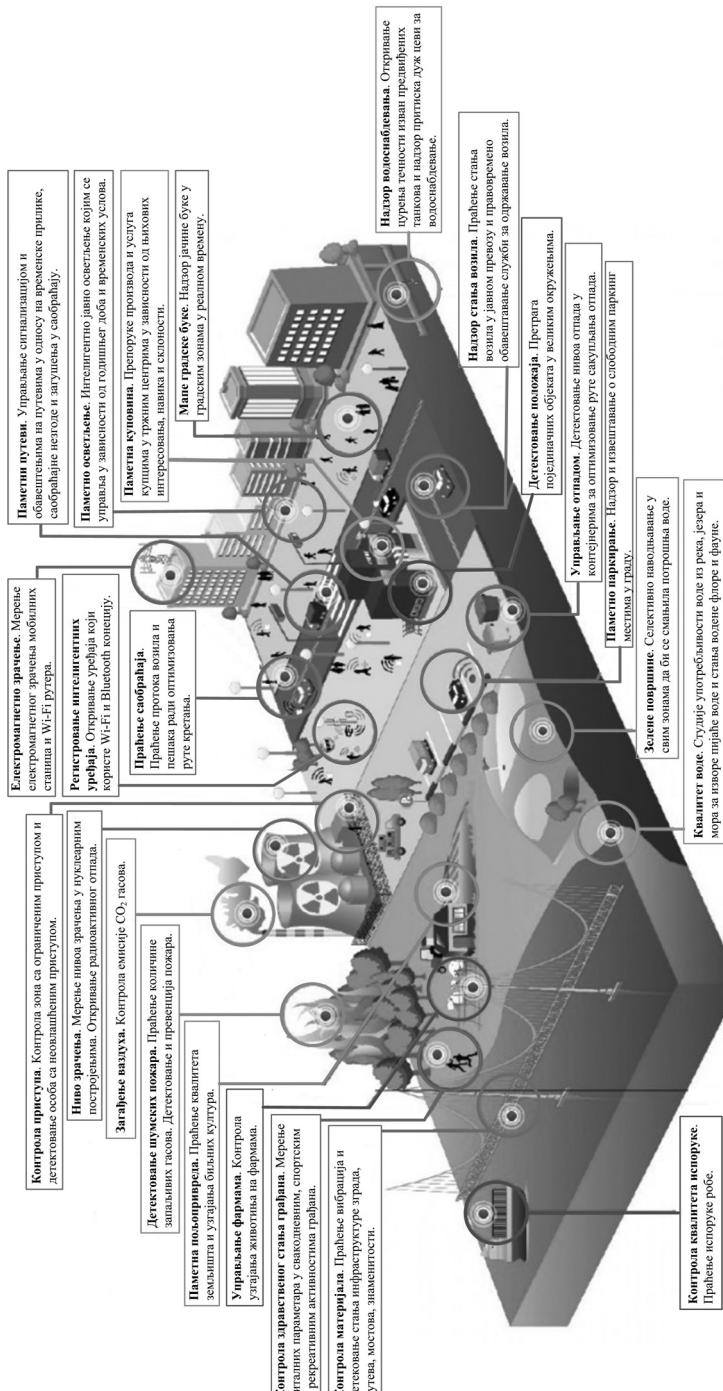
- Апликације за приступ разноврсним подацима, као што су квалитет ваздуха, резултати грађевинске инспекције и сл.
- Паркинг апликације које возачима показују где је најближе слободно место, чиме се штеди време, гориво, новац, смањује емисија штетних гасова и гужве у саобраћају.
- Апликације помоћу којих корисници сами могу да управљају градском имовином, као што су канте за смеће, телефонске говорнице, хидранти и сл.
- Развој система за одбацивање технолошког отпада, као што је Pay-As-You-Throw, који подстиче грађане да га у већој мери шаљу на рециклажу, да користе технологије као што је RFID да би побољшали разврставање и сл.
- Имплементација апликација за дигитално плаћање услуга градске управе.
- Апликације с дигиталним мапама и информацијама за грађане и туристе о споменицима, музејима, ресторанима, гужвама у саобраћају и другим.
- Примена екрана осетљивих на додир на разним местима у граду, на пример у киосцима где се купују карте за градски превоз.

- Бежични приступ интернету у градском превозу и подземној железници.
- Одрживи и енергетски ефикасни стамбени простори.
- Инфокиосци који приказују корисне информације, као што су гужве у граду, време и локалне вести.
- Апликације на друштвеним мрежама за ефикасно и правовремено достављање информација о хитним и кризним ситуацијама.
- Апликације које полицији омогућују прикупљање података у реалном времену у циљу повећања безбедности.
- Ефикасан систем осветљења у градовима.
- Станице за пуњење мобилних уређаја коришћењем соларне енергије на локацијама попут аутобуских стајалишта, интернет паркова и сл.
- Кровови прекривени соларним панелима.
- Самоуслужно изнајмљивање бицикала у граду.
- Економија дељења уместо економије куповине, дељењем или изнајмљивањем смањује потреба за куповином ствари. Примери оваквих програма су Rent the Runaway и Airbnb.
- Паметни системи за контролу климе у кућама и пословним просторима.
- Примена апликација за усмеравање саобраћаја, као што су Greenway и Waze, које прорачунавају најбољу руту с циљем да се убрза саобраћај и смањи емисија штетних гасова.
- Системи за пречишћавање воде.
- Удружене урбанске планирање.
- Интернет приступ за све грађане како би се подстакао економски развој.
- Плаћање преко мобилних телефона, на пример хране, одеће, превоза итд.
- Примена програма за дељење вожње у јавном превозу да би се избегло да два превозна средства, која често нису у потпуности попуњена путницима, путују на исто место.

Слика 10.2 приказује примере сервиса паметног града.

Један од примера IoT сервиса је апликација за детекцију повишеног степена радиоактивности у паметним градовима. Сензор за детекцију радиоактивности ради као Гајгеров бројач мерећи радиоактивност и у одређеним временским размацима шаље податке серверу.

У великим градовима често је густо збијено неколико хиљада зграда, што указује да интегритет једне зависи и од оних у њеној околини: појава неправилности у једној згради може да угрози оближње. Ова опасност посебно је изражена у градовима у трусним подручјима, зато се развијају IoT решења која детектују пукотине у зградама. Основу чине сензори за детекцију пукотина, направљени од проводника чврсто везаних за зидове и носеће стубове зграде, који у случају знатног оштећења структуре детектују пукотину и шаљу сигнал на централну локацију.



Слика 10.2: Апликације у оквиру пројекта паметног града (адаптирано из [19])

Један од важних послова у градовима јесте управљање отпадом. Службе које се баве овим послом и задужене су за одржавање чистоће у највећем броју градова функционишу тако што имају утврђени редослед по ком обилазе сваку локацију и односе отпад. Овакав систем је неефикасан и нерационалан са аспекта трошкова, јер захтева да радници посете сваку локацију иако у неким случајевима за то не постоји потреба. Ово се може превазићи применом IoT решења које подразумева инсталацију сензора за детекцију количине отпада. Сензори се постављају у контејнерима или изнад њих и користе ултразвук да детектују заузету запремину. Информација се преко мобилне мреже шаље до централне локације на којој служба градске чистоће одлучује.

5. Пример примене у пракси

Саставни део паметних градова чине инфраструктура и сервиси за образовање. Један од примера паметне универзитетске зграде развијен је у оквиру Атлантик универзитета на Флориди (слика 10.3) [20]. У оквиру зграде је имплементиран енергетски ефикасни систем заснован на интернету интелигентних уређаја. Паметна зграда омогућује управљање потрошњом електричне енергије, производњу енергије коришћењем соларних панела, управљање грејањем, вентилацијом и хлађењем. Зграда представља истраживачко-развојни центар и лабораторију у оквиру које наставници и студенти имају могућност да уче, сарађују са предузећима и користе инфраструктуру зграде за реализацију научноистраживачких пројеката.



Слика 10.3: Паметна зграда у оквиру Атлантик универзитета на Флориди [20]

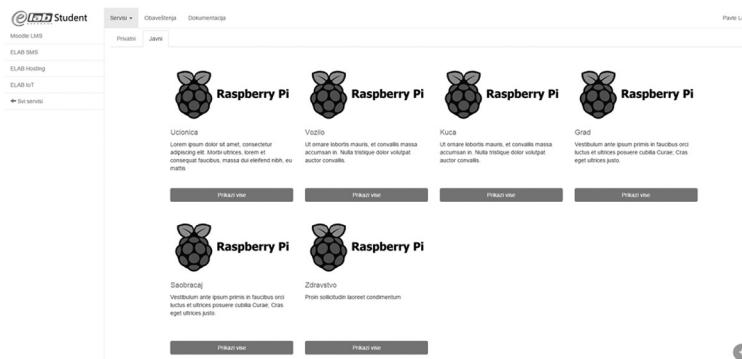
Инфраструктура високошколске образовне институције у паметном граду треба да обједини систем електронског образовања, инфраструктуру и сервисе интернета интелигентних уређаја (слика 10.4). Пример овакве инфраструктуре развијен је у оквиру Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука (у даљем тексту: Елаб), Универзитета у Београду [21].

За управљање паметним образовним окружењем развијена је Елаб IoT платформа [22]. Платформа омогућује управљање паметним ученицима, канцеларијама, библиотекама, паркингом и другим паметним окружењима. Заснована је на отвореним стандардима, па се може се интегрисати са екстерним сервисима паметног града.

Циљ платформе је да корисницима омогући развој IoT система, дељење IoT инфраструктуре и сарадњу кроз заједнички развој IoT сервиса [23].



Слика 10.4: Модел инфраструктуре образовне институције заснован на IoT [21]



Слика 10.5: Елаб IoT платформа [22]

Развој Елаб IoT платформе за управљање IoT пројектима описан је у примеру број 29 у Практикуму из интернета интелигентних уређаја (у даљем тексту: Практикум) [24].

ЗАКЉУЧАК

Тренд повећања становништва у градовима изазива бројне неволje у друштвеној и организационој сфери, што знатно оптерећује управљање градским структурима, доводи до мањка ресурса, отежава одвијање саобраћаја, угрожава животну средину и изазива здравствене тегобе становника. IoT решења могу да допринесу њиховом решавању.

Основна идеја примене IoT јесте да се обезбеди паметна инфраструктура за области као што су саобраћај, електрична енергија, водоснабдевање, стамбена изградња и јавни сервиси.

ПИТАЊА

1. Који су основни циљеви примене IoT апликација у градовима?
2. Шта треба да обезбеди инфраструктура паметног града?
3. Навести домене примене интелигентних решења у паметним градовима?
4. Шта чини вишеслојну IoT архитектуру паметних градова?
5. Навести и објаснити пет сервиса паметног града по избору?
6. Навести пример једног паметног града и IoT сервиса у њему?
7. Навести пример примене IoT у градском превозу?
8. Навести пример примене друштвених мрежа у паметним градовима?
9. Објаснити шримену IoT у управљању отпадом у паметном граду?
10. Шта омогућује примена програма за дељење вожње у јавном превозу паметних градова?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] M. Naphade, G. Banavar, C. Harrison, J. Paraszczak and R. Morris, „Smarter Cities and Their Innovation Challenges”, *IEEE Computer Society*, vol. 44, no. 6, pp. 32-39, 2011.
- [2] P. Vlacheas et al., „Enabling smart cities through a cognitive management framework for the Internet of Things”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 6, pp. 102-111, 2013.
- [3] E. Mardacany, „Smart cities characteristics: importance of built environments components”, in: Proceedings of the IET Conference on Future Intelligent Cities, 2014, pp. 1-6.
- [4] S. Sabri, A. Rajabifard, S. Ho, M. R. Namazi-Rad and C. Pettit, „Alternative Planning and Land Administration for Future Smart Cities”, *Technology and Society Magazine*, vol. 34, no. 4, pp. 33-73, 2015.
- [5] K. Byungchul and O. Lavrova, „Optimal power flow and energy-sharing among multi-agent smart buildings in the smart grid”, in: Proceedings of the Energytech, 2013, pp. 1-5.
- [6] D. Ortal Acosta, „An application of intelligent control access management in urban areas framed in the future Smart City”, in: Proceedings of the International Conference on New Concepts in Smart Cities: Fostering Public and Private Alliances, 2013, pp. 1-4.
- [7] J. E. P. Estrada, A. R. P. Soto, and P. D'Arminio, „The new era of the smart cities Open Innovation based on human-centered computing methodologies applied in the PEOPLE project”, in: Proceedings of the 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, 2013, pp. 1-6.
- [8] A. Solanas et al., „Smart health: A context-aware health paradigm within smart cities”, *Communications Magazine*, vol. 52, no. 8, pp. 74-81, 2014.
- [9] A. Wolff, G. Kortuem and J. Cavero, „Towards smart city education”, in: Proceedings of the Sustainable Internet and ICT for Sustainability, 2015, pp. 1-3.
- [10] S. Djahel, R. Doolan, G. M. Muntean and J. Murphy, „A Communications-Oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities: Challenges and Innovative Approaches”, *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, vol. 17, no. 1, pp. 125-151, 2014.
- [11] R. Goncalves, N. B. Carvalho, P. Pinho and L. Roselli, „Smart environment technology as a possible enabler of smart cities”, in: Proceedings of the IEEE MTT-S International Microwave Symposium, 2014, pp. 1-3.

- [12]L. Carvalho, „Smart cities from scratch? A socio-technical perspective”, *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 2015, vol. 8 no. 1, pp. 43-60.
- [13]L. Sanchez, L. Muñoz, J. A. Galache, P. Sotres, J. R. Santana, V. Gutierrez, R. Ramdhany, A. Gluhak, S. Krčo, E. Theodoridis, and D. Pfisterer, „SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed”, *Computer Networks*, 2014, vol. 61, pp. 217-238.
- [14]P. Wang, A. Ali and W. Kelly, „Data security and threat modeling for smart city infrastructure”, in: Proceedings of the International Conference on Cyber Security of Smart Cities, Industrial Control System and Communications, 2015, pp. 1-6.
- [15]J. Jin, J. Gubbi, S. Marusic and M. Palaniswami, „An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things”, *Internet of Things journal*, vol. 1, no2. 2, pp. 112-121, 2014.
- [16]J. W. Chuah, „The Internet of Things: An overview and new perspectives in systems design”, in: Proceedings of the 14th International Symposium on Integrated Circuits, 2014, pp. 216-219.
- [17]T. Gea, J., Paradells, M., Lamarca and D. Roldan, „Smart cities as an application of Internet of Things: Experiences and lessons learnt in Barcelona”, in: 7th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, 2013, pp. 552-557.
- [18]Mashable, 2030: How 4 smart cities are gearing up for the future, Доступно на: <http://mashable.com/2015/03/05/future-cities> [17.08.2015].
- [19] Libelium, Libelium Smart World Infographic – Sensors for Smart Cities, Internet of Things and beyond, Доступно на: <http://www.libelium.com/libelium-smart-world-infographic-smart-cities-internet-of-things> [03.03.2017]
- [20]I. Cardei, B. Furht, and L. Bradley, „Design and technologies for implementing a smart educational building: Case Study”, *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 29, no. 3, pp. 325-338, 2016.
- [21]K. Simić., M. Despotović-Zrakić, A. Labus, M. Radenković and Z.Bogdanović, „Model infrastrukture obrazovne institucije zasnovan na Internetu inteligentnih uređaja”, in: Proceedings of the XIV međunarodni naučno-stručni simpozijum Infoteh-Jahorina, vol. 14, 2015, pp. 681-685.
- [22]K. Simić, M. Despotović-Zrakić, Ž. Bojović, B. Jovanić, and Đ. Knežević, „A platform for a smart learning environment”, *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 29, no. 3, pp. 407-417, 2016.
- [23]M. Milutinović, K. Simić, A. Labus, Z. Bogdanović and M. Despotović-Zrakić, „Platforma za učenje interneta inteligentnih uređaja”, in: Proceedings of the XIII Infoteh-Jahorina, vol. 13, 2014, pp. 759-762.
- [24]B. Radenković, M. Despotović-Zrkić, Z.Bogdanović, D.Barać, and A.Labus, „Praktikum iz Interneta inteligentnih uređaja”, Fakultet organizacionih nauka, 2017.

11

ПАМЕТНЕ КУЋЕ

Паметна кућа станарима пружа комфор и контролу [1], јер се прилагођава њиховим активностима, расположењу, навикама и животном стилу, захваљујући уређајима који се једноставно користе и одржавају. Циљ аутоматизације јесте да се кориснику олакша приступ и кретање у просторијама. Контрола осветљења, мултимедијалних уређаја, климатизације и слично неке су од могућности којима се лако управља преко даљинског управљача, путем веб интерфејса или мобилног телефона. Све ово не захтева техничко предзнање.

1. Карактеристике паметне куће

Паметне куће се граде да би се станарима обезбедили адекватни услови за живот и рад [1], због чега се примењују технологије и процеси који становаше чине безбедним и ефикасним. Усклађивање са околином остварује се кроз енергетску независност, независност у снабдевању водом, избегавање загађивања, смањење емисије штетних гасова, смањење буке, смањење загађења вода и складно уклапање у околину.

Термин паметна кућа користи се да представи умрежене сензоре, уређаје и опрему. Овај термин се среће и у вези са зеленим и енергетски ефикасним кућама. Углавном се односи на зграде пројектоване у складу са природом. Основне карактеристике паметне куће су [2][3]:

- Комфор, топлотна, звучна и физичка изолација и заштита.
- Интелигенција која се огледа у прилагодљивости, штедљивости и рационалности у избору и коришћењу енергије.
- Аутоматизација великог број уређаја и система с циљем подизања квалитета живљења.

Аутоматизацијом се једноставно управља свим уређајима, и на тај начин се остварују енергетске уштеде и једноставније спроводе свакодневне активности.

Управљање се може реализовати помоћу апликација који користе интернет као преносни медијум, фиксног или мобилног телефона, даљинског управљача или наменских уређаја, а начини спровођења комбинују се према потребама и жељама корисника. На слици 11.1 дат је пример паметне куће.



Слика 11.1: Паметна кућа

Посматрано са аспекта функционалности, постоји пет хијерархијских класа паметних кућа [4]:

- Куће с једним или више уређаја који функционишу на интелигентан начин.
- Куће са интелигентним уређајима који међусобно комуницирају остварујући напредне функционалности.
- Куће са интерном мрежом и екстерним повезивањем којима се постиже интерактивна и удаљена контрола уређаја и приступа услугама и информацијама у кући и ван ње.
- Куће које меморишу активности станара како би предвиђале њихове потребе и, у складу с тим, контролисале интелигентна решења.
- Куће у којима се прате активности и тренутна позиција људи и уређаја и прикупљају информације, а све то користи се за контролу интелигентних система сагласно очекиваним потребама станара.

Паметне куће карактерише постојање великог броја производа и сервиса који се могу поделити у више категорија: удобност, управљање енергијом, мултимедија и забава, здравство, безбедност и комуникације.

Паметне куће могу се поделити и на [4]:

- **Програмабилне куће.** Засноване на сценарију да одређен услов иницира одговарајућу акцију путем сензора.
- **Интелигентне куће.** Поседују неку врсту интелигенције, без потребе прецизног ручног програмирања.

Програмабилне се одликују реакцијама заснованим на једноставним сензорским улазима и немају утрађену интелигенцију; програмирани скуп акција изводи се за предефинисане улазе. Примери таквих акција су сијалице које раде на основу сензора покрета или селекције једног предефинисаног подешавања светла притиском дугмета на даљинском управљачу. Недостатак им је што се не могу репрограмирати када се неко својство промени. Репрограмирање захтева ангажовање стручњака и додатне трошкове. Ово је био главни разлог да се развију решења заснована на вештачкој интелигенцији, с циљем да се интелигентна кућа прилагођава променама понашања укућана, због чега инсталиране компоненте имају способност да уче и да научено примене. Интелигентне куће имају:

- Утрађене компоненте и умрежене уређаје који комуницирају и сарађују да би пружили сервисе прилагођене контексту.
- Паметне услуге нису видљиве и обухватају низ функционалности које се извршавају на различитим уређајима.
- Способност да идентификују и предвиде акције корисника.

2. Архитектура и компоненте система паметних кућа

Основни облик архитектуре паметне куће обухвата четири нивоа [5]:

- **Сервисни ниво.** Омогућено је управљање подсистемима из сервисних центара путем стандардних интерфејса.
- **Управљачки ниво.** Управља паметном кућом и путем SMS-а или електронске поште извештава како раде интелигентни уређаји.
- **Контролни ниво.** Обрађује догађаје регистроване путем паметних контролера, који међусобно комуницирају по P2P принципу, а са управљачким нивоом преко TCP/IP протокола.
- **Теренски ниво.** Подразумева постављање интелигентних уређаја у паметној кући.

Не постоје строго дефинисана ограничења за архитектуру, али све компоненте паметне куће треба да буду повезане у комуникациону мрежу. Од изабране аутоматике зависе физички слој везе и тип архитектуре. У физичком слоју користе се оптички каблови, упредене парице, коаксијални каблови, енергетски каблови електричних инсталација или бежична веза.

Типови архитектуре паметних кућа јесу [5]:

- **Централизована архитектура.** Централни контролер приhvата и обрађује информације из сензора и на основу тога генерише управљачке активности за актуаторе.
- **Дистрибуирана архитектура.** Интелигенција куће расподељена је између сензора и актуатора. Не постоји централни хардверски контролер, а комуникација између актуатора и сензора одвија се преко магистрале.
- **Хибридна архитектура.** Представља комбинацију централизоване и дистрибуиране архитектуре.

Без обзира на архитектуру, компоненте паметне куће, у најширем смислу, су:

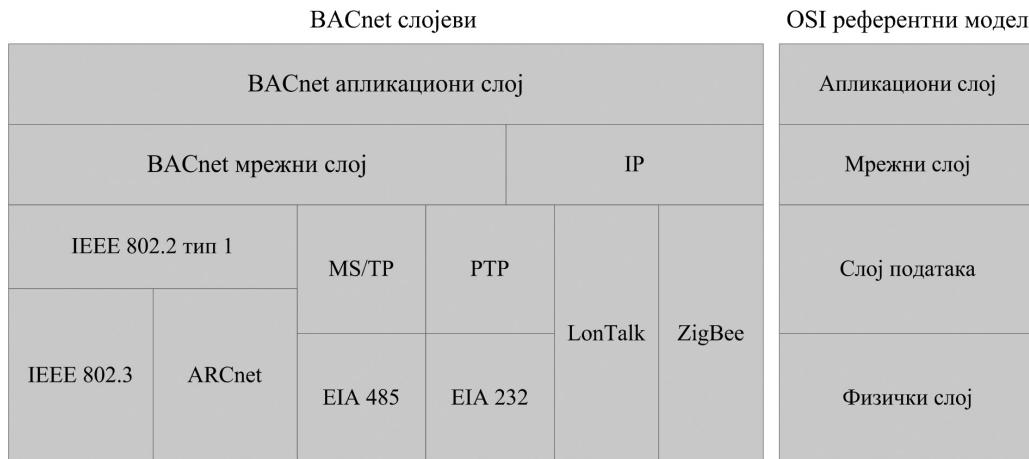
- **Сензори.** Прате стање из окружења и обавештавају о насталим променама (нпр. сензори: покрета, температуре, влажности ваздуха, детектори дима, и сл.).
- **Актуатори.** Извршавају физичке активности (нпр. механизми за отварање врата, прозора, аутоматски прекидачи за светло, аутоматско управљање ролетнама у зависности од временских прилика, и сл.).
- **Контролери.** Одлучују о операцијама уређаја на основу: претходно смештене логике, програмских сценарија и тренутних дешавања.
- **Модули.** Сваки уређај мора имати пријемник како би примао и извршавао команду.

3. Протоколи за аутоматизацију паметних кућа

Интелигентни уређаји у паметној кући комуницирају путем различитих протокола, чији одабир често зависи од избора производача. При интеграцији различитих интелигентних уређаја честа је некомпатибилност протокола [6] који се, углавном, разликују према обиму података што их размењују и брзини њихове обраде.

Протоколи погодни за аутоматизацију паметних кућа су:

- **BACnet.** Отворени комуникациони протокол заснован на OSI референтном моделу, који се користи у клијент-сервер окружењу за аутоматизацију објекта и управљање системима за климатизацију, грејање, отварање пожара и друго [7]. Овим протоколом се на универзалан начин представљају функције сваког уређаја (аналогни и дигитални улази и излази, управљачке петље, аларми и сл.) кроз дефинисање стандардних скупова информација који се називају објектима. Сваки објекат се јединствено идентификује нумеричким именом и садржи одређене атрибуте (нпр. аларми садрже следеће атрибуте: тренутна вредност, тип сензора, локација и сл.). Транспортни системи у BACnet архитектури користе различите мрежне стандарде (Ethernet, ZigBee, BACnet/IP), чији избор представља компромис између цене и захтеваних перформанси. Приказ BACnet архитектуре дат је на слици 11.2.



Слика 11.2: BACnet архитектура [7]

- **LonWorks.** Протокол за аутоматизацију паметних кућа. Чине га [8]: неурон-микропроцесор или микроконтролер, LonTalk комуникациони протокол и LonWorks мрежни сервиси. Комуникација уређаја повезаних LonWorks протоколом заснива се на P2P комуникацији и реализује се помоћу упредене парице, радио-фрејквенција, инфрацрвених зрака, коаксијалног кабла или оптичких влакана.
- **X10.** Омогућује контролу уређаја прикључених на кућну електричну мрежу [9]. Сваки уређај који је повезан на X10 систем има своју јединствену адресу која се састоји од кућног кода (енг. house code) и броја уређаја.
- **KNX.** Отворени протокол који се често користи за управљање већим бројем подсистема паметних кућа [10], као што су грејање, климатизација, вентилација, расвета и електрична енергија. Комуникација према KNX стандарду може се одвијати преко упредене парице, радио-фрејквенција, оптичких влакана и електричне линије. Повезивање KNX уређаја типично се реализује топологијом звезде. Постоје три мода за конфигурацију KNX уређаја:
 - Аутоматски мод (A-mode). Уређаји су унапред конфигурисани и намењени крајњем кориснику.
 - Једноставни мод (E-mode). Уређаји су унапред конфигурисани, али се додатно прилагођавају захтевима крајњих корисника.
 - Системски мод (S-mode). Сваки уређај се посебно конфигурише у зависности од захтева крајњих корисника.
- **DALI.** DALI стандард служи за управљање системима расвете [11], а регулише ниво осветљења у паметној кући. Користи се у комбинацији са сензором детекција покрета и сензорима који детектују јачину осветљења у просторијама. Омогућује команде типа укључи или искључи светло, управљање осветљењем према унапред дефинисаним сценаријима и подешавање нивоа осветљења.
- **ZigBee.** Често коришћен протокол у аутоматизацији паметних кућа. Погодан је за апликације које захтевају велики број уређаја, преносе мале количине података и захтевају малу потрошњу енергије уз високу сигурност преноса података.

4. Системи за управљање паметним кућама

Уређајима у паметној кући могуће је управљати помоћу [12]: прекидача повезаних на кућне инсталације, даљинског управљача, телевизора, фиксног телефона и унапред дефинисаних сценарија (путем рачунара, мобилних уређаја или екрана осетљивих на додир). Систем паметне куће омогућује управљање подсистемима као што су [12]:

- **Расвета.** Аутоматизација расвете подразумева укључивање, искључивање и пригушивање светла, а постиже се уградњом различитих модула у кућне електроинсталације или сензора и актуатора који реагују на дефинисане сценарије. Сценарији за управљање осветљењем у кући и ван ње омогућују укључивање или искључивање сијалица преко команда на даљинском управљачу, веб или мобилне апликације. Унутрашњи услови могу се мењати у зависности од дефинисаног сценарија (нпр. дан/ноћ): расвета се повеже с подизањем и спуштањем ролетни.
- **Грејање и климатизација.** Грејни и клима уређаји могу се аутоматски активирати, зависно од унапред одређених начина рада (нпр. у време јефтиније тарифе струје, режим лето/зима). Аутоматизацијом се остварују уштеде у потрошњи електричне енергије.
- **Видео надзор.** У паметним кућама за видео надзор најчешће се користе IP камере, које се могу контролисати преко интернета или мобилних уређаја. IP камере се покрећу у зависности од покрета у просторији или згради.
- **Алармни систем.** Аутоматизација алармног система омогућује аутоматску дојаву станарима у случају провале, поплаве, пожара итд. Могуће је активирати алармну сирену, расвету, затварање прозора и сл.
- **Остали системи.** У паметној кући може се управљати електричним уређајима, као што су бојлер, апарат за кафу, машина за веш, машина за судове, шпорет, фрижидер итд. Ови уређаји се најчешће аутоматизују у циљу уштеде електричне енергије. Изван паметне куће могуће је управљати отварањем и затварањем капије, гаражним вратима, баштенским заливним системом и сл.

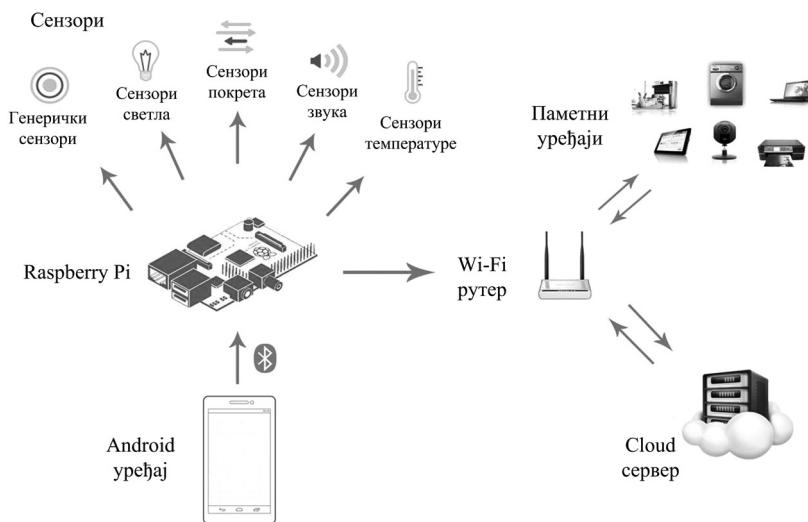
Додатни сервиси укључују [13]:

- **Паметно сандуче.** Поштанско сандуче детектује приспеће пошиљке и обавештава станаре.
- **Паметна врата.** Улазна врата са идентификацијом помоћу RFID тага, уместо кључева, са уgraђеним микрофоном, камером, дисплејом, аутоматским отварањем електричном резом и звучницима.
- **Симулатор вожње.** Гаража има симулатор вожње са циљем да процени способност возача.
- **Паметне ролетне.** Прозори са аутоматизованим ролетнама које се подешавају преко даљинског уређаја.
- **Паметни кревети.** Кревет у спаваћој соби има опрему за праћење образца спавања.

- **Паметан ормар.** Ормар у спаваћој соби предлаже коју одећу обући на основу спољашњих временских услова.
- **Паметан веш.** У комбинацији са паметним ормаром, технологије базиране на RFID-у обавештавају укућане када ће веш бити опран.
- **Паметно огледало.** Огледало у купатилу приказује поруке или подсетнике: на пример, да се узме преписани лек.
- **Паметно купатило.** Главно купатило обухвата сензоре за детектовање количине тоалет папира, регулатор температуре воде, дозер сапуна и слично.
- **Паметни екрани.** Преко екрана уређаја који се налазе у кући станари примају разноврсне информације.
- **Паметна микроталасна пећница.** Микроталасна пећница у кухињи аутоматски подешава време и јачину за ма које пакете замрзнуте хране и показује укућанима како да правилно припреме храну за кување.
- **Паметни фрижидер.** Прати доступност хране и потрошњу, детектује храну која није у реду, креира листу за куповину и даје савете за припрему оброка базиране на ономе што се налази у фрижидеру.
- **Паметне камере.** Сензори слика прате околину куће због приватности и безбедности.
- **Паметни под.** Сензори на поду идентификују и прате кретање укућана.
- **Паметни телефон.** Интегрише традиционалне телефонске функције са даљинским управљачем апаратца и медија плејера у дневној соби.
- **Паметни утикачи.** Сензори иза утичнице у дневном боравку, кухињи и спаваћој соби детектују присуство електричних апаратца и везују их на даљински надзор.
- **Паметни термостати.** Подешавају стање ваздуха и топлоту у целиој кући према дневним задацима или контексту.
- **Паметни детектор за цурење воде.** Сензори у гаражи и кухињи откривају цурење воде из машине за прање, машине за судове или бојлерса.
- **Паметни шпорет.** Надгледа употребу и упозорава станара ако је остао укључен.
- **Паметни пројектор.** Приказује сигнале, подсетнике и обавештења о догађајима на зиду дневне собе.
- **Систем за праћење безбедности.** Континуирано прати да ли су прозори отворени или затворени и врата откључана.
- **Систем за хитан позив за помоћ.** Прати потенцијалне ванредне ситуације, пита станаре ако сумња на нешто и позива у помоћ уколико је то потребно.
- **Когнитивни асистент.** Води станаре кроз различите задатке и користи аудио и визуелне сигнале да подсети на узимање лекова, заказане обавезе итд.

5. Пример примене у пракси

Један од примера система за аутоматизацију паметне куће који омогућује прикупљање и анализирање података из окружења развијен је у оквиру Елаба [14]. Систем паметне куће се заснива на (слика 11.3): 1) групи интелигентних уређаја који прате температуру у просторијама куће, покрет, осветљење, озвучење и сл., 2) Raspberry Pi уређају, 3) сервер систему и 4) Bluetooth комуникационом протоколу. Развијена Андроид апликација омогућује контролу интелигентних уређаја и уређаја у оквиру паметне куће (телевизор, камера, рачунар, шпорет, веш машина итд.).



Слика 11.3: Систем за аутоматизацију паметне куће [14]

У оквиру паметне куће може се аутоматизовати и кућни медија центар [15][16]. Један од примера кућног медија центра развијен је у оквиру Елаба. Развијени кућни медија центар користи клијент-сервер архитектуру повезану за мрежно складиште мултимедијалних садржаја. Интелигентни уређаји омогућују идентификовање присуства човека у окружењу, и помоћу техника амбијенталне интелигенције корисник добија препоруку за преглед мултимедијалног садржаја. Уређајима у оквиру паметне куће може се једноставније управљати и помоћу гласовних команда. За више детаља погледати примере број 19 и 30 из Практикума [17][18].

Примери управљања расветом у оквиру паметне куће приказани су у Практикуму (примери 1 и 9). У примеру број 3 приказан је систем за детектовање дима у паметној кући, детектовање покрета у паметној кући приказано је у примеру број 5, док је комплетно пројектовање паметне куће представљено у примеру број 18 [18].

ЗАКЉУЧАК

Паметна кућа је пример конструктивне употребе напредних хардверских, софтверских и комуникационих технологија како би се станарима омогућио удобан, сигуран и једноставан свакодневни живот. Заснована је на концепту интегрисаног и оптимизованог система централизованог управљања стамбеним простором, с фокусом на енергетској ефикасности и потпуној контроли окружења. Предности су следеће: могућност аутоматизације разних процеса и радњи, олакшавање свакодневних послова, повећање комфорта и уштеда енергије која се доводи тамо где, када и колико је потребна.

Посебна предност огледа се у олакшавању свакодневног живота болесним и старијим лицима: на пример, особама оштећеног вида које не користе екран осетљив на додир, графичке информације и текстове на екрану или особама оштећеног слуха које не могу да примају звучне информације. За старије је већ познато да имају тешкоће с коришћењем прекидача, нумеричких тастатура, екрана осетљивих на додир и говора за унос података. Највеће ограничење за ширу примену јесте висока цена имплементације, али се очекује да ће градња паметних кућа и станова убудуће бити подстицана.

ПИТАЊА

1. Које су основне карактеристике паметне куће?
2. Како се могу класификовати паметне куће са аспекта функционалности?
3. Објаснити разлику између програмабилних и интелигентних кућа?
4. Који су нивои у основном облику архитектуре паметне куће?
5. Која три типа архитектуре паметних кућа постоје и шта их одликује?
6. Који протоколи се користе за аутоматизацију паметних кућа?
7. Направити анализу функционалности протокола за аутоматизацију паметне куће?
8. Којим уређајима и инсталацијама се најчешће управља у паметној кући?
9. Навести примере примене Bluetooth протокола у паметној кући?
10. Како се може имплементирати кућни медија центар као део паметне куће?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] S. S. Intille, „Designing a Home of the Future”, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 1, no. 2, pp. 76-82, 2002.
- [2] S. Madakam and R. Ramaswamy, „Smart Homes (Conceptual Views)”, in: Proceedings of the 2nd International Symposium on Computational and Business Intelligence, 2014, pp. 63-66.
- [3] L. Hongyan, „Design and Realization of Smart Home Terminal Applications Based on IOT Technology”, *International Journal of Smart Home*, vol. 9, no. 8, pp. 123-132, 2015.
- [4] F. K. Aldrich, „Smart Homes: Past, Present and Future”, in *Inside the Smart Home*, London, England: Springer, 2003, pp. 17-39.
- [5] C. Yang, B. Yuan, Y. Tia, Z. Feng and M. Wei, „A Smart Home Architecture Based on Resource Name Service”, in: Proceedings of the 17th International Conference on Computational Science and Engineering, 2014, pp. 1915-1920.

- [6] Y. Li, „Design of a Key Establishment Protocol for Smart Home Energy Management System,” in: Proceedings of the 5th International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks, 2013, pp. 88- 93.
- [7] T. J. Park and S. H. Hong, „Experimental Case Study of a BACnet-Based Lighting Control System”, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 322-333, 2009.
- [8] S. Chemishkian, „Building smart services for smart home,” in: Proceedings of the 4th International Workshop on Networked Appliances, 2002, pp. 215-224.
- [9] A. P. N. Fahmi, E. Kodirov, A. Ardiansyah, C. Deokjai and G. Lee, „Hey Home, Open Your Door, I'm Back! Authentication System using Ear Biometrics for Smart Home”, *International Journal of Smart Home*, vol. 7, no. 1, pp.173-182, 2013.
- [10] W. S. Lee and S. H. Hong, „KNX-ZigBee Gateway for Home Automation”, *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 17, no. 7, pp.720-729, 2013.
- [11] P. Anuja and T. Murugeswari, „A novel approach towards Building Automation through DALI-WSN Integration”, *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 7, no. 4, pp. 1-5, 2013.
- [12] H. T. Lin, „Implementing Smart Homes with Open Source Solutions”, *International Journal of Smart Home*, vol. 7, no. 4, pp. 289-296, 2013.
- [13] S. Helal et al., „The Gator Tech Smart House: a programmable pervasive space”, *Computer*, vol. 38, no. 3, pp. 50-60, 2005.

12

ПАМЕТНЕ УЧИОНИЦЕ

Развој информационих технологија омогућио је промене у дизајнирању учионица, реализацији наставних активности и начину учења [1]. Нове образовне методе имају за циљ већу интерактивност, што се може постићи увођењем паметних учионица [2].

Паметне учионице се дефинишу као интелигентно окружење опремљено хардверским и софтверским елементима, као што су сензори, камере, уређаји за препознавање лица и говора, паметне табле, паметни симподијум и други [3]. Циљ развоја паметних учионица јесте да студентима пружи пријатан амбијент који ће позитивно утицати на њихово интересовање за учешће у наставном процесу.

Електронско образовање често се користи као додатак класичном, а представља се као комбинација елемената попут онлајн учења, учења на даљину и сл. [4].

Учење је сложен психички процес усвајања нових знања или промене понашања на основу нових знања; процес меморисања информација и њиховог повезивања у смислену целину. На то утичу следећи чиниоци: основне људске потребе, способност за учење и ангажованост наставника и студента [5][6]. Највећи изазов за предаваче јесте како ефикасно пренети знање студентима и подстаки њихово интересовање. Свеприсутни технолошки напредак омогућио је предавачима да користе помагала и уређаје да олакшају учење и наставу учине интересантнијом.

1. Карактеристике паметних учионица

Паметне учионице су опремљене мултимедијалном опремом, а пројектоване су тако да повећају ефикасност преноса знања и учења представљајући синергију традиционалних предавања, технологије и корисничког интерфејса [7].

Примена информационих технологија у паметним учионицама омогућује постизање циљева као што су [8]:

- Предавање и учење на даљину.
- Учешће студената у реализацији наставног процеса.

- Пријатно окружење за наставне активности.
- Већа доступност наставних садржаја.

Паметне учионице су, у суштини, интелигентни простори у којима се примењују различити сценарији наставног процеса са дефинисаним групама корисника. Аутоматски се бележи присуство предавача и студената, снимају предавања и складишти снимљени материјал. Паметна учионица је оспособљена да анализира гласове, конверзацију, покрете и понашање, на основу чега се процењује квалитет предавања, и то се мери директно и резултати се предавачу приказују у реалном времену.

Нове генерације учионица опремљене су ИТ инфраструктуром и савременим технологијама за извођење наставе. Са аспекта инфраструктуре одликују се [8]:

- Једноставним повезивањем опреме.
- Интернет конекцијом.
- Могућношћу наставника да јој приступају на даљину, управљајући хардверском и софтверском опремом.
- Опремом која не захтева напредна техничка знања и
- Могућношћу тестирања знања и физичких фактора у реалном времену.

Паметне учионице доприносе оптимизацији презентације наставних материјала и погодне су за интерактивно коришћење ресурса учења [9]. Учионица је паметна уколико приказује наставни материјал, прилагођава се потребама корисника и омогућује приступ на даљину и интерактивност.

Системи за управљање у паметној учионици управљају опремом, безбедношћу и физичком заштитом. Техничка опрема је подршка наставном процесу, омогућујући бржи и занимљивији приступ настави и проверу знања.

У паметним учионицама се прате температура, загађеност ваздуха, светлост, звук, мирис итд. Распоред седења је флексибилан у циљу извођења разноврсне наставе.

2. Техничка опремљеност паметних учионица

Нове методе учења ослањају се на технолошке иновације да би се студентима олакшало да се потпуно посвете усвајању знања. Доступност материјала са предавања их ослобађа прављења белешки, чиме се усмеравају на само учење и на комуникацију с предавачем.

Према хардверској и софтверској опремљености, паметне учионице могу бити [3]:

- основне,
- прелазне и
- напредне.

2.1. Хардверска опремљеност

Хардверска опрема варира у зависности од типа учионице. Највећи број паметних учионица поседује [8]:

- умрежени рачунар с пратећом опремом,
- проектор и платно,
- DVD и мултимедијални плејер,
- контролне уређаје (даљински управљачи за гласање, контролни панели),
- микрофоне, звучнике и другу аудио опрему,
- симподијум интерактивне мониторе (SMART Podium interactive pen display),
- документ камере,
- паметне интерактивне табле.
- паметни сто и
- Airliner плочу.

Уређаји у паметној учионици су повезани LAN и WLAN технологијама.

Проектор приказује наставни садржај на платну и може бити повезан са DVD и мултимедијалним плејером, рачунаром или другим уређајем.

У контролне уређаје спадају контролни панели и даљински управљачи за гласање. Помоћу контролног панела предавач контролише остале уређаје у настави: паметну таблу, проектор, рачунаре, звучнике и тако редом, подешавајући осветљење и озвучење и управљајући интерактивним системом за паметно гласање [8].

Даљински управљачи за гласање обично су бежично спојени с паметном таблом, а студенти их користе да одговарају на анкете, тестове и квизове бирајући један од понуђених одговора [10].

За гласање се могу употребити и мобилни телефони. Микрофони, звучници и остало аудио опрема саставни су део сваке паметне учионице [11], јер обезбеђују да се предавачеве речи чују јасно и разговетно.

Симподијум интерактивни монитор или смарт подијум [11] састоји се од интерактивног екрана рачунара или таблет уређаја, који омогућују да се обележе и истакну битни делови презентације, укључује интерактивне алате за креирање презентација и лекција. Предавач тако контролише апликације и манипулише ставкама на екрану (*слика 12.1*). Симподијум омогућује коришћење алата за рад са документима, веб претраживача и других апликација [3].

