

UNIVERZITET U SARAJEVU

EKONOMSKI FAKULTET

MASTER STUDIJ

Željka Božić

**INTERNET OF THINGS – VIZIJA, PRIMJENA I ISTRAŽIVAČKI
IZAZOVI**

MASTER RAD

Sarajevo, juli 2020.

UNIVERZITET U SARAJEVU
EKONOMSKI FAKULTET U SARAJEVU
MASTER PROGRAM U SARADNJI SA MICROSOFT
MENADŽMENT I INFORMACIONI SISTEMI

INTERNET OF THINGS – VIZIJA, PRIMJENA I ISTRAŽIVAČKI IZAZOVI
MASTER RAD

Mentor: doc. dr Kemal Kačapor

Kandidat: Željka Božić

Broj indeksa: 4371/17

Sarajevo, juli 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	7
1.1. Problem i predmet istraživanja	8
1.2. Ciljevi istraživanja	9
1.3. Istraživačka pitanja	10
1.4. Metodologija istraživanja.....	11
2. Sistematski pregled literature	12
2.1. Formulisanje pitanja	13
2.2. Identifikacija radova	13
2.3. Izbor i selekcija radova	13
3. Tradicionalna i konvergirana IT infrastruktura	17
3.1. Tradicionalna IT infrastruktura.....	17
3.2. Konvergirana infrastruktura.....	18
4. Digitalna transformacija.....	20
4.1. Internet of Things (Internet stvari).....	21
4.2. Pojam Internet of Things i istorijat	22
4.3. IoT arhitektura	26
4.4. Big data	28
4.5. Cloud computing (računarstvo u oblaku)	29
4.6. Implementacija Internet of Things.....	32
4.6.1. Agrokultura.....	34
4.6.2. Životna sredina	36
4.6.3. Pametni gradovi.....	36
4.6.4. Zdravstvo	37
4.6.5. Svakodnevni život	38
4.7. Koristi IoT-a u poslovanju	39
4.7.1. Primjer – SMART PLANTS, Norway	40
4.8. Ekonomski aspekti primjene Internet of Things i Cloud computing-a.....	42
4.8.1. Internet of Things – ekonomski pregled.....	42
4.8.2. Cloud computing – ekonomski pregled.....	45
4.9. Tehnologije za razvoj Internet of Things.....	47
4.9.1. Računarske mreže.....	47

4.9.1.1.	LPWAN (Low-Power Wide Area Network).....	48
4.9.2.	LoRa	49
4.9.2.1.	LoRa Alliance	52
4.9.3.	LoRaWAN.....	53
4.9.3.1.	The Things Network (TTN)	56
4.9.4.	SigFox.....	58
4.9.5.	Narrowband IoT (NB-IoT)	59
4.9.6.	Poređenje u pogledu IoT faktora	59
4.9.6.1.	Koju tehnologiju primijeniti?	61
5.	Internet of Things – izazovi i rizici primjene.....	65
5.1.	Sigurnost sistema Internet of Things	66
5.2.	Privatnost i profiliranje	67
6.	Razvoj i zastupljenost koncepta Internet of Things u Bosni i Hercegovini	71
6.1.	Bosna i Hercegovina i IKT sektor	71
6.2.	Digitalna transformacija u Bosni i Hercegovini	73
6.3.	Internet of Things u Bosni i Hercegovini	75
6.4.	Zastupljenost IoT-a u regionu	80
6.4.1.	Digitalizacija poslovanja i implementacija IoT u Hrvatskoj	80
6.4.1.1.	IoT Net Adria – SigFox.....	81
6.4.2.	Internet of Things u Srbiji	82
6.5.	Primjeri dobre prakse – prikaz studija slučaja	84
6.5.1.	LANACO Banja Luka, Bosna i Hercegovina	84
6.5.2.	XIRIS Institut Nova Gorica, Slovenija.....	87
6.5.3.	IRNAS – Institut za razvoj naprednih aplikativnih sistema, Maribor, Slovenija.....	91
7.	Zaključak	94
8.	Bibliography	97
9.	Prilog	105
9.1.	Popis slika	105
9.2.	Popis grafikona	105
9.3.	Popis tabela	105
9.4.	Popis skraćenica.....	106

Sažetak:

Sa brzim razvojem tehnologije i interneta došlo je do stvaranja nove vizije – Internet of Things (IoT) – Interneta stvari, koncepta koji, povezivanjem pametnih uređaja i konvencionalnih potrošačkih elemenata putem interneta, nudi novi aspekt u svakodnevnom životu i koji će promijeniti način na koji će se živjeti u budućnosti. Upotrebom standardnih komunikacijskih protokola i mrežne infrastrukture, Internet of Things će, na osnovu analize prikupljenih podataka, dovesti do poboljšanja proizvoda i usluga, a time i povećanog zadovoljstva potrošača i proizvođača.

Mogućnosti primjene Internet of Things su široke, gotovo neograničene – predviđanja su da se u bliskoj budućnosti očekuje zastupljenost u svakom pogledu. Ovaj rad će kroz teorijski pregled i primjere pokazati mogućnosti primjene ovog koncepta, predstaviti uporednu analizu prednosti i rizika implementacije IoT sistema sa ogromnim brojem senzora, te pregled stanja zastupljenosti i potencijala za primjenu u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: Internet of Things, primjena, prednosti, rizici, potencijal, Bosna i Hercegovina.

Summary:

The rapid development of technology and the internet has led to the creation of a new vision – the Internet of Things (IoT), a concept that, by connecting smart devices and conventional consumer elements over the internet, offers a new aspect in everyday life and which will change the way we will live in the future. Using standard communication protocols and network infrastructure, the Internet of Things will, based on analyses of the data collected, lead to improvements in products and services and thus increased satisfaction among consumers and manufacturers.

The possibilities of applying the Internet of Things are broad, almost limitless – predictions are that representation is expected in every way in the near future. This work will show, through theoretical review and examples, the possibilities of applying this concept, present a comparative analysis of the advantages and risks of the implementation of IoT systems with a huge number of sensors, and an overview of the state of representation and potential for applications in Bosnia and Herzegovina.

Keywords: Internet of Things, application, advantages, risks, potential, Bosnia and Herzegovina.

1. UVOD

U posljednjih nekoliko decenija svijet obilježavaju intenzivne promjene, koje se pritom ubrzavaju. Prisutna tehnološka rješenja omogućavaju povećanje efikasnosti i efektivnosti u poslovanju, te utiču na produktivnost i rast konkurentnosti kako kompanija, tako i zemalja. Upotreba digitalnih tehnologija i inteligentni pristupi njihovom korištenju dovode do ekonomskog prosperiteta, koji zauzvrat stvara stabilne poslovne uslove za sve zainteresovane strane.

Pojmovi digitizacija, digitalizacija, digitalna transformacija obilježavaju sveprisutnost IKT (informaciono-komunikacione tehnologije) rješenja, te iako naizgled slični, ovi termini se suštinski razlikuju. Termin „digitizacija“ označava pretvaranje analognih informacija u digitalni oblik. Ovaj proces je omogućio nastajanje digitalnih kompjuterskih i komunikacionih sistema, pohranjivanje digitalne informacije, njeno procesiranje i analiziranje, te prenos od mjesta nastanka do konačne destinacije prijema ili arhiviranja (Mastilović, 2019a). Sljedeći korak je „digitalizacija“, proces u kome se informacije (koje su već u digitalnom obliku) objedinjuju i povezuju, radi pojednostavljenja ili ubrzanja nekih operacija koje su se ranije radile ručno. U suštini, predstavlja skup metoda i pristupa prema kojima se digitalna IKT rješenja uvode u razne oblasti društvenog života. „Digitalna transformacija“ dolazi nakon digitalizacije i označava efekte cijelog niza primjene IKT rješenja na društvo u cjelini, obuhvatajući digitalizaciju procesa i uloge u procesima, te digitalizaciju ukupnih poslovnih operacija. Orijentisana je na tehnički i tehnološki aspekt. Znatan dio ukupnih aktivnosti iz privatnog i poslovnog domena iz realnog fizičkog svijeta, digitalna transformacija prenosi u virtuelni digitalni svijet. Primarni cilj je optimizacija raspolaganja vremenom, novcem i resursima, a na kraju kreiranje „pametnog društva“, poznatog i pod nazivom Društvo 5.0 (engl. *Society 5.0*) (Mastilović, 2019a). Digitalna transformacija pomaže organizacijama da se održe na konkurentnom tržištu koje se neprestano mijenja sa razvojem tehnologije i može da obuhvata svaku organizaciju, bez obzira na oblast djelovanja. Pritom treba naglasiti da je svaka organizacija individualna, pa je i digitalna transformacija u različitim organizacijama različita. Bez obzira na to što se koriste iste digitalne tehnologije, suština digitalne transformacije se tiče ljudi i promjene njihovog načina mišljenja.

Razvoj informacionih tehnologija je, pored uspostavljanja globalne mreže međusobno povezanih korisnika, omogućio i globalnu mrežu međusobno povezanih objekata, predmeta ili stvari. Internetske aplikacije sada su usko povezane sa ljudskim životom. Tehnologija se usavršava i neprimjetno integriše u svakodnevnicu. Digitalni prostor pružio je platformu za implementaciju različitih aplikacija koje mogu olakšati procese u različitim oblastima. To je rezultiralo uvođenjem različitih vrsta senzora koji se ugrađuju u različite objekte (kuće, poslovne prostore, vozila i sl.), kojima se prikupljaju različiti podaci. Zbog brzine razvoja ove oblasti, predviđa se da će u vrlo bliskoj budućnosti veliki broj

senzora/uređaja imati veliki uticaj na globalno okruženje, životni standard, kao i na ekonomiju (Rob van der Meulen, 2017).

Internet of Things (IoT) – internet stvari se kao koncept spominje više od 20 godina (skovao ga je Kevin Ashton iz Procter & Gamble, kasnije MIT's Auto-ID Center, 1999), a zahvaljujući napretku informaciono-komunikacionih tehnologija, postoji posljednjih nekoliko godina. Pojam IoT uveden je 2005. u izvještaju organizacije ITU – *International Telecommunication Union* (ITU Internet Reports, 2005), u kome se navodi da je očito da stojimo na ivici nove ere računara i komunikacije koja će radikalno transformisati našu korporativnu, zajedničku i ličnu sferu. Kroz kontinuiran razvoj minijaturizacije i smanjenjem troškova postaje moguće, kako tehnološki, tako i ekonomski, učiniti svakodnevne predmete pametnijim i povezati svijet ljudi sa svijetom stvari.

1.1. Problem i predmet istraživanja

Internet of Things je od strane ITU (*International Telecommunication Union*) i IERC (*Internet of Things European Research Cluster*) definisan kao dinamička globalna mrežna infrastruktura sa mogućnostima samokonfigurisanja baziranim na standardnim i interoperabilnim komunikacionim protokolima, gdje fizičke i virtuelne „stvari“ (predmeti) imaju identitete, fizičke attribute i virtuelnu personalnost, koriste inteligentne interfejsa i neprekidno su integrisane u informacionu mrežu (Kranenburg, 2007). Smatra se da Internet of Things može povećati konkurentnost Evrope i biti važan pokretač razvoja ekonomije i društva zasnovanog na informacijama. Evropski istraživački klaster IoT okuplja projekte finansirane od strane EU, sa ciljem definisanja zajedničke vizije IoT tehnologije i izazova u istraživanju na evropskom nivou u smislu globalnog razvoja.

Neki od glavnih ciljeva IERC-a su: uspostavljanje platforme za saradnju i razvijanje istraživačke vizije za IoT aktivnosti u Evropi, što bi dovelo do toga da bude glavna ulazna i kontaktna tačka za istraživanja IoT-a u svijetu, definisanje međunarodne strategije za saradnju sa pregledom prioriteta u području IoT istraživanja i inovacija na globalnom nivou, koordinacija saradnje s drugim EC klasterima i ICT projektima, te organizovanje radionica, odnosno debata, koje bi trebalo da dovedu do boljeg razumijevanja IoT, 5G, cloud tehnologije i njihovog usvajanja.

Mogućnosti primjene Internet of Things vrlo su široke, gotovo neograničene – od industrije, trgovine, kućne automatizacije do svakodnevne primjene, i odnose se na fizičke objekte povezane na internet putem ugrađenih senzora i ostalih uređaja koji mogu primati i slati podatke. Mnogi stručnjaci predviđaju svijetlu budućnost IoT tehnologije, koja ne poznaje granice, te se u bliskoj budućnosti očekuje zastupljenost u svakom pogledu.

Objekti, putem postojeće mrežne infrastrukture, sa smanjenom ljudskom intervencijom, mogu biti opaženi i kontrolisani daljinski, stvarajući tako prilike za direktniju integraciju fizičkog svijeta i računarskih sistema, što za rezultat ima povećanje efikasnosti, tačnosti i

ekonomske koristi. Većina proizvodnih stvari koje nazivamo pametnim, sadrže ugrađene procesore sa korisničkim interfejsom koji omogućava programabilnost, a time ostvarivanje komandne i upravljačke funkcionalnosti. Svrha korištenja pametnih uređaja je da se, kroz adekvatnu integraciju u okviru ugradbenih sistema, obezbijedi i ostvari udaljena komunikacija sa korisnikom (koji, kao vlasnik pametnog uređaja, sa nekog udaljenog mjesta upravlja svojim uređajem) (Šikman & Stojanović, 2016).

Digitalnom agendom za Evropu 2020 (European Commission, 2014) nastoji se podstaknuti evropska privreda stvaranjem održivih privrednih i socijalnih pogodnosti jedinstvenog digitalnog tržišta. Na ovaj način otvorio bi se put inovativnim uslugama kao što su e-zdravstvo, pametni gradovi i proizvodnja zasnovana na podacima. Prema definiciji UN, pametni grad je kompleksan sistem koji uvodi IKT rješenja da bi unaprijedio postojeće i buduće javne servise grada i ukupne performanse poslovnih procesa u urbanoj sredini, kao što su upravljanje energijom i transportom, uz smanjenje potrošnje resursa, smanjenje zagađenja, unapređenje upravljanja otpadom, a sve u cilju povećanja ukupnog zadovoljstva građana i kvaliteta života i življenja (Mastilović, 2019b). Ovaj koncept se nametnuo kao neizbježna platforma za implementaciju Internet of Things.

U Bosni i Hercegovini evidentan je brz rast IT sektora, koji može da ima važnu ulogu u procesu digitalizacije uopšte. Ovaj potencijal još nije iskorišten, jer gradovi na IT kompanije gledaju kao na pružaoce pojedinačnih softverskih rješenja, a ne kao na partnere u transformaciji gradova kroz tehnologiju. Postoji interesovanje za primjenom savremenih tehnologija u cilju poboljšanja rada i okoline u kojoj živimo. Ono što jedan grad čini pametnim ne svodi se samo na instaliranje digitalnih interfejsa ili pojednostavljenje nekih aktivnosti. Korištenje tehnologije i podataka treba da služi svrsi u cilju donošenja boljih odluka i pružanja kvalitetnijih usluga. Pametni gradovi smatraju se gradovima budućnosti, jer bi trebalo da budu bolji za život – zdraviji, čistiji, pristupačniji svima.

Pored opštih informacija iz ove oblasti, obrade i opisa mogućnosti koje omogućava digitalna transformacija, osnovnih informacija o tehnologijama koje se koriste u ovu svrhu, predmet istraživanja odnosi se na prikupljanje informacija o stanju zastupljenosti ovih tehnologija na području Bosne i Hercegovine.

Internet of Things sa sobom nosi veliki broj prednosti ali i mnoge izazove, prijetnje i rizike koji zaslužuju pažnju istraživača.

1.2. Ciljevi istraživanja

U ovom radu istraživaćemo značaj digitalizacije i digitalne transformacije, s naglaskom na Internet of Things, kroz: definisanje i upoznavanje sa IoT tehnologijama, mogućnosti primjene, prepoznavanje njihovog značaja, koristi i mana, te identifikaciju trenutnog stepena zastupljenosti u Bosni i Hercegovini.

S obzirom na to da svjetska istraživanja ukazuju na to da su ovo vrlo perspektivne tehnologije, čiji će broj uređaja biti izuzetno visok u bliskoj budućnosti (Rob van der Meulen, 2017), cilj ovog rada je da ukaže na potencijal IoT rješenja u savremenom životu i poslovanju, te istraži prednosti ovih tehnologija u odnosu na tradicionalne IT tehnologije i mogućnosti njihove implementacije u razne sfere života, sa svim rizicima koje to nosi.

Na osnovu dostupnih informacija planirana je identifikacija stepena zastupljenosti Internet of Things rješenja na tržištu u BiH i potencijala dinamike rasta i razvoja u odnosu na razvijenije zemlje. Cilj ovog istraživanja je da se dođe do što više saznanja o postojećem stanju primjene IoT tehnologija, te da se prepoznaju najvažnija područja, koja u skorije vrijeme imaju perspektivu za razvoj ovog sektora. Dobijena slika stanja treba osvijestiti koje ciljeve treba dostići u ovoj oblasti, da bi se osigurala upotreba IoT tehnologija, te da bi se postigla samoodrživost.

Posmatrajući razvoj IoT tehnologija u razvijenim zemljama, može se pretpostaviti da bi razvoj ovog sektora Bosni i Hercegovini donio bolji ekonomski razvoj – povećao bi se razvoj različitih privrednih sektora, poboljšali bi se uslovi za unapređenje poljoprivrede, povećala bi se mogućnost privlačenja stranih investicija, kreirala bi se nova radna mjesta, te bi se stvorile nove mogućnosti za održivi razvoj. Dalje, utvrđivanjem trenutnog stanja zastupljenosti Internet of Things na području Bosne i Hercegovine mogle bi se stvoriti prilike za mlade inovatore i nove investitore koji žele da budu pokretači i prvi na tržištu sa novim, pametnim rješenjima.

1.3. Istraživačka pitanja

U skladu sa definisanim problemom i predmetom istraživanja, te postavljenim ciljevima, formulisana su istraživačka pitanja i zadaci:

- Definirati terminologiju, komponente i arhitekturu elemenata u konceptu Internet of Things.
- Istražiti dobre prakse primjene u različitim oblastima te potencijale moguće primjene Internet of Things u budućnosti.
- Koje tehnologije se koriste za implementaciju Internet of Things?
- Kakav je značaj primjene Internet of Things?
- Kakva je sigurnost Internet of Things?
- Koji se izazovi javljaju vezano za privatnost i profiliranje podataka koji se prikupljaju kroz koncept Internet of Things?
- Razvijaju li se, u kojoj mjeri se primjenjuju i u kojim sektorima se mogu naći primjeri Internet of Things u Bosni i Hercegovini?

1.4. Metodologija istraživanja

U ovom radu težićemo da predstavimo sve relevantne i dostupne informacije/podatke o razvoju, implementaciji i trenutnoj zastupljenosti IoT tehnologija, koje se intenzivno razvijaju u svim sektorima, pa svi podaci i informacije veoma brzo zastarijevaju

Rad je pregledni, a istraživanje i analiza podataka zasnivaju se na prikupljanju i sistematskoj analizi literature sekundarnih izvora podataka, do kojih se dolazi na osnovu pregleda relevantne stručne i naučne literature, objavljenih naučnih radova (Web of Science, Google Scholar), studija slučaja, web sajtova relevantnih kompanija, regulatornih i stratejskih dokumenata, savremene poslovne prakse.

U radu se koriste deskriptivne metode, koje se oslanjaju na teorijske i iskustvene činjenice, koje se opisuju onakve kakve jesu. Metode indukcije i dedukcije koriste se da se dođe do saznanja o sveopštem stanju o ovoj oblasti kao i do osnovnih informacija važnih za odgovarajući zaključak o predmetu ovog rada. Metodama analize i sinteze se u teorijskom dijelu rada obrađuju i analiziraju dobijeni podaci koji mogu pomoći u sagledavanju šire slike opšteg stanja u ovoj oblasti u našem okruženju.

Planirano je da se prikaže nekoliko studija slučaja, koje se odnose na implementaciju Internet of Things na teritoriji Bosne i Hercegovine i bližem okruženju.

Dobijeni rezultati biće prezentovani korištenjem narativne metode prezentovanja rezultata kvalitativnih podataka. Sve navedene naučno-istraživačke metode i tehnike imaju za cilj da ukažu na značaj potrebe za razvojem i implementacijom IoT tehnologija, kao i da prikažu sve identifikovane probleme i izazove koje to sa sobom nosi.

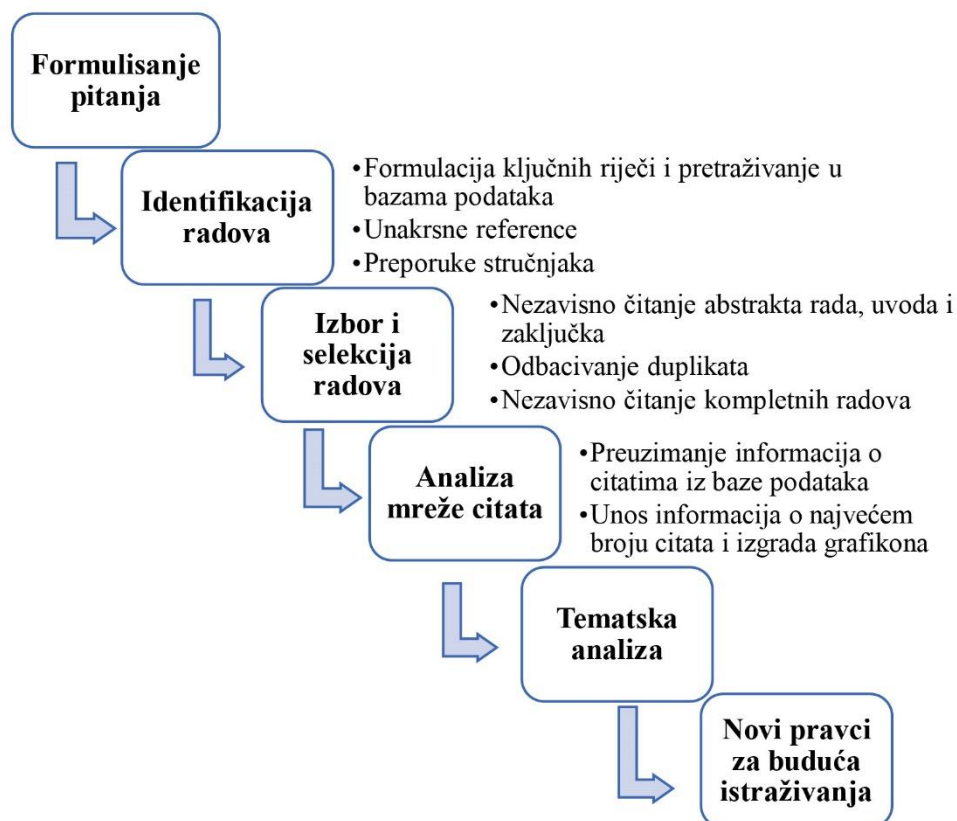
2. SISTEMATSKI PREGLED LITERATURE

Pregled literature je pojam povezan s procesom prikupljanja, provjere i (novog) analiziranja podataka iz postojeće literature s obzirom na određeno istraživačko pitanje. Sistematski pregledi literature omogućavaju i ispitivanje sukobljenih i/ili slučajnih nalaza, kako bi se identifikovale teme koje zahtijevaju daljnju istragu (Bulletin & Manual, 2012). Svrha pregleda literature je razumijevanje postojećih istraživanja i rasprava relevantnih za određenu temu. Dobijeni izvještaj o prijašnjem i sadašnjem znanju o nekoj temi ima za cilj da pruži pregled najboljih dostupnih istraživanja objavljenih na tu temu.

U ovom radu korist ćemo sistemsku analizu literature, da bismo pojasnili primjenu tehnologija Internet of Things, ali i izazove sa kojim se istraživači u ovoj oblasti susreću. Djela velikog broja autora o konkretnoj naučno-istraživačkoj temi će nam omogućiti da pronađemo relevantne podatke o razvoju, implementaciji, zastupljenosti IoT tehnologija, kao i rizicima njihove primjene. Mnogi autori su u okviru svojih radova razmatrali, analizirali ove tehnologije i, na osnovu dobijenih istraživačkih rezultata, davali prijedloge za primjenu, ali su navodili i probleme koji se mogu pojaviti i davali su prijedloge za njihovo sprječavanje ili rješavanje.

Postupak odabira i analize radova je sistemska analiza literarne mreže (*SLNA – Systematic literature network analysis*), čiji je proces predstavljen na grafikonu 1.

Grafikon 1. Proces sistemske analize literature



2.1. Formulisanje pitanja

Ovo je prva faza u okviru sistematskog pregleda literature. Vršiti se na osnovu CIMO (engl. *Context, Intervention, Mechanisms and Outcome*) pristupa, koji pruža osnovu za sistematski pregled rada i smjernice o literaturi koju posebno treba uzeti u obzir. Prikupljanje svih relevantnih podataka iz naučnih radova pomaže u razumijevanju područja ovog istraživanja. Čitanje i analiza dostupnih radova daje doprinos odgovoru na ključna pitanja značajna za izradu sistemskog pregleda literature:

- Kako je tekao razvoj Internet of Things i tehnologija koje se koriste?
- Koji je stepen relevantnosti IoT tehnologija?
- Ko su najznačajniji autori iz oblasti Internet of Things?

2.2. Identifikacija radova

U drugoj fazi sistemskog pregleda literature vršena je identifikacija izvora za pretragu. Za ovaj rad su korištene baze podataka Web of Science, Research Gate, Google Scholar, studija slučaja iz okruženja, web sajtovi relevantnih kompanija iz ove oblasti, regulatorni i strategijski dokumenti. U analizi literature korišteni su podaci prikupljeni iz baze podataka Web of Science (WoS), koja je najčešće korištena baza citata naučnika. Pretraga je izvršena na osnovu sljedećih pojmova: *Internet of Things – Smart City*. Internet of Things se spominje od 1999. godine, ozbiljnije uvođenje pojma bilo je 2005, a otkako je 2009. Evropska komisija doživjela IoT važnim za opšti razvoj interneta, pretraga je obuhvatila pretragu perioda 2009–2019.

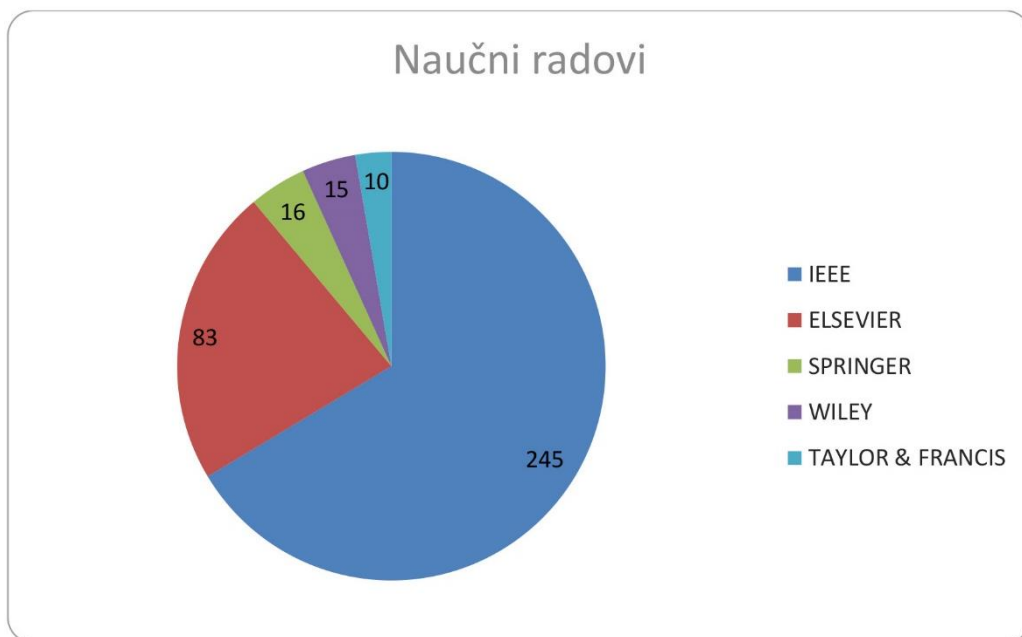
2.3. Izbor i selekcija radova

Nakon završene druge faze, odnosno identifikacije radova na osnovu ključnih riječi, unakrsnih referenci i preporuka stručnjaka, uslijedio je izbor i deskriptivna analiza. Pretraga online baze Web of Science, decembra 2019, preko ključnih riječi *Internet of Things – Smart City*, rezultirala je sa 421 publikovanim radom iz ove oblasti.

Od 20 odabranih autora koji su najviše citirani u ovoj oblasti, dobili smo podatak da je prosječan broj citata $n = 1170$, posmatrano u periodu 2010–2019, u prosjeku $n = 183,88$ godišnje. Najzastupljeniji autori su: Atzori L., Gubbi J., Al-Fuqaha A., Zanella A., Miorandi D., Xu L. D. i drugi.

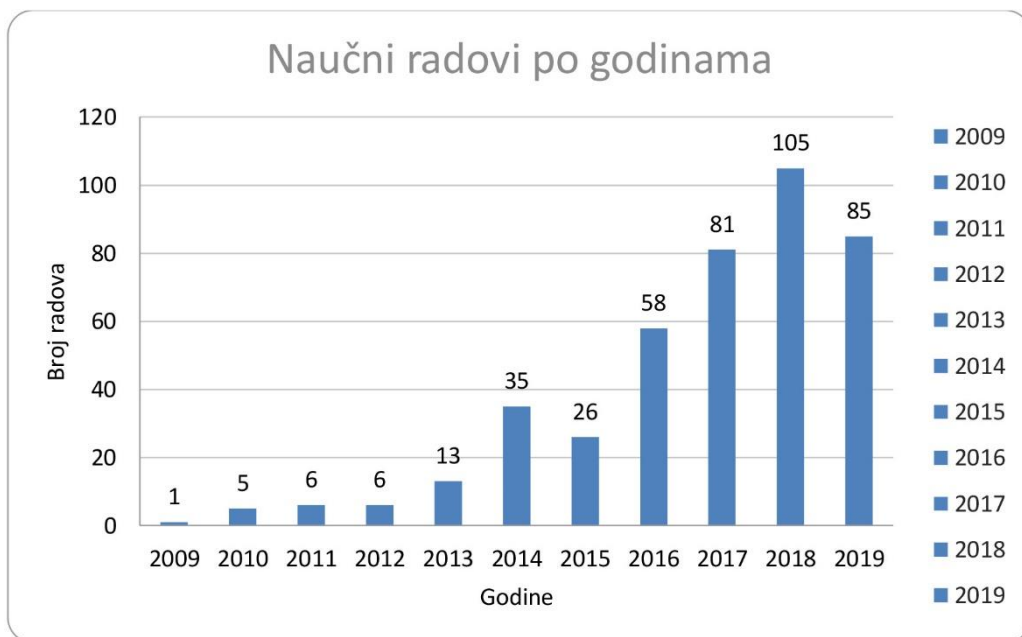
Pregled publikacija dat je u grafikonima, gdje se može vidjeti broj publikovanih radova po izdavačima, kao i po godinama objavljivanja, u period od 2009. do 2019. godine. Možemo vidjeti da je najveći broj radova publikovan u IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (245), a gledano po godinama, najviše tokom 2018. godine.

Grafikon 2. Broj objavljenih radova prema izdavačima



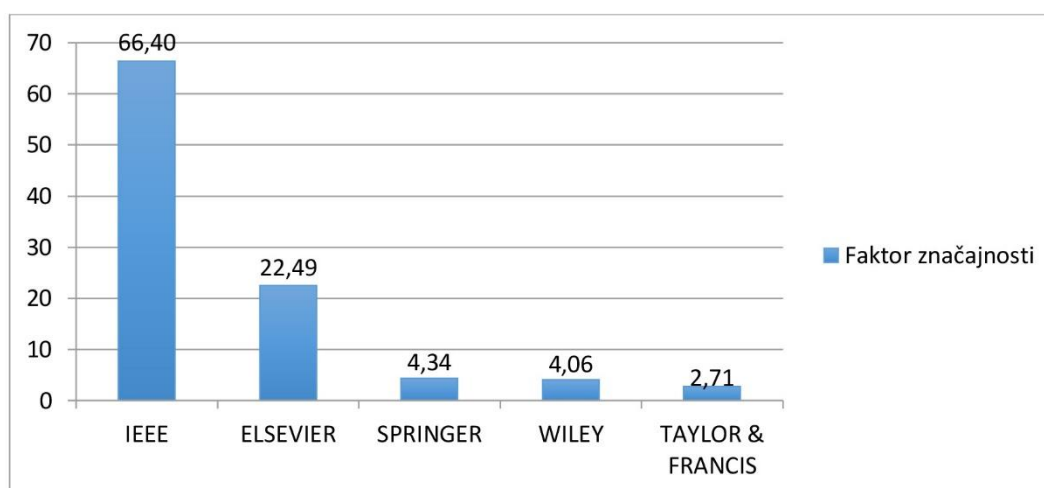
Izvor: Web of Science, decembar 2019.

Grafikon 3. Pregled objavljenih radova po godinama, period 2009–2019.



Izvor: Web of Science, decembar 2019.

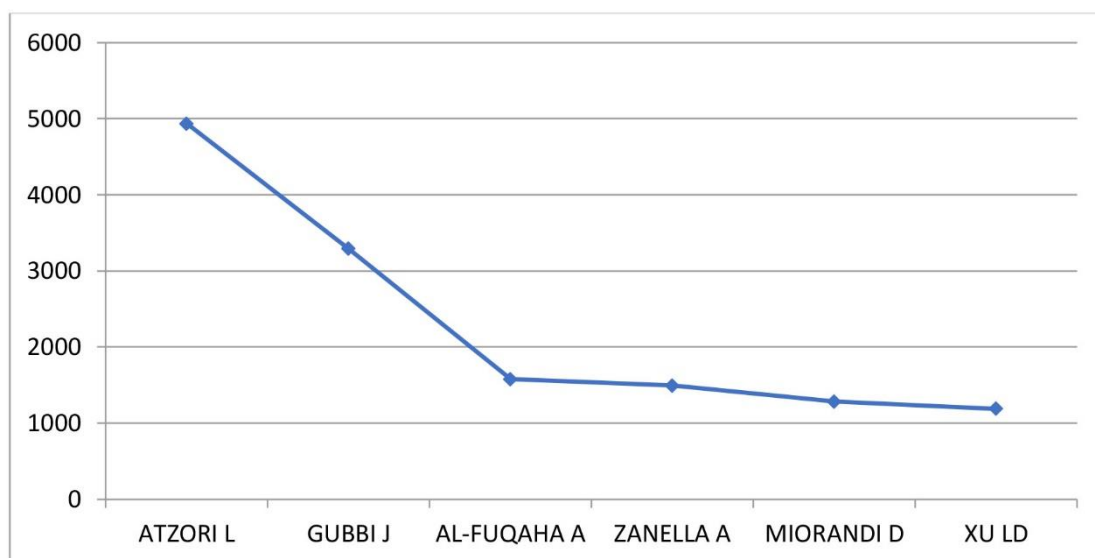
Da bi se dobio odgovor na drugo istraživačko pitanje „Koji je stepen relevantnosti Internet of Things?“, pronađeni su časopisi u kojima je objavljen najveći broj radova sa najvećim stepenom značajnosti. Stepem značajnosti se koristi za mjerenje relevantnosti rada ili kao poređenje časopisa u predmetnoj kategoriji. Što je veći stepen značajnosti, članak će biti visoko rangiran.

Grafikon 4. Faktor značajnosti**Tabela 1. Pregled broja citata, po godinama**

Paper	Year	Published	Total Citations	TC per Year
ATZORI L	2010	COMPUT NETW	4936	493,6
GUBBI J	2013	FUTURE GENER COMP SY	3292	470,3
AL-FUQAHA A	2015	IEEE COMMUN SURV TUT	1577	315,4
ZANELLA A	2014	IEEE INTERNET THINGS	1493	248,8
MIORANDI D	2012	AD HOC NETW	1284	160,5
XU LD	2014	IEEE T IND INFORM	1189	198,2
BOBADILLA J	2013	KNOWL-BASED SYST	958	136,9
HOLME P	2012	PHYS REP	886	110,8
CHEN M	2014	MOBILE NETW APPL	872	145,3
PERERA C	2014	IEEE COMMUN SURV TUT	866	144,3
DAI LL	2015	IEEE COMMUN MAG	833	166,6
GANTI RK	2011	IEEE COMMUN MAG	765	85
SHI WS	2016	IEEE INTERNET THINGS	711	177,8
STANKOVIC JA	2014	IEEE INTERNET THINGS	628	104,7
GUPTA A	2015	IEEE ACCESS	603	120,6
BOTTA A	2016	FUTURE GENER COMP SY	537	134,2
ISLAM SMR	2015	IEEE ACCESS	531	106,2
CHIANG M	2016	IEEE INTERNET THINGS	489	122,2
CHRISTIDIS K	2016	IEEE ACCESS	473	118,2
LUKATSKAYA MR	2016	NAT COMMUN	472	118

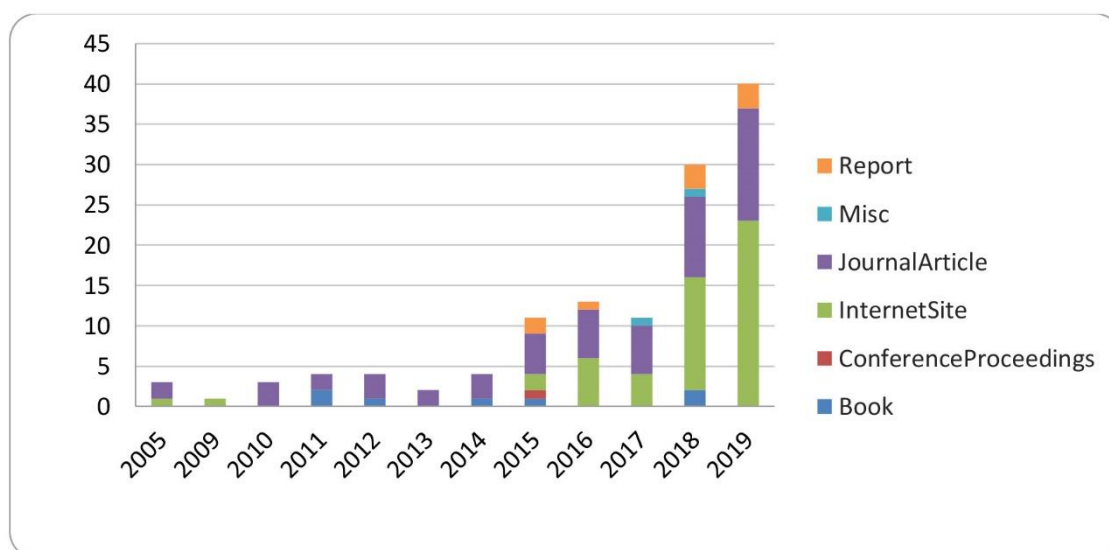
Izvor: Web of Science, decembar 2019.

Grafikon 5. Grafikon citata najzastupljenijih autora



Izvor: Web of Science, decembar 2019.

Grafikon 6. Pregled zastupljenih izvora u ovom radu



Izvor: Bibliography (Mendely)

Pregledi literature zasnivaju se na svim vrstama informacija objavljenim u stručnim časopisima, knjigama, on-line bazama podataka, na oficijelnim stranicama stručnih kompanija, institucija i regulatornih tijela. Na osnovu ovakvih pregleda literature, a u okviru sistematske analize, moguće je dobiti odgovore na najznačajnija pitanja i teme od velikog broja različitih autora. Dio literature vezan za temu rada korišten je u okviru izrade, što je doprinijelo ukupnom kvalitetu i stručnosti samog rada. Najcitiraniji autori iz ovog pregleda su većim dijelom zastupljeni u radu.

*In a few decades time,
computers will be interwoven into almost every industrial product.*
(Karl Steinbuch, German computer science pioneer, 1966)
(Mattern & Floerkemeier, 2010)

3. TRADICIONALNA I KONVERGIRANA IT INFRASTRUKTURA

Uvođenjem digitalnih tehnologija u gotovo sve sfere života i rada, digitalna ekonomija postaje naša svakodnevica. Ubrzava se protok informacija, olakšava se sticanje znanja, korisnici postaju svjesniji i zahtjevniji i pritom lakše mijenjaju preferencije i dobavljače tražeći najbolja rješenja koja su prilagođena njihovim potrebama i očekivanjima. Digitalna ekonomija se odnosi na intenzivno uključivanje informaciono-komunikacionih tehnologija u sva područja ekonomije i društva, kao i na značajne promjene koje usljed toga nastaju. Konceptualna struktura digitalne ekonomije (Softić, 2015) – „imati pravu informaciju, u pravo vrijeme, u pravom formatu“, znači imati: fizički dio informacionog sistema (IS) – hardware, programski dio IS – software, ljude koji koriste i kreiraju IS – lifeware, način skladištenja podataka – dataware, komunikacijska mrežna rješenja – netware i organizacione metode povezivanja svih prethodnih elemenata u jedinstvenu cjelinu – orgware. Suština digitalne ekonomije su znanje i internet!

