

Интернет на нещата (IoT)

Архитектура, протоколи, приложения.
6LoWPAN устройства. LoRaWAN – глобалната
мрежа на нещата.

Какво ще научим?

- Архитектура на IoT мрежите
- Протоколи в IoT мрежите
- 6LoWPAN устройства
- LoRaWAN – глобалната мрежа на нещата

Що е то IoT?

Интернет на нещата (Internet of Things – **IoT**):

- **Компютърна мрежа** от физически обекти, притежаващи вградени електронни устройства за взаимодействие помежду си или с външната среда.
- IoT “обогатява” Internet извън стандартните десктопи, лаптопи и др.
- Снабдени с IoT технологии, иначе “немрежови” устройства могат да комуникират и взаимодействат по Internet, да бъдат следени и контролирани.

Основни характеристики на IoT

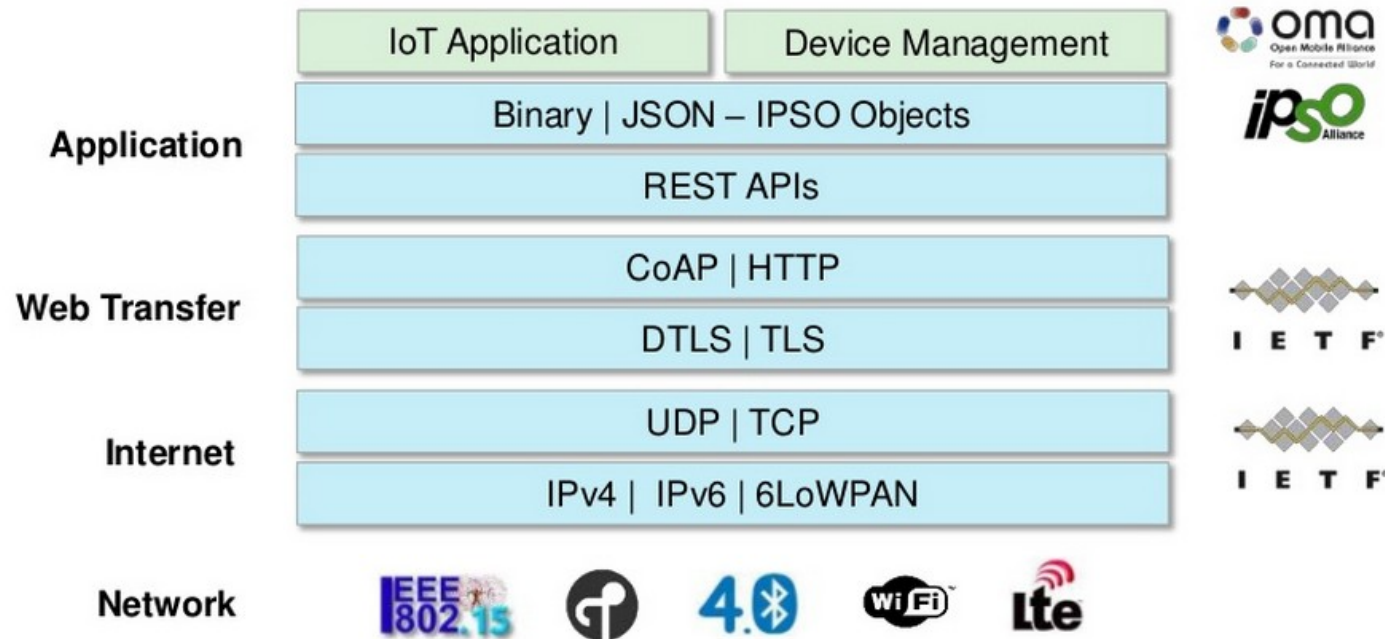
- **AI** – IoT прави всичко интелигентно (“smart”), подобрявайки всички аспекти от живота, използвайки мощни средства за събиране на данни, изкуствен интелект и мрежи. Например, да ви предупреди кога свършва даден продукт в хладилника.
- **Свързаност** – Новите IoT мрежови технологии не са непременно обвързани с даден провайдер. Могат да съществуват върху по-малки и евтини мрежи, но да са достатъчно добре свързани.
- **Сензори** – Те трансформират IoT от една пасивна мрежа в активна реално интегрирана система.
- **Малки устройства** – Устройствата стават по-малки, по-евтини и по-мощни.

Недостатъци на IoT

- **Сигурност** – IoT създава екосистема от постоянно свързани устройства, комуникиращи по мрежите. Контролът е занижен, което поражда опасност от атаки.
- **Поверителност** – IoT излага на показ лични данни на потребителите.