Документ камере директно приказују садржаје [8]. Интерактивном оловком се пише или црта по њеној плочи, при чему се запис може претворити у дигитални облик. Документ камере се користе и за приказивање увеличаних предмета како би они били јасно видљиви [12]. На *слици 12.2* приказана је документ камера.



Слика 12.1: Паметни симподијум



Слика 12.2: Документ камера

Паметне интерактивне табле користе пројектор за приказивање материјала који се генеришу на рачунару [8], с могућношћу избора елемената, превлачења садржаја из директоријума, писања фломастером, при чему писани запис прелази у дигитални облик. Оне омогућују мултимедијалну пројекцију, приказ великих и јасних слика, видео записа и осталих наставних материјала [12], што нарочито погодује студентима с посебним потребама (лакше виде, читају и ефикасније прате наставу).

Основне карактеристике паметних интерактивних табли:

- Једноставне за употребу.
- Олакшавају припрему и извођење наставе.
- Омогућују интеракцију и олакшавају праћење предавања.
- Обезбеђују снимање и поновно приказивање предавања.

Приказ паметне интерактивне табле дат је на *слици 12.3.*



Слика 12.3: Интерактивна табла

Паметни сто је мобилни уређај с површином осетљивом на додир и отпорном на гребање и деловање течности [12], који позитивно утиче на групни рад и креативност најмлађих ученика (*слика 12.4*). Наиме, ученици паралелно користе екран и решавају поједине проблеме. Нарочито је погодан за обуку деце са инвалидитетом и ометене у развоју.



Слика 12.4: Паметан сто

Airliner плоча обезбеђује бежичну везу са интерактивном таблом или симподијумом на удаљености до 15 метара. Оловком без батерија и плочицом исписују се белешке а дигиталним маркером издавају поједини делови садржаја (*слика 12.5*).



Слика 12.5: Airliner плоча

2.2. Софтверска опремљеност

Постоји више софтверских алата за имплементацију у паметним учионицама, чија примена наставу чини ефикасном. Већина алата је комерцијална, уз комплетну подршку при инсталацији и одржавању. Пример оваквог решења за паметне учионице јесте SMART tech education solutions, који обухвата следеће пакете [13]:

- **SMART Sync classroom management** студентима нуди иновативно учење, а наставницима помаже да своја предавања учине занимљивијим.
- **SMART Classroom Suite interactive learning** олакшава размену података између корисника и група, што наставнику омогућује да задаје задатке који се решавају групно или појединачно и да у реалном времену види шта студенти раде. Обезбеђена је ауторизација приступа документима, чиме се штите фајлови који нису за студенте.
- **SMART Bridgit** пакет омогућује студентима сарадњу и рад с колегама изван учионице, јер могу директно да прикажу своје мониторе на паметној табли или да их међусобно размењују у реалном времену.

- **SMART amp collaborative learning** алат повезује паметне уређаје у учионици, тако да професори могу да постављају материјал за наставу. Софтвер је компатибилан с Гугл налогом и улоговани корисник бесплатно користи Google drive cloud простор.

2.3. Паметни уређаји у учионицама

У паметним учионицама се користе сензори за детекцију [8] покрета, звука, температуре, светlostи, пожара и слично и актуатори за регулисање осветљења, озвучења, температуре и укључење аларма.

Помоћу светлосних сензора и доброг осветљења побољшавају се услови за учење, смањује потрошња енергије и побољшава безбедност у просторији. Наставници сами бирају различите начине осветљавања, обезбеђујући довољно светlostи за камере које треба ваљано да сниме и пренесу видео информације из учионице.

Сензор за детекцију пожара дизајниран је за откривање пожара. Дојава може бити аутоматска, ручна или обједињена. Првом се аутоматски упозоравају људи да напусте просторију и позива хитна ватрогасна служба.

Топлотни сензор мери температуру у учионици, а регулише је регулатор топлоте на чијем се улазу он налази. Регулатор упоређује тренутну температуру са жељеном и подешава је на одговарајућу вредност.

Интелигентни алармни системи омогућују:

- Активирање аутоматизованих уређаја у случају аларма (паљење-гашење расвете, спуштање ролетни, активирање звучног упозорења).
- По потреби активира алармне сирене и обавештава надлежне службе.

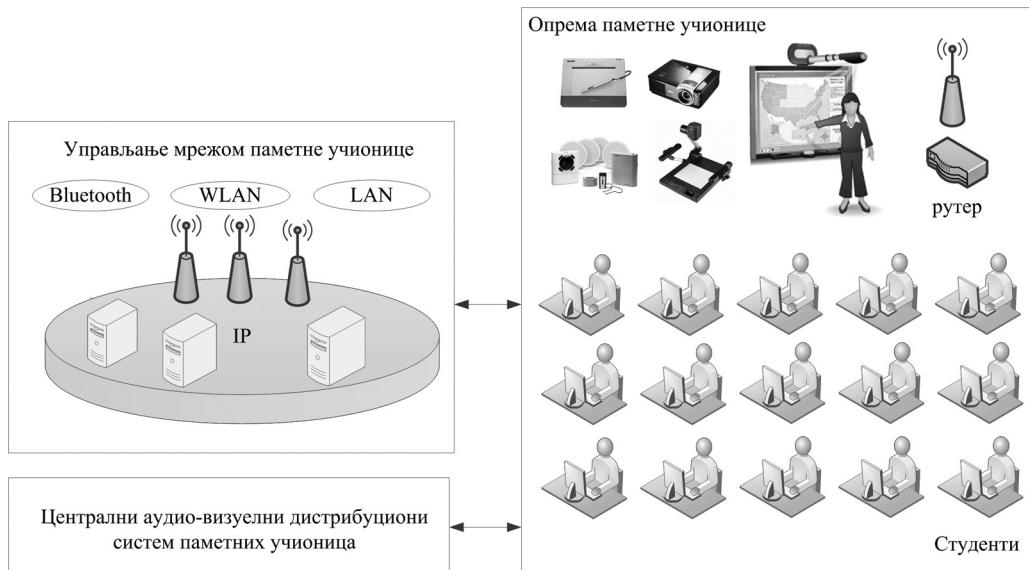
PIR (енг. Passive Infrared) сензор [14] је електронски уређај који се, мерећи инфрацрвену светlost, користи за детекцију покрета током наставе у паметној учионици: излаз је 0 ако није детектовано кретање, а 1 уколико је детектовано.

3. Инфраструктура паметних учионица

Инфраструктура паметне учионице треба да омогући једноставно и флексибилно коришћење наставних ресурса и пријатан амбијент за наставу и учење. Приликом пројектовања паметне учионице потребно је дефинисати следеће елементе:

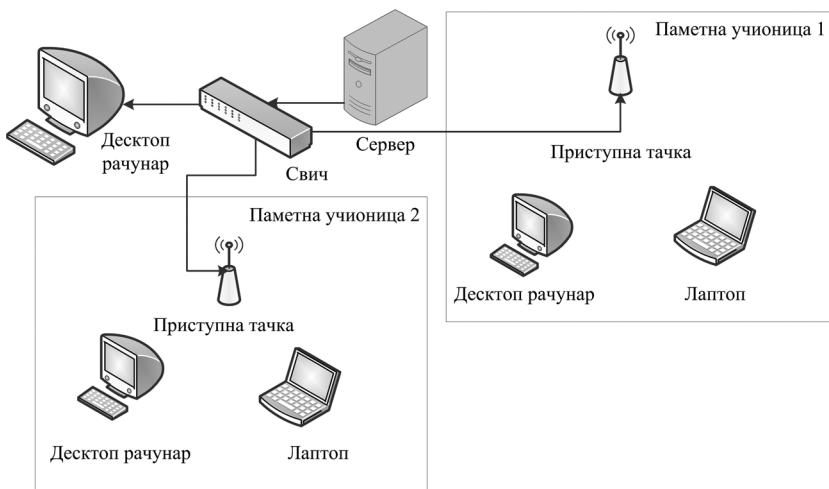
- величину простора,
- акустичност,
- осветљење,
- техничку опремљеност,
- мобилност и
- флексибилност.

Основа паметне учионице чине мрежна инфраструктура и рачунарска опрема: рачунари, сервери, рутери, проектори, платна, паметне табле, аудио-видео опрема итд. Приказ инфраструктуре паметне учионице дат је на слици 12.6.



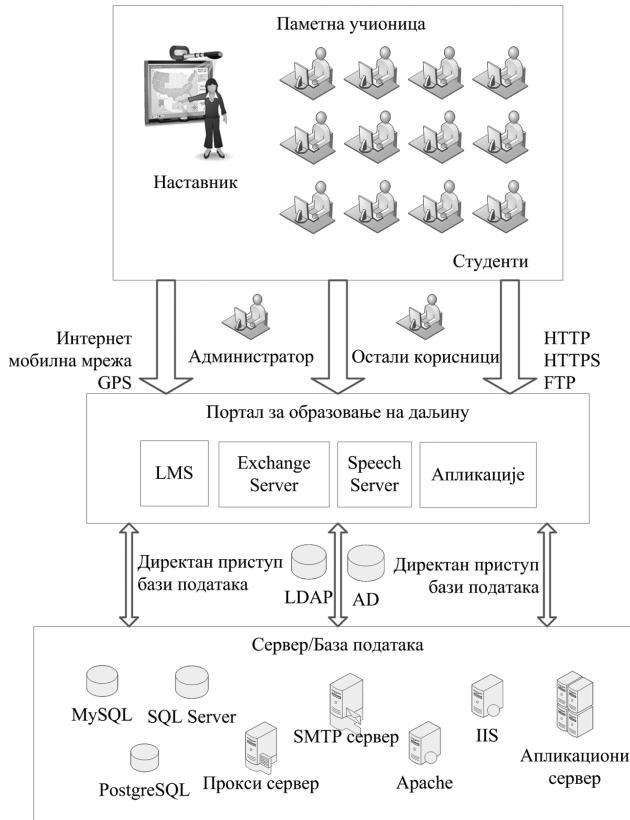
Слика 12.6: Инфраструктура паметне учионице

За повезивање опреме у паметној учионици мора да постоји базна станица преко које се уређаји повезују на интернет. Приказ LAN и WLAN повезивања уређаја дат је на слици 12.7.



Слика 12.7: LAN/WLAN у паметним учионицама

Поред хардвера, важну улогу имају софтверски алати за управљање учионицом, комуникацијом корисника и учењем. Приказ софтверске инфраструктуре паметне учионице дат је на слици 12.8.



Слика 12.8: Детаљна инфраструктура паметне учионице

Предавач управља помоћу контролног панела и уређаја за даљинско управљање. Контролним панелом се управља опремом, приступа наставним материјалима и бележи присуство и учешће студената у настави, комуницира са студентима итд. Сваки студент има свој рачунар, периферне уређаје и контролну кутију помоћу које подешава јачину звука на слушалицама или микрофону.

4. Врсте паметних учионица

Паметне учионице могу се поделити на следеће [7]:

- виртуелни асистенти,
- автоматизовано снимање предавања,
- дигитализација писаних материјала,
- системи за аудио-видео конференције и
- виртуелизација учесника.

Виртуелни асистенти мапирају људски говор и покрете и користе их као инструкције за извођење неких активности [7]. Тако се, на пример, на гласовну команду мењају слайдови на презентацији или укључује пројектор.

У виртуелне асистенте могу се сврстати уређаји који функционално замењују више других, као што је ласерска оловка која одмењује миша.

Аутоматизовано снимање предавања омогућује чување видео записа предавања, праћење кретања предавача и препознавање акција корисника [7]. Активирање снимања може се подесити у одређено време или мануелном наредбом. Предност овакве паметне учионице јесте могућност репродуковања видео записа путем интернета студентима који студирају на даљину.

Дигитализацију писаних материјала омогућује паметна учионица у којој се рукопис трансформише у електронски формат [7]. Писањем на паметној табли или aig-liner плочи материјал се аутоматски чува у електронском облику.

Дигитализација писаних материјала одвија се на два начина [7]:

- **Пребацивање постојећих материјала у електронски облик.** За ову врсту користе се програми за препознавање текста.
- **Креирање нових дигиталних материјала.** Подразумева коришћење паметних плоча и паметних табли за писање. Све што је на предавању записано на паметној табли остаје упамћено и приступачно корисницима.

Системи за аудио-видео конференције широко су заступљени и користе се за успостављање двосмерне комуникације [7]. Видео-конференција је комуникација којом се звук и слика преносе између више локација, а чине је [7]:

- **Кодек.** Кодек преузима долазне аудио и видео сигнале из камера и микрофона и кодира их у дигитални формат. Кодек уређаји могу бити у склопу рачунара или инсталирани као софтвер на рачунару.
- **Камера.** Основна функција камере јесте снимање видео информација и њихово слање кодеку. Сложеније PTZ (pan-tilt-zoom) камере са даљинским управљањем се померају лево-десно (pan), горе-доле (tilt) и мењају фокус (zoom). Неке могу да прате покрете предавача помоћу инфрацрвеног сензора који он носи на себи или су у стању да лоцирају говорника посредством више сензора.
- **Монитор.** Монитори су видео излазни уређаји; представљају рачунарске мониторе, велике ТВ екране и проекторе.
- **Осветљење.** Осветљење у просторији треба да обезбеди довољно светlostи за камере како би оне верно снимиле и пренеле видео информацију.
- **Аудио системи.** Добар квалитет репродукције звука важан је при планирању учења на даљину, при чему је битно да се испуне два услова: снимање и репродукција. Звук се снима микрофонима; стони омогућују учесницима да постављају питања, али су они на плафону боље техничко решење. За предаваче се обично постављају на подијуму или их он носе на себи или држе у руци. Звук се репродукује кроз звучнике.
- **Контролна јединица.** MCU (енг. Multipoint Control Unit) уређај се користи када се видео-конференција истовремено одвија на више локација.

Предности наведених типова учионица јесу: функционалност и сврсисходност коришћења простора и техничке опреме, већа заинтересованост и интелектуална ангажованост студената, реализација проблемски оријентисане наставе, могућност примене разноврсних наставних метода и система, квалитетнија организација рада са студентима с посебним потребама и онима с додатним интересовањима.

5. Пројектовање паметних учионица

Пројектовање паметне учионице је сложен процес који се састоји од следећих чинилаца:

- прикупљања података о простору у коме она треба да се формира,
- испитивање постојеће инфраструктуре (одређивање статуса),
- дизајна и распореда сензора и актуатора,
- имплементације паметног окружења и
- унапређење према захтевима корисника.

Дизајн паметне учионице директно зависи од наведених чинилаца, а заснива се на њеној величини. Распоред сензора и других уређаја прави се према захтевима акустичности и осветљења. Није мање важно ни колико има простора за размештај клупа и столица. Наравно, битна је њена сврха: да ли је намењена стандардној употреби или специјалним потребама, као што су учионице за видео конференцију. Трошкови увођења зависе од тренутне техничке опремљености: уколико је опремљена рачунарима, проекторима и осталим скупљим елементима, онда је трансформација у паметну учионицу прилично јефтинија. При дизајнирању се, свакако, мора имати у виду да се корисници угодно осећају. Зато у обзир треба узети: расположивост технологије, доступна средстава, постојеће стандарде и добру праксу. Појединачни чиниоци који се не смеју изоставити јесу:

- **Наставне технике.** Различити стилови наставе захтевају различите учионице и прилагођавање окружења и опреме. Пројектант мора имати на уму да она буде подједнако добра за све предаваче. Једне лекције је боље предавати у традиционалној учионици, за друге је потребно да студенти седе у кругу или да одговарају на питања преко својих рачунара.
- **Преференције учења.** Једни студенти брже напредују у групи, док је другима потребна већа пажња предавача. Прилагодљивост у учењу боље задовољава потребе студената.
- **Презентације лекција.** Динамичне наставне методе више ангажују студенте, што се постиже разноврсном презентацијом лекција.
- **Развој технологије.** Рачунари у учионици, електронски уџбеници и мултимедијалне презентације неки су од начина да се буде у складу с модерним технологијама.

6. Пример примене у пракси

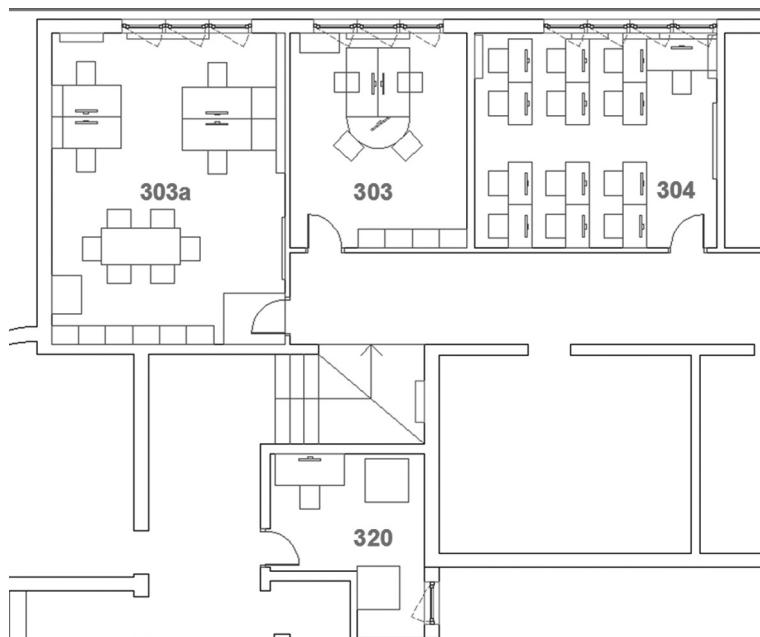
Један од успешних примера паметне учионице налази се на Катедри за електронско пословање (Елаб) Факултета организационих наука у Београду.

Хардверска инфраструктура Елаба представља основу за квалитетну реализацију наставног процеса, омогућујући виши ниво доступности, скалабилности и поузданости, бржи приступ сервисима намењених студентима и бољу сарадњу с другим научноистраживачким установама, предузећима и државним институцијама.

Рачунарска мрежа на хијерархијском моделу повезује сервере, радне станице и осталу опрему са спољним светом, обезбеђујући гигабитни проток између повезаних уређаја и паралелно функционисање више одвојених виртуелних мрежа.

Просторна организација обухвата две канцеларије, једну учионицу и серверску собу (*слика 12.9*):

- Канцеларија 303a има четири радна места за запослене, с десктоп рачунарима, проектором, штампачем и неопходним мобилијаром.
- Канцеларија 303 има два радна места за запослене, са истоветном опремом.
- Учионица 304 има дванаест места за студенте с десктоп рачунарима и једно место за наставника с десктоп рачунаром и неопходним мобилијаром.
- У просторија 320 се налази серверска инфраструктура. Све просторије су повезане ходником.



Слици 12.9: Просторна организација Елаб-а

Учионица 304 је правоугаоног облика, површине око 20 m^2 , и има седишта за 12 студената, што је максимални број, а да се при томе не угрози осећај удобности.

Испуњени су сви до сада наведени захтеви, а то подразумева следећу опрему:

- паметна табла,
- озвучење,
- микрофони на сваком столу.
- информативни дисплеј испред врата,
- сензори температуре, влажности ваздуха и емисије штетних гасова,
- тастери за гласање на сваком столу и
- неколико камера за снимање предавања из више углова.

Паметна табла повећава степен интерактивности предавања; за разлику од традиционалне, она служи као улазно-излазна РС периферија омогућујући интеракцију професора и студената с наставним материјалима.

Озвучење је битан услов за боље праћење наставе, зато звучници треба да буду распоређени по целој учионици. Ако је могуће, ваља их окочити на зидове да би заузимали што мање простора. Звучници су повезани с појачалом које комбинује звуке из микрофона и рачунарске изворе звука.

Микрофони су на сваком столу; уколико студент за време наставе постави питање, остали и професор треба разговетно да га чују.

Информативни дисплеј налази се испред кабинета, тако да студенти у ходнику прате актуелне информације и податке очитане из сензора у учионици. Он уједно служи за приказивање редоследа чекања на консултације, а заинтересовани помоћу мобилне апликације или прислањањем телефона на NFC таг залепљен за врата узимају број у реду.

Различити сензори прикупљају податке из окружења: самој учионици за температуру, влажност ваздуха и ниво гасова CO и CO₂. Зависно од очитаних вредности, активирају се клима-уређај или јонизатор ваздуха.

На сваком столу је по пет тастера за гласање помоћу којих студенти бројевима од 1 до 5 оцењују предавача.

У учионици је постављено више камера које је снимају из различитих углова. Снимци се стримују на сервер, чиме се омогућује праћење предавања на даљину за студенте који не могу да присуствују предавањима. Корисници сами бирају жељени угао камере у оквиру система за учење на даљину.

Реализација образовног процеса у паметној учионици може се прилагодити потребама студената и наставника коришћењем адаптивног образовања [15], мобилног образовања [16], проширене реалности [17] и wearable computing-a [18]. Примена концепта адаптивног образовања у паметним учионицама односи се на прилаго-

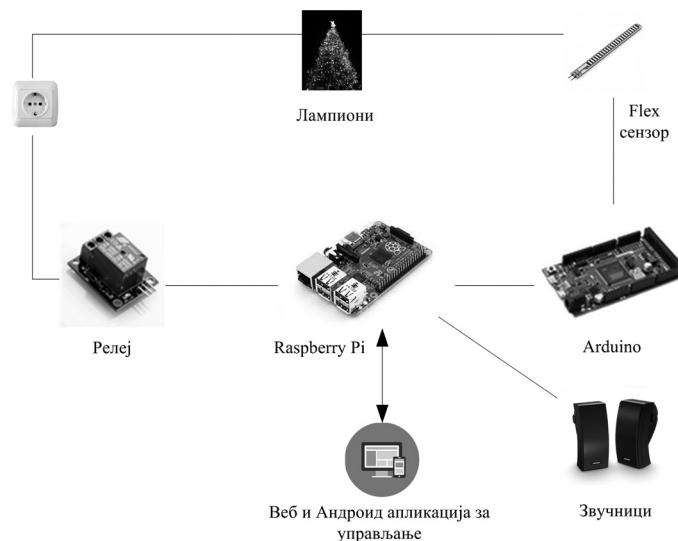
Ђавање испоруке наставних материјала студентима и прилагођавање амбијента погодног за учење [15]. Применом мобилног образовања и проширене реалности, наставници и студенти могу да буду у интеракцији са паметном учионицом путем мобилних уређаја [17]. Као подршка наставном процесу могу се користити wearable уређаји. Један од модела примене wearable computing-а у систему е-образовања развијен је у оквиру Елаба (слика 12.10) [18].



Слика 12.10: Модел примене wearable computing-а у паметној учионици [18]

Такође, у оквиру Елаб паметне учионице могуће је управљати паметним системом осветљења и озвучења (слика 12.11). Студенти током новогодишњих празника могу коришћењем веб апликације да активирају осветљење паметне јелке и музiku [19].

У примеру број 15 из Практикума, представљен је систем за управљање климатизацијом у паметној учионици [20]. Уређајима у оквиру паметне Елаб учионице могуће је управљати коришћењем Xively IoT платформе (пример 16 из Практикума) и Елаб IoT платформе (пример број 29 из Практикума). Развој паметне Елаб учионице представљен је у примеру број 17 из Практикума [20].



Слика 12.11: Модел паметног новогодишњег окружења у паметној учионици [19]

ЗАКЉУЧАК

Паметне учионице уводе иновативни начин предавања и учења у наставни програм. Циљ јесте повећање креативности и сарадње учесника, обезбеђење боље комуникације и унапређење укупне ефикасности, што подразумева коришћење онлајн материјала, презентација, видео и аудио записа, анимација интегрисаних у систем и сл. Применом нових решења говорних технологија биће омогућено разумевање конверзације, препознавање говорника и покрета и анализа понашања наставника у паметним учионицама. Овакви приступи послужиће у оцењивању квалитета наставника, наставе и градива омогућујући да се у реалном времену мења наставни материјал.

ПИТАЊА

1. Објаснити појам паметне учионице?
2. Објасните циљеве примене информационих технологија у паметним учионицама.
3. Објаснити појам паметне интерактивне табле. Навести предности коришћења паметних интерактивних табли?
4. Објасните примену паметног симподијума у оквиру паметне учионице?
5. Објасните инфраструктуру паметне учионице?
6. На који начин се може реализовати дигитализација писаних материјала у паметним учионицама?
7. Које факторе треба узети у обзир приликом дизајнирања паметне учионице?
8. Које врсте паметних учионица постоје? Објаснити?
9. Који сензори се могу користити у паметним учионицама? Навести примере примене различитих сензора у паметним учионицама?
10. Објаснити појам адаптивног образовања у паметним учионицама?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] C. A. Tomlinson, *What Is a Differentiated Classroom?, The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners*, Alexandria, USA: ASDCD, 2014, pp. 1-14.
- [2] C. O'Driscoll, „Smart Classroom Technology”, in: *Advances in Technology, Education and Development*, Rijeka, Croatia. InTech, 2009, pp. 27-48.
- [3] D. Niemeyer, *Hard Facts on Smart Classroom Design*, Rowman&Littlefield, Lanham, USA, 2003.
- [4] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus. *Elektronsko poslovanje*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2015.
- [5] D. Narum et. al., „Learning Spaces for Innovation”, in: Proceedings of the International Conference NCPIA”, 2010, pp. 1-4.
- [6] J. D. Bransford et al., *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, Washington, USA: National Academy Press, 2000.
- [7] N. Gligorić, A. Uzelac and S. Krco, „Smart Classroom: From Conceptualization to Construction”, in: Proceedings of the International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2012, pp. 391-394.
- [8] W. Qin, S. Yuanchun and S. Yue, „Ontology-based context-aware middleware for smart spaces”, *Tsinghua Science and Technology*, vol. 12 , no. 6, pp. 707-713, 2012.

- [9] S. Song, X. Zhong, H. Li and J. Du, „Smart Classroom: From Conceptualization to Construction”, in: Proceedings of the International Conference on Intelligent Environments, 2014, pp. 330-332.
- [10] I. Menchaca, M. Guenaga and S. Romero, „Mobile devices, powerful teaching tools in the engineering classroom”, in: Proceedings of the International Conference on Global Engineering Education Conference, 2015, pp. 577-581.
- [11] T. Mantoro, M. A. Ayu, E. Habul and A. U. Khasanah, „Survnvote: A free web based audience response system to support interactivity in the classroom”, in: Proceedings of the International Conference on Open Systems, 2010, pp. 34-39.
- [12] Z. Chaczko, W. Alenazy, L. Carrion and A. Tran, „Augmented Reality based monitoring of the remote-lab”, in: Proceedings of the International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, 2014, pp. 1-5.
- [13] SMART amp™, Доступно на: <http://education.smarttech.com> [05.10.2015].
- [14] A. H. Alkhayat, N. Bagheri, M. N. Ayub and N. F. M. Noor, „Fever detection & classroom temperature adjustment: Using infrared cameras”, in: Proceedings of the International Conference on Consumer Electronics, 2015, pp. 240-241.

13 ПАМЕТНЕ КАНЦЕЛАРИЈЕ

Паметне канцеларије (енг. smart office) представљају решења намењена пословним зградама, конференцијским салама, showroom-овима, судским зградама, владиним здањима [1]. Сврха паметних канцеларија је да обезбеде квалитетне услове за рад, комфор, безбедност, управљање опремом и енергетску ефикасност. У паметним канцеларијама се управља грејањем, хлађењем, осветљењем, противпожарним и противпровалним системима заштите.

1. Појам паметне канцеларије

Под паметном канцеларијом најчешће се подразумева простор у коме запослени самостално или интерактивно ради с колегама посредством напредних информационих технологија, одржавајући састанке, презентације и обуке. Запослени треба да поседује лаптоп, мобилни телефон, таблет или други терминални уређај, а све остало је обезбеђено: намештен климатизован простор, сигурносне камере, управљање осветљењем, брзи интернет, канцеларијски материјал, мултифункционални уређаји итд.

Паметна канцеларија подразумева примену паметних уређаја и апликација, с циљем да се на користан, адаптибилан, активан и ненаметљив начин успостави интеракција радног простора с корисницима [2]. Примењена решења могу бити:

- проактивна (нпр. у управљању потрошним канцеларијским материјалом),
- аутономна (делују самостално),
- предиктивна (предвиђају људске потребе) и
- аутоматска (у неким случајевима замењују корисника).

У простору паметне канцеларије распоређени су сензори, контролери, актуатори итд. Паметном канцеларијом могуће је управљати помоћу даљинског управљача, веб или мобилне апликације или екрана осетљивог на додир. На основу података из сензора интелигентни агенти могу да схвате пословне процесе и да путем актуатора покрену поједине активности без учешћа људи.

2. Карактеристике паметних канцеларија

Паметне канцеларије су често део паметних зграда. Главне особине паметних канцеларија су [3]:

- енергетска ефикасност,
- безбедност,
- комфор и практичност расположивог простора,
- брза размена информација и квалитетна комуникација и
- забава.

Енергетска ефикасност представља део ширег концепта енергетски ефикасне пословне зграде [4], у којој се централизовано управља потрошњом електричне енергије и спроводе мере заштите животне средине. Учинак уштеда електричне енергије креће се од 30% до 50%, а да би се постигао подешавају се јачина и начин осветљавања, грејање и хлађење просторија.

Безбедност паметне канцеларије може се унапредити применом унапред дефинисаних сценарија [5]. На пример, после радног времена аутоматски се укључује противпровални аларм, спуштају ролетне, искључују се светла и одабрани струјни прикључци. Уколико има планираних активности након радног времена, запослени може са удаљене локације да контролише радни простор, на пример преко система видео надзора може да провери да ли је најављена странка стигла; уколико јесте, запослени искључује аларм, отвара врата, укључује светла и прати кретање госта. После обављеног посла, запослени поново укључује сценарио који се односи на излазак из канцеларије.

Уколико настану нежељени догађаји, као што су поплава, цурење гаса, пожар или провала, систем безбедости укључује светла, пали сирену и обавештава надлежне службе.

Брза размена информације и квалитетна комуникација битне су карактеристике паметних канцеларија јер је, на пример, омогућено одржавање састанка преко видео-конференција.

Забава је саставни део сваког решења како би се запосленом омогућили предах и разонода у слободним тренуцима.

3. Инфраструктура и техничка опремљеност паметних канцеларија

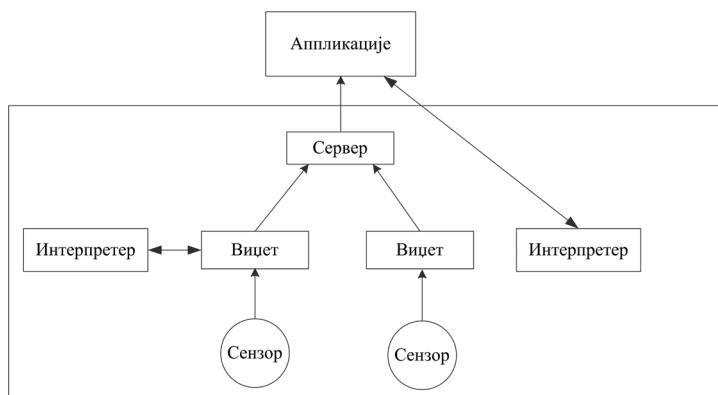
3.1. Инфраструктура паметних канцеларија

Паметна пословна зграда подразумева постојање оптичке и бежичне инфраструктуре у свим деловима како би се ефикасно користиле апликације као што су онлајн састанци, видео-конференције и друге. Такође, инфраструктура паметних

канцеларија треба да омогући извршавање апликација заснованих на контексту (енг. context-aware applications) [6]. У ту сврху користи се модел који чине три типа објекта:

- Уређаји повезани са сензорима који служе за прикупљање информација из окружења.
- Сервери за агрегацију информација, повезани са уређајима за прикупљање података, који управљају комуникацијом са апликацијама.
- Интерпретери за анализу садржаја из окружења, уграђени у апликације или као независни сервиси који се користе у различитим апликацијама.

На слици 13.1 приказан је ток комуникације између апликација и инфраструктуре засноване на контексту [6].



Слика 13.1: Ток комуникације између апликација и инфраструктуре засноване на контексту

3.2. Уређаји у паметним канцеларијама

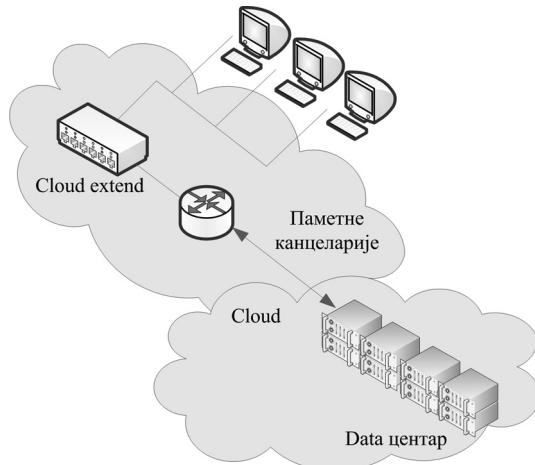
Саставни део паметних канцеларија су следећи уређаји: рачунарска опрема, LAN/WLAN мрежа, проектор и платно, DVD плејер, контролни уређаји (даљински управљачи, контролни панели), паметни дисплеји и монитори, разне врсте сензора и други.

Умрежени рачунар је обавезан, јер су састанци и размена информација део свакодневног посла у већини канцеларија. Паметне конференцијске сале намењене су састанцима, прес конференцијама, предавањима и другим видовима пословних окупљања [7]. Зато обавезно морају да имају:

- брзи приступ интернету,
- рачунарску мрежу,
- конференцијски систем,
- опрему за симултано превођење (по потреби),
- озвучење,

- опрему за видео пројекцију,
- опрему за снимање,
- систем за регулацију осветљења и температуре и
- систем за детекцију и дојаву пожара.

У циљу снижавања трошкова, предузећа уводе cloud сервисе у паметне канцеларије [8]. На слици 13.2 приказано је повезивање паметних канцеларија с cloud сервисима.



Слика 13.2: Повезивање паметних канцеларија са cloud-ом

Cloud сервиси се користе за виртуализацију десктопа, за чување података и за говорне сервисе, обезбеђујући запосленима приступ пословним апликацијама у паметној канцеларији и изван ње, комуникацију и сарадњу. Пример говорних сервиса приказан је на слици 13.3 [9].



Слика 13.3: Voice сервис преко cloud-a у паметним канцеларима (адаптирано из [9])

Паметни дисплеји и монитори често се користе у комбинацији с пројектором да се репродукују материјали из рачунара, и за презентације и за едукацију. Саставни део паметне канцеларије су сензори и актуатори за [10]:

- регулацију осветљења,
- детекцију покрета,
- детекцију присутности,
- детекцију пожара и активацију аларма,
- регулацију температуре,
- отварање и затварање прозора,
- детекцију звука и
- активирање алармног система.

Осветљење знатно утиче на квалитет и резултат рада, зато се уградију сензори за регулацију којима се оно подешава према потребама запослених. Најчешће се примењују фотодиоде, фототранзистори, фоторезистори, инфрацрвени детектори и други којима се прикупљају информације потребне за контролу потрошње електричне енергије. Оваква решења називају се End-to-end lighting solutions и омогућују имплементацију интелигентних система за контролу осветљења [11].

Ови системи засновани су на KNX или другим стандардима (слика 13.4). Локална контролна табла омогућује контролу осветљења. Основна компонента за регулацију су актуатори оптерећења који обезбеђују аутоматизацију, примену различитих типова расвете и контролних протокола. Интеграција са third-party системом остварује се преко DCE (енг. Data Communications Equipment) опреме.



Слика 13.4: End-to-end опције осветљења

Део овога су и паметне ролетне помоћу којих се аутоматски подешава осветљавање канцеларије. Аутоматско управљање своди се на тумачење спољних сигнала, као што је ниво сунчеве светlostи, температура фасаде, брзина ветра или кише. На пример, у аутоматском начину рада ролетне се зими спуштају ноћу (уштеде и до

10%), а дању подижу на основу јачине дневног светла. Лети се дању спусте, чиме се температура у канцеларији смањује за 6-8° C, а ноћу подижу да би се простор проветрио. Корисник може сам одредити када ће се оне спуштати и дизати.

Детектори покрета уграђују се да се након радног времена региструју покрети и, на пример, упали светло. У комбинацији с детекторима дневног светла, могуће је остварити енергетски ефикасно управљање тако да се остварење аутоматски ван радног времена пали само када је регистровано присуство неке особе. За детекцију присуства особа у канцеларијама током радног времена користе се инфрацрвени и ултразвучни сензори: први су погодни за отворене просторије, а други за просторије са преграђеним деловима.

Безбедност запослених и имовине један је од битних услова, због чега су паметне зграде и канцеларије опремљене противпожарним системима с циљем да се умањи могућа штета. У ту сврху користе се [12]:

- детектори пламена,
- детектори дима,
- детектори топлоте и
- комбиновани детектори.

У зависности од услова у просторији, детектори могу бити оптички, термички, термодиференцијални или комбинација наведених типова [12]. Једно од битних питања при пројектовању заштите јесте њихов распоред. Детектори обезбеђују информације о присуству ватре, о локацији пожара, о брзини и смеру ширења, о температури и диму на различитим местима у згради. Сензорска мрежа детектује повишену температуру и информацију шаље серверу за управљање паметном зградом да би се покренула правовремена реакција. За пожаре се користи комбинација сензора и алгоритам за детекцију.

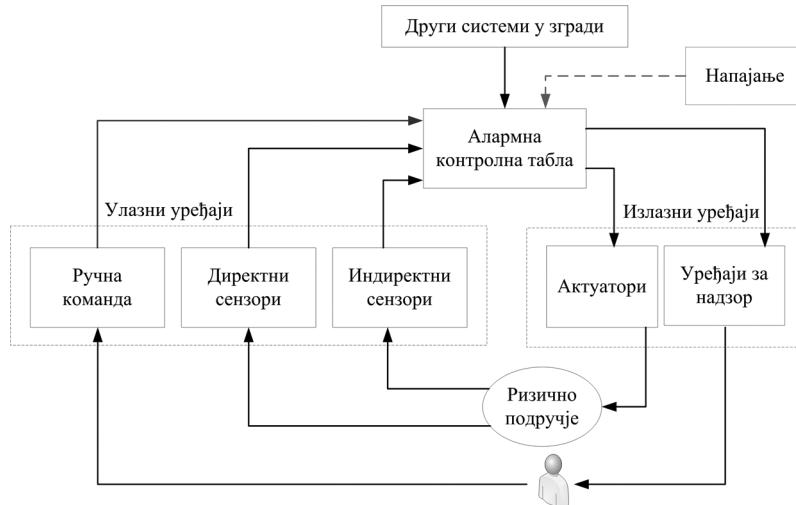
Систем за детекцију пожара треба да испуни следеће захтеве:

- Сензорски чворови морају бити оспособљени за откривања догађаја без лажних аларма.
- Брзи пренос информација о локацији и догађају.
- Брза реконфигурација у случају отказа једног или више сензорских чворова.
- Правовремени пренос информације од централног сервера до ватрогасне службе.
- Визуелни приказ места пожара.

Пример система за детекцију пожара приказан је на слици 13.5.

Регулација температуре, која обухвата управљање грејањем, хлађењем и вентилацијом, неопходна је због обезбеђивања квалитетног ваздуха у просторији, задовољавајући при томе енергетску ефикасност. Кроз регулацију температуре у просторији утиче на продуктивност рада запослених. У паметним канцеларијама могуће је мобилним телефоном укључивати грејање и хлађење и подешавати грејање

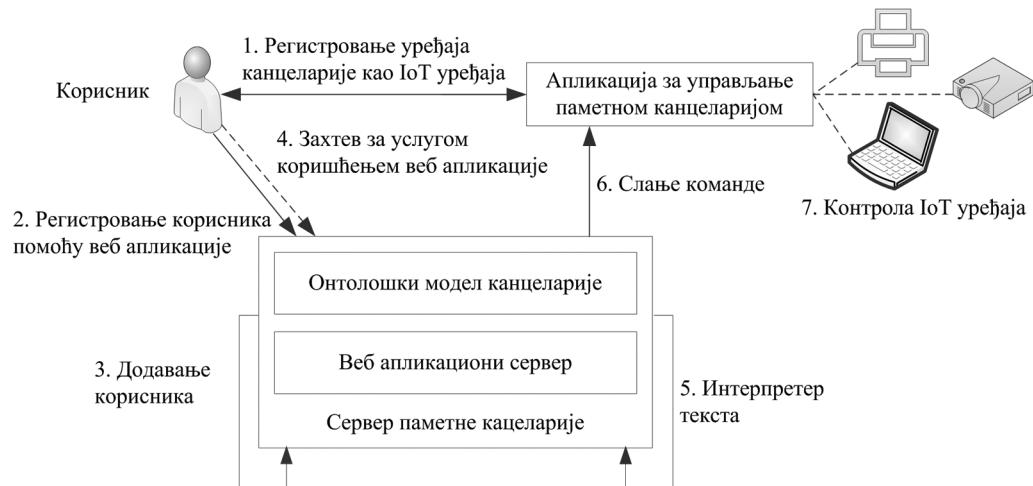
према дневном режиму рада, према времену или према жељеној температури. Због уштеде топлотне енергије инсталира се систем који ефикасно управља електромоторима на прозорима, ролетнама и завесама (у случају отварања прозора у летњим месецима аутоматски се гаси клима уређај).



Слика 13.5: Систем за детекцију пожара

4. Пример примене у пракси

Један од примера управљања паметном канцеларијом је Integrated Semantic Server платформа за паметне канцеларије заснована на IoT технологијама. Сервис обезбеђује персонализовано окружење канцеларије кроз семантичку интерпретацију текста који је корисник унео преко веб апликације [13]. Систем ради у два режима: један за регистрацију профила корисника и други за сервисе. На слици 13.6 је приказана логичка структура сервиса [13].



Слика 13.6: Логичка структура сервиса паметне канцеларије (адаптирано из [13])

У првом кораку корисник региструје уређаје канцеларије на сервер који меморише и управља подацима из различитих IoT уређаја. Након тога (други), сервер у репозиторијум додаје уређаје из корисникove канцеларије. У следећем кораку (трећи) корисник региструје профил у оквиру онтолошког модела канцеларије. После овога кориснику може да се пружи сервис који он затражи преко веб апликације, што је дефинисано четвртим кораком. Текст корисника са веб апликације интерпретира се сагласно онтолошком моделу (пети корак). Када је текст интерпретиран, команда се шаље на сервер преко отвореног API-а (шести корак). На крају, сервер врши контролу IoT уређаја у паметној канцеларији на основу добијене команде.

ЗАКЉУЧАК

IoT технологије омогућују развој паметних канцеларија, које запосленима обезбеђују бољу сарадњу и комуникацију, одржавање организационе структуре и агилност у решавању радних задатака. Додатна вредност су квалитетнији услови за рад, рационална употребе енергије и већа безбедност. Поменута интелигентна решења примењују се у пословним зградама, конференцијским салама, showroom-овима, судским зградама, владиним објектима, домовима здравља, болницама и сл. Нове IoT апликације требало би да се заснивају на системској интеграцији комуникационих технологија и уређаја и система у објектима. На овај начин омогућиће се технолошки захтевнија решења и обезбедиће се већа сигурност, функционална интелигенција и изводљивост у кратким временским роковима.

ПИТАЊА

1. Ојасните појам паметне канцеларије?
2. Објасните компоненте инфраструктуре паметне канцеларије?
3. Објасните појам паметне сале за састанке и навести уређаје којима су опремљене?
4. Како се применом IoT може унапредити безбедност у паметним канцеларијама?
5. Наведите сензоре који су саставни део паметне канцеларије?
6. Објасните улогу End-to-end lighting solutions у паметним канцеларијама?
7. Објасните један од начина регулације температуре у паметним канцеларијама?
8. Објасните значај примене cloud сервиса у паметним канцеларијама?
9. Опишите систем за заштиту од пожара у паметној канцеларији?
10. Опишите пример имплементације паметне канцеларије?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] H. Shigeta et al., „Implementation of a smart office system in an ambient environment”, in: Proceedings of the Virtual Reality Short Papers and Posters, 2012, pp. 1-2.
- [2] F. Mizoguchi, H. Hiraishi and H. Nishiyama, „Human-robot collaboration in the smart office environment”, in: Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 1999, pp. 79-84.
- [3] C. L. Gal, J. Martin, A. Lux and J. L. Crowley, „SmartOffice: design of an intelligent environment”, *Intelligent Systems*, vol. 16, no. 4, pp. 60-66, 2005.