3.1. Tradicionalna IT infrastruktura

U svrhu povećanja efikasnosti obavljanja poslovnih procesa, poboljšanja komunikacije sa klijentima, te proširenja dometa poslovanja, većina poslovnih sistema danas koristi informacione tehnologije (engl. *Information Technology – IT*). Na koji način se IT primjenjuje u poslovanju zavisi od same prirode poslova, industrijskog segmenta, a i korporativne kulture. Tradicionalno IT okruženje je okruženje u kojem se serveri i mrežna infrastruktura nalaze isključivo u prostorijama kompanije. Obuhvata privatnu mrežu koja se koristi u kompaniji i konekciju ka internetu.

Tradicionalna IT struktura može biti organizovana u formi mreže ravnopravnih računara (engl. *peer to peer – P2P*) ili u formi klijent-server organizacije. Organizacija u formi *ravnopravnih računara* omogućava povezanim uređajima da dijele (engl. *share*) resurse jedni s drugima (štampače, fajlove...) (Džakula & Štrumberger, 2018 str. 3). Ovakav tip organizacije resursa najčešće se koristi u okruženjima manjih organizacija i u kućnim okruženjima i obuhvata oko deset računara. Svaki od računara ima svoj skup datoteka koje može da dijeli sa drugim računarima u mreži i svaki računar može da pristupi drugim resursima na mreži (štampačima, skenerima...). Znači, mreža na jednom nivou nema centralni računar, svaki korisnik mreže može odrediti prava pristupa resursima svog računara drugim korisnicima (Paulauskas & Garšva, 2012 str. 6).

Klijent-server organizacija najčešće se koristi u korporativnim okruženjima – klijent-uređaji koriste usluge servera. Svi resursi su locirani na jednom ili više servera i administriranje ovakvog okruženja je jednostavno. U mreži sa serverom za upravljanje ističe se, kao centralni mrežni računar, server povezan sa računarom korisnika – klijentom. Mrežom se upravlja, a periferni uređaji prate mrežni softver. Kod ove arhitekture, klijent i server su odvojeni ili neravnopravni. Klijent zahtijeva a server poslužuje. Klijent je obično aktivan korisnik koji šalje zahtjeve i čeka da se oni ispune, dok je server pasivan, čeka na zahtjeve te ih ispunjava i šalje korisniku (Džakula & Štrumberger, 2018 str. 4).

Za implementaciju tradicionalne IT strukture neophodni su: klijentski uređaji, računarska mreža sa konekcijom ka internetu, serveri i računski centri (Džakula & Štrumberger, 2018 str. 5).

3.2. Konvergirana infrastruktura

Promjene u poslovnim potrebama a i u tehnologiji primoravaju mnoge kompanije da se okreću agilnijoj i troškovno efikasnijoj IT infrastrukturi. Takva IT infrastruktura omogućava da računarske tehnologije bolje, efikasnije i pravovremeno reaguju na brze i nepredvidive promjene poslovnih potreba. Ova IT infrastruktura poznata je pod nazivom *konvergirana infrastruktura* i predstavlja novi fleksibilniji način organizovanja računarskih resursa. „Konvergirana infrastruktura može da se definiše kao IT infrastruktura koja koristi najbolje prakse iz računarstva u procesu izbora serverskih, mrežnih i resursa za skladištenje podataka koji se alociraju (engl. *allocate*) na zahtev (engl. *on-demand*) raznim operativnim okruženjima i aplikacijama“ (Džakula & Štrumberger, 2018 str. 22). Za razliku od tradicionalne IT infrastrukture, gdje se svaki resurs posmatra nezavisno od ostalih resursa, konvergirana infrastruktura objedinjuje servere, skladišni prostor, mrežnu opremu i ostale IT resurse u jednu integrisanu cjelinu na način da se njima upravlja kao jednim skupom resursa. To je mnogo efektivnije i troškovno efikasnije u odnosu na tradicionalnu IT infrastrukturu, gdje se svaki resurs posmatra nezavisno od ostalih resursa. Ovako postavljena struktura formira bolju osnovu za virtuelizaciju i automatizaciju, kao ključnih elemenata za primjenu modela usluga klaud računarstva (engl. *cloud delivery model*) (Džakula & Štrumberger, 2018 str. 23).¹

¹ Bez obzira na sofisticiranost i efikasnost tehnološke platforme, ovi sistemi nisu optimalni za sve kompanije. Prije odluke o implementaciji konvergirane infrastrukture, treba utvrditi da li postojeća tehnološka platforma zadovoljava zahtjeve IT-ija i poslovanja, kako izbjeći rizike koji se javljaju tokom tranzicije, odnos troškova i povrata od investicije u ovu infrastrukturu. Tradicionalni računarski centri sastoje se od nezavisnih serverskih komponenti, mrežnih komponenti i komponenti za skladištenje podataka, gdje se sistemi različitih proizvođača usaglašavaju sa industrijskim standardima. Organizacije, čiji su računarski resursi organizovani u formi tradicionalne infrastrukture mnogo vremena troše na testiranje kompatibilnosti i interoperabilnosti između komponenti različitih proizvođača u cilju kreiranja pouzdanog i robusnog sistema.

Da bi se vidjele prednosti konvergirane infrastrukture, potrebno je razumijevanje troškova koji nastaju usljed tradicionalnog vođenja IT resursa. Kada su u pitanju troškovi hardvera, uglavnom se to odnosi na troškove nabavki serverskih i klijentskih platformi. Dalje, treba imati u vidu i troškove računarske mreže, održavanja računarske opreme, troškove moguće nadogradnje, kao i troškove zamjene zastarjele opreme.² Troškovi upravljanja i održavanja IT infrastrukture se stalno povećavaju – što je veća i složenija infrastruktura, potreban je veći broj ljudi koji će njome upravljati. Kad je u pitanju uvođenje promjena, troškovi predstavljaju glavnu prepreku a svaka promjena u infrastrukturi implicira trošak za njeno rekonfigurisanje (Džakula & Štrumberger, 2018 str. 24-28).³ Primjenom konvergirane infrastrukture, najveće uštede se ostvaruju naročito u oblasti hardvera, objekata za skladištenje opreme i upravljanje infrastrukturom. Rješenje konvergirane infrastrukture je dizajnirano sa ciljem da spriječi „bujanje“ računskog centra, da se poveća procenat iskorišćenosti raspoloživog hardvera, da se smanje prekomjerne nabavke IT opreme i da se preduprijedi stvaranje informacionih silosa ili informacionih ostrva.⁴

² Troškovi objekata za skladištenje opreme obuhvataju: električnu energiju, sistem za hlađenje, te prostor za čuvanje te opreme (taj prostor koji raste s rastom obima opreme predstavlja oportunitetni trošak jer su sredstva izdvojena za opremu mogla da budu alocirana za druge potrebe).

³ Često postoji i skriveni trošak koji nastaje zbog utrošenog vremena za implementiranje i testiranje promjena, kao i zbog potrebe za ispravljanjem grešaka.

⁴ „Bujanje“ računskog centra je scenario kada dolazi do naglog povećanja IT uređaja, gdje je procenat iskorištenosti kapaciteta većine uređaja mali. Informacioni silosi su skupovi IT opreme koju posjeduje određena poslovna jedinica, ili odjeljenje jedne kompanije (Džakula & Štrumberger, 2018) .

4. DIGITALNA TRANSFORMACIJA

Digitalna transformacija predstavlja imperativ za sve organizacije, od malih preduzetnika do velikih kompanija. Može se definisati kao modifikacija (ili prilagođavanje) poslovnih modela, koji su rezultat dinamičkog tempa tehnološkog napretka i inovacija koji pokreću promjene u potrošačkom i socijalnom ponašanju (Kotarba, 2018). Prilagođavanje poslovnih modela digitalnim/tehnološkim i društvenim promjenama može se shvatiti kao transformacija u novi organizacioni oblik bolje prilagođen digitalnoj ekonomiji, u odnosima prema digitalnim klijentima i partnerima, kao i sa sve većom upotrebom digitalne imovine.

Može se reći da digitalna transformacija obuhvata svaku organizaciju, bez obzira na industriju u kojoj se nalazi, te uključuje: zaposlene, korisnike, operacije i poslovne modele. Pritom se treba naglasiti da je svaka organizacija individualna, te je i digitalna transformacija u različitim organizacijama različita. Budući da će digitalna transformacija izgledati drugačije za svaku kompaniju, teško je odrediti definiciju koja se odnosi na sve. Uopšteno, digitalnu transformaciju definišemo kao integraciju digitalne tehnologije u sva područja poslovanja, što rezultira fundamentalnim promjenama u načinu poslovanja i načinu isporučivanja vrijednosti kupcima (*Enterprisers Project*). Može se vidjeti u najrazličitijim granama ekonomije – od trgovine i bankarstva, energetike, transporta, u industriji i proizvodnji, u medijima, obrazovanju, zdravstvu, upravi... Prvenstveno se izvršava sa ciljem povećane dodane vrijednosti koju kreiraju privredni subjekti, gdje se procjenjuje da se 75% dodane vrijednosti koju generiše digitalna ekonomija, stvara korištenjem digitalne tehnologije u tradicionalnim industrijama (Softić, 2016). Osnovnim prednostima digitalne transformacije smatraju se: povećanje kvaliteta za krajnjeg potrošača, unapređenje operativnih aktivnosti, promjene poslovnih modela..., što se usmjerava na povećanje konkurentske sposobnosti na digitalnom tržištu (Softić, 2016)⁵.

Novi evropski istraživački program Horizon 2020 (Horizon 2020, 2018) navodi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju kao glavnu osnovu za razvoj novih usluga i platformi. Polje informacijske i komunikacijske tehnologije orijentisano je na razvoj novih komponenti i sistema i razvoj interneta budućnosti. Glavni izazovi programa Horizon 2020 koje definiše Evropska komisija su: održivi razvoj i optimalna potrošnja energije, definisanje novih tehnologija u prometu ljudi i robe, razvoj tehnologije za upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom koja će biti prilagođena ljudskim potrebama, sigurnost interneta, te razvoj novih metoda liječenja i dijagnostike pacijenata. Svi ovi izazovi imaju za cilj poboljšanje kvaliteta života cjelokupnog društva.

⁵ Osamdeset posto vrijednosti 500 najvećih kompanija je nematerijalna imovina – prvenstveno znanje i vještine zaposlenih, patentni, intelektualni kapital, znanje inkorporisano u proizvode i usluge.

Kroz istoriju, nove tehnologije i novi način poimanja svijeta rezultirali su dubokim promjenama u društvenim strukturama i privrednim sistemima. Uglavnom smo čuli za tri industrijske revolucije: parnu, električnu i digitalnu. Ovo nas sad dovodi do četvrte industrijske revolucije, poznate po nazivu Industrija 4.0, tj. do doba vještačke inteligencije, genetičkog inženjeringa, biometrije, obnovljivih izvora energije, 3D štampe, autonomnih vozila i Internet of Things.⁶

Podrazumijeva se potpuna digitalizacija svih procesa proizvodnje i primjena ovih digitalnih tehnologija prilikom kreiranja ideje o nekom proizvodu, inženjeringu proizvoda, organizaciji proizvodnje, realizaciji proizvodnje, kontroli procesa i pružanja industrijskih usluga. Ova inicijativa je zanimljiva jer je ovo prva industrijska revolucija koja je planirana unaprijed – ostale se mogu analizirati samo iz istorijske perspektive. To predstavlja prednost, jer se za nju može pripremiti i njen puni potencijal iskoristiti za razvoj i napredak (SecuritySEE, 2018).⁷

Jedan od glavnih pojmova koji se spominje uz Industriju 4.0 je **Internet of Things** – IoT (Internet stvari).

4.1. **Internet of Things (Internet stvari)**

Internet of Things je dio četvrte industrijske revolucije i predstavlja novu oblast informacionih tehnologija koja se veoma brzo razvija. Omogućava povezivanje većeg broja korisnika, uređaja, servisa i aplikacija na internet. Uređaji povezani sa drugim uređajima i aplikacijama u stanju su da direktno i indirektno međusobno razmjenjuju podatke. Krajnji korisnici putem web-a i mobilnih aplikacija pristupaju ovim podacima, podešavaju konfiguracije uređaja, upravljaju i održavaju IoT sisteme. Posljednjih nekoliko godina koncept IoT je postao veoma popularan i njegova primjena je raznovrsna u transportu, logistici, brizi o zdravlju, ekologiji, pametnim energetske mrežama, pametnim kućama, pametnim gradovima i sl.

⁶ Ovaj pojam prvi put je predstavljen 2011. godine na svjetskoj izložbi industrijske tehnologije „Hannover Messe“. Koncept označava tehnološki proces inovacije koji omogućava proizvodnju na automatizovaniji način i uz integrisanu infrastrukturu koja se sastoji od imovine, mašina, ljudi, mobilnih uređaja i informacionih sistema, a može se nalaziti u i izvan kompanije. Planiranje, praćenje i kontrola proizvodnje vrši se u realnom vremenu, uz optimizaciju procesa i resursa, analizom performansi i smanjenjem grešaka i škarta, čime se postiže kontinuirani napredak u proizvodnji. Zbog svojih univerzalnih principa Industrija 4.0 može se uspješno primijeniti i izvan proizvodnje: u zdravstvu, upravi, obrazovanju...

⁷ Njemačka vlada je inicijativu Industrija 4.0 proglasila kao ključnu za dalji razvoj industrije.

4.2. Pojam Internet of Things i istorijat

Pojam Internet of Things prvi put je 1999. upotrijebio MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) centar za Auto-ID u vezi sa tržištem (lancima snabdijevanja). Kevin Ashton, stručnjak za digitalne inovacije, postavio je temelje IoT. U svom laboratoriju na MIT-u radio je za kompaniju Proctor & Gamble i pokušavao unaprijediti njihovo poslovanje putem RFID-a. Bio je veoma svjestan činjenice da računari (a tako i internet) u potpunosti zavise o informacijama dobijenim od ljudskih bića. Gotovo sve podatke dostupne na internetu prvo su snimali i stvorili ljudi kucanjem, snimanjem slika ili skeniranjem bar koda. Dakle, čovjekova uloga je veoma važna, a problem je što ljudi imaju ograničeno vrijeme, pažnju, tačnost – i sve to znači da nisu baš dobri u snimanju podataka o stvarima u stvarnom svijetu. Tada je napisao da ćemo, ako i kada budemo imali računare koji će znati sve o svim objektima koji nas okružuju i ako će moći skupljati podatke bez naše pomoći, moći smanjiti potrošnju energije, troškove života i uopšteno unaprijediti kvalitet života. Znali bi kada određeni objekat (stvar) treba zamijeniti, popraviti ili ukloniti. Potrebno je unaprijediti računare da mogu pohraniti sve te informacije, da mogu vidjeti, čuti i osjetiti svijet oko sebe. Naglasio je o

Izraz „Internet of Things“ počeo se širiti. Konkretnije uvođenje pojma IoT bilo je 2005. u izvještaju organizacije ITU (*International Telecommunication Union, ITU Internet reports*), u kome se navodi da je očito da stojimo na ivici nove ere računara i komunikacije koja će radikalno transformisati našu korporativnu, zajedničku i ličnu sferu. Kroz kontinuiran razvoj minijaturizacije i smanjenjem troškova postaje, kako tehnološki moguće, tako i ekonomski izvodljivo učiniti svakodnevne predmete pametnijim i povezati svijet ljudi sa svijetom stvari (ITU Internet Reports, 2005). Ovaj izraz mogao se naći u naslovima knjiga, a počeli su se održavati i naučni skupovi. Konačno, 2009. godine, namjenski akcijski plan Evropske komisije je Internet stvari shvatio kao opšti razvoj interneta „od mreže umreženih računara do mreže međusobno povezanih objekata“⁸ (Mattern & Floerkemeier, 2010).

Internet of Things je od strane ITU i *Internet of Things European Research Cluster – IERC* (IERC, 2016) definisan kao dinamička globalna mrežna infrastruktura sa mogućnostima samokonfigurisanja baziranim na standardnim i interoperabilnim komunikacionim protokolima, gdje fizičke i virtuelne „stvari“ (predmeti) imaju identitete, fizičke attribute i virtuelne personalnosti, koriste inteligentne interfejsa i neprekidno su integrisane u informacionu mrežu. Smatra se da Internet of Things može povećati konkurentnost Evrope i biti važan pokretač razvoja ekonomije i društva zasnovanog na informacijama. Glavni cilj IERC-a jeste uspostavljanje platforme za saradnju i razvijanje istraživačke vizije za IoT aktivnosti u Evropi, sa idejom da postanu glavna ulazna i kontaktna tačka za IoT istraživanja u svijetu. Dalje, potrebno je definisati međunarodnu strategiju za saradnju na

⁸ “From a network of interconnected computers to a network of interconnected objects”.

području IoT istraživanja i inovacija, koordinisati aktivnosti saradnje sa drugim EC klasterima i ICT projektima (engl. *EC Clusters and ICT projects*)⁹, koordinisati i uskladiti dnevni red SRIA (engl. *Strategic Research and Innovation Agenda*)¹⁰ na evropskom nivou s kretanjima na globalnom nivou, organizovati rasprave, odnosno radionice koje će dovesti do boljeg razumijevanja IoT i budućnosti interneta, 5G, cloud tehnologije i prilagođavanja (Urban Europe, 2019).

Internet of Things predstavlja viziju u kojoj se internet širi u stvarni svijet obuhvaćajući svakodnevne predmete. Fizički predmeti više nisu odvojeni od virtuelnog svijeta, mogu se daljinski kontrolisati i mogu djelovati kao fizički pristupne tačke internetskim uslugama (Mattern & Floerkemeier, 2010). Prema Van Kranenburgu (Nold & van Kranenburg, 2011), Internet of Things je vizija izgradnje svijeta u kojem se svakom objektu može pristupiti i putem analognih i putem digitalnih metoda. On smatra da će tokom narednih godina bar-kodovi na proizvodima koji se prodaju biti čitljivi mobilnim telefonima. Ako na primjer kupac uzme limenku soka sa police, radnik u trgovini će da dobije upozorenje da je zamijeniti. Internet of Things bi proširio situaciju koja već postoji: sve naše web aktivnosti, telefonski pozivi i tekstualne poruke pohranjivali bi se radi potencijalnog budućeg pretraživanja.

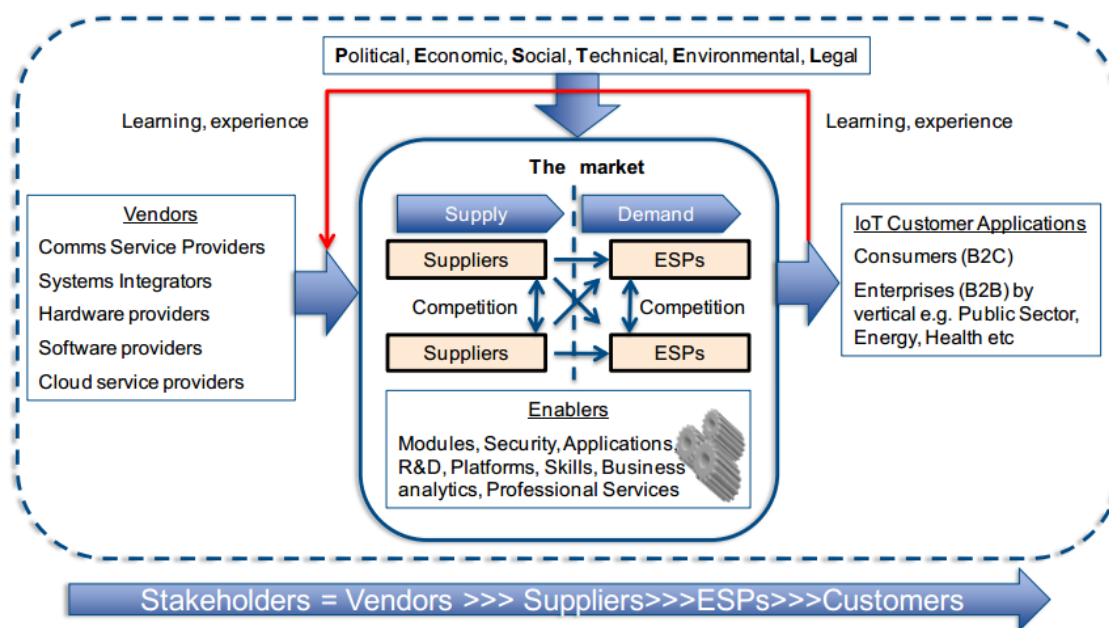
Internet of Things je koncept i paradigma koja razmatra prodornu prisutnost u okruženju različitih stvari/objekata koji putem bežičnih i žičanih veza i jedinstvenih shema adresiranja mogu međusobno komunicirati i sarađivati s drugim stvarima/objektima za kreiranje novih aplikacija/usluga i postizanje zajedničkih ciljeva. Cilj IoT-a je omogućiti da se stvari povežu bilo gdje, sa bilo čim i bilo kime, idealno koristeći bilo koji put/mrežu i bilo koju uslugu. Internet of Things je nova revolucija interneta (Vermesan & Friess, 2014).

Prema definiciji IDC-a (*International Data Corporation*), Internet stvari omogućava objektima razmjenjivanje informacija s drugim objektima/članovima u mreži, prepoznavajući događaje i promjene, tako da autonomno reaguju na odgovarajući način. Stoga se zasniva na komunikaciji između stvari (mašina, zgrada, automobila, životinja itd.), koja dovodi do stvaranja nove vrijednosti (Aguzzi, S., Bradshaw, D., Canning, 2014).

⁹ EC Clusters (*European Commission Clusters*) – klasteri Evropske komisije i ICT projects (*Information and Communications technology projects*) – IKT projekti (projekti Informacione i komunikacione tehnologije).

¹⁰ JPI Urban Europe (*Joint Programming Initiative Urban Europe*) – zajednička programska inicijativa urbana Evropa, pokrenut 2015. godine, SRIA, opisuje dugoročnu strategiju i program JPI Urban Europe za 2015 – 2020. Strateška agenda za istraživanje i inovacije je razvijena kako bi se identifikovali i usaglasili prioriteti istraživanja i definisale zajedničke mjere primjene. SRIA ima za cilj da razmotri raznovrsnost potreba za istraživanjem i inovacijama u gradovima širom Evrope a otvara i vrata manjim zemljama da rade zajedno u aktivnostima JPI Urban Europe.

Slika 1. IoT eko-sistem



Izvor: IDC (2014)¹¹

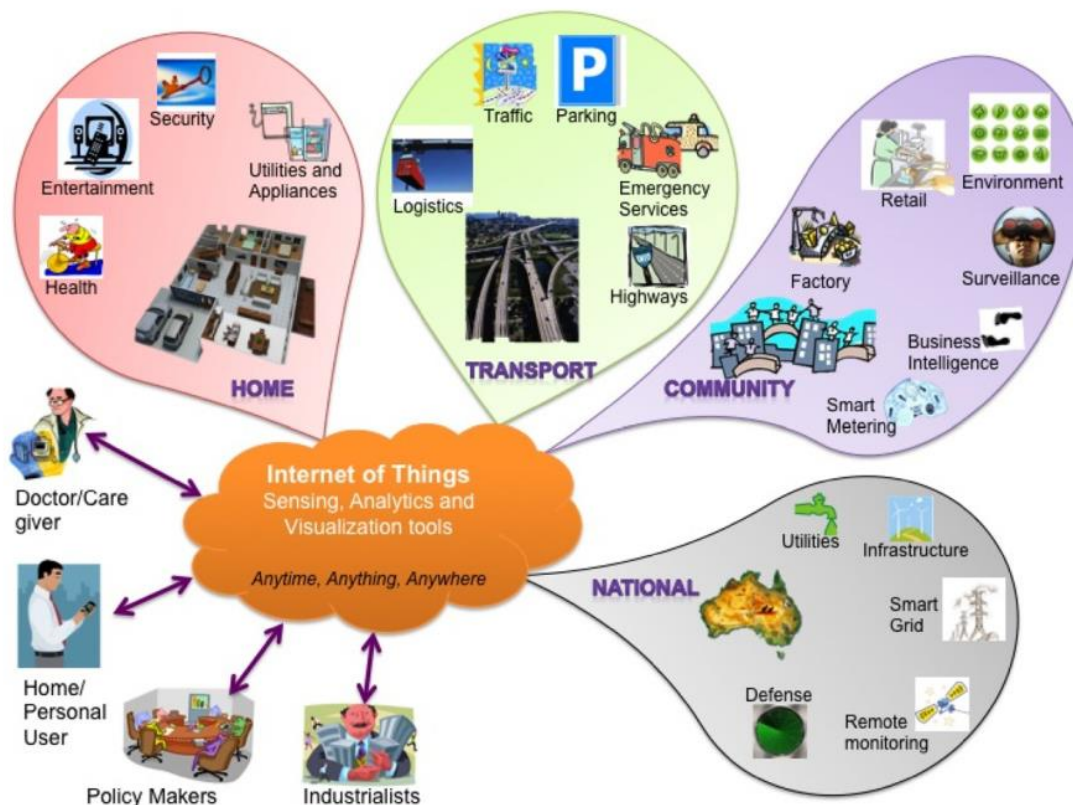
IDC definicija odgovara digitalnom eko-sistemu u nastajanju (prikazanom na slici 1), za koji je karakteristična složena interakcija između dobavljača i korisnika. Veći dio IoT tržišta zasnovan je na interaktivnim poslovima, što znači da ICT proizvođači pružaju IoT tehnologije i rješenja poslovnim korisnicima koji ih koriste za pružanje usluga i aplikacija svojim kupcima. Ova interakcija se neprestano razvija.

Internet of Things eko-sistem, prema definiciji Business Insidera, obuhvaća sve komponente koje omogućavaju preduzećima, vladama i potrošačima da se povežu sa svojim IoT uređajima, uključujući daljinske upravljače, kontrolne table, mreže, pristupnike, analitiku, skladištenje podataka i sigurnost (Business Insider Intelligence, 2020).

Grupa autora (Gubbi et al., 2013) u svom istraživanju ističe da je Internet of Things prevazišao svoje početke i da kroz revolucionarnu tehnologiju pretvara internet u potpuno integrisan internet budućnosti. Kako se prelazi sa web-a sa statičnim stranicama, web-a za društvene mreže u sveprisutni računarski web, povećava se potreba za podacima „na zahtjev“, korištenjem značajnih intuitivnih upita. Svoju viziju IoT-a zaključuju širenjem potrebe za konvergencijom WSN, interneta i distribuiranog računarstva usmjerenog na tehnološku istraživačku zajednicu. Na slici 2 prikazana je shema međusobne povezanosti objekata, gdje se domeni aplikacija biraju na osnovu stepena uticaja dobijenih podataka. Korisnici mogu da budu pojedinci, ali i organizacije na nacionalnom nivou, koje se bave širim pitanjima.

¹¹ Citirano prema: (Aguzzi, S., Bradshaw, D., Canning, 2014)

Slika 2. Internet of Things – shematski prikaz krajnjih korisnika i područja aplikacija na osnovu podataka



Izvor: (Gubbi et al., 2013)

Prema analizama, 15% kompanija već koristi IoT u svom poslovanju, najčešće logistici, i očekuje se brz rast sljedećih godina. Prema izvještaju analitičke kuće Gartner (2017), više od polovine IoT uređaja predstavlja potrošačke proizvode, kao što su pametni televizori, pametni zvučnici i drugi kućni uređaji, a najprodavaniji su pametna električna brojila i komercijalne sigurnosne kamere. Na osnovu istraživanja Evropske komisije (Aguzzi, S., Bradshaw, D., Canning, 2014) procjenjuje se da će tržišna vrijednost IoT tehnologije u EU do 2020. narasti do čak jedne milijarde eura. Internet of Things je srž procesa digitalizacije privrede i društva, te predstavlja ključni dio strategije Evropske komisije za digitalizaciju evropske industrije i digitalnog tržišta.

Internet of Things omogućava tri vrste komunikacije: komunikacija stvari (uređaja) sa ljudima; komunikacija između stvari (uređaja); komunikacija između uređaja (engl. *Machine to Machine/M2M*) (Pavlović et al., 2018). „Ključna ideja Interneta stvari su komunikacioni interfejsi (npr. *Bluetooth Low Energy* – BLE, WiFi ili *Long-Term Evolution* – LTE) koji su integrisani u uređaje koji nisu primarno komunikacijski korisnički interfejs (npr. trekeri ličnih aktivnosti, kućni aparati, eko-senzori i sl.)“ (Brdar et al., 2018). Ono što je karakteristično za sisteme koji su zasnovani na Internetu stvari je da

sve komunicira, sve se identifikuje i sve interreaguje (Miorandi et al., 2012 i Šikman & Stojanović, 2016).¹²

„Stvari“ predstavljaju bilo koji fizički opipljiv predmet kome može biti dodijeljena IP adresa i data mogućnost da šalje određene podatke putem interneta. To je pojam koji se odnosi na mnoštvo svakodnevnih objekata širom svijeta opremljenih senzorima i softverima, koji su trenutno povezani na internet kako bi prikupljali i dijelili podatke. Nisu uključeni samo elektronski uređaji, nego i „stvari“ koje inače uopšte ne smatramo elektronskim – poput hrane, odjeće, namještaja, znamenitosti, umjetnička djela... Ovdje „stvari“ mogu biti žive osobe, životinje, biljke... stvarni predmeti u ovom fizičkom i materijalnom svijetu (Madakam et al., 2015).

Kroz Internet stvari objedinjeno je nekoliko trendova razvoja IKT-a: minijaturizacija¹³, prenosivost odnosno mobilnost (kroz mogućnost upotrebe bežičnih tehnologija), heterogenost uređaja na kojima će se IoT zasnivati. „Da bi se realizovala vizija Interneta stvari i pružila podrška tehnologijâ, koja bi omogućila da bilo kad, bilo gdje, sa bilo kojim uređajem, servisom, aplikacijom, postoji interakcija, korisnici moraju biti svjesni postojanja uređaja, ali isto tako i uređaji moraju biti svjesni postojanja korisnika” (Vujović et al., 2015).

4.3. IoT arhitektura

Razvoj Internet of Things zavisi od tehnološkog napretka i dizajna raznih novih aplikacija i poslovnih modela. Ključne karakteristike na nivou sistema koje Internet of Things treba podržati su: heterogenost uređaja, skalabilnost, sveprisutna razmjena podataka putem blizine bežične mreže tehnologijama, rješenja energetske optimizovana, mogućnosti lokalizacije i praćenja, mogućnost samoorganizacije, semantička interoperabilnost i upravljanje podacima, ugrađeni mehanizmi zaštite i zaštite privatnosti (Miorandi et al., 2012).¹⁴

¹² Povezani uređaji – pametne stvari imaju mogućnost bežične komunikacije između sebe i između međusobno povezanih objekata u okviru ad-hoc mreže; identifikuju se putem digitalnog imena; mogu interreagovati sa lokalnim okruženjem kroz očitavanja i aktiviranja postojećih mogućnosti.

¹³ Smanjivanje dimenzija povezanih uređaja (nekad i ispod granice vidljivosti golim okom). Uređaji se ugrađuju jedni u druge, pa je potrebno da budu što manji. Često su dimenzije toliko ograničene da određuju sve ostale parametre i razvojne faze.

¹⁴ IoT će karakterisati velika heterogenost u pogledu uređaja koji učestvuju u sistemu od koga se očekuje da predstavi vrlo različite mogućnosti sa računarskog i komunikacijskog stajališta. Ovako visok nivo heterogenosti mora biti podržan na nivou arhitekture i protokola. S obzirom na to da se svakodnevni predmeti povezuju sa globalnom informacionom strukturom, pitanja skalabilnosti se pojavljuju na različitim nivoima. Ovo uključuje: imenovanje i adresiranje, razmjenu podataka i umrežavanje, upravljanje informacijama i znanjem, pružanje i upravljanje uslugama. Za razne IoT entitete minimiziranje energije koja će se potrošiti u komunikacijske svrhe biće primarno ograničenje.

Uopšteno gledano, arhitektura Internet of Things temelji se na troslojnom/slojevitom sistemu, koji se sastoji od percepcijskog/hardverskog sloja, mrežnog/komunikacijskog sloja i sloja interfejsa/usluga. Elementi koji čine Internet of Things su: hardver/uređaji, komunikacija/protokoli razmjena poruka i interfejs/usluge (Mohamad Noor & Hassan, 2019). Međutim, prema nekim autorima (Zaheer & Khan, 2012), u literaturi se spominju još neke arhitekture sa više slojeva:

- 1) Percepcijski sloj – poznat kao „sloj uređaja“, sastoji se od objekata i senzora. Senzori mogu biti RFID, 2D-bar-kod ili infracrveni senzor (u zavisnosti od metode identifikacije objekta). Ovo je prvi i najniži IoT sloj i predstavlja hardver za povezivanje fizičkih uređaja. Uređaj (senzori, mikroprocesori, aktuatori...) dio je opreme sa mogućnostima komunikacije, opažanja, aktiviranja, prikupljanja... i izvodi inteligentne operacije.
Ovaj sloj bavi se identifikacijom i prikupljanjem podataka o specifičnim objektima od strane tih senzorskih uređaja,¹⁵ koji se prosljeđuju u mrežni sloj radi sigurnog prenosa u sistem za obradu informacija.
- 2) Mrežni sloj – može se nazvati i „sloj prenosa“ (transportni sloj), koji sigurno prenosi informacije sa senzorskih uređaja u sistem za obradu informacija. Medij koji se koristi za prenos može biti žičani ili bežični (u današnje vrijeme je uglavnom bežičan), a tehnologija može biti 3G, UMTS, Wi-Fi, Bluetooth, infracrveni signal, ZigBee itd. Koja će se tehnologija upotrijebiti zavisi od senzorskog uređaja.
Mrežni sloj prenosi informacije iz sloja percepcije u srednji sloj – sloj Middleware.
- 3) Sloj srednjeg softvera – može se zvati „posrednički sloj“ ili procesni sloj. Uređaji preko IoT-a implementiraju različite vrste usluga. Svaki se uređaj povezuje i komunicira samo s onim drugim uređajima koji primjenjuju istu vrstu usluge. Ovaj sloj je odgovoran za upravljanje uslugama i povezuje se na bazu podataka. Informacije prima s mrežnog sloja i pohranjuje u bazu podataka. Obraduje podatke i sveprisutna izračunavanja i odluke automatski temelji na rezultatima.

Mogućnost lokalizacije i praćenja je posebno važna za primjenu u logistici i životnom ciklusu proizvoda. Složenost i dinamika koju će predstaviti mnogi IoT scenariji poziva na distribuciju inteligencije u sistemu, izradu pametnih objekata sposobnih da autonomno reaguju na širok raspon različitih situacija kako bi se minimizirala ljudska intervencija. Kako bi se velike količine podataka pretvorile u korisne informacije, potrebno je pružiti podatke u odgovarajućem i standardizovanom formatu. IoT tehnologija treba biti sigurna i mora da čuva privatnost, jer to može da bude ključni zahtjev da bi korisnici prihvatili ovu tehnologiju.

¹⁵ U zavisnosti od vrste senzora, informacije mogu biti o položaju, temperaturi, orijentaciji, gibanju, vibracijama, ubrzanju, vlazi, hemijskim promjenama u vazduhu i sl.

- 4) Sloj aplikacije – ovaj sloj omogućava globalno upravljanje aplikacijama na temelju podataka o objektima koji se obrađuju u sloju Middleware. On definiše različite primjene u kojima se može implementirati IoT, a to mogu biti: pametno zdravlje, pametna poljoprivreda, pametni dom, pametni grad, inteligentan prevoz itd.
- 5) Poslovni sloj – ovaj sloj je odgovoran za upravljanje cjelokupnim IoT sistemom (uključujući i aplikacije i usluge). Upravlja i privatnošću korisnika. Na osnovu podataka primljenih iz sloja aplikacije gradi poslovne modele, grafikone, dijagrame toka itd. Pomoću analiza podataka ovaj sloj pomaže u određivanju budućih akcija i poslovnih strategija.

Za povezivanje i komunikaciju senzora koriste se tehnologije zasnovane na protokolu IP (npr. WiFi, 2G, 3G, 4G), te ostale tehnologije bežične komunikacije koje ne koriste protokol IP (npr. Zigbee). Koja će se tehnologija izabrati zavisi od primjene, potrebnog dometa, potrebe za pouzdanošću komunikacije i ostalim uslovima. Senzorske mreže sastoje se od većeg broja senzora koji prosljeđuju očitavanja do posebnih čvorova zaduženih za prikupljanje informacija. Rješenja za senzorske mreže štede energiju (kada je to moguće), podržavaju veliki broj čvorova, obezbjeđuju pouzdanost prosljeđivanja očitane informacije, te podržavaju promjene topologije tokom rada. Bežične senzorske mreže baziraju se na standardu IEEE 802.15.4¹⁶, koji je prilagođen uređajima sa ograničenim količinama energije i komunikaciji ograničenog kapaciteta, ali ne omogućava potpunu integraciju u globalnu mrežu.

4.4. Big data

Sistem Internet of Things zahtijeva korištenje i upravljanje vrlo velikim podacima, te je postalo neophodno osmisliti novi način skladištenja podataka. Termin *Big data* se odnosi na skup podataka čija veličina prevazilazi mogućnosti standardnih softverskih alata za upotrebu i upravljanje bazama podataka. Označava velike i kompleksne setove podataka, koje karakterišu raznovrsnost formata, velike brzine obrade i pristupa i veliki obim informacija. Takođe, podrazumijeva i projektovanje i realizaciju infrastrukture i servisa za skladištenje velikih količina podataka, njihovu pretragu, analizu, dijeljenje i vizuelizaciju (Tech Blog, 2018). Big data se odnosi na obradu i analizu velikih spremišta podataka, toliko nesrazmjerno velikih da ih je nemoguće tretirati konvencionalnim alatima analitičkih baza podataka. Riječ je o nekonvencionalnim, nestrukturiranim bazama podataka, koji mogu doprijeti do petabajta, egzabajta ili zettabajta i zahtijevaju posebne tretmane za svoje

¹⁶ IEEE 802.15.4 je tehnički standard koji definiše rad bežičnih mreža niske brzine (LR-WPANs). Određuje fizički sloj i kontrolu pristupa medijima za LR-WPANs, a održava ga IEEE 802.15 radna grupa koja je definisala standard 2003. godine. To je osnova za Zigbee, ISA 100.11a, WirelessHART, MiWi, 6LoWPAN, Thread i SNAP specifikacije, od kojih svaki dalje proširuje standard razvijajući gornje slojeve koji nisu definisani u IEEE 802.15.4

potrebe, bilo u pogledu pohrane ili obrade, odnosno prikazivanja (Vermesan & Friess, 2014).

Big data odnosi se na velike, raznovrsne skupove informacija koji rastu sve većom brzinom. Često dolaze iz više izvora i stižu u više formata. Mogu se kategorisati kao nestrukturirani, tj. informacije koje su neorganizovane i ne spadaju u unaprijed određeni format, ili kao strukturirani, tj. oni koji se sastoje od informacija kojim organizacija već upravlja u bazama podataka (često su numeričke prirode) (Investopedia, 2019).¹⁷

S obzirom na to da je brzina generisanja novih podataka izuzetno velika, usluge u Cloud-u imaju veliku ulogu za razvoj sistema IoT. Senzori su na siguran način povezani sa centralnim sistemima kako bi se omogućilo korištenje na daljinu, a podaci i operativni sistemi su smješteni u kompjuterski oblak koji omogućava racionalno korištenje resursa.