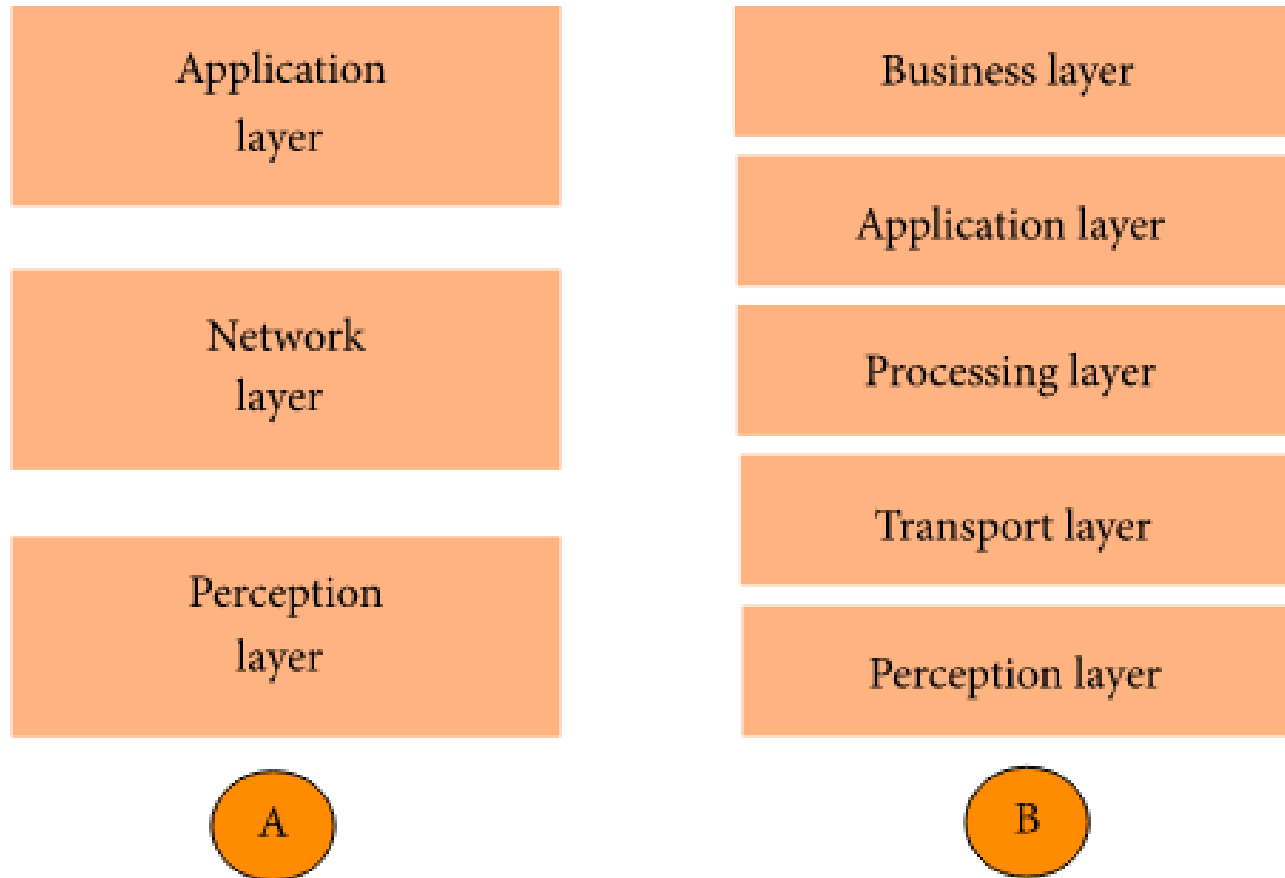
IoT архитектура

Remember the I in IoT!



ARM

IoT архитектуры



3-слойна IoT архитектура

Най-характерна е 3-слойната архитектура:

- (i) **Слоят на възприятие** е физическия слой, където са **сензорите** за наблюдение и събиране на информация;
- (ii) **Мрежовият слой** отговаря за свързване с други интелигентни неща, мрежови устройства и сървъри за предаване и обработване на сензорни данни;
- (iii) **Приложният слой** осигурява услуги за конкретните приложения.

5-слойна IoT архитектура

3-слойната архитектура дефинира основната идея на IoT, но не е достатъчна за изследователски цели.

5-слойната архитектура включва и обработване на процеси и бизнес слоеве. Слойт на възприятие и приложният са същите.

(i)**Транспортният слой** прехвърля сензорни данни между слоя на възприятие и слоя за обработване на процеси по безжични, 3G/4G/5G, локални, Bluetooth, RFID и др. мрежи.

(ii)**Слой за обработване на процеси (middleware)** съхранява, анализира и обработва големи обеми от данни, идващи от транспортния слой. Осигурява различни услуги на по-ниските слоеве. Прилага бази от данни, облачни изчисления и големи данни.

(iii)**Бизнес слойт** управлява цялата IoT система.

Облачни и “мъгляви” (Cloud and Fog) архитектури

Облачно центрираната архитектура (cloud centric architecture) залага на изчисленията в облака. Всички инструменти за съхранение, софтуер, търсене на данни, машинно обучение и визуализация са в облака.

“Изчисленията в мъглата” (fog computing) – сензорите и мрежовите шлюзове са част от обработването и анализа на данни.