- [4] C. Rottundi, M. Duchon, D. Koss, G. Verticale and B. Schatz, „An energy management system for a smart office environment”, in: Proceedings of the International Conference and Workshops on Networked Systems, 2015, pp.1-6.
- [5] W. Yamazaki et al., „Design of collaborative agent system with access control for smart-office environment”, in: Proceedings of the International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2001, pp. 205-210.
- [6] A. K. Dey, D. A. Gregory and D. Salber, „A Context-Based Infrastructure for Smart Environments”, *Journal Human-Computer Interaction*, vol. 16, no. 2, pp. 97-166, 2001.
- [7] A. Waibel et al., „SMaRT: the Smart Meeting Room Task at ISL”, in: Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003, vol.4, pp. IV-752-5.
- [8] E. Badidi and L. Esmahi, „A Cloud-based Approach for Context Information Provisioning”, *World of Computer Science and Information Technology Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 63-70, 2011.
- [9] T. Tran, M. Kuhnert and C. Wietfeld, „Cloud voice service for seamless roaming in heterogeneous networks”, in: Proceedings of the 23rd International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications, 2012, pp. 2559-2565.
- [10] C. Ramos, G. Marreiros, R. Santos and C. F. Freitas, “Smart Offices and Intelligent Decision Rooms”, in *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*, New York, USA: Springer, 2010, pp. 851-880.
- [11] S. A. R. Zaidi, A. Imran, D. C. McLernon and M. Ghogho, „Enabling IoT empowered smart lighting solutions: A communication theoretic perspective,” in: Proceedings of the Wireless Communications and Networking Conference Workshops, 2014, pp. 140-144.
- [12] L. A. Cestari, C. Worrell and J. A. Milke, „Advanced Fire Detection Algorithms Using Data from the Home Smoke Detector Project”, *Fire Safety Journal*, vol. 40, no. 1, pp. 1-28, 2005.
- [13] M. Ryu, J. Kimand, J. Yun, „Integrated Semantics Service Platform for the Internet of Things: A Case Study of a SmartOffice”, *Sensors*, vol. 15, no. 1, pp. 2137-2160, 2015.

14

ПАМЕТНИ САОБРАЋАЈ

Саобраћај је активност везана за свакодневни живот и производњу, чији је задатак да превози људе и робу с једног на друго место. Применом савремених информационих технологија подстиче се успостављање нове инфраструктуре коју чине мреже путева, пруга, аеродрома, станица и лука повезаних системима заснованим на интернету. На ефикасност и квалитет битно утичу интелигентни системи који побољшавају мобилност и безбедност учесника у саобраћају, јер обезбеђују проактивно одржавање и бржу и квалитетнију дијагностику [1]. Поменута напредна решења, иначе, повећавају продуктивност пословања предузећа, скраћују време путовања и смањују загађење животне средине.

1. Транспорт и логистика

У транспорту и логистици, технологије и апликације интернета интелигентних уређаја омогућују добијање информација везаних за стање на путевима, управљање и преусмеравање возила, надгледање локација на којима се роба налази и проверу у каквом је стању допремљена на одредиште [2].

Најчешће коришћене IoT технологије су сензори, актуатори, комуникација уређаја у близком пољу (NFC), RFID, бежичне сензорске мреже и Bluetooth, којима се у реалном времену прате процеси на скоро свим карикама у ланцу снабдевања: од куповине сировина, производње, транспорта, складиштења и дистрибуције до продаје производа и послепродајних услуга. Комуникација уређаја у близком пољу може се, на пример, користити за наплату путарине, куповину путних карата и обавештавање о транспортним услугама: једноставним очитавањем ознаке мобилним телефоном добију се информације о станици, броју путника, трошковима, расположивим седиштима у превозу итд.

2. Асистирана вожња

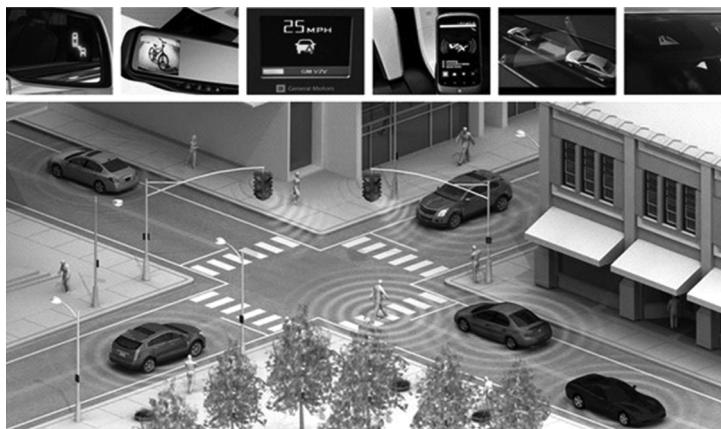
Асистирана вожња намењена је квалитетној навигацији, повећању безбедности и елиминисању уских грла у саобраћају [3]. У постизању ових циљева кључну улогу имају сензори, актуатори и процесори који прикупљају, обрађују и прослеђују важне информације возачима и путницима.

На основу тачних података о оптерећењу саобраћајница возачи и надлежне службе могу:

- Квалитетније да планирају усмеравање учесника да се избегли инциденти и гужве на путевима.
- Ефикасније да инвестирају у изградњу нових и одржавање постојећих саобраћајница.

Користи од овога су вишеструке за предузећа која се баве превозом робе, пошто се оптимизују транспортне руте и штеди гориво. Интеграција информација о кретању возила са онима о врсти и статусу робе олакшавају праћење испоруке робе, кашњења путовању и правовремено реаговање у случају кварова.

На слици 14.1 приказан је пример асистиране вожње на основу података прикупљених из сензора уgraђених у путној инфраструктури иоко ње.



Слика 14.1: Пример асистиране вожње

3. Интелигентни транспортни системи

Велики трошкови изградње нових и одржавање, поправка и обнова постојећих путева наметнули су потребу налажења ефикаснијег и исплативијег решења за повећани обим саобраћаја. Увођење интелигенције подразумева примену мера и технологија којима се обједињују информатичка и саобраћајна инфраструктура. Циљ јесте да се побољша безбедност, саобраћај учини ефикаснијим и с мање застоја и да се смањи загађивање животне средине [4].

Појам интелигентних транспортних система (енг. Intelligent transportation systems, ITS) односи се на примену информационих технологија у саобраћају. Овакви системи идентификују тренутно стање у саобраћају прикупљањем података од значаја за саобраћај, у реалном времену.

Интелигентни транспортни системи омогућују аутоматско управљање саобраћајем, информисање учесника о стању на путевима, подршку у решавању хитних случајева, електронску наплату путарине и сл.

3.1. Елементи интелигентних транспортних система

ITS је аутоматизовани систем за обавештавање и управљање саобраћајем, састављен од наменског хардвера и софтвера [5]. Функционално посматрано, чине га интелигентна инфраструктура и интелигентна возила.

У интелигентну инфраструктуру спадају:

- централни сервер (или севери) са специјализованим софтвером,
- сензори повезани с централним сервером,
- саобраћајни знаци променљивог садржаја (даљински контролисане семафор табле),
- видео камере повезане с централним сервером путем бежичног или жичаног преноса и
- жичани и бежични пренос података.

Поред интелигентне инфраструктуре и интелигентних возила, саставни део структуре ITS-а су:

- саобраћајни системи (раскрснице, улице, коридори, зоне и аутопутеви),
- различите примене IoT (детекција инцидената, динамичко рутирање саобраћаја, аутоматска наплата услуга корисницима и сл.),
- оптимизациони модели и управљачки алгоритми (хеуристички, вештачка интелигенција, стохастички, хибридни и симулациони) и
- системи вредновања који укључују различите моделе и процедуре вредновања.

Податке прикупљају сензори који се постављају на самом путу или у непосредној близини, са задатком да снимају ток саобраћаја, бележе прекорачење брзине, региструју промене магнетног поља, мере тежину и међусобно растојање возила итд.

Информације се од сензора до централног сервера најчешће преносе бежично, а за то служе резервисани опсези радио-фрејвенција на којима је забрањено емитовање других садржаја. Постављени су дуж пута и имају различити домет зависно од фрејвенцијског опсега који користе.

Управљање (односно, која ће метода управљања саобраћајем бити примењена) зависи од модела саобраћаја и података у реалном времену. Прикупљени подаци се

динамички обрађују на серверима да би се могло предвидети какво је стање у саобраћају. Обрада подразумева примену различитих саобраћајних модела, дефинисање управљачких алгоритама, вредновање могућих решења и прослеђивање информација возачима и особљу у оперативним центрима.

3.2. Архитектура интелигентних транспортних система

Интегрисани интелигентни транспортни системи захтевају дефинисање архитектуре која, осим техничких аспеката, обухвата правна и пословна питања [6]. Архитектура може бити на националном, регионалном, градском или другом нивоу, али су за пуно искоришћење потребни координација и усаглашавање с межународном транспортном мрежом. Слика 14.2 приказује европску ITS архитектуру.



Слика 14.2: Европска архитектура ITS-а

Један од елемената ITS архитектуре јесте стално и потпуно обавештавање путника које није ограничено само на захтеване информације. Примери информација које ITS пружа возачима и путницима (слика 14.3) [6]:

- Аутоматско праћење саобраћаја: временске прилике, стање на коловозима и остале услови, савети возачима како да се понашају у вожњи.
- Динамично информисање путника у вези с јавним превозом: време поласка или доласка у неку станицу, кашњење, алтернативна решења у случају квара, обавештења за инвалиде, цене и начини наплате и др.
- Компабилност и интероперабилност са информационим системима других земаља ради реализације међународних путовања: путарина, интерни прописи и сл.

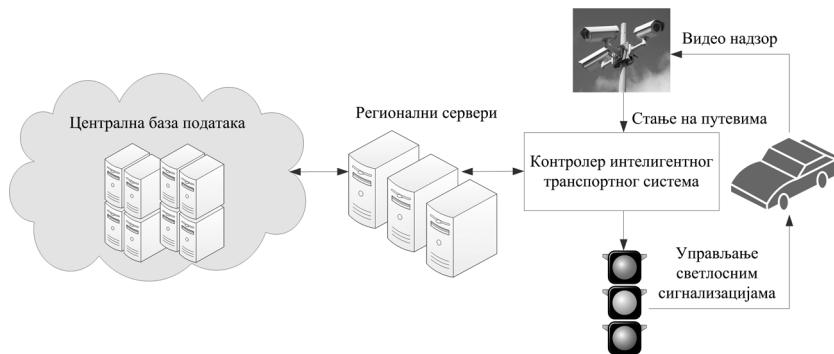


Слика 14.3: Пример ITS информација

Примери имплементације интелигентних транспортних система су [6]:

- **Интеграција система контроле саобраћаја.** Односи се на управљање токовима саобраћаја. Подразумева адаптивно управљање семафорима, променљиве саобраћајне поруке, контролу приступа аутопуту, проверу брзине кретања, управљање паркирањем итд.
- **Управљање јавним превозом.** На пример: усмеравање саобраћаја, управљање инцидентима, идентификација прекришилаца, одржавање транспортне инфраструктуре.
- **Информације за путнике.** Путницима се, рецимо, пре поласка на пут достављају информације на основу којих они могу упоредити услове путовања различитим превозним средствима.

Пример интелигентног транспортног система дат је на *слици 14.4*.



Слика 14.4: Интелигентни транспортни систем

3.3. Примена интелигентних транспортних система

ITS апликације се унапређују да би се избегле гужве на путевима и помогло возачима. Нека од решења којима се усмеравају загушења јесу [7]:

- Аутоматска рампа која регулише прилаз аутопутевима.
- Обавештавање возача о стању у саобраћају и препоруке путем знакова изнад пута или уређаја у возилу.
- Контрола брзине на аутопутевима да би се уравнотежио проток возила.
- Системи за откривање несрећа који автоматски шаљу поруке центрима за контролу саобраћаја и непосредно упозоравају возача.
- Системи за интелигентно прилагођавање брзине којима се ограничења мењају зависно од стања на путу или временских прилика.

Возачима и операторима возног парка у транспортним предузећима на располагању су ITS апликације [8]. Бројни су примери примене у:

- **Превозу робе.** Односи се на обједињене услуге администрирања комерцијалних возила, логистике и координације превозника и других учесника у превозу терета:

- управљање информацијама о превозу роба (распоређивање и „повезивање“ возила, терета и возача и аутоматско прикупљање извештаја о путовањима),
 - одређивање оптималних ruta за стандардни и нестандардни транспорт,
 - управљање опасним теретима и
 - аутоматска провера докумената и тежине возила и друго.
- **Јавном превозу.** Пружање ажурираних информација корисницима помоћу:
- праћења возног парка,
 - напредног диспетчерског центра,
 - заједничког транспорта и
 - обезбеђивања „канцеларије у возилу“.

Постоје ITS апликације за безготовинско плаћање услуга превоза, као што су:

- Плаћање картицама паркинга, информација о путу, путарине, карте за јавни превоз итд.
- Аутоматска наплате путарине без задржавања на наплатним рампама.
- Аутоматско позивање помоћи у случају несреће, инсталирано у возилу.
- Управљање друмским превозом у изузетним условима (пролазак камиона са опасном робом, надзирање на мостовима и у тунелима итд.).
- Аутоматско откривање саобраћајних прекршаја (пребреза вожња, непоштовање сигнализације).

3.4. Аутоматизација саобраћајних сигнализација

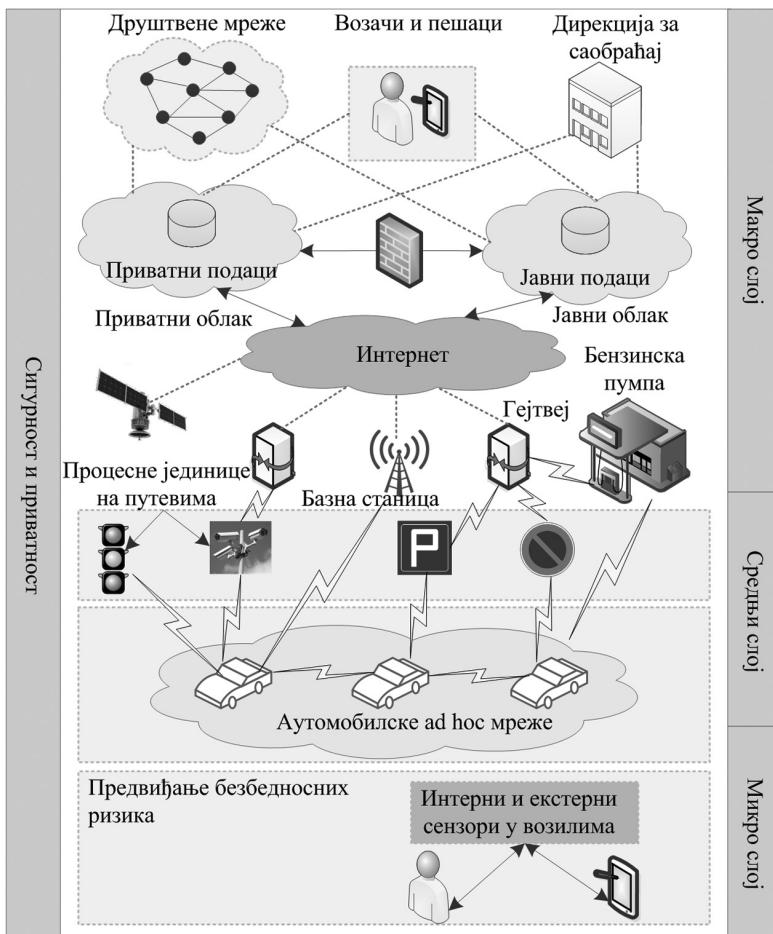
Гужве у саобраћају су један од највећих изазова у градским срединама [9]. Узроци су различити, али се, углавном, своде на одсуство дисциплине у саобраћају и ефикасног плана за смањење преоптерећења на улицама. Овакви застоји избегавају се применом видео надзора, јер камере са интернет протоколима аутоматизују идентификацију прекршаја и помажу у превенцији саобраћајних незгода и повећању безбедности. Камере се, такође, користе за утврђивање густине саобраћаја. Осим камера, возила у саобраћају се идентификују помоћу сензора или RFID тагова. Да би се обезбедио континуитет прилива и добила комплетна слика, прави се мрежа сензора која прикупља податке о стању саобраћаја и шаље их у контролни центар. На основу анализе успостављају се секвенце семафора којом се регулише густина саобраћаја. За разлику од техника базираних на камерама, ова бележи свако возило и даје прецизнију слику о стању на путевима.

Бројни истраживачки пројекти усмерени су на побољшање безбедности на путевима. Један од таквих зове се „Интелигентни путеви“ (INTRO) и посвећен је безбедности на путевима и повећању протока возила на путевима [10]. Циљ овог истраживања јесте да се осмисли систем који би сакупљањем података из сензора у реалном времену благовремено упозоравао надлежне институције и учеснике у саобраћају о насталим тешкоћама. За ову намену користи се COOPERS (енг.

CO-Operative Systems for Intelligent Road Safety) [10], који обједињује информације прикупљене:

- Ad hoc vehicle-to-vehicle комуникацијом (ad hoc V2V) и
- Infrastructure-to-vehicle комуникацијом у оба смера (I2V и V2I).

На слици 14.5 приказан је модел интелигентне платформе за управљање паметним возилима [11].



Слика 14.5: Модел интелигентне платформе за управљање возилима (адаптирано из [11])

У овом концепту V2V представља ad hoc комуникацију између возила у саобраћају која међусобно размењују информације, као што су положај и брзина. У пракси се показало да је она од великог значаја, посебно у случајевима када се прекине I2V комуникација (возаче снабдева корисним обавештењима о стању инфраструктуре и упозорава их на опасности на ризичним деоницама). У овом случају возила својим сензорима прикупљају податке о стању инфраструктуре и шаљу их у контролни центар, чиме се непрекидно освежава база података.

4. Техничке карактеристике интелигентних транспортних система

4.1. Cloud computing у интелигентном транспортном систему

Удаљена детекција догађаја у саобраћају (енг. remote sensing) односи се на измерене податке, који одражавају тренутно стање и игра кључну улогу у управљању саобраћајем. За разлику од уобичајених начина сакупљања и обраде саобраћајних података, она обично користи cloud инфраструктуру и омогућује [12]:

- Децентрализацију детекције и прикупљања података са било које локације.
- Глобално дељење и размену информација и cloud ресурса.
- Удаљени приступ подацима прикупљеним из сензора.
- Скалирање cloud ресурса према захтевима корисника.

Примена cloud технологије за удаљену детекцију (енг. Cloud-assisted remote sensing) претходни је услов за потпуну примену IoT-а у интелигентном транспортном систему [12].

4.2. Квалитет услуге (QoS)

За квалитетан интелигентни транспортни систем треба обезбедити притицање података (слика, видео стримови, кратке поруке или говор) у реалном времену [12]. У зависности од врсте, примењују се различити параметри преноса сигнала. Посебно место у квалитету услуге заузима извођење апликација на серверима који су део cloud инфраструктуре.

4.3. Скалабилност, поузданост и мобилност

Величина мреже дефинисана је бројем корисника, који је највећи у урбаним срединама где је тешко обезбедити жељене параметре везе. Решење је еластично обезбеђивање ресурса сагласно тренутним потребама корисника [12]. У мрежи мора да постоји уgraђен алгоритам предикције како би се предвиђањем захтева корисника за одређеним сервисом унапредило резервисање ресурса. Тако се одређује минимум захтеваних ресурса за апликације с различитим QoS захтевима.

Са аспекта мобилности и поузданости, изазов представља мрежа разноврсних и бројних сензора [13]. У саобраћају може бити инсталано на милионе сензора различите намене, распоређених свуда у окружењу. Како пронаћи одговарајући, поготово ако је на аутомобилу? Једино квалитетно решење јесте интеграција сензора са смарт телефонима у оквиру Sensing-as-a-Service концепта којим се обезбеђује пренос података у cloud.

4.4. Безбедност

Потражња за телематским системима расте. Информације које они испоручују (праћење возила, навигација, е-наплата путарине и сл.) најчешће се преносе преко 3G или 4G мобилне мреже и лако их могу открити и пресести злонамерни нападачи. Постоје апликације за потребе безбедности телематских система, као што је безбедни телематски систем за аутомобиле (енг. Secure automotive telematics system, SATS) [14]. Подаци који се преносе од SATS до сервера, и обратно, енкриптују се. Примарни комуникациони канал јесте TCP/IP, који је заштићен стандардним SSL/TLS протоколом. Као секундарни или резервни канал користи се SMS, а за обезбеђење се користи AES-256 алгоритам енкрипције.

4.5. Управљање

Интегрисано управљање интелигентним транспортним системима у мрежном окружењу може се разликовати по приступу, садржају и нивоу интеграције [11]. Ниво услуге (капацитет саобраћаја на одређеној саобраћајници) одређен је величином инвестиција, степеном изграђености основне инфраструктуре и квалитетом управљања саобраћајем. Имплементација ITS-а помаже да се квалитетно реши контрола приступа мрежи, спречи загушчење на путевима и раскрсницама, брзо отклоне уска грла, смањи неповољан утицај временских прилика, контролише агресивна вожња и друго.

4.6. Праћење саобраћаја у реалном времену

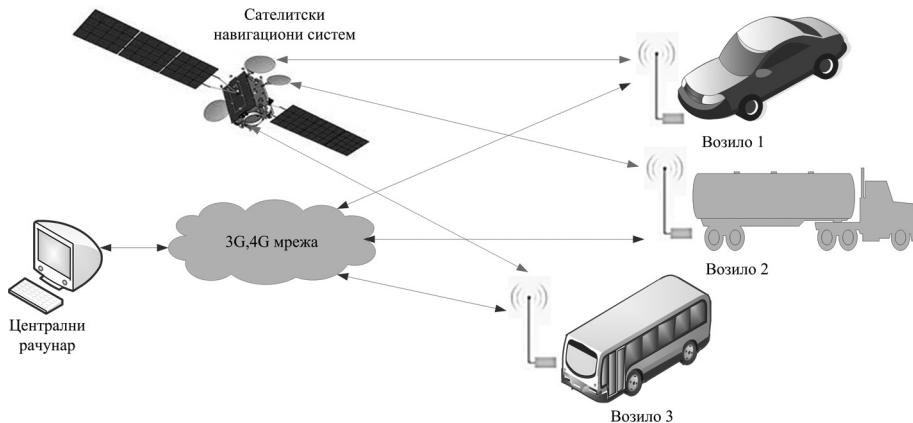
Једна од услуга ITS-а јесте праћење саобраћаја у реалном времену; најчешће се реализује као део система за лоцирање и навигацију возила или самостално као део система путних информација [15].

Праћење и усмеравање возила и путника постало је популарно након појаве првих навигационих система у возилима који су омогућили:

- праћење понашања возача током вожње,
- управљање саобраћајем у реалном времену,
- надгледање и проналажење украдених возила и
- тренутно обавештавање возача о могућим рутама кретања возила.

Савремена решења подразумевају интеграцију дигиталних мапа са статичким информацијама и софтвера за рутирање саобраћаја. Тако се може саобраћај пратити у реалном времену. Дигиталне мапе укључују имена улица, ознаке путева, координате раскрсница, локације аутобуских станица, препреке, ниске надвожњаке и сл.

Пример шеме система за праћење возила приказан је на слици 14.6.



Слика 14.6: Шема система за праћење возила

Аутономни водич кроз руте (енг. Autonomous Route Guidance), уз коришћење дигиталне мапе на рачунару у возилу, израчунава оптималне руте. Ако на некој деоници пута возач погрешно скрене, навигациона опрема то препозна и понуди нови план пута. Централизовани динамички водич кроз руте (енг. Centralised Dynamic Route Guidance) ради на принципу обраде захтева у централном информационом центру, који располаже подацима о стању саобраћаја и, на захтев возача, израчунава оптималну руту и информацију му шаље натраг. Као комуникационо средство користи инфрацрвене усмериваче (енг. infrared beacons) распоређене на градским раскрсницама. У пракси се среће и дуални водич кроз руте (енг. Dual Mode Route Guidance), спој аутономног и централизованог, који омогућује праћење и обраду података у реалном времену.

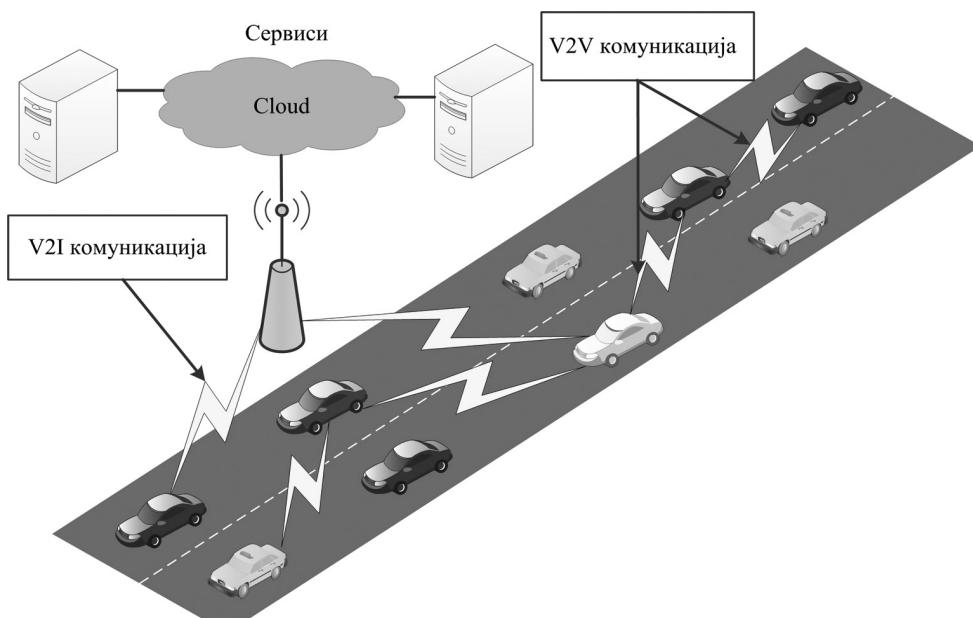
Телеком Србија развио је систем за праћење возила на подручју Европе који је заснован на GPS-у, GPRS-у и интернету. Овај систем омогућује праћење позиције возила у реалном времену [16].

4.7. Ваздушни саобраћај

Примена IoT технологије у ваздушном саобраћају може битно допринети побољшању безбедности у ваздухопловима и отклањању узрока евентуалних отказа. Најчешћи узрок несрећа јесте квар на неком од делова авиона [12]. Да би се то избегло, потребно је остварити комуникацију са одређеним техничким целинама у летелици и континуирано пратити кључне догађаје у току лета. Систем за безбедносно детектовање треба да спречи укрцавање ризичних материјала и да идентификује дефекте у раним фазама настајања.

4.8. Аутомобилски саобраћај

Примена IoT решења у аутомобилској индустрији, поред система за надгледање и извештавање о раду појединих делова возила, омогућује пружање информација о растојању од осталих учесника у саобраћају, стању на путевима и др. [11]. Паметни уређаји се повезују на делове возила како би возача информисали о тренутном стању возила, омогућујући возачу да их проследи до центра где ће бити обрађене, а као одговор да добије савет у вези с будућим поступањем у вожњи. Ови системи могу бити аутономни (интелигенција је смештена у самом возилу) или кооперативни (асистенција долази из cloud-а посредством бежичних система преноса, као што је V2I, и/или ad hoc комуникацијом с другим возилима, попут V2V) [17]. Пример V2V комуникације приказан је на слици 14.7.



Слика 14.7: V2V комуникација између возила

Основна сврха паметних решења јесте да упозоре возача на потенцијалну опасност, нпр. од чеоног судара, излетања са пута, опасност при престројавању возила и др. У случају да он неадекватно реагује на светлосна или звучна упозорења, телематске апликације преузимају контролу и управљање возилом. Улоге интелигентног решења за надгледање могу се поделити у две групе [17]:

- **Асистенција при вожњи.** Аутоматско управљање возилом, држање безбедног растојања у вожњи, електронско вођење аутобуса и теретних возила посебном саобраћајном траком.
- **Прилагођавање на ITS.** Уређаји за управљање возилом, за заустављање возила, за осветљавање пута, давање светлосних знакова и обезбеђивање нормалне видљивости, за кретање уназад, за контролу и испуштање издувних гасова, за спајање вучног и приклучног возила и остали уређаји и опрема возила.

V2V и V2I комуникације додатно су унапредиле интелигентни транспортни систем јер је су помогле да се прибаве информације неопходне за безбедну вожњу и за софистицирано рутирање саобраћаја. На овај начин возило може да успостави хитне позиве у одређеној ситуацији, сакупљајући што је могуће више података из околних мрежа.

Поред класичних сензора и детектора, за ITS, од значаја су интелигентни сензори настали развојем микроелектронике и нанотехнологије [18]. Интелигентни сензор садржи детектор и микропроцесор који обрађује прикупљене податке. На тржишту постоје акцелерометри, биосензори, оптички сензори, магнетски сензори, хемијски сензори, интелигентни системи приказа итд. Када се говори о сензорима у ITS-у, најчешће се мисли на индуктивне петље, радарске системе, видео системе, примопредајне системе у возилу и оптоелектричке детекторе.

Подаци из друмског саобраћаја добијају се преко неколико станица, смештених у заштићеним кутијама на обе стране пута. Заједно с другим компонентама налазе се детектори за пријем импулса из индуктивних калемова испод пута [19]. Индуктивним калемовима региструје се возило на путу, уз могућност добијања различитих података, као што су интензитет саобраћаја, загушење, просечна брзина вожње, просечна удаљеност између возила и откривање оних која везе унатrag.

Signposting системи у друмском саобраћају прикупљају и приказују информације о томе шта се дешава на путу [19]. Систем се састоји од дигиталних панела који приказују тачна обавештења потребна за безбедан и непрекидан саобраћај на путу и повезују се на најближу станицу за прикупљање података, помоћу мобилне везе или оптичких влакана, који се преносе до контролног центра како би корисници могли да знају шта се дешава у саобраћају.

Метеоролошке станице прикупљају податке на основу којих се могу спречити ризичне ситуације [19], а опремљене су великим бројем различитих сензора као што су термометри, барометри, анемометри или хигрометри.

Центар за надгледање саобраћаја је место где се прикупљају и обрађују подаци из уређаја распоређених дуж пута [19]. Повезан је с комуникационим мрежама различитих провајdera како би обезбедио целовито и континуирано прикупљање.

Комуникационе мреже су саставни део система и задужене су за пренос података од и до локација с којих се прикупљају. Обично се користи инфраструктура са оптичким влакнima, а пренос се врши преко интернет протокола [11]. Комуникациону мрежу између апликационих сервера на cloud-у и возила чине бежични линкови.

5. Паметан паркинг

Идеја паметног паркинга настала је с циљем да се превазиђу дugo тражење слободног места, стварање гужве у саобраћају и паркирање на недозвољеним местима. Концепт подразумева примену телематских апликација у управљању и контроли паркирања, а треба да допринесе смањењу броја незаконитих паркирања и саобраћајних несрећа.

Телематски системи за управљање паркингом користе се да возачима помогну да у најкраћем времену пронађу одговарајуће место за возило. Неке од могућности ових система су [20]:

- Стратешка контрола пута (праћење и контрола загушења путева, спречавање нелегалног паркирања и др.).
- Управљање слободним простором у одређеној зони (прогноза слободних паркинг места, резервација паркинг места, праћење података о објекту, о пристиглим возилима, о возилима која су напустила објекат).
- Смернице за паркирање (број и локација објекта за паркинг, доступност паркинга, коришћење панела за приказивање различитих порука и др.).
- Оперативна контрола објекта (контрола уплате аутоматски издатих карата, идентификација возила и корисника).

Како ће телематске услуге бити реализоване, зависи од усвојене стратегије за пренос података до корисника. Користе се две врсте стратегија [20]:

- Дескриптивна подразумева да се корисник снабде свим информацијама и да му се препусти избор где ће паркирати возило.
- Рестриктивна која кориснику условљава да следи „наређења“ провајдера.

У интегрисаним моделима за управљање паркинзизма реализовани су сервиси, као што су [20] аутоматско плаћање и регистрација, заказивање или резервација (могу се одредити пре или за време путовања), праћење возила, комуникација преко текстуалних порука, навигација у току вожње и др.

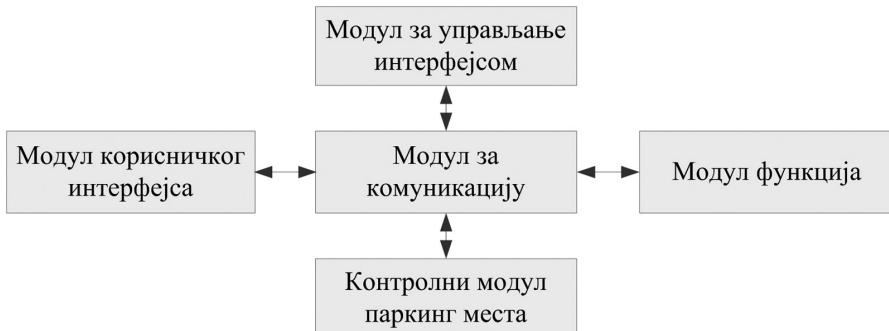
5.1. Систем за управљање паметним паркингом

У пракси је реализовано више модела интелигентних система за помоћ возачима у проналажењу паркинг простора и паркирању возила (енг. Intelligent Parking Assistant, IPA). Song и Wen-ов модел водича у урбаним местима заснован је на PGIS систему (енг. Parking Guidance Information System) и има пет модула (слика 14.8) [21]:

- **Кориснички интерфејс.** Централни модул за комуникацију с корисником током свих фаза интеракције: захтев за резервацију, издавање рачуна, резервација, отказивање и наплата.
- **Модул за комуникацију.** Преноси поруке између пошиљаоца и примаоца.

- **Модул функција.** Састоји се од сервера и базе података у којој се чувају догађаји кроз које систем пролази: информације о регистрованим корисницима, стање заузетости сваког места, тренутне резервације, регистар трансакција за сваког корисника, разни статистички подаци и др.
- **Контролор паркинг места.** Састоји се од сензора и контролне јединице, а одговоран је за комуникацију са хардверским уређајима и сензорима.
- **Модул за управљање интерфејсом.**

Принцип рада овог модела јесте да се коришћењем мреже сензора проверава доступност паркинг места и информација поруком прослеђује кориснику. Након пријема корисник поруком резервише слободно место и касније се паркира уз подршку IPA система.



Слика 14.8: Song и Wen-ов концепт паркинг водича у урбаним местима

Martens, Benenson и Levy развили су просторни модел којим је симулирано паркирање у граду и анализирало понашање возача [22]. Суштина се огледа у томе да се утврди фреквенција захтева корисника за додатним местима у насељеним деловима града. Применом хомогених Марковљевих модела осмишљен је систем који прати стање заузетости места и врши предикцију заузимања са експоненцијално распоређеним интервалима долазака возила [23]. Leephakpreeda је предложио модел управљања који бира паркинг на основу удаљености, безбедности аутомобила, сунчане стране и др. [24].

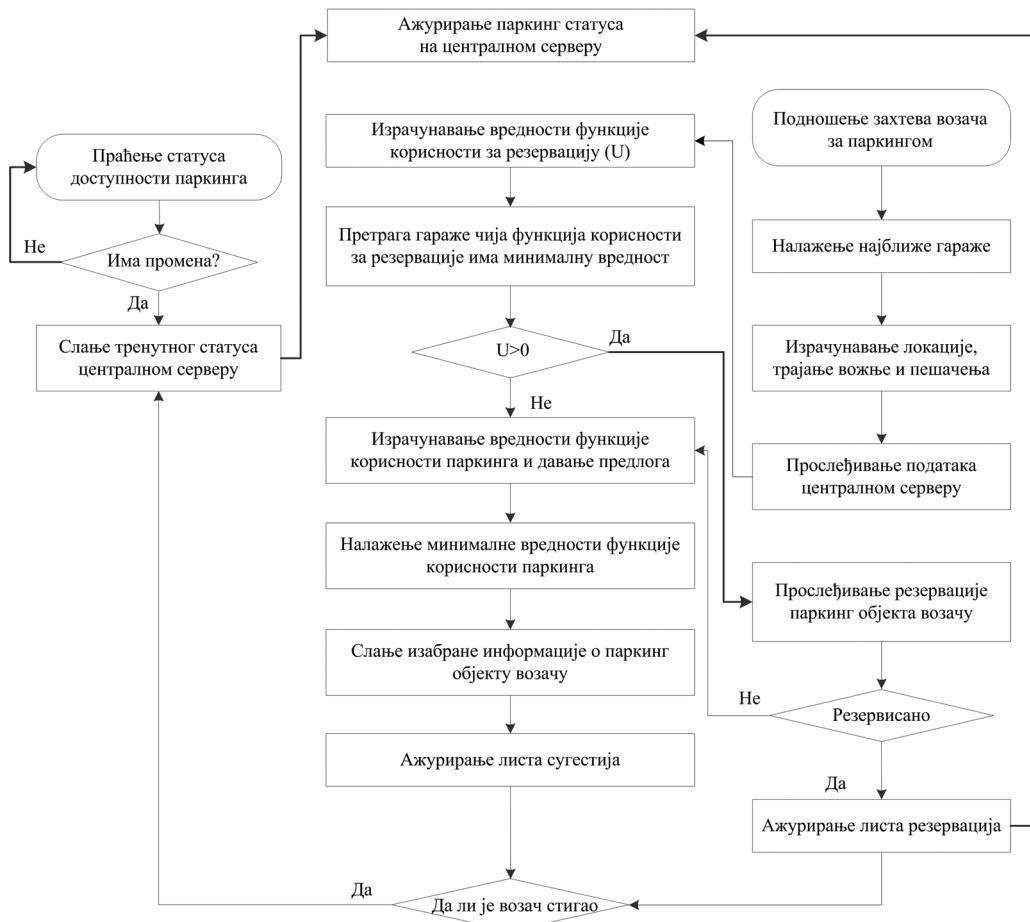
Генерално, интелигентни систем за навођење возила до паркинг места има шест елемената [20]: возача, навигациони уређај, комуникационе линкове, централни сервер, паркинг менаџмент и сензорску мрежу.

Сензорску мрежу чине сензори, повезани међусобно и с централним сервером, који непрекидно проверавају доступност места и промену стања шаљу паркинг менаџмент систему. Сакупљени подаци шаљу се у централни сервер где се ажурира база.

Навођење паркирања почиње захтевом возача, који на екрану личног навигационог уређаја уноси дестинацију са осталим неопходним информацијама. Алгоритам за навођење паркирања у централном серверу анализира ставке и бира најприкладнији

простор. Решење се нуди на основу тренутног стања паркинг простора и информација добијених од личног навигационог апаратра рачунајем вредности функције корисности за свако место (*слика 14.9*) [20].

Дијаграм тока на слици показује процедуру навођења возила до паркинга. Предуслов за успешно функционисање система јесте правилан рад сензорске мреже која непрекидно надгледа паркинг, шаљући информације о промени стања у централни сервер. За непрекидност сервиса важна је поузданост комуникационе мреже и апликационих сервера који могу бити у облаку, уз обезбеђену редундансу комуникационих линкова и примену алгоритама за load balancing на инфраструктурној опреми.

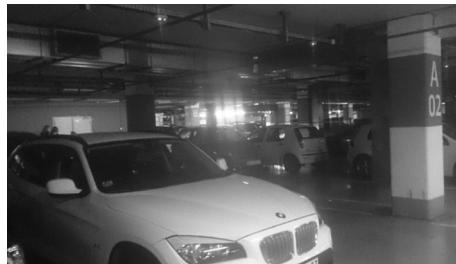


Слика 14.9: Алгоритам за навођење паркирања на централном серверу (адаптирано из [20])

5.2. Технологије паметног паркинга

Сензори и бежичне сензорске мрежне најчешће су коришћене технологије које омогућују информисање о стању слободних паркинг места у затвореном и у отвореном окружењу (слика 14.10) [20]. За детекцију слободних паркинг места највише су употребљавају: магнетни, сензор ултразвучних таласа и лед сензор.

Систем за управљање и контролу паркинг места је део ширег ITS концепта и познат је под називима информациони системи за навођење при паркирању (енг. Parking guidance and information systems, PGI) и информациони системи напредних паркинга (енг. Advanced parking information systems, APIS). И једни и други смањују потрошњу горива, трошкове одржавања возила, броја незгода, загађење ваздуха и животне средине, кашњења и времена путовања и повећавају безбедност на путевима.



Слика 14.10: Пример паметног паркинга у затвореном простору

6. Паметна возила

Развој аутомобила се више деценија заснива на усавршавању електронских делова и њиховој интеграцији у јединствени паметни рачунарски систем који возачу помаже да возилом управља удобно, ефикасно и безбедно [11]. Почело је електронским убрзивањем горива, контролом расподеле снаге за сваки точак, рачунарском дијагностиком, напредним air-bag системима и сателитском навигацијом.

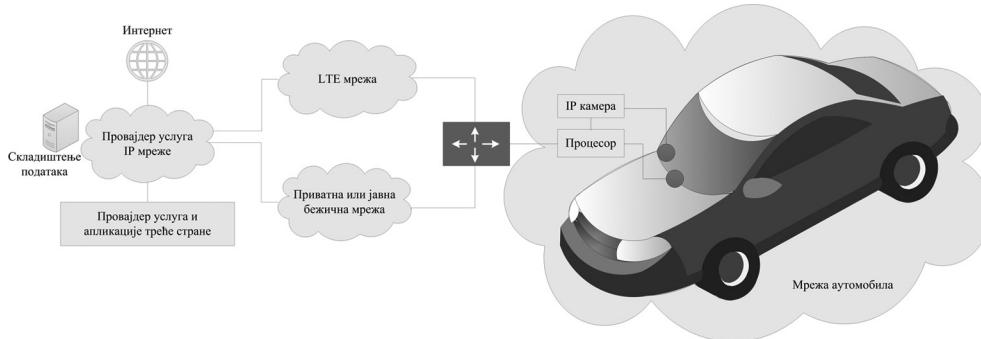
Напредак мобилних технологија има велики утицај на трендове побољшања својства аутомобила, бројни производи већ серијски уgraђују командни рачунар с екраном осетљивим на додир који обједињује радио, телефон, сателитску навигацију и подешавање.

У паметном возилу посебно место заузима тзв. message центар, који возачу омогућује да самостално бира функције аутомобила за надгледање и да информације приказује по својој жељи. Саставни део су апликације којима, уз стабилну интернет конекцију, прикупља информације из апликационих сервера у облаку.

Телефонирање у току вожње повећава ризик да дође до несреће, зато су у паметним возилима примењена решења заснована на говорним технологијама (енг. Automatic Speech Recognition и Text to speech), која омогућују слање гласовних SMS порука, имејлова и бирање гласом. Тако возач остаје прибран да доноси исправне одлуке и реагује на време. Друго решење тиче се напредног система којим се аутоматизује вожња, уводи управљање без људи.

Паметна возила (*слика 14.11*) опремљена су великим бројем сензора који су преко напредних информационих технологија (LTE, GPS) повезани са апликационим серверима, нудећи путницима безбедну и удобну вожњу и забаву.