4.5. Cloud computing (računarstvo u oblaku)

Big data i Cloud computing su povezani. U paradigmi Internet of Things mnogi će se objekti koji nas okružuju nalaziti na mreži u jednom obliku ili drugom. Informacijski i komunikacijski sistemi su nevidljivo ugrađeni u okruženje oko nas, što rezultira generacijom ogromne količine podataka koje treba pohraniti, obraditi i predstaviti u učinkovitom i lako interpretabilnom obliku. Ovaj će se model sastojati od usluga koje predstavljaju robu i koje se isporučuju na način sličan tradicionalnoj robi. Cloud computing može pružiti virtuelnu infrastrukturu za takav uslužni program računarstva koji integriše nadzorne uređaje, uređaje za arhiviranje, alate za analitiku, platforme za vizuelizaciju i isporuku klijentu. Troškovno zasnovan model koji *Cloud computing* nudi omogućioće kompanijama i korisnicima pristup aplikacijama na zahtjev s bilo kojeg mjesta (Gubbi et al., 2013). Velika količina podataka generisana eksponencijalnim povećanjem broja povezanih uređaja dio je systemske arhitekture zasnovane na novim kompjuterskim paradigmama poput *Edge computing*. Za razliku od IoT-a zasnovanog na tradicionalnoj arhitekturi, gdje se sakupljeni neobrađeni podaci šalju sa krajnjih uređaja na servere (i zatim prosljeđuju na Cloud servere), uz pomoć Edge-a IoT arhitektura se sastoji od dodatnog sloja između krajnjih uređaja i drugih prolaza. Naglašava se da iskorištavanjem prednosti Edge computinga, krajnji uređaji mogu pružiti bogate informacije sa ograničenom količinom poslatih podataka. Ovo smanjuje teret Cloud servera putem distribuiranog računanja pristupa i istovremeno smanjuje opterećenje mreže (Sarker et al., 2019).

Cloud computing je počelo devedesetih godina XX vijeka (Toroman, 2018). Nije imalo oblik kao danas – počeo je tako što su pojedine kompanije interno implementirale, nudeći

¹⁷ Od velike važnosti su za industriju. Širenje Internet of Things i drugih povezanih uređaja stvorio je veliki napredak u količini informacija koje organizacije prikupljaju, kojima upravljaju i koje analiziraju.

svojim zaposlenima mogućnost da stvore virtualne mašine na zahtjev. U ovoj fazi oblak je uključivao platformu za virtualizaciju koja će omogućiti zaposlenima da kreiraju razvojno/testno okruženje sastavljeno od virtualnih mašina na osnovu pripremljenih slika, po potrebi. Dvije komponente su dio temelja računarstva u oblaku: virtualizacija i resursi na zahtjev. Ništa od ovoga ne bi bilo moguće bez virtualizacije servera, opcija koja omogućava stvaranje mnogo virtualnih mašina na jedan fizički server. Osnovu Cloud computing-a čini konvergentna infrastruktura, koju čine različite IT tehnologije povezane u jednu logičku i funkcionalnu cjelinu, kao apstrakcija fizičkih resursa virtualizacijom, kao i dijeljenje resursa. Ovaj koncept obuhvata svaku uslugu koja se zasniva na ugovoru ili plaćanju po potrebi tako da se mogu izbjeći veliki troškovi kupovine skupih programa i usluga – korisnici plaćaju samo ono što koriste.¹⁸

Cloud service modeli se obično sastoje od PaaS, SaaS i IaaS (Hashem et al., 2015 i Džakula & Štrumberger, 2018 str.77-87):

- PaaS (engl. *Platform as a Service*), kao što su: Google's Apps Engine, Salesforce.com, Apache Stratos, OpenShift, Force platforma, Microsoft Azure i dr., – odnosi se na različite resurse koji rade u oblaku radi pružanja usluga kompjućinga za krajnje korisnike;¹⁹
- SaaS (engl. *Software as a Service*), kao što su: Google Docs, Gmail, Salesforce.com Dropbox, Spotify, Microsoft Office 365, Online Payroll itd. – odnosi se na aplikacije koje rade na udaljenoj oblačnoj infrastrukturi koje nudi provajder oblaka kao usluge kojima se može pristupiti putem interneta;²⁰
- IaaS (engl. *Infrastructure as a Service*), kao što su: DigitalOcean, Linode, Rackspace, Flexiscale i Amazon's EC2, – odnosi se na hardversku opremu koja

¹⁸ Uglavnom ne postoje zahtjevi za plaćanje unaprijed, a troškovi su jako mali u odnosu na korištenje vlastite IT infrastrukture.

¹⁹ Ovaj model klijentima obezbjeđuje infrastrukturu i operativne sisteme u formi usluga. Klijent ima mogućnost da sam instalira i razvija svoje ili kupljene aplikacije na cloud platformi bez potrebe da kupuje servere i drugu računarsku opremu, korištenjem programskih jezika i alata koje obezbjeđuje provajder klaud usluga. Klijent ne kontroliše, niti upravlja klaud infrastrukturom (mrežom, serverima, operativnim sistemima i skladištima). Međutim, ima potpunu kontrolu nad implementiranim aplikacijama – može da razvija, implementira i podešava svoje, ili aplikacije trećih strana korištenjem programskih jezika, alata i biblioteka koje su podržane od isporučioća usluga.

²⁰ Kod ovog modela implementacije, korisnici na zahtjev dobijaju licence za aplikacije koje su im potrebne i koriste ih do onog trenutka do kada su im potrebne. Krajnjem korisniku je omogućen samo pristup i korištenje aplikacije, on ne može da kontroliše niti da upravlja nižim slojevima klaud infrastrukture. Nema pristup mreži, serverima, operativnim sistemima, skladištima kao ni opcijama za njihovo podešavanje. Aplikacija je u vlasništvu dobavljača klaud usluga, koji kontroliše aplikaciju i potpuno preuzima sve obaveze koje se odnose na upravljanje i održavanje aplikacije.

radi u oblaku koji pruža servis provajderima i koriste ih krajnji korisnici za zahtjev.²¹

Postoje različite vrste računarstva u oblaku i različita mišljenja o tome kako bi trebalo biti kategorizovano. Nezavisno od toga koji se model pružanja usluga koristi postoje četiri različita modela provođenja *cloud computing* usluga u zavisnosti od specifičnosti potreba (Nacionalni CERT u saradnji sa LSS, 2010): javni oblak (engl. Public Cloud), privatni oblak (engl. Private Cloud), zajednički oblak (engl. Community Cloud), hibridni oblak (engl. Hybrid Cloud).

Prema Toromanu (Toroman, 2018 str. 7), logičnim se čini podjela vrlo slična prethodnoj: a) Privatni – sve se nalazi interno, u vlastitom podatkovnom centru; b) Domaćinski – nešto između privatnog i javnog oblaka (provajder usluga stvara zasebno okruženje u svom centru usluga i nudi izdvojeni oblak samo za našu upotrebu); c) Javni – pružalac usluge nudi uslugu dostupnu svima, javno, na raspolaganje; d) Hibridni – kombinacija privatnog i javnog oblaka. Neke se usluge koriste u javnom oblaku a neke ostaju u našem, lokalnom podatkovnom centru, s direktnom vezom između dvije ili više okolina.

Servis za Cloud computing koji je stvorio Microsoft, za pravljenje, testiranje, raspoređivanje i upravljanje aplikacijama i servisima kroz centre podataka kojima upravlja Microsoft je Microsoft Azure. Microsoft je najavio svoju verziju javnog oblaka 2008. a javno izdanje je bilo 2010. (Toroman, 2018 str. 11-16). U to vrijeme, službeni naziv je bio Windows Azure. Naziv je promijenjen u aprilu 2014. u Microsoft Azure. Glavne vrste usluga u programu Microsoft Azure (i oblaku uopšte) su: softver kao servis (SaaS), platforma kao servis (PaaS) i infrastruktura kao servis (IaaS), a podržava mnoge različite programske jezike, alate i programske okvire. Svaka vrsta servisa predstavlja različitu vrstu usluge i našu kontrolu nad tim resursom. Neprestano se širi set usluga u oblaku koji pomažu kompanijama da odgovore na trenutne i buduće izazove; daje im slobodu izrade, upravljanja i raspoređivanja aplikacija na globalnoj mreži koristeći bilo koji jezik, omiljene alate i framework. Moguće je integrisati i svoju javnu Cloud aplikaciju sa postojećim IT okruženjem.

Većina pružalaca usluga u oblaku ima slične modele pretplate, ali imaju i neke jedinstvene karakteristike. Azure je javni oblak sa centrima podataka širom svijeta koji su dostupni

²¹ Odnosi se na dodavanje računarskih resursa za obradu i skladištenje podataka, mrežnih i drugih resursa, gdje klijent može da razvija i pokreće proizvoljan softver, zajedno sa operativnim sistemima i aplikacijama. U ovom modelu, klijent ne kontroliše niti upravlja klaud infrastrukturom. Međutim, ima potpunu kontrolu nad operativnim sistemima, skladištima podataka, implementiranim aplikacijama i određenim mrežnim komponentama. Na ovaj način klijent iznajmljuje osnovnu računarsku platformu, koju koristi za razvoj sopstvenih rješenja. Ovaj model najčešće se koristi kada kompanija želi da premjesti svoj lokalni računski centar na klaud okruženje.

svima.²² Mnogi ljudi ne shvataju da već imaju Azure najam ako koriste Office 365 jer on zahtijeva Azure Active Directory i stvara naš prvi najam (tenant) (Toroman, 2018 str. 21-22). Kao probni period, Azure nudi 200 dolara usluge u trajanju od 30 dana. Pretplata ističe: ako potrošimo 200 dolara ili na kraju ugovorenog mjeseca. Microsoft pokušava postići sprečavanje korištenja Azure-a za bilo šta ilegalno tako što zahtijeva prilikom uplate pretplate, pružanje podataka sa kreditne kartice.²³ Ako nema podatke, Microsoft ne bi vlastima mogao pružiti informacije o tome ko je provodio ilegalne aktivnosti koristeći Azure. Drugi način probne pretplate je ponuda ograničene količine kredita na 30 dana. Ova vrsta pretplate povezana je sa Microsoftovim zvaničnim kursevima softvera i iznos kredita određuje se na osnovu kursa, a svaka vrsta ima različit iznos kredita. Ovdje se ne zahtijeva kreditna kartica jer se mora registrovati na kurs, a informacije iz te registracije se mogu koristiti za provjeru identiteta (Toroman, 2018 str. 24).

Korištenje usluga u oblaku nije neophodno za razvoj IoT projekata, ali je finansijski povoljnije. Osim toga, omogućava duže trajanje baterije uređaja i senzora, sposobnost prikupljanja velike količine podataka te sposobnost da bilo kakav uređaj s mogućnošću povezivanja na internet postane „pametna stvar“.

4.6. Implementacija Internet of Things

Internet of Things se smatra najvećom komercijalnom prilikom za današnju ekonomiju. Tehnološki trendovi mijenjanju poslovanje i poslovne modele, a tehnologija ulazi u sve pore poslovanja i postaje jedan od glavnih pokretača konkurentnosti poslovanja. Sa daljim razvojem tehnologije pojaviće se sve više aplikacija, servisa i sistema. Neupitno je da će IoT ideje imati veliki uticaj na nekoliko aspekata svakodnevnog života i ponašanje potencijalnih korisnika. Iz perspektive privatnog korisnika, učinci IoT-a će biti vidljivi kako na radnom, tako i na domaćem terenu. U tom kontekstu, u domovima potpomognut život, e-zdravlje, poboljšano učenje, samo su neki primjeri mogućih scenarija aplikacije u kojima će nova paradigma igrati vodeću ulogu u bliskoj budućnosti. Slično tome, iz perspektive poslovnih korisnika, učinci će biti vidljivi u poljima kao što su: automatizacija, industrijska proizvodnja, logistika, upravljanje poslovanjem/procesima, inteligentni prevoz ljudi i robe (Atzori et al., 2010). Iz perspektive korisnika, Internet of Things će omogućiti veliku količinu novih, uvijek odgovornih usluga, koje će odgovoriti na potrebe korisnika i podržati ih u svakodnevnim aktivnostima. Nastanak IoT-a pružiće promjenu u pružanju

²² Postoji nekoliko izuzetaka poput podataka američkog centra podataka koji je dostupan samo institucijama Vlade SAD-a, kineski vladin centar podataka za kineske zvanične institucije ili njemački podatkovni centar dostupan samo kompanijama registrovanim u Njemačkoj. Kao javni provajder oblaka, Microsoft mora čuvati podatke odvojene za svakog korisnika.

²³ Bez podataka o kreditnim karticama svako može postaviti probnu pretplatu i koristiti je za hostiranje ilegalnih stvari u trajanju od 30 dana.

usluga, prelazeći od trenutne vizije uvijek dostupnih usluga (tipičnih za doba interneta), do uvijek prilagođenih usluga koje odgovaraju potrebama korisnika (Miorandi et al., 2012).

Tabela 2. Tržište krajnjih uređaja IoT – po segmentima, 2018–2020, širom svijeta (instalirana baza, milijarde jedinica)

Segment	2018	2019	2020
Utilities	0.98	1.17	1.37
Government	0.40	0.53	0.70
Building Automation	0.23	0.31	0.44
Physical Security	0.83	0.95	1.09
Manufacturing & Natural Resources	0.33	0.40	0.49
Automotive	0.27	0.36	0.47
Healthcare Providers	0.21	0.28	0.36
Retail & Wholesale Trade	0.29	0.36	0.44
Information	0.37	0.37	0.37
Transportation	0.06	0.07	0.08
Total	3.96	4.81	5.81

Izvor: (Gartner, 2019)

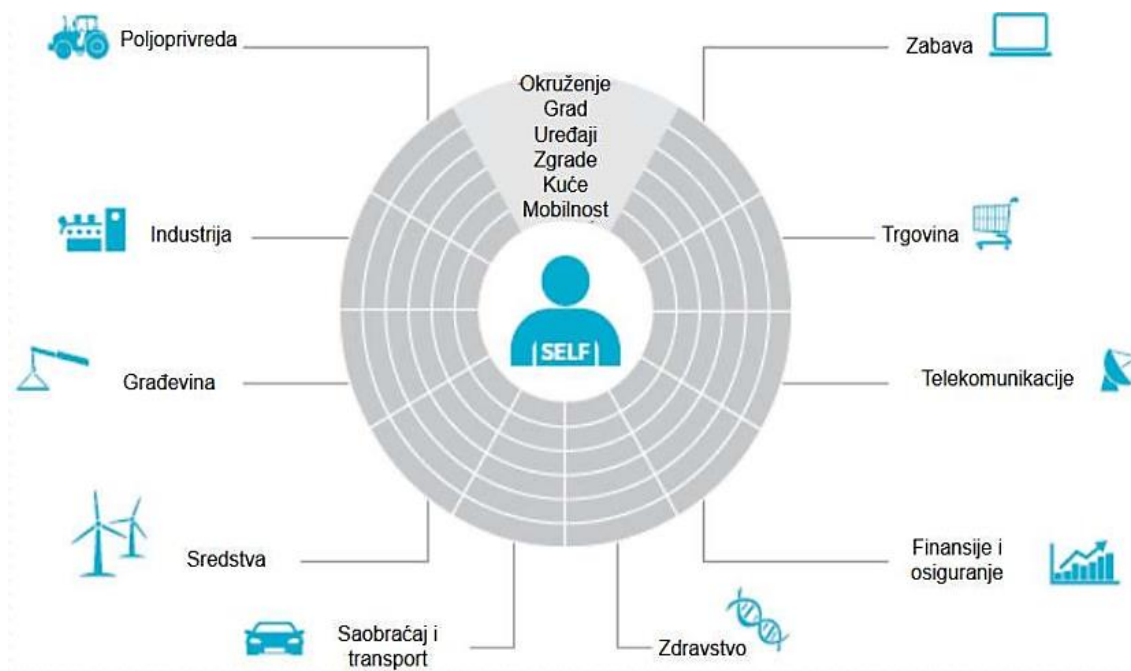
Vodeća svjetska istraživačka i savjetodavna kompanija Gartner, Inc. (2019) predviđa da će tržište IoT uređaja za poslovanje i automobile porasti na 5,8 milijardi krajnjih tačaka (uređaja) u 2020. godini što predstavlja rast od 21% u odnosu na 2018. Krajem 2019. očekuje se da će 4,8 milijardi krajnjih uređaja biti u upotrebi (rast od 21,5% u odnosu na 2018.). Komunalije će biti najveći korisnik IoT uređaja, a na drugom mjestu je oblast fizičke sigurnosti koja se odnosi na uređaje za otkrivanje uljeza u zgradama i unutrašnji nadzor. Automatizacija zgrada, vođena povezanim rasvjetnim uređajima, biće segment s najvećom stopom rasta u 2020. godini (42%) a slijede automobilska industrija i zdravstvena zaštita (odnosi se na uređaje za nadgledanje stanja u zdravstvu, a automobili će biti nadopunjeni nizom dodatnih uređaja za obavljanje određenih zadataka).

Doseg i broj domena primjene Internet of Things je veliki. U zavisnosti od toga gdje se konkretno implementira IoT, zavise i prednosti. Za kompanije je suštinski važno da imaju pristup što većem broju podataka o svojim proizvodima, odnosno uslugama. To uključuje i pristup vlastitoj unutrašnjoj organizaciji poslovanja.

Internet of Things ima široku primjenu – od lične upotrebe do kontrole čitavih gradova. Uz svaku oblast u kojoj se primjenjuje može stajati atribut „pametan“ (engl. *Smart*). Glavna karakteristika pametnih stvari je posjedovanje jedinstvenog identifikatora, ugrađenog sistema i sposobnosti prenosa podataka preko mreže. S obzirom da se definiše kao kompleksni eko-sistem koji se koristi za spajanje svega, svakoga, bilo koje usluge, poslovanja, može se pronaći u gotovo svakom aspektu života. Neke od oblasti u kojima se IoT primjenjuje: lična upotreba (razni podsjetnici), u elektroenergetici (potrošnja energije, kontrola uređaja), bezbjednost, grad (rastrećenost saobraćaja, kontrola otpada, efikasna

uljučna rasvjeta, praćenje zagađenosti vazduha), farmacija i zdravstvo, u prehrambenoj oblasti (praćenje porijekla i kvaliteta hrane, dostave proizvoda i sl.), poljoprivreda (kontrola sistema navodnjavanja), industrija (kontrola kvaliteta), životna sredina (praćenje vodostaja, mjerenje emisija čestica) i sl. (slika 3).

Slika 3. Primjena Internet of Things



Izvor: (Saobraćajni fakultet, 2016)

U nastavku ćemo ukratko opisati nekoliko praktičnih primjena Internet of Things.

4.6.1. Agrokultura

Poljoprivreda igra vitalnu ulogu u ekonomiji jedne zemlje i ima veliki doprinos ljudskoj civilizaciji. Zbog sve veće ekspanzije senzorskih uređaja, RFID i IP-a, stvorena je arhitektura IoT-a koji podržava poljoprivredu stvarajući pametnu poljoprivredu. Primjena savremenih tehnologija i modernizacija poljoprivredne proizvodnje postala je neophodna, prvenstveno zbog drastično promijenjenog načina uzgajanja i uslova u kojima se poljoprivredne kulture uzgajaju, u odnosu na tradicionalne uslove. Poljoprivreda se automatizuje iz dana u dan, što dovodi do pojednostavljivanja rada poljoprivrednika i optimizacije ratarske proizvodnje.

Promjena klimatskih uslova i razvoj modernih bolesti danas uslovljavaju novi pristup poljoprivrednoj proizvodnji. Izazovi s kojima se poljoprivrednici danas suočavaju odnose se na (IoT Net Adria, 2017): zahtjevno fizičko održavanje, neprecizno procjenjivanje količina vode potrebne za zalivanja, određivanje optimalnog vremena sjetve, ručno praćenje stanja zemljišta, zaštita udaljenih zgrada na poljoprivrednom imanju, praćenje nivoa u silosima i spremnicima, praćenje i upravljanje stadima i sl.

Današnja poljoprivredna djelatnost je veoma precizna i ovisna je o podacima i pametnim rješenjima. Onome ko se bavi poljoprivredom poznato je da nije moguće kontrolisati sve faktore koji utiču na proizvodnju poljoprivrednih dobara. Međutim, uz automatizaciju pomoću IoT tehnologije kontrola se može povećati. S preciznim senzorima poljoprivrednici mogu skupljati podatke o vremenu, zemljištu, kvalitetu vazduha i zrelosti usjeva što im daje podršku prilikom planiranja i donošenja pravovremenih i pametnih odluka. Dostupna im je vremenska prognoza na lokaciji parcele, satelitski snimci usjeva koji opisuju rast biljaka, dostupnost vode i hranjivih materija, intenzitet fotosinteze, informacije o pojavi bolesti u blizini parcele i sl. Na taj način oni mogu trenutno, i s udaljenosti saznati nekoliko vrsta podataka o svojim usjevima. Internet of Things može omogućiti stalni nadzor kompletne farme. Ukoliko dođe do nepravilnosti, odnosno odstupanja od unaprijed postavljenih parametara ili u slučaju kvara na mašinama, korisniku/poljoprivredniku stižu upozorenja na pametni telefon u obliku SMS poruka ili elektronske pošte.

Postoje sistemi koji obavještavaju o trenutnoj vlažnosti i kvalitetu zemljišta, a povezani su i s navodnjavanjem koje se, u skladu sa očitavanjem stanja prilagođava, i ovi sistemi određuju optimalnu količinu vode koja je potrebna za zalivanje. Pretjerano zalijevanje usjeva ponekad može imati za posljedicu veće troškove za vodu nego što je potrebno, a budući da je oskudica vode sve veća, upotrebom ovih sistema voda se izuzetno čuva.

Postoji mnogo načina na koje pametni uređaji mogu pomoći pri povećanju učinkovitosti i prihoda od poljoprivrednih i stočarskih djelatnosti. Na raznim mjestima širom polja se smještaju IoT čvorovi koji prikupljaju odgovarajuće informacije i šalju ih na servere. Dronovi vrlo precizno hvataju slike sa polja metodom satelitskog snimanja. Na osnovu dobijenih informacija donosi se npr. odluka o upotrebi pesticida samo u zahvaćenim dijelovima kulture. Isto tako, koristeći dronove sa svim vremenskim i temperaturnim informacijama, može se naći odgovarajuća vrsta usjeva koja se može zasaditi na određenom polju. Podaci o tome koji usjev odgovara kome okruženju, mogu se poslati poljoprivrednim stručnjacima. Moguće je izmisliti novi uređaj za sijanje sjemena po poljima na osnovu informacija o tipu tla. Istraživanja su pokazala da se za određeno zemljište može identifikovati vrsta đubriva. Slično tome, u budućnosti će postojati i vrsta pesticida koji će se raspršivati po polju u tačno određenoj količini da bi se sačuvala biljka, uštedila energija, zaštitila životna sredina (Srilakshmi et al., 2018).

Primjeri upotrebe IoT-a u poljoprivrednim oblastima su raznovrsni: od nadgledanja vlage u vinogradima, mikroklimatskih uslova u plastenicima do kontrole vlažnosti i nivoa temperature sijena, slame i sl. radi sprječavanja razvoja gljivica i drugih mikrobnih kontaminata pri kompostiranju.

4.6.2. Životna sredina

Klimatske promjene i praćenje okoline dobijaju veliku pažnju. Za prikupljanje informacija o životnoj sredini i klimatskim uslovima koriste se senzori postavljeni na širem području oko korisnika koji mjeri klimatske karakteristike, te pravovremeno obavještavaju korisnika o informacijama koje ga zanimaju (npr. zagađenje vazduha u određenom području, vlažnost vazduha, količina lebdećih čestica i sl.). Senzorima je moguće pokriti čitave regije i oblasti, kako bi uz njihovu pomoć mogli da vršimo monitoring životne sredine ili da vršimo bezbjednosni nadzor nad tim područjima.

U gradovima danas evidentan je porast stanovništva što ima velik uticaj na korištenje svih prirodnih resursa. Troši se velika količina vode za piće, a emisija stakleničkih gasova je stalno u porastu. Iz tih razloga, od urbanih naselja će zavisiti uspjeh borbe protiv klimatskih promjena i zagađenja životne sredine. Bez obzira što gradovi čine samo 2% površine Zemlje, odgovorni su za stvaranje oko 70% efekta staklene bašte. Mnogi gradovi su već shvatili ozbiljnost ovog problema i zaštitu životne sredine uvrstili u najvažnije prioritete. U gradovima širom svijeta, u infrastrukturu se uključuju se senzori i sprave koje pokreće Internet of Things kako bi se pratio kvalitet vazduha. Dobijene informacije se koriste kako bi se postavili novi servisi koji mogu smanjiti zagušenja u saobraćaju i zagađenje vazduha²⁴.

Ovakva rješenja za praćenje klimatskih promjena, osim običnim korisnicima pomažu još i ekološkim i klimatskim stručnjacima tako što im omogućavaju detaljni uvid u kretanje parametara kroz vrijeme (istoriju) te daju mogućnost izvođenja novih trendova, odnosno poboljšavanje modela predviđanja. Za posmatranje pojava u životnoj sredini služe razni termometri, anemometri, mjerači vlage vazduha, sastava zemljišta, količine osvjetljenja, gasova u vazduhu i slično. Za naučna istraživanja vrlo je korisno imati uređaje koji se mogu postaviti na nepristupačna područja poput vrhova planina, u jezera ili mora i sl., a da dugo rade bez nadzora i pružaju korisne podatke. Zbog svega toga, Internet of Things pruža mnogo korisnih informacija naučnicima koji se bave ekološkim istraživanjima.

4.6.3. Pametni gradovi

Koncept pametnih gradova ima za cilj da uz pomoć Internet of Things gradski život prilagodi digitalnim navikama stanovništva, ali i da zastarjeloj gradskoj infrastrukturi da nove funkcije. Pametni gradovi su sinonim za sistem rješenja za gradove, koji polazi od

²⁴ “Na primer, grad Linc u Austriji povezao je železničke tramvaje i autobuse sa IoT-om. Više od 500 različitih setova informacija, uključujući informacije o korišćenju energije, ubrzanju, usporavanju i zdravlju opreme, sakupljeno je od svakog tramvaja ili autobusa, i doneto u gradski centar za menadžment saobraćaja. Zvaničnici za menadžment saobraćaja koriste ove informacije kako bi trenirali ljude da bi bili efikasniji u vožnji. Kao rezultat toga, grad je smanjio potrošnju energije od strane javnog prevoza za 10%, i umanjio prisustvo karbon dioksida za više od 490 tona.”

ideje da se postojeće javne usluge modernizuju, a to se odnosi na: parking, javnu rasvjetu, javni prevoz, sigurnost, zbrinjavanje otpada, kontrola kvaliteta vazduha, bežični pristup internetu, meteorologiju... Osnovni cilj svakog pametnog grada je da svojim stanovnicima olakša život i učini ga što kvalitetnijim. Na ovaj način, ulice gradova postaju istovremeno i izvor i pružalac korisnih informacija koje građanima i ostalim posjetiocima postaju dostupne putem informacionih display-a, web portala ili pametnih mobilnih aplikacija. Čovjek želi biti u toku s najnovijim informacijama o gotovo svemu što ga interesuje.

Različiti senzori u gradovima prate najrazličitije parametre – od toga da li su kontejneri puni i kada ih je potrebno prazniti do toga koliki je nivo ugljen-dioksida u vazduhu. Pametne solarne klupe omogućavaju da se pune telefoni i prate podaci o kvalitetu životne sredine a sistem IoT za parkiranje omogućava da se smanji vrijeme potrage za parking mjestom (Startit.rs, 2016). Jednostavniji primjeri su aplikacije pomoću kojih saznajemo kada će stići autobus gradskog prevoza i parking garaža zasnovana na IoT. Umjesto da, npr. putnik stoji na autobuskom stajalištu i posmatra koji autobus dolazi, korištenjem jedne platforme se može saznati koliko je vozilo koje se čeka udaljeno i kada će stići. To putniku omogućava da korisno organizuje svoje vrijeme dok čeka autobus. Kada se vozilo parkira u garaži nekog tržnog centra, obično su prva dva sata besplatna, a više od toga se naplaćuje. Ako nakon sat i 20 minuta vozilo izađe iz garaže, rampa se sama podiže. Zahvaljujući IoT-u, opremi za skeniranje registarskih tablica i softveru koji sve to obrađuje, sistem za parkiranje zna da nema potrebe da vozač provlači parking karticu, jer je izašao u toku besplatnog perioda, te štedi vrijeme i sam podiže rampu (RTS, 2019).

Upravljanje otpadom je javna usluga koja je najviše izložena pritisku izazvanom rastućim brojem stanovnika. Više ljudi znači i više otpada, što znači da gradska uprava i organizacije za upravljanje otpadom moraju zaposliti više ljudi, uvesti više ruta odvoza otpada i odlagati više otpada. Zato je upravljanje otpadom postalo aktuelno pitanje u raznim dijelovima svijeta. Iz perspektive pametnih gradova Internet of Things se može koristiti u svrhe upravljanja otpadom. Uvođenjem IoT tehnologija u praksu upravljanja otpadom ova aktivnost će biti učinkovitija, jer se pomoću senzora prate nivoi otpada u kontejnerima pa se mogu planirati rute za prikupljanje na način da se prazne samo puni kontejneri. Ovo optimizira troškove kompanije koja upravlja otpadom, a povećava se zadovoljstvo građana.

4.6.4. Zdravstvo

Primjena IoT-a u zdravstvu počela je prije nekoliko godina a očekuje se da će ovakvih rješenja biti sve više. Pametni bolnički kreveti prate stanje pacijenta i informacije šalju direktno ljekaru, a bežične inzulinske pumpe nakon mjerenja nivoa šećera u krvi pacijentu daju potrebnu dozu inzulina. Korištenjem različitih senzora moguće je vršiti daljinsko praćenje pacijenta i na taj način određivati terapije, lakše otkrivati zdravstvene komplikacije i upućivati pacijenta u odgovarajuće specijalističke zdravstvene institucije.

Pomoću senzora koji se stavljaju na pacijenta prati se bolest i u slučaju potrebe informacije se šalju onima kojima bi trebalo.

Postoje i uređaji za praćenje zdravstvenog stanja – narukvice, flasteri, ogrlice i drugi uređaji koji prate količinu šećera u krvi, oksigenaciju, rad srca, detektuju pad i razne druge stvari. Takvi uređaji su vrlo korisni za starije osobe koje žive same, pogotovo u nepristupačnim predjelima. Uređaji mogu automatski obavijestiti porodicu ili ljekara, ako neki od parametara izađe izvan dozvoljenih vrijednosti. Starijim ljudima i ljudima s invaliditetom Internet of Things može olakšati život, da budu nezavisni od drugih i da olakšaju porodici ili starateljima da komuniciraju s njima i da ih prate.

Brojni su primjeri primjene u zdravstvu. Neki od njih se odnose i na nadzor bolesnika koji se može primijeniti unutar bolnica ali i ustanovama za smještaj starijih osoba. Obuhvata i brigu o sportistima gdje se vrši nadzor vitalnih znakova dok traje aktivnost, a i mjerenje UV sunčevih zraka kako bi se mogli upozoriti ljudi da se ne izlažu suncu u određenim satima. U medicinskim hladnjacima se vrši kontrola i nadzor stanja unutar zamrzivača u kojima se pohranjuju lijekovi, cjepiva i organski elementi.

4.6.5. Svakodnevni život

Kod naših domova se pomoću daljinskog monitora koristi IoT sistem i upravlja našim kućanskim aparatima te može uticati na smanjenje korištenja resursa, a time i smanjenje troškova mjesečnih računa. Senzori i aktuatori instalirani u kućama i poslovnim prostorijama mogu učiniti naš život prijatnijim na više načina: grijanje u prostorijama se može prilagoditi našim preferencijama i vremenu; osvjetljenje se može mijenjati u odnosu na doba dana; neki incidenti se mogu izbjeći odgovarajućim sistemima nadgledanja i alarmiranja, a energija se može uštedjeti automatskim isključivanjem električne opreme kada nije potrebna. Primjera radi, može se razmišljati o dobavljačima električne energije koji koriste dinamičko mijenjanje cijena energije kako bi uticali na ukupnu potrošnju. Logika automatizacije može optimizirati troškove potrošnje tokom cijelog dana kada se cijene usklade, uzimajući u obzir posebne zahtjeve pojedinačnih kućnih uređaja (Atzori et al., 2010). Već sada možemo da uključimo grijanje u stanu preko pametnih telefona ili da podesimo neki drugi kućni uređaj. Ova tehnologija još uvek nije sasvim dostupna i za mnoge je luksuz, ali ubrzo bi ovakve životne olakšice mogle da postanu naša svakodnevica, i to zahvaljujući IoT sistemu.

Danas postoji sve više modnih dodataka i uređaja koji se mogu nositi sa sobom, spajaju se na internet i pružaju svojim korisnicima razne korisne mogućnosti: pametni satovi mogu komunicirati s mobilnim telefonima, imati pristup vremenskoj prognozi, slati poruke, mjeriti broj otkucaja srca i sl. Na primjer, specijalizovane narukvice za fitnes – mogu pratiti dnevne aktivnosti, pretrčanu udaljenost, potrošene kalorije, otkucaje srca, kvalitet sna i mnoge druge vrijednosti (InfoTrend, 2019). Svi ovi uređaji, osim što prate fizičko stanje osobe u svakom trenutku, omogućuju izvlačenje važnih zaključaka iz sirovih

podataka. Podaci se automatski učitavaju u aplikacije koje služe za izgradnju zdravstvenog profila koji može poslužiti za pronalaženje međuzavisnosti između raznih parametara.²⁵ Takođe, mogu se unositi podaci o prehrani, umoru tokom dana i dr. Kada se svi ti podaci spoje u jedinstven profil moguće je dobiti važne informacije. Ono što je revolucionarno u svemu ovome jeste da ovi fizički informacioni sistemi počinju da budu sveprisutni, a neki od njih rade bez ljudske intervencije.

Mnogi novi modeli automobila dolaze sa SIM karticom spojenom na internet. Ona omogućava pristup mapama i trenutnom stanju u saobraćaju u stvarnom vremenu, te izračun optimalne navigacijske putanje. Ako dođe do saobraćajne nesreće, automobil može sam dojaviti sve bitne informacije policiji ili hitnoj pomoći.

4.7. Koristi IoT-a u poslovanju

Gotovo svaki fizički objekat koji ima mogućnost povezivanja na internet (kako bi se mogao kontrolisati) može biti pretvoren u IoT uređaj. Industrija je oblast u kojoj će primjena IoT rješenja biti najmasovnija (Startit.rs, 2016). Zahvaljujući ovoj tehnologiji, veliki broj poslova će biti automatizovan, a što će značajno uticati na povećanje efikasnosti i produktivnosti. Moguće je da će uvođenjem novih tehnologija doći do ukidanja velikog broja radnih mjesta na jednostavnim manuelnim poslovima. S druge strane, ne znači da se neće stvoriti potreba za nekim novim poslovima, koji će zahtijevati nešto kompleksnije vještine. Prema istraživanju Business Insidera (Startit.rs, 2016), druga oblast poslije biznisa i industrije u kojoj će biti primijenjen najveći broj IoT rješenja je državna uprava. Tu spadaju i pametna gradska infrastruktura, ali i mnoge druge oblasti, poput digitalnih sistema naplate komunalija ili Big Data analiza koje postaju sve češće polazište za kreiranje prijedloga javnih politika. Iza državne uprave i industrije u usvajanju IoT rješenja su pojedinačni korisnici. Ipak se očekuje da će se tržište nosivih uređaja i inteligentnih kućnih aparata značajno uvećati, s obzirom da se sve veći broj tech giganata uključuje u razvoj svojih IoT proizvoda.

Postoji veliko interesovanje za implementaciju IoT uređaja u industriji, za razvoj aplikacija kao što su: automatizovano nadgledanje, kontrola i upravljanje, i održavanje. Zbog naglog napretka u tehnologiji očekuje se da će se IoT široko primijeniti na industrijsku infrastrukturu – na primjer, prehrambena industrija integriše automatizovane sisteme za nadzor i praćenje kvaliteta hrane duž lanca snabdijevanja hranom sa ciljem poboljšanja kvaliteta hrane (Xu et al., 2014). U proizvodnim postrojenjima ove tehnologije mogu pomoći u kontroli kvaliteta – npr. bežični senzor postavljen na mašini nadgleda vibracije i ako to prelazi određeni prag, mašina odmah zaustavlja svoj rad (Atzori et al., 2010).

²⁵ Moguće je pronaći vezu između kvaliteta sna i vremena provedenog na treningu. Na taj način osoba može saznati da bolje spava kada trening odradi ujutro. Ili, možda, bolje spava kada trening odradi naveče.

Primjera radi, proizvođači ugrađuju senzore u svoje proizvode kako bi dobili informacije o tome kako su se ti proizvodi pokazali na tržištu. To može biti od značaja za proizvodne kompanije da uoče greške i zamijene neku od komponenti prije nego ona prouzrokuje veću štetu. Senzori ugrađeni u mašine koji lako lociraju kvar omogućavaju ostvarivanje značajnih ušteda na polju popravke i održavanja mašina. Neki senzori čak unaprijed upozoravaju gdje bi kvar mogao nastati i prije njegovog nastanka. Isto tako, proizvođači mogu da koriste podatke prikupljene sensorima kako bi se poboljšala efikasnost u sistemima i lancima snabdijevanja. U transportnim sistemima, organizacija prevoznika moći će pratiti svako vozilo na njenoj postojećoj lokaciji, njeno kretanje i predvidjeti njegovu buduću lokaciju.

Uspješna implementacija IoT-a zavisi od analize iskorištavanja podataka koji se prikupljanju i korištenja odgovarajućih poslovnih modela. Istovremeno se mora zadržati kibernetička sigurnost koja je zapravo i uslov korisne primjene.

4.7.1. Primjer – SMART PLANTS, Norway

Smart Factory

Klijent – Kverneland Group (KG) je međunarodni vodeći davalac inovativnih poljoprivrednih rješenja, mašina i usluga. Istorija Grupe seže do 1800-ih. Porodični posao je započeo u jugozapadnoj Norveškoj i razvio se u kompaniju koja je mogla kotirati na Oslo berzi 1983. sa tvornicama i prodajnim kompanijama koje se nalaze uglavnom u Evropi. Od tada je uspješna kompanija koja neprekidno širi posao na pet kontinenata. Pored izrade kompletnog asortimana proizvoda koji se odnose na poljoprivredne aktivnosti od pripreme tla do njege usjeva, KG uključuje inovativne metode pomoću najnovijih i najpametnijih tehnoloških rješenja za efikasnu poljoprivredu i održivu poljoprivredu. Sjedište KG-a i fabrika poznatih plugova Kverneland se nalaze u Klepp-u, Norveška. Kasnije se naziva Kverneland Grupno poslovanje (KGON).

Izazov – Osmisliti rješenje koje KGON-u omogućava nadzor nad čitavim proizvodnim pogonom, kako na holističkom tako i na mikro nivou. Ključni cilj predstavlja podržavanje opredjeljenja da se zahtjevnim kupcima pruže najbolje implementirana rješenja i kreiranje lojalnosti brendu. Operacije u fabrici se moraju precizno nadgledati. Pored toga, razvoj prodaje zahtijeva veći proizvodni kapacitet i veću efikasnost od strane operatera i proizvodnih mašina. Postoji ogromna količina posla i postalo je presudno i izazovnije nego ikada ranije da se nadgleda rad na mikro nivou, kao i tok rada u cjelini.

Rješenje – Smart Plants²⁶ je u ustanovu uključio tehnologije Internet of Things kako bi povezo svaku radnu stanicu iz svake fabričke hale u mrežu zasnovano na oblaku.

²⁶ Smart Plants je kompletna IoT kompanija koja radi sa industrijskim IT rješenjima.

Podacima na bilo kojem uređaju sa browser-om i internet vezom je omogućen daljinski pristup. Sve informacije se mogu pregledati kroz jednu web aplikaciju koja je dizajnirana tako da pruži holistički pregled cijele fabrike kao i detalje o performansama pojedinih radnih stanica. Sadrži više nadzornih ploča do kojih je se jednostavno kretati. Svaka od njih prezentuje podatke prikupljene od strane tvornice na upotrebljiv i razumljiv način, a koji su i vizuelno privlačni. Instrumentalne table takođe su vidljive u cijelom objektu na montiranim LCD ekranima instaliranim u hodniku. Njihov je izvor virtuelni računar sa operativnim sistemom Windows koji pristupa web aplikaciji i raspoređuje svoj prikaz na ekrane. Ovim se postiže svrha pružanja korisnog i cjelovitog pregleda svima koji rade. Stoga se mogu donijeti brze odluke (umjesto da se troši vrijeme za preuzimanje informacija ručnim patroliranjem stanice ili iz evidencije podataka što bi zahtijevalo dodatne napore za njihovo razumijevanje).

Glavne karakteristike i prednosti rješenja

Cloud sistem – cloud povezivanje nudi fleksibilnost i lakoću pristupa. Provjera svih podataka, čuvanje i sigurnosna kopija svih podataka nalaze se u oblaku, što ga čini besplatnim za održavanje i smanjuje troškove. Prenos podataka je kroz šifrirane tunele vojnih klasa, tako da se obezbjeđuje potpuna sigurnost kućnih podataka fabrike. Štaviše, omogućava osoblju da dijagnostikuje sisteme i analizira ih na daljinu. Dakle, skraćivanje zastoja u radnim centrima.