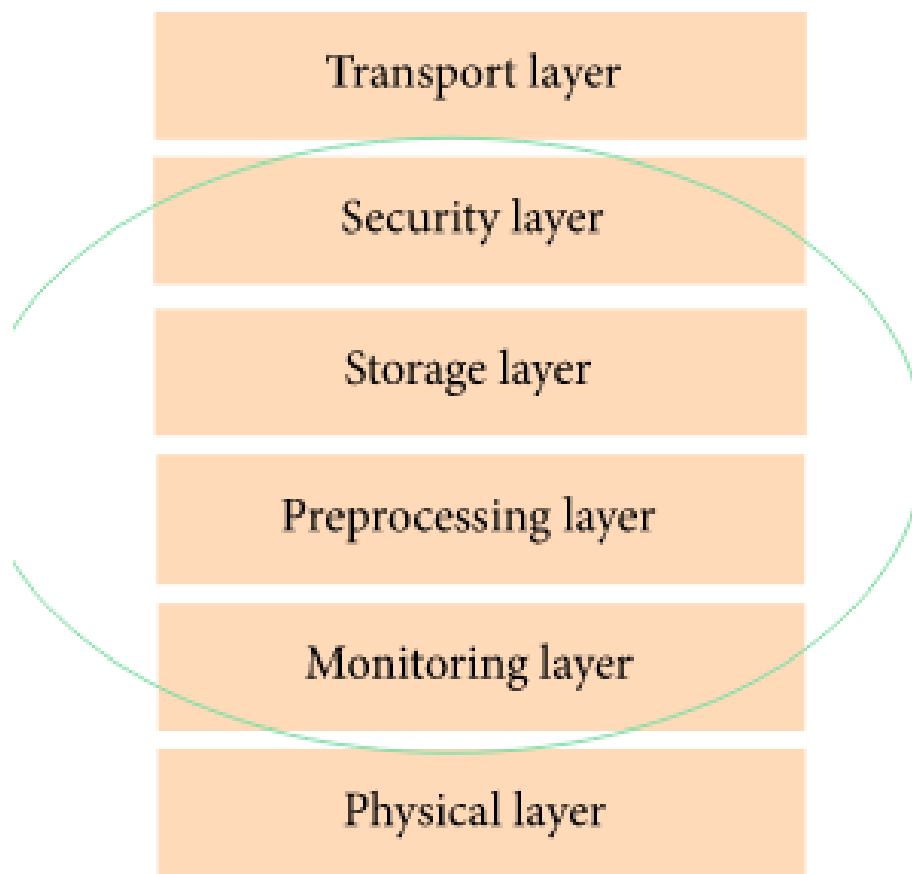
“Мъглявата” (Fog) архитектура вмъква слоеве за мониторинг, предварителна обработка, съхранение и сигурност между физическия и транспортния.

Мониторингът следи мощността, ресурсите и услугите. Предварителната обработка изпълнява филтриране, обработване и анализа на сензорни данни. Временното съхранение изпълнява репликация, разпределение и съхранение на данните. Сигурността изпълнява (де)криптиране, гарантира интегритет и поверителност на данните.

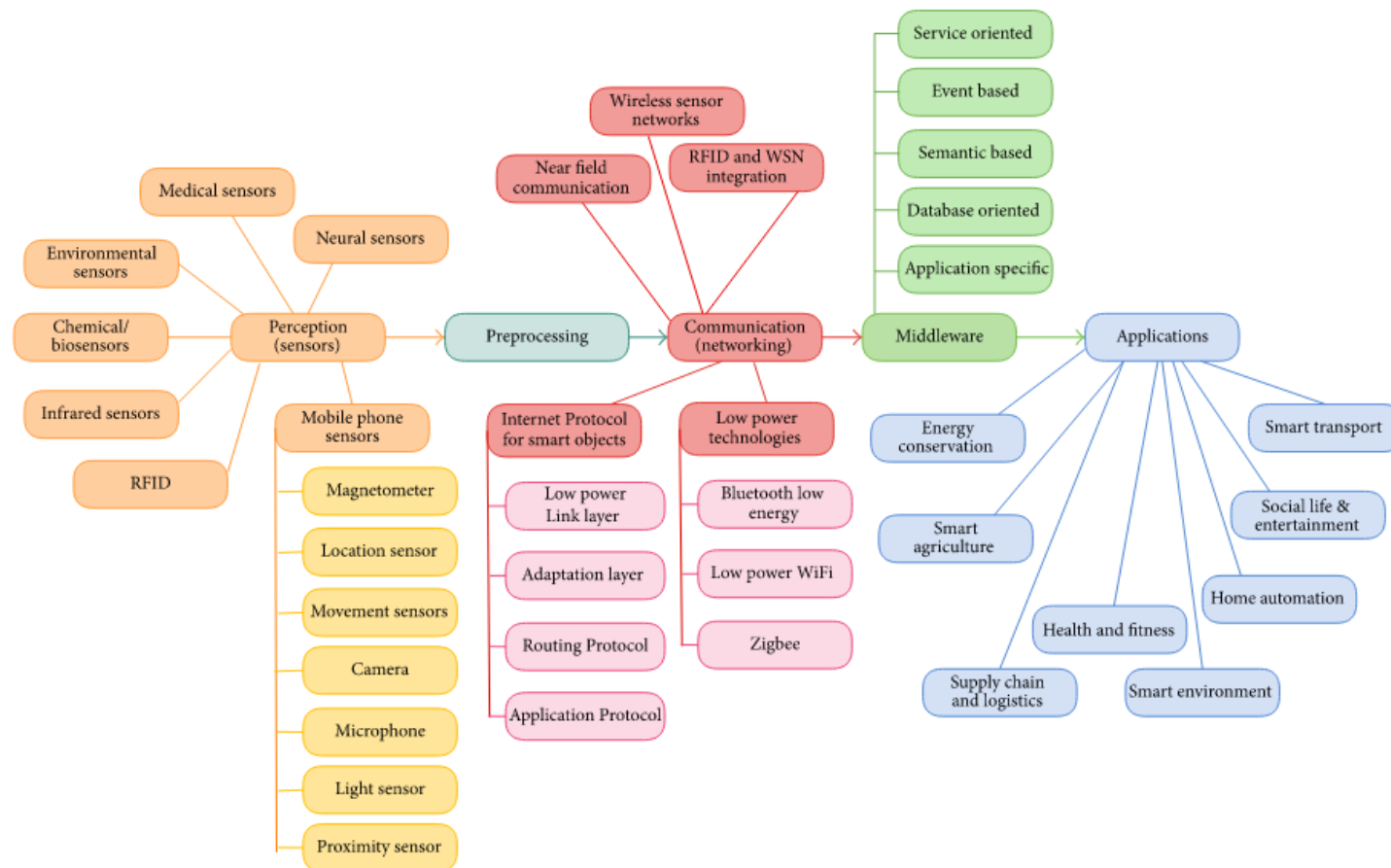
Мониторингът и предварителната обработка се правят на границата на мрежата, преди данните да се изпратят в облака.