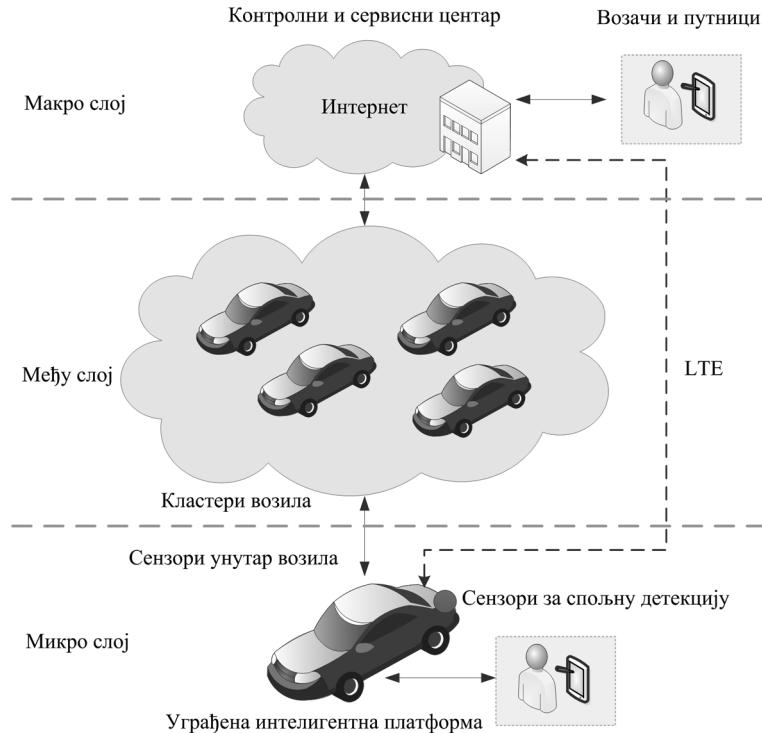
Пример таквог возила јесте Гуглов паметан аутомобил са комплексним информационим системом који укључује све – од путних рачунара преко навигационих система до система који обавештавају о свему што се дешава у аутомобилу и око њега (где је у односу на друге аутомобиле, објекте, људе и околину).



Слика 14.11: Паметно возило

Напредак који је LTE донео у развоју бежичних технологија и ширење cloud computing-a створио је битне предуслове да један број комуникационо захтевних апликација и сервиса буде доступан и у возилима [11]. Међутим, захтеви возача и путника да путују безбедно и удобно намећу потребу да се реализује идеја Car-as-an-Office. У том смислу софтверски дефинисане мреже представљају могуће решење, јер омогућују напредним апликацијама коришћење отворених, програмабилних интерфејса и контролу и алокацију мрежних ресурса за потребе различитих корисника, процеса и типова података.

На *слици 14.12* приказана је трослојна архитектура једне такве платформе [11].



Слика 14.12: Трослојна архитектура платформе за управљање паметним возилима

6.1. Електрична возила

Деценијама се ради на развоју возила са електричним моторима нулте емисије издувних гасова и акумулаторским батеријама као извором електричне енергије чијим би се коришћењем смањила зависност од нафте и загађење животне средине [25]. Главни недостаци су, за сада, дужина пута која се може прећи без пуњења батерија и време на то утрошено.

Постојећи типови још не задовољавају навике возача стечене коришћењем традиционалних возила. Зато су понуђена хибридна возила с мотором са унутрашњим сагоревањем и електромотором који се може повезати и пунити из спољашњег извора (тзв. plug-in-hybrid возило). У граду користе електромотор који не еmitују штетне гасове, а мотор са унутрашњим сагоревањем за вожњу ван насељених места или када, према потреби, треба допунити акумулаторске батерије. У режиму чистог електричног погона хибридна возила имају скромније перформансе са максималном брзином од око 100km/h и мањим радијусом кретања.

Чиниоци који утичу на даљи развој електричних возила су [25]:

- раст становништва у свету и потребе транспорта,
- енергетске резерве,
- загађење животне средине и глобално загревање,
- светска производња и потрошња електричне енергије и
- степен корисности електричног погона у градској вожњи.

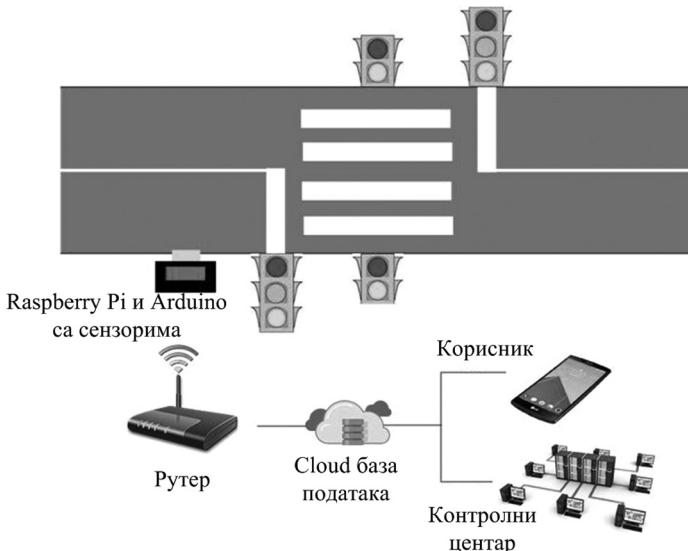
Са електричним аутомобилима настала је идеја паркинга за електрична и хибридна возила. У односу на класичне паркинге, возачима пружају нове могућности и информације, као што су капацитет пуњења/пражњења, цена, време задржавања и трајање пуњења батерије.

7. Пример примене у пракси

Поједина предузећа осмислила су напредна решења за асистенцију у вожњи. Мерцедесово возило детаљно прати понашање возача: рачунар у возилу непрекидно анализира стил вожње, извођење команди и просечно време реакције. Истовремено, камера снима лице да би утврдила да ли су очи непрестано усмерене на пут и да ли су учесталост и дужина трептања сагласни будном стању. Ако нешто одступа од захтеваног, на инструмент табли се појављује савет да се направи пауза и волан почиње полако да варира.

Осим тога, уградњом сензора у спољашње делове возила могуће је пратити различите показатеље из окружења, као што су удаљеност и брзина кретања суседних возила, близина возила на паркингу, детектовање бициклиста и пешака на путу, процена ситуације погодне за претицање и сл. Овакав вид асистенције нуде и BMW и Volvo.

Један од примера примене IoT за мерење протока саобраћаја је реализован у оквиру Елаб-а [26]. Модел мерења тока саобраћаја применом интернета интелигентних уређаја приказан је на *слици 14.13*. Приказани систем прати проток саобраћаја у реалном времену, детектује саобраћајне гужве и возачима шаље информације о алтернативним рутама. Подаци се прикупљају из интелигентних сензора за мерење броја возила која прођу кроз одређену локацију. Развијена веб апликација омогућује надгледање саобраћаја у реалном времену и различите аналитичке сервисе (више детаља видети пример број 14 из Практикума).



Слика 14.13: Модел мерења тока саобраћаја применом интернета интелигентних уређаја [26]

Примери пројектовања паметних возила приказани су у Практикуму (примери 5 и 12). У примерима број 10 и 13 приказан је развој паметног система паркирања, док је у примеру број 11 приказано пројектовање паметне раскрнице [27].

ЗАКЉУЧАК

Због гужви у саобраћају, у развијенијим деловима света возачи и путници у возилима проведу неколико милијарди сати и потроше десетине милијарди долара годишње. Применом IoT решења регулација саобраћаја утиче на снижење трошкова и повећање задовољства путника, чиме се посредно смањује број саобраћајних незгода. За гужве у саобраћају решења се, углавном, проналазе кроз пројекте засноване на употреби рачунарских система и симулацијама различитих саобраћајних случајева. Будућа решења биће утемељена на примени паметнијих и еколошки здравијих возила и њиховом повезивању са инфраструктурним објектима, као што су бензинске пумпе, паркинзи, гараже и сл. Шира примена напредних информационих технологија, осим комуникације возила са инфраструктуром, омогућиће и комуникацију возила.

ПИТАЊА

1. Објасните појам паметног транспорта?
2. Објасните појам асистирана вожња?
3. Наведите и објасните функције интелигентног система за праћење саобраћаја у реалном времену?
4. Наведите елементе интелигентног система за навођење возила до паркинг места?
5. Како се применом IoT може автоматизовати саобраћајна сигнализација?

6. Објасните појам паметно возило?
7. Шта је V2V?
8. Наведите предности примене cloud технологија у оквиру интелигентног транспортног система?
9. Објасните могућности примене говорних технологија за управљање паметним возилом?
10. Коју улогу има message центар у возилу?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] A. Bodhani, „Smart transport”, *Engineering & Technology*, vol. 7, no. 6, pp. 70-73, 2012.
- [2] H. Li, Y. Zhoy and C. Wan, „A smart context-aware-oriented vehicle terminal system in logistics transportation”, in: Proceedings of the 7th International ICST Conference Communications and Networking in China, 2012, pp. 493-497.
- [3] V. Santos et al., „ATLASCAR - technologies for a computer assisted driving system on board a common automobile”, in: Proceedings of the 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2010, pp. 1421-1427.
- [4] J. Barceló, E. Codina, J. Casas, J. L. Ferrer and D. Garcia, „Microscopic traffic simulation: A tool for the design, analysis and evaluation of intelligent transport systems”, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol. 41, no. 2, pp 173-203, 2005.
- [5] N. Lanke and S. Koul, „Smart Traffic Management System”, *International Journal of Computer Applications*, vol. 75, no.7, pp. 19-22, 2013.
- [6] T. Kosch, I. Kulp, M. Bechler, M. Strassberger, B. Weyl and R. Lasowski, „Communication architecture for cooperative systems in Europe”, *Communications Magazine*, vol. 47, no. 5, pp. 116-125, 2009.
- [7] K. N. Qureshi and A. H. Abdullah, „A Survey on Intelligent Transportation Systems”, *Middle-East Journal of Scientific Research*, vol. 15, no. 5, pp. 629-642, 2013.
- [8] P. Papadimitratos, A. de La Fortelle, K. Evenssen, R. Brignolo and S. Cosenza, „Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation”, *Communications Magazine*, vol. 47, no. 11, pp. 84-95, 2009.
- [9] R. Hussian, S. Sharma, V. Sharma and S. Sharma, „WSN Applications: Automated Intelligent Traffic Control System Using Sensors”, *International Journal of Soft Computing and Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 77-81, 2013.
- [10] European Commission, Research & Innovation, Transport, INTRO-Intelligent Roads, 2012, Доступно на: http://ec.europa.eu/research/transport/projects/items/intro_en.htm [19.09.2015].
- [11] J. Wan et al., „VCMIA: A Novel Architecture for Integrating Vehicular Cyber-Physical Systems and Mobile Cloud Computing”, *Mobile Networks and Applications* Springer, vol. 1., no. 3, pp. 153-160, 2014.
- [12] S. Abdelwahab, B. Hamdaoui, M. Guizani and A. Rayes, „Enabling Smart Cloud Services Through Remote Sensing: An Internet of Everything Enabler”, *Internet of Things Journal*, vol. 40, no. 1, pp. 276-288, 2014.
- [13] C. Perera et al., „Sensor search techniques for sensing as a service architecture for the Internet of Things”, *Sensors*, vol. 14, no. 2, pp. 406-420, 2014.
- [14] I. Jattala et al., „Secure automotive telematics system (SATS)”, in: Proceedings of the 8th International Conference on Digital Information Management, 2013, pp. 262-267.
- [15] S. Kamijo, Y. Matsushita, K. Ikeuchi and M. Sakauchi, „Traffic monitoring and accident detection at intersections”, *Intelligent Transportation Systems*, vol. 1 , no. 2, pp. 108-118, 2000.

- [16]Telekom Srbija, Praćenje vozila. Доступно на: <https://www.mts.rs/dpk/ict/m2m/pracenje-vozila> [19.09.2015].
- [17]J. Santa and A. F. Gómez-Skarmeta, „Sharing Context-Aware Road and Safety Information”, *Per-
vasive Computing*, vol. 8, no. 3, pp. 58-65, 2009.
- [18]P. J. Burt, „Smart sensing within a pyramid vision machine”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 76, no.
8, pp. 1006 -1015, 1988.
- [19]T. Suenaga, „Road information collection and sharing system”, in: Proceedings of the 35th Annual
International EMBC Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2013,
pp. 1258-1261.
- [20]H. Wang and W. He, „A Reservation-based Smart Parking System”, in: Proceedings of the IEEE
Conference on Computer Communications Workshops, 2011, pp. 690-695.
- [21]J. Song and Y. Wen, „Study on urban parking guidance information system design”, in: Proceedings
of the 4th International Conference on Machine Vision: Computer Vision and Image Analysis; Pattern
Recognition and Basic Technologies, 2011, doi:10.11117/12.920214.
- [22]K. Martens, I. Benenson and N. Levy, „The Dilemma of On-street Parking Policy: Exploring Cruis-
ing for Parking Using an Agent-based Model”, in *Geospatial Analysis and Modelling of Urban Struc-
ture and Dynamics*, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2009, pp. 117-135.
- [23]M. Caliskan, D. Graupner and M. Mauve, „Decentralized discovery of free parking places”, in: Pro-
ceedings of the 3rd international workshop on Vehicular ad hoc networks, 2006, pp. 30-39.
- [24]T. Leephakpreeda, „Car-parking guidance with fuzzy knowledge based decision making”, *Building
and Environment*, vol. 42, no. 2, pp.803-809, 2007.
- [25]H. Wang, T. Li and H. Zhenfeng , „Remote control of an electrical car with SSVEP-Based BCI”, in:
Proceedings of the IEEE International Conference on Information Theory and Information Security,
2010, pp. 837-840.
- [26]I. Jezdović, A. Ivković, and S. Matejić, „An application of Internet of things: Measuring traffic
flow”, in: Proceedings of the XV International symposium Symorg2016, 2016, pp. 396-401.
- [27]B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z.Bogdanović, D.Barać, and A.Labus, „Praktikum iz Inter-
neta inteligentnih uređaja”, Fakultet organizacionih nauka, 2017.

15

ПАМЕТНА ИНДУСТРИЈА

Идеја о аутоматизацији производње први пут се појавила у оквиру концепта масовне производње с циљем да се повећа производња и смање трошкови. Примена IoT решења представља нову етапу у аутоматизацији, зато што доноси бољи квалитет и већу флексибилност, а то се постиже применом различитих мерења, имплементацијом интелигентног управљања и обезбеђивањем комуникације машина [1]. Тако се успостављају услови за увођење новог ланца вредности у производњи, разноврсних пословних и производних модела који подразумевају аутоматизацију и међусобну интеракцију машина и комуникацију погона и купаца посредством интернет сервиса. Паметна индустрија мења и логистичке и транспортне процесе смањујући удаљеност између произвођача и купаца.

1. Појам паметне индустрије

Структура паметне индустрије је модуларна и заснована на интеграцији сајбер-физичких система, интернета интелигентних уређаја и интернет сервиса. Сајбер-физички системи прате физичке процесе и стварају виртуелну копију физичког света. Улога интернет сервиса јесте да се учесницима у ланцу вредности обезбеде ефикасно обављање пословних процеса. Циљ ове интеграције јесте реализација паметне фабрике (енг. Smart factory) [2].

Иницијатива под називом Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC), настала у Сједињеним Америчким Државама и Немачкој, донела је одређене мере које олакшавају прелазак на паметну индустрију. Пракса је показала да тек свако пето предузеће управља производним погонима и пословним јединицама преко умрежених ИТ система и да реализација паметне фабрике траје дуже од годину дана. SMLC идеја подразумева да предузећа установе глобалне мреже у које ће да повежу машине, складишта и производне погоне у облику сајбер-физичког система. У производном окружењу сајбер-физичке системе чине: паметне машине, складишта и производни капацитети способни да самостално разменjuју информације, покрећу акције и спроводе контролу независно један од другог. На овај начин се побољшава ефикасност индустријских процеса, инжењеринг, коришћење материјала, ланац снабдевања и управљање животним циклусом производа.

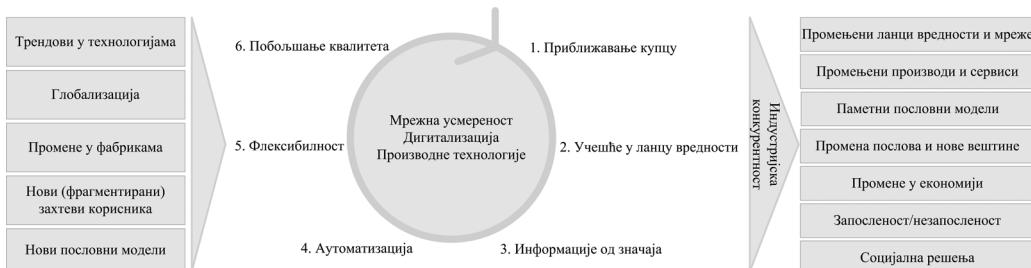
Суштина концепта паметне фабрике јесте да се паметни производи јединствено идентификују и лако лоцирају у сваком тренутку, уз познавање њихове историје, тренутног статуса и алтернативног начина за достизање одређеног стања [3]. Унутар паметне фабрике налазе се уградњени производни системи којима се може управљати у реалном времену, који захтевају и омогућују end-to-end инжењеринг кроз цео ланац вредности. Карактеристика индустријске производње у паметној индустрији јесте висока флексибилност, а потребна технологија аутоматизације побољшана је увођењем метода самооптимизације, самоконфигурације, самодијагностике и интелигентне подршке запосленима.

Предузећа од паметне индустрије очекују повезивање машина, делова радног процеса и креирање интелигентне мреже дуж целог ланца вредности. Једноставно, машине треба самостално да контролишу једна другу, самостално предвиђајући грешке и покрећући процес одржавања или реагујући на неочекиване промене у производњи.

Кључне области на које паметна индустрија има утицаја јесу [1]:

- безбедност машина,
- индустријски ланац вредности,
- запосленост и
- социоекономија.

Информационе технологије се комбинују и конвергирају ка сензорским технологијама и робототи како би се створила напредна IoT решења у индустрији [4]. На слици 15.1 је приказано како IoT мења пословне и индустријске процесе и омогућује нове класе производа и сервиса.



Слика 15.1: Утицај IoT на пословне и индустријске процесе

Паметна индустрија може се дефинисати и као индустрија високог степена флексибилности у производњи у смислу потребе за одређеним производима (спецификације, квалитет, дизајн), обимом производње, управљањем временом, ефикасношћу ресурса и трошкова.

Паметна индустрија заснива се на [5][6]:

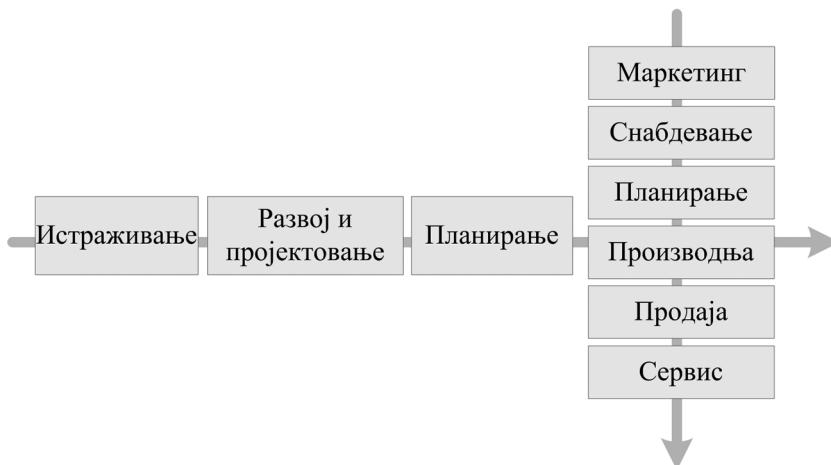
- Високом квалитету мрежно оријентисане комуникације машина, људи и система у целој мрежи, укључујући крајње кориснике.

- Дигитализацији информација и комуникација партнера у ланцу вредности и у производном процесу на свим нивоима.
- Грануларним, флексибилним и интелигентним производним технологијама које омогућују испуњавање специфичних захтева крајњих корисника.

Дигитализација је важна и за развој нових технологија аутоматизације и за нове генерације робота [5]. Нови начини дигитализације воде ка потпуно аутоматизованим објектима и паметној подршци у процесу производње. Дигитализација производње треба да омогући:

- Оптимизацију логистичког планирања и дефинисање логистичких стандарда који се могу применити на различите производе.
- Уштеду времена потребног за корекцију грешака у планирању технолошких и производних процеса.
- Стандардизацију технолошких процеса производње.
- Оптимизацију планираних временских норматива у свим фазама производње.
- Ефикасно управљање подацима у пројектовању производа и производње.

Посебно место заузима концепт дигиталне фабрике који подразумева стратешко планирање производње с циљем да се благовремено дигиталним поступком провери ефикасност пројектовања производа, технолошких процеса и производње. Концепт дигиталне фабрике део је информационе стратегије предузећа која се односи на управљање и усклађивање фабричких процеса у тржишном окружењу (слика 15.2).



Слика 15.2: Процеси у оквиру дигиталне фабрике

Велика количина података добијена из сензора, у комбинацији са технологијама за управљање информацијама као што су Big data, предиктивно моделирање података и сличне, омогућује бољу контролу производних процеса [7]. Побољшана контрола производње смањује могућност грешке, редукује трошкове пословања и утиче на квалитет производа.

Не постоји једна технологија или домен технологија које управљају развојем паметне индустрије. Информационе технологије су M2M комуникацију учиниле садржајнијом, а машине интелигентнијим. Захваљујући сензорској технологији, уређаји су у стању да препознају друге уређаје и свет око себе. Cloud технологије и Big data решења служе да сакупљају, процесирају, преносе и складиште велике количине података. RFID и GPS технологије омогућују праћење појединачних производа [8].

2. Карактеристике и циљеви паметне индустрије

Паметно производно окружење укључује [1]:

- **Паметну монтажу.** У настојању да скрате време комуникације производње и других пословних процеса, произвођачи успостављају интелигентне мреже, чиме остварују удаљени приступ другим системима и партнерима и прецизно еластично и поуздано испоручивање.
- **Визуелизацију фабрика.** ИТ решења имају контролну таблу с погледом на мултиYGONСКО и мултифабричко окружење, што доприноси ефикасности, безбедности и квалитетнијем надзору рада опреме.
- **Широку видљивост фабрика.** Географски удаљеним производним погонима потребан је интегрисан производни систем, умрежавање путем интернета омогућује интеграцију података прикупљених с различитих апликација предузећа. Тако прикупљени подаци с производних уређаја у реалном времену убрзавају доношење одлука.
- **Систем алармирања.** Фабрике често нису у стању да у реалном времену известе да је поједина опрема отказала. Отворени стандарди омогућују да се корисници повежу са сензорским мрежама које откривају сметње у реалном времену, чиме се побољшава учинак коришћења опреме.

Циљ увођења IoT решења за аутоматизацију није потпуно искључење људи из производње, већ подизање продуктивности, ефикасности и способности за реализацију производних задатака [4]. Улога напредних информационих технологија јесте да омогуће ефикасан приступ информацијама везаним за производњу и обезбеде двосмерну комуникацију.

3. Компоненте паметне индустрије

3.1. Сајбер-физички систем

Важна компонента паметне индустрије јесте сајбер-физички систем који представља спој физичког и виртуелног света [9], интеграцију рачунарских и физичких процеса. Рачунари и мреже контролишу физичке процесе, обично с повратном спрегом. У развоју сајбер-физичких система разликују се три фазе. Прва генерација

обухватала је идентификационе технологије, као што је RFID, где су складиштење и аналитика били обезбеђени као централизовани сервиси [6]. Друга је била опремљена сензорима и актуаторима са ограниченим опсегом функција. Трећа може да складиши и анализира податке, јер је опремљена вишеструким сензорима и мрежно компатибилним протоколима, чије коришћење предузећима олакшава да им одговарајући резервни део буде на располагању на правом месту у право време.

3.2. Интернет интелигентних уређаја

Интеграција IoT технологија и интернет сервиса у производњу иницирала је четврту индустријску револуцију или паметну индустрију [4], где су ствари и објекти сајбер-физички системи, а телекомуникациона мрежа медијум преко кога они сарађују једни с другима.

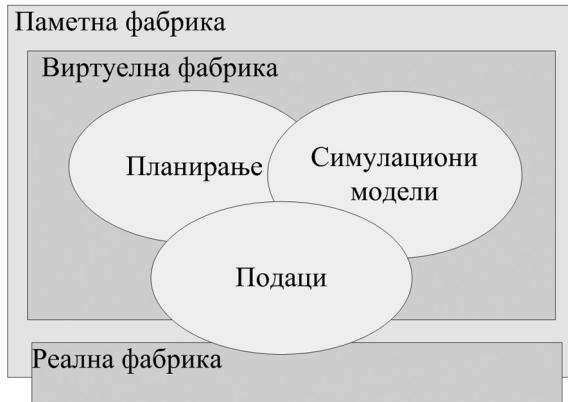
3.3. Интернет сервиси

Интернет сервисе, као део паметне индустрије, чине корисници, инфраструктура, пословни модели и саме услуге [1] које се добављачима нуде путем интернета. Могуће је укључити и објединити додатне услуге различитих добављача који сада комуницирају и са корисницима и са потрошачима. Предвиђа се да у будућности овај концепт из појединачних фабрика буде пребачен на тзв. мреже додатних вредности.

Идеја интернет сервиса у оквиру паметне индустрије спроведена је у оквиру пројекта SMART FACE који представља пример дистрибуиране контроле производње за аутомобилску индустрију [10]. Он је заснован на сервисно оријентисаној архитектури и омогућује коришћење модуларних станица за монтажу које могу да се флексибилно мењају или проширују. Превоз између монтажних станица одвија се аутоматизовано вођеним возилима којима се може управљати преко интернета. Тако им се саопштава какву конфигурацију захтева купац и омогућује да аутономно одлуче које ће радне кораке предузети.

3.4. Паметне фабрике

Паметне фабрике су кључни део паметне индустрије [3]. Могу да препознају одређени контекст и да, сходно томе, помажу људима и машинама у извршавању задатака. Ово се постиже коришћењем информација које обавештавају о положају и статусу физичког и виртуелног система: у првом случају, рецимо, где се алат налази и у каквом је стању, а у другом како доћи до потребних електронским докумената, цртежа и модела. Другим речима, паметне фабрике представљају интеграцију виртуелне и реалне фабрике (слика 15.3) [3]. У виртуелној фабрици се моделирају и тестирају производи, процеси и ресурси на бази реалних података све док се не отклоне грешке, а затим се развијена решења примењују у реалним фабрикама.



Слика 15.3: Паметна фабрика – интеграција реалне и виртуелне фабрике

Паметна фабрика подразумева потпуну интеграцију података о производу, а то значи да је неопходно интегрисати хетерогене CAD, CAM и CAE системе и управљати различитим скуповима информација. Она се примењује, пре свега, у предузећима која производе комплексне производе, као што су у аутомобилској, авионској и електронској индустрији, у машиноградњи, изградњи разних постројења и другим областима у којима су главни циљеви:

- убрзати процес планирања,
- смањити трошкове,
- повећати квалитет планирања.
- управљати ефикасније комплексношћу производа и процеса,
- побољшати комуникацију развојних партнера и снабдевача и
- скратити време до појаве производа на тржишту.

4. Принципи паметне индустрије

Концепт паметне индустрије почива на више принципа [3]:

- **Интероперабилности.** Способност сајбер-физичких система (делова предузећа, станица за монтажу и производа), људи и паметних фабрика да се повежу и међусобно комуницирају преко интернет сервиса и IoT-а.
- **Виртуелизацији.** Виртуелна копија паметне фабрике настала повезивањем података из сензора с виртуелним моделима фабрике и симулацијама.
- **Децентрализацији.** Способност сајбер-физичких система да сами одлучују.
- **Активности у реалном времену.** Оспособљеност за прикупљање и анализу података и увид у тренутно стање.
- **Сервисној оријентацији.** Пружање сервиса преко интернета.
- **Модуларности.** Флексибилно прилагођавање паметне фабрике кроз замену или проширење појединачних модула.

За успешну комуникацију сајбер-физичких система различитих произвођача постојање стандарда од је кључног значаја. У контексту паметне фабрике интероперабилност значи да су они у стању да комуницирају једни с другима кроз отворене мрежне интерфејсе.

Виртуелизација значи да је сајбер-физички систем у стању да прати физичке процесе [1]. Подаци из сензора повезани су с моделима виртуелних постројења и симулационим моделима. Виртуелни модел паметне фабрике чува сва стања сајбер-физичких система и извештава о њима.

Растућом потражњом за појединим производима централна контрола постаје тежа, зато уграђени рачунари омогућују да сајбер-физички систем самостално одлучује. У случају квара, задаци се делегирају на виши ниво. За осигурање квалитета и праћења стања неопходно је надгледање у сваком тренутку. У контексту паметне фабрике децентрализација подразумева да RFID тагови саопштавају машинама које кораке да предузму [11].

За извршење организационих задатака нужно је прикупљати и анализирати податке у реалном времену, због чега се у паметним фабрикама стално прате статуси свих постројења. Зато је она у стању да реагује на квар на једној и преусмери производе на другу машину.

Паметне фабрике су организоване на принципу сервисно оријентисане архитектуре, јер сајбер-физички системи нуде функционалности као енкапсулације веб сервисе. Као резултат тога, израда производа реализује се према специфичним захтевима купца.

Модуларност подразумева системе који су у стању да се прилагоде захтевима за променом кроз замену или проширење појединачних модула. Модуларни систем се једноставно подешава у случају сезонских флуктуација или промењених карактеристика производа; у постројењима паметних фабрика нови модули се додају по plug-and-play принципу. То значи да се преко стандардизованих софтверских и хардверских интерфејса они аутоматски идентификују и одмах употребљавају посредством интернет сервиса.

5. Паметна индустрија и промене у друштву

5.1. Промене у структури ланца вредности

Паметну индустрију одликује учешће корисника у дизајну и производњи [12]. Подаци из сензора су основа на којој се развијају решења за унапређење постојећих или осмишљавање нових пословних модела.

Паметна индустрија има циљ да промени традиционалне начине пословања, тако што подстиче повезивање предузећа и међуорганизациону комуникацију.

Применом cloud сервиса предузећима се нуди размена информација, односно директан приступ логистичким информацијама из других организација. Тако организације постају зависне једна од друге и такмиче се као један ентитет. Open-source сарадња у паметној индустрији постаје важна: на пример, коришћењем дизајна за 3D штампу може се знатно унапредити производња неког производа, променити спецификација и убрзати испорука.

5.2. Нови производи и сервиси

Промене које покреће паметна индустрија утичу на побољшање квалитета производа и на повећање задовољства купца [12]. Тренд је да се комбинују производи са сервисима. Једно од решења јесте процена квалитета и рано откривање кварова. Производни системи оспособљени су да самостално уче, што води ка производњи без грешака. Додатна вредност проистиче из повезивања с корисницима. Оба приступа, мрежна оријентисаност и повећање интелигенције производње, пружају могућности за остварење додатних услуга које се, најчешће, постижу кроз роботизацију и комуникационе канале са купцима.

5.3. Послови и вештине

Паметна индустрија утиче на мењање неопходних вештина и знања [12]. Роботизација, рецимо, увећава потребу за познавањем високоспецијализованих послова, реорганизацијом производних система и послова одржавања. Кључне промене у паметној индустрији односе се на:

- повећање броја радних места у производњи за која су потребна напредна знања и вештине,
- потребу за процесним инжењерима (уместо занатлија),
- нове услуге и
- познавање информационих технологија.

5.4. Промене у економији

Паметна индустрија разноврсно и дугорочно утиче на економију. Масовна производња временом неће нестати, али ће снабдевање великим количинама производа бити ефикасније зато што ће IoT решења производњу учинити флексибилнијом [4].

Ширење паметне индустрије снизиће трошкове радне снаге: с једне стране, аутоматизација води ка њеном смањењу, а с друге, нови послови и потреба за новим знањима и вештинама намећу потребу за новим радним местима која захтевају високу стручност и познавање ИТ.

5.5. Промене у логистичким процесима

Логистички процеси у паметној индустрији суочавају се са изазовом унапређења сопствене и прилагођавања интелигенцији других делова производње [12]. Сложени захтеви потрошача, скраћивање времена испоруке и сервисно оријентисани производи чине логистику важном у мрежи вредности. Због веће флексибилности очекује се да контролни системи децентрализовано послују и да самостално одлучују. Стога је у логистици фокус на нормално одвијање процеса у условима повећане интеракције различитих партнера у ланцу вредности кроз примену информационих технологија и решења, као што су:

- **iCargo.** Има за циљ да обезбеди интегрисани транспорт и претовар за произвођаче, с редоследом реконструкције у свакој фази, заснованим на информацијама у реалном времену и стратегији управљања ланцима снабдевања.
- **iWarehousing.** Систем за ефикасно вођење складишта који подразумева примену IoT решења као што су паметне полице, управљање залихама сировина и репроматеријала и сл.

За даљи развој кључне су технологије као што су RFID и интелигентна инфраструктура, уз изазов прилагођавања логистике децентрализованом одлучивању [11].

6. Пример примене у пракси

Појам паметне индустрије односи се на примену IoT технологија у индустрији које треба да омогуће комуникацију машина с полупроизводима и другим машинама и комуникацију човека и машине. Уградњом сензора у машине и роботе побољшава се интеракција радника, робота и машина.

Један од примера примене паметне индустрије реализован је у SAP SE [13] где су сајбер-физички системи и људи повезани и комуницирају путем интернет сервиса. У производној хали у Хановеру имплементирана је паметна производна трака којом преко интернета управља софтвер. Делови производног процеса поседују информације чија се размена одвија посредством RFID технологије. Након процесирања, софтвер обавештава о даљим акцијама.

SAP SE примењује IoT технологије у производњи електронских компоненти. Анализом процеса уочене су нестабилности изазване неправилностима у материјалима који се прерађују и истрошеношти или застарелости машина [13]. Зато је развијено IoT решење које омогућује идентификовање и реаговање у реалном времену на неправилности у производњи, чији је основни задатак неометано функционисање система. Уведена је машина која оптимизује производњу и води рачуна о њеној одрживости, повећавању ефикасности у коришћењу материјала и енергетској делотворности. На овај начин скраћено је време потребно за детектовање и поправку квара, остварене су уштеде електричне енергије и остварена је боља комуникација на релацијама човек-машина и машина-машина.

Пример примене IoT у паметној индустрији је реализован у сарадњи Елаб-а и Института за водопривреду „Јарослав Черни“ [14]. Пројекат се односи на примену IoT у управљању и одржавању брана. Подаци се прикупљају преко интелигентних сензора који се налазе у бранама (Брана Ђердан) и шаљу у централно складиште података. Веб апликација омогућује праћење различитих параметара у реалном времену, упозорења у одступању вредности од стандардних и сл. Други пример примене IoT у паметној индустрији представљен је у примеру број 2 из Практикума. У овом примеру је представљен систем за надгледање рада индустријске пећи коришћењем сензора за детекцију пламена и LED диода које светлосном сигнализацијом обавештавају раднике да ли је пећ у употреби (сија црвена LED диода) или се пећ тренутно не користи (сија зелена LED диода) [15].

ЗАКЉУЧАК

Паметна индустрија се развија кроз примену IoT решења и ширење интернет сервиса, омогућујући пројектантима, производићачима и корисницима да ефикасније комуницирају, сарађују, деле и размењују многобројне ресурсе у процесу производње. Овакав облик интеграције предузећа постао је применљив у многим областима, јер су дефинисани одговарајући оквири за колаборативно виртуелно пројектовање и производњу. Производња се интегрише с реалном производњом и симулационим моделима да би се реализовала кључна компонента паметне индустрије - паметне фабрике. Шира примена паметне индустрије доводи до промена у економији, као што су:

- флексибилнија производња,
- нови производи и сервиси,
- нова знања и вештине,
- смањење учешћа људског фактора и елиминација грешака у производњи и
- снижење трошкова производње и др.

У будућности се очекује да мрежно оријентисан приступ у производњи замени линеарне производне процесе. Овакав приступ води креирању нових клијентски оријентисаних пословних модела и новог екосистема који захтева нове пословне вештине. Поред IoT-а, технолошки трендови који додатно покрећу развој паметне индустрије jesу [16]:

- следећа генерација адаптибилних робота,
- тродимензионална (3D) штампа,
- интеграција embedded система,
- технологије паметних електроенергетских мрежа,
- нови човек-машина интерфејси,
- сајбер-физички системи,
- напредни сензори,
- Big data и cloud computing.

ПИТАЊА

1. Објасните појам паметне индустрије?
2. Објасните како IoT утиче на пословне и индустриске процесе?
3. Објасните улогу дигитализације у производњи?
4. Наведите карактеристике паметног производног окружења?
5. Објасните улогу сајбер физичког система у оквиру паметне индустрије?
6. Објасните појам паметне фабрике?
7. Опишите пример примене RFID технологије у паметној индустрији?
8. Наведите које промене у друштву и економији доноси паметна индустрија?
9. Објасните утицај паметне индустрије на сектор транспорта и логистике?
10. Који трендови утичу на даљи развој паметне индустрије?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller and M. Rosenberg, „How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: Industry 4.0 Perspective”, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 8, no.1, pp. 37-44, 2014.
- [2] E. Shellshear, R. Berlin and J. S. Carlson, „Maximizing Smart Factory Systems by Incrementally Updating Point Clouds”, *Computer Graphics and Applications*, vol. 35, no. 2, pp. 62-69, 2015.
- [3] F. Shrouf, J. Ordieres and G. Miragliotta, „Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm”, in: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2014, pp. 697-701.
- [4] I. Ungurean, N. C. Gaitan and V. G. Gaitan, „An IoT architecture for things from industrial environment”, in: Proceedings of the 10th International Conference on Communications, 2014, pp. 1-4.
- [5] H. Wörn, D. Frey and J. Keitel, „Digital factory - planning and running enterprises of the future”, in: Proceedings of the 26th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2000, vol.2, pp. 1286-1291.
- [6] C. T. Yen et al., „Advanced manufacturing solution to industry 4.0 trend through sensing network and Cloud Computing technologies”, in: Proceedings of the Conference of the IEEE Automation Science and Engineering, 2014, pp. 1150-1152.
- [7] A. McAfee, „Big data, the management revolution”, *Harvard Business Review*, vol. 90, no. 10, pp. 61-67, 2012.
- [8] D. Gorecky, M. Schmitt, M. Loskyll and D. Zuhlke, „Human-machine-interaction in the industry 4.0 era”, in: Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, 2014, pp. 289-294.
- [9] W. Mansour and K. Jelassi, „RFID technology to control manufacturing systems using OPC server”, in: Proceedings of the International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb, 2014, pp. 1-4.
- [10] Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics, „The SMART FACE consortium project”, Freiburg, Germany: Fraunhofer IML, Доступно на: <http://www.industrie40.iml.fraunhofer.de/en/ergebnisse/smart-face.html> [15.03.2015].
- [11] N. Jazdi, „Cyber physical systems in the context of Industry 4.0”, in: Proceedings of the International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, 2014, pp. 1-4.
- [12] R. Drath and A. Horch, „Industrie 4.0: Hit or Hype?”, *Industrial Electronics Magazine*, vol. 8, no.

2, pp. 56- 58, 2014.

- [13]SAP SE, „Industry 4.0: Two Examples for the Factory of the Future”, 2014. Доступно на: <http://news.sap.com/industry-4-0-two-examples-future-factory/> [15.03.2015].
- [14]R. Martać, N. Milivojević, V. Milivojević, V. Ćirović, and D. Barać, „Using Internet of things in monitoring and management of dams in Serbia”, *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 29, no. 3, pp. 419-435, 2016.
- [15]B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, and A. Labus, „*Praktikum iz Interneta inteligentnih uređaja*”, Fakultet organizacionih nauka, 2017.
- [16]O. Givehchi, H. Trsek and J. Jasperneite, „Cloud computing for industrial automation systems - A comprehensive overview”, in: Proceedings of the 18th Conference Emerging Technologies & Factory Automation, 2013, pp. 1-4.

16 ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА У ТРГОВИНИ, ЛОГИСТИЦИ И МАРКЕТИНГУ

У малопродаји интернет интелигентних уређаја може се искористити за остварење великих прихода и лојалности купаца, промоције новог бренда и учвршћивање позиције постојећих производа, унакрсне (cross-selling) и продаје додатних делова (up-selling), оглашавање производа у реалном времену, унапређење рангирања производа од стране купаца, праћење стања робе на залихама, побољшање ефикасности ланца снабдевања и унапређење пословања [1].

1. Технологије интернета интелигентних уређаја у малопродаји

Паметним уређајима унапређују се односи с купцима, маркетинг и промоције [2], јер се често на основу прикупљених података купцима и продавницама у реалном времену прослеђују одговарајуће поруке: на пример, да се на екранима осетљивим на додир пружају тражене информације везане за производе.

Коришћењем RFID, NFC технологија и QR кодова купци на лицу места сазнају датум производње неког производа, рок трајања, доступну величину (за одећу и обућу), стање на залихама и слично, а продавци могу да им препоруче друге продавнице у којима ће наћи тражено.

Служећи се програмима лојалности, навикама купаца, онлајн претраживањем и трендовима претраге, продавци су у прилици да подстакну продају код верних или потенцијалних купаца. Тако се Wi-Fi технологијом, на пример, може свакодневно пратити учесталост посета, а постоје мобилне апликације које су помоћ купцима у куповини.

Примена IoT технологија у малопродаји захтева промене у организацији и продади [3]. Зато продавци у малопродаји треба да прихвате промене и омогуће увођење IoT иновација [4][5]. IoT технологије знатно унапређују прикупљање и анализу података у малопродаји, стварајући основ за боље доношење одлука [6].

Технологије интернета интелигентних уређаја омогућују својеврсно гомилање знања о купцима (препознавање навика, понашања пре куповине итд.) и производима (приказивање аудио и видео информација о производу, производњи итд.)

на основу обављених трансакција, што може да послужи за праћење промена и односа купац-продавац на мало [7][8].

Интеракција продавац-купац побољшава се коришћењем забавних уређаја и интерфејса који визуелизују тражене информације. Нови колаборативни и интерактивни сценарији куповине обухватају учествовање купаца у креирању услуге на захтев и добијање прилагођених и персонализованих обавештења [9]. Купци директно од куће приступају производима путем мобилних телефона, продајних излога и сличног, а приношењем производа сензору добијају савет шта треба да ураде. IoT технологије смањују трошкове трансакција увођењем плаћања унапред [10].

IoT технологије у малопродаји утичу на [3]:

- развој ad hoc сервиса и услуга,
- промену у управљању знањем,
- креирање паметних партнеристава и
- мењање приступа услугама и конзумирању производа.

Све ово служи побољшању куповног искуства потрошача, које почиње пре него што уђе у продавницу и завршава се знатно касније после куповине [11]. Стога интерактивно искуство укључује три фазе: пре продаје, у продавници и после продаје. То значи да купци најчешће пре одласка у радњу обаве претрагу жељених производа на веб сајтовима. Постојање интерактивних канала за купце након куповине у знатној мери утиче на стварање лојалности бренду и дугорочним односима.