Automatizovana kontrolna tabla – kroz daljinski računar ili velike ekrane instalirane u fabrici, svi trenutni i istorijski detalji radnog toka sveobuhvatno su vidljivi brzim pogledima na lako-navigacionu i atraktivnu kontrolnu tablu. Dizajnirana je tako da bude jednostavna za razumijevanje i upotrebu, a omogućava zaposlenom koji administrira web proizvod da konfiguriše korisnike i uređaje sa jednog jedinog portala.

Status u realnom vremenu – tehnologija zasnovana na podacima omogućava menadžerima i operaterima da, u pokretu, prate statistike performansi u stvarnom vremenu za bilo koje radne stanice u proizvodnom procesu. Oni takođe dobijaju upozorenje za posebne situacije – npr. greške u alatu ili mala odstupanja u performansama radnog centra koje bi se mogla nagomilati tokom vremena i uzrokovati probleme radnom centru. Tako se osigurava da se fabričke operacije nikada ne suoče s nepotrebnim kašnjenjima.

KPI (*Key performance indicators*) izvještaji – Smart Factory omogućava praćenje uspjeha sa apsolutnom lakoćom prema KPI izvještajima koje stvara sistem. Ovi KPI-ji su generisani pomoću mjernih pokazatelja koje je dao KGON i ažuriraju se sa svakom neznatnom promjenom kako bi se prikazalo koliko su dobro ciljevi ispunjeni. Ovo pomaže u optimizaciji logistike radnog procesa u procesu proizvodnje i omogućava radnicima da budu dobro informisani o budućim odlukama orijentisanim na ciljeve.

Integracija – sistem se integriše jednim prijavljivanjem iz internog Microsoft Active Directory-a KGON. Takođe, u realnom vremenu vraća SAP-u²⁷ sa podacima koji obezbjeđuju oblački sistem, radi interne obrade. Ova dvosmjerna metoda integracije omogućava izvještaje o stanju u realnom vremenu, komande za razmjenu podataka i kontrolu, sa oba kraja.

Dobijeni rezultati su: glatke operacije toka rada; prediktivno održavanje koje omogućava minimalni prekid u procesu proizvodnje; povećana efikasnost i povećana produktivnost usljed smanjenog zastoja na mašinama; niži operativni troškovi omogućeni cloud povezivanjem; sigurnost prenosa podataka s kraja na kraj (do kraja); fabrički procesi su se „oslanjali“ pomoću povratnih informacija zasnovanih na činjenicama; smanjen ugljen dioksid od efikasne upotrebe energije; mogućnost daljinskog praćenja 24/7; poboljšano produženje rada (Smart Plants /KGON, 2017).

4.8. Ekonomski aspekti primjene Internet of Things i Cloud computing-a

Menadžmenti mnogih kompanija traže načine za smanjenje troškova gdje god je to moguće. Kako se tradicionalni ekonomski koncepti zasnivaju na principima ekonomije obima gdje se masovnom proizvodnjom istih ili sličnih proizvoda obezbjeđuje niska cijena koštanja (Vujović et al., 2015), velike kompanije su (prije informatičke revolucije) bile u privilegiji da (kroz ekonomiju obima) obaraju marginalne troškove i time dostižu visoke profite. Za razliku od njih, manje kompanije nisu bile u stanju dostići te nivoe proizvodnje niti održati marginalne troškove na niskom nivou.

4.8.1. Internet of Things – ekonomski pregled

Na promjenu percepcije ekonomije obima uticala su napredna tehnološka rješenja i upotreba aplikacija. Došlo je do eliminacije fizičkih i materijalnih barijera s kojima su se suočavale male kompanije u tradicionalnim ekonomskim prilikama. Internet of Things sada i tim kompanijama omogućava mogućnost distribucije uz znatno niže dodatne troškove, odnosno marginalne troškove (Vujović et al., 2015). Razvoj IKT-a, a naročito inteligentnih sistema i internet platformi, je išao u korist manjih kompanija koje su sada dobile priliku da budu konkurentne na tržištu. Kompanije koje uspiju da se povežu na Internet stvari i koriste podatke i analitiku kako bi razvili predviđajuće algoritme koji mogu ubrzati efikasnost, povećaju produktivnost, smanje upotrebu energije i drugih resursa, uspjeće i da značajno smanje marginalne troškove proizvodnje i distribucije proizvoda i usluga (Vujović et al., 2015).

²⁷ SAP (njem. *Systeme, Anwendungen und Produkte*) – najveća evropska softverska kompanija

Savremenim pristupom i korištenjem interneta ostvaruju se uštede resursa i vremena a smanjuju se i teritorijalne barijere. Smanjuju se troškovi istraživanja tržišta jer se kroz kontinuiranu komunikaciju sa klijentima dobijaju povratne informacije koje omogućavaju kreiranje boljih rješenja i vrijednosti za kupca. Kao nagradu za isporučenu vrijednost kojom se postiže satisfakcija potrošača, kompanija dobija njegovu lojalnost. Istraživanja pokazuju da je za kompaniju mnogo veći benefit zadržati postojećeg potrošača nego privući novog. Kada je u pitanju promocija, uštede se vide i u marketingu jer su, sa pojavom interneta, tradicionalni kanali za emitovanje informativnih i propagandnih poruka potencijalnim potrošačima u većoj mjeri zamijenjeni internet platformama, društvenim mrežama, beta verzijama itd. (Vujović et al., 2015). Najveća promjena koju donosi Internet of Things se ogleda u masovnom porastu kontakata sa potrošačima. Napredak tehnologije bežičnog umrežavanja i veća standardizacija komunikacijskih protokola omogućuje prikupljanje podataka iz senzora bilo gdje i u bilo koje vrijeme. Kao jedan od izvora globalizacije koji predstavlja faktor ubrzavanja prekograničnih tokova proizvoda i kapitala se navodi tehnološki progres u smislu naglog pada troškova komunikacije i barijera vremena i prostora koje su razdvajala nacionalna tržišta (Beker, 2005).

Pored veće dostupnosti i prevazilaženja fizičkih i vremenskih barijera, glavni efekat se ogleda u niskim marginalnim a time i ukupnim troškovima. Digitalno poslovanje značajno utiče na mnoge sfere u ekonomiji – značajna primjena informacione tehnologije u poslovanju, smanjuje tradicionalne troškove kompanije, utiče na efikasnost i efektivnost a može povećati produktivnost i rentabilnost. Veća efektivnost se postiže time što tehnologija omogućava bolju obradu i prenos informacija na svim nivoima u kompaniji i na taj način se smanjuje mogući izvor grešaka. Kako se pomoću tehnologije resursi upotrebljavaju na adekvatnije načine, povećava se i efikasnost poslovanja. Sve ovo implicira nizu promjena: način proizvodnje proizvoda, dizajn, distribucija, nova struktura radnih mjesta i profil obrazovanja radne snage. „Za obične fizičke proizvode, prosječan trošak opada do određenog kvantiteta, ali onda, usljed povećane proizvodnje (npr. angažovanje većeg broja menadžera) i troškova marketinga, trošak će početi da se povećava. Za digitalne proizvode trošak će nastaviti da opada sa povećanjem kvantiteta“ (Gavrilović et al., 2016 str. 100). Internet stvari se ne koriste samo za nove proizvode – koriste se i za usavršavanje postojećih proizvoda/usluga ili za poslovne aktivnosti koje su izvodljive samo uz veću snagu računara.

Evidentiran je ogroman rast Internet of Things²⁸ a razlog tome je dostupnost jeftinih tehnologija poput GPS lokatora, akcelerometara, bežično povezanih senzora i aktuatora. Biće dostupni svi tipovi uređaja: od pametnih termostata u našim domovima, ličnih fitness traka na zglobovima, uređaja za praćenje u vozilima do senzora za buku, efikasnost i

²⁸ Prema objavljenom izvještaju IoT Analytics (August 8, 2018), u 2017. bilo je više od 8,4 milijarde IoT uređaja i očekuje se da će porasti na 20,4 milijarde do 2020. godine. a

vibracije ugrađenih u fabričke mašine (Sodaq, 2019). Primjeri u nastavku pokazuju uštede postignute korištenjem IoT uređaja.

Primjer 1. – Praćenje prirode i broja obrtaja u štampariji: IoT ploče sa ugrađenim akcelerometrom²⁹ otkrivaju nepravilno kretanje te pomažu u otkrivanju performansi mašine i upozoravaju o potrebi održavanja. Ako se pojavi razlika od normalne brzine i broja obrtaja, ukazivala bi na postojanje nenormalnih pomjeranja koja je potrebno riješiti što koristi timu za održavanje da odredi kada je potreban servis. Na primjer, ploča je postavljena na mašinu da nadgleda vibracije i promjene horizontalnog kretanja. Nakon toga ploča otkriva mehaničke probleme kada su horizontalni pokreti nepravilni i nedosljedni, što upozorava vlasnike da je važno da se izvrši provjera mašine zbog nepravilnosti (Sodaq, 2019).

Primjer 2. – Proizvodne kompanije uvijek traže nove načine za poboljšanje proizvodnog procesa u lancu snabdijevanja. U sadašnje vrijeme kada je efikasnost u proizvodnom sektoru veoma naglašena, upotreba IoT-a pomaže kompanijama da uštede energiju (povećanjem efikasnosti), smanjenju habanja mašina i poboljšaju rad postrojenja uopšte. Primjera radi, zamjena mašine koja se troši traje otprilike šest sedmica. Kada se koriste IoT ploče, oni obavještavaju vlasnike mašina o nadolazećoj zamjeni i tako mogu da unaprijede da kupe drugu mašinu, čime štede šest sedmica čekanja (što može dovesti do problema sa prihodom zbog usporavanja proizvodnje). Ovo je naročito važno u velikoj fabrici sa preko 200 mašina (Sodaq, 2019).

Primjer 3. – Parking garaže – Parking garaže obično se koriste kamerama, optičkim senzorima ili pritiskom kako bi se vidjelo da li postoje parking mjesta. Ako koristimo ploče na kojima su pričvršćeni magnetometri³⁰ za detektovanje magnetnih polja (IoT uređaj) one pomažu da se smanji potrošnja energije i troškovi prenošenja podataka od strane vlasnika parkinga. Uređaji su mali i mogu se ugraditi u pod na parkingu što ga čini neprimjetnim. Ovakav uređaj ima trajanje baterije do 10 godina a instaliranje traje samo pet minuta, bez ožičavanja i građevinskih radova. Ovo štedi mnogo novca jer nema potrebe da se instaliraju kamere ili optički senzori, angažuje osoblje za gledanje kamera. Čak štedi i energiju jer je magnetometar zasnovan na prekidima, što znači da se iz stanja mirovanja budi samo kad dođe do promjene magnetnog polja. Dakle, uređaj nije aktivan 24/7 (Sodaq, 2019).

²⁹ Akcelerometar je sprava za mjerenje ubrzanja tijela u pokretu. Koristi se za razne namjene, indikaciju opterećenja, mjerenja pređenog puta, navođenje vazduhoplova i sl. Rad akcelerometra se zasniva na mjerenju sila inercije koje djeluju na instrument u toku kretanja.

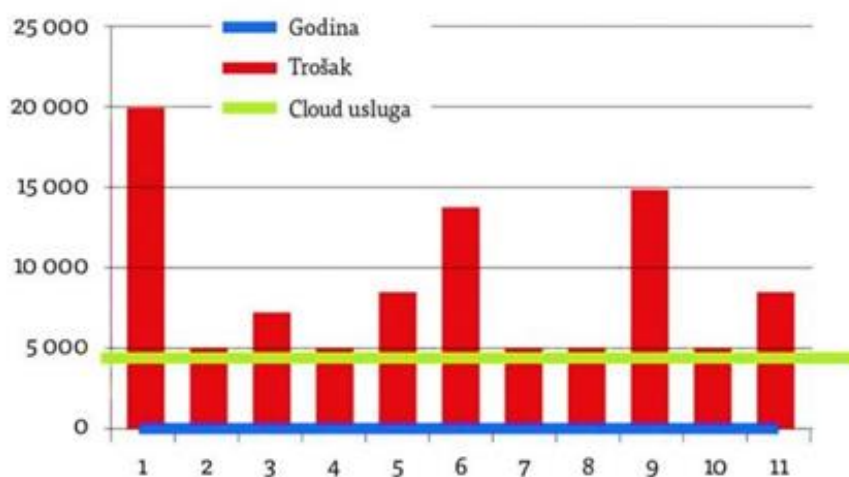
³⁰ Magnetometar je instrument sa senzorom koji mjeri magnetna polja. Pošto je gustina magnetnog toka u vazduhu direktno proporcionalna jačini magnetnog polja, magnetometar je u stanju da detektuje fluktuacije u Zemljinom polju. Automobili imaju snažna magnetna polja zbog ugrađenih monitora. Da bi se pratilo da li se automobil nalazi na parking mjestu, magnetometrom se može otkriti promjena magnetnih polja. Zato, kad god se parkira u blizini table sa magnetometrom, promjena magnetnih polja upozoriće vlasnika uređaja da je prostor zauzet.

Primjer 4. – U *Pametnim zgradama* potrošači imaju mogućnost korištenja pametnih svjetala umjesto osvjetljenja sa LED sistemom. Ovaj koncept koristi radio komunikaciju. Kroz ove protokole svjetla međusobno komuniciraju o tome da li su uključena ili isključena i koliko dugo. Protokoli omogućavaju slanje i primanje poruka kad god se lampice ugase ili isključe i označavaju osvjetljenost. U zgradama se obično mogu samo uključivati i isključivati svjetla u kontrolnim prostorijama. Sa IoT uređajima postoje tajmeri da se svjetla mogu sama isključiti ako nema nikoga. Ili, upotrebom aplikacije za pametni telefon tokom određenog sata, vlasnici zgrada ili kontrolori mogu da imaju daljinski upravljač za sva svjetla. Ovo štedi novac jer nije potrebno da se svjetla uključe sva odjednom. Ploče i senzori ugrađeni u sijalice omogućavaju im da to rade same (Sodaq, 2019).

4.8.2. Cloud computing – ekonomski pregled

Informacioni sistemi iziskuju stalna ulaganja. Kada se ulože sredstva u sopstveni informacioni sistem, prve godine troškovi su dosta visoki: ulaganja u data-centar, nabavka hardvera, licenci za softver koji podržava dato poslovanje. Jednom stvoreni troškovi ne vraćaju se na nulu (grafikon 7). Čak i kada kompanija posjeduje potpuno novu opremu, ona sa sobom donosi velike operative troškove za održavanje, električne energije, stručno IT osoblje, obnavljanje licenci i sl. To dovodi do toga da su tokom prve i druge godine troškovi uglavnom konstantni, a pritom nisu niski (Coming Computer Eengineering, 2017).

Grafikon 7. Odnos troškova IT sistema na sopstvenoj i Cloud infrastrukturi

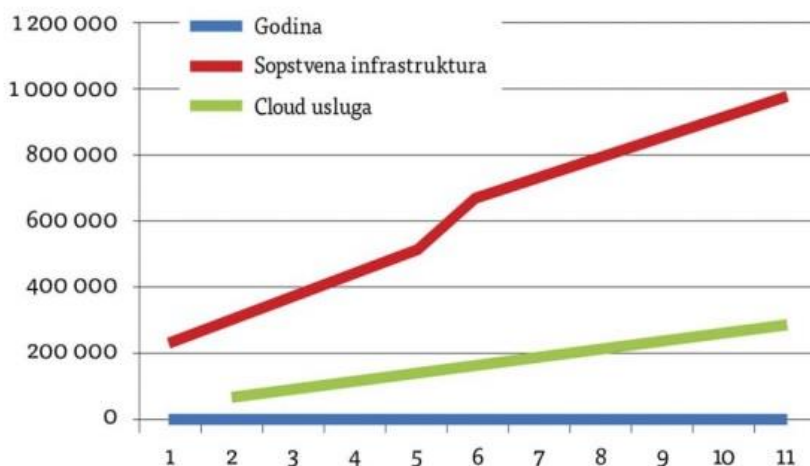


Izvor: (Coming Computer Eengineering, 2017)

Virtuelizacija, kao revolucionarna pojava u IT svijetu, omogućila je smanjenje troškova. Rješenje za kontrolisanje ovih troškova postoji u Cloud computingu. Postoje i troškovi za Cloud, koji se odnose na mjesečno korištenje, ali su oni konstantni ukoliko kompanija

unajmljuje uvijek iste kapacitete.³¹ Kretanje ovih troškova tokom godina se bolje vidi na grafikonu sa kumulativnim vrijednostima (grafikon 8).

Grafikon 8. Kumulativni prikaz troškova sopstvenog i IT sistema u Cloud-u



Izvor: (Coming Computer Eengineering, 2017)

Ekonomičnost Cloud sistema se, pored poređenja troškova, može ilustrovati i na primjeru iskorištenosti kapaciteta. Kada kompanija u sklopu IT opreme kupuje hardver – kupuje onaj koji može da zadovolji trenutne ali i buduće potrebe. Kako potrebe za IT kapacitetima nisu konstantno iste, kompanija u nekim trenucima koristi više kapaciteta nego tokom ostatka godine. Realno stanje je da kompanija u prosjeku iskoristi manje od 50% kapaciteta koji posjeduje. To direktno znači da je platila znatnu sumu novca za nešto što uopšte ne koristi.

Cloud tehnologija omogućava da se ovakva situacija izbjegne jer je u cloud-u moguće unajmiti samo neophodne kapacitete. Skalabilnost i fleksibilnost, kao osnovne karakteristike ove tehnologije, omogućavaju vrlo lako smanjenje, odnosno povećanje raspoloživih kapaciteta. Ovo omogućava plaćanje one količine IT resursa koje kompanija u toku mjeseca koristi. Na ovaj način se redukuje sav trošak koji bi kompanija imala ako posjeduje sopstvenu IT infrastrukturu. Uštede koje se postignu upotrebom cloud tehnologija često su izvor finansiranja mjesečnog najma IT sistema, što čini ključ ekonomičnosti ove tehnologije (Coming Computer Eengineering, 2017).

³¹ Kod malih i srednjih preduzeća ovaj trošak na mjesečnom nivou je uglavnom manji od operativnih troškova koje kompanija napravi u istom periodu kada koristi informacione sisteme na sopstvenoj IT infrastrukturi.

4.9. Tehnologije za razvoj Internet of Things

Tehnologije koje se koriste za razvoj IoT su: mrežne tehnologije i protokoli, senzorske mreže, mobilne tehnologije, Cloud computing i Big data. Inteligentni uređaji mogu se povezati u PAN, LAN, MAN, WAN i senzorske mreže. Mobilne tehnologije koje su doprinijele razvoju i primjeni IoT-a su: mreže mobilne telefonije i mobilnog interneta, Bluetooth, RFID, WiMAX, globalni sistem pozicioniranja (GPS), komunikacija u bliskom polju (NFC), ZigBee i druge (Saobraćajni fakultet, 2016).

4.9.1. Računarske mreže

Računarska mreža predstavlja umrežene računare koji koriste odgovarajući hardver i softver sposobne da razmjenjuju informacije sadržane u njima. Namjena im je da omogućе prenos podataka sa jednog na drugi uređaj, omogućе dijeljenje resursa, centralizaciju smještaja podataka, te distribuiranje obrade podataka na više računara. Treba da budu dizajnirane koristeći odgovarajuće topologije i mrežne tehnologije u cilju postizanja odgovarajuće brzine, pouzdanosti i lakog prenosa. Zavisno od površine koju mreža pokriva može se izvršiti podjela na: LAN, WAN, MAN – razlike su u tehnologiji i oblastima primjene (Stojanović, 2015 str. 61).

„Računarske mreže omogućavaju međusobno komuniciranje računara pomoću neke stalne ili privremene veze. Za umrežavanje više računara potreban je poseban hardver, ali i softver, te poznavanje načina umrežavanja. Umrežavanje podrazumijeva ostvarivanje veze u cilju razmjenjivanja resursa, ideja ili informacija između dvije tačke. Povezivanje računara se, osim pomoću kablova, može ostvariti i bežično preko radio tehnike“ (Kačapor, 2018).

Prema rasponu i brzini prenosa, komunikacijske mreže se mogu razvrstati u tri različite grupe (Fernández-Ahumada et al., 2019):

- Mreže kratkog dometa – ne zahtijevaju licencu (ZigBee ili Bluetooth). Karakteriše ih mala potrošnja energije i velika brzina razmjene podataka;
- Stanične mreže – imaju veliku brzinu prenosa, uključujući kratke (Wi-Fi) i velike domete s licencom (GSM, GPRS, 3G, 4G, 5G);
- Mreže dugog dometa – predstavljaju prednost u odnosu na prethodna dva sistema zbog manje potrošnje energije, nižih troškova i većeg raspona.

Novi model bežičnih mreža dugog dometa, širokopojasnih mreža male snage (LPWAN) razvijen je nedavno. Početkom 2013. ovaj termin nije ni postojao, a činjenica je da od tada postaje jedan od najbržih aspekata razvoja Internet of Things (Verić, 2018).

4.9.1.1. LPWAN (*Low-Power Wide Area Network*)

Evidentno je da broj aplikacija Internet of Things ima eksponencijalni rast posljednjih godina. Da bi se prevazišli neki nedostaci tradicionalnog protokola komunikacije kratkog dometa kao što su Wi-Fi i Bluetooth, pojavile su se širokopojasne mreže male potrošnje. Mreža široke površine male snage (*Low power wide area network* – LPWAN) postala je jedan od najistaknutijih kandidata u ovoj oblasti koji zadovoljava zahtjeve. Ova tehnologija ima za cilj da pokrije područje prenosa podataka na velikim udaljenostima (mogu prelaziti i 10 km), u okvirima koji se mogu porediti sa mrežama mobilne telefonije i bežičnih stanica male potrošnje poput onih u Machine-to-Machine (M2M) sistemima. Najznačajnije karakteristike LPWAN tehnologija su: dugi život baterija, niske cijene uređaja i pokrivenost (domet). Značaj LPWAN mreže za IoT sisteme jednak je značaju WiFi tehnologije u domenu omogućavanja klijentima pristupa internetu (Dobrilović et al., 2017). Ono što se može reći da je glavni nedostatak kod ovih tehnologija je to da je brzina podataka značajno niža u odnosu na Wi-Fi ili Bluetooth (Sarker et al., 2019).

Komercijalni uspjeh LPWAN mreža zasnovan je na povezivanju velikog broja krajnjih uređaja uz vrlo niske troškove hardvera. Korištenje odgovarajuće topologije (*star topology*), jednostavnih MAC protokola i tehnika za jednostavnost dizajna krajnjih uređaja dovode do cjelokupne jednostavnosti uređaja, što dovodi i do niskih cijena. Kod ovih tehnologija jedna bazna stanica povezuje nekoliko desetina hiljada krajnjih uređaja raspoređenih na nekoliko kilometara, što smanjuje kapitalne troškove mrežnih operatera.³² Pored navedenog, korištenje nelicenciranih frekvencijskih pojaseva takođe veoma utiče na smanjenje operativnih troškova. Najkritičniji faktori u LPWAN-u su: mrežna arhitektura, domet komunikacije, trajanje baterije ili mala potrošnja, otpornost na smetnje, kapacitet mreže (maksimalni broj čvorova u mreži), sigurnost mreže, jednosmjerna vs dvosmjerna komunikacija, različite količine aplikacija (LoRa Alliance, 2015). Ključni izazovi za LPWAN mreže odnose se na: nisku cijenu uređaja (u rasponu 1–2 €), životni vijek uređaja (treba da traju do deset godina kada se napajanje vrši posredstvom baterija) i razdaljina između bazne stanice i krajnjeg uređaja mora biti veća od 10 km (Dobrilović et al., 2017).

LPWAN mreže nisu namijenjene za prenos velikih količina podataka – mala im je brzina prenosa podataka, međutim sasvim je dovoljna za omogućavanje komunikacije zasnovane na konceptu Internet of Things. Energetska učinkovitost je visoka zbog niske potrošnje energije senzora, čiji su i troškovi nabavke niski. Mreža se sastoji od nekoliko senzora koji komuniciraju putem radijske veze sa gateway-em, a opremljeni su antenama koje se nazivaju čvorovi. Podatke šalju putem niskofrekventnih talasa do gateway uređaja, koji služe kao interfejs između čvorova i interneta. Gateway prikupljene podatke prosljeđuje na server u oblaku, gdje se podaci dalje obrađuju ili arhiviraju. S obzirom na to da LPWAN-

³² Tradicionalne bežične i žičane tehnologije ograničene su svojim maksimalnim dometom – to zahtijeva gusto raspoređivanje mrežne infrastrukture i povećava troškove implementacije.

ovi omogućavaju dvosmjernu komunikaciju, uputstva se mogu slati sa servera kroz gateway do čvorova. Sve postojeće LPWAN tehnologije zahtijevaju centralni uređaj (*concentrator/gateway*) i krajnje uređaje koji taj centralni uređaj opslužuje. Krajnji uređaji komuniciraju samo sa baznom stanicom i formiraju mrežu topologije zvijezde (Petäjärvi et al., 2015).

Kada je u pitanju tehnologija Internet of Things, na tržištu trenutno postoji veliki broj LPWAN tehnologija, mnoge od njih su u početnoj ili ranoj fazi razvoja (Sanchez-Iborra & Cano, 2016).³³ Najveću perspektivu na tržištu imaju postojeće platforme: **LoRa**, **LoRaWAN**, **SigFox** i **NB-IoT/eMTC**.

4.9.2. LoRa

Kako bi se ispunili komunikacioni zahtjevi IoT sistema u što većoj mjeri, pojavio se niz novih protokola i tehnologija. Većina savremenih IoT mreža širom svijeta zasniva se na LoRa (*Long Range*) modulaciji i LoRa tehnologiji – bežičnoj tehnologiji velikog dometa i male snage. To je širokopojasno mrežno rješenje koje obećava velike domete uz nisku potrošnju energije i savršeno odgovara Internet of Things-u (Saobraćajni fakultet, 2016).³⁴ LoRa je tehnologija razvijena od strane američke kompanije „Semtech“, koja je postavila osnovne standarde tehnologije i koja i dalje proizvodi komponente za nju (Verić, 2018). Predstavlja fizički sloj ili bežičnu modulaciju koja sa upotrebljava za kreiranje komunikacionog linka velikog dometa.

U cilju postizanja male potrošnje, mnogi postojeći bežični sistemi kao fizički sloj koriste FSK modulaciju (*Frequency Shift Keying*)³⁵, zato što je to efikasan način da se postigne mala potrošnja. LoRa RF (*radio frequency*) fizički sloj koristi oblik proširenog spektra modulacija – CSS (*Chirp Spread Spectrum*)³⁶, koja održava iste karakteristike u vezi sa niskom potrošnjom (kao FSK), ali ima značajno veći domet komunikacije. CSS modulacija

³³ Citirano prema (Dobrilović et al., 2017).

³⁴ Sa preko 50 miliona uređaja povezanih u mrežama u 95 zemalja, sa tendencijom širenja, za LoRa tehnologiju kažu da predstavlja DNK IoT-a, koja stvara pametniju planetu.

³⁵ Kod frekventno modulisanog signala, poruka je upisana u promjeni učestalosti (frekvencije) nosioca. Ako je signal informacije analogni signal (glas, muzika), noseća frekvencija će se mijenjati kontinualno u određenom frekventnom opsegu. Ako je signal informacije digitalni signal, noseća frekvencija može imati dvije ili više diskretnih vrijednosti. U najjednostavnijem obliku FSK frekvencija može da se održava na jednoj vrijednosti za digitalnu nulu, a na drugoj za jedinicu.

³⁶ U digitalnim komunikacijama *Chirp Spread Spectrum* je tehnika raširenog spektra, koja koristi širokopojasni linearni frekvencijski modulirani čirp impuls za kodiranje informacija. *Chirp* („cvrkut“) je sinusoidni signal povećanja ili smanjenja frekvencija tokom vremena (često sa polinomnim izrazom za odnos između vremena i frekvencije). Signal koji se prenosi množi se chirp signalom, kod koga se frekvencija linearno povećava tokom trajanja simbola. Na ovaj način povećava se maksimalna frekvencija u spektru signala koji se prenose. Ova metoda najčešće se koristi kako bi se omogućio neometan rad sistema u slučaju kada postoje smetnje u nekom dijelu spektra.

se koristila u vojnim i svemirskim komunikacijama upravo zbog mogućnosti komunikacije na velikim udaljenostima i otpornosti na interferenciju. LoRa je prva implementacija ove modulacije koja ima nisku cijenu i komercijalnu upotrebu (Dobrilović et al., 2017 i LoRa Alliance, 2015).

Korištenje niže frekvencije u kombinaciji sa LoRa vrstom modulacije, tehnologiji omogućava vrlo velike domete signala. Ova vrsta modulacije omogućava demodulaciju signala koji je 20 dB ispod nivoa buke kada se demodulacija kombinuje sa FEC (*Forward error correction*) korekcijom. To znači da proračun veze za LoRa sistem može poboljšati više od 25 dB u poređenju sa tradicionalnim FSK sistemom. Činjenica da se uglavnom prenose podaci malih veličina omogućava korištenje uskih frekvencijskih pojaseva od 7,8 kHz, koji se po potrebi mogu proširiti do 500 kHz. Nivo snage koji se koristi u fizičkom sloju je takođe podesiv u zavisnosti od potrebne brzine prenosa i udaljenosti uređaja. Kao rezultat ovih parametara dobijamo moguću brzinu od 290 bps do 50 kbps i raspon veze do pet kilometara.

LoRa provodi sinhronizaciju zahvaljujući uvodu u obliku okvira koji se sastoji od nekoliko chirpova i završava se s dva obrnuta chirpa. Prenos okvira ima nekoliko parametara, ali najvažniji je faktor širenja (SF – *Spreading Factor*), koji je povezan s omjerom između brzine bita i širine opsega kanala, u rasponu od 7 do 12. Kod upotrebe tehnologije proširenog spektra modulacija, chirp signal omogućava komunikaciju s različitim brzinama podataka da ne ometaju jedni druge. Na ovaj način stvara se niz „virtuelnih“ kanala koji povećava kapacitet gateway-a. Sastoji se od cikličnih promjenjivih frekvencija koje šifriraju informacije. Stoga je CSS-u potrebna vrlo snažna sinhronizacija da bi se postigao dobar nivo dekodiranja (Attia et al., 2019).

Neke od ključnih funkcija LoRa tehnologije uključuju: dugi domet (15–20 km), milione čvorova (*nodes*), dug vijek trajanja baterije (više od deset godina) (Electronics Notes, 2019). LoRa tehnologija sadrži različite elemente koji pružaju opštu funkcionalnost i povezivanje za sistem:

- LoRa PHY/RF interfejs: LoRa fizički sloj ili PHY (*physical layer*) predstavlja ključ za rad sistema. Upravlja aspektima RF signala koji se prenosi između čvorova ili krajnjih tačaka, tj. senzori i LoRa *gateway*, gdje se primaju signali. Fizički sloj ili radio interfejs upravlja aspektima signala, uključujući frekvencije, format modulacije, nivo snage, signalizaciju između elemenata za odašiljanje i primanje i druge srodne teme. Definiše oblik talasne modulacije, dopuštenog nivoa energije, pojaseve koji se mogu koristiti (i na kojim kontinentima) zajedno sa RF protokolima i sve ostale pojedinosti o RF signalu i interfejsu.

- Sklop protokola LoRa: uz LoRa fizički sloj, LoRa Alliance ima i definisan otvoreni snop protokola.³⁷
- LoRa mrežna arhitektura: osim RF elemenata bežičnog sistema LoRa, postoje i drugi elementi mrežne arhitekture, uključujući cjelokupnu arhitekturu sistema, remont, servere i aplikacijske računare. Cjelokupna arhitektura često se naziva i LoRaWAN.

Bežični sistem LoRa koristi nelicencirane frekvencije koje su dostupne širom svijeta. Frekvencija koja se koristi u Evropi je iz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*)³⁸ opsega koji iznosi 868 MHz (863–870 MHz). Opseg je podijeljen u osam kanala, gdje je razmak između centralnih frekvencija 300 kHz (0,3 MHz), a između posljednja dva kanala iznosi 1 MHz. Frekvencija koja se koristi u SAD, Kanadi, Australiji, Singapuru i Izraelu je takođe iz ISM opsega i iznosi 900 MHz (902–928 MHz), a opseg je podijeljen u 12 kanala, gdje je razmak između centralnih frekvencija 2,16 MHz (Dobrilović et al., 2017). U Sjevernoj Americi najčešće se koristi frekvencija 915 MHz, a u Aziji 433 MHz. Korištenje nižih frekvencija od 2,4 ili 5,8 GHz ISM grupe omogućava znatno bolju pokrivenost LoRa bežičnim modulima i uređajima, naročito ako su čvorovi – *nodes* unutar zgrada (Electronics Notes, 2019).

Iako se obično koriste ISM pojasevi ispod 1 GHz, tehnologija je u osnovi frekvencijski agnostik i može se koristiti na većini frekvencija bez osnovnog podešavanja. Komunikacija između različitih krajnjih uređaja i mrežnih prolaza koristi nekoliko različitih frekvencijskih kanala i koristi različite brzine podataka. Izbor brzine podataka je ravnoteža između raspona komunikacije i trajanja poruke, tj. brzine kojom se mogu poslati potrebni podaci. Signali dugog dometa mogu imati niže nivoe na prijemniku, a to znači da se brzina podataka može smanjiti kako bi se prilagodili nižim primljenim nivoima (Electronics Notes, 2019).

Glavna prednost LoRa tehnologije je veliki domet – jedan gateway u idealnim uslovima može da pokrije čitav grad ili nekoliko stotina kvadratnih kilometara. U velikoj mjeri domet zavisi od okruženja i prepreka. Međutim, LoRa i LoRaWAN tehnologije imaju budžet linka³⁹ koji je veći od drugih standardnih komunikacionih tehnologija (LoRa

³⁷ Sklop protokola ili mrežni snop je implementacija paketa protokola računarske mreže ili porodice protokola. Neki ove termine koriste naizmjenično, ali strogo govoreći, *skup* je definicija komunikacijskih protokola, a *snop* je softverska implementacija istih.

³⁸ ISM band (*Industrial, Scientific and Medical*) je engleska skraćenica od riječi čije značenje ima za industrijski, naučni i medicinski frekvencijski raspon. Područja oko frekvencija 800 MHz, 2,45 MHz i 13 GHz su slobodna za različite primjene u industriji, nauci i medicini. Za opremu koja radi u tome području nije potrebno ishoditi prethodnu dozvolu niti plaćati koncesiju za upotrebu tog frekvencijskog raspona.

³⁹ Link budget predstavlja proračun koji obuhvata faktore pojačanja i gubitaka pridruženih antenama, predajnicima, prenosnim linijama i karakteristikama okruženja u kojima se realizuje propagacija, da bi se odredila maksimalna udaljenost na kojoj predajnik i prijemnik mogu uspješno funkcionisati.

Alliance, 2015)⁴⁰. Dodatne prednosti LoRa tehnologije su otpornost na feding i Doplerov efekt, što ih čini idealnim za upotrebu sa mobilnim stanicama⁴¹ (Dobrilović et al., 2017).

LoRa sve više budi interes zbog prodora na tržište i široke upotrebe u industrijskoj, obrazovnoj i amaterskoj zajednici (Sarker et al., 2019). Ova tehnologija ima široku primjenu, inkorporisana je u mnoge sisteme pa čak i kod malih proizvođača (Electronics Notes, 2019). Na primjer, za praćenje hemijskih emisija u industrijskim pogonima, predložen je sistem zasnovan na LoRa LPWAN (Sarker et al., 2019). Sastoji se od senzorskih čvorova u kojima se upravlja količinom vlage, visinom temperature i elektrohemijskih plinskih senzora. Na taj način se kompenzuje temperatura u zavisnosti od podataka senzora, kada se nadgledaju plinovi kao što su CO, NO_x i O₂. U upravljanju otpadom, sistem LoRa se fokusira na automatsku klasifikaciju, što predstavlja lakše nadgledanje a zasnovano je na širokom spektru senzora za kontejnere za otpad koji daju podatke iz različitih lokacija u svrhu boljeg upravljanja otpadom.

4.9.2.1. *LoRa Alliance*

Kao i kod mnogih drugih sistema, postoji tijelo za razvoj i promociju bežičnog sistema LoRa u cijeloj industriji, nazvan LoRa Alliance. Ovo tijelo pokrenuto je na Svjetskom kongresu mobilne telefonije u martu 2015. – postavljeno je za pružanje otvorenog globalnog standarda za sigurnu internetsku vezu IoT LPWAN. Iako je LoRa temeljno razvio Semtech Corporation, otvaranje standarda omogućilo je da ga prihvati širok spektar kompanija, podržavajući njegov eko-sistem i ostvarujući značajno veći angažman, te širi izbor proizvoda i sveukupno povećanje upotrebe i prihvatanja.

LoRa Alliance je neprofitno udruženje sa više od 500 kompanija članica, posvećeno velikom razmještanju mreža širokih područja i male snage (LPWAN) kroz razvoj i promociju otvorenog standarda LoRaWAN. Članice imaju koristi od živog eko-sistema aktivnih doprinosa koji nude rješanja, proizvode i usluge, koji stvaraju nove i održive poslovne mogućnosti. Kroz standardizaciju i akreditovani koncept certifikata, LoRa Alliance pruža interoperabilnost koja je potrebna za LPWA mrežu. Promoviše operativnu mrežu otvorenog koda, nazvanu TTN (*The Things Network*), koja omogućava besplatan pristup mreži svjetske zajednice koja se temelji na LoRaWAN (Attia et al., 2019).

Misija i vizija obuhvataju podršku i promociju globalnog usvajanja standarda LoRaWAN objezbjeđenjem interoperabilnosti svih LoRaWAN proizvoda i tehnologija, kako bi se IoT-u omogućila održiva budućnost. LoRa Alliance je organizacija sa članstvom koje se

⁴⁰ Citirano prema (Dobrilović et al., 2017).

⁴¹ Feding se definiše kao slabljenje ili potpuni prestanak prijema signala radio-nosioca s obzirom na atmosferske promjene i refleksije na putanji prostiranja.

Doplerov efekt je pojava da usljed relativnog kretanja prijemnika ili izvora dolazi do mijenjanja frekvencije talasa.

bavi potrebama pojedinačne kompanije. Članovi LoRa Alliance dolaze iz organizacija svih vrsta širom svijeta, koje se bave svim aspektima eko-sistema. Uključuju višenacionalne telekomunikacione kompanije, proizvođače opreme, proizvođače senzora, sistemske integratore, preduzetničke start-up kompanije i poluprovodničke kompanije. Neki od članova su: Actility Sa, Alibaba Co., Cisco Systems, Eolane, IBM, Kerlink, IMST, MultiTech, Sagemcom, Semtech, Microchip Technology..., vodeći telekom operateri: Bouygues Telecom, KPN, SingTel, Proximus, Swisscom, FastNet... (LoRa Alliance&ABI Research, 2019).

4.9.3. LoRaWAN

LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) jedan je od standarda u oblasti LPWAN tehnologija u nelicenciranom ISM opsegu frekvencija. To je protokol za kontrolu pristupa medijima (MAC – *medium access control*), koji je LoRa Alliance predložio za interoperabilnu upotrebu LoRa modulacije (Attia et al., 2019). Definiše mrežnu arhitekturu, metodu radijskog pristupa i MAC strukturu. Topološka mreža je zvijezda, sastavljena od krajnjih uređaja i gatewaya povezanih preko interneta na mrežni server. Krajnji uređaji šalju pakete podataka u skladu sa metodom pristupa ALOHA⁴², poštujući ograničenje radnog ciklusa korištenog ISM opsega. U mreži LoRaWAN čvorovi nisu povezani sa specifičnim gateway-em. Umjesto toga, podatke koje prenosi čvor obično prima više gateway-a. Svaki će gateway proslijediti primljeni paket s krajnjeg čvora na mrežni server zasnovan na Cloudu putem nekih backhaul-a (bilo mobilnih, Ethernet, satelitskih ili WiFi) (LoRa Alliance, 2015).

LoRaWAN je standard otvorenog tipa, što znači da je moguće povezivanje ove vrste tehnologije sa ostalim sistemima na jednostavan i siguran način. Senzorski uređaji utemeljeni na LoRa tehnologiji ne zahtijevaju veliku brzinu niti prenos velike količine podataka. Pritom omogućuju pouzdan i dugotrajan rad sa izvorom napajanja bez dopune baterije u periodu do 20 godina. Cijena ovakvih uređaja, u zavisnosti od namjene i performansi može se kretati od 10 do 100 eura po komadu. Za sada, posjeduje najbolje performanse koje se tiču odnosa cijene i kvaliteta (GiS Žurnal, 2019).