Мъглява архитектура (Fog architecture) на интелигентен IoT

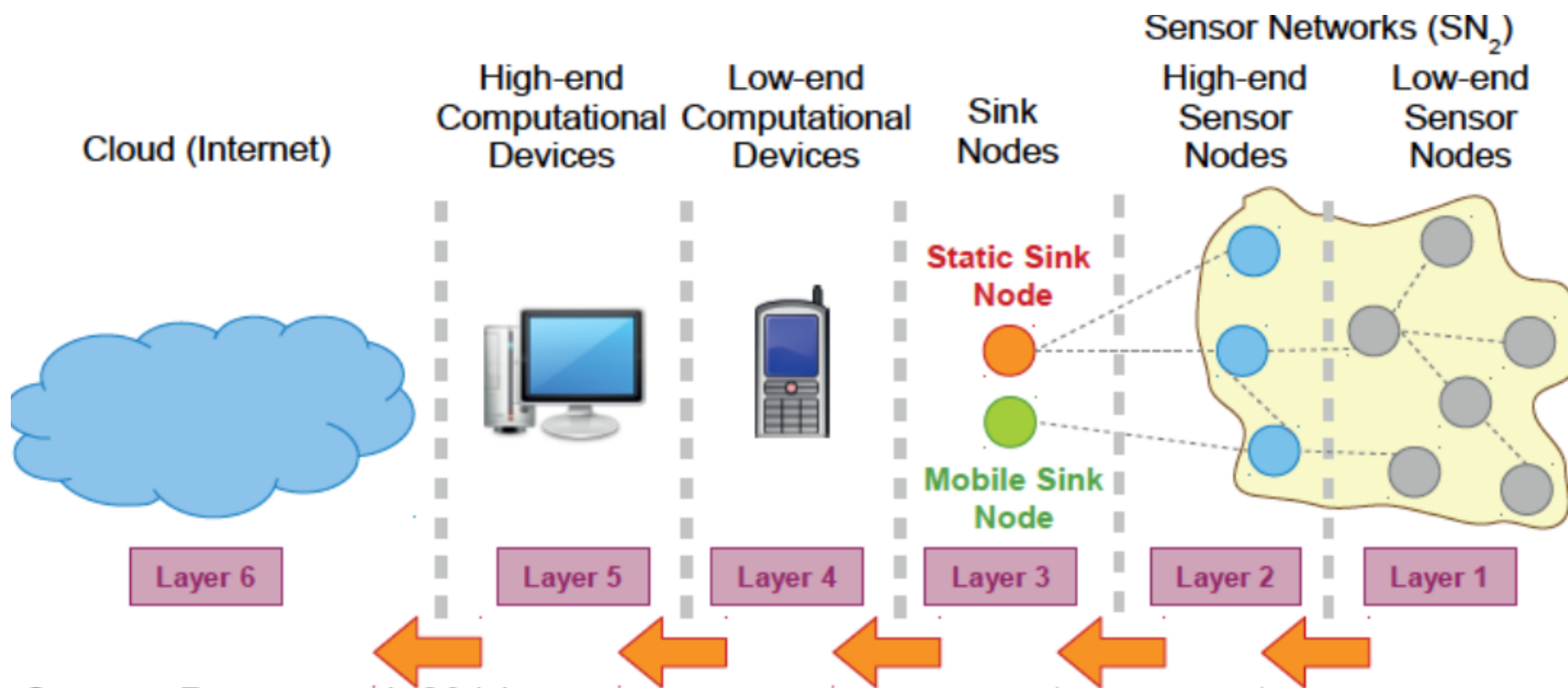
ШЛЮЗ



IoT. Класификация.