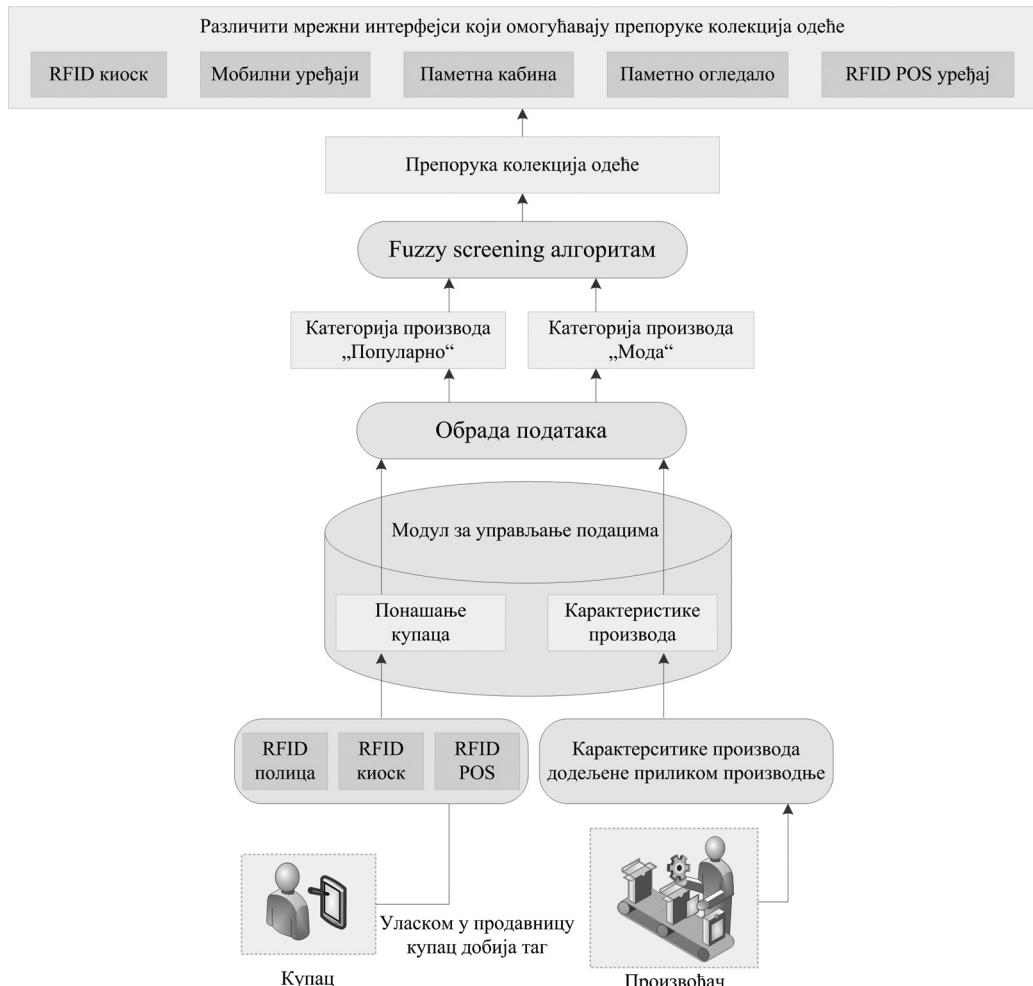
RFID технологија игра важну улогу у управљању малопродајом; један од примера је систем за унапређење искуства потрошача кроз аутоматску препоруку одевних предмета, проверу доступности у реалном времену и ефикасну потврду куповине [1]. Ток процеса у RFID систему за управљање продајом одеће у малопродаји приказан је на слици 16.1.

У типичном сценарију купац на уласку у продавницу добије RFID таг који представља виртуелну куповну корпу (енг. virtual shopping basket, VSB). Комуникација тага и RFID читача на полицама, киосцима и продајном месту прибавља му различите податке, који се односе на куповно искуство и чувају у бази података (модул за управљање подацима) [1].

У модулу за процесирање налазе се агрегирани подаци о куповним искуствима потрошача и особине производа снимљене још у производњи, а убачени су у FS (енг. Fuzzy screening) алгоритам за одабирање препорука производа које се купцима приказују путем различитих интерфејса, укључујући RFID киоске, персонализоване мобилне уређаје, паметне кабине, паметна огледала и продајна места опремљена RFID технологијом. Оваква интелигентна помоћ олакшава бирање одеће, обуће и сличног, унапређујући куповно искуство потрошача и повећавајући продају.

У једном сценарију у продавници постоји RFID инфраструктура коју чине RFID полице, RFID киосци, RFID тагови и RFID POS. Сви производи су учитани у

базу података, а RFID читачи су постављени на свим полицама. На продајним киосцима са екранима осетљивим на додир купци проверавају стање производа на залихама и добијају препоруку за куповину, а на продајном месту прегледају одабране производе. Када се куповина потврди, садржај виртуелне корпе се упамти. Виртуелна корпа је, у ствари, RFID таг с јединственим идентификатором којим се управља софтверски и даје се купцу на уласку: он једноставно упише производе, без потребе да ма шта носи у рукама. Након његовог изласка виртуелна куповна корпа се брише и доступна је следећем купцу. Интелигентна апликација, иначе, анализира све чињенице у вези с виртуелном куповином, и на основу тога и карактеристика купца даје препоруке. На пример, препоручује производе из најпопуларније категорије, тако што анализира податке из виртуелних куповних корпи према броју прегледа производа, износу производа додатих у виртуелну корпу, количини купљених производа итд.



Слика 16.1: Ток процеса у RFID систему за управљање продажом одеће у малопродаји [1]

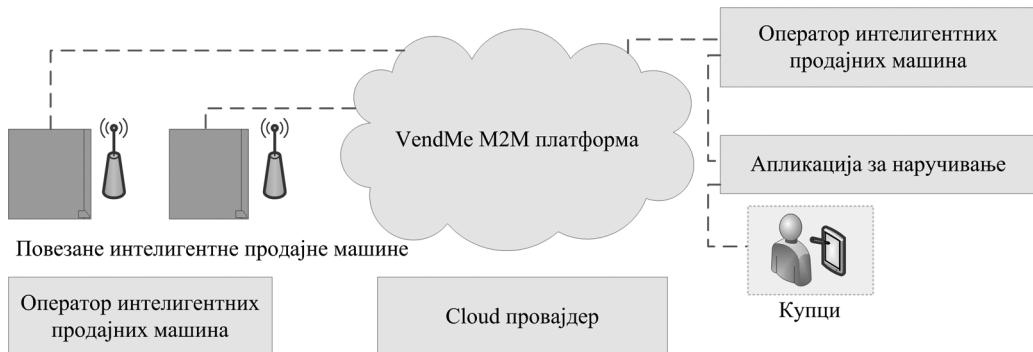
2. Интелигентне продајне машине и паметни системи плаћања

Интелигентне продајне машине намењене су продаји и праћењу стања робе на залихама преко интернета, с циљем да се избегне несташица на залихама и смањи време чекања за поправку самих машина [12]. Апликације за управљање омогућују продавцима да на даљину утврде квар и обаве поправку.

Интелигентне продајне машине имају [12]:

- **LCD.** Интерактивни дисплеји осетљиви на додир.
- **Систем плаћања без кеша.** Плаћање мобилним телефонима, кредитним или дебитним картицама.
- **Телеметријски систем.** Фиксна или бежична конекција са уређајима где се контролише исправност уређаја и нивоа залиха.
- **Гласовно препознавање.** Алтернативни начин за интеракцију с машином.
- **Дигитални билборд.** Приказ интерактивног садржаја.
- **ERP.** Комуникација с финансијама, планирањем, одржавањем итд.

Увођењем M2M решења могуће је умрежити више интелигентних продајних машина; један од оваквих примера јесте VendMe M2M решење засновано на cloud инфраструктури која повезује интелигентне продајне машине и обезбеђује праћење продаје и залиха у реалном времену преко једне апликације. Извештаји се сакупљају путем мобилне мреже и складиште у облаку [12]. На слици 16.2 приказан је концептуални модел VendMe M2M решења.



Слика 16.2: Концептуални модел VendMe M2M решења [12]

Кључне одлике VendMe M2M решења су [12]:

- управљање залихама и новцем,
- бележење историја залиха, прогноза и извештавање,
- откривање грешке у функционисању машина у реалном времену и алармирање,
- вођење извештаја за пословну аналитику,
- постојање мобилне апликације за запослене на терену,

- постојање мобилне апликације за купце и
- интегрисање са системима плаћања без готовине.

Испорука дигиталних садржаја, паметно плаћање, друштвена куповина, управљање залихама, одржавање и уштеда енергије неки су од примера како повезане машине повећавају приходе и профит и унапређују корисничко искуство [13].

Интелигентна софтверска решења, као што су дигитални продајни аутомати, омогућују коришћење интерактивног билборда осетљивог на додир, пружајући прилагођени садржај (промоције, видео игре и ТВ рекламе). Постављање оваквих машина на прометним местима, као што су стадиони и позоришта, продавцима олакшава успостављање непосредне комуникације с потрошачима.

Примена NFC технологије у малопродаји купцима нуди једноставно и брзо плаћање, у којем се користе кредитне и дебитне картице или мобилни новчаници (нпр. Google Wallet).

Дигитални продајни аутомати, у комбинацији са паметним телефонима, потрошачима омогућују да се идентификују, изграде профил, повежу с друштвеним мрежама, играју друштвене игре и примају промоције и прилагођене огласе. Овим видом интеракције на располагању су им додатни сервиси, као што је слање поклона пријатељима.

Машине на основу податка прикупљених из сензора и уgraђене интелигенције доносе одлуке везане за управљање залихама; уколико су повезане, произвођачи и дистрибутери су у прилици да прате испоруку робе до малопродаје или до дигиталних продајних аутомата. На основу прикупљених података прати се стање робе и испорука робе до машина у којима је већа продаја.

Cisco је развио екосистем за паметну продају и куповину, који се састоји од неколико делова [14]:

- **Cisco Store in a Box.** Интегрише активности велепродаје.
- **Cisco Remote Expert.** Обезбеђује видео сервис на захтев, доступан као мобилни саветник, и продајни киоск за самопослугу или подршку за боље искуство купца у куповини. А то значи да се у току куповине купац може путем видео позива повезати са стручњаком који ће му помоћи.
- **Cisco Digital Media Store Experience.** Интеграција дигиталних билборда и апликација за једноставно и ефикасно креирање, управљање, објављивање и приступ висококвалитетним дигиталним садржајима, као што су промотивни видео материјали, садржаји везани за оглашавање, тренинг и брендирање. На овај начин се умањују оперативни трошкови, повећава укупан промет, унапређује ниво персонализације и вишеканални приступ у маркетингу.
- **Cisco Connected Mobile Experiences.** Омогућује персонализацију у току куповине. Пружа купцима релевантан мобилни садржај у реалном времену заснован на локацији продавнице.
- **Cisco SmartLocker.** Омогућује купцима да преузму робу на основу онлајн пору-

џубина, без ангажовања запослених на продајним местима. Купци на једноставан начин путем екрана осетљивог на додир уносе или скенирају аутоматизациони код који аутоматски отвара одговарајућу браву где се налазе унапред припремљени производи за њега.

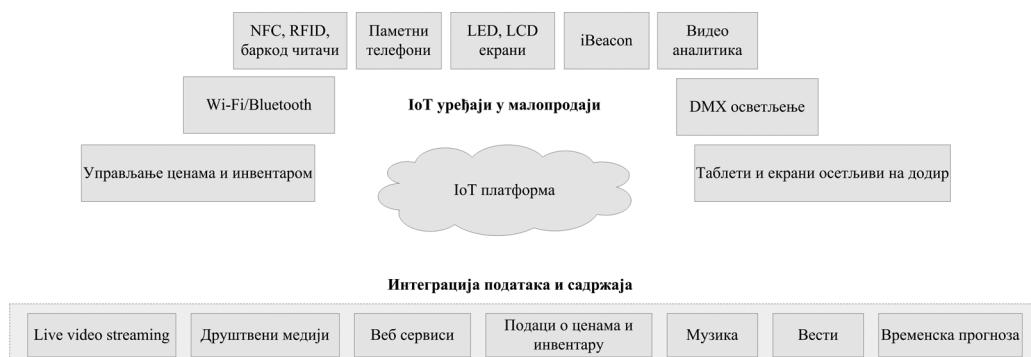
Повезивањем с друштвеним мрежама купци се подстичу да шире различите информације о одређеном брэнду, а укључењем разних сензора, камера и бежичних приступних тачака на продајном месту продавци добијају вредне информације на основу којих се открију обрасци понашања и одлике купаца.

Са аспекта малопродаје, три су битне компоненте интернета интелигентних уређаја [2]:

- **Уређаји.** Различити уређаји који се користе у малопродаји могу бити интегрисани у IoT систем: POS уређаји, паметни телефони, бесконтактни NFC тагови, мобилни киосци, сензори, интелигентне продајне машине итд. Сами производи постају део IoT система, тако што су обогаћени одговарајућим сензорима (на пример, паметни сатови, фрижидери итд).
- **Подаци.** Велика количина разноврсних података везаних за управљање ценама, трансакцијама и односима с купцима, понашање купаца у куповини, трендове на друштвеним мрежама, екстерне делове система итд. у знатној мери може утицати на побољшање пословања.
- **Аналитика.** Да би се из података извукле корисне информације, неопходно је увести нове парадигме, као што су Big data и cloud computing сервиси.

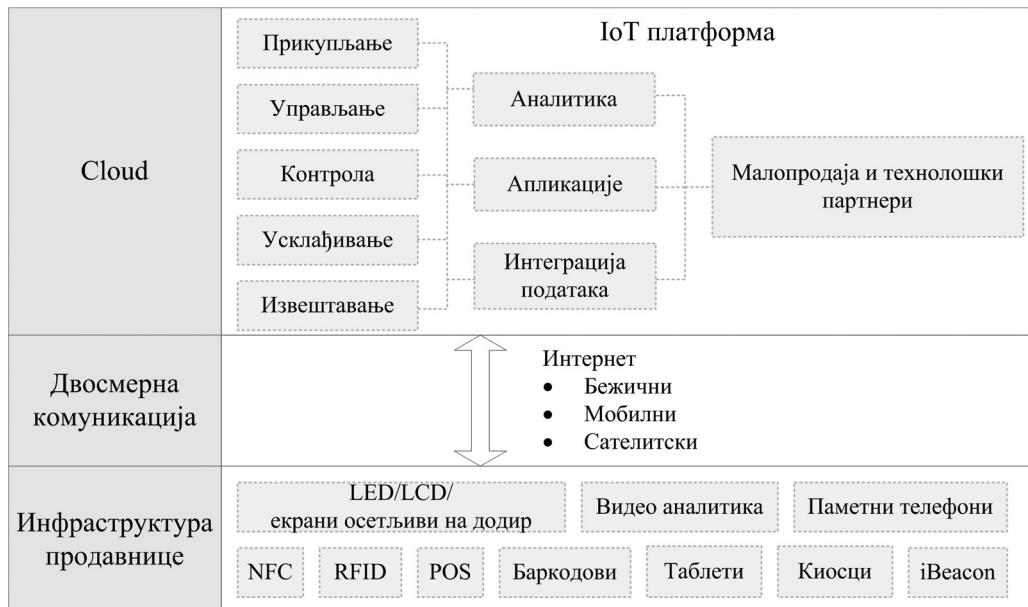
Неки од примера функционалности система малопродаје заснованим на интернету интелигентних уређаја су [2]: мерење и контрола уређаја на месту продаје, свака компонента система може да се лоцира, двосмерна комуникација уређаја и софтвера који је најчешће постављен на cloud, управљање исправношћу уређаја, флексибилан модел за прикупљање података и статистичку анализу, квалитетан API за интеграцију са осталим деловима пословног информационог система, напредно извештавање, видео контрола и аналитика.

На слици 16.3 приказан је пример система малопродаје заснованог на интернету интелигентних уређаја.



Слика 16.3: Пример система малопродаје заснованог на IoT [2]

На слици 16.4 приказан је пример IoT платформе малопродаје која се може интегрирати с велепродајом.



Слика 16.4: Пример IoT платформе малопродаје [2]

Слој инфраструктуре продајног места састоји се од мноштва сензора и постављених POS терминала, iBeacon-a, RFID, NFC, виртуелног POS-а, таблета, киоска и већег броја повезаних сервиса и апликација.

3. Примена интернета интелигентних уређаја у шопинг моловима

Интернет интелигентних уређаја се у малопродаји може применити за: праћење производа (логистика), постизање интерактивности с купцима приликом куповине, остварење паметних активности у ланцу снабдевања, унапређење система мобилних плаћања, управљање инвентаром и ресурсима.

Поред наведених, технологије интернета интелигентних уређаја у шопинг моловима користе се за [9]: побољшање куповног искуства потрошача, управљање сигурношћу, уштеде у потрошњи електричне енергије, унапређење управљања односима с купцима и за унапређење маркетинских активности.

IoT технологије у шопинг моловима омогућују [9]:

- праћење понашања купаца, складиштење прикупљених података и коришћење у маркетингу,
- забаву и пласирање робе,
- прикупљање података и усмеравање купаца при куповини,
- надгледање потрошње енергије,

- управљање сигурношћу и
- куповину преко интернета.

Кључни показатељи које треба мерити у шопинг моловима су промет купаца (енг. Shopper Traffic), учесталост долажења (енг. Shopper Frequency) и време задржавања (енг. Dwell Time).

Шопинг молови имају сопствене базе података, а појединим купцима обезбеђују паметне картице са пином, при чему се у аутоматизованим киосцима уноси пин при уласку. Након тога купци с картицама купују по специјалним ценама и добијају промотивне производе и услуге.

Сензори за детекцију покрета или сигурносне камере на улазу обавештавају запослене које услуге треба да пруже и броје посете. Тако се усмерава пажња на купце, скраћује се њихово време чекања и оптимизује рад запослених [1].

Мобилне технологије имају важну улогу у процесу продаје: сервиси засновани на локацији (енг. Location Based Services) путем мобилних телефона обавештавају купце о најближим шопинг моловима, промоцијама и попустима.

Продавци у малопродаји сакупљају информације о купцима праћењем кликова на веб сајту; на сличан начин мобилни телефони могу да прикупљају податке у офлајн окружењу. Лоцирањем сигнала из мобилних уређаја креирају се виртуелне путање кретања људи кроз шопинг мол. Подаци прикупљени из мобилних уређаја власницима шопинг молова омогућују [9]:

- надгледање перформанси шопинг мола,
- оптимизацију закупа, уз максималну атрактивност за локалне купце,
- повећање прихода од рекламирања,
- празан тржишни простор за потенцијалне нове закупце и
- мерење ефективности маркетиншких догађаја и промоција.

4. Интернет интелигентних уређаја у логистици

Интернет интелигентних уређаја представља инфраструктуру помоћу које се управља уређајима повезаним на интернет преко технологија као што су RFID, QR кодови и дигитални водени жигови (енг. digital watermarking). Ови уређаји и технологије омогућују обележавање и праћење производа; на овај начин се у малопродаји управља залихама, логистиком и испоруком робе и персонализују понуде и постпродајне услуге.

Праћење залиха у реалном времену реализује се применом ERP система: праћење залиха у магацину у односу на продату робу и слање обавештења продавцима да се испоручи нова. Улазне и излазне залихе прате се без учешћа људи, уколико су означене RFID таговима и сензорима. Ове технологије аутоматски уносе информације о типу производа, произвођачу, серијском броју и датуму истека важности у реалном

времену. Залихе се могу пратити и у електронским продавницама, на овај начин се купци обавештавају о стању робе.

Технологије интернета интелигентних уређаја омогућиле су једноставније праћење транспорта у реалном времену. Превоз робе може се усмеравати на руте којима се она брже испоручује, уз праћење на даљину коришћењем GPRS система, GPS и RFID тагова. Један од нових трендова је употреба дрон камера.

Интернет интелигентних уређаја олакшава персонализацију искуства купца на два начина: подешавањем понуде и подешавањем времена испоруке робе.

Процес праћења робе под гаранцијом је сложен, IoT аутоматски шаље обавештења о њеном истеку и могућностима продужења.

4.1. Примена интернета интелигентних уређаја у колаборативним ланцима снабдевања

Ток информација и догађаји које генеришу повезани IoT објекти могу се користити за њихово праћење, управљање, контролу и координацију [15]. Ланци снабдевања су једна од области где IoT може имати запажену примену.

Традиционални ланци снабдевања имају већи број недостатака у савременом пословању; пре свега, то се односи на глобалну видљивост наруџбина купца и потреба тржишта. Demand Driven Supply Networks (DDSN) приступ има циљ да обезбеди сарадњу и интероперабилност [15]. Фокус је на ширењу информација између предузећа учесника у ланцу. Уместо појединачних одговора на наруџбине купца, боље је да се оне деле између предузећа и тако ефикасно одговори на потребе тржишта.

RFID је најчешће коришћена технологија у ланцима снабдевања за идентификацију, геопозиционирање, комуникацију, пренос и дељење података везаних за објекте који се прате и превозе у специјализованим контејнерима [15]. Пример таквог система праћења производа приказан је на слици 16.5.

Делови система повезани су у реалном времену, а информације о свакој компоненти налазе се на једном месту у централној бази. У току превоза робе путем мобилне мреже преносе се подаци о свим уређајима означеним таговима. Учесници у ланцу могу да приступе јединственој бази и добију увид у тренутну позицију одређеног производа.



Слика 16.5: Глобална архитектура платформе за праћење производа [15]

5. Интернет интелигентних уређаја у маркетингу

Интернет интелигентних уређаја у малопродајном маркетингу нуди иновације у аутоматизацији продаје, персонализованом оглашавању и напредним сервисима за купце. У аутоматизованој продаји RFID сензори се уградију на производе, полице и корисничке захтеве да надгледају кварење и набавку робе, да омогуће дигиталну сигнализацију и аутоматизацију осветљења у радњама, да прате температуру у фрижидерима и да омогуће персонализацију маркетиншких активности. У близини продајног места купцима је тако на располагању интерактивно и персонализовано дигитално искуство.

У шопинг моловима купци се сензорима детектују у близини излога и добијају приказ производа на промоцији, а путем мобилних уређаја преузимају каталоге с робом на снижењу. Больје опремљена малопродајна места нуде и интерактивне дигиталне панеле или паметна огледала.

Напредни IoT сервиси у малопродаји омогућују [16]:

- Помоћ приликом паркирања испред продајног места.
- Заштиту од превара и контролу фалсификата.
- Аутоматску проверу робе путем паметних телефона.

- Продају путем дигиталних продајних аутомата, повезаност уређаја у паметној кући (нпр. паметни фрижидер) са системом поручивања робе из малопродаје.
- Коришћење wearable уређаја у процесу куповине.
- Интерактивну персонализовану сигнализацију.

Повезивањем паметних објеката у индустријском сектору и малопродаји може се повећати таргетирање и смањити трошкови рекламирања. Примена паметних објеката у продавницама обухвата следеће технологије: Wi-Fi, Wi-Fi тагови, видео камере, препознавање лица, препознавања покрета, сензоре за паркинг, сензоре за полице, дигиталне билборде итд.

Мобилне апликације у продавници су, такође, примери примене IoT-а у малопродаји и маркетингу, са задатком да унапреде искуство купаца у куповини, препоруче им одговарајуће производе, приуште забаву и слично.

Један од примера IoT технологије јесте „Дизнијев свет” [16]. Помоћу RFID тагова гостима који их носе за време посете Дизнијевом парку омогућује се улаз, наручијање, плаћање, већи број олакшица итд. На основу ових података Дизнијев парк креира програме лојалности, унапређује корисничко искуство и спроводи усмену маркетиншку кампању.

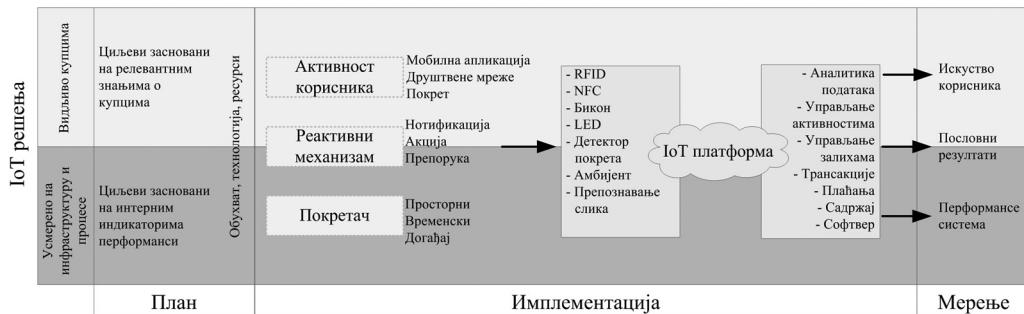
6. Пример примене у пракси

Пример за примену IoT технологија у маркетингу јесте препознавање пролазника поред дигиталних панела с рекламама, са уgraђеним интелигентним дисплејима у камеру, које се мењају зависно од узраста и пола потенцијалног потрошача. Камера препознаје основне одлике пролазника и информацију шаље софтверу који је брзо обрађује и објављује одговарајућу рекламу. Снимци се чувају у бази података, а производи и продавци их користе за различите анализе. Поједина предузећа увела су у употребу ово IoT решење да би сазнала жеље купаца.

Пример примене интернета интелигентних уређаја и мобилних технологија за унапређење пословних процеса у маркетингу и малопродаји реализован је оквиру истраживачких активности Елаб-а и компаније Coca-Cola.

Развијен је модел примене интернета интелигентних уређаја у маркетингу и малопродаји (*слика 16.6*). Применом бикона и мобилне апликације за подршку при куповини, унапређен је процес комуникације са потрошачима, повећана је конверзија, а потрошачима је омогућено обогаћено искуство у свим фазама од упознавања са производом до реализације куповине [17].

У примеру број 28 из Практикума, приказан је развој паметног шопинг мола коришћењем више сензора, актуатора и Raspberry Pi микрорачунара [18]. Паметни шопинг мол омогућује прикупљање података о задржавању купаца испред излога. У продавницама купци могу коришћењем QR кодова да провере да ли у продавници има одређени одевни комад у одређеној величини и боји.



Слика 16.6: Модел примене интернета интелигентних уређаја у маркетингу и малопродаји [17]

ЗАКЉУЧАК

Применом IoT технологије промењен је приступ потрошачима, производима и услугама у трговини. Потрошачи имају на располагању ad hoc комуникацију с производима и услугама путем апликације која интерактивно реагује на промену захтева. Примена IoT је омогућила промене у управљању знањем, приступу услугама и конзумирању производа и креирању паметних партнерстава. Повезивањем машина преко интернета реализује се испорука дигиталних садржаја, паметно плаћање, управљање залихама, остварују уштеде у потрошњи електричне енергије итд. На овај начин се утиче на профитабилност трговинских предузећа и унапређује корисничко искуство. Нова решења имаје футуристичку форму, јер ће из основе променити свакодневни живот човека: пре свега, ово се односи на IoT апликације које препознају потрошаче, идентификују њихове потребе, прилагођавају понуду и остварују већу интерактивност.

ПИТАЊА

1. Наведите пример примене IoT у малопродаји?
2. Објасните појам интелигентних продајних машина?
3. Наведите компоненте интернета интелигентних уређаја са аспекта малопродаје?
4. Објасните могућности примене RFID технологије у малопродаји?
5. Илуструјте пример IoT платформе у малопродаји?
6. Објасните могућности примене интернета интелигентних уређаја у колаборативним ланцима снабдевања?
7. Објасните могућности примене Интернета интелигентних уређаја у логистици?
8. Објасните могућности примене интернета интелигентних уређаја у шопинг моловима?
9. Објасните улогу мобилних апликација у продавницама?
10. Објасните примену IoT технологија у маркетингу?

РЕФЕРЕНЦЕ

[1] S. H. Choi, Y. X. Yang, B. Yang and H. H. Cheung, „Item-level RFID for enhancement of customer shopping experience in apparel retail”, *Computers in Industry*, vol. 71, pp. 10-23, 2015.

- [2] ComQi, „How the Internet of Things is Reinventing Retail”, 2015. Доступно на: <http://comqi.com/wp-content/uploads/2016/08/IoT-White-Paper-Ifitis-post.pdf> [16.1.2017].
- [3] E. Pantano and H. Timmermans, „What is smart for retailing?”, in: Proceedings of the 12th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, 2014, pp. 101-107.
- [4] D. Kindström, C. Kowalkowski and E. Sandberg, „Enabling service innovation: A dynamic capabilities approach”, *Journal of Business Research*, vol. 66, no. 8, pp. 1063-1073, 2013.
- [5] Y. Wang and G. Wu, „Empirical research for the effects of dynamic capabilities on business performance in e-business enterprises”, in: Proceedings of the International conference on E-Business and E-Government, 2010, pp. 279-282.
- [6] S. Wood and J. Reynolds, „Knowledge management, organisational learning and memory in UK retail network planning”, *The Service Industries Journal*, vol. 33, no. 2, pp. 150-170, 2013.
- [7] C. Lin and C. Hong, „Using customer knowledge in designing electronic catalogue”, *Expert Systems with Applications*, vol.34, no. 1, pp. 119-127, 2008.
- [8] S. H. Liao and Y. J. Chen, „Mining customer knowledge for electronic catalogue marketing”, *Expert Systems with Applications*, vol 27, no. 1, pp. 521-532, 2004.
- [9] P. Leitner and T. Grechenig, „Smart Shopping Spaces: Connecting merchants and consumers by innovative online marketplaces”, in: Proceedings of the International Conference e-Commerce, 2009, pp. 77-88.
- [10] J. Xie and S. M. Shugan, „Electronic Tickets, Smart Cards, and Online Prepayments: When and How to Advance Sell”, *Marketing Science*, vol. 20, no. 3, pp. 219-243, 2001.
- [11] Y. B. Park and J. S. Yoo, „A heuristic for the inventory management of smart vending machine systems”, *Journal of Industrial Engineering and Management JIEM*, vol. 5, no. 2, pp. 354-363, 2012.
- [12] Cumulocity, „Cumulocity Smart Vending, Wend me”, Overview paper, 2013. Доступно на: http://www.vendme.net/VendMe%20EN_Download.pdf [16.1.2017].
- [13] S. Biggar, „Cellphone Data Are Changing the Industry’s Understanding of Shoppers, Leasing and Advertising”, *Retail Property Insights*, vol. 19, no. 2, pp. 1-7, 2012.
- [14] Cisco, „Transforming the Store Experience with Cisco Retail Solutions”, 2014. http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/retail/downloads/cisco-retail-solutions-brochure.pdf [16.1.2017].
- [15] D. R. Gnimpieba, A. Nait-Sidi-Moh, D. Durand and J. Fortin, „Using Internet of Things technologies for a collaborative supply chain: Application to tracking of pallets and containers”, in: Proceedings of the International Workshop on Mobile Spatial Information Systems, 2015, pp. 550-557.
- [16] J. Wieber, The Internet of Things and the Future of Social Commerce, Social Media Today, 2015. Доступно на: <http://www.socialmediatoday.com/technology-data/2015-02-20/internet-things-and-future-social-commerce> [16.1.2017].
- [17] N. Đurđević, A. Labus, Zorica Bogdanović, and M. Despotović-Zrakić, „Internet of things in marketing and retail”, in: Proceedings of the Fourth International Conference on Advances in Information Processing and Communication Technology - IPCT 2016, pp. 20-24. doi: 10.15224/978-1-63248-099-6-30.
- [18] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, and A. Labus, „Praktikum iz Interneta inteligentnih uređaja”, Fakultet organizacionih nauka, 2017.

17

ПАМЕТНА ПОЉОПРИВРЕДА

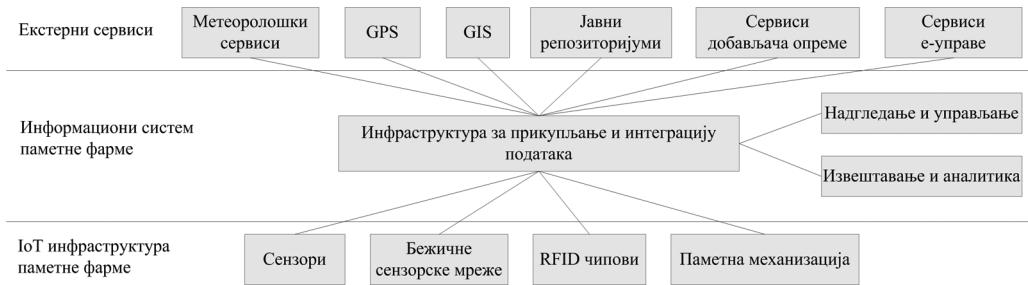
Број становника на Земљи расте, а могућност проширивања пољопривредног земљишта све је мања. Због повећане потражње за храном улажу се напори у развој технологија које би унапредиле производњу, уз одрживо коришћење постојећих ресурса. Решавање овог изазова на глобалном нивоу могуће је увођењем технологија интернета интелигентних уређаја, сателитске навигације, мобилне комуникације и свеприсутног рачунарства. Примена мобилних, сателитских и технологија интернета интелигентних уређаја назива се прецизна пољопривреда (енг. precision agriculture), а све чешће паметна пољопривреда [1].

Основни циљеви паметне пољопривреде су:

- **Повећање приноса.** Паметна пољопривреда обезбеђује информације потребне за анализу и доношење одлука које ће водити максимизацији приноса: на пример, биљке се саде у време када је земљиште најбоље припремљено и беру само када су зреле; могућа је боља и благовремена заштиту усева од штеточина итд.
- **Ефективно коришћење воде.** Праћење влажности земљишта и ваздуха омогућује оптимално заливање, уз минималне губитке воде.
- **Ефикасније пословање у пољопривреди.** Аутоматизација свакодневних активности, надгледање у реалном времену, напредна аналитика, предвиђање на дневном и сезонском нивоу, сарадња с добављачима и јавном администрацијом ефикаснији су и одвијају се у реалном времену.

1. Инфраструктура паметне пољопривреде

Концептуални приказ инфраструктуре паметне фарме приказан је на слици 17.1. Архитектура обухвата IoT инфраструктуру, информациони систем паметне фарме и екстерне сервисе [2].



Слика 17.1: Концептуална архитектура паметне фарме

1.1. IoT инфраструктура паметне фарме

У инфраструктуре паметне фарме сензори и сензорске мреже користе се за прикупљање и праћење података, као што су температура, влажност ваздуха и земљишта, присуство угљен-диоксида, других корисних и штетних материја у ваздуху и земљишту, штеточина и сл. RFID чипови служе за означавање предмета или животиња које је потребно надгледати [3], исто тако и све алатке и машине опремају се микроконтролерима или микрорачунарима да би се пратило како раде и како би се њима могло управљати.

У пољопривреди постоје специфични захтеви у погледу IoT инфраструктуре, неопходно је да већина сензора аутономно функционише уз минималну потрошњу енергије. За напајање употребљавају се ограничени извори енергије, као што су батерије; ако је изводљиво постављају се соларне ћелије. Сензори треба да буду отпорни на утицаје окружења, временске непогоде, контакт са инсектима и слично, зато се стављају у заштитно кућиште. Положај се бира на основу проектних захтева, али и на основу карактеристика опреме (изнад земље, у земљишту, на дрвету, на наменској станици итд.). Уколико су у затвореном простору, нпр. у стакленицима, треба да се прилагоде условима погодним за узгој усева (температура, влажност ваздуха и сл.).

Положај сензора не мора бити фиксни, они се могу монтирати на мала возила, роботе или дронове, који су оспособљени за аутономну навигацију [4], или на друга возила, као што су трактори, теренска возила и сл.

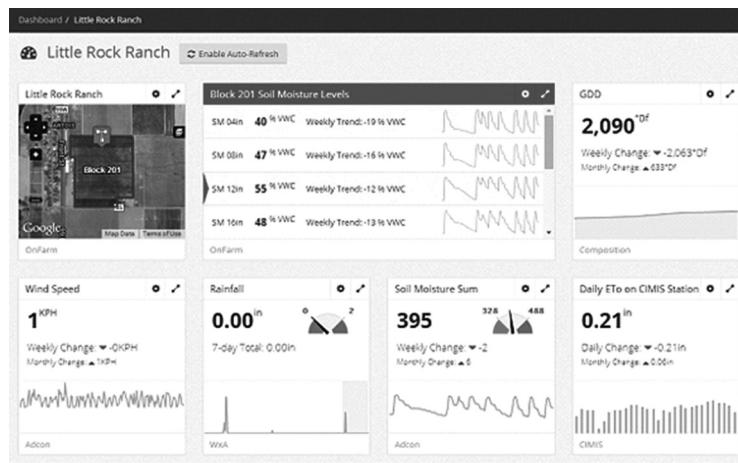
У пољопривреди се најчешће срећу: биолошки сензори, сензори воде, метеоролошки сензори, сензори за детекцију корова, камере, сензори светlosti и растојања, фотометријски сензори, сензори квалитета земљишта, сензори фотосинтезе, дендрометри (мерење висине и јачине дрвећа) и други [5].

1.2. Информациони систем паметне фарме

Инфраструктура за прикупљање и интеграцију података може бити дистрибуирана и на cloud computing технологијама. Осим комуникационе и хардверске, она обу-

хвата софтверска решења за надгледање и управљање ресурсима, за извештавање, напредне анализе и предвиђање [6]. Пример тзв. контролне табле у софтверском алату за управљање паметном фармом приказан је на слици 17.2, а укључује [7]:

- праћење пољопривредних процеса,
- планирање производних процеса и упозоравање у случају одступања,
- праћење радних сати и продуктивности запослених,
- управљање ресурсима и трошковима,
- праћење механизације и надгледање возила и машина коришћењем GPS-а,
- снимање квалитета земљишта и евиденција парцела,
- праћење временских извештаја,
- предвиђање поплава и
- праћење и контрола животиња.



Слика 17.2: Контролна табла софтера OnFarm за управљање паметном фармом [7]

1.3. Екстерни сервиси паметне фарме

У инфраструктуру паметне фарме интегришу се бројни екстерни сервиси како би се створио јединствен систем паметне пољопривреде [8]. Метеоролошки сервиси достављају краткорочне и дугорочне временске прогнозе на основу којих се планирају процеси на паметној фарми; то је неопходно за правовремено узбуњивање и реаговање у случају изненадних непогода.

Сервиси за глобално позиционирање користе се за навигацију машина и људи и за боље управљање географски распрострањеним ресурсима; комбинују се са сервисима географског информационог система и другим сателитским за надгледање земљишта.

С обзиром да пољопривреду у већини земаља строго контролише држава, повезивање са сервисима електронске управе омогућује ефикасно достављање

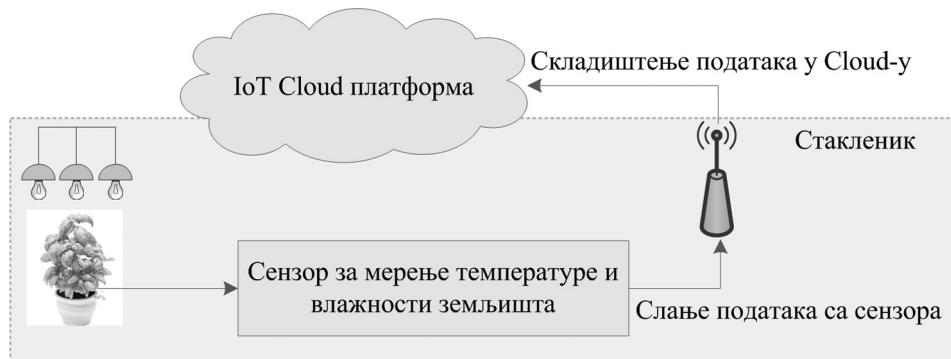
извештаја надлежним органима. Пошто произвођачи опреме за пољопривреду, осим машина и алата, све чешће продају и сервисе, намеће се потреба да они буду интегрисани у инфраструктуру паметне фарме.

2. Примена интернета интелигентних уређаја у пољопривреди

2.1. Мерење и праћење квалитета окружења

На приносе утичу бројне променљиве: локација (нагиб, надморска висина, водени токови итд.), карактеристике земљишта (физичке особине, влага, дубина, и сл.), одлике усева (густина, висина, квалитет), спољашњи чиниоци (коров, инсекти, временски услови итд.) и управљање (начин коришћења, тип усева, одржавање, наводњавање итд.). Главни извори хранљивих састојака (нутријенти) потребни за развиће биљака су земљиште и ваздух [9].

Мерење и праћење квалитета земљишта заснива се на прикупљеним подацима, као што су густина семена, раст и стање усева, плодност земљишта итд. Када су познати показатељи, као што су хранљиве материје у земљишту, влажност, интензитет сунчеве светlostи, количина угљен-диоксида и других гасова, густина корова и тако редом, може се оптимизовати употреба ћубрива, хербицида и других загађивача (полутанти) и смањити загађење. Након сетве прати се напредовање усева, пројектује распоред лишћа и мери однос тамних и светлих површина на тлу. Добро разумевање чинилаца из окружења олакшава пољопривредним производијачима да боље предвиде невоље које ће утицати на биљке и онемогућити их. Пример архитектуре IoT решења за праћење података из окружења у стакленику приказан је на слици 17.3.



Слика 17.3: Приказ IoT архитектуре за праћење параметара окружења у стакленику

2.2. Пољопривредна механизација

Пољопривредне машине и алати се опремају сензорима и рачунарима повезаним са интернетом [10]; напредна решења, чак, подразумевају управљање мноштвом

машина. На основу анализа земљишта, усева, временске прогнозе и других података може се у реалном времену планирати која ће машина, када, где и за које операције бити коришћена.

Под утицајем нових технологија велики произвођачи све више нуде софистицирану пољопривредну опрему, усавршене механизме за наводњавање и софтверска решења за потпуну подршку пословању, често по SaaS моделу. Машине и алати су саставни део овакве ИТ инфраструктуре паметне фарме, са сензорима и актуаторима који прикупљају податке и контролишу поједине радње. Потрошња горива се оптимизује, број кварова опреме се смањује, а интервенција сервисера се остварује без уплитања фармера.

Пример паметног пољопривредног возила приказан је на слици 17.4.



Слика 17.4: Паметна пољопривредна машина

Развој паметних машина усмерен је ка дизајнирању скалабилне и поуздане инфраструктуре и ефикасне комуникације компонената. Комуникација се успоставља између различитих возила, као што су аутономни или даљински вођени трактори, и сензора на одређеној територији.

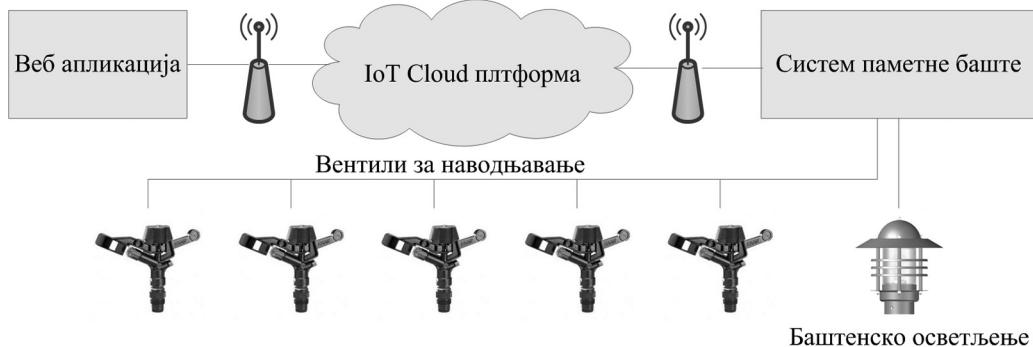
У пољопривреди се све чешће појављују дронови као уређаји за даљинско мерење. Дронови прикупљају податке о стању усева у реалном времену, фотографишу усеве, пребројавају стабла, детектују штеточине итд. Дронови лете аутономно, без потребе да неко њиме управља, а интеракција с корисником обавља се преко телефона, лаптопа или другог преносивог уређаја. У једном лету у трајању око сат времена овакве летелице покрију преко стотину хектара.

2.3. Паметно наводњавање

Системи паметног наводњавања (слика 17.5) служе за оптимизацију потрошње воде, уз стварање одговарајућих услова за раст и развој биљака [11]. За постизање оптималних резултата неопходно је узети у обзир специфичност биљне културе и земљишта, карактеристике готовог производа и климатске услове.

Основни елементи паметног наводњавања су:

- сензори за температуру, влагу земљишта и кишу,
- актуатори: вентили, пумпе и прскалице с регулацијом притиска и
- софтвер за управљање и надгледање заливања који користи податке из сензора, временску прогнозу и друге.



Слика 17.5: Систем паметног заливања

За постизање веће прецизности у процени потребе за водом, уводе се лизиметри, уређаји који мере испарање и транспирацију биљака.

3. Интернет интелигентних уређаја у сточарству

IoT у сточарству примењује се за праћење кретања и здравља домаћих животиња применом интелигентних система [12], а циљеви су:

- смањење обима ангажоване радне снаге,
- откривање болести стоке у раној фази,
- повећање производње млека и квалитета млечних производа и
- обезбеђење здраве хране.