⁴² U ad-hoc mrežama nema mogućnosti centralne dodjele resursa, već se višekorisnički pristup zasniva na takmičenju, a veza se ostvaruje na nivou pojedinačnih paketa. Najjednostavnija metoda za pristup resursima znanom na takmičenju je ALOHA protokol. Osmišljen je sedamdesetih godina dvadesetog vijeka na Havajima, i vrlo je jednostavan: korisnik koji želi da šalje podatke to jednostavno uradi, ne obazirući se na trenutnu zauzetost kanala. Pri tome, pošiljalac očekuje da dobije potvrdu prijema. Ukoliko potvrda prijema izostane (zato što je došlo do greške u prenosu usljed kolizije više korisnika), predajnik čeka neko slučajno vrijeme prije nego što pokuša ponovo da pošalje istu poruku.

Naziv LoRaWAN skriva dvije tehnologije: prva je LoRa, koja sadrži samo sloj podataka i uglavnom se primjenjuje u P2P komunikaciji.⁴³ Bežični je standard male snage dugog dometa dizajniran za pružanje komunikacijske mreže s niskom brzinom prenosa mobilnih uređaja. Modulacija i radijski interfejs su dizajnirani i optimizirani tako da omogućavaju primanje izuzetno niskih nivoa signala, odnosno za pružanje vrste komunikacije potrebne za udaljene čvorove IoT i M2M. Kao rezultat toga mogu se primiti čak i slabi prenosi snage u značajnim rasponima (Electronics Notes, 2019).

Dok LoRa sadrži samo sloj podataka, dotle LoRaWAN ima isti fizički sloj, ali sadrži i mrežni sloj. LoRa mreža koristi telekomunikacijsku mrežu koja se zove LoRaWAN i koja pruža usmjeravanje podataka s krajnjeg čvora preko LoRaWAN gateway-a potrebnim entitetima. Gateway-i su povezani na mrežni server preko standardnih IP veza⁴⁴. Protokol koji se koristi je mrežni protokol LPWA (*Low Power, Wide Area*), koji je dizajniran da bežično povezuje „stvari“ sa baterijama na internet u regionalnim, nacionalnim ili globalnim mrežama i cilja na ključne zahtjeve IoT, kao što su dvosmjerna komunikacija, end-to-end bezbjednost, mobilnost itd.

LoRa mreža sastoji se od nekoliko elemenata (Electronics Notes, 2019):

1. Krajnje tačke (engl. *End-Device*), čvorovi – *nodes* – elementi LoRa mreže u kojima se provodi senziranje ili kontrola. Obično su udaljeni (i do 10 km od gateway-a). Veza između čvora i gateway-a je vrlo niska propusnost – između 0,3 i 50 kbps, ali je dvosmjerna.
2. *Gateway* (mrežni prolaz) – prima komunikacije od krajnjih tačaka, a zatim ih prenosi na sistem backhaul-a⁴⁵. Ovaj dio mreže može biti Ethernet, mobilni ili bilo koji drugi telekomunikacijski link ožičen ili bežičan. Pristupnici su povezani na mrežni server pomoću standardnih IP veza. Na ovaj način podaci koriste standardni protokol, ali se mogu povezati s bilo kojom telekomunikacijskom mrežom, javnom ili privatnom.

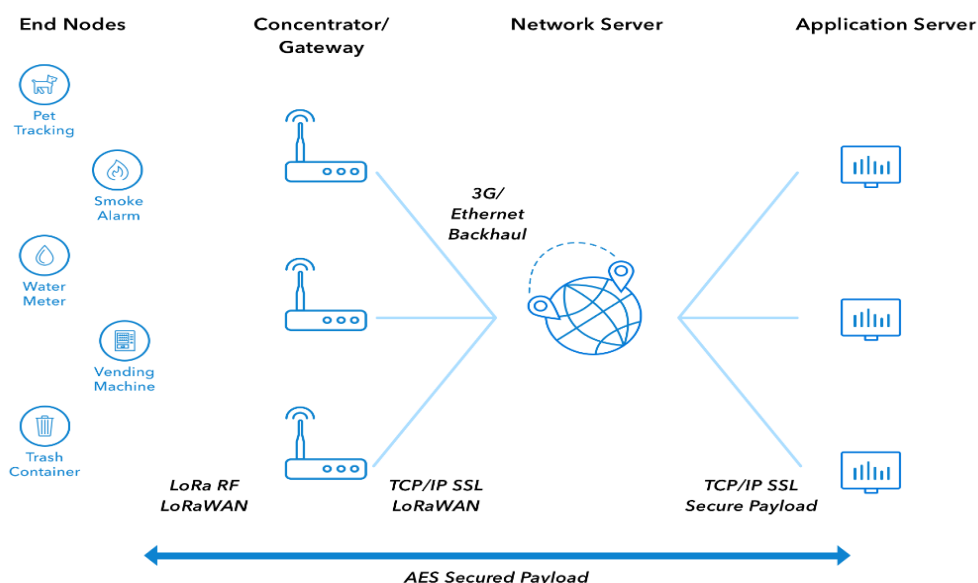
⁴³ P2P, odnosno *peer to peer* je model komunikacije putem interneta, najčešće u upotrebi za dijeljenje datoteka. P2P je skraćenica koja se može prevesti kao „jednak jednakom“, „vršnjak vršnjaku“. Kompjuteri ili uređaji koji su dio peer-to-peer mreže direktno su povezani jedan s drugim i nazivaju se vršnjacima. Peers su istovremeno i klijenti i serveri – svaki je ravnopravan s drugima, a svaki vršnjak ima ista prava i obaveze kao i ostali. Datoteke se mogu direktno dijeliti putem mreža na koje su ti sistemi povezani – za to nije potreban centralni server. Poznato P2P rješenje je Bluetooth. Primarni cilj umrežavanja ravnopravnih korisnika je dijeljenje resursa i pomaganje računarima i uređajima da rade zajedno, pružaju određenu uslugu ili obavljaju određeni zadatak.

⁴⁴ IP – *Internet Protocol* je protokol trećeg sloja OSI referentnog modela (sloja mreže). Sadrži informacije o adresiranju, čime se postiže da svaki mrežni uređaj (računar, server, radna stanica, interfejs rutera) koji je povezan na internet ima jedinstvenu adresu i može se lako identifikovati u cijeloj internet mreži, a isto tako sadrži kontrolne informacije koje omogućuju paketima da budu proslijeđeni (rutirani) na osnovu poznatih IP adresa.

⁴⁵ Backhaul je dio mreže koji sadrži intermedijarne veze između jezgrene mreže ili matične mreže i malih podmreža na rubu mreže.

3. Mrežni server (engl. *Network Server*) – upravlja mrežom i djeluje na uklanjanje duplikata paketa, prepoznavanje rasporeda i prilagođavanje brzina podataka. Kao kontrolni centar mreže ima zadatak da usmjeri pakete između gateway-a i aplikacijskih servera.
4. Udaljeni server (aplikacijski server) – može kontrolisati radnje krajnjih tačaka ili sakupljati podatke s njih – mreža LoRa gotovo je prozirna. Spojen je na mrežni server (obično negdje na internetu) i tačno zna šta treba učiniti sa paketima s određenog čvora.

Slika 4. LoRaWAN arhitektura



Izvor: (The Things Network, 2019)

LoRa mreže razvijaju telekomunikacioni operateri, ali s obzirom da LoRa funkcioniše u otvorenom spektru, moguće je takođe podesiti sopstvenu privatnu mrežu. Tipična mreža LoRa sastoji se od: hardvera (gateway uređaji i korisnička oprema) i softvera (računarski program, mrežni servis i aplikacija). Na isti način kao što mobilna mreža ima ožičenu ili jezgrenu mrežu, tako i LoRa ima ožičenu ili jezgrenu mrežu koja se često naziva LoRaWAN.

Krajnji uređaji služe različitim aplikacijama i imaju različite zahtjeve. Kako bi optimizovao različite profile krajnjih aplikacija, LoRaWAN koristi različite klase uređaja (LoRa Alliance, 2015, Verić, 2018, Dobrilović et al., 2017):

Klasa A: krajnji uređaji podržavaju dvosmjernu komunikaciju između uređaja i gateway-a. Up-link poruke (od uređaja do servera) mogu se poslati u bilo kom trenutku. Poslije svakog slanja podataka od strane krajnjeg uređaja slijede dva kratka perioda za primanje poruka – uređaj otvara dva prijemna prozora (engl. *receive windows*) u određeno vrijeme.

Senzori se napajaju na baterije, imaju najmanju potrošnju ali i nude najmanju fleksibilnost u smislu prijema down-link poruka.

Klasa B: ovi uređaji dopunjavaju karakteristike uređaja klase A tako što otvaraju dodatne prijemne prozore u planiranom vremenu. Za ovu klasu uređaja neophodna je sinhronizacija pomoću *beacon* okvira sa gateway uređajem da bi server dobio informaciju kada je krajnji uređaj spreman za prijem.

Klasa C: kod ovih uređaja moguća je dvosmjerna komunikacija sa maksimalnim vremenom primanja paketa; primaju pakete gotovo u kontinuitetu sa servera (osim kada šalju pakete) i samim tim imaju najveću potrošnju energije. Ovi uređaji mogu priuštiti neprekidno slušanje; nema kašnjenja za komunikaciju nizvodnom linijom.

4.9.3.1. *The Things Network (TTN)*

Postoji mnogo LoRaWAN mreža širom svijeta, neke su besplatne za upotrebu, a neke je potrebno platiti. Najveća besplatna mreža je *The Things Network* (Mreža stvari), koja je otvorena, decentralizovana i prepuna podataka o stvarima na internetu, te bilježi svakodnevni rast. Pokrenuli su je 2015. u Amsterdamu Holandanci Wienke Giezeman i Johana Stokking. Temeljila se na protokolu LoRaWAN, koji je usvojen zbog svoje korisnosti. U junu 2020. u oko 150 zemalja registrovano je oko 12.529 LoRaWAN gateway-a.⁴⁶

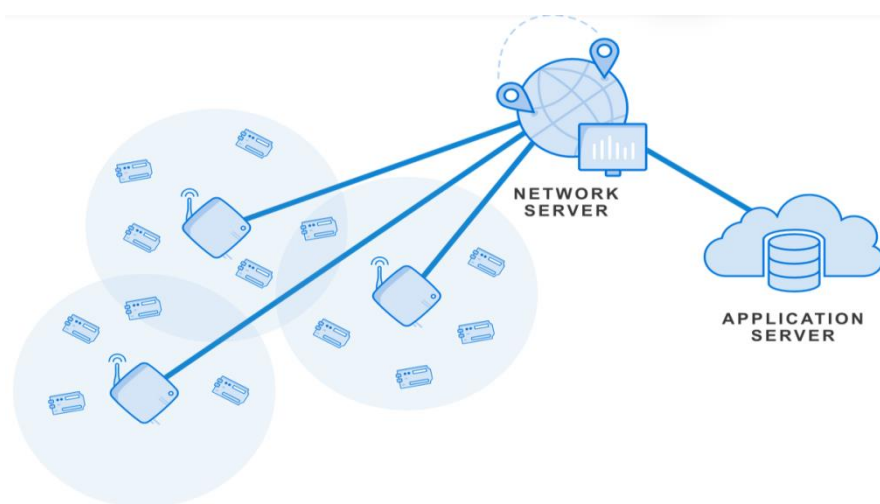
Pružanje, izgradnju i održavanje mrežnih prolaza preuzeli su volonteri. Gateway-i prenose radio-sigale velikog dometa sa senzora u kontrolni centar gdje se signali (podaci) dalje obrađuju i prosljeđuju definisanim prijemnicima. Postoji šifriranje od početka do kraja, što povećava sigurnost podataka. Paketi se šalju na gateway-e u okviru raspona prenosa koji ih prosljeđuju na TTN server. Svaki gateway vrši provjeru CRC-a, i ako je valjan, paket prosljeđuje na TTN server, u suprotnom gateway ispusti paket (The Things Network, 2019).

The Things Network je u osnovi besplatni ogranak The Things Industries, zasnovan na zajednici – integrisani lanac proizvoda i usluga za razvoj korporativnih IoT rješenja. Dok The Things Industries stvara svoj profit prodajom hardvera, softvera, usluga i konsultacija, The Things Network se održava kao svojevrsni tehnološki demo i alat za sticanje tržišnog udjela. The Things Network je mrežni server LoRaWAN sa nekoliko dodataka. Registracija čvora ili aplikacije u mrežu je besplatna, kao i mrežni promet – sve dok se poštuju uputstva poštene upotrebe. Usluge se zasnivaju na najboljem naporu, nema garancije za produženje ili kašnjenje. Ljudi povezuju svoje mreže i omogućavaju saobraćaj od, do i preko njihovih mreža besplatnim prolazima stvorenim na internetu. Na taj način su

⁴⁶ U junu 2019. godine oko 75.000 volontera širom svijeta uključilo se u stvaranje najveće svjetske mreže Internet of Things, u kojoj se dnevno obrađuje više od 15 miliona podataka.

stvorili sinergiju, pri čemu se cjelina mogla povećati mimo zbira njihovih dijelova. The Things Network će pokušati učiniti isto za IoT mrežu u budućnosti. Internet of Things zahtijeva dug dolet, bateriju i niže troškove za isporuku podataka sa senzora. U skladu sa zakonom Moore-a, troškovi računarske opreme vremenom se eksponencijalno smanjuju (The Things Network, 2019). Članove The Things Network podstiče se na aktivnosti za rast mreže s obzirom na to da je vrlo lako registrovati gateway. Kada se gateway registruje, može se procijeniti pokrivenost mreže i mapirati za potencijalne korisnike. Da bi se mreža razvijala, The Things Network omogućava resurse za pronalaženje, pridruživanje i pokretanje regionalnih „zajednica“, organizacija posvećenih pružanju mreža cijelog grada ili područja (The Things Network, 2019).⁴⁷

Slika 5. LoRaWAN Network Server



Izvor: (The Things Network, 2019)

Misija The Things Network inicijative je da obezbijedi otvorenu, globalnu IoT infrastrukturu koja će biti vlasništvo i briga svojih korisnika. Riječ je o izgradnji decentralizovane IoT mreže nezavisne o tehnologiji čiji bi vlasnici bili njeni korisnici, koji bi mrežom i upravljali. Ova mreža gradi se na sljedećim principima:

- Vaši podaci su vaši podaci – podaci se šifriraju s kraja na kraj,
- Neutralnost mreže – svi podaci se tretiraju podjednako,
- *Open source* – tehnologija razvijena u snopu postaje otvorenog koda.

Svima koji koriste mrežu dopušteno je da to čine iz bilo kakvog razloga, ograničeni lokalnim zakonima, u potpunosti na svoju odgovornost, shvatajući da su usluge dostupne

⁴⁷ Jul 2015. godine, The Things Network je uspio da pokrije cijeli Amsterdam novim tipom bežične mreže, koristeći tehnologiju LoRaWAN. Mreža je napravljena od nule, uz pomoć volontera. Danas mreža pokriva i širi se na preko 70 zemalja- Holandija je velikim dijelom pokrivena TTN-om. Isto važi i za Ciri, Bern i Berlin. U Berlinu je bilo potrebno oko 17 mjeseci da bi oko 3.500.000 ljudi pristupilo LoRaWAN pristupom preko više od 75 registrovanih gateway-a. U Berlinu je trenutno registrovano oko 148 gateway-a.

„takve kakve jesu“ i mogu biti ukinute iz bilo kojeg razloga u bilo kom trenutku. Upotreba može biti omogućena svakome, ako su u pitanju klijenti, reklame, neprofitne organizacije ili u kakvom drugom obliku. Snabdjevači ove mreže neće ograničavati svoje korisnike ni na koji način. Decentralizacija je u srcu svega. Ugrađena je u arhitekturu i svaku dizajnersku odluku, kako bi se na svaki način spriječilo da ijedan entitet može da kontroliše mrežu.

U Hrvatskoj postoji sedam zajednica sa 64 članova, a registrovano je 20 gateway-a (Karlovac, Opatija, Osijek, Šibenik, Split i Zagreb). U Srbiji je registrovano 19 gateway-a, a postoji šest zajednica koje broje ukupno 78 članova (Beograd, Loznica, Niš, Novi Sad, Obrenovac, Zrenjanin). Bosna i Hercegovina ima dvije zajednicu Banja Luka i Gradiška i deset registrovanih gateway-a.

4.9.4. SigFox

SigFox je francuska kompanija osnovana 2009. godine. Globalna je komunikacijska platforma, a njihovo rješenje nadopunjuje postojeće standarde: Bluetooth, 3G, 4G, Wi-Fi... (Sigfox, 2019). Ima vlastiti protokol za korištenje u LPWAN-u, a osim toga ima i vlastitu mrežu. Da bi se komuniciralo s uređajima uz korištenje SigFox-a, potrebno je biti u području koje pokriva SigFox, a da bi se postalo dijelom SigFox mreže potrebno je, osim prijave, plaćati mjesečnu naknadu. Ovo je komercijalna mreža koju koriste samo kompanije; ne postoji interesovanje za podršku privatnim mrežama. SigFox ne zanima profit od prodaje hardvera. Cilj ove kompanije je da proda softver i samu mrežu (Opačak, 2018). Predstavlja se kao ograničena opcija u pogledu brzine prenosa (100 bps) i asimetričnosti, jer dopušta 140 odlaznih (prema cloud-u) i četiri dolazne poruke dnevno (Fernández-Ahumada et al., 2019). U jednoj poruci uređaj može poslati 12 bajtova informacija (korisna nosivost) i do osam bajtova za preuzimanje. Korištenje mreže uključuje trošak po uređaju sličan upotrebi GPRS mreže u načinu M2M. Pokrivenost područja signalom je 30–50 km u ruralnim područjima.

Prednosti SigFox-a su da koristi malo električne energije i dobro funkcioniše na jednostavnim uređajima koji rijetko šalju podatke (Link Labs, 2018a). Koristi nelicencirane ISM trake, npr. 868 MHz u Evropi, 915 MHz u Sjevernoj Americi i 433 MHz u Aziji (Mekki et al., 2019). U početku je SigFox podržavao samo uzlaznu komunikaciju, ali se kasnije razvio u dvosmjernu tehnologiju sa značajnom asimetrijom veze.

Za razliku od LoRa, čije čipove proizvodi isključivo Semtech, SigFox omogućava raznim licenciranim kompanijama izradu čipseta. Budući da različiti proizvođači proizvode čipsete, potrošnja energije se razlikuje zavisno od uređaja, ali uvijek u rasponu 50–70 mA.

4.9.5. Narrowband IoT (NB-IoT)

Narrowband IoT, radio-tehnologija mobilne telefonije, dio je projekta organizacije koja radi na standardizaciji ćelijskih sistema da zadovolji potrebe uređaja sa vrlo niskom brzinom podataka koji se povezuju na mobilne mreže. Cilj NB-IoT-a, kao standarda mobilne radio-stanice je standardizacija IoT uređaja kako bi bili interoperabilniji i pouzdaniji. S obzirom na to da koristi OFDM (engl. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) modulaciju, čipovi su složeniji, ali proračuni za vezu su bolji. To znači da korisnici postižu visok nivo performansi koja je povezana sa staničnim vezama, ali na štetu vlastite složenosti i potrošnje energije. Kaže se da NB-IoT koristi za slanje i primanje malih količina podataka desetine ili stotine bajtova dnevno, koje generišu IoT uređaji s malo generisanja podataka. To je zasnovano na porukama, slično kao kod Sigfox-a i LoRa-e, ali sa mnogo bržom brzinom modulacije, koja može obraditi puno više podataka od ovih tehnologija. NB-IoT nije IP-bazirani protokol komunikacije – ne može se povezati sa IP mrežom i očekivati da će je koristiti poput pametnog telefona. Razvijen je za jednostavne IoT aplikacije. Prikladan je za jednostavne uređaje koji se moraju povezati s mrežom operatera preko licenciranog spektra. Trenutno se samo testira u Evropi i dostupan je samo kod malog broja operatera koji obavljaju neka ispitivanja (Link Labs, 2018a).

NB-IoT je uskopojasna IoT tehnologija koja može koegzistirati sa GSM (globalni sistem za mobilnu komunikaciju) i LTE (dugoročni razvoj) u dozvoljenim frekvencijskim opsezima (npr. 700 MHz, 800 MHz i 900 MHz). Zauzima jednu frekvenciju, širina opsega je od 200 kHz, zasnovan je na LTE protokolu. Brzina podataka je ograničena do 200 kbps za silaznu vezu i do 20 kbps za uzlaznu vezu. Maksimalna veličina korisnog opterećenja za svaku poruku je 1600 bajtova. NB-IoT tehnologija može imati životni vijek od deset godina trajanja baterije prilikom prenosa 200 bajta dnevno u prosjeku (Mekki et al., 2019).

Kao prednosti se navodi pokrivenost, koja je veoma dobra. NB-IoT uređaji se oslanjaju na 4G pokrivenost, tako da dobro funkcionišu u zatvorenim i gradskim područjima. Uz to, ova tehnologija ima brže vrijeme odziva od LoRa i može garantovati bolji kvalitet usluge (Link Labs, 2018a).

4.9.6. Poređenje u pogledu IoT faktora

Broj povezanih uređaja je u konstantnom porastu, a sofisticirane bežične tehnologije koje ih podržavaju zaokupljaju pažnju u cijelom svijetu. NB-IoT, LoRa i Sigfox, sve širokopojasne mrežne tehnologije male snage (LPWAN), često se nadmeću za dominaciju. Svaka od ovih tehnologija će vjerovatno imati važnu ulogu u IoT području u zavisnosti od primjene. Iz tog razloga je važno razumjeti karakteristike i razlike pojedinih tehnologija.

Kako se tržište IoT bude razvijalo, LoRaWAN i NB-IoT će koegzistirati žištu, takmičeći se na nekim vertikalnim tržištima i nadopunjujući se međusobno u drugim industrijama na temelju troškova, pokrivenosti i zahtjeva za propusnost različitih slučajeva upotrebe IoT-a.

LoRaWAN će igrati vodeću ulogu u privatnim korporativnim mrežama, gdje kompanije žele potpunu kontrolu nad njihovom infrastrukturom i uređajima. Optimizovana za duži vijek trajanja baterije, može se koristiti kao primarno rješenje za povezivanje kad senzori trebaju češće slati podatke praćenja. NB-IoT tehnologija sa nižim latencijama i zagarantovanim QoS-om, ali većim troškovima, može se rjeđe koristiti za određene aplikacije na daljinsko upravljanje. Mrežni planovi za LoRaWAN i NB-IoT relativno su novi, ali bilježe brz rast širom svijeta. I LoRaWAN i NB-IoT imaju prostor za opsežne IoT aplikacije na temelju prednosti nižih uređaja, mrežne infrastrukture i troškova pristupa mreži, pokrivenost zgrada i mala potrošnja energije. U kratkom roku, LoRaWAN ima prednost u odnosu na NB-IoT – za implementaciju je sada dostupan eko-sistem dobavljača, certificirani IoT uređaji i cjelovita rješenja (LoRa Alliance&ABI Research, 2019).

Tabela 3. Comparison of Sigfox, NB-IoT, LoRaWAN

	Sigfox	NB-IoT	LoRaWAN
Standards	Sigfox	3GPP	LoRa Alliance
Modulation	BPSK	QPSK	CSS
Frequencies	ISM: 433 MHz, 868 MHz, 915 MHz	Licensed under LTE	ISM:433 MHz, 868 MHz, 915 MHz
Coverage	10-40 km	2-20 km	1-10 km
Bandwidth	100 Hz	200 kHz	125 kHz, 250 kHz
TX Limit	140 Pakets per Day	Unlimited	Duty Cycle Lim.
Max Data Rate	100 pbs	200 kbps	50 kbps
Private Deployments	No	No	Yes
Energy Consumption	Low	Low	Low
Security	Low	High	High

Izvor: (Ertürk et al., 2019)

Glavne razlike između NB-IoT i LoRaWAN su:

- LoRaWAN koristi nelicencirani spektar. U Evropi to znači radni ciklus od 1% koji ograničava promet i frekvenciju, kao i sposobnost osnovne stanice da kontroliše mrežu i šalje promet prema dolje.
- LoRa je vlasnički modulacijski sistem koji prodaje Semtech Corporation. Po defaultu su jedini proizvođač čipova ili licencirani korisnik za LoRa. NB-IoT se temelji na standardnim tipovima modulacije (ali kao što je tipično za 3GPP, drugi vlasnici IP licenci mogu tražiti novac).
- LoRaWAN mogu koristiti i klijenti bez operatera mobilne mreže za implementaciju rješenja. The Things Network je inicijativa za mnoštvo resursa sa LoRaWAN-om. Treba napomenuti da se LoRaWAN mreže interferiraju ako na nekom području djeluje više mreža (Link Labs, 2018a).

NB-IoT nudi napredne funkcije usmjeravanja, multicast, emitovanje upravljačkog softvera itd. zbog mnogo viših brzina prenosa podataka, sofisticirane MAC tehnologije i većih performansi bazne stanice. Kao prednosti LoRa tehnologije mogu se navesti: savršen je za pojedinačne primjene u zgradama, dobra je opcija ako je potrebna dvosmjerna povezanost zbog simetrične veze, dobro rade kada su u pokretu pa ih to čini korisnim za praćenje imovine u pokretu (npr. pošiljke), imaju duži vijek trajanja od NB-IoT uređaja. Međutim, u poređenju sa NB-IoT, ima niže brzine podataka, duže kašnjenje, a potreban je gateway za rad (Link Labs, 2018a).

SigFox je jedina kompanija koja održava patentiranu (zatvorenu) SigFox tehnologiju. Razvijaju i održavaju sopstvenu mrežu (ponekad kroz partnerstvo sa mrežnim operaterom) i direktno profitiraju od pretplate na svoju mrežu. Naknade za pretplatu po uređaju/poruke dnevno (1000 uređaja sa četiri poruke dnevno košta 7.000 EUR godišnje plus (+) 7.000 EUR početnog podešavanja) (Disk91, 2018).

LoRaWAN nije kompanija već standard koji održava nekoliko kompanija koje su se ujedinile pod neprofitnim savezom LoRa Alliance. Svaka od ovih kompanija na neki način profitira od otvorenog standarda za IoT aplikacije i LoRa Alliance promoviše ovaj standard kako bi dobio što više programera i kompanija. LoRaWAN mreže mogu biti: 1) privatne (KPN, Orange, Digimondo...); 2) javne, otvorene, besplatne, čak i za komercijalnu upotrebu (The Things Network); 3) mješovite (privatne + javne, gostujuće)... (The Things Industries). Nema pretplate i/ili naknade na The Things Network. Dužina poruka je do 222 bajta; 30 sekundi prenosa po uređaju dnevno; najviše deset dolaznih poruka dnevno. „Politika fer pristupa“, bazirana je na korištenju nelicencirane ISM frekvencije u skladu sa regulatornim zakonima (Link Labs, 2018a).

Godinama su SigFox i LoRa bili glavni konkurenti na prostoru LPWAN-a. Dok su poslovni modeli i tehnologije koje stoje iza kompanija sasvim drugačiji, krajnji ciljevi i SigFox-a i LoRa Alliance su vrlo slični: da operateri mobilnih mreža usvoje svoju tehnologiju za implementaciju IoT-a, kako u gradskim, tako i u nacionalnim LPWAN-ovima (Link Labs, 2018b).

4.9.6.1. *Koju tehnologiju primijeniti?*

Mnogo je faktora koje treba uzeti u obzir pri odabiru odgovarajuće LPWAN tehnologije za IoT aplikaciju: kvalitet usluge, vijek trajanja baterije, kašnjenje, skalabilnost, korisni teret, dužina dosega, raspoređivanje i troškovi (Mekki et al., 2019).

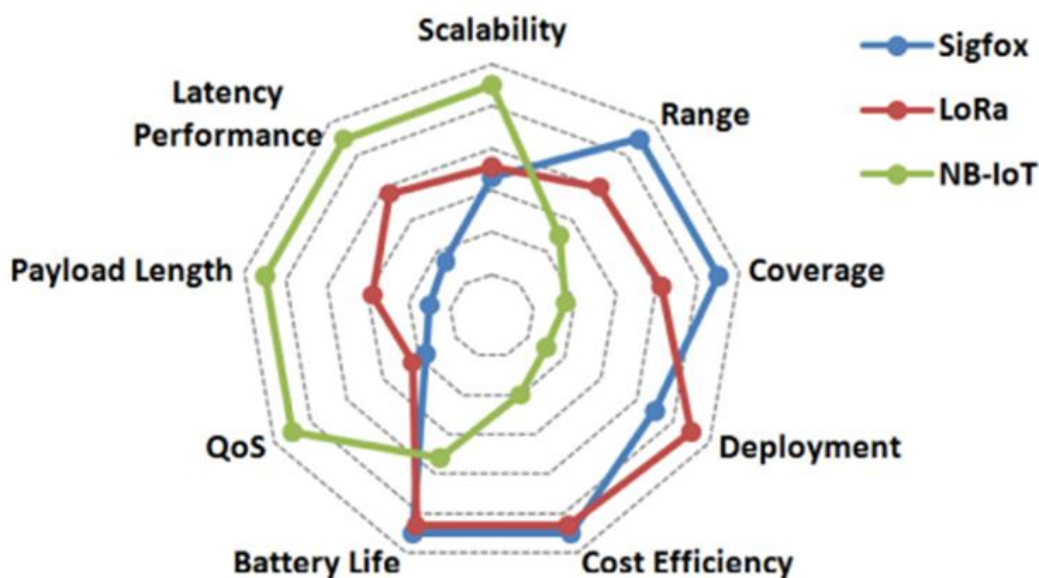
Kvalitet usluga – SigFox i LoRa koriste nelicencirani spektar i asihrone protokole za komunikaciju koji mogu izazvati smetnje, efekte višesatnog puta i bljedilo i ne mogu ponuditi isti QoS (*Quality of Service*) kao NB-IoT. Zbog QoS-a i kompromisnih troškova, bolje je koristiti NB-IoT za aplikacije kod kojih je bitan kvalitet usluge. Za aplikacije koje nemaju ovo ograničenje, treba odabrati LoRa ili SigFox (Mekki et al., 2019).

Životni vijek i latencija – u SigFox-u, LoRa-i i NB-IoT-u krajnji uređaji u stanju mirovanja većinu vremena su bez aktivnosti, što smanjuje iznos utrošene energije i obezbjeđuje dug radni vijek krajnjih uređaja. Međutim, NB-IoT uređaji troše dodatnu energiju zbog sinhronizacije komunikacije i QoS tretmana i njegovog načina pristupa OFDM/FDMA koji zahtijeva više vršne struje. Ova dodatna potrošnja energije smanjuje životni vijek NB-IoT uređaja u odnosu na SigFox i LoRa.

NB-IoT nudi prednost niskog kašnjenja. Za razliku od SigFox-a, LoRa nudi klasu C, da bi se nosio sa malim dvosmjernim kašnjenjem po cijenu povećane potrošnje energije. Otuda, za aplikacije koje su neosjetljive na to kašnjenje i nema velike količine podataka za slanje, SigFox i LoRa klase A su najbolje opcije. Za aplikacije koje zahtijevaju niske latencije, NB-IoT i LoRa klase C su bolji izbor (Mekki et al., 2019).

Skalabilnost i dužina opterećenja – sve ove tehnologije dobro rade s povećanjem broja i gustoće povezanih uređaja. Međutim, po pitanju visoke skalabilnosti, NB-IoT je u prednosti u odnosu na SigFox i LoRa. NB-IoT omogućava povezivanje do 100 K uređaja po ćeliji u poređenju sa 50 K po ćeliji za SigFox i LoRa. NB-IoT nudi i maksimum prednosti dužina tovara. Omogućava prenos podataka do 1600 bajtova – LoRa dopušta maksimalno 243 bajta podataka za slanje, a SigFox najnižu dužinu, 12 bajtova (Mekki et al., 2019).

Slika 6. Odgovarajuće prednosti SigFox-a, LoRa-e i NB-IoT-a u odnosu na IoT faktore



Izvor: (Mekki et al., 2019, Fernández-Ahumada et al., 2019)

Pokrivenost i domet mreže – glavna prednost korištenja SigFox-a je cjelina. Grad može biti pokriven jednom baznom stanicom (tj. rasponom većim od 40 km). Suprotno tome, LoRa

ima domet manji od 20 km. NB-IoT ima najmanji domet i pokrivenost, manji od 10 km, stoga nije pogodan za ruralne ili prigradske regije (Mekki et al., 2019).

Troškovi – moraju se uzeti u obzir: trošak licence, trošak mreže/implementacije i troškovi uređaja. U tabeli 4 može se vidjeti da su SigFox i LoRa jeftiniji u odnosu na NB-IoT.

Tabela 4. Razlike u cijeni SigFox-a, LoRa-e i NB-IoT-a

	Spectrum cost	Deployment cost	End-device cost
SigFox	Free	> 4000 €/base station	< 2 €
LoRa	Free	> 100 €/gateway > 1000 €/base station	3–5 €
NB-IoT	> 500 M€/MHz	> 15 000 €/base station	> 2 €

Izvor: (Mekki et al., 2019)

Izvršeno je poređenje različitih rješenja za zahtjeve objekata namijenjenih LPWAN segmentu IoT i iz ove analize se vidi da u prostoru LPWAN-a ima prostora za svako rješenje. Ove tehnologije jesu u konkurenciji ali su takođe i veoma komplementarne (Bardyn et al., 2016). Kao što je objašnjeno, tehnologija se ne može koristiti jednako za sve IoT aplikacije. U zavisnosti od zahtjeva koje određena aplikacija ima, preporučuje se i određena tehnologija. Postoje razlike među opisanim tehnologijama, svaka od njih ima svoje prednosti i karakteristike i svaka od njih ima svoje mjesto na IoT tržištu. SigFox i LoRa će poslužiti kao ekonomičan uređaj s vrlo velikim rasponom (dug domet), gdje je potrebna rijetka brzina komunikacije i vrlo dug životni vijek baterije. Za razliku od SigFox-a, LoRa se koristi i za pružanje lokalne mreže i pouzdanu komunikaciju kada se uređaji kreću velikom brzinom. Suprotno tome, NB-IoT će poslužiti onom dijelu IoT tržišta koji je spreman platiti za vrlo mala kašnjenja i visok kvalitet usluge (Mekki et al., 2019).

Na primjer, kompaniji koja vrši *električna mjerenja* potrebna je česta komunikacija, niska latencija i visoka brzina prenosa podataka. Obično ne zahtijevaju nisku ili dugu potrošnju energije a potreban im je nadzor mreže u stvarnom vremenu kako bi mogli donositi odluke. Za ovu aplikaciju je najpogodniji NB-IoT, jer je potrebna visoka brzina prenosa podataka i česta komunikacija. Pored toga, brojila električne energije obično su nepomična a lokacije su u gusto naseljenim područjima, te je lako obezbjeđivanje pokrivanja NB-IoT od strane mobilnih operatera. SigFox nije prikladan za ovu aplikaciju, ne bavi se niskim kašnjenjem a brojila se mogu postaviti pomoću LoRa klase C da bi se obezbijedila vrlo mala latencija (Mekki et al., 2019).

U *poljoprivredi* je potreban dug životni vijek senzorskih uređaja. Senzori temperature, vlažnosti i alkalnosti mogu značajno smanjiti i poboljšati potrošnju vode i prinosa. Uređaji ažuriraju prikupljene podatke nekoliko puta na sat. SigFox i LoRa su idealni za ovu

aplikaciju. Pored toga, mnoge farme danas nemaju pokrivenost LTE ćelijom, tako da NB-IoT nije rješenje za poljoprivredu u bliskoj budućnosti (Mekki et al., 2019).

Proizvodna automatika – nadgledanje mašina u stvarnom vremenu sprječava kvar industrijskih vodova i omogućava daljinsko upravljanje da bi se poboljšala efikasnost. U tvorničkoj automatizaciji koriste se različite vrste senzora. Neke aplikacije zahtijevaju čestu komunikaciju i visok kvalitet usluge – stoga je NB-IoT bolje rješenje od SigFox-a i LoRa-e. Međutim, tamo gdje aplikacije zahtijevaju jeftine senzore i dug radni vijek baterije, praćenje i nadzor – SigFox i LoRa su bolje rješenje (Mekki et al., 2019).

U *pametnim zgradama* senzori za temperaturu, vlagu, sigurnost, protok vode i struje upozoravaju upravitelja imovine na oštećenja. Ovi senzori zahtijevaju nisku cijenu i dugo trajanje baterije. Ne zahtijevaju kvalitetu usluge ili čestu komunikaciju – pa su SigFox i LoRa bolji za ovu klasu aplikacija (Mekki et al., 2019).

Kada se mnogi uređaji mogu povezati na vlastito podešavanje i prenijeti sve podatke na platformu podataka, koriste se LoRa uređaji. Ako npr. na parkiranju postoji dosta ograničenja koja ne propuštaju LoRa signale, mogu se instalirati NB-IoT uređaji koji podatke prosljeđuju preko mobilne mreže i zatim na vlasnikovu integrisanu platformu podataka. LoRa metoda ima prednost nad drugim metodama jer ne postoji naknada za pretplatu po uređaju, kao što je slučaj sa mobilnim mrežama (Sodaq, 2019).

5. INTERNET OF THINGS – IZAZOVI I RIZICI PRIMJENE

Internet of Things otvara nove uzbudljive mogućnosti ali i nova pitanja o interakciji između ljudi i organizacija koja posluju u digitalnom svijetu. Neka od ovih pitanja uključuju prikupljanje, obradu i vlasništvo nad podacima građana i moguću potrebu za stvaranjem novih zakonskih ili tehničkih okvira kako bi se izvršila veća kontrola nad tako velikim i složenim okruženjem. Istovremeno bi se izbjegla nepotrebna ograničenja za razvoj tržišta IoT.

Internet of Things je koncept koji ima svoje pozitivne ali i negativne strane. Pozitivne strane se odnose na mogućnost povećanja kvaliteta života, povećanje kvaliteta proizvoda i usluga, povećanje učinkovitosti proizvodnje, nove vrste poslova i sl. U kompanijama se prednost ogleda u: poboljšavanju upravljanja resursima, poboljšavanju prikupljanja podataka, dolazi do optimizacije tehnologije (Jakupović & Novaković, 2017). Postoje i negativne strane ovog koncepta a odnose se na smanjenu kontrolu nad velikom količinom informacija te gubitak poslova jer će mašine preuzeti veći dio. Loše osigurani uređaji mogu poslužiti kao ulazna tačka za cyber napade koji omogućavaju „napadačima“ da reprogramiraju uređaj i izazovu njegov kvar. Ovakvi uređaji mogu otkriti i korisničke podatke koji drugi mogu da zloupotrijebe. Da bi se procijenili sigurnosni rizici, potrebna su: jasna saznanja o trenutnim i potencijalnim rizicima; procjena ekonomskih i drugih troškova štete ukoliko dođe do realizacije rizika; procijenjena cijena smanjenja rizika (Džanić, 2017).

Velika je stopa rasta stvari spojenih na internet.⁴⁸ Uopšteno, Internet of Things može biti sve – bilo koja veza s bilo kojeg mjesta, bilo gdje. Niska cijena tehnologije dovela je do raširene fizičke distribucije IoT sistema. Sveprisutnost, prodornost i sve veća nevidljivost IoT elemenata pogoršavaju pitanja upravljanja identitetom, nadgledanja, sigurnosti kao i brige o zaštiti privatnosti (Orji & Ugwuabonyi, 2018). Istaknuti su glavni opšti izazovi koji imaju značajan uticaj na performanse IoT-a: komunikacija, umrežavanje, QoS, skalabilnost, virtuelizacija, veliki podaci, heterogenost i sigurnost (Ali et al., 2015).

Ranjivosti informacionih sistema mogu se pojaviti u bilo kojem dijelu nekog računarskog sistema a najčešće se pojavljuju u korisničkim aplikacijama. IoT sistem se zasniva na umreženim uređajima te je mogućnost različitih napada velika. Prema istraživanju McKinsey-ja iz 2017. godine, 75% stručnjaka smatra da će cyber sigurnost biti glavni prioritet. Kako rast u većini industrija zavisi od nove tehnologije (vještačka inteligencija, napredna analitika i Internet of Things), to takođe izlaže kompanije i njihove kupce novim vrstama cyber rizika. Sa IoT-om, sigurnosni izazovi prelaze sa tradicionalne IT infrastrukture kompanije u njenu povezanost proizvoda na terenu. Broj napada dramatično raste što je više stvari povezano (5G Americas, 2019).