Сензорни мрежи



Source: Perera et al. 2014

IoT сензори

Всички IoT приложения разчитат на сензори.

Internet of Things трябва постоянно да е “в час” с текущата обстановка. Без сензори това е невъзможно.

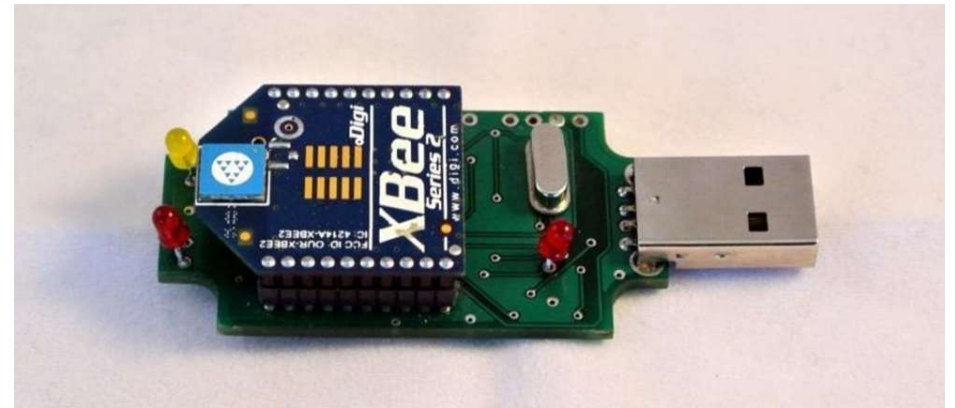
IoT сензорите са миниатюрни, на ниска цена и ниска консумация на мощност.

IoT устройства

- IoT сензори

Състоят се от модули за захранване и управление на консумираната мощност, RF модули и сензорни такива.

RF модулите управляват комуникациите: WiFi, ZigBee, Bluetooth, радио приемопредаватели и т.н.



IoT устройства. Електроника като дреха

Такива са:

- На главата – шлемове, очила
- На врата – бижута и др.
- На ръката – часовници, гривни, пръстени
- В облеклото
- На краката – чорапи, обувки



Сензори, базирани на мобилни телефони

В телефона може да се вградят приложения, които използват сензорни данни. Например:

Измерване на **ускорение** при движение, прецизно определяне на разположението на телефона.

Камерите прихващат аудио и визуална информация.

Магнитометър разпознава магнитни полета. Служи като компас и метал детектор.

GPS (Global Positioning System) разпознава локацията на телефона.

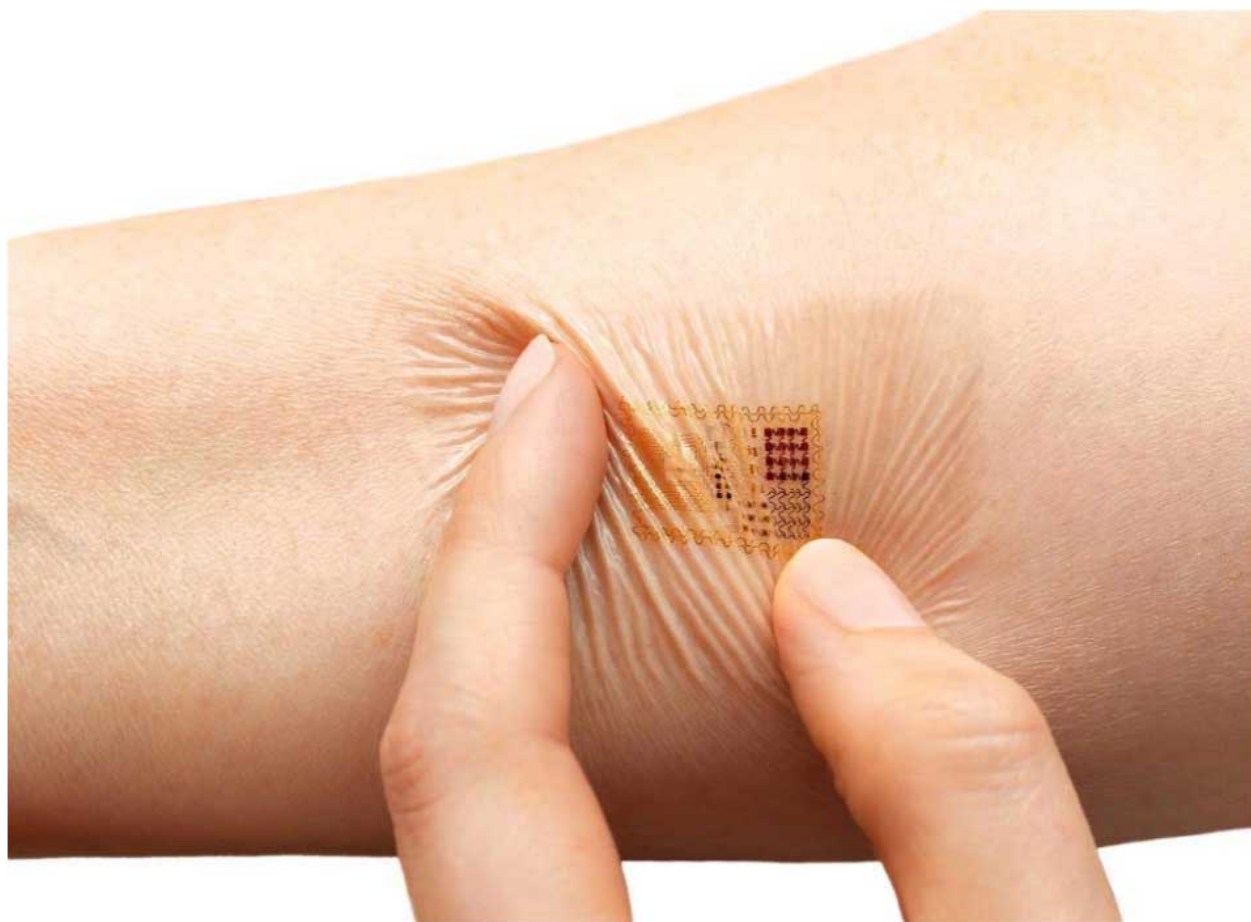
Сензори за светлина за регулиране на яркостта на екрана и др. приложения.