Употреба интелигентних идентификацијоних технологија, као што је RFID, важна је са аспекта смањења радне снаге: на пример, у Аустралији постоји пројекат који коришћења дронова за праћење домаћих животиња на отвореном и њихове заштите од евентуалних крађа. У порасту је коришћење сензорских решења за надгледање здравља домаћих животиња: мерачи притиска, температуре и дисања, који с базном станицом комуницирају преко Bluetooth технологије. Тако се откривају оболења у раној фази и информације прослеђују ветеринарској служби.

Уградња интелигентних решења омогућује сакупљање и чување података (историја прегледа, вакцинације и сл.), који су важни за узгој домаћих животиња. Ускладиштени у информационом систему паметне фарме, они се користе за препознавање епидемија и њихових трендова.

4. Интернет интелигентних уређаја у шумарству

У управљању шумама, као једној од грана шумарства, многе активности усмерене су на узгајање дрвећа или очување шума, а остварују се кроз контролу показатеља као што су: пречник и висина стабла, висина крошње, дебљина стабла, влажност, осветљење, прерада угљен-диоксида и сл. Мерење поменутих и других података и правовремено достављање организацијама које се баве управљањем од виталне је важности за очување шумског фонда.

Пројекат паметног шумарства заснива се на имплементацији интелигентних решења кроз интеграцију телекомуникационе и IoT инфраструктуре. IoT инфраструктуру чине различити сензори [13]:

- камере за контролу стабала воћа и поврћа,
- специјални сензори за генерирање 3D мапа, комбиновани с GPS-ом,
- напредни сензори за праћење влажности у стаблима или плодовима,
- сензори за мерење pH вредности у шумским биљкама,
- оптички сензори за утврђивање зрелости плодова у шуми и
- оптички и микроталасни сензори за одређивање карактеристика крошњи.

Употребом интелигентних уређаја анализирају се и класификују штете у шумама, степен покривености земљишта ћубривом, сегментација терена и сл. Систем заштите од пожара једна је од честих IoT апликација која служи прикупљању и дистрибуцији информација за превенцију пожара.

5. Пример примене у пракси

Нека предузећа увела су низ интелигентних решења у пољопривреди [14], успоставивши нови пословни модел који се, осим интелигентне пољопривредне механизације, заснива на пружању сервиса. Чине га следеће целине:

- управљање фармом,
- планирање радова,
- примена на пољима и
- снимање података.

Основу система за управљање паметном фармом представља апликација која помаже у анализи и оптимизацији пољопривредног пословања. Овај софтвер омогућује да се унапред планирају послови и доносе одлуке о количини употребе ћубрива, заштитног средства или семена. Квалитет одлука обезбеђен је израдом карти хранљивих вредности тла и мапа оптималних приноса које су резултат обраде података прикупљених детаљним снимањем поља или парцела. Тако се пољопривредна механизација унапред припрема за рад у пољу, подешавајући машине и алате у складу са информацијама (нпр. количина заштитног средства).

Предузеће John Deere осмислило је решење за паметни трактор и оптимизовало везу између њега и приклучних машина применом ISOBUS стандарда: омогућује премештање пријемника и екрана с једне машине на другу и њихову интеграцију у машине других производа.

Осим помоћи у анализи и оптимизацији пословања у погледу планирања будућих радова у пољу, пољопривредницима се помаже и у креирању извештаја за продају или извештавању надлежних органа.

Интернет интелигентних уређаја може се применити за негу биљака и за производњу јестивих печурака. У примеру број 25 из Практикума представљен је систем за аутоматизовано заливање баште [15]. Систем омогућује праћење количине воде у канистеру и обавештавање о времену сваког заливања. Пример број 26 приказује развој паметног система заливања заснованог на метеоролошким условима [15]. У оваком систему заливање биљака врши се на основу унапред одређеног времена предвиђеног за заливање и праћења температуре и влажности ваздуха. Пример примене IoT у производњи шампињона представљен је у примеру број 27 из Практикума [15]. За успешну производњу шампињона, у разним фазама развоја, неопходно је обезбедити одговарајућу температуру, влажност и количину угљен-диоксида. Развијени систем треба да обезбеди и даљинско управљање.

ЗАКЉУЧАК

Системи засновани на интернету интелигентних уређаја у пољопривреди користе се у све већој мери, чак и код мањих пољопривредних производа. Примена сензора и напредних IoT решења може додатно проширити могућности паметне пољопривреде. Главни резултати који се могу постићи применом IoT технологија у пољопривреди су:

- Тачније мапирање земљишта и праћење развоја усева.
- Прецизнија процена потребе за наводњавањем или одводњавањем.
- Процена штете услед елементарних непогода.
- Сагледавање утицаја померања земљишта (клизишта).
- Больје управљање заштитом од штеточина.
- Развој одрживих модела пословања у пољопривреди.

ПИТАЊА

1. Објасните појам прецизне пољопривреде?
2. Одаберите једног производа пољопривредних машина (нпр. John Deere) и анализи-рајте сервисе паметне пољопривреде које он нуди својим клијентима?
3. Описите типичне функционалности софтвера за управљање паметном фармом?
4. На који начин анализа података у реалном времену може допринети больим резултатима пословања у пољопривреди?
5. Објасните IoT инфраструктуру пољопривредне механизације?

6. Како се примењују дронови у паметној пољопривреди?
7. Који је циљ примене система за паметно наводњавање?
8. Описите специфичности примене IoT-а у сточарству (пронађи и дискутовати пример)?
9. Анализирајте могућност примене IoT-а за рану детекцију пожара у шумама?
10. Описите специфичности примене IoT система у очувању шума (пронађи и дискутовати пример)?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] M. Qingyuan, C. Qiang, S. Qingsheng and Z. Chao, „The Data Acquisition for Precision Agriculture Based on Remote Sensing”, in: Proceedings of the IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2006, pp. 888-891.
- [2] F. Mehdipour, „Smart Field Monitoring: An Application of Cyber-Physical Systems”, in: Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics, 2014, pp. 181-184.
- [3] R. Minwoo et al., „Design and implementation of a connected farm for smart farming system”, in: Proceedings of the IEEE SENSORS Conference, 2015, pp. 1-4.
- [4] P. Tripicchio, M. Satler, G. Dabisias, E. Ruffaldi and C. A. Avizzano, „Towards Smart Farming and Sustainable Agriculture with Drones”, in: Proceedings of the International Conference on Intelligent Environments, 2015, pp. 140-143.
- [5] M. C. Dwarkani, R. G. Ram, S. Jagannathan and R. Priyatharshini, „Smart farming system using sensors for agricultural task automation”, in: Proceedings of the International Conference on Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development, 2015, pp. 49-53.
- [6] Q. Tianchen, H. Xiao and Z. Pei, „Framework and case studies of intelligence monitoring platform in facility agriculture ecosystem”, in: Proceedings of the 2nd International Conference on Agro-Geoinformatics, 2013, pp. 522-525.
- [7] OnFarm, Доступно на: <http://www.onfarm.com> [15.11.2015].
- [8] M. K. Gayatri, J. Jayasakthi and G. S. A. Mala, „Providing Smart Agricultural solutions to farmers for better yielding using IoT”, in: Proceedings of the International Conference on Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development, 2015, pp. 40-43.
- [9] N. Kaewmard and S. Saiyod, „Sensor data collection and irrigation control on vegetable crop using smart phone and wireless sensor networks for smart farm”, in: Proceedings of the IEEE Conference on Wireless Sensors, 2014, pp. 106-112.
- [10] S. Simon, „Autonomous Navigation in Rubber Plantations”, in: Proceedings of the 2nd International Conference on Machine Learning and Computing, 2010, pp. 309-312.
- [11] A. N. Harun, M. R. M. Kassim, I. Mat and S. S. Ramli, „Precision irrigation using Wireless Sensor Network”, in: Proceedings of the International Conference on Smart Sensors and Application, 2015, pp. 71-75.
- [12] S. Sarangi, A. Bisht, V. Rao, S. Kar, T. K. Mohanty and A. P. Ruhi, „Development of a wireless sensor network for animal management: Experiences with Moosense”, in: Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems, 2014, pp. 1-6.
- [13] L. Mirowski, A. Smith, M. R. Ghaffariyan and M. Acuna, „Integrating Ubiquitous Computing Design into Forestry Information and Communication Technology: A Case Study in Designing a Forestry Transportation System”, in: Proceedings of the 7th International Conference on Ubi-Media Computing and Workshops, 2014, pp. 144-149.
- [14] L. Bedord, „Dance with Data”, *Successful Farming*, 2013, pp.42-45.
- [15] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, and A. Labus, „Praktikum iz Interneta inteligentnih uređaja”, Fakultet organizacionih nauka, 2017.

18

ПАМЕТНЕ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКЕ МРЕЖЕ - SMART GRID

У модерном друштву електрична енергија неопходна је и за привреду и за живот сваког појединца, јер обезбеђује осветљење, грејање, рад кућних уређаја, покретање машина у фабрикама итд. Она се добија трансформацијом других облика енергије, као што су механичка, соларна, топлотна, нуклеарна, биолошка и остале. Грана привреде која проучава, производи и користи различите изворе енергије назива се енергетика и представља важан индустријски сектор.

Многи класични извори, као угљ, нафта, гас и други, нису обновљиви, зато је, дугорочно гледано, развој привреде који на њима почива неодржив. Потребе за ефикасном и одрживом производњом и потрошњом електричне енергије довеле су до веће примене обновљивих извора, као што с енергија ветра, соларна енергија, хидроенергија и остале. С друге стране, развој информационих и технологија интернета интелигентних уређаја води ка унапређењима у овој области, стварајући тзв. паметне електроенергетске мреже (енг. smart grid) кроз које, осим електричне струје, противу подаци [1].

1. Појам и карактеристике паметних електроенергетских мрежа

Паметна електроенергетска мрежа подразумева информациону инфраструктуру и инфраструктуру целог енергетског ланца вредности, обухватајући добијање, пренос, испоруку и потрошњу електричне енергије [2], а може се описати као дигитални самообновљиви енергетски систем који испоручује електричну енергију од места производње до места потрошње. Она омогућује двосмерну комуникацију добављача и потрошача, из чега произистиче да је изводљива оптимизација електроенергетске мреже у реалном времену. Крајњи корисници су, наиме, у прилици да боље контролишу потрошњу и да је прилагођавају сопственим потребама [3]. Резултат примене јесте нижа цена, поузданiji пренос и одговорно и одрживо коришћење енергије.

Главне особине паметних електроенергетских мрежа су [4]:

- Повећање коришћења дигиталних информација за унапређења поузданости, ефи-

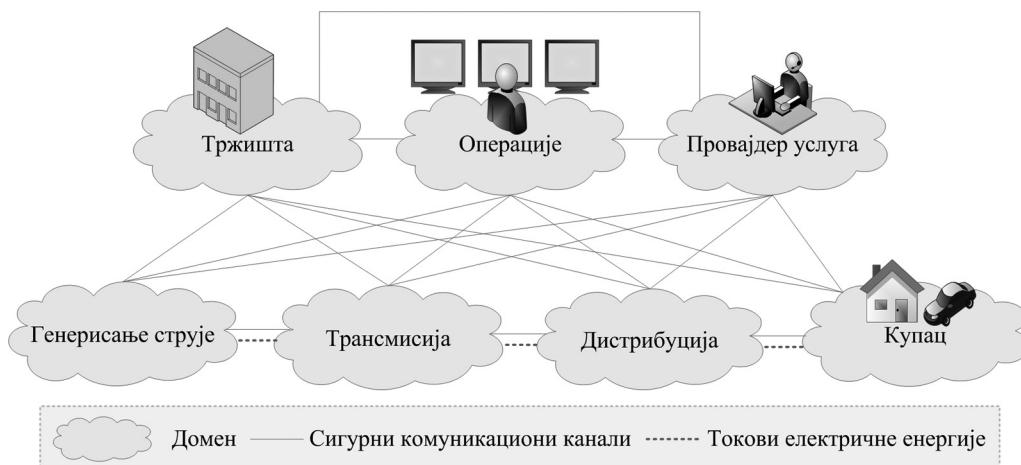
касности и сигурности. Пренос информација врши се двосмерно, од произвођача до крајњих потрошача, и обратно, а информације су доступне у реалном времену.

- Управљање и динамичко оптимизовање операција и ресурса.
- Обједињавање дистрибуираних извора и обновљивих извора енергије и дистрибуирана производња, тако да су крајњи корисници у прилици да вишак произведене електричне енергије продају на тржишту.
- Тржишно осетљиве, адаптивне мреже, у којима је производња усклађена с тражњом, а период прилагођавања променама кратак.
- Коришћење паметних технологија за даљинско мерење потрошње (паметна бројила), комуникација у мрежи, управљање њеним елементима и интеграција с паметним уређајима крајњих потрошача (паметни кућни апарати, паметни аутомобили и сл.)
- Стварање инфраструктуре за масовну примену електричних возила.
- Примена напредних технологија за производњу и складиштење електричне енергије у батеријама, чиме се домаћинствима омогућује да направе залихе електричне енергије. Тако се смањује њихова зависност од електричне мреже и обезбеђује да струју купују када је јефтина и има је у изобиљу, да своју користе у тренутку када је у мрежи скупља и да вишак продају на тржишту.
- Стварање окружења за развој нових пословних модела предузећа у енергетском сектору.
- Благовремено обавештавање улагача (стејкхолдера); потрошача о потрошњи и њеној контроли потрошње; оператора о тражњи, о неправилностима у мрежи и о другим параметрима; регулаторних органа за потребе надгледања електроенергетског система.
- Развој стандарда за комуникацију и интероперабилност уређаја повезаних на паметну електроенергетску мрежу.

Примена концепта паметних електроенергетских мрежа има предности за различите интересне групе. Са аспекта државе, стварају се услови за раст друштвеног производа, побољшање поузданости снабдевања енергијом и рационалније инвестирање у инфраструктуру. Продавцима електричне енергије омогућује се да смишљају нове производе, услуге, ценовне моделе на дерегулисаним тржиштима, сагледавање потреба и понашања потрошача и смањење трошкова. Потрошачима се нуди да бирају између различитих добављача, производа и услуга, поуздано снабдевање и ниже цене.

2. Архитектура паметне електроенергетске мреже

Архитектура паметне електроенергетске мреже приказана је на слици 18.1 [4]. Овај модел заснива се на подели у седам домена повезаних токовима електричне енергије и информационим токовима. У основном сценарију електрична енергија се производи у електранама, затим се преноси и испоручује потрошачима преко дистрибуционе мреже, а информациони токови повезују све учеснике на тржишту.



2.1. Потрошачи у паметној електроенергетској мрежи

Сврха електроенергетских мрежа јесте да задовоље потребе крајњих потрошача за електричном енергијом. У паметној електроенергетској мрежи, међутим, потрошачи могу сами да је производе, складиште и управљају потрошњом. Електрична енергија доставља се преко система дистрибуције, а информације се размењују преко интернета или наменски реализоване мреже [5].

Типичне групе потрошача су:

- резиденцијални,
- комерцијални и
- индустиријски.

Апликације у паметној електроенергетској мрежи за крајње кориснике су [6]:

- **Автоматизација куће или зграде.** Систем за контролу осветљења, температуре, сигурности, кућних апаратова и слично.
- **Автоматизација у индустрији.** Систем за контролу индустријских процеса, машина, складишта и слично.
- **Напајање електричних возила.** Пуњење батерије електричног аутомобила на јавно доступним пуњачима, паркинзима или другим местима.
- **Микро генерисање.** Систем за производњу помоћу соларних панела, ветрењача, хидроелектрана; најчешће код индустријских корисника, али постоје примери примене код комерцијалних и резиденцијалних. Може се користити за напајање корисничких уређаја; уколико постоји вишак, он се враћа тржишту и продаје другим корисницима.

2.2. Тржиште

Трговина електричном енергијом у паметној електроенергетској мрежи одвија се на тржишту, на којем се одређују цене и ствара равнотежа између производње и потрошње. Успостављањем националног тржишта раздваја се дистрибуција од преноса електричне енергије: корисницима се омогућује слободан приступ производњачима енергије, а доминантни производођач се онемогућује да формира цене које не одговарају трошковима производње, укидају се монополска права на снабдевање одређеним групама потрошача, уводи се приватно власништво у производњи и дистрибуцији и јача улога регулатора тржишта. Приступ међународном тржишту додатно утиче на регулацију стања на националном тржишту кроз обезбеђивање неопходних количина енергије и додатно обарање цена. Типичне апликације у домену тржишта су [5]:

- **Велепродаја.** Продаја електричне енергије електродистрибуцијама и великим индустријским потрошачима.
- **Малопродаја.** Продаја електричне енергије крајњим потрошачима.
- **Агрегација.** Удруживање малих производођача електричне енергије зарад заједничког наступа на тржишту.
- **Трговина на берзама електричне енергије.** Трговина електричном енергијом између електродистрибуција на велепродајном тржишту и између великих купаца по берзанском принципу.
- **Операције на тржишту.** Послови (утврђивање цена, клиринг, контрола пословања и сл.) који омогућују да тржиште неометано функционише.
- **Помоћне операције.** Операције којима се на националном тржишту реализују регулаторне функције с техничког и правног аспекта и њихово усклађивање с регулативом на регионалном тржишту.

2.3. Сервис провајдери

Сервис провајдери у паметној електроенергетској мрежи пружају услуге које треба да омогуће функционисање пословања производођача електричне енергије, дистрибутера и потрошача. Најчешће су организовани као комунална предузећа која пружају следеће услуге:

- **Управљање односима с клијентима.** Сервис провајдери су тачка приступа и контакта за потрошаче у паметној електроенергетској мрежи. Кроз различите канале комуникације потрошачи подносе захтеве за прикључење на мрежу, уговорају услуге, подносе жалбе и сл.
- **Инсталација и одржавање.** Сервис провајдери задужени су за инсталацију и одржавање уређаја код потрошача, као што су паметна бројила и гејтвеји.
- **Управљање паметним кућама и зградама.** Преко уређаја инсталираних код потрошача сервис провајдери прате функционисање корисничког дела паметне електроенергетске мреже и предузимају потребне акције с минималним учешћем

корисника.

- **Наплата.** Сервис провајдери достављају рачуне за наплату корисницима и обраћују уплате.

Развојем технологија паметне електроенергетске мреже очекује се експанзија тзв. паметних услуга које ће корисницима мреже пружати сервис провајдери.

2.4. Операције у паметној електроенергетској мрежи

Оператори у паметним електроенергетским мрежама одговорни су за неометано функционисање електроенергетског система [7]. Типични послови односе се на:

- **Надгледање и контролу.** Надгледање топологије паметне електроенергетске мреже, праћење функционисања уређаја, праћење перформанси мреже.
- **Отклањање прекида.** Утврђивање локације прекида у мрежи, брзо отклањање застоја.
- **Извештавање.** Анализа података о функционисању, поузданости и ефикасности мреже.
- **Напредна аналитика.** Анализа трендова, предвиђање тражње, оптимизација производње, оптимизација превентивног одржавања и друго коришћењем data mining техника.
- **Планирање операција.** Симулација операција у електроенергетској мрежи, планирање одржавања, планирање увоза и извоза електричне енергије.
- **Планирање развоја мреже.** Израда дугорочних планова, управљање пројектима развоја паметне мреже и слично.

Послове операција у паметној електроенергетској мрежи у већини земаља обављају предузећа под контролом државе; део се може пребацити на сервис провајдер или предузећа која послују на тржишту. Очекује се, међутим, да планирање и поуздано функционисање остану регулисани и након пуне имплементације паметне електроенергетске мреже.

2.5. Генерисање електричне енергије

Електрична енергија добија се из других видова енергије, као што су топлотна, механичка, енергија воде или ветра и друге. Тако настала преноси се до крајњих потрошача.

Информације у овој области односе се на количину доступне енергије, првенствено на изворе код којих производња електричне енергије зависи од променљивих услова окружења (нпр. соларне и електране на ветар), зато је потребно извршити балансирање производње из других извора. Недостатцима у снабдевању управља се у домену операција [7].

Апликације у генерисању електричне енергије су:

- **Контрола.** Омогућено је управљање током електричне енергије и контрола поузданости целог система.
- **Мерења.** Токови електричне енергије, стање система и околине мере се на даљину, а уређаји за мерење интегрисани су с постојећом опремом у мрежи.
- **Управљање ресурсима и одржавање.** Системи за подршку редовном одржавању мреже, детекцију тешкоћа и њихово ефикасно превазилажење.
- **Извештавање.** Апликације за подршку извештавању и анализи пословних процеса.

2.6. Пренос електричне енергије

Пренос електричне енергије од електрана до дистрибуције, управљање преносом и повезивање са електроенергетским системима других земаља обављају предузећа-оператори преноса, која су одговорна за одржавање стабилности мреже и баланса између производње и потрошње [4]. Апликације у овом домену су:

- контрола и праћење подстаница,
- контрола и праћење система складиштења, преноса и
- мерење и контрола свих параметара функционисања у мрежи.

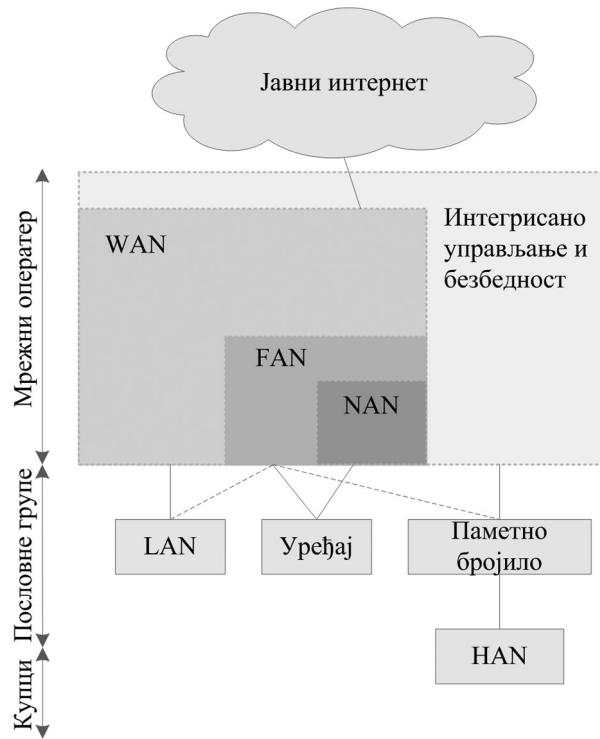
2.7. Дистрибуција електричне енергије

Дистрибуција електричне енергије повезује пренос са корисницима, а обухвата мерење потрошње, складиштења и генерисања. У паметној електроенергетској мрежи дистрибутери сарађују с предузећима задуженим за операције зарад бољег управљања токовима енергије [4]. Апликације у овом домену обухватају контролу и праћење:

- подстаница у систему дистрибуције,
- система складиштења електричне енергије у системима дистрибуције и
- дистрибуираног генерисања електричне енергије.

3. Инфраструктура паметне електроенергетске мреже

Паметна електроенергетска мрежа заснива се на комплексној дистрибуираној инфраструктури [8][9], чији су основни елементи приказани су на слици 18.2.



Слика 18.2. Инфраструктура паметне електроенергетске мреже

3.1. Home Area Network

Home Area Network је локална мрежа која повезује уређаје у једном домаћинству (слика 18.3). Са осталим елементима паметне електроенергетске мреже потрошачки системи комуницирају преко гејтвеја који представља интерфејс ка сервисима [6].



Слика 18.3: Home Area Network

Гејтвеј може бити интегрисан с паметним бројилом или као посебан уређај, а повезан је са свим уређајима потрошача директном везом или преко локалне кућне

мреже и интегрисан са системом за управљање потрошњом корисника. Преко сигурне интернет везе повезан је са информационим системом сервис провајдера, отуда представља улазну тачку за апликације даљинског очитавања потрошње, надгледања мреже и друге.

3.2. Инфраструктура за управљање паметним бројилима

Паметно бројило је основни део корисничког дела паметне електроенергетске мреже који потрошачу омогућује да у сваком тренутку има тачан увид у потрошњу [6]. Пример паметног бројила приказан је на слици 18.4.



Слика 18.4: Паметно бројило

Паметно бројило интерно складиши измерене податке, а надлежни сервис провајдери му приступају преко инфраструктуре за управљање паметним бројилима (енг. Advanced Metering Infrastructure, AMI). Инфраструктура обухвата хардвер, софтвер, двосмерне комуникације и информационе системе добављача електричне енергије. Паметно бројило је интерфејс ка информационом систему домаћинства, који корисницима омогућује информисање, контролу, добијање података на захтев о тренутној потрошњи и сличне услуге. Сервис провајдеру то обезбеђује повећање ефикасности испоруке и наплате енергије, задовољење потреба корисника и интеграцију дистрибуираних производњачких капацитета из обновљивих извора енергије. Информације које се тичу квалитета снабдевања доступне су корисницима у реалном времену.

Инфраструктура за управљање паметним бројилима треба да омогући интеграцију бројила различитих производњача и повезивање у NAN (енг. Neighbourhood Area Network).

3.3. Neighbourhood Area Network

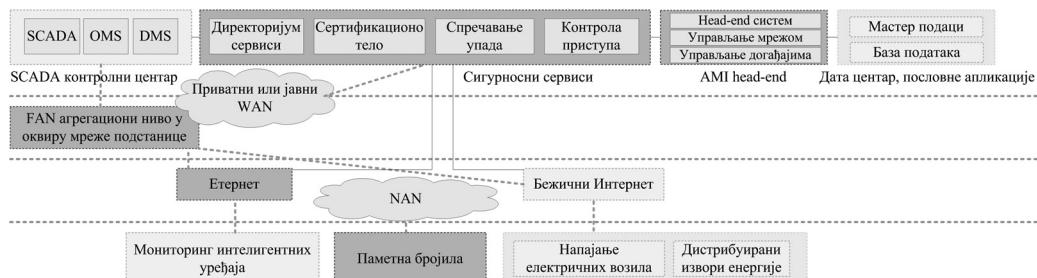
Neighbourhood Area Network (NAN) је уобичајено бежична мрежа која повезује паметна бројила у једном насељу [10] на један колектор, који може бити Wi-Fi или нека друга приступна тачка у спрези са сервис провајдером. Предност овог решења јесте у томе што корисници могу уз мале трошкове да приступе широкопојасном

интернету (суседи деле конекцију) и тако да купују или продају енергију уз минималне трошкове.

Висок ниво дистрибуиранисти паметних електроенергетских мрежа одликује аутономни рад мањих делова, микромрежа, а то су локализоване групације генератора и потрошача које аутономно функционишу, обично у умањеном капацитetu. Применом NAN мрежа се путем интернета повезује микромрежа и њени чворови с централним системом за дистрибуцију електричне енергије. Микромрежа функционише по plug-and-play принципу, омогућујући лако проширење електричне мреже.

3.4. Field Area Network

Електроенергетске дистрибутивне мреже често се заснивају на концепту FAN (енг. Field Area Network). То је, у ствари, флексибилна комуникациона мрежа која омогућује сервисе за реализацију AMI инфраструктуре, аутоматизацију дистрибуције електричне енергије, дистрибуирано генерисање енергије и аутоматизацију пратећих пословних процеса [11]. Сигурне, скалабилне и поуздане FAN мреже реализују се коришћењем IPv6 протокола и отворених стандарда, а пример такве приказан је на слици 18.5.



Слика 18.5: Field area network [12]

FAN мреже, најчешће, повезују велики број уређаја размештених у већим географским областима, а уводе се коришћењем бежичних технологија као подршка у раду теренских служби на инфраструктури електроенергетских мрежа. Основни захтеви које треба да испуне јесу:

- Поузданост.** FAN мрежа треба да буде функционална, чак и у случајевима престанка рада електроенергетске мреже.
- Скалабилност.** FAN мрежа треба да буде проширива, да омогући прикључење већег броја корисничких уређаја и да се брзо и лако шири на нова географска подручја. FAN мрежа треба да буде економична за имплементацију и у мањем обиму, на пример на нивоу једне подстанице.
- Високе перформансе.** У систему дистрибуције електричне енергије постоје апликације осетљиве на кашњење, зато латенција у FAN мрежама треба да буде најмања могућа.
- Мобилност.** Овај захтев је условљен природом посла теренских служби.

3.5. Wide Area Network

Wide Area Network су провајдерске мреже великог домета које повезују дистрибуиране делове паметних електроенергетских мрежа. У екосистему паметних мрежа најчешће се користе за повезивање WAN мрежа са информационим системима предузећа. Осим поменуте улоге, WAN мреже треба да омогуће комуникацију регионалних електроенергетских мрежа како би се размењивала енергије на регионалном нивоу [4].

3.6. Информациони системи у smart grid предузећима

У зависности од улоге предузећа у паметној електроенергетској мрежи (генерисање, трансмисија, дистрибуција итд.), потребно је реализовати посебну инфраструктуру за подршку пословним процесима.

За аквизицију података из удаљених уређаја и контролу у паметним електроенергетским мрежама користе се SCADA (енг. Supervisory Control and Data Acquisition) системи, намењени надгледању опреме и процеса који се одвијају на већим просторима или на удаљеним локацијама. Савремени SCADA системи заснивају се на примени IoT решења која почивају на cloud computing-у, чиме се обезбеђују боље хоризонтално скалирање, извештавање у реалном времену и коришћење комплексних алгоритама за контролу. Примена стандарда повећава интероперабилност и омогућује интеграцију података прикупљених у различитим SCADA системима [13].

Увођење паметних електроенергетских мрежа утиче на промене у системима за извештавање и анализу код свих учесника у екосистему, посебно у реалном времену. Применом Big data инфраструктуре, сервиса и анализе учесници на електроенергетским тржишту могу постићи већу профитабилност, повећати задовољство корисника и унапредити квалитет система производње и снабдевања електричном енергијом. Напредни системи извештавања омогућују бољу анализу потрошње, јер инфраструктура паметних бројила прикупља детаљне податке о корисницима, чијом се анализом боље сегментира тржиште, предвиђа потрошња и усклађује с производњом. Напредном анализом података о оптерећењу ресурса паметна мрежа се може оптимизовати, а ресурси боље распоредити, уз снижавање трошкова одржавања.

4. Стандарди у паметним електроенергетским мрежама

С обзиром на сложеност паметне електроенергетске мреже, потребно је усвојити и имплементирати велики број стандарда у различитим сегментима за њену потпуну интероперабилност [14]. Најважније стандарде доносе организације за стандардизацију: IEEE, IEC, ETSI, ANSI и друге. IEEE има више од сто усвојених стандарда и оних у развоју који се односе на паметне мреже.

IEC 61968 је група стандарда у развоју којима се дефинише размена информација у системима за дистрибуцију електричне енергије, који треба да обезбеде интеграцију апликација и имплементирају се као сервиси средњег слоја за размену порука између апликација.

IEC 61970 група стандарда треба да дефинише апликативне програмске интерфејсе за управљање енергетским системима, чији развој и примена треба да омогуће интеграцију апликација различитих произвођача, стандардизовано достављање података потребних за контролу и управљање мрежом и реализацију интерфејса за размену података између традиционалних и паметних електроенергетских мрежа.

ANSI C12.22/IEEE Std 1703 је стандард који дефинише двосмерну комуникацију с паметним бројилима у AMI инфраструктури за паметне мреже, најчешће се примењује у Северној Америци. RFC 6142 дефинише пренос C12.22 података преко TCP и UDP протокола у IP мрежама. У Европи се за сличне намене примењују IEC 61107 и новији IEC 62056 стандард. За паметна бројила све чешће се користи Open Smart Grid Protocol (OSGP), у комбинацији са ISO/IEC 14908 стандардом.

Примена TCP/IP протокола у паметним мрежама је у порасту, јер овај приступ треба да омогући универзални интерфејс у паметним бројилима и другим уређајима у паметној мрежи. Овај интерфејс би се могао допунити модулом за подршку изабраном стандарду и омогућити примену истих паметних уређаја у различitim деловима света.

5. Имплементација паметних електроенергетских мрежа

Европска унија планира да до 2020. године замени око 80% бројила паметним бројилима. Очекује се да имплементација паметних бројила смањи емисију штетних гасова и доведе до снижења трошкова корисника, дистрибутера и оператора у паметној електроенергетској мрежи [15]. У већини земаља чланица у току су пилот пројекти имплементације паметних електроенергетских мрежа.

Сједињене Америчке Државе улажу новац у развој паметних електроенергетских мрежа у више области [16]:

- Развој AMI инфраструктуре. Интеграција технологија за комуникацију, контролу и даљинско очитавање у системима дистрибуције.
- Инсталација напредних сензора и комуникационих мрежа велике брзине у системе трансмисије.
- Развој регулативе, система сигурности и стандарда интероперабилности уређаја и пословних система у паметним електроенергетским мрежама.

У Кини се развој паметних електроенергетских мрежа одвија у три правца: системи за генерирање електричне енергије, системи за трансмисију и дистрибуцију и смањење емисије штетних гасова.

6. Пример примене у пракси

Пројекти паметних електроенергетских мрежа утемељени су на великом скупу комплексних технологија. Многе актуелне имплементације су парцијалне, тј. имплементирани су само делови паметних електроенергетских мрежа. У будућности се очекује реализација система који интегришу делове мреже у јединствени систем.

Један од примера интегрисаног надгледања паметне електроенергетске мреже јесте Smartcity Malaga у Шпанији [17]. Применом паметних електроенергетских мрежа треба постићи уштеде у потрошњи енергије, повећати коришћење обновљивих извора енергије и смањити емисију угљен-диоксида. Ови циљеви се остварују применом нових модела за управљање енергијом, интеграцијом обновљивих извора енергије и приближавањем процеса генерисања електричне енергије крајњим корисницима и местима потрошње. Смањивање потрошње реализује се кроз енергетски ефикасне системе, као што су:

- Улично осветљење с LED сијалицама које се напајају микротурбинама на ветар или соларним панелима постављеним на свакој бандери.
- Паметна бројила у домаћинствима и предузећима, која су укључена у даљинско управљање да би се обезбедила одржива потрошња енергије.

Слика 18.6 приказује основне елементе паметне електроенергетске мреже:

- Систем за удаљено управљање омогућује дистрибутерима и крајњим корисницима да утичу на потрошњу електричне енергије.
- Функционалности и алати за интеграцију и надгледање елемената дистрибуираног генерисања електричне енергије.
- Централно управљање и надгледање дистрибуционе мреже.
- Веб портал који корисницима пружа информације о потрошњи и даје савете за оптимизацију потрошње енергије.
- Систем за праћење кључних индикатора перформанси на различитим нивоима хијерархије.

У овом моделу основу паметне електроенергетске мреже представљају телекомуникациона инфраструктура и системи за даљинско надгледање. Инфраструктура је заснована на комбинацији надгледања у реалном времену и аутоматизацији процеса, а један од битних елемената јесте систем за аквизицију који прикупља велике количине података у реалном времену и складиши их у бази података. Подаци се сливају из iSocket и iNode уређаја у формату по IEC 61850 стандарду, затим трансформишу у CIM стандард и смештају у базу. Примена ових стандарда омогућује једноставну интеграцију са свим елементима информационог система.

Могућности примене IoT и интеграције са сервисима пословне интелигенције у контексту управљања smart grid технологијама реализоване су у заједничким истраживачким активностима “Електромреже Србије” и Елаб-а. Развијена је интелигентна платформа за анализу података везаних за електричну енергију

прикупљених из паметних сензора на терену [5][18]. Применом овог решења побољшава се управљање паметним мрежама, унапређују сви елементи ланца снабдевања и омогућује стабилна позиција на глобалном тржишту електроенергетских услуга, а истовремено се обезбеђује највиши квалитет сервиса за крајње кориснике.



Слика 18.6: Модел паметне електроенергетске мреже за контролу потрошње електричне енергије

ЗАКЉУЧАК

Паметна електроенергетска мрежа може ефикасно да интегрише потребе и захтеве учесника прикључених у јединствен електроенергетски и кориснички систем који је економски ефикаснији, енергетски поузданiji и са минималним губицима. Заснива се на двосмерном систему комуникације који доставља информације свим учесницима и корисницима у инфраструктури. Паметне електроенергетске мреже користе сензоре, бројила, дигиталне контроле и аналитичке алате за аутоматизацију, надгледање и надзирање протока енергије. Електрана може да оптимизује перформансе мреже, предухитри падове, брже да се опорави након застоја, својим корисницима да омогући управљање потрошњом енергије до сваког појединачног апарата. Паметне електроенергетске мреже могу да укључе енергију коју производе соларне и хелиоелектране, да узимају енергију из локалних извора и, чак, да је доводе из прикључених електричних возила.

У будућности нови паметни електроенергетски системи захтеваће већи скуп могућности заснованих на технологијама паметних електроенергетских мрежа. Телекомуникациони предузећа и интернет сервис провајдери имаће све већу улогу у ланцу вредности паметне електроенергетске мреже. Очекује се појава нових пословних модела, као што су агрегатори информација са тржишта електричне енергије, маркетинг портали и други.

ПИТАЊА

1. Објасните појам паметне електроенергетске мреже - smart grid?
2. Које су главне особине паметних електроенергетских мрежа?
3. Наведите типичне апликације у паметној електроенергетској мрежи за крајње кориснике?
4. Објасните улогу сервисних провајдера у паметној електроенергетској мрежи?
5. Наведите типичне апликације у паметним електроенергетским мрежама у домену генерисања електричне енергије?
6. Наведите типичне апликације у преносу и дистрибуцији електричне енергије у паметним електроенергетским мрежама?
7. Наведите основне елементе мрежне комуникационе инфраструктуре у паметним електроенергетским мрежама?
8. Шта је то NAN мрежа и како она функционише?
9. Објасните улогу FAN мрежа?
10. Шта су паметна бројила?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] M. Arends and P. H. J. Hendriks, „Smart grids, smart network companies”, *Utilities Policy*, vol. 28, no. 1, pp. 1-11, 2014.
- [2] Y. Li, W. Lifang, J. Li and L. Chenlin, „A Data Warehouse Architecture supporting Energy Management of Intelligent Electricity System”, in: Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, 2013, pp. 696-699.
- [3] V. Giordano and G. Fulli, „A business case for smart grid technologies: a systemic perspective”, *Energy Policy*, vol. 40, no. 1, pp. 252-259, 2012.
- [4] National Institute for Standards and Technology - U.S. Department of Commerce, „NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 2.0”, 2012. Доступно на: http://www.nist.gov/smartgrid/upload/NIST_Framework_Release_2-0_corr.pdf [16.12.2015].
- [5] J. Lukić, M. Radenković, M. Despotović Zrakić, A. Labus and Z. Bogdanović, „Supply chain intelligence for electricity markets: A smart grid perspective”, *Information Systems Frontiers*, DOI 10.1007/s10796-015-9592-z, 2015.
- [6] O. Erdinc, N. G. Paterakis, I. N. Pappi, A. G. Bakirtzss and J. P. S. Catalão, „A new perspective for sizing of distributed generation and energy storage for smart households under demand response”, *Applied Energy*, vol. 143, no. 1, pp. 26-37, 2015.
- [7] X. Fang, S. Misra, G. Xue and D. Yang, „Smart grid - the new and improved power grid: A survey”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 14, no. 4, pp. 944-980, 2012.
- [8] F. Salvadori, C. S. Gehrke, A. C. de Oliveira, M. de Campos and P. S. Sausen, „Smart Grid Infrastructure Using a Hybrid Network Architecture”, *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 4 no. 3, pp. 1630-1639, 2013.
- [9] Infrastructure, Smart Grid Last Mile, „A Standardized and Flexible IPv6 Architecture for Field Area Networks”, 2011. Доступно на: http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/Web/People/jorjeta/Papers/ip_arch_sg_wp.pdf [24.12.2010].
- [10] S. Xu, Q. Yi and R. Q. Hu, „On Reliability of Smart Grid Neighborhood Area Networks”, *IEEE Access*, vol. 3, no. 1, pp. 2352-2365, 2015.
- [11] M. S. Baig, S. Das and P. Rajalakshmi, „CR based WSAN for Field Area Network in Smart Grid”, in: Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communications and

Informatics, 2013, pp. 811-816.

- [12]Cisco, „Cisco Connected Grid Security for Field AreaNetwork”, 2012. http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/energy/C11-696279-00_cgs_fan_white_paper.pdf [24.12.2015].
- [13]P. Chopade, S. Karagol, M. Bikdash and I. Kateeb, „Novel Smart Grid and SCADA system inter-dependency networks for future’s clean, sustainable and green energy”, in: Proceedings of the 10th International Conference and Expo on Emerging Technologies for a Smarter World, 2013, pp. 1-6.
- [14]R. Yanming et al., „The research on communication standard framework of smart grid”, in: Proceedings of the China International Conference on Electricity Distribution, 2010, pp. 1-6.
- [15]European Commission-Joint Research Centre, „Smart grids and meters”, Luxembourg: European Commission, LD-NA-25103-EN-N, 2012. Доступно на: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters> [24.12.2015].
- [16]U.S. department of Energy, 2014 Smart Grid System Report, Washington, USA: United States Department of Energy, 2014.
- [17]E. Personal, J. I. Guerrero, A. Garcia, M. Pena and C.Leon, „Key performance indicators: A useful tool to assess Smart Grid goals”, *Energy*, vol. 76, no. 1, pp. 976-988, 2014.
- [18]J. Lukić, M. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A. Labus, and Z. Bogdanović, „A hybrid approach to building a multi-dimensional business intelligence system for electricity grid operators”, *Utilities Policy*, vol. 41, pp.95-106, 2016.

19

ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА У Е-ЗДРАВСТВУ

Интернет интелигентних уређаја омогућује примену нових технологија, сервиса и метода у здравству. У току су бројна истраживања чији је циљ да се интелигентним уређајима унапреде превенција, дијагностика, праћења стања пацијента и лечења. Знатан број почетних (стартап) пројеката заснован је на мобилним и технологијама wearable computing-a. Интернет интелигентних уређаја обезбеђује прикупљање података путем сензора, који се касније користе за бољу превенцију, успешнију здравствену заштиту и пружање медицинских услуга на даљину.

1. Појам и карактеристике е-здравства

Е-здравство (енг. eHealth) подразумева коришћење информационих технологија за унапређење квалитета медицинских услуга и праћења здравственог стања пацијената [1][2]. Термин описује healthcare праксу која обједињује медицинску информатику, јавно здравље и здравствене услуге преко интернета; у ширем смислу означава техничко усавршавање и побољшање локалне, регионалне и глобалне здравствене неге помоћу информационих технологија [3].

Светска здравствена организација дефинише е-здравство као коришћење (трансфер) медицинских ресурса и здравствене неге применом савремених информационих технологија, а оно обухвата три главне области:

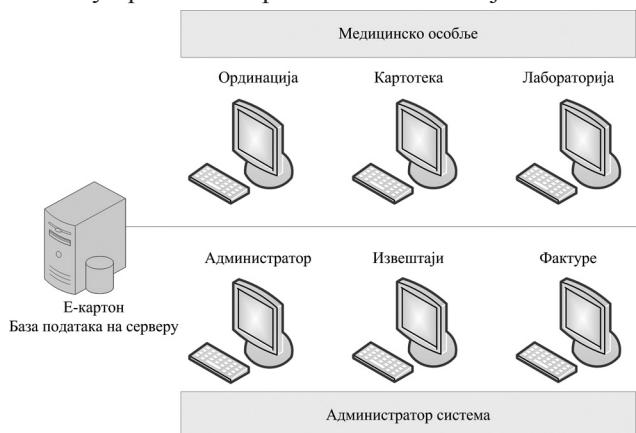
- Достављање здравствених информација за здравствене раднике и пациенте путем интернета и телекомуникационих мрежа.
- Образовање и обука здравствених радника за примену нових информационих технологија с циљем да се побољшају здравствене услуге.
- Употреба електронског пословања у управљању здравственим системом.