⁴⁸ U 2003. bilo je 500 miliona stvari spojenih na internet, 2010. – 12,5 milijardi a predviđa se da će 2020. godine biti 50 milijardi stvari povezanih na internet.

Opasnosti su raznovrsne i mogu se odnositi na uništavanje podataka – tako što napadač može dobiti pristup podacima pohranjenim na diskovima ili drugim medijima i uzrokovati zloupotrebu ili uništiti osjetljive podatke, tako ih učiniti nečitljivim i onemogućiti pristup ovlaštenom korisniku. Kod autentifikacije korisnika – čvor ili uređaj se može lažno predstavljati kada neovlašteni korisnik dobije pristup kao zakoniti korisnik (Orji & Ugwuabonyi, 2018). Glavni problemi koji se odnose na sigurnost upravo se tiču provjere autentičnosti i integriteta podataka. U IoT-u takvi pristupi nisu izvodljivi s obzirom na to da pasivne RFID oznake ne mogu previše razmjenjivati poruke sa serverima radi provjere autentičnosti. Problem integriteta nastaje kada su RFID sistemi integrisani na internet jer veći dio vremena provode bez nadzora. Podaci mogu biti modificirani od strane napadača dok je spremljen u čvoru ili kad prelazi mrežu (Atzori et al., 2010).

Rizici se razlikuju, u rasponu od krađe podataka o kupcima do industrijske špijunaže i cyber napada sa teškim posljedicama. Razvijaju se i mijenjaju brzo, čak svakodnevno. Stoga, održiva cyber sigurnost zahtijeva stalno prilagođavanje i sistematski pristup izgradnji procesa i organizacija koja se može baviti cyber-sigurnošću tokom čitavog životnog ciklusa. Tema kibernetičke sigurnosti treba da uključuje preventivne, detektivske i odbrambene mjere. Sve to treba ugraditi u holistički koncept zaštite cjelokupnog IoT rješenja – na sistemskom nivou i na nivou organizacije (Helmus & Grabenhofer, 2019).

5.1. Sigurnost sistema Internet of Things

Internet of Things se kritikuje da se brzo razvija bez odgovarajućeg razmatranja ozbiljnih sigurnosnih izazova i neophodnih regulatornih promjena. Kada razmišljamo o implementaciji IoT rješenja, cyber bezbjednost mora biti prioritetna i razvijati se od samog početka (Orji & Ugwuabonyi, 2018). Samo sigurne implementacije mogu ojačati povjerenje u digitalni svijet – presudni su faktor za održivu ponudu digitalnih usluga kupcima. Cyber sigurnost je često pitanje razmišljanja i kulture kompanije. Ključni faktori uključuju pitanje u kojoj mjeri najviše rukovodstvo postavlja prioritete i investira u kibernetičku sigurnost (Helmus & Grabenhofer, 2019).

Proizvođači senzora i aktuatora ranije nisu morali voditi brigu o bezbjednosti svojih uređaja jer je bila obezbijeđena na nivou fizičkog pristupa uređaju. Kasnije, širom upotrebom IoT tehnologija situacija se počela mijenjati – sve više uređaja kroz razne vrste nadogradnji dobija spoljnu konekciju i to mijenja bezbjednosne jednačine.⁴⁹ Internet of Things rješenja ne postaju predmet malicioznih napada sa interneta na isti način i sa istom

⁴⁹ U vrijeme svoje proizvodnje i instalacije „on site“, ti uređaji su bili izolovani i niko sa njima nije komunicirao, pa je i bezbjednost bila u skladu s tim (bilo je dovoljno obezbijediti da neaturizovan personal ne može da im priđe). Danas cijeli svijet komunicira sa njima, a inicijalni bezbjednosni sistem se nije promijenio. Taj disbalans zahtijeva da se istovremeno sa konekcijom ugradi i odgovarajući nivo bezbjednosti.

svrhom kao kada su u pitanju klasične IKT tehnologije. Razlozi malicioznih napada su: a) povezuju mnoge korisnike i širok spektar aplikacija; b) omogućavaju pristup kombinaciji informacija i kontrole veće vrijednosti; c) obećavaju veću vrijednost i uticaj korisnicima, operatorima ali i napadačima. „Problem leži u osećaju lažne sigurnosti prema kojem se veruje da je sve ono što je nevidljivo ili stukturno udaljeno u dominantnom mentalnom modelu, nepostojeće, odnosno da ako nema opasnosti koja se zdravorazumski može detektovati i pojmiti onda nema nikakve opasnosti“ (Marković & Novaković, 2016).

Ovo znači da se u bezbjednosne proračune moraju uzeti u obzir i nama nevidljive prijetnje jer ne mora značiti da su nevidljive i onima koji predstavljaju nevidljivu prijetnju. Takve prijetnje postanu vidljive tek kada bude kasno. Stoga se ne smije dozvoliti primjena IoT tehnologija bez jasnog bezbjednosnog protokola kod cloud provajdera te krajnjeg korisnika tehnologije. Takođe, od proizvođača se mora zahtijevati odgovarajući nivo bezbjednosti ugrađen u senzore i aktuatore te mogućnost prilagođavanja bezbjednosnim standardima tokom vremena. Upravljanje bezbjednošću IoT-a je stalan posao jer svakodnevno nastaju nove prijetnje te sistem bezbjednosti mora biti proaktivan (Marković & Novaković, 2016).

5.2. Privatnost i profiliranje

Korisnici interneta imaju visak nivo povjerenja u internet, u njegove aplikacije i uređaje koji su povezani, na takav način da njihove aktivnosti na internetu ne budu na bilo koji način zloupotrijebljene. Povjerenje i sigurnost kod Internet of Things je fundamentalno povezano sa povjerenjem korisnika u okruženje. Ukoliko bi to povjerenje izostalo, to bi dovelo do smanjenog korištenja, čak i prestanka korištenja ovih uređaja. Svaki senzor ili uređaj spojen na internet predstavlja rizik kroz: fizički uređaj, lokalnu mrežu ili usluge u oblaku (Džanić, 2017). Sigurnost je kritična komponenta za omogućavanje širokog prihvatanja IoT tehnologija i aplikacija (Miorandi et al., 2012). Bez garancija u pogledu povjerljivosti, autentičnosti i privatnosti na nivou sistema, zainteresovane strane vjerovatno neće usvojiti IoT rješenja u velikoj mjeri. U perspektivi otvorenog IoT eko-sistema, pri čemu se razlikuju akteri koji mogu biti uključeni u zadati scenarij prijave⁵⁰, javlja se jedan broj sigurnosnih izazova. Tako se mogu identifikovati tri ključna pitanja koja zahtijevaju inovativne pristupe: povjerljivost podataka, privatnost i povjerenje.

Povjerljivost podataka predstavlja osnovno pitanje u IoT scenariju, što ukazuje na garanciju da samo ovlašteni subjekti mogu pristupiti i mijenjati podatke. Ovo je naročito važno u poslovnom kontekstu, pri čemu podaci mogu predstavljati sredstvo koje treba zaštititi da bi se zaštitila konkurentnost i tržišne vrijednosti. Zahtijeva definisanje

⁵⁰ Npr. jedan akter zbog fizičkih senzora/pokretača, jedan akter koji obrađuje podatke, različiti akteri koji pružaju različite usluge krajnjim korisnicima na osnovu takvih podataka

mehanizma kontrole pristupa i definisanje procesa mehanizma autentifikacije objekta (sa povezanim sistemom upravljanja identitetom) (Miorandi et al., 2012).⁵¹

Privatnost podataka predstavlja jedan od stubova povjerenja. Veliki broj uređaja prikupljaće veliku količinu vrlo detaljnih i ličnih podataka bez aktivnog učestvovanja ljudi i dijeliti ih bazama koje su u vlasništvu velikih kompanija. Stoga su mogućnosti zloupotrebe na tom području dosta velike. Postavljaju se mnoga pitanja koja se odnose na to šta kompanije koje prikupljaju podatke sa IoT uređaja rade sa tim podacima. Poznato je da personalni podaci imaju ekonomsku vrijednost pa se postavljaju pitanja o tome šta se radi sa prikupljenim podacima i da li se ti podaci mogu zloupotrijebiti (Džanić, 2017).⁵² Najčešći i najlakši oblik napada na privatnost podataka je prisluškivanje i pasivno praćenje. Ako poruke nisu zaštićene kriptografskim mehanizmima, napadač je lako razumio sadržaj. Kriptografske enkripcije, između ostalog, su i neke od mjera bezbjednosti predložene da budu kamen temeljac IoT sigurnosti (Orji & Ugwuabonyi, 2018). Internet of Things je ranjiv na napade jer su njegove komponente veći dio vremena bez nadzora a i većina komunikacija je bežična, što prisluškivanje čini krajnje jednostavnim. Takođe, većinu IoT komponenti karakterišu male mogućnosti u smislu energije i računarskih resursa i time oni i ne mogu implementirati složene sheme koje podržavaju sigurnost (Atzori et al., 2010).

S obzirom da veliki broj RFID sistema nemaju odgovarajući mehanizam za provjeru autentičnosti, svako može pratiti oznake i pronaći identitet objekata. Uljezi ne mogu samo čitati podatke, već ih mogu i izmijeniti ili čak izbrisati. Zbog mobilnih uređaja poput pametnih telefona, prenosnih računara, pametnih satova, mobilnih senzora i sl. koji su spojeni na internet, postoji minimalno ili nikakvo jamstvo da će ti uređaji biti osigurani. Zato ne postoji garancija privatnosti (Orji & Ugwuabonyi, 2018). Privatnost definiše pravila pod kojima pojedini korisnici mogu pristupiti podacima koji se na njih odnose. Na primjer, aplikacije za zdravstvo predstavljaju najistaknutije područje primjene, pri čemu nedostatak odgovarajućeg mehanizma za obezbjeđenje privatnosti ličnih i osjetljivih

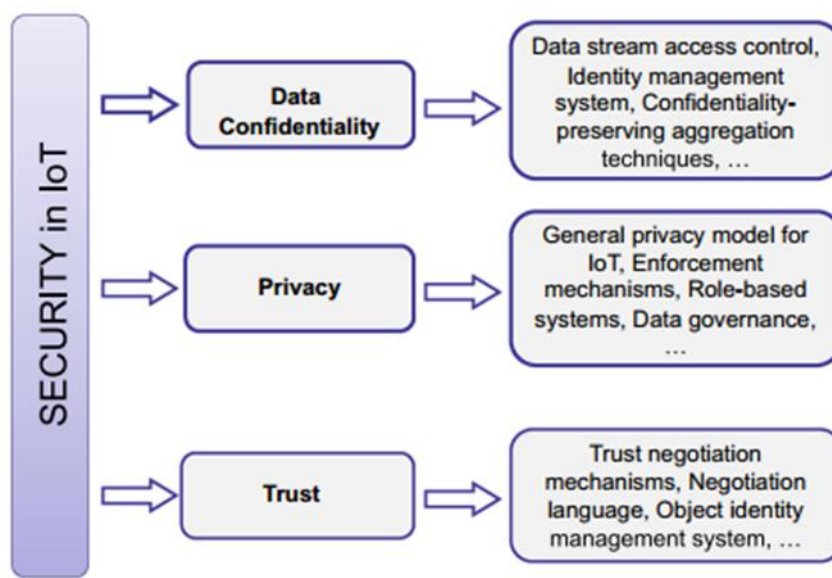
⁵¹ Na primjer, možemo razmotriti podatke koje daju bio-senzori, koji se koriste za garanciju kvaliteta u prehrambenoj industriji, o bakterijskom sastavu proizvoda. Ovi podaci su povjerljivi jer njihovo nekontrolisano širenje može naštetiti ugledu kompanije i njenoj konkurentnosti.

Drugi primjer – aplikacija za nadgledanje životne sredine, gdje se podaci koriste za upućivanje ranog upozorenja, sistem protiv, npr. porasta cunamija, zemljotresa i sl. U ovakvoj situaciji podaci bi trebali biti dostupni samo nadležnim organima civilne zaštite koji mogu uspostaviti odgovarajuće strategije upravljanja rizicima. Propuštanje takve informacije u javnoj sferi mogu dovesti do haotične i panične situacije, ugrožavajući bezbjednost velikog broja ljudi.

⁵² Zaštita privatnosti kod podataka koji se odnose na kvalitet životne sredine ili broj slobodnih parking mjesta u gradu ne predstavlja problem. Međutim, kada su u pitanju lični podaci, ovo je veoma bitno. Neki IT stručnjaci smatraju da ovakvi problemi čak mogu spriječiti dalju ekspanziju IoT-a jer će korisnici imati otpor u prihvatanju tehnologija koja im može ugroziti bezbjednost i privatnost. Međutim, ako se osvrnemo na razvoj nekih tehnologija koji danas čine sastavni dio naše svakodnevnice (poput pametnih telefona, društvenih mreža), vidi se da su ljudi prilično lako ustupili dio svoje privatnosti za udobnost i zabavu.

informacija utiče na usvajanje IoT tehnologija. Bežični kanal povećava rizik jer se sistem izlaže prisluškivanju – stoga privatnost predstavlja stvarno otvoreno pitanje koje može uticati na razvoj IoT. Razvoj konkretnih pristupa za izgradnju mehanizma za očuvanje privatnosti predstavlja izazov u razvoju IoT (Miorandi et al., 2012). U tom kontekstu, prije nego što IoT tehnologije postanu sveprisutne u našim životima, potrebno je riješiti pitanje implementacije kvalitetnih i standardizovanih sistema za osiguranje privatnosti podataka.

Slika 7. Grafički prikaz sigurnosnih izazova u Internet of Things



Izvor: (Miorandi et al., 2012)

Sposobnost uspostavljanja povjerenja je zahtjev koji je zaista strogo povezan sa pitanjima upravljanja identitetom i kontrolom pristupa. Pregovaranje o povjerenju odnosi se na razmjene vjerodostojnosti koji omogućava stranci, zahtijevajući uslugu ili resurs od druge strane, da dostave potrebne certifikate za dobijanje usluge ili resursa (Miorandi et al., 2012). Budući da će se aplikacije i usluge u skali IoT-a širiti po više administrativnih domena i uključivati više režima vlasništva, postoji potreba za uspostavljanjem okvira povjerenja koji će korisnicima sistema omogućiti da imaju povjerenje u to da se na informacije i usluge koje razmjenjuju zaista mogu pouzdati. Okvir povjerenja treba biti u stanju da se bavi ljudima i mašinama kao korisnicima, tj. treba da prenosi povjerenje ljudima i mora biti dovoljno robustan da ga mogu koristiti mašine bez uskraćivanja servisa (usluge) (Vermesan & Friess, 2014).

Sva ova pitanja su veoma važna, ne mogu se odvojiti od etičkih aspekata i nužno ih je regulisati zakonskim regulativama. Ono što predstavlja poteškoću jeste potreba konstantne usklađenosti sa regulatornim propisima a iz prakse nam je poznato da se tehnologije razvijaju brže nego što ih propisi mogu pratiti. Ključni problem koji se javlja su i nacionalna zakonodavstva – pravo je vezano za određenu teritoriju na kojoj se primjenjuje, odnosno nadležnost nacionalnog prava završava se sa nacionalnim granicama. Međutim, internet se ne zaustavlja na nacionalnim granicama. Podaci koji se prikupljaju pomoću IoT

uređaja nemaju ograničenja kada su u pitanju državne granice. Tako prenos podataka može postati pravni problem ako bi u pitanju bili lični i osjetljivi podaci.

Sumirajući izazove sa kojima se susreće Internet of Things, vidimo da su izazovi po pitanju sigurnosti slični kao kod klasičnog interneta gdje je računar krajnja tačka komunikacije. Ovi izazovi se produbljuju zato što kod IoT uređaja mora praviti kompromis sigurnost/cijena. Svaki, slabo osigurani, IoT uređaj koji je na mreži, potencijalno utiče na sigurnost i otpornost interneta, ne samo lokalno, nego i globalno (Džanić, 2017). Zato je osiguranje arhitekture IoT-a, proaktivna identifikacija i zaštita od napada i zloupotrebe izuzetno važno.

6. RAZVOJ I ZASTUPLJENOST KONCEPTA INTERNET OF THINGS U BOSNI I HERCEGOVINI

Prema Izvještaju Global Digital-a iz 2020. godine (Global Digital, 2020a) o upotrebi interneta, mobilnih uređaja, društvenih medija i e-trgovine, više od pet milijardi ljudi širom svijeta danas koristi mobilni telefon, što predstavlja oko dvije trećine ukupnog svjetskog stanovništva. U odnosu na isti period prošle godine evidentiran je rast od 2,4%. Širom svijeta postoji oko četiri i po milijarde korisnika interneta što znači globalni broj penetracija od 59% a u odnosu na prošlu godinu rast od 7%. Društvene medije koristi 49% svjetskog stanovništva što je u odnosu na prethodnu godinu više za oko 9%.

Kada je u pitanju ekosistem EU za internet, cloud i Big data, prema viziji Evropske komisije (2016) do 2020. godine bi trebalo da se razvije:

- Usvajanje ovih tehnologija u Evropi jednako ili naprednije od ostalih naprednih ekonomija;
- Industrija EU, uključujući mala i srednja preduzeća, igra relevantnu ulogu u razvoju IoT kombinovanih ekosistema i njihova difuzija u Evropi i svijetu;
- Evropski poslovni i potrošački korisnici, kao i socio-ekonomski sistem u stanju da iskoristi prednosti širenja IoT-a u smislu inovacija, dodatnog rasta i poboljšanja kvaliteta života.

Specifični ciljevi bi se odnosili, između ostalog, na ulaganje u razvoj tehnologija za IoT, Cloud i Big Data kombinacije, koje prema dizajnu mogu upravljati složnošću, pružaju skalabilnost, garanciju, upotrebljivost i očuvanje privatnosti. Evropa mora da razvije ekosisteme snabdijevanja i premosti jaz između istraživanja i tržišta (Aguzzi, S., Bradshaw, D., Canning, 2014).

6.1. Bosna i Hercegovina i IKT sektor

U savremenom digitalnom dobu, zahvaljujući informaciono komunikacionim tehnologijama, neka fizička ograničenja su svedena na minimalnu mjeru ili čak potpuno eliminisana. Prenos informacija sada ne poznaje granice te su stoga i prepoznate kao veoma važne, pa tako i njihov rast i razvoj. Sam kontekst i način upotrebe IKT-a određuje njihov učinak. Zato se dinamika i smjer njihovog razvoja definiše na nivou smjernica, politika i strategija pojedinih zemalja uzimajući u obzir međunarodne i smjernice Evropske unije. Evropska unija posvećuje izuzetnu važnost razvoju ovih tehnologija. Iako ne prati trend razvoja Evropske unije u dovoljnoj mjeri, Bosna i Hercegovina ima za cilj da razvija ovu oblast u svim mogućim segmentima⁵³ (Službeni glasnik BiH, 2017a).

⁵³ U Bosni i Hercegovini se razvija domaća softverska industrija koja pokazuje veliki potencijal rasta te se smatra vrlo respektabilnim potencijalom. „Danas u BiH posluje više od 420 malih, srednjih i velikih IT

Jedan od najvažnijih dokumenata EU u pogledu težnje za uspostavljanjem informacionog društva smatra se „Lisabonska deklaracija“ a među sedam vodećih inicijativa ekonomske strategije Evropa 2020 nalazi se „Digitalna agenda za Evropu“. U junu 2018. Evropska unija je započela Digitalnu agendu za Zapadni Balkan čiji je cilj doprinijeti tranziciji regije u digitalnu ekonomiju i donijeti dodatnu vrijednost u procesu digitalne transformacije kao što su: ekonomski rast, otvaranje novih radnih mjesta i boljih digitalnih usluga. To će otvoriti mogućnosti da se pomoć pruži ne samo BiH, nego i širem regionu. Važno je naglasiti da je podrška stvaranju održivih gradova i zajednica globalno prepoznata kao jedan od ciljeva održivog razvoja (*Sustainable Development Goals*), za koje su se sve zemlje svijeta obavezale da ih ispune do 2030. Digitalna agenda obavezuje države Zapadnog Balkana⁵⁴ na (EU Projekt, 2018):

1. Ulaganje u širokopojasnu povezanost – investicije u digitalnu infrastrukturu za šta će ovim zemljama biti na raspolaganju donacije iz sredstava EU (30 mil. EUR);
2. Pобољшanje digitalne sigurnosti, povjerenja u digitalne tokove i digitalizaciju industrije;
3. Jačanje digitalne privrede i društva kroz razvijanje alata za elektroničke usluge u oblasti zdravstva, uprave, javnih nabavki s naglaskom na obrazovanje mladih ljudi koji će te servise moći razvijati i održavati;
4. Jačanje istraživanja i inovacija kroz uspostavljanje nacionalnih istraživačkih ustanova.

Bosna i Hercegovina prepoznaje važnost IKT sektora kao veoma bitnog za ekonomski razvoj zemlje, socijalnu dobrobit i konkurentsku poziciju države u regionu i Evropi. Kao prepreke koje imaju uticaja na razvoj IKT-a u Bosni i Hercegovini navode se: nizak nivo digitalne pismenosti i vještina, nedostatak institucionalne podrške, nepostojanje učinkovite konkurencije na broadband tržištu, nedostatak širokopojasne infrastrukture, nedovoljna javna ulaganja i investicije, nepostojanje okvira interoperabilnosti, nizak nivo sigurnosti u BiH u oblasti IKT, povećanje visokotehnološkog kriminala, neadekvatna postojeća legislativa, neujednačena zastupljenost akademsko istraživačke mreže, nedostatak IKT radne snage. U rizike se ubrajaju: nekorištenje sredstava iz EU fondova, nedovoljno ulaganje u IKT, interes vlasti minimiziran, spori razvoj IKT (Službeni glasnik BiH, 2017a).

kompanija, koje su u proteklih pet godina zabilježile rast prihoda od 201% do čak 1419%, a rast u broju zaposlenih i do 583%“. Softverska industrija BiH ima kapacitet za zapošljavanje kvalifikovanih kadrova i isporuku visokokvalitetnih softverskih rješenja, kako na području BiH tako i na najzahtjevnija svjetska tržišta (kao što su SAD i EU).(Službeni glasnik BiH, 2017a)

⁵⁴ Albaniju, Kosovo, Crnu Goru, Makedoniju, Srbiju i Bosnu i Hercegovinu

6.2. Digitalna transformacija u Bosni i Hercegovini

Kad je u pitanju ekonomija Bosne i Hercegovine, može se istaći da nema dovoljno primjene digitalnih alata za istraživanje tržišta. Digitalnu transformaciju poslovanja u najvećoj mjeri je sproveo bankarski sektor. U bankarstvu je već godinama nemoguće provesti neki poslovni proces bez nekog oblika aplikativne podrške. Nekada je to značilo aplikativnu podršku za šalter i back office, ali već duže vrijeme to znači razvoj digitalnih kanala dostupnih klijentu.

Digitalna privreda raste sedam puta brže od ostale privrede ali taj potencijal trenutno koči neujednačeni sveevropski okvir politika. Evropa zaostaje za ostalim zemljama u pogledu brzih, pouzdanih i povezanih digitalnih mreža koje podupiru privrede i svaki dio našeg poslovnog i privatnog života. Veliki dio rasta digitalne privrede pokreće širokopojasni internet. Razvoj mreža velike brzine danas ima isti učinak kakav je imao razvoj električne energije i prometnih mreža vijek ranije. Postizanje ciljeva Digitalne agende otvorilo bi put inovativnim uslugama kao što su e-zdravstvo, pametni gradovi i proizvodnja utemeljena na podacima (European Commission, 2014). Cilj Digitalne agende nije samo svakom Evropljaninu omogućiti pristup internetu, već pomoći ljudima da se snađu u digitalnom svijetu. Računari, mobilni telefoni i digitalne tehnologije središnji su dio naših svakodnevnih života i mogu nam pomoći pri rješavanju mnogih izazova s kojima se suočavamo, od bezbjednosti na cestama i zdravijeg starenja do boljih javnih usluga i održive životne sredine. Pametni grad je mjesto u kojem su tradicionalne mreže i usluge postale učinkovitije primjenom digitalnih i telekomunikacionih tehnologija, za dobrobit njihovih stanovnika i poslovnih subjekata (European Commission, 2014).

Digitalizacija na bilo koji način pomaže da se naprave ključne uštede, ubrzaju poslovni procesi ali i da se optimalno koriste raspoloživi resursi. Bosna i Hercegovina ne prati trend razvoja kada je u pitanju proces digitalizacije iako je evidentno da postoji veliko interesovanje za to. Postoje institucije i kompanije koje su dostigle visok stepen digitalizacije ali to nije plod sistemskog rada i plana za digitalizaciju, nego pojedinačnih rješenja unutar tih organizacija (Kovač, 2019). Smatra se da je osnovna prepreka ka bržem usvajanju i primjeni procesa digitalizacije, bojazan našeg društva od nepoznatog i novog. Za većinu stanovništva to znači gubitak radnih mjesta (Kovač, 2019).

U Bosni i Hercegovini djeluje udruženje Bit Alliance, asocijacija najznačajnijih kompanija IT industrije (osnovano 2014.) u čijim ujedinjenim kompanijama je zaposleno oko 80% ukupnog IT kadra u BiH. Osnovni ciljevi ovog udruženja se odnose na pokretanje donošenja institucionalnih strateških rješenja za identifikovane ključne nedostatke, izazove i probleme u razvoju industrije a tiču se:

- nedostatka kvalifikovanog IT kadra i negativan trend koji se nastavlja,
- nerazvijena IT infrastruktura i nedostatak podsticaja razvoju,
- nepovoljno zakonodavno okruženje za poslovanje i rast IT industrije.

Prema svjetskim istraživanjima (Bit Alliance, 2019), fenomen razvoja IT industrije nastaviće da se kreće još dinamičnijim tokovima, posebno kada je posmatramo kao osnovni element Četvrte industrijske revolucije koja je definisana platformom digitalne transformacije. U javnosti se nedovoljno naglašava koliko novih poslova donosi Četvrta digitalna revolucija, u čemu je jedan od njenih osnovnih potencijala koje i naša država može i mora mnogo bolje da iskoristi na način da što više mladih ljudi bude školovano i obučeno za profesije budućnosti. Prema istraživanju Bit Alliance (Bit Alliance, 2019) postoji potreba za oko 6.000 novih ljudi u IT industriji, a trenutni sistem obrazovanja ne može da kreira ni za 30 godina. Pored toga, kvalitet obrazovanja je upitan, tako da je jedini način realizacije ovog cilja promjena politike sa fokusom na podršku mladima kroz adekvatno obrazovanje koje vodi zapošljavanju, a ne nužno investicijama u ogromne infrastrukture i sl. Jedna od najvažnijih vrijednosti IT industrije u BiH je i to što 60-70% radne snage čine kadrovi do 35. godine života, što predstavlja veliki potencijal za njen razvoj. Procijenjeno je da obrazovanjem 1.000 novih IT inženjera Bosna i Hercegovina potencijalno može da prihoduje oko 120 miliona KM godišnje.⁵⁵

Prema PwC istraživanju⁵⁶ iz 2019. godine na nivou BiH, oko polovina menadžera i vlasnika IT kompanija ističu niz barijera koje negativno utiču na razvoj IT industrije – odsustvo podrške državnih institucija, izostanak investicija vlasti u razvoj obrazovanja, a time i nepostojanje adekvatnih programa za razvoj stručnjaka u ovoj oblasti. Navode i nedovoljnu promociju kapaciteta ove industrije što navodi institucije da daju prednost stranim provajderima umjesto domaćim za realizaciju istih usluga. Smatra se da je slaba institucionalna povezanost obrazovnog i realnog sektora, nedovoljan broj stručnih skupova iz ove oblasti, destimulirajuću poresku politiku, te slabu integraciju kompanija u ovoj industriji po sistemu klasterizacije uz neetički pristup agresivne regrutacije talenata. Naše IT kompanije su često prinuđene da odbijaju visokoprofitabilne poslove zbog ograničenosti u radnoj snazi, čime i sama država gubi višemilionske iznose na godišnjem nivou. Problem je još izraženiji zbog izraženog trenda odlaska postojećih IT kadrova u inostranstvo (Bit Alliance, 2019).

Bit Alliance je definisala tri osnovna fokusa djelovanja koji se odnose na: a) saradnju sa akademskom zajednicom na kreiranju novih i revidiranju postojećih nastavnih planova i programa u skladu s potrebama IT industrija; b) saradnju s vlastima u kreiranju stabilnog poslovnog okruženja putem definisanja specifičnih zakonskih propisa koji podrazumijevaju usvajanje i implementaciju strategija i politika za razvoj IT industrije; i c) saradnju među kompanijama članicama – zajedničko djelovanje ima za cilj da doprinese rješavanju izazova koji usporavaju rast IT industrije.

⁵⁵ Poređenja radi, u Temišvaru, koji je po broju stanovnika približan Sarajevu, obrazovni sistem godišnje edukuje oko 7.000 inženjera, a cijela Rumunija ima oko 150.000 IT stručnjaka.

⁵⁶ Analitička kuća PwC (PricewaterhouseCoopers) je multinacionalna mreža profesionalnih usluga sa sjedištem u Londonu.

Zašto je digitalna transformacija prioritet? U digitalnoj transformaciji leži ključ budućeg rasta u Evropi. Evropska komisija je uspostavila novi program Digitalna Evropa s ukupnim budžetom od 9,2 milijarde EUR za oblikovanje i potporu digitalnoj transformaciji evropskih društava i privrede. Programom će se podstaći ulaganje preduzetničkog kapitala u superračunarstvo, umjetnu inteligenciju, cybersigurnost i napredne digitalne vještine (Evropska komisija, 2018).

Prema objavljenom izvještaju Digital Global za 2020. godinu (Global Digital, 2020b), broj internet korisnika je premašio četiri i po milijarde i sada 59% svjetske populacije je online. Kako to izgleda u Bosni i Hercegovini vidi se iz sljedećeg: Internet penetracija u Bosni i Hercegovini iznosi 72%, 2,37 miliona stanovnika su povezani na internet. Penetracija mobilnog interneta je više sto posto (105%), što znači da je u Bosni i Hercegovini broj pretplata na mobilni internet veći od broja stanovnika stanovnika (rast od 1,5% u odnosu na prethodnu godinu). Građani BiH su aktivni korisnici društvenih mreža – čak 1,7 miliona, u odnosu na prethodnu godinu zabilježen rast od 3,6%. Statistika po kojoj se BiH nije proslavila jeste brzina mobilnog interneta, te se nalazi na dnu rang liste.

6.3. Internet of Things u Bosni i Hercegovini

Nesporna je činjenica da u Bosni i Hercegovini žive i rade pametni i obrazovani ljudi u koje treba ulagati a i podizati svijest o neophodnosti i koristima digitalizacije. Ove aktivnosti, pored ostalog, zavise od razumijevanja menadžmenata kompanija koji treba pokretati inicijative za razvoj digitalnih tehnologija i time mijenjanje poslovnih modela a i sistema, kao važnog aktera u kontekstu regulative i legislative. Ono što se može vidjeti iz svakodnevnog života jeste da je stanovništvo u određenoj mjeri digitalizovano. Postoje pojedinačni slučajevi (uglavnom kod pojedinaca ili u privatnom sektoru) implementacije Internet of Things, međutim, do preciznih informacija je teško doći jer ne postoje zvanične informacije o tome niti na drugi način dostupnih podataka.

U skladu sa UN Agendom 2030 i EU Digitalnom agendom 2020 koje definišu pravce reformi u zemljama Evropske unije ali i smjernice za zemlje kandidate kao što je Bosna i Hercegovina, pojam digitalne transformacije se vezuje za uvođenje „pametnih tehnologija“. Pametna IKT rješenja će se uvoditi u oblast obrazovanja, vladinih servisa, omogućiće kreiranje pametnih gradova i transformisanje javne usluge, doći će do tranzicije sa motora koji koriste fosilna goriva na električna vozila i masovnog postavljanja senzora (milijarde senzora kroz razne „pametne“ aplikacije) kroz koncept Internet of Things koji će praktično svaki objekat oko nas dovesti na internet i korelisati ga sa drugim objektima i pojavama, i sl. Cilj ovih smjernica je promjena postojećih normi u društvu i da nam pomognu da budemo odgovorniji prema dostupnim prirodnim resursima, prirodi, klimatskim promjenama, ali i prema drugim ljudima kreirajući humanije odnose. Ovo sve predstavlja prelazak u Petu industrijsku revoluciju, nazvanu Društvo 5.0 u čijem centru

nisu tehnologije i mašine, nego čovjek i njegova unutrašnja transformacija (Mastilović, 2019a).

„Međutim, put do Društva 5.0 mora proći kroz Industriju 4.0 i naše povezivanje i napredno razumijevanje tehnologije, etike u tehnologiji, promjena u sociološkom smislu (npr. očekivano je da će djeca prvo naučiti koristiti pametne telefone pa tek onda naučiti pisati, čitati i govoriti; povećana upotreba znakova tzv. smajlija nas vraća u predistorijski način slikovne komunikacije; posljedice ovih promjena još nisu poznate niti su dovoljno istražene)“ (Mastilović, 2019a).

Četvrta industrijska revolucija koja uvodi „pametne“ tehnologije se ogleda u skupljanju i naprednoj analizi prikupljenih podataka da bi se iz njih izvela netrivialna znanja koja nisu u dometu ljudskih procjena i proračuna. Svrha masovnog prikupljanja podataka i njihova analiza je omogućavanje efikasnijeg upravljanja postojećim procesima i produbljivanje njihovog razumijevanja (Mastilović, 2019a).

Pojava pametnih gradova se vremenski uskladila sa ulaskom u Četvrtu industrijsku revoluciju kada se polako napušta digitalna i prelazi u informacijsku eru, gdje su u centru poslovnog modela podaci, njihovo prikupljanje i spašavanje te analiza i sticanje dodatnih znanja koja se onda pretvaraju u dodatnu vrijednost. Istina je da ovaj proces donosi sa sobom i određene rizike koji se odnose na narušavanje privatnosti i zloupotrebu prikupljenih podataka. Stoga je nužno ovu oblast popratiti adekvatnim zakonskim i regulatornim okvirom i da privatnost građana bude zaštićena.

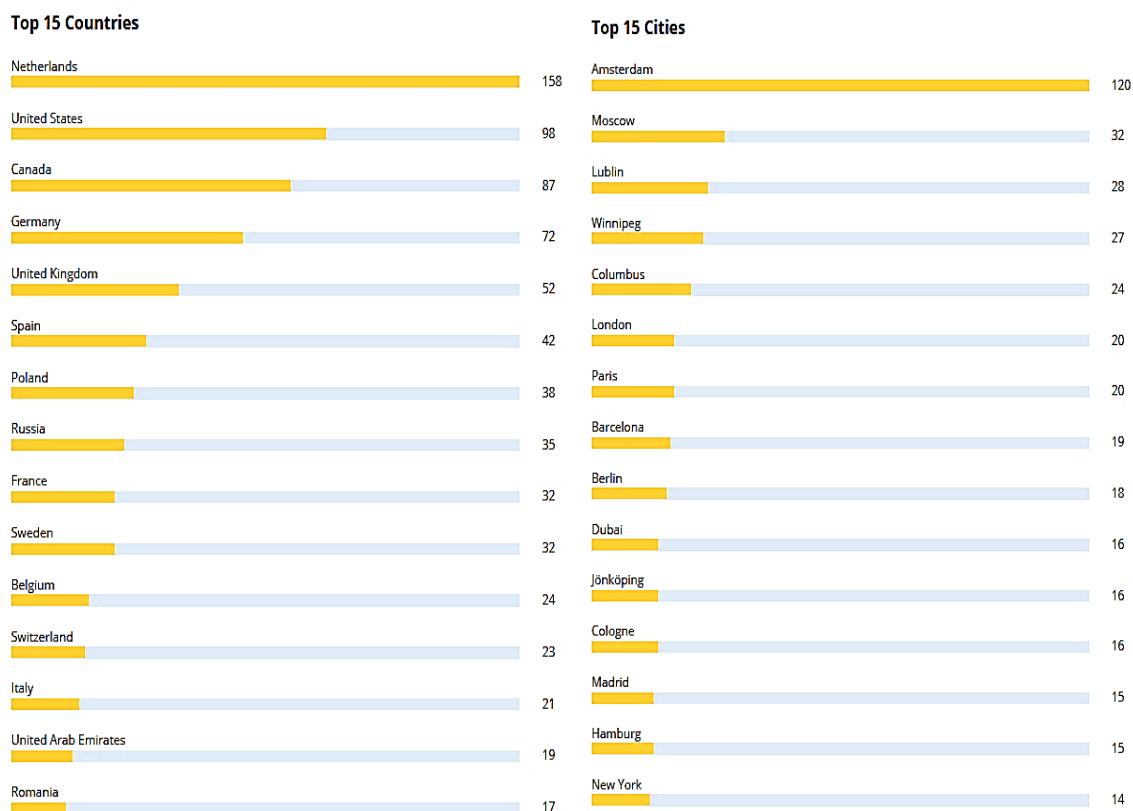
Koncept pametnog grada nametnuo se kao neizbježna platforma za implementaciju Internet of Things, Big Data, uopšte prostor za instalaciju masovnih senzorskih mreža koje trebaju kvantifikovati procese i veličine u jednoj urbanoj sredini. Prema definiciji Ujedinjenih nacija (Mastilović, 2019b) koja se najčešće uzima kao referentna, pametni grad je kompleksni sistem koji uvodi IKT rješenja da bi unaprijedio postojeće i buduće javne servise grada i ukupne performanse poslovnih procesa u urbanoj sredini, kao što su upravljanje energijom i transportom, uz smanjenje potrošnje resursa, smanjenje zagađenja, unapređenje upravljanja otpadom, a sve u cilju povećanja ukupnog zadovoljstva građana i kvaliteta života i življenja.

Internet of Things je važan faktor na polju pametnih gradova. Gradovi imaju mogućnost da ostvare partnerstva sa telekom kompanijama da bi se izvršila ujednačena i neometana instalacija uređaja širom jednog grada. U okviru Inicijative za Pametno Sarajevo („Sarajevo – Smart City inicijativa“), koju, u saradnji sa Gradom Sarajevom implementira UNDP (UNDP u BiH, 2018), više od 35 IT kompanija (uključujući i BH Telecom), uključeni su u diskusije i identifikaciju tehnoloških i inovacionih „prečica“ kada su u pitanju razni izazovi vezani za pametne gradove. Ova pilot inicijativa ima za cilj otvoriti dijalog između građana, predstavnika vlasti, akademske zajednice i privatnog sektora o budućnosti razvoja pametnog Sarajeva te testirati inovativna rješenja za digitalno urbano

planiranje, unapređenje javnih usluga korištenjem novih tehnologija. Multisektorska savjetodavna grupa City Mind Lab okuplja više od 120 stručnjaka iz Sarajeva od kojih se očekuje da vodi cijeli proces i ponudi inovativne ideje i rješenja.

Na osnovu baza podataka Bee Smart City⁵⁷ rješenja, prikazujemo top 15 rangiranih zemalja i gradova. Poredak pokazuje distribuciju smart city rješenja po kontinentu, državi i gradu u kome su implementirana. Rangiranje pomaže gradovima da utvrde svoj položaj u globalnoj bazi podataka, podstiče ih da inspiraciju potraže u vodećim gradovima i povećaju napore i poboljšaju svoje rezultate (Bee Smart City, 2018).

Slika 8. Distribucija smart city rješenja – države i gradovi



Izvor: (Bee Smart City, 2018)

Gledajući globalno, koncept pametnih gradova je u samom početku, praktično ne postoji urbana sredina koja bi mogla poslužiti kao primjer potpune konverzije konvencionalnih servisa u *pametne*. Prema nekim autorima (Mastilović, 2019b), za Bosnu i Hercegovinu se

⁵⁷ Bee Smart City je vodeća globalna mreža rješenja pametnih gradova i zajednica koja trenutno broji oko 13.000 članova iz 170 zemalja a sadrži 640+ rješenja Smart City implementiranih u preko 1000 lokalnih zajednica (opština). Misija Bee Smart City je osnaživanje inteligentnih gradova kroz omogućavanje globalne razmjene rješenja najbolje prakse. Pored baze podataka o pametnim gradskim rješenjima, Bee Smart City upravlja globalnim centrom znaja o pametnom gradu, koji sadrži strategiju pametnog grada i uvide o rješenjima te pruža savjetodavne usluge gradovima, državnim organima i kompanijama.

može reći da ne kasni za ostatkom svijeta, čak je napravila značajne iskorake u tom smislu. Na području grada Istočno Sarajevo i opštine Istočna Ilidža realizovan je projekat *Pametne javne rasvjete*, kao dio projekta EU.⁵⁸ Centri za skupljanje i obradu podataka uspostavljeni su Istočnom Sarajevu i u Istočnoj Ilidži. Sam sistem se samoreguliše i trenutno postiže uštede od 47% električne energije u odnosu na konvencionalni sistem javne rasvjete uz trend povećanja stepena uštede od 1% mjesečno. Projekat ne obuhvata veliko geografsko područje ali je dobar primjer za demonstraciju efekata ovog sistema i ukupnih potencijala sistema servisa pametnog grada.