Сензори за близост инфрачервен (IR) LEDc чиято помощ прецизно да се изчислява разстояние.

Медицински сензори. Smart часовници фитнес трекъри.



Вградени в кожата



Невронни сензори за следене на функции на мозъка



Сензори за следене на околната среда

Сензорите за следене на околната среда следят температура, влажност, налягане, замърсяване на вода и въздух.

Radio Frequency Identification (RFID)

RFID служи за идентификация (малък чип с антена). Прихваща данни, които се четат от RFID четец и след това ги предава по радио вълни.

Подобен е на бар кода, но не изисква пряка видимост.

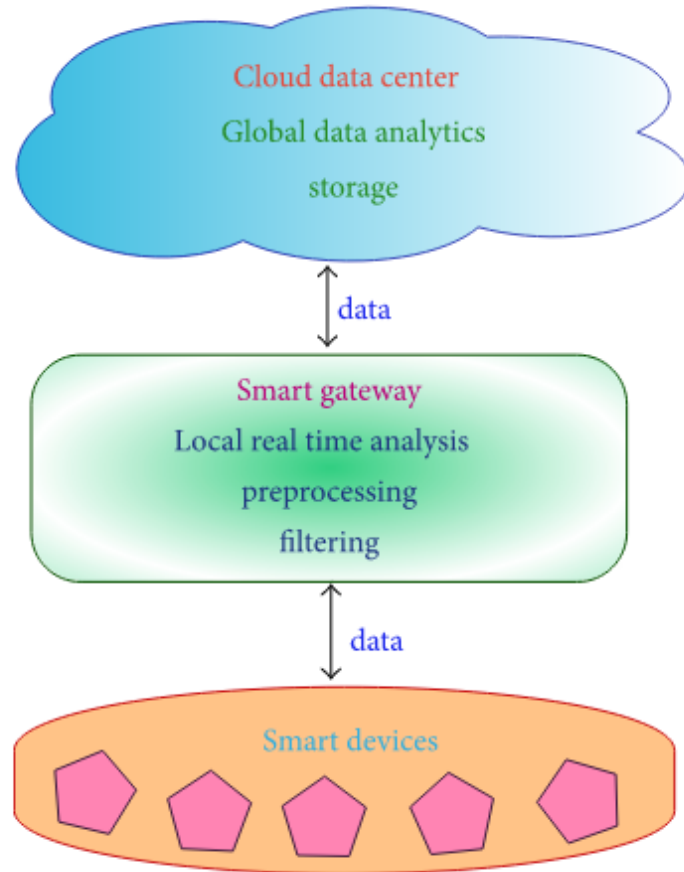
В зависимост от мощността покрива стотоци метри.

Предварителна обработка

Повечето ресурси за изчисления и съхранение са облачни. Но това не е достатъчно защото:

- страда мобилността и бързите реакции в реално време;
- повече устройства означава повече заявки към облака, което води до забавяния;
- има и ограничения в консумираната мощност.

Интелигентен шлюз за предварителна обработка при “мъглявите” (fog) изчисления



Необходими са ресурси за изчисления и съхранение в граничната част на мрежата, вместо да разчитаме само на облака

“Мъглата” е нещо като облак, но близо до земята. Данните се обработват, преди да бъдат изпратени в облака.

И облака, и мъглата са необходими за оптимална производителност на IoT.

Видове интелигентни шлюзове

Интелигентни трафик мрежи: интелигентни светофари се реализират като интелигентни шлюзове, които локално засичат пешеходци и коли чрез сензори, изчисляват разстояние и скорост и създават начална картина на трафика.