Каррактеристике и циљеви е-здравства јесу [4][5]: повећање ефикасности и смањење трошкова пословања, побољшање комуникације здравствених установа кроз стандардизован начин размене информација, унапређење квалитета неге, побољшање евиденције, креирање база знања медицине и личних електронских картона доступних пациентима путем интернета, успостављање једноставније комуника-

ције лекара и пацијената, едукација лекара за примену савремених информационих технологија у здравству, проширење обима здравствене заштите ван конвенционалних граница, етика у приватности и заштити пацијената, једнакост у пружању здравствене заштите без обзира на друштвени статус и локацију пацијента.

Е-здравство обухвата:

- **Здравствени информациони систем.** Омогућује прикупљање, обједињавање, анализу и синтезу података из више извора зарад извештавања о здравственом стању становништва и трендовима у здравству [6].
- **Електронски здравствени картон.** Представља део здравственог информационог система који обезбеђује електронску евидентију историје болести и здравственог стања пацијената и размену података здравствених установа. Увођење електронског картона олакшава вођење административних послова [6]. На *слици 19.1* представљен је начин употребе електронског здравственог картона.
- **Телемедицину.** Подразумева коришћење информационих технологија за пружање здравствене неге пациентима којима је ограничен приступ здравственој заштити и медицинским услугама [7]. Циљеви телемедицине су [6]: пружање подршке клиничким процедурама, превазилажење географских баријера повезивањем субјекта на различитим локацијама и унапређење здравља становништва. Лекари са различитих географских подручја састављају виртуелне медицинске тимове и размењују мишљења у вези са дијагностиком и лечењем.
- **Мобилно здравство.** Обухвата употребу сервиса мобилних телефона, као што су гласновне поруке, SMS, Bluetooth, GPRS, Wi-Fi и друге.
- **Медицинска информатика.** Представља научну дисциплину која изучава креирање и употребе информација важних за задовољење медицинских потреба, а односи се на постављање дијагнозе, усмеравање лечења и праћење здравственог стања пацијената.
- **Здравствено научни менаџмент.** Лекарима и специјалистима обезбеђује усвајање нових знања у примени савремених технологија.



Слика 19.1: Доступност е-здравственог картона у здравственој установи

2. Примена интернета интелигентних уређаја у е-здравству

Интелигентни уређаји у е-здравству и интернет интелигентних уређаја поспешују хуманизацију технологије у служби здравствене заштите, која постаје мобилна, минијатурна и ефикаснија. Тако се боље прати здравствено стање пацијената, дијагностикују болести и спроводи лечење на ма ком месту и у ма које време, уз смањене трошкове [8].

У е-здравству интернет интелигентних уређаја служи за једноставно надгледање здравственог стања и праћење лечења од тренутка поручивања, набавке, коришћења и реакције на терапију [9]. Разне wearable спрave за надзирање и алармирање у кризним тренуцима носе и здрави и оболели као део аксесоара (микрорачунари) или уграђене у телу (сензори).

Такви интелигентни уређаји су, у ствари, спој електронске технологије или рачунара са одевним предметима [10], а дизајнирани су да се носе испод, преко или као део одеће у току дана. Ова технологија служи за прикупљање података и обавештавање о стању корисника у реалном времену и за локално складиштење приспелих података из сензора. Код особа са инвалидитетом представљају вид протетике, а користе се и за надгледање старих и деце. У спорту и фитнесу уobičajeni су сензори на мајицама, патикама и шортсевима, у комбинацији с мобилним телефоном или паметним сатом.

Пулсметар или пулсометар (тј. монитор срчане фреквенције) бележи тренутни пулс и доћарава подручје у којем корисник тренира, чиме се побољшава планирање и одвијање тренинга: на пример, уколико је дневни задатак дugo и споро трчање, справа ће показати да ли је дотични у одговарајућој (лаганој) аеробној зони или жури и трчи брже него што је потребно за ту врсту тренинга. Пулсметар се најчешће састоји из два дела:

- Сензорске траке или предајника која се ставља око груди да детектује откуцаје срца, дакле ЕКГ сигнал, и да их претвара у радио-таласе.
- Пријемника у облику сата који податке из радио-таласа претвара у дигитални сигнал и приказује их на дисплеју.

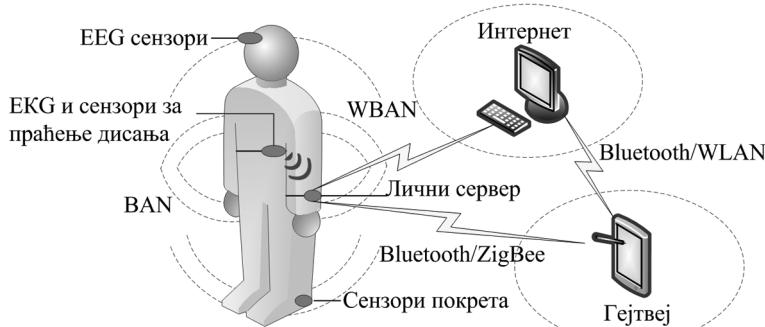
На слици 19.2 приказан је пулсметар с предајником и пријемником; тип који одговара кориснику зависи од интензитета активности и врсте спорта [11].

За надгледање пацијената често се, поред сензора, користе следеће мобилне технологије: RFID, NFC, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN, WirelessHART, ISA100, Wi-Fi, којима се у реалном времену прате различити показатељи, као што су телесна температура, крвни притисак, откуцаји срца, ниво холестерола у крви и други. У комбинацији с наменским мобилним апликацијама, оне превазилазе баријере централизованог здравственог система утемељеног на пружању медицинских услуга на истој локацији. Захваљујући мобилним телекомуникацијама и мултимедијалним технологијама, здравствени систем се децентрализује, тако да се део услуга испоручује када су пацијент и лекар један од другог удаљени.



Слика 19.2: Пулсметар са пријемником и предајником [11]

На слици 19.3 приказана је стандардна архитектура система за надзор у е-здравству, заснована на интернету интелигентних уређаја.



Слика 19.3: Архитектура система за надзор у е-здравству заснована на IoT

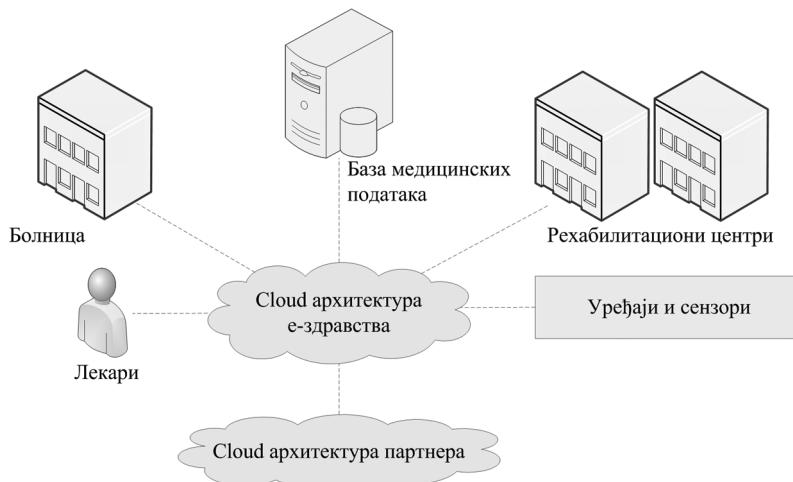
Мрежу сензора могуће је преко пацијентовог мобилног телефона или PDA уређаја повезати са сервером у здравственој установи. Подаци који се прикупе периодично или у реалном времену шаљу се серверу где их лекар проучи, одреди врсту лечења и путем SMS-а обавести пацијента о увођењу или промени дотадашње терапије. Тако лекар километрима далеко преко свог рачунара има непрекидан увид у здравствено стање пацијената. Програм може бити подешен да, ако сензор забележи неку нерегуларност, правовремено обавести лекара који у истом тренутку реагује.

Код реализације оваквих система није лако изабрати величине сензора. Тежи се томе да, с једне стране, они буду што мањи и неприметни, али оспособљени за разне апликације, чиме се смањује величина батерије; с друге се тражи да батерије дуго трају, па се изналазе начини да се што мање троше. Поред наведених тешкоћа, неопходно је имати у виду безбедност података, а то значи онемогућити да им се неовлашћено приступа или да се пресрећу, што додатно усложњава поменуту технологију.

3. Архитектура е-здравства заснована на интернету интелигентних уређаја

Кључни захтев у е-здравству је интероперабилност различитих уређаја, апликација и система како би се обезбедио несметан проток информација ради доношења правих одлука у право време [12]. Зато слој уређаја мора да буде у складу с флексибилним моделом који омогућује прикључивање и функционисање различитих врста. С обзиром на број уређаја и на количину информација, потребно је да се оне филтрирају, а то значи одредити које су важне и елиминисати лажне узбуње. За њихову обраду користе се медицински системи за подршку у одлучивању.

У базама се чувају историјски и подаци у реалном времену; архитектура тока усмена је на изворе, одредишта и путање података. Извори су, углавном, сензори: прикупљени подаци се складиште локално или се прослеђују без бележења у самом сензору. Различити уређаји на путу од извора до одредишта података обрађују их у облике погодне за даље коришћење. То могу бити обичне текстуалне поруке, видео снимци итд. Мрежна архитектура је дизајнирана да подржи разноврсне облике размене, обраде и чувања. На слици 19.4 дат је приказ описане архитектуре е-здравства засноване на интернету интелигентних уређаја [12].



Слика 19.4: Архитектура е-здравства заснована на IoT

Хроничне болести често се лече ван традиционалних клиничких услова; да би се начин лечења установио и прилагодио свакоме, лекарима су потребни подаци о симптомима, нежељеним ефектима на лекове итд. Уобичајено је да се овакви извештаји, чија тачност знатно варира, састављају једном месечно или ређе.

4. Мобилно здравство

Мобилно здравство (енг. mHealth) представља део е-здравства и подразумева здравствене и медицинске услуге помоћу мобилних уређаја [2], попут мобилних телефона, таблет рачунара и PDA уређаја.

Мобилно здравство омогућује:

- Прикупљање и прослеђивање релевантних здравствених информација, чиме се побољшава квалитет здравствених услуга и олакшава приступ њима у местима где је то било отежано или немогуће.
- Праћење здравственог стања пацијената у реалном времену и пружање здравствених услуга коришћењем мобилних уређаја, што доприноси побољшању дијагностиковања и праћења болести код пацијената.
- Больу комуникацију пацијената и лекара и различитих здравствених установа.
- Промоцију здравог начина живота.

За мобилно здравство осмишљене су бројне апликације, које се могу сврстати у шест категорија [13]:

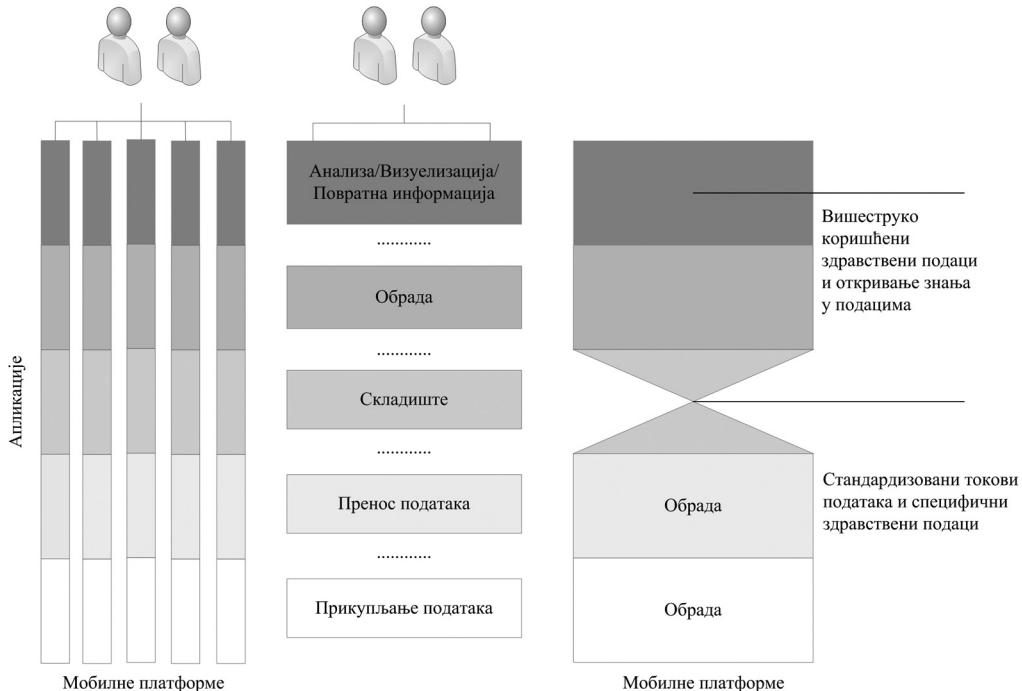
- за едукацију и образовање здравствених радника и пацијената,
- за SOS подршку,
- за дијагностику и лечење,
- за комуникацију и тренинг запослених у здравству,
- за праћење болести и епидемиолошког стања,
- за даљинско праћење здравственог стања пацијената и прикупљање података у реалном времену.

Мобилне апликације су допринеле редовнијој терапији, уобличавању колективне свести о значају здравља и чешћој контроли болести.

Кроз мобилно здравство прикупљају се и размењују релевантне чињенице у ма ком тренутку, а не само у време посете болници. Апликације шаљу податке клиникама у реалном времену, на основу којих лекари трагају за обрасцима реаговања пацијента и мењају лекове и њихове дозе [14]. Тако се доприноси развоју брзог здравственог система који „учи“, уколико апликације нису имплементиране као затворене (такав приступ ограничава размену информација с другим апликацијама и њихово уписивање у медицинске базе података).

На слици 19.5 приказана је компаративна анализа архитектуре затворених и отворених апликација мобилног здравства. Највећи изазови тичу се стандарда за здравство, податке, идентитет пацијента и процесирање (стандардизација и начин анализе података). Ту се налазе и базе података које дозвољавају пациентима да одлуче које ће проследити другима, а које желе задржати само за себе. У отвореној архитектури, приказаној на слици 19.5, компоненте поседују добро дефинисане и познате интерфејсе који допуштају међусобно повезивање и коришћење.

Заинтересованима је дозвољено да прошире функционалности, без модификације постојећих компоненти [15].



Слика 19.5: Компаративна анализа архитектуре затворених и отворених апликација мобилног здравства [15]

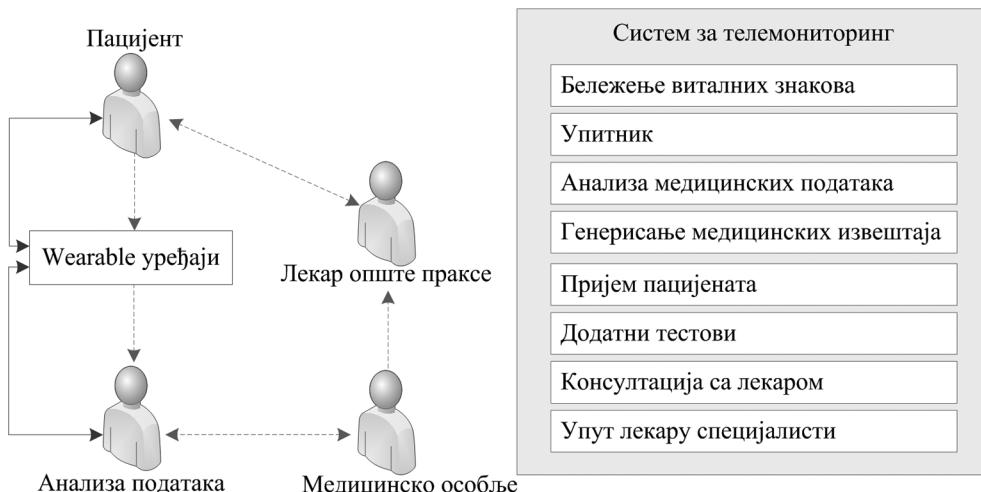
Најчешће коришћени типови апликација за мобилно здравство су [16]:

- **Мобилни систем заказивања прегледа.** Користи погодност слања SMS-а и преноса гласа за заказивање прегледа код лекара специјалисте, чиме се у знатној мери снижавају трошкови здравствених установа. Овакав систем може да се интегрише у електронски здравствени картон и постојећу наплату услуга пациентима, тамо где постоје одговарајући законски прописи.
- **Апликације за праћење и контролу лекова.** Намењене су контроли порекла лекова и утврђивање фалсификата. У земљама где може доћи до прекида ланаца снабдевања, услед изостанка заштите или људских слабости, овакве апликације су важна карика у контроли медикамената.
- **Апликације за праћење здравственог стања на даљину.** Лекарима омогућују постављање дијагнозе без присуства леченог, уз повезивање с пациентом или с другим лекарима путем поруке, гласа или видео позива.
- **Апликације за побољшање квалитета живота.** Примењују се у праћењу психофизичког стања здравих особа у току свакодневних активности.

5. Пример примене у пракси

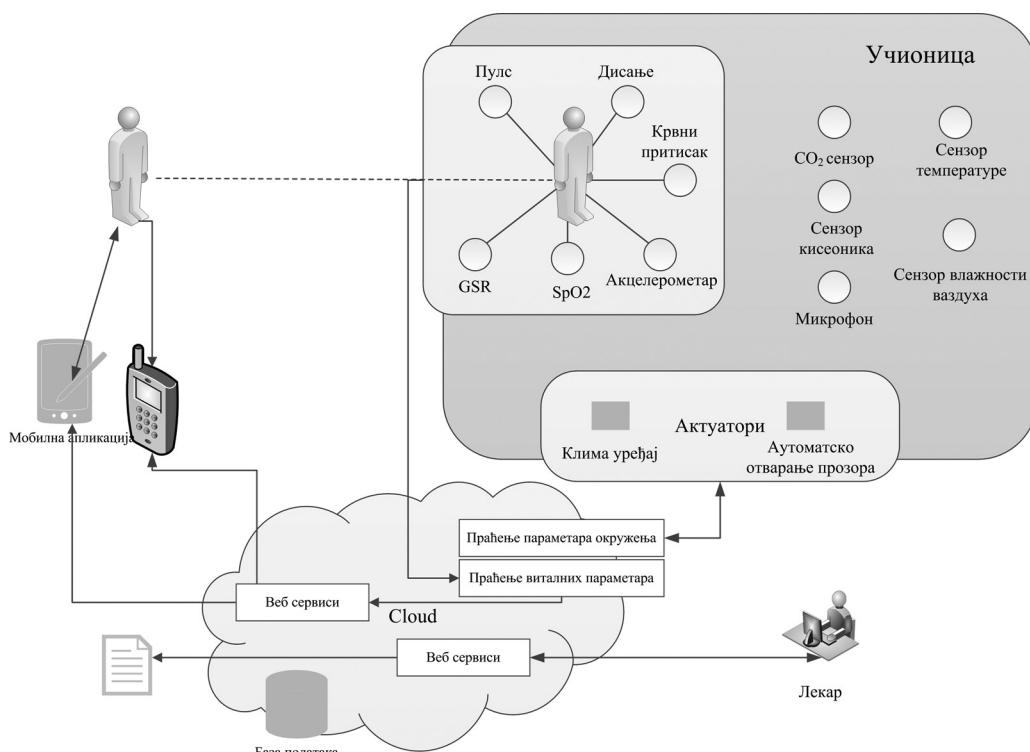
Интернет интелигентних уређаја, у комбинацији са е-здравственим решењем, повезује информације, људе, уређаје, процесе и сам контекст информисања у циљу побољшања исхода лечења. Интелигентни уређаји повезани на интернет испоручују мноштво информација за одлучивање праћено одговарајућом акцијом, које су засноване на алгоритмима и моделима на доказима.

Један од модела удаљеног праћења (телемониторинг) здравственог стања, заснован на примени интернета интелигентних уређаја, приказан је на слици 19.6 [17]. Систем омогућује идентификовање раних промена у здравственом стању; најчешће се прате плућни, болесници с кардиоваскуларним тегобама, дијабетесом и слично [17]. Такви пациенти поседују wearable уређаје помоћу којих идентификују здравствене сметње и шаљу информације центру за анализу података. Центар за анализу података информације од значаја прослеђује лекару, а овај путем апликације контактира пацијента с циљем да га посаветује, омогући му хитан пријем или упут проследи специјалисти.



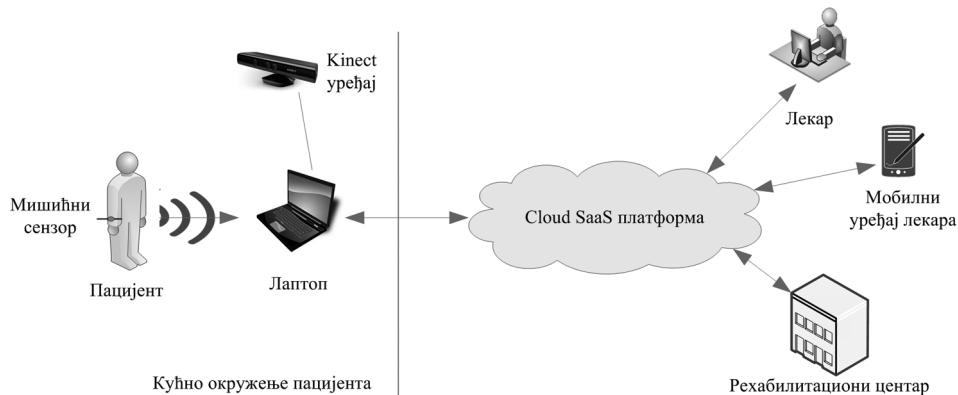
Слика 19.6: Модел за удаљено праћење здравственог стања пацијената
(адаптирано из [17])

Увођењем интернета интелигентних уређаја у мобилно здравство омогућује се прикупљање података путем сензора у реалном времену и повећава квалитет пружања здравствених услуга. У оквиру Елаб-а развијен је систем мобилног здравства заснован на wearable computing-у [18]. Систем омогућује мерење, праћење и контролу стреса у свакодневним животним ситуацијама применом сервиса мобилног здравства. Као подршка систему мобилног здравства заснованом на wearable computing-у, развијена је well-being мобилна апликација. Ова апликација омогућује приказ садржаја који треба да релаксира корисника и умањи стрес код студената током полагања испита (слика 19.7) [19].



Слика 19.7: Систем мобилног здравства за *well-being* заснован на *wearable computing-y* [19]

Интернет интелигентних уређаја се може применити у телерехабилитацији [20]. Један од оваквих примера телерехабилитационог система базираног на интернету интелигентних уређаја развијен је у оквиру Елаб-а. Систем се заснива на коришћењу wearable мишићног сензора и Microsoft Kinect уређаја у циљу реализације интерактивне персонализоване физикалне терапије која се може спровести код куће.



Слика 19.8: Компоненте телерехабилитационог система [20]

Окружење у облаку је SaaS и омогућује: софтвер за телерехабилитациону терапију, прикупљање повратних информација након одрађене терапије, анализирање прикупљених података и приказивање у компаративној и прогресивној форми, праћење стања пацијента и подешавања будућих телерехабилитационих сесија од стране физиотерапеута (*слика 19.8*).

У примеру 6 у Практикуму приказано је пројектовање система за мерење температуре и влажности ваздуха у оквиру паметног града [21]. Пример се односи на праћење временских прилика и обавештавање грађана пријављених на сервис. У примеру број 20 представљен је систем који интегрише IoT са мобилним здравством у циљу праћења здравственог стања пацијената, док је у примеру број 21 представљен IoT систем за праћење нивоа стреса при физичким активностима корисника. Примери 22 и 23 представљају примену wearable уређаја у праћењу физичких активности корисника.

ЗАКЉУЧАК

Актуелне примене интернета интелигентних уређаја у здравству у великој мери се заснивају на примени wearable уређаја и даљинском надгледању пацијената. Основне предности примена IoT у здравству су:

- Повећање квалитета здравствених услуга, уз смањење трошкова. Системи за даљинско надгледање пацијената омогућују лекарима да у реалном времену добију податке, као што су пулс, температура, крвни притисак и активности пацијента. На основу тога се боље прати стање пацијента, на време дијагностикују тегобе и обезбеђују одговарајућа нега.
- Повећање доступности здравствених услуга. Повећање броја сензорских система за даљинско надгледање омогућује смањење броја долазака пацијената у здравствену установу, а побољшава доступност здравствених услуга у крајевима далеко од главних здравствених центара, као што су села, мање настањена подручја, а нарочито неразвијене земље.
- Развој нових пословних модела. Нови пословни модели е-здравства развијају је у више области, јавља се велики број малих приватних предузећа која производе медицинске уређаје и софтвер. Здравствене установе све чешће нуде телемедицинске услуге, мењају се модели здравственог осигурања.

Главне препреке у развоју е-здравства заснованог на IoT технологијама тичу се сигурносних и етичких питања. Подаци у здравству су поверљиви и осетљиви, па сигурносни пропусти могу имати озбиљне последице. Стога се у будућем развоју IoT мора посветити велика пажња унапређењу сигурносних механизама. Етичка питања односе се на регулисање власништва и права приступа информацијама, а исто тако на медицинске грешке које треба дефинисати. Мењају се и процедуре клиничких истраживања и прописи. На крају, интензивна примена wearable уређаја може појачати разлику у квалитету здравствене заштите између богатих и сиромашних, уколико се захтева да пацијент сам набавља скупе уређаје.

ПИТАЊА

1. Објасните појам и циљеве паметног е-здравства?
2. Шта омогућује здравствени информациони систем?
3. Објасните шта је то електронски здравствени картон?
4. На шта се односи појам телемедицина?
5. Шта се подразумева под мобилним здравством и шта оно обезбеђује?
6. Шта омогућује примена интернета интелигентих уређаја у е-здравству?
7. Шта су то wearable уређаји и која је њихова улога у е-здравству?
8. Описите wearable систем за мерење пулса?
9. Описите IoT систем за телерехабилитацију?
10. Наведите примере мобилних апликација у е-здравству?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] V. Michell et al., *Handbook of Research on Patient Safety and Quality Care through Health Informatics*. Hershey: IGI Global, 2014.
- [2] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus, *Elektronsko poslovanje*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2015.
- [3] F. Ramalho, A. Neto, K. Santos, J. B. Filho and N. Agoulmine, „A holistic approach to enable perceptive, instrumental and ubiquitous smart eHealth”, in: Proceedings of the Network Operations and Management Symposium, 2015, pp. 56-61.
- [4] G. Kalogridis and S. Dave, „Privacy and eHealth-enabled smart meter informatics”, in: Proceedings of the 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, 2014, pp. 116-121.
- [5] Y. Akematsu and M. Tsuji, „Economic effect of eHealth: Focusing on the reduction of days spent for treatment”, in: Proceedings of the 11th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, 2009, pp. 14-20.
- [6] N. Jeyanthi, R. Thandeeswaran and H. Mccheick, „SCT: Secured Cloud based Telemedicine”, in: Proceedings of the Symposium on Networks, Computers and Communications, 2014, pp. 1-4.
- [7] K. Habib and W. Leister, „Threats identification for the smart Internet of Things in eHealth and adaptive security countermeasures”, in: Proceedings of the 7th International Conference on New Technologies, Mobility and Security, 2015, pp. 1-5.
- [8] G. Mantas, D. Lymberopoulos and N. Komninos, „Integrity mechanism for eHealth tele-monitoring system in smart home environment”, in: Proceedings of the Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society, 2009, pp. 3509-3512.
- [9] P. Castillejo, J. F. Martinez, J. Rodriguez-Molina and A. Cuerva, „Integration of wearable devices in a wireless sensor network for an E-health application”, *Wireless Communications*, vol. 20 , no. 4, pp. 38-49, 2013.
- [10] C. Randell, „Wearable Computing: A Review”, Department of Computer Science, University of Bristol, 2005. Доступно на: <http://www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers> [04.03.2016].
- [11] W. M. Omar and A. Taleb-Bendiab, „Service Oriented Architecture for E-health Support Services Based on Grid Computing Over”, in: Proceedings of the International Conference on Services Computing, 2006, pp. 135-142.
- [12] E. G. Belay and D. S. McCrickard, „Comparing literature claims and user claims for mobile user interface design: A case study considering m-health application”, in: Proceedings of the International Conference on Collaboration Technologies and Systems, 2015, pp. 418-425.

- [13]W. Liu, E. K. Park and S. S. Zhu, „e-Health PST (privacy, security and trust) mobile networking infrastructure”, in: Proceedings of the 23rd International Conference on Computer Communication and Networks, 2014, pp. 1-6.
- [14]L. Iacobelli et al., „An architecture for m-health services: The CONCERTO project solution”, in: Proceedings of the European Conference on Networks and Communications, 2015, pp. 118-122.
- [15]S. V. B. Peddi, A. Yassine and S. Shirmohammadi, „Cloud based virtualization for a calorie measurement e-health mobile application”, in: Proceedings of the International Conference on Multimedia & Expo Workshops, 2015, pp. 1-6.
- [16]M. Najafi, S. Aghtar, K. Sartipi and N. Archer, „Virtual Remote Nursing system”, in: Proceedings of the Consumer Communications and Networking Conference, 2011, pp. 13-17.
- [17]S. Radhakrishnan, A. Duvvuru and S. V. Kamarthi, „Investigating Discrete Event Simulation Method to Assess the Effectiveness of Wearable Health Monitoring Devices”, *Procedia Economics and Finance*, vol. 11, pp. 838-856, 2014.
- [18]B. Rodić Trmčić, A. Labus, and Z. Bogdanović, „Model mobilnog zdravstva zasnovan na tehnologijama wearable computing-a”, *InfoM, Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme*, vol. 59/2016, pp. 48-54.
- [19]B. Rodić Trmčić, A. Labus, and B. Radenković, „Internet of Things in e-health: application of wearables for stress management”, in: Proceedings of the XV International symposium Symorg2016, 2016, pp. 387-395.
- [20]S. Vukićević, Z. Stamenković, S. Murugesan, Z. Bogdanović, and B. Radenković, „A new telerehabilitation system based on Internet of things”, *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, vol. 29, no. 3, pp. 395-404, 2016.
- [21]B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, and A. Labus, „Praktikum iz Interneta inteligentnih uređaja”, Fakultet organizacionih nauka, 2017.

20

ПАМЕТНА Е-УПРАВА

IoT технологије омогућују настанак бројних апликација и услуга којима се унапређује сарадња грађана, предузећа и државних органа. Живот грађана чине „паметнијим“, пословање предузећа ефикаснијим, а државне органе штедљивијим. Двосмерна размена информација грађанима помаже да задовоље одређене потребе (резервација паркинга или уштеда електричне енергије), а државним органима да правовремено обезбеде ресурсе, наплате услуге и унапреде управљање у јавном сектору.

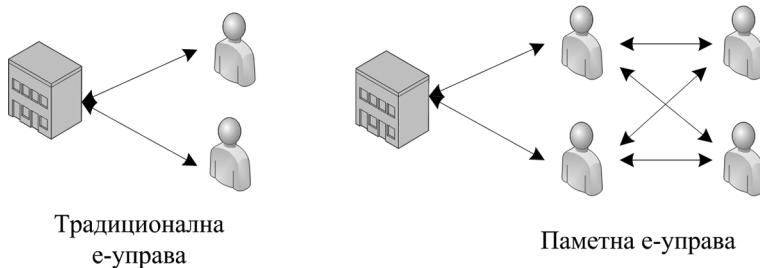
Појам е-управа (енг. E-Government) има шире значење, а односи се на примену електронских комуникација с циљем да се унапреди информисаност грађана и олакша комуникација и реализација трансакција грађана, предузећа и државних органа [1]. Обезбеђивањем сервиса јавне администрације електронским путем подстиче се учешће грађана у демократским процесима и уклањају препреке у пословању јавне администрације [2]. Паметна управа обухвата све облике политичког учешћа, сервисе за грађане и предузећа и функционисање управе.

1. Појам и карактеристике паметне е-управе

Према Гартнеру, појам паметна управа односи се на интеграцију информација и технологија у планирању, управљању и функционисању свих области и процеса јавне управе [3].

IDC паметну управу дефинише као скуп пословних процеса реализованих применим информационих технологија с циљем да се грађанима обезбеди висок квалитет услуге у свим доменима јавне администрације [4].

Паметна е-управа подразумева двосмерни ток информација између грађана и управе који омогућује ефикасну дистрибуцију информација, већу партиципацију грађана и повезивање на друштвеним мрежама (*слика 20.1*).



Слика 20.1: Токови информација у традиционалној и паметној е-управи

У литератури се често паметна управа изједначава с напредном е-управом, иако се прва заснива на вишем степену аутоматизације и интелигенције сервиса у поређењу с другом. Паметна управа подразумева да услуге јавне администрације буду „паметне“ (испоручују се у право време и уз минималан напор), а један пример такве јесте коришћење мобилних апликација за аутоматско продужење важења личног документа. Корисник се обавештава о истеку личног документа и нуди му се да поднесе захтев за продужење, који се аутоматски испуњава и прослеђује надлежном органу. Апликација нуди да се одабере начин плаћања таксе (SMS, платна картица или друго), након чега добија обавештење да је радња успешно обављена и захтев поднет. После одлуке управни орган кроз апликацију информише корисника о исходу.

Пројекат паметне управе представља квалитативно ново решење у развоју е-управе. Реализација подразумева неколико фаза везаних за одређене циљеве (слика 20.2):

- **Доступност информација:** Једносмерно управљање информацијама, без учешћа грађана. Информације су транспарентне и доступне путем мањег броја канала комуникације (често на веб сајту), али је њихово размењивање између органа јавне администрације ограничено. Дефинисане су политике за складиштење и заштиту података.
- **Смисленост информација:** Једносмерно управљање информацијама и онлајн приступ подацима коришћењем већег броја канала приступа (нпр. RSS, друштвене мреже и др.). Информације су боље организоване, а грађани се подстичу да их користе; постоји могућност веће сарадње и размене између различитих институција јавне администрације.
- **Значај информација:** У овој фази подаци јавне управе испоручују се кроз већи број канала (нпр. мобилни телефони и сл.), с циљем обавештавања грађана у реалном времену, а доступни су свима, на сваком месту и у одговарајућем контексту. Једноставно се дистрибуирају између органа јавне управе.
- **Управљање:** Паметна е-управа омогућује вођење поступка у складу с потребама грађана. Ефикасна сарадња грађана са управним органима обезбеђена је кроз аутоматску испоруку података, чиме престаје потреба за захтевима грађана да приступају подацима. Мишљења и ставови грађана се у реалном времену инкорпорирају у пословање јавне управе. Сервиси е-управе су у потпуности персонализовани и прилагођени потребама грађана у реалном времену.



Слика 20.2: Развој паметне е-управе [4]

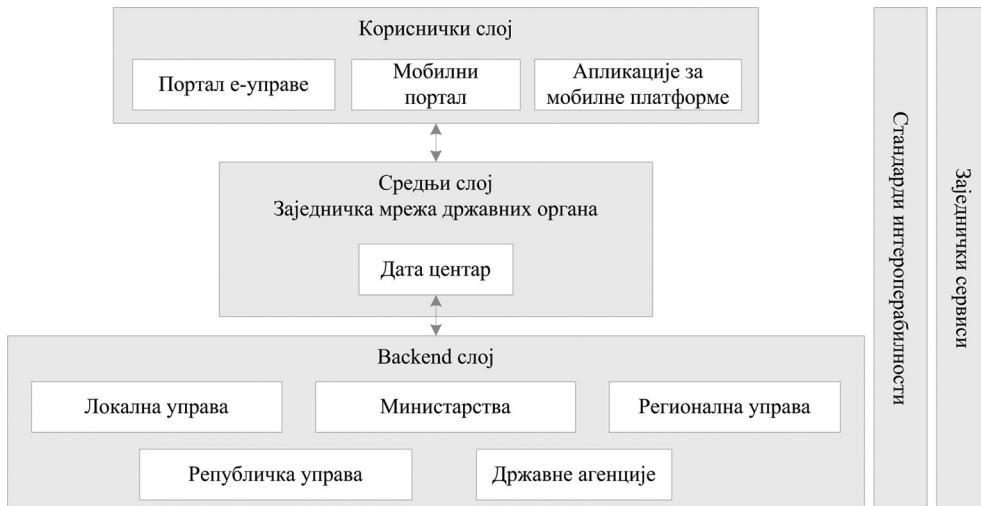
2. Инфраструктура и сервиси паметне е-управе

Предуслов за интеракцију и примену сервиса паметне е-управе јесте постојање адекватне инфраструктуре, која се реализује применом следећих технологија:

- **IoT технологије.** Омогућују интеграцију физичких објеката са информационим системима органа јавне администрације. Паметни градови, паметне образовне и здравствене институције чине део инфраструктуре паметне е-управе.
- **Big data технологије.** У различитим деловима јавне управе прикупљају се велике количине података који се интегришу и користе у циљу пружања квалитетнијих сервиса грађанима и предузетницима.
- **Технологије crowdsourcing-a.** Реализују се коришћењем мобилних сервиса и сервиса друштвених мрежа, а омогућују бољу сарадњу грађана, брзо прикупљање информација и њихово веће учешће у покретању иницијатива и доношења одлука, највећим делом у локалној управи.

Паметна е-управа подразумева да грађани и предузетници на једноставан начин комуницирају с државним институцијама. То је могуће обезбедити само кроз имплементацију јединствене тачке приступа за грађане и предузетнице. Интернет портал е-управе представља јединствену тачку приступа где се једноставно долази до информација и сервиса е-управе, у ову сврху служе веб или мобилни клијенти (паметних телефона, таблета и др.), SMS, дигитална телевизија и остали канали комуникације. Да би паметна е-управа добро радила, поставља се захтев да инфраструктура обезбеди ефикасну интеграцију делова е-управе (слика 20.3).

Инфраструктура паметне е-управе заснива се на cloud computing-у који омогућује реализацију сервиса: инфраструктуре, платформе и софтвера као сервиса. Инфраструктура као сервис користи се у дата центрима управних органа да би се приуштили дистрибуирани, скалабилни и поузданни сервиси. Платформа као сервис подразумева сервис који корисницима нуди да преко cloud репозиторијума преузимају апликације е-управе (електронска и мобилна плаћања, е-партиципација, отворени подаци и сл.). Софтвер као сервис треба да подржи све пословне процесе паметне управе и да интегрише напредне сервисе, као што су локацијски сервиси, сервиси друштвених мрежа, сервиси засновани на сензорима и други.



Слика 20.3: Инфраструктура паметне е-управе

Једна од одлика јединственог портала паметне е-управе јесте постојање инфраструктуре е-идентификације која омогућује централну аутентификацију и ауторизацију корисника онлајн сервиса е-управе [5]. Е-идентификација је неопходна за двосмерну интеракцију и онлајн трансакције са електронским плаћањима; она се заснива на примени електронских сертификата које издају акредитована сертификациона тела у складу са законом.

Сервиси паметне е-управе интегрисани су са сервисима и платформом паметног града која у контексту е-управе треба да обухвати:

- **ИКТ инфраструктуру:** Поуздана и скалабилна инфраструктура заснована на cloud технологијама, подржава жичани и бежични приступ.
- **Геопросторне информације:** Приказују се на паметним мапама града које се могу обогатити подацима прикупљеним са сензора корисника.
- **Дељење података:** Реализовано кроз платформу и интеграцију с друштвеним мрежама; грађани у реалном времену достављају и приступају подацима о стању у саобраћају, комуналним проблемима и сл.
- **Подршку за грађанске иницијативе:** Омогућује грађанима да предложу и развијају иновативне сервисе паметног града.

Сервиси паметне е-управе могу се реализовати кроз јавна или приватна улагања и кроз јавно-приватна партнерства. Трендови у примени везани су за [6]:

- **Развој мобилних радних места:** запослени у јавној управи користе личне мобилне уређаје за унапређење ефикасности пословних процеса у којима учествују.
- **Повећање учешћа грађана у јавној управи:** Све више грађана користи мобилне сервисе и сервисе друштвених мрежа у комуникацији с државним органима.
- **Управљање подацима од стране грађана:** Грађани имају већу контролу над подацима, могу да их мењају, прате и управљају правима приступа у складу са

законом.

- **Стварање инфраструктуре отворених података (тј. API-ја за приступ подацима у јавној управи):** Органима јавне управе, грађанима и свим заинтересованим странкама омогућен је лакши приступ траженим подацима. Сви јавни подаци треба да буду доступни на интернету, а заштићенима се може приступати само из приватних мрежа јавне управе.
- **Cloud computing инфраструктура за е-управу:** Провајдери јавних cloud сервиса (Гугл, Мајкрософт, Амазон и други) стварају посебна cloud окружења за реализацију сервиса е-управе.
- **Примена IoT уређаја у е-управи:** Углавном се користе као део инфраструктуре паметних градова.
- **Big data технологије:** Примена IoT уређаја у е-управи (сензори, камере за видео надзор и др.) води ка стварању великих количина података, чијом се адекватном и правовременом анализом може побољшати функционисање сервиса јавне управе и квалитет живота грађана.
- **Скалабилна и одржива интероперабилност у е-управи:** Примена интернет технологија омогућује боље повезивање различитих делова јавне управе и ефикасније функционисање свих институција.
- **Гејмификација:** Средство за повећање мотивисаности грађана да се укључе у процесе е-управе.

3. Отворени подаци у паметној е-управи

Државни органи свакодневно прикупљају велике количине података, али монопол над њима ограничава интеракцију с грађанима, па су једноставни сервиси неприступачни и скрути. Да би се повећала транспарентност и одговорност државних органа, убрзalo креирање нових дигиталних сервиса и омогућила бржа интеракција с грађанима, уведен је концепт отворених података. Он подразумева да подаци буду доступни свим грађанима, што води ка већем поверењу у сервисе јавне управе и јача економску снагу јавних информација [7].

У јавном сектору где постоји паметна управа навецико се примењују мобилни сервиси и IoT уређаји. Подаци потребни за успешан рад администрације добијају се од грађана или из уређаја који чине инфраструктуру паметних окружења. Доступни су јавности, грађани и предузећа их слободно користе и поново прослеђују под истим условима [8].

Отварање података има многе техничке импликације, од којих је главно питање формата. Отворени формати су структурирани и невласнички да би се добила максимална вредност информација. Отворени подаци се нуде у неком од стандардних формата (XML, JSON) и дистрибуирају преко наменских платформи, као што су: Socrata, Factual, Ckan и друге.

4. Пример примене у пракси

Према истраживањима UNPAN-а, Јужна Кореја је више година у врху листе земаља с најразвијенијом е-управом [9]. Сеул већ неколико година реализује пројекат развоја паметног града, с циљем да се IoT технологије искористе за унапређење урбаног развоја и бољу организацију градске управе. Широкопојасни приступ интернету постоји у многим деловима града, након чега је уследило осмишљавање и унапређење сервиса паметне е-управе. Е-управа у Сеулу усмерена је на више области [10]:

- Приватно-јавна партнерства и сарадња у области дефинисања политика.
- Развој адекватног заједничког информационог система за подршку административним пословима у свим секторима градске управе.
- Развој поуздане ИТ инфраструктуре е-управе, засноване на оптичким комуникационим мрежама, и реализација Wi-Fi зона за бесплатни приступ интернету широм града.
- Развој сервиса е-управе заснованих на партиципацији, комуникацији и дељењу информација.

Сервисима паметне градске е-управе управља се преко централизоване платформе (*слика 20.4*), која интегрише сервисе административних послова, здравства, образовања, јавне безбедности и других са сервисима паметног саобраћаја, паметних електроенергетских мрежа, паметног управљања снабдевањем водом, паметних кућа и зграда.



Слика 20.4: Интеграција сервиса паметне е-управе

Као будући планови развоја наводе се увођење Big data инфраструктуре, унапређење мобилних сервиса градске администрације и унапређење сервиса за е-партиципацију и е-демократију.

У Србији постоји имплементиран портал за електронску управу у оквиру кога су доступни G2G, G2B и G2C сервиси. Поједини сервиси су на информативном нивоу, а поједини омогућују реализацију трансакција. Даљи развој портала се односи на развој сервиса мобилне управе, интеграцију сервиса е-управе са паметним окружењем као што је паметан град и сл. Портал е-управе Републике Србије приказан је на *слици 20.5* [11].