U prilog navedenom mišljenju je i to da je u Banjaluci promovisana i puštena u upotrebu aplikacija „Pametni parking“⁵⁹ čiji su autori studenti banjalučkog Univerziteta u partnerstvu sa kompanijom Prointer ITSS Banja Luka. Putem mobilne aplikacije ili veb sajta korisnici u svakom trenutku mogu dobiti informacije da li na određenom parkingu ima slobodnih mjesta i koliko, te detaljne informacije o parkingu, zonama i cijenama. Za izradu aplikacije korišteni su algoritmi vještačke inteligencije za prepoznavanje vozila na ulasku parking kamerama (Prointer, 2020).

Kao argument da se u ove procese može i treba ući je postojanje poslovnog modela gdje je povrat investicije siguran i kreće od dvije do sedam godina, u zavisnosti od toga o kojem servisu pametnog grada se radi (Mastilović, 2019b). Gledano dugoročno, ovo obezbjeđuje da se uštedeći novac usmjeri na izgradnju dodatnih servisa i infrastrukture i sl. što bi bilo od značaja za građane.

Postoji zanimanje i spremnost sve većeg broja gradova za koncept Smart city-e. Naročito je ohrabrujuće što postoji spremnost da se uči na primjerima dobre prakse i pametnih rješenja za gradove EU – jer ovo može biti značajan pokretač promjena u realizaciji koncepta pametnih gradova u BiH. Najčešće korišteni oblici učenja vezani za širi lokalni razvoj su (eKapija, 2019):

- Mehanizam uparivanja gradova (city twinning mechanism), koji podstiče interakciju i komunikaciju među gradovima,
- Učešće na regionalnim i međunarodnim konferencijama gradova i networking događajima koji omogućavaju razmjenu dobrih praksi i ideja,
- Učešće gradova u regionalnim i evropskim projektima (npr. Horizon 2020.) koji obezbjeđuju razmjenu i saradnju.

Svaki od ovih načina obezbjeđuje resurse za eksperimentisanje i prenošenje znanja sa grada na grad.

⁵⁸ Projekat Med Esmartcity, realizovan od strane Gradske razvojne agencije Istočno Sarajevo (RAIS).

⁵⁹ U januaru 2020., na javnom parking i garaži kod sportske dvorane „Borik“

Vizija razvoja informacionog društva u Bosni i Hercegovini u narednom periodu je „Bosna i Hercegovina – digitalna država, koja je prepoznala društveni i ekonomski potencijal IKT-a i širokopojasnog pristupa“ (Službeni glasnik BiH, 2017a). Mjere za dalji razvoj širokopojasne strukture i na njoj zasnovanih usluga ostvarivaće se kroz sljedeće prioritete: a) izgradnju širokopojasnih mreža koje će omogućiti velike brzine prenosa i pružanje novih usluga, čime se obezbijediti pouzdan pristup multimedijalnim i interaktivnim sadržajima; b) stimulirati primjenu širokopojasnih bežičnih pristupnih mreža u ruralnim područjima s ciljem smanjenja digitalne podjele stanovništva; c) podsticanje razvoja digitalnih sadržaja i usluga kao i provođenje konvencionalnih sadržaja u digitalni format; d) harmonizacija regulative u elektronskih komunikacija i medija koji će biti tehnološki neutralni i koji će omogućiti lakšu konvergenciju informacijskog društva i medijskih usluga; e) obezbjeđivanje tehničkih preduslova za realizaciju širokopojasnog pristupa internetu svim korisnicima, a naročito institucijama, školama i obrazovnim ustanovama; f) unapređenje saradnje sa svim naučnim institucijama u BiH i omogućavanje njihove saradnje na važnim projektima za razvoj informacionog društva; g) uključivanje i aktivna participacija BiH u međunarodnim projektima koji se tiču širokopojasnog pristupa. Pratiće se novi trendovi razvoja i podsticati uvođenje novih usluga kao što su: Budući internet (engl. *Future Internet*), komunikacija između mašina (*M2M*), Internet of Things, računarstvo u oblaku i masovne grupe podataka (*Big Data*), te po potrebi preduzimati određene regulatorne mjere uzimajući u obzir najbolju praksu država članica EU (Službeni glasnik BiH, 2017b).

BH Telecom je najveći pružalac telekomunikacionih usluga u Bosni i Hercegovini. Prema dostupnim informacijama sa biznis portala (Biznis.ba, 2019), riječ je o kompaniji koja je u posljednje vrijeme okrenuta ka tehnološkim rješenjima i provodi aktivnosti u cilju izgradnje jedinstvene platforme koja će pravnim i fizičkim licima omogućiti povezivanje s ciljem vršenja plaćanja roba i usluga, režijskih računa kao i slanje novca drugim korisnicima putem posebne mobilne aplikacije (ove aktivnosti provodi u saradnji sa Raiffeisen bankom, Comtrade i QSS). Istovremeno, ova kompanija traži partnere za digitalno urbano planiranje za realizaciju usluge smart parking. Realna su očekivanja da će ove aktivnosti uskoro biti okončane te da će se krenuti u realizaciju ovog projekta što bi predstavljalo uspostavljanje jednog od IoT rješenja na BH području.

Aktivnosti koje se kontinuirano provode na ovim prostorima su IT konferencije i forumi gdje se razmjenjuju praktična iskustva i identifikuju potrebe, problemi, nedostaci, izazovi i sl. Na nedavno održanim konferencijama (oktobar 2019.) je konstatovano da nove tehnologije pomažu da se mala i srednja preduzeća uklape u novi način poslovanja, dođu do novih kupaca te povećaju proizvodnju i profit. Podignut je nivo zainteresovanosti i lokalnih kompanija za ovu temu. Dolazi se do zaključka da digitalna transformacija nije pitanje izbora nego imperativ ukoliko se želi nastaviti nesmetan rad i razvoj. Ono što je pozitivno je da sve veća pažnja posvećuje poslovanju u Cloudu i se sve više privlači velika pažnja privrednika iz javnog i privatnog sektora koji su zainteresovani za prihvatanje benefita procesa digitalne transformacije. Zajedničke konstatacije učesnika se

odnose na neophodnost pomoći od strane strukovnih udruženja i privrednih komora i države (Tech hosted by Lanaco, 2019).

6.4. Zastupljenost IoT-a u regionu

6.4.1. Digitalizacija poslovanja i implementacija IoT u Hrvatskoj

U Evropi su digitalne tehnologije prepoznate kao ključne za evropski privredni rast. Bez obzira što digitalna ekonomija bazirana na tehnologiji uobičajeno raste znatno brže od ostalih grana privrede, Hrvatska ne prati taj trend. Hrvatske kompanije su bile teško pogođene ekonomskom krizom i nije se ulagalo u tehnologiju. Još uvijek postoji borba s osnovnom informatizacijom poslovanja jer nedostaju finansijska sredstva. Stoga je nužno u budućnosti naći način jednostavnijeg pristupa EU sredstvima za informatizaciju i digitalizaciju (Poslovni dnevnik HR, 2019). Smatra se da brojni faktori utiču na proces digitalizacije – od informatičkog obrazovanja u školskom sistemu, preko procesnih izazova, do generalnog stepena zrelosti države, ali i korisnika (ICT Business, 2019). Država mora nastaviti stvarati pretpostavke za digitalizaciju, povećavati regulativu ali i praksu. S obzirom da je proces digitalizacije dug i kontinuiran, potrebno je korak po korak napredovati. Evropska unija postavlja regulatorni okvir kojem podliježe i Hrvatska, očekivanja su da se započne sa aktivnostima, odnosno nastave aktivnosti tamo gdje su započete i da cjelokupna privreda više ulaže u digitalizaciju.

Prema Izvještaju (Global Digital, 2020c) o upotrebi interneta, mobilnih uređaja, društvenih medija i e-trgovine, postoji više od pet miliona pretplatnika u Hrvatskoj na korištenje mobilnog telefona, što predstavlja 26% više u odnosu na broj stanovnika. U odnosu na isti period prethodne godine vidi se rast od 5,2%. Postoji nešto više od tri miliona korisnika interneta što znači broj penetracija od 76% a u odnosu na prethodnu godinu pad od 0,6%. Društvene medije koristi 51% hrvatskog stanovništva što je za 6,4% više u odnosu na prethodnu godinu.

Internetska 5G mreža u posljednje vrijeme postaje sve važnija tema, kako u globalnom kontekstu, tako i u kontekstu Evropske unije i Hrvatske. Smatra se da nijedna prethodna generacija mobilne tehnologije nije imala potencijal podstaći privredni rast u mjeri u kojoj to obećava 5G tehnologija. Moguće je da je najvažnija promjena koju 5G donosi Internet of Things – ostvaruje potpuno novu dimenziju jer, ne samo da povezuje korisnike telekomunikacionih usluga nego povezanost dobijaju i stvari. „Od tehnologija interneta stvari, u Ericssonu analizirajući tržište, predviđaju da će Uskopojasni internet stvari (*Narrowband Internet of Things* NB-IoT) i Cat-M zauzeti skoro 45 posto globalnog tržišta staničnih uređaja 2024. godine, odnosno segmenata koji se nazivaju masivni IoT ili uskopojasni internet stvari“ (Mreža za IT profesionalce, 2019a).

U Hrvatskoj je uz NB-IoT mreže razvijena i nacionalna pokrivenost SigFox IoT bežične mreže za povezivanje objekata male snage kao što su: električna brojila i pametni satovi koji moraju biti stalno povezani a emituju male količine podataka. I NB-IoT i Cat M1 zasnivaju se na LTE (*Long Term Evolution*) čipseti, tehnologiji velike brzine, visoke propusnosti, ali i LPE čipsetama koji su po potrebi sporiji (nekada i samo 300 kb/s) ali s malom potrošnjom energije, dovoljno jeftini za dobar dio tržišta Interneta stvari (Mreža za IT profesionalce, 2019a).

Internet stvari je srž procesa digitalizacije privrede i društva te je ključni dio strategije Evropske komisije za digitalizaciju evropske industrije i digitalnog tržišta. Predstavlja jedan od ključnih poslovnih strategija telekoma i u Hrvatskoj. Hrvatski telekom je ušao na tržište s Narrow Band IoT (NB-IoT) tehnologijom. Isto se može reći i za A1 Hrvatska. Na tržište je ušla kompanija SigFox sa svojom tehnologijom formirajući kompaniju IoT Net Adria. Ovom tržištu su se priključili i Odašiljači i veze (OiV) sa svojom IoT platformom na LoRaWAN protokolu i mrežnoj arhitekturi (Mreža za IT profesionalce, 2019b).

6.4.1.1. *IoT Net Adria – SigFox*

IoT Net Adria u Hrvatsku uvodi prvu nacionalnu Internet of Things mrežu koju pokreće SigFox. U toj namjeri primijenjuje se tehnologija koja će omogućiti nesmetanu komunikaciju povezanim uređajima i u zabačenim područjima bez žice i bez brige o troškovima. IoT Net Adria je hrvatski partner SigFox-a jednog od vodećih globalnih servisa za povezivanje stvari (Internet of Things). Djeluje s ciljem razvoja prve nacionalne IoT mreže te povezivanja i podsticanja velikih kompanija i pojedinca da se uključe u razvoj rješenja koja rade na SigFox tehnologiji. Niskoenergetska širokopojasna bežična tehnologija kompanije SigFox smanjuje troškove i količinu energije potrebnu za sigurno povezivanje stvari u oblaku. Umjesto da koristi postojeće tehnologije, SigFox primjenjuje jedinstven pristup – kompanija pokreće prvu globalnu IoT mrežu za slušanje milijarde objekata, prenosa podataka bez potrebe za uspostavljanjem ili održavanjem mrežnih veza. Ova revolucionarna promjena, kojom se značajno smanjuje potrošnja energije i troškovi, biće pokretač IoT-a na masovnom tržištu (IoT Net Adria, 2017).

Kompanija IoT Net Adria želi od svoje zemlje učiniti regionalnog lidera u smislu brzog usvajanja IoT-a i stvaranja uzbudljivih novih aplikacija i uređaja.⁶⁰ Odlučili su se za saradnju sa SigFox-om, francuskom kompanijom koja gradi globalnu bežičnu mrežu za povezivanje uređaja, zbog njihove specifičnosti što nudi ograničenu komunikaciju što se tiče broja i veličine poruka, ali ima najveći doseg, najbolju penetraciju u zatvorene prostore i najmanju energetska potrošnju. Jedinstveni pristup SigFox-a komunikaciji uređaj – oblak

⁶⁰ IoT Net Adria je kompanija koju su osnovali iskusni hrvatski stručnjaci za IT i telekomunikacije koji rješavaju stvarne poslovne izazove za veliki broj klijenata iz sektora kao što su proizvodnja, poljoprivreda, zdravstvo, promet i prevoz, bankarstvo, osiguranje, zaštita životne sredine ili inovativna rješenja za pametne gradove.

usmjeren je na rješavanje triju najvećih prepreka globalnom usvajanju Internet of Things: trošak, potrošnja energije i globalna skalabilnost. Zahvaljujući IoT Net Adriji, SigFox mreža već je dostupna na području Čakovca kao jednom od prvih područja pokrivenih LPWA signalom u Hrvatskoj (TICM HR, 2019).

Primjer primjene Internet of Things u Hrvatskoj

Pametni parking postaje sve privlačniji gradovima. Smanjuje gužve a vozačima olakšava pronalazak slobodnog parking mjesta. Dugoročna strategija svakog održivog grada treba biti primjena modernih tehnologija koje imaju za cilj podizanje kvaliteta života građana kao i pozitivan uticaj na razvoj grada. Primjenom IoT tehnologije vukovarski parking svrstao se među vodeća parkirališta u Hrvatskoj. Grad Vukovar je posredstvom gradske kompanije „Komunalac“ obezbijedio korištenje usluge pametnog parkinga u I zoni naplate parkiranja. U saradnji sa A1 Hrvatska ugrađen je sistem pametnog parkiranja koji obuhvata 121 autonomni, bežični parking senzor informativne LED zaslone povezane sa A1 NB IoT mrežom (BUG, 2019).

Instalirani pametni bežični senzori povezani na IoT neprestano očitavaju stanje parkirališta te koriste baterije koje troše izuzetno malo energije. Na taj način je omogućeno praćenje o stanju slobodnih parking mjesta u realnom vremenu, na postavljenim displejima na ulazu u parkirališta a putem besplatne mobilne aplikacije. Korisnici mogu Android mobilnom aplikacijom – A1 Smart Parking dobiti informacije o raspoloživim parking mjestima te uputstva kako do njega doći uz mogućnost spremanja lokacije parkiranog vozila.

Gradska kompanija sistemom upravlja pomoću administracijskog interfejsa kojem se, zahvaljujući cloud tehnologiji može pristupiti bilo kada i s bilo kog mjesta internetskim pretraživačem. Prati se popunjenost i nadzora parking mjesta a omogućena je i napredna analitika i prikaz trendova korištenja na dnevnoj, sedmičnoj ili mjesečnoj osnovi. Osim što uveliko pomaže korisnicima parkirališta pronaći slobodno parkirno mjesto, cilj implementacije pametnog parkinga je i optimizacija protoka vozila kroz najfrekventniji dio grada što za posljedicu donosi smanjenje emisije štetnih plinova vozila. Smanjenje protoka vozila kroz centar pozitivno utiče na smanjenje buke, bezbjednost pješaka i opšte zadovoljstvo korisnika parkirališta. Primjenom IoT tehnologije, Vukovarski parking svrstao se među vodeća parkirališta u Hrvatskoj (Komunalac, 2019).⁶¹

6.4.2. Internet of Things u Srbiji

Iz Izvještaja Global Digital (We Are Social & Hootsuite, 2020) vidi se da internet penetracija u Srbiji u januaru 2020. iznosi 75%, više od šest i po miliona stanovnika su

⁶¹ Primjena modernih tehnologija dugoročna je strategija Komunalca s ciljem podizanja kvaliteta života svojih korisnika, što u konačnici pozitivno utiče na daljnji razvoj grada. Besplatna aplikacija za smart parking se može preuzeti putem Google Play trgovine i dostupna je za android mobilne uređaje.

povezani na internet što je, u odnosu na prethodnu godinu manje za 0,4%. Građani Srbije aktivno koriste društvene mreže – 3,7 miliona. Upotreba društvenih mreža je povećana u odnosu na 2019. godinu. Broj mobilnih veza u januaru 2020. bio je ekvivalentan 98% ukupnog stanovništva.

Mišljenje je da Industrija 4.0 koja se zasniva na potpunoj digitalizaciji industrijske proizvodnje, predstavlja budućnost Srbije a koju je moguće ostvariti zajedničkom saradnjom države, akademske zajednice i privrede. Može se uvidjeti dilema u vezi toga da li će Industrija 4.0 ostavljati ljude bez posla ili otvarati nova radna mjesta. Takođe, potrebno je stanovništvu ukazati da je sve to za njihovo dobro, da nije stvar u tome da neko želi da ih kontroliše. Naprotiv, cilj je da oni lakše, brže i bolje kontrolišu sve u svom životu i dobiju više vremena za sebe (Blic Biznis, 2018).

Postoje tri stuba koji čine preduslov za uspješnu digitalizaciju: klad tehnologija, big data centri – sakupljanje i obrada informacija i tzv. IoT mreže – Internet stvari. Bez IoT mreže nema digitalne transformacije u punom smislu. U 2018. godini, Telekom Srbija zvanično pušta u rad prvu IoT mrežu u Srbiji, baziranu na LoRa tehnologiji. To je prva IoT mreža u Srbiji ali i u regionu (Mondo Portal, 2018). Centralni dio kompletnog sistema je IoT platforma smještena u okviru Telekomovog Data centra i dio je Telekomove IKT mreže. Upravljački dijelovi IoT platforme upravljaju baznim stanicama, bilježe stanja senzorskih uređaja, upravljaju senzorskim uređajima u smislu dostupnosti i ispravnosti, i upravljaju izlaganjem web servisa kao ostalim dijelovima sistema. Na tim modulima se upravlja korisničkim nalogima krajnjih korisnika (GiS Žurnal, 2019).

Srpska kompanija Bitgear Wireless Design service koja se bavi elektronikom je proizvela senzorski uređaj a na osnovu zajedničke saradnje sa Telekomom i s pravom se može reći da je takav proizvod potpuno jedinstven u svijetu. Ona je prvi korisnik LoRa mreže Telekoma Srbija. Partnerstvo Telekoma i Bitgeara predstavlja dobar model za buduće inovativne "made in Srbija" proizvode, konkurentne i na međunarodnom tržištu. Umjesto da Bitgear razvija i izvozi rješenja u druge zemlje (ova kompanija je prvenstveno radila za svjetska tržišta), a Telekom Srbija uvozi proizvode, napravljen je kompletan domaći inovativni proizvod na bazi najsavremenije tehnologije u telekomunikacionoj i industriji senzora. To predstavlja samo jedan primjer za buduća rješenja startup-ova i kompanija, da u saradnji sa Telekomom unaprijede svoje poslovanje. Zahvaljujući novoj tehnologiji, Telekom će godišnje uštedjeti milion evra, koliko bi gubio kroz štete usljed neovlaštenih upada i korištenja mreže. Telekom Srbija je jedna od rijetkih državnih kompanija koja je rješenje pronašla u saradnji sa domaćom kompanijom a za ovaj proizvod se očekuje da bude tražen na globalnom nivou (Blic Biznis, 2018).

Sistem za zaštitu telekomunikacione kablovske infrastrukture smješten je u podzemnim oknima. Razvijen je za sopstvene potrebe kao prvi u nizu mogućih rješenja na IoT platformi koju posjeduje. Instalacija i integracija IoT platforme povjerena je domaćom kompaniji Teri engineering a proizvod je francuske kompanije Actility koja predstavlja

najbolje rješenje u svijetu što se tiče LoRaWAN tehnologije. Ovakav ozbiljan izazov je bio pravi test za dokazivanje izvodljivosti i primjenu cjelokupnog rješenja s obzirom da su senzorski uređaji smješteni ispod površine zemlje i u oknu koje je pokriveno metalnim poklopcem. Senzorski uređaj je dizajniran da izdrži najrigoroznije uslove eksploatacije: konstantno prisustvo vlage, promjenjivu temperaturu, vandalizaciju, kao i minimalno trajanje baterije u periodu od 10 godina. Baterija samim tim ispunjava uslove tzv. vojnih standarda. Senzor detektuje različite nivoe veoma slabog osvijetljenja, prisustvo objekta ili osobe, magnetnu indukciju, primjenu sile na uređaj, vlagu, temperaturu, kao i maskiranje senzora farbom ili nekim drugim materijalom. Na teritoriji Beograda se nalazi oko 15.000 okana i isto toliko u ostalim gradovima Srbije. Kompletan sistem se centralno nadgleda. Aplikativno rješenje podrazumijeva niz različitih funkcionalnosti koje koriste pojedinačne službe u okviru Telekom, svaka u svojoj zoni odgovornosti (GiS Žurnal, 2019).

6.5. Primjeri dobre prakse – prikaz studija slučaja

6.5.1. LANACO Banja Luka, Bosna i Hercegovina

Kompanija Lanaco Informacione tehnologije Banja Luka, osnovana je 1990. godine, sa inovativnim idejama i vjerom da može donijeti promjene i obezbijediti poslovni uspjeh. Sklapa partnerstva sa globalno poznatim vendorima: „DTK”, „Panasonic”, „Cisco”, „Ericsson” i „Microsoft” a sarađuje i sa kompanijama: „HP”, „Oracle”, „SAP”, „Intel”, „Kaspersky”, „Fujitsu”, „VMware”, „EMC2”, „Fortinet”, „Schneider electric” i „Huawei”. Prva verzija ERP⁶² rješenja nastaje 2002. koja je implementirana u više od 50 preduzeća, institucija i organizacija širom zemlje. Univerzitet Kembridž uvrstio je kompaniju Lanaco, kao i projekte Eduis i Dositej u svoju jubilarnu 50. publikaciju „Guide to Excellence”. U svom daljem razvoju, kompanija Lanaco je stekla titulu najpoželjnijeg poslodavca u IT sektoru u BiH a 2015. dobija status Akreditovane obrazovne ustanove, te prvi i jedini PMI R.E.P. centar na teritoriji Bosne i Hercegovine (PMI R.E.P. sertifikat). Postaje prva BH kompanija u ELITE programu Londonske berze i pozicionira se među 50 najprestižnijih kompanija iz cijele Evrope (2016.) Iste godine otvara Lanaco Tehnološki centar, jedinstveno mjesto stvaranja tehnoloških inovacija u Bosni i Hercegovini.

Lanaco Go platforma, Smart City koncept

U okviru ovog koncepta uspostavljen je skalabilni sistem (LoRaWAN mreža) koji pokriva teritoriju grada Banja Luka i dio opštine Derventa, kapaciteta da pokrije cijelu Bosnu i

⁶² ERP je skraćenica od engleskog izraza Enterprise Resource Planning i javlja se tokom 90ih godina XX veka, a vuče korene od softvera nastalih 70-ih godina. ERP je zapravo poslovno rešenje ili sistem koji preduzeću omogućava da upravlja poslovnim procesima i vrši koordinaciju pojedinačnih poslovnih jedinica. Ono što je bitno kod definisanja ERP rešenja, jeste da je to integrisani sistem koji će u realnom vremenu pratiti poslovanje preduzeća i pri tome imati istu bazu podataka za sve informacije.

Hercegovinu. Za funkcionisanje LoRaWAN mreže, podignuta su 22 virtuelna servera u Data Centru.

Trenutno razvijeni sistemi na LoRaWAN mreži su: sistem za kontrolu vazduha u gradu Banjaluci; IoT u oblasti poljoprivrede (GoGrow) – mjerenje vlažnosti i temperature zemljišta i vazduha; Smart Parking – komunikacija senzor → koncentrator.

Sistemi koji su u procesu razvijanja na LoRaWAN mreži: Industrijska primjena – mjerenja i upravljanje; Kontrola i upravljanje odvoza otpada – praćenje napunjenosti kontejnera; Kontrola vodostaja rijeka – postavljanjem senzora ispod mostova; Pametno upravljanje javnom rasvjetom.

Kontrola vazduha u Banjaluci

Kad je u pitanju hardverska i komunikaciona infrastruktura za kontrolu vazduha u Banjaluci, instalirano je šest LoRaWAN gateway-a koji pokrivaju cijelu Banjaluku LoRaWAN signalom. Mjerenje LoRaWAN senzorima obuhvaćeno je 11 parametara: temperatura; pritisak; vlaga; lebdeće čestice 1 μm – PM1; lebdeće čestice 2,5 μm – PM2,5; lebdeće čestice 10 μm – PM10; formaldehid; CO₂; ozon; isparljiva organska jedinjenja – VOC; buka.

Prikupljeni podaci se ustupaju Gradu Banjoj Luci u svrhu praćenja stanja vazduha, i preduzimanja određenih mjera na mikro lokacijama. Lanaco nije ovlašten da objavljuje podatke, već to rade samo ovlaštene institucije sa kojima Grad Banja Luka ima potpisan ugovor (u ovom slučaju IG Inženjering Banja Luka).

Smart Community – Smart Parking

Smart Parking Sistem predstavlja upotrebu modernih tehnoloških i komunikacijskih rješenja (senzori, kamere, koncentratori, softverska rješenja) u upravljanju parkinzima. Osnovni razlozi za uvođenje ovog sistema su: smanjenje gužve u saobraćaju, smanjenje zagađenosti vazduha, manji troškovi upravljanja parkinzima, povećanje prihoda od naplate parkinga, mogućnost dodatnog prihoda objavljivanjem reklamnih poruka trećih lica. Za potrebe razvoja Lanaco Smart Parking App u okviru Lanaco Tehnološkog centra izgrađena je kompletna hardverska infrastruktura.

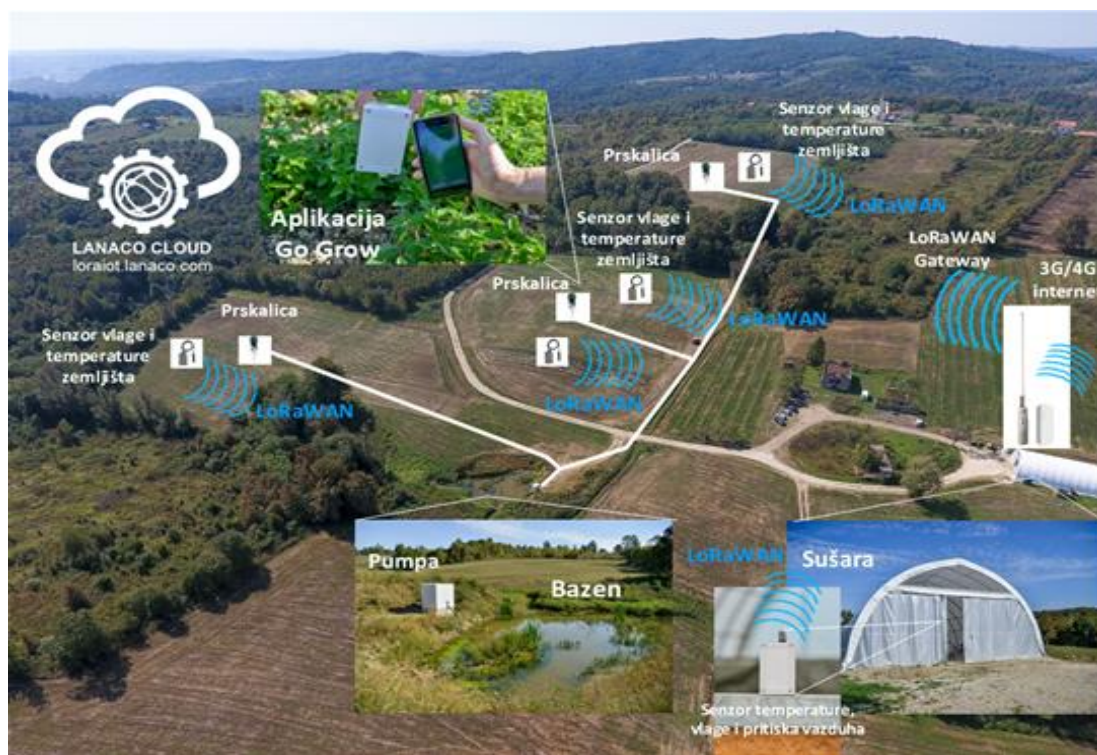
Go Grow

Kompanija Lanaco Banja Luka uspostavila je saradnju sa Udruženjem „Bosnia Grows Organic“ iz okoline Dervente (selo Bijelo Brdo) koja se bavi uzgojem poljoprivrednih kultura (koprija, menta, kadulja, šipak) na organski način, te izvozi u Švajcarsku, Njemačku i Austriju. U okviru ljetnje studentske prakse za studente smjera računarstvo i/ili softverski inženjering razvijena je android aplikacija i servisna aplikacija u Lanaco cloud-u i Lanaco LoRaWAN mrežu nezavisno. U ovu svrhu instaliran je LoRaWAN gateway i 3G/4G ruter, pet LoRaWAN senzora za praćenje vlažnosti i temperature zemljišta na njivi,

i dva LoRaWAN senzora za praćenje vlage, pritiska i temperature vazduha u sušari (kod procesa sušenja prati se ulazna temperatura i vlaga vazduha te vlaga i temperatura iznad biljaka koje se suše). Korištene tehnologije u ovom projekstu su: LoRaWAN, Android, Linux, 3G.

Proizvođačima pomaže da imaju dobar pregled potrošenih resursa. Preciznim zalijevanjem postiže se ušteda resursa, tj. struje i vode a time i novca te optimizacija rasporeda radne snage. U procesu sušenja postiže se ušteda lož ulja i struje jer se preciznije može ustanoviti kada će proces sušenja biti završen te, takođe optimizacija radne snage. Ovo IoT rješenje omogućava ovom udruženju da u pravom momentu imaju informaciju o stanju njihove kulture na njivi. Tehnologije su su instalirane u cilju boljeg uroda biljaka.

Slika 9. Go Grow – hardverska infrastruktura



Izvor: (Lanaco, 2019)

Go Grow Mobilna aplikacija sadrži: prava pristupa, iscrtavanje parcele, dodavanje senzora (prikaz na mapi), listu parcela, mjerene parametre zemljišta uz alarmiranje prelaska graničnih vrijednosti (temperatura, vazdušni pritisak, vlažnost vazduha), nadgledanje stanja sušenja uz alarmiranje prelaska graničnih vrijednosti (ulazna masa, izlazna masa), analitika i grafičko izvještavanje.

Slika 10. Go Grow – implementacija



Izvor: (Lanaco, 2019)

Zašto Internet of Things? – zbog toga što postojeće tehnologije nisu mogle pružiti isplativo rješenje a koje se odnosi na: dugotrajnost baterije u senzorima, domet radio signala, Low-cost tehnologije, brzi deployment. Važno je naglasiti da je očekivani ROI (*Return on Investment*) jedna godina što potvrđuje da je ovaj projekat dobra investicija.

6.5.2. XIRIS Institut Nova Gorica, Slovenija

Pametna poljoprivreda: Podrška za upravljanje i odlučivanje proizvođača vina

XIRIS Institut, neprofitna organizacija za istraživanje, razvoj i primjenu novih tehnologija na području Internet of Things, djeluje u Novoj Gorici, Slovenija. Osnivači Instituta dolaze iz oblasti komunikacije, informatike, mjerenja kao i ekonomskog područja. Pioniri su upotrebe LoRaWAN komunikacije u Sloveniji i utemeljili su prve službene zajednice The Things Network na području Balkana. Koriste i kombinuju svo svoje znanje i iskustva u cilju podržavanja multidisciplinarnih projekata. Xiris institut se bavi pojedinačnim oblastima u različitim područjima, poput vinogradarstva (iRebula projekat), mjerenja kvaliteta vazduha i zagađenja, mjerenja zagađenja vode, PAX kontrolom i tehnologijama implementacije kako bi podržali pametna sela i gradove. Institut je otvoren za širenje znanja u bilo kojem području gdje bi Internet of Things mogao, utemeljen na učinkovitoj komunikaciji, svima poboljšati kvalitet života.

Prije industrijske revolucije, poljoprivreda se uglavnom odvijala na malim poljima, a poljoprivrednici su često imali detaljno znanje o svom proizvodnom sistemu a da i nisu kvantificirali varijabilnost. U drugoj polovini XX vijeka dominirali su obimni, prosječni, poljoprivredni postupci velikih razmjera. Napredak tehnologije krajem XX vijeka i početkom XXI vijeka omogućio je poljoprivredi da se vrati specifičnoj poljoprivredi prema lokaciji, zadržavajući ekonomiju razmjera povezanu s „velikim“ radom. Tehnološki napredak oduvijek je bio pod jakim uticajem poljoprivredne industrije. Od izuma

pamučnog gina⁶³ i parnog motora, do primjene tehnika rotacije usjeva i uvođenja GMO tehnologija, poljoprivredna industrija je bila dosljedna u inovacijama a čini se da se taj trend neće uskoro ni usporiti. Nekoliko je faktora koji danas utiču na svijet a koji ubrzavaju potrebu za inovacijama a neki od njih su ubrzani rast stanovništva u svijetu u razvoju, imigracije iz ruralnih područja u gradove, smanjuje se radna snaga i količina odgovarajuće zemlje dostupne za poljoprivredu. U pokušaju ublažavanja mnogih izazova, izgledi su da će sljedeći veliki iskorak u poljoprivrednom prostoru predstavljati tehnologije pomoću Internet of Things. Koncept korištenja IoT-a za pametne ili precizne poljoprivredne prakse počinje se primjenjivati jer poljoprivrednici sada imaju mogućnost lakše vizuelizacije, analiziranja i donošenja pametnih odluka o svojim usjevima, stoci, infrastrukturi, okolini ili bilo kojim drugim komponentama koje su potrebne za nadzor i upravljanje. Internet of Things pruža tehnologije za automatizaciju, prikupljanje i analizu podataka, sigurnost i preventivno održavanje što zauzvrat doprinosi i povećanju prinosa, poboljšanju operativne efikasnosti, smanjenim rizicima, smanjenom otpadu i kvarenju uz smanjenje operativnih troškova (Oeno, 2019).

Projekat iRebula je implementiran u vinogradima – postavljanjem malih uređaja koji mjere vlažnost zemljišta, vlažnost vinove loze ili mikroklimu radi prevencije pojedinih bolesti vinove loze na način da se omogućava preduzimanje pravovremenih i prikladnih aktivnosti. Ovaj projekat (na tržištu poznat kao OENO, postao je marketing brend) koriste vinarije u Goriškim Brdima i dolini Vipave. Suštinska prednost u odnosu na postojeće metode mjerenja je ta što se Internet stvari zasniva na vrlo velikom broju uređaja raspoređenih okolo, što omogućava prikupljanje više podataka. Troškovi su takođe znatno niži – izmjereni podaci koje uređaji šalju u intervalima od deset minuta do jednog sata mogu se nadzirati na kompjuteru bez čitanja na terenu i naknadne obrade.

Benefiti ovog projekta:

- Odluke na temelju podataka – donose se strateške odluke na temelju analize podataka i integracije.
- Predviđanje bolesti – prati se potencijalni napredak glavnih bolesti grožđa poput plijesni grozda, praškaste plijesni, botrice, voćne muhe, zelenog lisca i evapotranspiracije.
- Smanjenje rastućih troškova – smanjuju se rastući troškovi radeći manje tretmana i koristeći manje pesticida i hemikalija.
- Povećanje preciznosti – dobija se veća slika vinograda prikupljanjem, pohranjivanjem i analizom podataka o više sezona.
- Predikcija okoline – pesticidi uklanjaju ciljane štetočine, ali takođe ubijaju korisne organizme koji žive u tlu, i predstavljaju opasnost po zdravlje.

⁶³ Pamučni gin je uređaj koji odvaja pamučne sjemenke od pamučnih vlakana, čime je proizvodnja pamuka jednostavnija i jeftinija.

- Fenološke faze – dobija se uvid u faze fenologije grožđa, čineći predviđanja još preciznijim.
- Vremenski uslovi – dobija se vremenska prognoza i mikroklimatska prognoza na grafovima, uključujući temperaturu, oborine, jačinu vjetra i još mnogo toga.
- Podaci mikroklime – dobijaju se precizne i vrlo korisne informacije o vlažnosti lišća, napetosti vode u tlu, temperaturi i dr.
- Maksimizacija prinosa – izvlači se maksimum iz svog vinograda i čini da svaka minuta napornog rada bude nagrađena.

Slika 11. Postavljanje senzora



Izvor: (Xiris, 2019).

Senzor koji mjeri vlažnost lišća obje strane ugrađen je na vinovoj lozi. Zahvaljujući prikupljenim podacima moguće je kontrolisati veliki broj bolesti koje mogu uticati na vinograd. Pomoću instaliranih uređaja se mogu zabilježiti mikroklimatski elementi (podaci), uporediti modeli i parametri razvoja bolesti i odrediti tretman.

Sistem se sastoji od bežičnih senzora i ostalih komponenti za nadgledanje mikroklimatskih i fiziopatoloških uslova u vinogradu u stvarnom vremenu i predviđanje manifestacija bolesti. Senzori omogućavaju da se tačno, u stvarnom vremenu, zna koji problem nastaje na terenu, omogućuju brzu i učinkovitu intervenciju pa tako i brzo rješenje problema. Pritom štede novac i resurse, štite životnu sredinu jer usmjeravanjem na stvarne potrebe pomažu u smanjenju upotrebe pesticida i količine radnog vremena što rezultira manjom proizvodnjom CO₂. Sistem omogućuje znatno bolje odluke vinogradara da produže vrijeme između prskanja i na taj način uštede od 10 do 30%. Kvantitativno, oko 400 EUR na tri hektara godišnje. Napredni modeli uključuju prognozu plamenjače i pepelnice, crne

truleži, botritisa (gljivično oboljenje) tj. sive plijesni, Green Leafhopper (kukac štetočina), antraknoze ili truleži voća/ploda.

Ciljevi implementacije ovog projekta su: borba protiv patologije, zdravija proizvodnja, smanjenje tretmana, ušteda troškova, veća zaštita životne sredine. Postavljeni senzori mjere: temperaturu i relativnu vlagu vazduha, padavine, vlažnost lišća – obje strane, brzinu i smjer vjetrova, fotosintetsko sunčevo zračenje, pritisak vazduha, temperaturu i vlažnost zemljišta (na dva nivoa dubine).

Omogućava se podizanje kvaliteta grožđa zahvaljujući mjerenju: rasvjete i sunčevog zračenja u zelenim dijelovima lista i vinove loze, temperature i vlažnosti zemljišta (početak rasta, agroampelotehnički postupci i navodnjavanje). Tehnologija smanjuje troškove i štiti životnu sredinu na način da olakšava donošenje odluke o liječenju, omogućava precizniju distribuciju tretmana (o obavijestima), omogućuje odlaganje liječenja (odradiće se manje tretmana), smanjiti troškove (svaki tretman je trošak), podržava bolju zaštitu životne sredine. Posmatrano dugoročno, postoje mnoge prednosti: bilježi izmjerene podatke tokom vremena i tako se stvara baza podataka, povećavanje tačnosti tokom vremena zahvaljujući većem broju podataka, omogućuje veće uključivanje faza rasta (fenoloških), omogućava registraciju praćenja podataka (takođe u pravne i kvalitetne svrhe).

Pored ovog projekta, u implementaciji je i projekat mjerenja nivoa podzemne vode ispod kopnene površine u bunaru, u stvarnom vremenu s pretvaračem pritiska preko LoRaWAN-a. Ova mjerenja daju bolju predstavu o uslovima akvifera od statičkih mjerenja.

Zašto pratiti nivo podzemnih voda? Nivo podzemne vode, izmjeren u posmatranoj bušotini, odražava količinu vode u zalihama praćenog akvifera. Kada punjenje pređe prirodni iscjedak i odvlačenje, nivo podzemnih voda raste. Kada je ponovno punjenje manje od prirodnog pražnjenja i zahvatanja, nivoi podzemnih voda opadaju. Poređenja izmjerenih nivoa podzemne vode sa dugoročnim prosjecima daju indicaciju stanja resursa podzemne vode unutar akvifera.