Smart grid: интелигентната електрическа мрежа постига баланс на натоварването на базата на данни от консумация и наличност на услугата.

Комуникации

IoT устройствата се захранват от батерии и имат ограничени ресурси за изчисления и съхранение. Това е предизвикателство и пред комуникациите:

- (1)Нуждаят се от огромно адресно пространство за свързване към Internet ==> **IPv6**.
- (2)Комуникациите са **безжични** и да са с **ниска консумация**.
- (3)Алгоритмите за маршрутизация **да не заемат много памет**.
- (4)Комуникациите да са **високоскоростни и без загуби**.
- (5)**Мобилност**.

Комуникационни технологии в IoT

Това са IEEE 802.15.4, нискомощен WiFi, 6LoWPAN, RFID, NFC, Sigfox, LoraWAN и др.

Near Field Communication (NFC) е с обхват от няколко сантиметра за взаимодействие между устройствата.

Wireless sensor network (WSN) се състои от множество сензорни възли, които събират данни. Тези данни чрез шлюзове се предава към облака през Internet. WSN се базира главно на IEEE 802.15.4.

IoT. Мрежови протоколи.

IETF са разработили алтернативни протоколи за комуникации между IoT устройства, използващи IP.

Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) Alliance

публикува документи, описващи алтернативни протоколи и стандарти за слоевете в TCP/IP стека и допълнителен **адаптивен слой**, за комуникации между интелигентни обекти.

IPSO Alliance се сля с Open Mobile Alliance и формира **OMA SpecWorks**.

IEEE 802.15.4 дефинира стандарти и протоколи за физическия и MAC слоеве на TCP/IP стека.

Адаптивен слой

IPv6 е най-добър за комуникации в IoT – стабилен и скалируем.

6LoWPAN (**IPv6 over low power wireless personal area networks**) е за IPv6 комуникации върху IEEE 802.15.4 protocol.

Този стандарт дефинира адаптивен слой между каналния 802.15.4 слой и транспортния слой. 6LoWPAN устройствата комуникират с всички други IP-базирани по Internet.

Мрежов слой

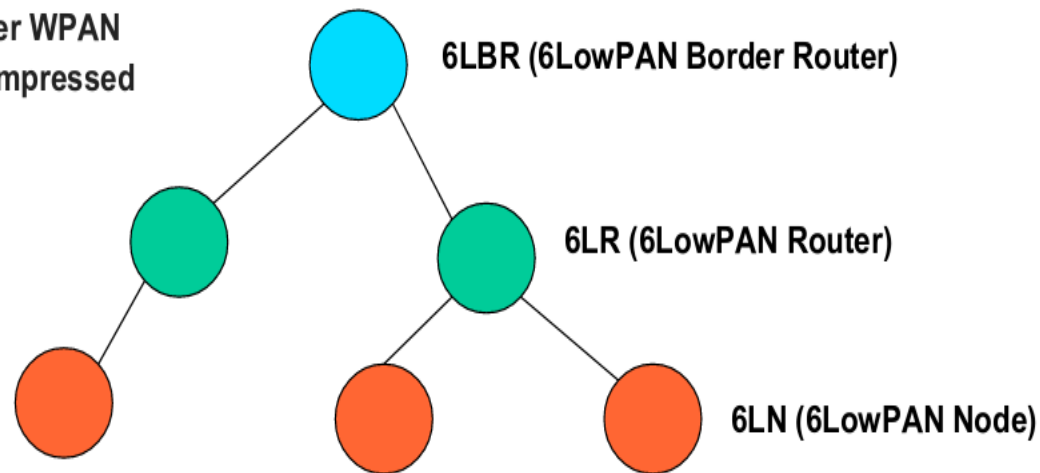
Мрежовият слой отговаря за маршрутизацията на пакетите.

Работната група на IETF Routing over Low Power and Lossy Networks (**ROLL**) е разработила протокол за маршрутизация (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks – **RPL, RFC 6550**) за мрежи с ниска консумация на мощност и големи загуби - за Low Power and Lossy Networks (**LLNs**).

LLN

LLN (Low-Power and Lossy Network) се състои от устройства с ниска мощност, памет и процесор, свързани чрез линии като IEEE 802.15.4 нискомощни Wi-Fi и др.