Слика 20.5: Портал е-управе Републике Србије [11]

ЗАКЉУЧАК

Применом паметне е-управе у јавном сектору државни органи обезбеђују квалитетнију интеракцију с грађанима и предузећима, чији је циљ да се убрза размена информација у оба смера, мотивишу грађани и предузећа да у већој мери партиципирају у јавном сектору и омогући ефикаснија испорука сервиса е-управе. Предуслов за реализацију сервиса паметне е-управе јесте постојање одговарајуће инфраструктуре засноване на напредним технологијама, као што су: IoT технологије, cloud computing и Big data.

У пракси инфраструктура паметне е-управе је, углавном, део инфраструктуре паметног града чија реализација захтева велика улагања, и то је разлог због чега је мали број градова у свету имплементирао ове сервисе. Основу система паметне е-управе представља концепт отворених података, нове праксе у раду државних органа којом се утиче на ефикасност и транспарентност јавне управе. Применом отворених података стварају се услови за њихову иновативну употребу и развој нових производа и услуга [12]. У будућности се очекује већи број имплементација паметних решења заснованих на свеприсутном рачунарству, crowdsourcing-у и гејмификацији и њиховој реализацији за унапређење е-управе [6][12].

ПИТАЊА

1. Пронађите један пример сервиса паметне е-управе и детаљно га опишите?
2. Осмислите пројекат једног сервиса паметне е-управе за грађане?
3. Осмислите пројекат једног сервиса паметне е-управе за предузећа?
4. Осмислите пример реализације пројекта за уређење локалног парка: пројекат треба

да се заснива на концептима е-партиципације и crowdsourcing-a? Детаљно описите софтверску и хардверску подршку?

5. Истражите у којој мери органи јавне управе у Србији отварају податке?
6. Направите пројекат мобилне апликације засноване на отвореним подацима јавне управе?
7. Анализирајте могућности коришћења Big data инфраструктуре и сервиса у јавној управи и осмислите пример употребе?
8. Пронађите и описите пример гејмификације у е-управи?
9. Пронађите и описите пример употребе друштвених мрежа у паметној е-управи?
10. Анализирајте један ос сервиса е-управе имплементираних у оквиру портала е-управе Републике Србије?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] D. Mazinjanin, *Metode komunikacije vlade i gradana u elektronskom poslovanju gradske uprave*, Magistarska teza. Fakultet organizacionih nauka, 2007.
- [2] P. Jaeger, „The endless wire: E-government as global phenomenon”, *Government Information Quarterly*, vol. 20, no. 4, pp.323-331, 2003.
- [3] Gartner, „Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for Smart Government”, 2014. Доступно на: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2707617> [04.03.2016].
- [4] T. Rubel, „Smart Government: Creating More Effective Information and Services”, IDC Government Insights, Доступно на: http://www.govdelivery.com/pdfs/IDC_govt_insights_Thom_Rubel.pdf [04.03.2016].
- [5] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus, *Elektronsko poslovanje*, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, 2015.
- [6] Gartner, „Gartner Highlights Top 10 Strategic Technology Trends for Government”, 2015. Доступно на: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3069117> [04.03.2016].
- [7] M. Janssen and J. van den Hoven, „Big and Open Linked Data (BOLD) in government: A challenge to transparency and privacy?”, *Government Information Quarterly*, vol. 32, no. 4, pp. 363-368, 2015.
- [8] J. S. Erickson, A. Viswanathan, J. Shinavier, Y. Shi and J. A. Hendler, „Open Government Data: A Data Analytics Approach”, *IEEE Intelligent Systems*, vol. 3, no. 5, pp.19-23, 2013.
- [9] United Nations, „United Nations E-Government Survey 2014”, 2014 Доступно на: https://publicadministration.un.org/egovkb/Portals/egovkb/Documents/un/2014-Survey/E-Gov_Complete_Survey-2014.pdf [04.03.2016].
- [10] Seoul Metropolitan Government, „Smart Seoul 2015 (Basic Strategic Plan for Informatization of Seoul Metropolitan City)”, 2015, Доступно на: http://english.seoul.go.kr/wp-content/uploads/2014/02/SMART_SEOUL_2015_41.pdf [04.03.2016].
- [11] Portal eUprava Republike Srbije, доступно на: <https://www.euprava.gov.rs/> [28.12.2016].
- [12] M. Janssen and N. Helbig, „Innovating and changing the policy-cycle: Policy-makers be prepared!”, *Government Information Quarterly*, doi:10.1016/j.giq.2015.11.009, 2016.

21

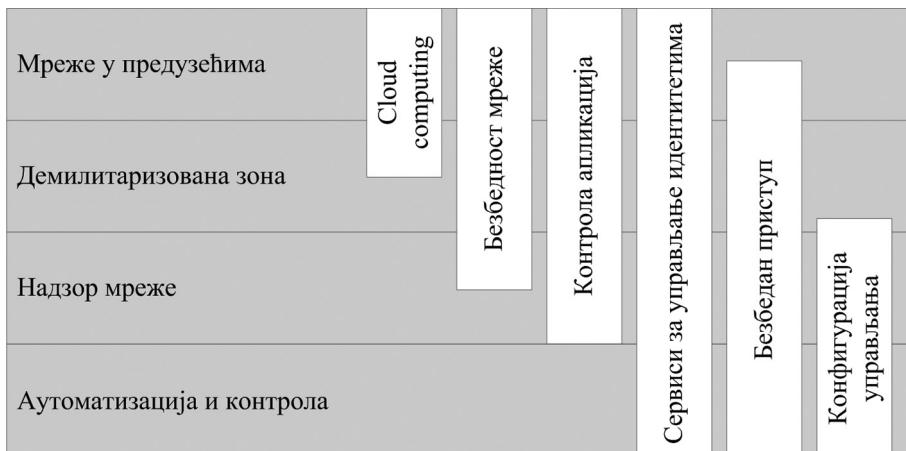
СИГУРНОСТ У ПАМЕТНИМ ОКРУЖЕЊИМА

Да би паметна окружења била сигурна, потребно је да буду што једноставнија, да су уређаји стално повезани с мрежом и да постоје гаранције за безбедност података [1]. Чињеница да се не може прецизно предвидети и измерити пораст броја пријемника који примају и шаљу податке преко мреже посредством интернет протокола, указује на то да контрола и безбедност представљају озбиљан изазов за интелигентне уређаје у паметним окружењима.

Најважнији задатак за сигуран и поуздан рад повезаних уређаја у паметним окружењима јесте безбедност. У IoT контексту највећи проблем је заштита крајњих уређаја који обично имају специфичну улогу и ограничена ресурсе на располагању.

1. Сигурност у паметним окружењима

Постојећа IoT решења представљају конвергенцију информационих технологија и оперативних мрежних технологија (енг. Operational technology networks), при чему се једне и друге руководе другачијим приоритетима и имају различите потребе у погледу безбедности (*слика 21.1*) [2].

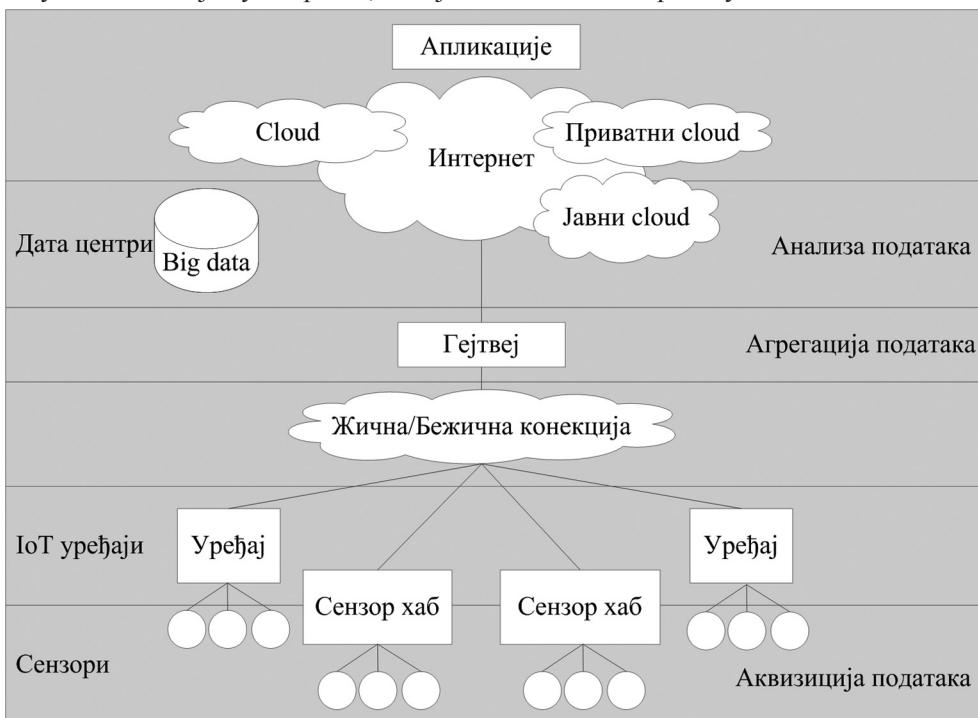


Слика 21.1. Конвергентни модел безбедности у IoT решењима

Са аспекта ИТ најпречи задатак је заштита поверљивости података, а код оперативних мрежа физичка безбедност и сигурно приступање. IoT безбедност захтева нови приступ који комбинује физичке и сајбер безбедносне компоненте [3], а резултат тога је боља безбедност запослених и заштита целокупног система.

Разноврсност IoT апликација утиче на повећање броја безбедносних изазова. На пример:

- У автоматизованим фабрикама уgraђени су програмабилни логички контролери (PLC) у роботским системима и обично су интегрисани са ИТ инфраструктуром предузећа [4]. Безбедност PLC-ова мора се штитити од људског уплитања. Исто-времено, мора се водити рачуна о улагањима у ИТ инфраструктуру и усклађивати безбедносне контроле на располагању.
- Слично томе, контролни системи нуклеарних реактора везани су за инфраструктуру, због чега морају да прихвате ажурирања софтвера или његове безбедносне исправке (енг. patch) на одговарајући начин, без нарушувања сигурности функционисања или знатних трошкова ресертификације.
- Паметно бројило је електронски уређај који податке о коришћењу енергије шаље уређају оператора за динамичку наплату или оптимизацију електроенергетске мреже у реалном времену. Зато мора бити у стању да их заштити од откривања или неовлашћеног коришћења. Информације да је потрошња енергије опала могу указивати да је кућа празна, што је чини метом за провалу.



Слика 21.2: Генеричка IoT топологија

На слици 21.2 приказана је генеричка IoT топологија са сензорима, инсталираним на edge уређај у жичаној или бежичној мрежи, који шаљу податке преко гејтвеја у јавни или приватни облак [5].

Аспекти IoT топологије се у великој мери разликују у зависности од области примене. У неким случајевима гејтвеји могу бити на уређају, па се уређаји с таквом топологијом склапају из темеља све до IoT сервиса. С друге стране, уређаји могу бити наслеђени и IoT сервис им се додају накнадно.

2. Безбедност интелигентних уређаја

У IoT контексту сигурност је неодвојива од безбедности. Свака активност којом се утиче на контролу рада пејсмејкера, аутомобила или нуклеарног реактора, може представљати претњу нормалном функционисању многих процеса.

Основни изазов за IoT решења је како све већи број уређаја учинити безбедним [6]. Један приступ решавању јесте да се известан степен интелигенције угради у IoT уређаје при осмишљавању (дизајнирању), што подразумева да он буде у стању да препознаје нападе и да користи припремљене мере безбедности. Међутим, ово је озбиљан подухват за произвођаче опреме.

Посебну тешкоћу за произвођаче представља одржавање квалитета и примена безбедносних стандарда, да би се смањио ризик од непрописно пројектованих или безбедносно компромитованих уређаја. Сви уређаји имају IPv4 или IPv6 адресе, што значи да могу бити откриви и нападнути. Да би се злонамерни напади правно санкционисали, треба да постоје адекватни прописи.

Велики број уређаја са угађеним јефтиним сензорима не може да управљања идентитетима или дозволама за приступ. Чињеница је да M2M комуникација захтева одређен ниво поверења за сваку конекцију, зато је потребно да се у самој IoT апликацији примене одређене безбедносне мере [7]. То укључује мере за:

- Безбедно спровођење handshake протокола комуницирајућих уређаја.
- Управљање идентитетима и приступом.
- Безбедне протоколе за комуникацију уређаја.
- Чување свих идентификација информација на серверима, уместо на уређајима.
- Доношење одлука које омогућују да апликације буду једноставне за коришћење, уз очување безбедности.

Међутим, IoT уређаји троше мало енергије, и обично немају додатно напајање, а немају ни простора за складиштење података насталих применом handshake протокола или меморисањем кључева за шифровање података. Пракса је показала да при дизајнирању IoT уређаја у великом броју случајева једноставна употреба има предност у односу на безбедност.

3. Примена мера безбедности у IoT

Примена безбедности у IoT решењу подразумева вишеслојни приступ и посматрање сигурности апликације са више аспекта: мреже, сервера, кода, базе података, корисника итд. Уређај мора бити безбедан све време, од израде до коришћења у оперативном окружењу. Ово подразумева следеће мере [8]:

- **Безбедно покретање** (енг. Secure booting). Када се уређају први пут инсталира систем за напајање, покреће се процес аутентификације и провере интегритета кроз верификацију коришћењем криптографских дигиталних потписа. На тај начин дигитални потпис, приклучен на image-у софтвера и препознат од стране уређаја, омогућује да се учита само софтвер овлашћен за тај уређај и потписан од овлашћеног лица. Иако је тако успостављено поверење, уређај током рада и даље мора да се штити од различитих претњи .
- **Контрола приступа** (енг. Access control). Примењују се различити облици приступа и контроле ресурса. Контрола приступа је обавезна и заснована на јасно дефинисаним улогама, што је уgraђено у оперативни систем. На овај начин се дефинишу привилегије за рад са одређеним компонентама уређаја и апликацијама, тако да корисници приступају само ресурсима који су им потребни за одређени посао. Ако је угрожена ма која компонента, контрола приступа осигуруја да нападач има минимални или никакав приступ другим деловима система.
- **Аутентификација уређаја** (енг. Device authentication). Када је уређај приклучен на мрежу, требало би да се аутентификација изврши пре примања или преноса података. Крајњи уређаји често немају кориснике који уносе податке потребне за приступање мрежи, па се поставља питање како обезбедити да се они идентификују. Потврда идентитета омогућује машинама да приступе мрежи на бази креденцијала (корисничко име и лозинке), сачуваних у сигурном складишним простору.
- **Фајервол и системи за превенцију упада** (енг. Firewall and Intrusion prevention systems). IoT уређајима је потребан фајервол или способност строге контроле пакета, да би се надзирао саобраћај ка њима. Крајњи уређаји имају протоколе који се разликују од стандардних протокола у мрежама предузећа. Паметна енергетска мрежа, на пример, има сопствени скуп протокола који регулишу комуникацију уређаја. Филтрирање протокола у IoT уређају је специфично и треба да омогући оптимално коришћење доступних, тј. ограничених рачунарских ресурса.
- **Ажурирање и исправке софтвера** (енг. Updates and patches). Током рада уређај прима разна ажурирања и исправке софтвера. Ажурирање софтвера и безбедносне исправке морају се реализовати тако да се сачува ограничени пропусни опсег комуникационог канала, користи периодична повезаност уређаја и искључи могућност угрожавања функционалне сигурности.

Безбедност IoT решења не треба посматрати као додатну функционалност, него као неопходан саставни део за поуздано функционисање уређаја [9]. Софтвер за контролу безбедности треба да буде уведен у оперативни систем, јер то омогућује његово подешавање за ублажавање претње и безбедно извршавање задатака.

4. End-to-end решења за безбедност

Безбедност уређаја и мреже од битне је важности за функционисање IoT решења [10]. Спречавањем напада отклања се опасност од настанка материјалне или нематеријалне штете. Истовремено се осуђује да нападач стекне материјалну или нематеријалну добит. Зато је веома важна интелигенција која IoT уређајима омогућује да обављају послове, препознају и неутралишу претње. Овакав приступ не захтева примену новог безбедносног решења, већ еволуцију у примени мера које су се показале успешним у рачунарским мрежама. Истовремено, потребно је прилагодити их изазовима и ограничењима која се тичу повезаних IoT уређаја. Већина продајдера IoT апликација усмерена је на мере контроле безбедности уређаја, која је оптимизована за нове и сложене IoT апликације. Циљ је да се пружи највиши ниво физичке заштите, заштите мреже, сервера, апликација и података да би се осигурало да подаци остану поверљиви и буду на располагању корисницима.

Многи напади се не могу предвидети или спречити, али је могуће повећати отпорност опреме и ограничити штету. Другим речима, мерама безбедности у IoT решењу успоставља се стање спремности за одговор на сајбер нападе, а то подразумева [7]:

- Дизајн и имплементацију стратегије за одбрану од сајбер напада у процесу развоја паметних окружења.
- Дефинисање свеобухватног сајбер екосистема предузећа који укључује партнere, добављаче, сервисе и пословне мреже.
- Усвајање сајбер економског приступа који обухвата препознавање кључних елемената инфраструктуре и улагање у њену заштиту.
- Коришћење форензичке анализе података и сајбер интелигенције за превенцију напада.

Након примене нових IoT решења потребно је непрестано процењивати безбедносне последице које настају увођењем иновација. Доследна и агилна методологија процене ризика за безбедност биће од користи да се оцени степен изложености ризику. Увођење одговарајућих процедура и редовно тестирање помоћи ће предузећима да производни процес буде паметнији и запослени свесни изазова које IoT носи. Решење за потенцијалне сајбер нападе на паметне уређаје подразумева [10]:

- Познавање окружења IoT уређаја. Свеобухватно познавање стања и постојање свести о потенцијалним опасностима изнутра и споља значајно је за разумевање претњи.
- Континуалан развој. Потребан је циклус сталног побољшања и унапређења сајбер безбедности.
- Поверљивост у погледу могућих одговора на инциденте и механизме одговора на кризне ситуације.
- Усклађивање сајбер безбедности са активностима и циљевима IoT решења.

Квалитетно end-to-end решење за безбедност IoT система треба да буде скалабилно, да пружи заштиту великим броју повезаних уређаја. Неопходно је да поседује одговоре на сложеност меш мрежа, пролиферацију интернет идентитета и уједно да буде економично. End-to-end решење укључује:

- удаљени приступ и контролу с пуном информацијом или трагом ревизије,
- надгледање и упозоравање у реалном времену,
- прикупљање података и адекватну анализу и
- анализу саобраћаја.

Пример за конкретно решење безбедности IoT система јесте интелигентни контролер, који је саставни део многих уређаја у паметним фабрикама. Осим што је повезан са фабричким процесима и одржавањем, он омогућује безбедан приступ на даљину аутоматизованим фабричким системима. За паметну производњу је важна комуникација и интероперабилност уређаја да би се поједноставило управљање и одржавање паметних фабрика. У том смислу IoT контролер с неком од апликација добија улогу удаљеног приступа за праћење и контролу рада фабрике у реалном времену. Дакле, запослени може да је надгледа с ма ког места било када и да омогућује виртуелни приступ фабричкој хали.

Овакав приступ носи бројне безбедносне ризике који могу да угрозе разне процесе и да знатно утичу на продуктивност производње. Применом интелигентних контролера могуће је применити брзу, хардверски подржану енкрипцију и декрипцију података и безбедно покретање система (енг. Secure Boot). На овај начин се дозвољава да се на IoT уређају извршава само поверљив софтвер. Интелигентни контролери су оспособљени за корекције грешке у коду, чиме се додатно добија на поузданости. Применом решења с разноврсним технологијама виртуелизације унапређује се поузданост фабричких постројења, побољшава безбедност, штите инвестиције и омогућује прилагодљиво управљање ресурсима.

ЗАКЉУЧАК

Суштински изазови за коришћење IoT решења јесу контрола и безбедност; сигурност умрежених паметних уређаја је предуслов за ширу примену. Осим нападима споља, сигурност је угрожена намерним или ненамерним акцијама корисника.

Решења у заштити IoT уређаја представљају конвергенцију заштите информационих система и мрежних комуникација и, углавном су позната. У обзор узимају специфичности уређаја (мала меморија и ограничено напајање), а заснивају се на надоградњи постојећих елемената интелигенције; другим речима, на имплементацији тзв. стратегије за интелигентну превенцију напада. Поменута стратегија, у ствари, подразумева паметна решења за одбрану од сајбер напада у току доношења стратешких пословних одлука. Зато је неопходно дефинисати свеобухватни сајбер екосистем предузећа који укључује партнere, добављаче, сервисе и пословне мреже.

Одбрана IoT система од сајбер напада могућа је само кроз свеобухватно end-to-end решење за безбедност, које може бити имплементирано у чипу или контролеру и свом осталом софтверу који је надградња.

ПИТАЊА

1. Објаснити модел безбедности у IoT решењима?
2. Шта представља основни изазов са аспекта безбедности у IoT решењима?
3. Наведите неке од изазова безбедности с којима се суочавају IoT решења?
4. Које мере безбедности треба применити у M2M комуникацији?
5. Које се мере безбедности примењују у IoT апликацијама?
6. Шта је аутентификација уређаја?
7. Које решење треба применити као одговор на потенцијалне сајбер нападе на паметне уређаје?
8. Шта све садржи једно end-to-end решење за безбедност IoT система?
9. Које су функције интелигентног контролера?
10. Које су предности примене интелигентних контролера?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] D. G. Lee, G. W. Kim, J. W. Han, J. Young-Sik and P. Doo-Soon, „Smart Environment Authentication: Multi-domain Authentication, Authorization, Security Policy for Pervasive Network”, in: Proceedings of the International Symposium on Ubiquitous Multimedia Computing, 2008, pp. 99-104.
- [2] M. Kader, „IoT (Internet of Things) and Security”, ITU Workshop on “ICT Security Standardization for Developing Countries”, Geneva, Switzerland, 2014.
- [3] J. Granjal, E. Monteiro and J. Sa Silva, „Security for the Internet of Things: A Survey of Existing Protocols and Open Research Issues”, *Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 3, pp. 1294-1312, 2015.
- [4] G. P. H. Sandaruwan, P. S. Ranaweera and V. A. Oleshchuk, „PLC security and critical infrastructure protection”, in: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Industrial and Information Systems, 2013, pp. 81-85.
- [5] W. River, „Security in the Internet of Things”, Wind. Доступно на: <http://www.windriver.com> [10.12.2015].
- [6] S. E. Sarma, S. A. Weis and D. W. Engels, „Part 4: RFID Systems and Security and Privacy Implications”, Cryptographic Hardware and Embedded Systems - CHES 2002, B. S. Kaliski, çetin K. Koç & C. Paar (Eds.), pp. 454-469, Berlin, Germany: Springer, 2003.
- [7] K. Zhao and L. Ge, „A Survey on the Internet of Things Security”, in: Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Computational Intelligence and Security, 2013, pp. 663-667.
- [8] S. Sahraoui and A. Bilami, „Compressed and distributed host identity protocol for end-to-end security in the IoT”, in: Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Next Generation Networks and Services, 2014, pp. 295-301.
- [9] W. Mansour and K. Jelassi, „RFID technology to control manufacturing systems using OPC server”, in: Proceedings of the International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb, 2014, pp. 1-4.
- [10] N. Jazdi, „Cyber physical systems in the context of Industry 4.0”, in: Proceedings of the International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, 2014, pp. 1-4.

22

ТРЕНДОВИ У ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

Интернет интелигентних уређаја се брзо развија и користи се у свим сферама људског деловања. Према предвиђањима експерата из ове области очекује се да главни трендови у примени буду везани за: развој Smart dust технологије, примену Brain Computer интерфејса, повезивање IoT с друштвеним мрежама, примену интелигентних робота, развој виртуелне реалности и израду алтернативних интерфејса за комуникацију с машинама.

1. Smart dust технологија

Smart dust се састоји од великог броја танких (енг. tiny) микроелектромеханичким системима (MEMS), као што су сензори, роботи и други уређаји, који детектују светло, температуру, вибрације и магнетизам и информације преносе путем интернета [1]. Опсег комуникације, без већих антена, мери се у милиметрима. Ови бејични уређаји раде у кластеру и могу аутоматски да успостављају флексибилне мреже које карактерише мала потрошња енергије и подршка широком спектру апликација. Улога апликација јесте стална провера неких стања и појава, као што су здравље, брже откривање земљотреса, предикција саобраћајних токова и праћење утрошка енергије.

Идеја примене у IoT систему јесте да се спрече несреће и смањи потрошња енергије. Очекује се да ће се smart dust решења у будућности кретати у распону од климатских контролних система до уређаја за забаву. Неке од области у којима се очекује широка имплементација су:

- Шумски пожари где је потребно да се прецизно лоцира правац ветра или температура.
- Индустриски објекти с циљем да се у радним просторијама открију потенцијалне опасности.
- Процена свежине намирница које се чувају на одређеном месту, тако што се прате влажност и температура.
- Праћење покрета очију и гестова на лицима квадриплегичара како би им се помогло у управљању колицима или коришћењу рачунара.

- Рана детекција оболења.
- Комуникација с преносивим рачунарима за потребе игара и других облика забаве, где корисник може да прикачи сензоре на прсте да би се креирао 3D облик у виртуелној форми која је видљива на екрану уређаја.

2. Brain Computer интерфејс

Brain Computer интерфејс (BCI) представља алат за комуникацију корисника и система [2]. Првобитно је смишљен за потребе биомедицине, и то за медицинска помагала за особе са инвалидитетом. Будућа истраживања иду ка примени ових решења и у другим областима медицине.

BCI апликације бележе маждане таласе и шаљу их у рачунарски систем. Маждани таласи се користе да би се изразила нека замисао или контролисао објекат. Основне функције су: праћење стања корисника и успостављање комуникације људског мозга и спољашњег света путем интернет протокола. На овај начин се елиминише потреба за стандардним достављањем информација, јер се управљање обавља сланијем порука из људског мозга и декодирањем мисли. BCI може особама са инвалидитетом да пружи помоћ и подршку да достигну бољи квалитет живота и да учествују у друштвеном и економском животу. Архитектура BCI решења у IoT систему обухвата: слој перцепције где се идентификује објекат и прикупљају информације, слој мреже и слој апликација који се састоји од интелигентних IoT решења. Области примене су:

- **Навигација.** На пример, помоћ слепим људима у трговини да пронађу пут до жељене полице и производа.
- **Образовање.** Рецимо, за децу и младе с посебним потребама кроз изградњу окружења за интелигентну интерактивну игру и учење да би се стимулисале језичке и комуникационе вештине.
- **Домаћинства.** Примена паметних решења и умрежавање уређаја корисницима омогућује хуманији и комфорнији живот.

Осим у медицини, BCI апликације могу се користити у паметним окружењима, маркетингу, играма и забави, безбедности и заштити. Примена мажданих импулса могућа је и у другим областима, као што су паметна окружења, паметне куће, радна места или превоз где ове апликације пружају додатну сигурност, луксуз или контролу.

3. Интернет интелигентних уређаја у роботици

Већина IoT апликација усмерена је на коришћење повезаних уређаја с једноставним сензорима за управљање, праћење и оптимизацију система и њихових процеса. Многи истраживачи фокус померају на напредније трансформације везане за свеприсутно повезивање и комуникацију паметних уређаја. Таква истраживања воде развоју технологије интернета у роботским уређајима (енг. Internet of Robotic Things)

[3]. Апликације које се заснивају на овој технологији омогућују интелигентним уређајима да прате догађаје, сензорске податке из различитих извора, да користе локалну и дистрибуирану интелигенцију и да управљају објектима у физичком свету. IoT апликације треба да у будућности унапреди решења везана за покрете, мобилност, манипулације, аутономију и интелигенцију ових уређаја. Реално је очекивати да промене изазване IoT апликацијама трансформишу M2M комуникацију робота, што би обављање послова учинило ефикаснијим, тачнијим и поузданijим.

Посебну област у роботици представља употреба беспилотних летелица и дронова. Иако се најчешће користе у војној индустрији, дронови служе и за трагање и спасавање, надзор, надгледање саобраћаја, праћење временски прилика, гашење пожара и сл. Очекује се да у будућности имају ширу примену у пољопривреди за непрекидан надзор обрађених површина и усева [4]. Дрон може на даљину да надгледа и мери показатеље атмосферских услова, прикупља податке из мерних станица и благовремено доставља податке пољопривредницима о стању усева у реалном времену. Пре употребе потребно је одредити план летења и израдити NDVI (енг. Normal Difference Vegetation Index) мапу, на основу које се тачно дефинишу позиције за снимање камером високе резолуције у видљивом и инфрацрвеном спектру. Применом адекватног програма слике је могуће обрадити и направити тродимензионалне (3D) моделе терена којима пољопривредници приступају преко рачунара или паметног телефона. Анализом и израчунавањем NDV индекса идентификује се ниво фотосинтезе биљака и одређују критичне парцеле. Изнад критичних парцела шаље се поново да лети на мањој висини и да прави квалитетније фотографије, узоркује и утврђује квалитет земљишта и да мери атмосферске показатеље, на основу чега се установљују узроци који су довели до таквог стања.

Дроновима се могу реализовати и други задаци, као што су пребројавање биљака и стабала (одређивање оптималне покривености), откривање застоја у наводњавању или штеточина, провера међа и надзирање недозвољених упада на посед.

Истраживања IoT у роботици усмерена су и на развој нових сервиса у cloud computing окружењу, што би се могло назвати „робот као сервис” (енг. Robot as a Service) [5]. Идеја је слање робота на различите локације којима се приступа преко интернета да извршавају унапред припремљене корисникove задатке. Таква напредна решења предвиђају да се, поред дефинисаних параметара, мења врста управљања (имплементира произвољан управљачки алгоритам). Уградњом или програмирањем новог управљачког блока корисник ће дефинисати управљање роботом и моћи да тестира резултат.

Усавршавање и интензивна примена IoT апликација у аутоматизацији и роботици очекује се у фабричким халама, операционим салама и војној индустрији. То се, пре свега, односи на производњу и логистику у аутомобилској и индустрији електронике и полупроводника. Нови производи, технологије и технике прошириле су домет и употребљивост роботских система у индустрији: у аутомобилској, на пример, очекују решења се за аутоматско управљање возилима.

Роботи ће се, иначе, користити у различитим апликацијама ван фабрика, као што су здравство, одбрана, пољопривреда и сл. У суштини, роботи су добродошли у свакој индустрији која захтева стални високи ниво концентрације, напорне радње или обављање послова у опасном окружењу. Предвиђа се раст примене тзв. потрошачких робота у едукацији, забави или за кућне послове, и то представља следећу фазу развоја дигиталних уређаја.

4. Интернет интелигентних уређаја и виртуелна реалност

Сваки IoT уређај има сопствени процесор за обраду података и процесирање дефинисаних задатака. У току дана постоје раздобља када је у стању мировања или не користи своју пуну снагу која се може искористити за друге послове на интернету. Термин повезани уређаји не односи се само на уређаје у некој мрежи, већ означава сложеније процесе дељења ресурса и размену података виртуелних и физичких ресурса. Све ово указује да ће виртуелна реалност у предстојећем годинама бити један од праваца развоја и ширења IoT апликација.

Да би се створио простор за реализацију виртуелне реалности, потребно је направити 3D моделе анимације, звука и слике, а за доживљавање виртуелног искуства у реалном времену неопходни су велика процесорске снага и брза конекције [6]. IoT апликације треба то да обезбеде путем интернета.

За разлику од технологије виртуелне реалности која реални свет замењује симулираним, у будућности се очекујешира примена решења која рачунарски генериране податке (звук, видео, графике или GPS) интегришу у реалан свет и обликују слику проширене реалности. Помоћу технологије проширене реалности информација о реалном окружењу корисника постаје интерактивна и дигитално манипулисана, уз додавање поједињих објеката из окружења [7]. Реализација проширене реалности изискује одговарајућу хардверску инфраструктуру (рачунари, паметни телефони, таблети и друге спрave опремљене процесорима, дисплејом, сензорима и улазним уређајима). Једна од области у којој се оваква решења примењују јесте трговина: на пример, производјач намештаја Икеа је лансирала апликацију за мобилне телефоне која користи технологије проширене реалности за привлачење купаца. Услуга названа „Постави намештај у свој дом“ заснива се на проширену реалност и одвија се тако што се најпре изабере врста намештаја за разгледање, а затим конкретан модел. Апликација покреће камеру, па се у простору где је она усмерена ствара модел производа који се може обртати, увећавати, смањивати итд. Померањем камере корисник доћарава себи изглед соба с тим комадом намештаја на жељеном месту.

Очекује се да се у будућности проширене реалност више користи у туризму: комбинацијом дигиталних и стварних садржаја туристи могу, посматрајући поједине делове града, видети како су неке четврти мењале изглед кроз историју. Пример проширене реалности у туризму приказан је на слици 22.1.



Слика 22.1: Пример примена решења за проширену реалност

5. Интернет интелигентних уређаја и говорне апликације

Препознавање гласа данас је стандардна функција на различитим уређајима, од паметних телефона, таблета и преносивих рачунара до телевизије и појединих аутомобила. Међутим, ова технологија и даље нема ширу примену због недовољне поузданости у раду. Зато се у пројекту обраде природног говора (енг. Natural Language Processing) ради на изради нове генерације интерфејса да би се постигао већи ниво поузданости и перформанси [8]. Очекује се да интеракција корисника и машине путем гласа буде следећа генерација технолошких решења у IoT технологији, чија примена треба да омогући кориснику ефикасну и једноставну комуникацију с машинама.

Примена апликација које путем гласа управљају радом интелигентних уређаја (енг. Voice Control Applications) представља процес којим се успоставља јединствена веза између објекта и корисника [9]. Она је до сада, углавном, остварена у пројектима паметних кућа, паметне индустрије, личног и породичног здравственог надзора. С побољшањем квалитета апликација на говорним технологијама, очекује се шира примена овог вида комуникације и на релацији човек-робот. Експанзија у роботици повезана је с развојем решења која би с великим тачношћу препознавала команде, независно од говорника и обима речника.

У предстојећем периоду доћи ће до експанзије говорних апликација на мобилним уређајима, које имају за циљ успостављање новог интерфејса с корисником. Епл је покренуо развој апликације која SMS поруке трансформише у гласовне поруке. Очекују се и мобилне апликације које претварају глас у текстуалну поруку и напреднији voice dialer-и с богатијим речником.

6. Интернет интелигентних уређаја у здравству

У здравству се, углавном, примењују IoT решења којима се надзиру виталне функције организма, администрирање лековима, надгледање и обавештавање о критичним ситуацијама и сл. У будућности нове услуге треба да обезбеде квалитетније праћење пацијената и израду распореда прегледа који би се заснивао на њиховом стварном здравственом стању. Од значаја су и решења која омогућују боље надгледање опреме у операционим салама.

Будућа примена IoT технологија обезбедиће нове изворе података за потребе дијагностике. Основна идеја јесте да се кориснички сензори за мерење виталних карактеристика ставе на располагање стручњацима различитих профиле на ширем географском подручју, што треба да олакша дељење информација и омогући дефинисање нових процедура у лечењу и дијагностици. У процесу тестирања лекова IoT платформа треба да приушти детаљнији увид у карактеристике здравственог стања пацијента и деловање лекова. Обједињавањем више извора података она подржава развој паметне дијагностике која би обезбедила брже тестирање нових лекова, анализу историјских података и праћење одређених гена [10].

Техничку основу за реализацију чини боље обједињавање паметних телефона и других бежичних уређаја и медицинске опреме с циљем да се унапреди размена информација неопходних за квалитетнију дијагностику и лечење. Лекарском особљују широм света отвара се могућност повезивања с медицинским базама података, независно од географске локације. На тај начин ће добијати стручне савете и своја искуства размењивати с колегама из целог света ради провере властитих дијагностичких запажања и налаза.

Предвиђају се сложеније IoT апликације које ће власницима паметних телефона и других уређаја помагати да се на исправан начин суоче са стресом у свакодневном животу.

7. Интернет интелигентних уређаја и друштвене мреже

Бројна истраживања показала су да размена података између великог броја корисника на друштвеним мрежама допринеси превазилажењу разних проблема [11]. Друштвене мреже користе се за претраживање интернета, за усмеравање саобраћаја или за дистрибуцију различитих садржаја.

Social Internet of Things (енг. SIoT) парадигма односи се на свет будућности који ће се одликовати великим бројем интелигентних објекта. Примена принципа на организовања друштвених мрежа у IoT може приуштити следеће предности:

- SIoT структура ће побољшати навигацију, тако да се ефикасно откривају објекти и услуге и обезбеђује скалабилност.
- Ниво поузданости може се успоставити кроз усклађивање степена интеракције између тзв. пријатељских објекта.

- Модели дизајнирани за проучавање великих друштвених мрежа могу се користити за решавање изазова великих мрежа интелигентних уређаја.

Предвиђа се да ће се многе апликације и услуге повезати с групама објеката који ће једни с другима бити у интеракцији, при чему је сваки носилац одређене услуге. Ову врсту сервиса карактеришу односи између објеката: на пример, кооперативна услуга концептирана да смањи потрошњу енергије бежичних уређаја. Такве услуге могу попримити облик социјалне интеракције у којој се имитирају основни модели људског понашања. Да би се реализовала оваква решења, потребно је да објекти започну успостављање друштвених односа на основу својих профиле, активности (као што су покрети) и интереса (апликација које су у њему распоређене и имплементирани сервиси). Овакви односи могу се разврстати у складу с догађајима који активирају њихово успостављање:

- Родитељски однос објеката (енг. Parental object relationship) који припадају истој производној серији (предмети који настају у истом периоду код истог производића).
- Односи колоцираних објеката (енг. Co-location object relationship) који се увек користе у истом окружењу (сензори и паметни објекти).
- Сарадња више објеката на реализацији заједничке IoT апликације (енг. Co-work object relationship).
- Односи хетерогених објеката који припадају истом кориснику (мобилни телефони, музички плејери, конзоле за игре).
- Социјални односи објеката (енг. Social object relationship) који се успостављају спорадично или непрекидно када њихови власници долазе у додир једни с другима.

Већа ефикасност у SIoT апликацијама могућа је због чињенице да су објекти у стању да корисницима понуде услуге тако што аутономно успостављају сарадњу с другим објектима, без обзира на то да ли постоје друштвене везе између њихових власника.

Кључна вредност SIoT јесте способност објеката да динамички откривају кључне информације и услуге из непознатих заједница објеката. Социјално понашање није предмет интереса у оним случајевима где су безбедност и контрола приступа примарни захтеви. Пример овакве апликације је када туриста први пут стигне у неки град, а није планирао то путовање: активирањем социјалне мреже и разменом информација између социјалних објеката, као што су аутобуски терминали, такси станице и слично, корисник може добити адекватну информацију и брзо стићи на одредиште. Да би социјалне апликације постале реалност, сваки објекат треба да буде опремљен друштвеним функцијама како би открио друге друштвене објекти у околини, успоставио друштвене односе и прибавио информације од интереса.

Поузданост у SIoT системима од велике је важности: социјални објекти морају да имају одговарајуће алате за управљање поузданошћу јер други друштвени објекти могу да се понашају злонамерно. Једно од решења заснива се на субјективном моде-

лу, где сваки чвор поузданост својих пријатеља израчунава на основу сопственог искуства и на основу мишљења пријатељских објеката у заједници. Друго решење почива на објективном моделу утемељеном на P2P комуникацији, где се информације о сваком чврту дистрибуирају и чувају коришћењем дистрибуиране хеш табеле доступне сваком чврту у мрежи.

Архитектура SIoT мрежа састоји се из три слоја:

- Сензорског који је задужен за прикупљање података и сарадњу на локалном нивоу.
- Мрежног који преноси податке кроз хетерогене мреже.
- Апликационог где су IoT апликације примењене са мидлвер функционалностима.

Примери примене IoT апликација на друштвеним мрежама су Фејсбук и Твiter мреже, које се користе за објављивање информације из сензора (слика 22.2).



Слика 22.2: Пример примене IoT апликација у друштвеним мрежама

Садашњи sensor-to-web модели ограничени су на преношење информација из сензора на веб портал: на пример, Твiter омогућује корисницима да објављују тренутни статус слањем кратких порука, тако се твитују подаци прикупљени из сензора. У будућности се очекује развој portal-to-portal комуникације која ће обезбедити повезивање корисника различитих друштвених мрежа и размену информација из сензора различитих окружења.

ЗАКЉУЧАК

Истраживања у области IoT довешће до унапређења интелигенције робота, реализације напреднијег Brain Computer интерфејса за комуникацију човек-машина, имплементације квалитетнијих система заштите у производњи кроз smart dust решења, повезивање IoT с друштвеним мрежама и концептима виртуелне реалности и примене алтернативних интерфејса за комуникацију с машинама.

ПИТАЊА

1. Објасните smart dust технологију?
2. Наведите примере примене smart dust технологије?
3. Објасните сврху примене Brain Computer интерфејса у медицини?
4. Шта је циљ примене виртуелних робота?
5. Објасните примену дронова у паметној пољопривреди?
6. Објасните технологију проширене реалности и могућности примене у IoT контексту?
7. Објасните појам паметне дијагностике у медицини?
8. Како се примењују говорне апликације у IoT системима?
9. Које су предности интеграције друштвених мрежа и IoT технологија?
10. Објасните архитектуру SIoT мреже?

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Y. Zhai, B. Yang, T. Salter, N. Goldsman and P. A. Abshire, „Using device characteristics to obtain a low-power temperature-insensitive oscillator for smart dust networks”, in: Proceedings of the Semiconductor Device Research Symposium, 2007, pp. 1-2.
- [2] P. Wang, J. Lu, B. Zhang and Z. Tang, „A review on transfer learning for brain-computer interface classification”, in: Proceedings of 5th International Conference on Information Science and Technology, 2015, pp. 315-322.
- [3] J. O. Hamblen and G. M. E. van Bekkum, „An Embedded Systems Laboratory to Support Rapid Prototyping of Robotics and the Internet of Things”, *IEEE Transactions on education*, vol. 56, no. 1, pp. 121-128, 2012.
- [4] P. Tripicchio, M. Satler, G. Dabisias, E. Ruffaldi and C. A. Avizzano, „Towards Smart Farming and Sustainable Agriculture with Drones”, in: Proceedings of the International Conference on Intelligent Environments, 2015, pp. 140-143.
- [5] C. Yinong, D. Zhihui and M. García-Acosta, „Robot as a Service in Cloud Computing”, in: Proceedings of the 5th International Symposium on Service Oriented System Engineering, 2010, pp. 151-158.
- [6] Fei Li et al., „Efficient and Scalable IoT Service Delivery on Cloud”, in: Proceedings of the 6th International Conference on Cloud Computing, 2013, pp. 740-747.
- [7] J. Ristić, D. Barać, Ž. Bojović, Z. Bogdanović and B. Radenković, „Designing augmented reality application for interaction with smart environment”, in: Proceeding of the International conference on virtual learning - ICVL, 2015, pp. 273-278.
- [8] J. M. Rabaey, „Brain-machine interfaces - The core of the human intranet”, in: Proceedings of the 6th IEEE International Workshop on Advances in Sensors and Interfaces, 2015, pp. 113-114.
- [9] V. Pulkit, G. Mayank, B. Tuhin and K. D. Pradip, „Improving services using mobile agents-based IoT in a smart city”, in: Proceedings of the International Conference on Contemporary Computing and Informatics, 2014, pp. 107-111.

- [10]M. K. Shahin, „Wireless communication and RFID based handheld database and medical diagnostic system”, in: Proceedings of the Cairo International Biomedical Engineering Conference, 2014, pp. 6-9.
- [11]G. Chen, J. Huang, B. Cheng and C. Junliang, „A Social Network Based Approach for IoT Device Management and Service Composition”, in: Proceedings of the IEEE World Congress on Services, 2015, pp. 1-8.