Posmatranje tokom nekoliko godina, omogućava predviđanje reakcije akvifera na trenutne klimatske i hidrološke uslove. Prikupljeni podaci koriste se za pripremu izvještaja kao što su mjesečni hidrološki sažeci, godišnji sažeci i obim statistike. Podaci se koriste za kvantitativne analize, npr. za godišnje dopune, i daju vrijedan izvor podataka za kalibraciju modela podzemnih voda. Za razliku od konvencionalnih postupaka gdje nadgledanja uključuju ručno prikupljanje podataka sa uređaja za snimanje podataka, preko mreže The Things Network LoRaWAN, iz kancelarije se prate podaci na grafovima.

6.5.3. IRNAS – Institut za razvoj naprednih aplikativnih sistema, Maribor, Slovenija

Misija IRNAS Instituta je pokušati primijeniti ogromna naučna znanja u svakodnevnoj stvarnosti stvaranjem efikasnih pristupačnih sistema. Vjeruju u svijet otvorenog koda i dijeljenje. Cilj im je osnažiti svijet tehnologijama koje poboljšavaju život. IRNAS Institut je neprofitna organizacija koja nagrađuje one koji stvaraju, uvijek istražujući nove projekte i ideje. Visokokvalifikovani, interdisciplinarni tim inženjera i naučnika nastoje primijeniti stručnost iz mehatronike, električnog i softverskog inženjerstva na široki niz industrijskih, naučnih i svakodnevnih problema stvaranjem efikasnih i visoko prilagođenih sistema. Cilj im je pružiti najbolji kvalitet, uslugu brzog razvoja, bilo da je u pitanju napredni komunikacijski sistem, CNC platforma ili jednostavan IoT uređaj.

Fokus razvoja IRNAS-a je u toku s najnovijim IoT tehnologijama. Nude kompletnu konsultantsku i razvojnu uslugu IoT rješenja za slučajeve specijalizovanog korištenja, u rasponu od razvoja industrijskih senzora napajanja, mapiranja pokrivanja, aplikacije male energije i ručnih računarskih off-grid uređaja za naprednu obradu senzora i slike u scenarijima ograničene propusnosti. Koristeći najnovije tehnologije povezivanja, kao što su LoRaWAN, BLE, NBQT i druge, u stanju su svojim kupcima pripremiti rješenje prilagođeno njihovim potrebama. Implementacija niza rješenja za povezivanje, integrisanje vrhunskih tehnologija globalnih partnera i korištenje interno razvijenih modula, omogućava formiranje ključnih rješenja za IoT senzore i rubno računanje bilo gdje u svijetu, bilo da je elektroenergetski sistem, idustrijsko postrojenje, tropska džungla u Peruu ili hladna planina na Antarktiku.

Tragač za slonovima OpenCollar/OpenCollar Elephant Tracker

Klijent – Smart Parks je organizacija koja se fokusira na podršku očuvanju i anti-lovu koristeći modernu tehnologiju. Primarni operativni fokus je stvaranje mreže senzora i tehnologija koje omogućavaju stalno praćenje imovine u parku koji se štiti.

Ovo je napredno senzorsko rješenje za očuvanje ugroženih divljih životinja i efikasno upravljanje velikim površinama parka. OpenCollar je saradnja na očuvanju radi dizajniranja, podrške i raspoređivanja hardvera i softvera za ogrlice za praćenje otvorenog koda za projekte zaštite životne sredine i divljine. Dizajn sistema za praćenje je potpuno modularan i moguće je kombinovati module u nekoliko različitih konfiguracija, ovisno o slučaju upotrebe.

Slika 12. SmartParks – Elephant Tracker



Izvor: (IRNAS, 2019a)

Elephant Tracker je najveći dostupan OpenCollar tragač koji sadrži izuzetno veliko vodootporno kućište, napredni GPS tragač sa LoRaWAN i Bluetooth povezivanjem, dodatnu Lacuna Space LoRaWAN satelitsku povezanost i godine trajanja baterije u normalnim uslovima. Tragač je montiran na životinju koristeći visoko izdržljivi okovratnik Bio Thane sa opcionim mehanizmom za odbacivanjem.

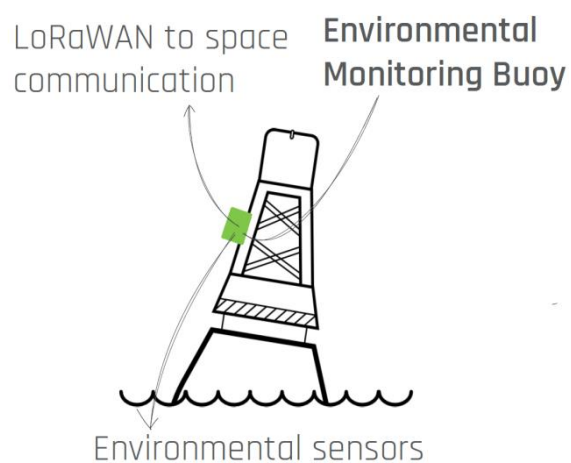
Koristi od rješenja: Senzori sigurno prate životinje i štite područje. Aplikacija pruža informacije u realnom vremenu o lokaciji divljih životinja i na taj način ima veoma važnu ulogu u očuvanju moderne divlje životinje.

Plutača za nadgledanje visine talasa sa LoRaWAN/Wave Height Monitoring Buoy with LoRaWAN

Klijent – Ifremer je okeanografska ustanova u Francuskoj. Neka od područja na koje fokusira svoje istraživačke aktivnosti su: nadgledanje, korištenje i poboljšanje priobalnih mora; istraživanje i eksploatacija okeana i njihove biološke raznovrsnosti; kruženje i morski ekosistemi, mehanizmi, trendovi i prognoziranje; inženjering glavnih objekata u službi okeanografije, prenos znanja i inovacije u svojim područjima djelovanja... Upravlja brojnim plovilima, uključujući podmornicu Nautilus.

Plutača za nadgledanje visine valova sa LoRaWAN i Lacuna Space LoRaWAN satelitskim povezivanjem rješenje je za postavljanje gustih senzorskih mreža u morskom okruženju koje omogućuju dobijanje detaljnih informacija. Ovo pristupačno rješenje podržava i privezane aplikacije kao i plutanje. Ključne karakteristike: robusna i jednostavna mehanika; samostalan rad s opcionalnom solarnom energijom; mjerenje: prosječne visine talasa, značajne visine i perioda talasa, temperature vode plus niz opcionalnih senzora.

Slika 13. Buoy – plutača za mjerenje visine talasa



Izvor: (IRNAS, 2019b)

Benefiti ovog projekta: predstavlja podršku za napredne senzorske aplikacije – otkrivanje tsunamija, alarmi odrona i prilagođena rješenja.

7. ZAKLJUČAK

Internet of Things (IoT) – Internet stvari, kroz ostvarivanje nove dimenzije povezivanja, predstavlja revoluciju, kako u industriji tako i u svakodnevnom životu. Predstavljen je kao koncept i paradigma, koja razmatra rasprostranjene objekte koji bežičnim ili žičanim vezama, uz primjenu jedinstvenih adresnih šema, imaju sposobnost komunikacije i saradnje jedni s drugima (ili sa drugim stvarima/objektima) u cilju stvaranja novih aplikacija i usluga. Pomoću IoT može se poboljšati kvalitet vazduha u gradovima, kvalitetno upravljati otpadom, povećati efikasnost i produktivnost u proizvodnom pogonu, poboljšati poljoprivredna proizvodnja, štedjeti energija, poboljšati zdravstvene usluge i dobiti još mnogo raznovrsnih benefita.

Mnoga istraživanja ukazuju na poslovni potencijal ekonomskog istraživanja i primjene Internet of Things i ova tehnologija smatra se najvećom komercijalnom prilikom za današnju ekonomiju. Sa daljim razvojem tehnologije pojaviće se sve više aplikacija, servisa i sistema. Predviđanja su da će se milijarde heterogenih uređaja, namijenjenih pružanju IoT usluga, u budućnosti spojiti na internet, što će dovesti do generisanja velike količine podataka i mrežnog prometa. Korištenje tehnologije i podataka ima za cilj donošenje boljih odluka i pružanje kvalitetnijih usluga, a uspješna implementacija IoT zavisi od analize podataka koji se prikupljaju. U ekonomskom smislu, poslovni modeli zasnovani na podacima generišu novi izvor prihoda kroz poboljšanje: proizvoda, učinkovitosti, zadovoljstva.

Tokom istraživanja u ovoj oblasti, identifikovani su brojni izazovi, a neki od njih su vezani za regulaciju tržišta, sigurnost i privatnost podataka, kvalitet podataka, standardizaciju i interoperabilnost platformi. Nezavisno od toga da li je u pitanju proizvodna ili uslužna djelatnost, uspješna primjena IoT-a u poslovnim aktivnostima podrazumijeva pronalaženje odgovarajućeg načina upotrebe, upravljanje punom implementacijom i promjenom procesa. Istovremeno je potrebno zadržavanje kibernetičke sigurnosti, koja predstavlja uslov korisne primjene, jer koliko IoT može donijeti koristi, toliko kod zloupotrebe može biti štetan.

Da bi se Internet of Things razvijao, područja sigurnosti, privatnosti i povjerenja korisnika su ključna. Izuzetno je važno obezbijediti autentifikaciju i autorizaciju za korisnike i uređaje, kao i kontrolisani prenos podataka između uređaja i platformi. Kako se privatne informacija o korisnicima (kao što su njihove navike, lokacije i sl.) mogu prikupljati i bez njihovog znanja, potrebno je obezbijediti mehanizme njihove zaštite, a istovremeno i tačnost i pouzdanost podataka. Potrebna je kontrola nad ličnim podacima, poboljšanje tehnologija u pogledu zaštite privatnosti, metodologije i alati za upravljanje identitetom korisnika i objekta. Povjerenje mora biti sastavni dio IoT dizajna.

Internet of Things je i u fokusu regulatora elektroničkih komunikacionih usluga, jer ima potencijal za razvoj novih usluga koje povezuju fizičku okolinu s digitalnim svijetom. Sa

pravnog stanovišta, neophodno je istaći da, bez saglasnosti i usklađivanja na međunarodnom nivou, Internet of Things ne može ostvariti puni potencijal, na dobrobit čitavog društva. Upravo u području informacionih tehnologija legislativa se smatra jednom od najintenzivnijih u svijetu. Tehnološka i finansijska budućnost jedne zemlje u savremenom digitalnom dobu se određuje promišljenošću, kvalitetom i brzinom uvođenja zakonskih akata i propisa.

Važan aspekt je i standardizacija – kako uređaji rade na različitim platformama potrebno je uvesti neke standarde kako bi se postigla njihova kompatibilnost. Rješavanje svih ovih izazova će uticati na vrijednosni lanac IoT-a, te na stvaranje novih poslovnih prilika. Istovremeno, ovo je izazov i za društvo u cjelini koje treba zaštititi od prijetnji vezanih sa sigurnost i privatnost.

Usluge iz domena Internet of Things, kroz korištenje novih tehnologija, imaju za cilj obezbijediti održivi razvoj i optimalnu potrošnju energije, u industrijskoj proizvodnji, u poljoprivredi, pri prometovanju ljudi i dobara. U posljednje vrijeme je atraktivan termin „pametni grad“ koji obuhvata usluge u kojima se nastoji povećati kvalitet života građana. Gradovi budućnosti – pametni gradovi moraju biti bolji za život, zdravi, čisti, bezbjedni, pristupačni svima i trebaju nuditi raznovrsne mogućnosti kroz iskorištavanje potencijala tehnologije i ljudskog intelekta. Tehnologiju i dobijene podatke potrebno je koristiti svrsishodno u cilju donošenja boljih odluka i pružanja kvalitetnijih usluga.

Kada je Bosna i Hercegovina u pitanju, možemo konstatovati da je evidentan brz rast IT sektora, koji može da ima važnu ulogu u procesu digitalizacije. Međutim, ovaj potencijal nije u potpunosti iskorišten jer se na IT kompanije gleda kao na pružaoce pojedinačnih softverskih rješenja, a ne kao na partnere u transformaciji gradova kroz tehnologiju. U dobu digitalne transformacije (kojem i mi pripadamo), za dalji razvoj IT industrije neophodan je konkretniji i odlučniji institucionalni pristup. Ključno je razumijevanje važnih aktera poput ministarstava, vlade, ali i menadžmenta koji mora pokretati digitalne inicijative i s njima povezati korporativnu strategiju. Pred kompanije se stavljaju pitanja vezana za opstanak, koja se odnose na to koliko dobro poznaju svoje korisnike i da li se pruža odgovarajuća vrijednost na tržištu. Ovo implicira velikim promjenama, jer se informacije veoma brzo mijenjaju, a to znači da kompanije imaju zadatak da se prilagođavaju i upravljaju promjenama. Digitalna transformacija je proces koji je kontinuiran, a da bi se obezbijedila, potrebna je promjena svijesti kod pojedinca ali i kulture u kompanijama.

Od velike važnosti je i edukacija građana i podizanje svijesti. Građani bi trebalo da shvate da ne treba da se plaše pametnih rješenja koja pritom nisu skupa, niti podrazumijevaju previše složenu tehnologiju. Da bi prihvatili i zahtijevali pametna rješenja, prvenstveno moraju znati koja su to rješenja, šta nose sa sobom i koji su benefiti. Iako je dostupnost informacijama, kroz digitalizaciju povećana, građani nemaju dovoljno informacija o ovoj oblasti i veći broj je malo ili nikako upoznat sa pojmom i mogućnostima Internet of

Things. Izrađuju se softverska rješenja zasnovana na smart city konceptima, međutim, uglavnom je riječ o projektima koji obuhvataju manji broj korisnika.

Ono što se može uočiti na području Bosne i Hercegovine je da univerziteti proizvode stručnjake na području razvoja tehnologije i programiranja, međutim ti stručnjaci u velikom broju odlaze iz zemlje. Činjenica je da je razvoj pametnih gradova i Internet of Things u zaostatku u odnosu na okruženje, a naročito u odnosu na razvijene zemlje. Optimistično je to što se ova tema sve češće pojavljuje na forumima i konferencijama iz ove oblasti. Na taj način se šire i razmjenjuju informacije što bi u neposrednoj budućnosti moglo dovesti do povećanja aktivnosti u razvoju ideja i tehnoloških rješenja. Bosna i Hercegovina ima potencijala za razvoj ove oblasti u mnogim oblastima a naročito u poljoprivredi, meteorologiji, upravljanju otpadom, industriji, javnoj upravi, zdravstvu... Potrebno je postići prihvatanje od strane gradskih uprava, usklađivanje regulatornih akata što bi stvorilo bolje uslove za izradu projekata za apliciranje donatorima ali i za privlačenje stranih investitora.

8. BIBLIOGRAPHY

- 5G Americas. (2019). *5G THE FUTURE OF IoI (White Paper)*. <https://iotbusinessnews.com/download/white-papers/5G-AMERICAS-5G-future-IoT.pdf>
- Aguzzi, S., Bradshaw, D., Canning, M. et al. (2014). Definition of a Research and Innovation Policy Leveraging Cloud Computing and IoT Combination. In *European Commission*. <https://doi.org/10.2759/38400>
- Ali, Z. H., Ali, H. A., & Badawy, M. M. (2015). Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions. *International Journal of Computer Applications*, 128(1), 37–47. <https://doi.org/10.5120/ijca2015906430>
- Attia, T., Heusse, M., Tourancheau, B., & Duda, A. (2019). Experimental Characterization of Packet Reception Rate in LoRaWAN. *Grenoble Alpes*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02129199>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Bardyn, J. P., Melly, T., Seller, O., & Sornin, N. (2016). IoT: The era of LPWAN is starting now. *European Solid-State Circuits Conference, 2016-Octob*, 25–30. <https://doi.org/10.1109/ESSCIRC.2016.7598235>
- Bee Smart City. (2018). *beesmart.city*. Beesmart.City. <https://www.beesmart.city/ranking>
- Beker, E. (2005). Ekonomski aspekti globalizacije. *Privredna Izgradnja*, 7–8.
- Bit Alliance. (2019). It manifest: Strateški plan razvoja IT industrije u Bosni i Hercegovini. *Bit Alliance*.
- Biznis.ba. (2019). *Poslovni izazov: BH Telecom traži partnere za “smart parking.”* Biznis.Ba. <http://biznis.ba/poslovni-izazov-bh-telecom-trazi-partnere-za-smart-parking/>
- Blic Biznis. (2018). *Uspešna priča - Telekom i Bitgear: PKS podstiče razvoj digitalnih inovacija.* Blic.Rs. <https://www.blic.rs/biznis/vesti/uspesna-prica-telekom-i-bitgear-pks-podstice-razvoj-digitalnih-inovacija/ltp4t>
- Brdar, I., Živković, R., Gajić, J., Stanković, J., & Kilibarda, N. (2018). Smart turizam – mogućnost primene interneta stvari u savremenom turističkom poslovanju. *SINTEZA 2018 INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY AND DATA RELATED RESEARCH*. <https://doi.org/10.15308/Sinteza-2018-116-122>
- BUG. (2019). *Vukovar među prvima u Hrvatskoj uveo sustav pametnog parkinga - Biznis @ bug.hr.* Bug.Hr. <https://www.bug.hr/biznis/vukovar-medju-prvima-u-hrvatskoj-uveo-sustav-pametnog-parkinga-11919>
- Bulletin, J., & Manual, P. (2012). *The Official Blog of the Journal of European Psychology Students*. c, 1–7.

- Business Insider Intelligence. (2020). *IoT 101: Your Essential Guide to the Internet of Things*. Business Insider. <https://www.msn.com/en-us/news/technology/iot-101-your-essential-guide-to-the-internet-of-things/ar-BB14t58m>
- Coming Computer Eengineering. (2017). *Ekonomska opravdanost Cloud Computing tehnologije*. Coming.Rs. <https://coming.rs/business-and-it/business-and-it-broj-5/ekonomska-opravidanost-cloud-computing-tehnologije/>
- Disk91. (2018). *How to get some Sigfox Subscriptions?* Disk91.Com. <https://www.disk91.com/2018/technology/sigfox/how-to-get-some-sigfox-subscriptions/>
- Dobrilović, D., Malić, M., & Stojanov, Ž. (2017). Analiza performansi lora tehnologije kod mobilnih senzorskih stanica u urbanim okruženjima. *XXXV Simpozijum o Novim Tehnologijama u Poštanskom i Telekomunikacionom Saobraćaju*.
- Džakula, N. B., & Štrumberger, I. (2018). *Klaud računarstvo*. Univerzitet Singidunum.
- Džanić, A. (2017). IZAZOVI I PREPREKE SA KOJIMA SE SUSREĆE INTERNET STVARI. *11th International Scientific Conference on Production Engineering DEVELOPMENT AND MODERNIZATION OF PRODUCTION*, Rim, 257–262.
- eKapija. (2019, May 30). *Marina Dimova, glavni tehnički stručnjak i voditelj projekta Smart City UNDP - Gradovima u BiH nedostaje dugoročna vizija budućnosti*. Ba.Ekapija.Com. <https://ba.ekapija.com/people/2516698/marina-dimova-glavni-tehnicki-strucnjak-i-voditelj-projekta-smart-city-undp-gradovima>
- Electronics Notes. (2019). *What is LoRa Wireless: M2M IoT Electronics Notes*. Incorporating Radio-Electronics.Com. <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/lora/what-is-lora-basics-m2m-iot.php>
- Ertürk, M. A., Aydın, M. A., Büyükakkaşlar, M. T., & Evirgen, H. (2019). A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies. *Future Internet*, 11(10), 216. <https://doi.org/10.3390/fi11100216>
- EU Projekt. (2018). *EUROPSKA DIGITALNA AGENDA ZA ZAPADNI BALKAN - EU-PROJEKTI.INFO*. EU-Projekti.Info. <https://www.eu-projekti.info/europska-digitalna-agenda-za-zapadni-balkan/>
- European Commission. (2014). Digitalna agenda za Europu. *Publications Office of the EU*. <https://doi.org/10.2775/41964>
- Evropska komisija. (2018). EU BUDGET for the future. *Evropska Komisija*.
- Fernández-Ahumada, L. M., Ramírez-Faz, J., Torres-Romero, M., & López-Luque, R. (2019). Proposal for the design of monitoring and operating irrigation networks based on IoT, cloud computing and free hardware technologies. *Sensors (Switzerland)*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/s19102318>
- Gartner. (2019). *Gartner Says 5.8 Billion Enterprise and Automotive IoT Endpoints Will Be in Use in 2020*. Gartner.Com. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-08-29-gartner-says-5-8-billion-enterprise-and-automotive-io>

- Gavrilović, Z., Maksimović, M., & Popović, B. (2016). Uticaj Interneta stvari na razvoj digitalne ekonomije. *Novi Ekonomist* 20, 97–102. <https://doi.org/10.7251/NOE1620097G>
- GiS Žurnal. (2019). IoT ekosistem Telekoma Srbija, pregledni rad. *Zbornik Radova Sa GIS Foruma*, 28–30. www.giscentar.rs/GIC
- Global Digital. (2020a). *Digital 2020 - We Are Social*. Wearsocial.Com. <https://wearesocial.com/digital-2020>
- Global Digital. (2020b, February 17). *Digital 2020: Bosnia & Herzegovina — DataReportal — Global Digital Insights*. Datareportal.Com. <https://datareportal.com/reports/digital-2020-bosnia-and-herzegovina>
- Global Digital. (2020c, February 17). *Digital 2020: Croatia — DataReportal — Global Digital Insights*. Datareportal.Com. <https://datareportal.com/reports/digital-2020-croatia>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Ullah Khan, S. (2015). The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47(July), 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>
- Helmus, D. R., & Grabenhofer, J. (2019). TURNING THE INTERNET OF THINGS INTO REALITY (White paper). *Siemens*. <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public/1556633115.131ac2f9-5e8b-4968-ba2f-734eefccdb50.turning-iot-into-reality-whitepaper-by-siemens-iot-services-fina.pdf>
- Horizon 2020. (2018). *What is a Work Programme? Horizon 2020*. European Commission. <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-work-programme>
- ICT Business. (2019). *Digitalizacija nije samo tehnologija, nije revolucija nego evolucija*. Ictbusiness.Info. https://www.ictbusiness.info/vijesti/digitalizacija-nije-samo-tehnologija-nije-revolucija-nego-evolucija?fbclid=IwAR0GapDTEu-zyN9ZYbjd1fnG2vnObKdt6zblQEWu81j_BIH0QasJJR93ow4
- IERC. (2016). *IERC-European Research Cluster on the Internet of Things*. Internet-of-Things-Research.Eu. http://www.internet-of-things-research.eu/about_ierc.htm
- InfoTrend. (2019). *Nevidljivi internet*. Internet.Hr. <http://www.infotrend.hr/clanak/2015/4/nevidljivi-internet,83,1144.html>
- Investopedia. (2019). *Big Data Definition*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/b/big-data.asp>
- IoT Net Adria. (2017). *IoT Net Adria stvara temelje za prvu hrvatsku IoT mrežu u suradnji sa Sigfoxom - IoTNet*. Iotnet.Hr. <https://www.iotnet.hr/iot-net-adria-stvara-temelje-za->

prvu-hrvatsku-iot-mrezu-u-suradnji-sa-sigfoxom.aspx

IRNAS. (2019a). *OpenCollar Elephant Tracker* - Institute IRNAS. Irnas.Eu. <https://www.irnas.eu/opencollar-elephant-tracker/>

IRNAS. (2019b). *Wave Height Monitoring Buoy with LoRaWAN* - Institute IRNAS. Irnas.Eu. <https://www.irnas.eu/wave-height-buoy-with-lorawan/>

ITU Internet Reports. (2005). The Internet of Things – Executive Summary. *International Telecommunication Union*. http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings_summary.pdf

Jakupović, S., & Novaković, V. (2017). Iot - From New Market Opportunities and Business Model To Security Concern // Iot – Od Novih Tržišnih Prilika I Poslovnog Modela Do Brige O Sigurnosti. *EMC Review - Časopis Za Ekonomiju - APEIRON*, 14(2), 318–329. <https://doi.org/10.7251/emc1702318j>

Kačapor, K. (2018). *Računarske mreže i telekomunikacije Teme*.

Komunalac. (2019). *Komunalac smart parking* - *Novosti Komunalac Vukovar*. Komunalac-vu.Hr. <https://www.komunalac-vu.hr/o-nama/novosti/komunalac-smart-parking-385/>

Kotarba, M. (2018). Digital transformation of business models. *Foundations of Management*, 10(1), 123–142. <https://doi.org/10.2478/fman-2018-0011>

Kovač, D. (2019). Konferencija „Digitalizacija bosanskohercegovačkog društva“. *Privredna Komora BiH: Infokom 74*, 8–9. http://www.komorabih.ba/wp-content/uploads/2019/06/Infokom-74_web.pdf

Lanaco. (2019). Lanaco Go platforma Smart City koncept. *Lanaco*.

Link Labs. (2018a). *NB-IoT vs. LoRa vs. Sigfox*. Link-Labs.Com. <https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox>

Link Labs. (2018b). *SigFox Vs. LoRa: A Comparison Between Technologies & Business Models*. Link-Labs.Com. <https://www.link-labs.com/blog/sigfox-vs-lora>

LoRa Alliance&ABI Research. (2019). *LORAWAN AND NB-IOT: COMPETITORS OR COMPLEMENTARY?* www.abiresearch.com

LoRa Alliance. (2015). *A technical overview of LoRa and LoRaWAN What is it?* https://docs.wixstatic.com/ugd/eccc1a_ed71ealcd969417493c74e4a13c55685.pdf

Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), 164–173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>

Marković, B., & Novaković, M. (2016). BEZBEDNOST IOT TEHNOLOGIJA I RAZVOJ BEZBEDNOSNIH MERA I TEHNOLOGIJA U OKVIRU INTERNETA STVARI. *Aktuelnosti, Časopis Za Društvena Pitanja* 33, 2(32), 9–30. <https://doi.org/10.7251/akt3215001t>

- Mastilović, A. (2019a). DIGITALIZACIJA Gdje je Bosna i Hercegovina na digitalnoj mapi svijeta? *Privredna Komora BiH: Infokom* 74, 12–15. <http://www.komorabih.ba>
- Mastilović, A. (2019b). Pametni gradovi: prvi korak za pametno društvo. *Privredna Komora BiH: Infokom* 75, 44–46. <http://www.komorabih.ba>
- Mattern, F., & Floerkemeier, C. (2010). From the internet of computers to the internet of things. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6462 LNCS, 242–259. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17226-7_15
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. *ICT Express*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2017.12.005>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497–1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Mohamad Noor, M. binti, & Hassan, W. H. (2019). Current research on Internet of Things (IoT) security: A survey. *Computer Networks*, 148(April 2019), 283–294. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.11.025>
- Mondo Portal. (2018). *Digitalna revolucija: Telekomova LoRa mreža!* Mondo.Rs. <https://mondo.rs/MobIT/Tech-Vesti/a1122260/Telekom-Srbija-LoRa-Internet-of-Things.html>
- Mreža za IT profesionalce. (2019a). *Četiri vrste primjena interneta stvari*. Mreza.Bug.Hr. <https://mreza.bug.hr/cetiri-vrste-primjena-interneta-stvari/>
- Mreža za IT profesionalce. (2019b). IoT povezuje fizički i digitalni svijet, prikuplja podatke i stvara novu vrijednost. *Mreza.Bug.Hr*.
- Nacionalni CERT u saradnji sa LSS. (2010). Cloud computing. *CARNet HRVATSKA AKADEMSKA I ISTRAŽIVAČKA MREŽA*. <https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/NCERT-PUBDOC-2010-03-293.pdf>
- Nold, C., & van Kranenburg, R. (2011). the Architectural League of New York the Internet of People for a Post-Oil World the Internet of People for. In *Architectural League of New York* (Vols. 12–13). [http://www.theinternetofthings.eu/sites/default/files/Rob van Kranenburg/Internet of Things Institute for Internet & Society Discussion Paper.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/210812F5-A99B-454E-936B-64C69D01AC64](http://www.theinternetofthings.eu/sites/default/files/Rob%20van%20Kranenburg/Internet%20of%20Things%20Institute%20for%20Internet%20&%20Society%20Discussion%20Paper.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/210812F5-A99B-454E-936B-64C69D01AC64)
- Oeno. (2019). *Monitor. Analyse. Notify. Complete vineyard micro climate monitoring*. Oeno.Global. <https://www.oeno.global/>
- Opačak, J. (2018). Sveučilišni studij Diplomski rad Josipa Opačak Sadržaj. *Fakultet Računarstva, I Elektrotehnike*.
- Orji, E. Z., & Ugwuabonyi, E. (2018). Issues and Challenges in Security and Privacy of

- Internet of Things (IOT). *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS)*, VII(October).
- Paulauskas, N., & Garšva, E. (2012). Computer Networks. In *ACM SIGCSE Bulletin* (Vol. 17, Issue 1). VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY. <https://doi.org/10.1145/323275.323305>
- Pavlović, S. Š., Bolanča, A., & Pavlović, D. (2018). „ Internet of Things “ i „ Blockchain “ kao alati razvoja fleksigurnog energetskog sektora “ Internet of Things “ and “ Blockchain “ as Tools for. *NAFTA PLIN*, 107–116.
- Petäjärvi, J., Mikhaylov, K., Roivainen, A., Hänninen, T., & Pettissalo, M. (2015). On the coverage of LPWANs: range evaluation and channel attenuation. *14th International Conference on ITS Telecommunications*, 55–59. <https://doi.org/10.1109/ITST.2015.7377400>
- Poslovni dnevnik HR. (2019). *Digitalna ekonomija ponegdje raste i sedam puta brže od klasične*. Poslovni.Hr. <https://www.poslovni.hr/hrvatska/digitalna-ekonomija-ponegdje-raste-i-sedam-puta-brze-od-klasicne-351838>
- Prointer. (2020). *Banja Luka je dobila pametni parking*. PROINTERIT Solutions and Services. <https://www.prointer.ba/sr/novost/88/banja-luka-je-dobila-pametni-parking>
- Rob van der Meulen. (2017). *Gartner Says 8.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2017*. Gartner Says 8.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>
- RTS. (2019). *RTS:: “Internet stvari” stoji na Teslinim patentima*. RTS. <https://www.rts.rs/page/stories/sr/story/711/merila-vremena/3584940/tesline-zasluge-za-internet-stvari.html>
- Sanchez-Iborra, R., & Cano, M.-D. (2016). State of the Art in LP-WAN Solutions for Industrial IoT Services. *Sensors*, 16(5), 708. <https://doi.org/10.3390/s16050708>
- Saobraćajni fakultet. (2016). *The Internet of Things*. Saobraćajni Fakultet Beograd. https://nastava.sf.bg.ac.rs/pluginfile.php/34208/mod_resource/content/1/OTS_9.pdf
- Sarker, V. K., Queralta, J. P., Gia, T. N., Tenhunen, H., & Westerlund, T. (2019). A survey on LoRa for IoT: Integrating edge computing. *2019 4th International Conference on Fog and Mobile Edge Computing, FMEC 2019, June*, 295–300. <https://doi.org/10.1109/FMEC.2019.8795313>
- SecuritySEE. (2018). *Industrija 4.0: Dolazak na srpsko tržište* SecuritySEE.com. Magazin Za Bezbednost. <https://www.securitysee.com/2018/06/industrija-4-0-dolazak-na-srpsko-trziste/>
- Sigfoks. (2019). *Our story Sigfox*. Sigfoks.Com. <https://www.sigfox.com/en/sigfox-story>
- Šikman, L., & Stojanović, D. (2016). *INTERNET STVARI I BEŽIČNE SENZORSKE TEHNOLOGIJE U TEHNOLOŠKIM SISTEMIMA: MOGUĆNOSTI I IZAZOVI*.

- Ekonferencije. <http://spkt.ekonferencije.com/bs/rad/internet-stvari-i-be-i-nensenz/4645#.XlfavShKhPY>
- Službeni glasnik BiH. (2017a). *Politika razvitka informacijskog društva Bosne i Hercegovine za razdoblje 2017-2021. godine*. Službeni Glasnik BiH, Broj 42/17. <http://www.sluzbenilist.ba/page/akt/vz9b4E01z00=>
- Službeni glasnik BiH. (2017b). *Politika Sektora elektroničkih komunikacija Bosne i Hercegovine za period 2017-2021. godine*. Službeni Glasnik BiH 46/2017. <http://sluzbenilist.ba/page/i/GoSZN6wZCRM=>
- Smart Plants /KGON. (2017). *Smart Factory Case Study*. https://smartplants.io/smart_factory
- Sodaq. (2019). *SODAQ - Top 5 In-Depth Cases of IoT Innovations in Business - SODAQ*. Sodaq.Com. <https://shop.sodaq.com/blogs/sodaq-insights/iot-innovation-top-5-in-depth-cases-of-iot-in-busi/>
- Softić, L. (2015). *Digitalna ekonomija*. <http://savjetnik.ba/wp-content/uploads/2015/03/Digitalna-ekonomija.pdf>
- Softić, L. (2016). *Digitalna ekonomija i istraživanje promjena u tržišnim potrebama*. <http://savjetnik.ba/wp-content/uploads/2015/03/Digitalna-ekonomija.pdf>
- Srilakshmi, A., Rakkini, J., Sekar, K. R., & Manikandan, R. (2018). A comparative study on Internet of Things (IoT) and its applications in smart agriculture. *Pharmacognosy Journal*, 10(2), 260–264. <https://doi.org/10.5530/pj.2018.2.46>
- Startit.rs. (2016). *Kratak uvod u Internet stvari — gde smo, kuda idemo i kako da oblikujemo budućnost uz IoT*. Startit.Rs. <https://startit.rs/iot-101/>
- Stojanović, Z. (2015). *Arhitektura, protokoli i servisi interneta*. Evropski univerzitet Brčko Distrikta. <https://eubd.edu.ba/>
- Tech Blog. (2018). *Šta je Big Data*. Nauka I Tehnologija. <https://www.majkic.net/novosti/nauka-i-tehnologija/906-sta-je-big-data>,
- Tech hosted by Lanaco. (2019). *Tech hosted by LANACO: vijesti*. Techhosted.Ba. <http://techhosted.ba/vijesti.php>
- The Things Network. (2019). *The Things Network*. Thethingsnetwork.Com. <https://www.thethingsnetwork.org/>
- TICM HR. (2019). *RADIONICA I NATJECANJE IOT IDEA CHALLENGE - DO THE RIGHT IOTHING*. Ticm.Hr. <https://ticm.hr/radionica-i-natjecanje-iot-idea-challenge-do-the-right-iothing/>
- Toroman, M. (2018). *NHands-On Cloud Administration in Azure; Implement; monitor; and manage important Azure services and components including IaaS and Paaso Title*.
- Urban Europe. (2019). *Introduction JPI Urban Europe*. Jpi-Urbaneurope.Eu. <https://jpi-urban-europe.eu/>

urbaneurope.eu/about/intro/

- Verić, S. (2018). *Pregled rješenja za realizaciju LoRa bežične mreže*. <https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2018/radovi/STS-1/STS-1-4.pdf>
- Vermesan, O., & Friess, P. (2014). Internet of things applications: From research and innovation to market deployment. In *Internet of Things Applications: From Research and Innovation to Market Deployment*.
- Vujović, V., Maksimović, M., Balotić, G., & Mlinarević, P. (2015). Internet stvari – tehnički i ekonomski aspekti primjene. *INFOTEH-JAHORINA*, 14(March), 658–663.
- We Are Social & Hootsuite. (2020). Digital 2020 :Global Digital Overview. In *Global Digital Insights*. <https://datareportal.com/reports/digital-2020-global-digital-overview>
- Xiris. (2019). *Smart Agriculture: An Example of Practical Implementation - XIRIS*. Xiris.Si. <https://www.xiris.si/blog/smart-agriculture-example-practical-implementation/>
- Xu, L. Da, He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- Zaheer, R., & Khan, S. (2012). *Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges*. 257–260. <https://doi.org/10.1109/FIT.2012.53>

9. PRILOG

9.1. Popis slika

Slika 1. IoT eko-sistem.....	24
Slika 2. Internet of Things – shematski prikaz krajnjih korisnika i područja aplikacija na osnovu podataka	25
Slika 3. Primjena Internet of Things.....	34
Slika 4. LoRaWAN arhitektura	55
Slika 5. LoRaWAN Network Server	57
Slika 6. Odgovarajuće prednosti SigFox-a, LoRa-e i NB-IoT-a u odnosu na IoT faktore.	62
Slika 7. Grafički prikaz sigurnosnih izazova u Internet of Things.....	69
Slika 8. Distribucija smart city rješenja – države i gradovi.....	77
Slika 9. Go Grow – hardverska infrastruktura.....	86
Slika 10. Go Grow – implementacija	87
Slika 11. Postavljanje senzora	89
Slika 12. SmartParks – Elephant Tracker.....	92
Slika 13. Buoy – plutača za mjerenje visine talasa.....	93

9.2. Popis grafikona

Grafikon 1. Proces sistemske analize literature.....	12
Grafikon 2. Broj objavljenih radova prema izdavačima.....	14
Grafikon 3. Pregled objavljenih radova po godinama, period 2009–2019.....	14
Grafikon 4. Faktor značajnosti	15
Grafikon 5. Grafikon citata najzastupljenijih autora	16
Grafikon 6. Pregled zastupljenih izvora u ovom radu	16
Grafikon 7. Odnos troškova IT sistema na sopstvenoj i Cloud infrastrukturi.....	45
Grafikon 8. Kumulativni prikaz troškova sopstvenog i IT sistema u Cloud-u.....	45

9.3. Popis tabela

Tabela 1. Pregled broja citata, po godinama	15
Tabela 2. Tržište krajnjih uređaja IoT – po segmentima, 2018–2020, širom svijeta (instalirana baza, milijarde jedinica)	33
Tabela 3. Comparison of Sigfox, NB-IoT, LoRaWAN.....	60
Tabela 4. Razlike u cijeni SigFox-a, LoRa-e i NB-IoT-a.....	63

9.4. Popis skraćenica

BiH	Bosna i Hercegovina
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
BW	<i>Bandwidth</i>
CERT	Computer Emergency Response Team
CIMO	<i>Context, Intervention, Mechanisms and Outcome</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control.</i>
CR	<i>Code Rate</i>
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i>
CSS	<i>Chirp Spread Spectrum</i>
EC	<i>European Commission</i>
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Evropska unija
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>
GMO	<i>Genetically Modified Organism</i>
GPP	Generation Partnership Project
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	Global System for Mobile
IaaS	<i>Infrastructure as a Service</i>
ICT	<i>Information And Communications Technology</i>
IDC	<i>International Data Corporation</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IERC	<i>Internet of Things European Research Cluster</i>
IKT	<i>Informaciono komunikacione tehnologije</i>
IoE	<i>Internet of Everything</i>
IoNT	<i>Internet of Nano Things</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPv6	<i>Internet Protocol version 6</i>
IS	<i>Informacioni sistem</i>
ISM	<i>Industrial, Scientific and Medical</i>
IT	<i>Information Technology</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
JPI	<i>Joint Programming Initiative</i>
KG	<i>Kverneland Group</i>
KGON	<i>Kverneland Group Operations Norway</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>

LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	Light-Emitting Diode
LoRa	<i>Long Range</i>
LoRaWAN	<i>Long Range Wide Area Network</i>
LoWPAN	<i>Low-Power Wireless Personal Area Networks</i>
LPE	Low Power Early
LPWA	<i>Low Power Wide Area</i>
LPWAN	<i>Low-Power Wide Area Network</i>
LTE	Long-Term Evolution
M2M	<i>Machine To Machine</i>
MAC	<i>Medium Access Control</i>
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute Of Technology</i>
NB-IoT	Narrowband Iot
NBQT	<i>New Brunswick Quality Turf</i>
NFC	<i>Near-Field Communication</i>
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OiV	Odašiljači i veze
P2P	<i>Peer to Peer</i>
PaaS	<i>Platform as a Service</i>
PAN	<i>Personal Area Network,</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PHY	<i>Physical Layer</i>
PM	Particulate Matter
PMI	Project Management Institute
PwC	Pricewaterhousecoopers
QoS	<i>Quality of Service</i>
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>
R.E.P.	Registered Education Provider
RF	<i>Radio Frequency</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
ROI	<i>Return On Investment</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
SAP	<i>Systeme, Anwendungen und Produkte</i>
SF	<i>Spreading Factor</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>

SLNA	<i>Systematic literature network analysis</i>
SRIA	<i>Strategic Research and Innovation Agenda</i>
TP	<i>Transmission Power</i>
TTN	<i>The Things Network</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications Service</i>
UN	<i>United Nations</i>
UNDP	United Nations Development Programme
UV	<i>Ultraviolet</i>
VOC	<i>Volatile Organic Compounds</i>
WAN	<i>Wide Area Network,</i>
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i>
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>