IPv6 over Low power WPAN
(6lowpan) - IPv6 compressed

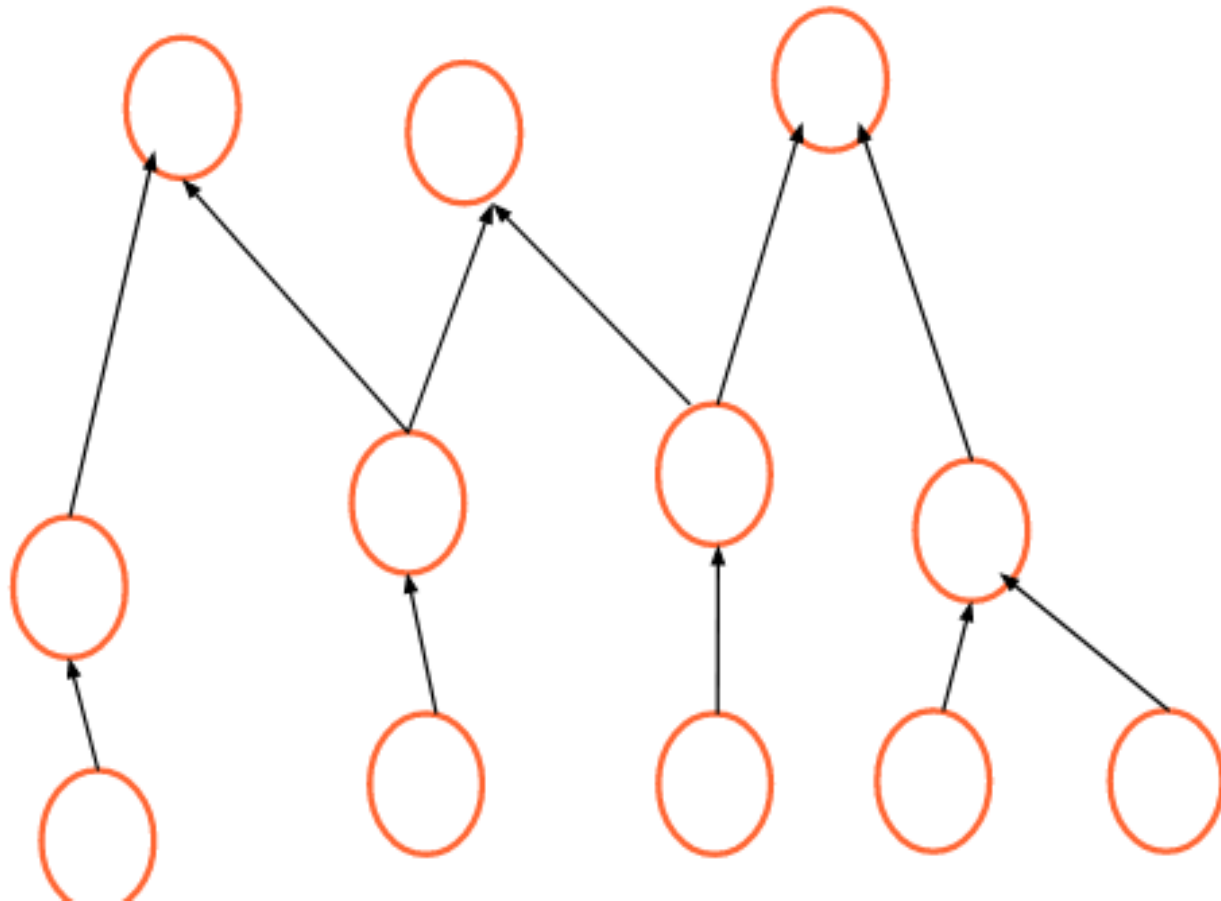


RPL

RPL се базира на алгоритъма с дистантен вектор. Описва как след обмен на дистантни вектори между възлите се изгражда ацикличен граф от типа **destination oriented directed acyclic graph (DODAG)**.

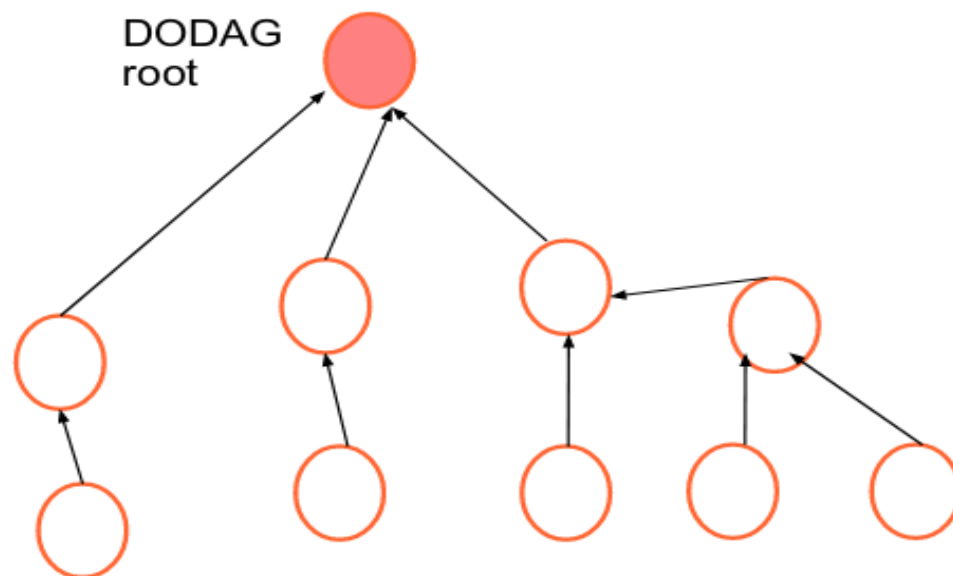
RPL същевременно прилага маршрутизация, определена от източника (**Source Routing**).

RPL организира топологията като DAG...



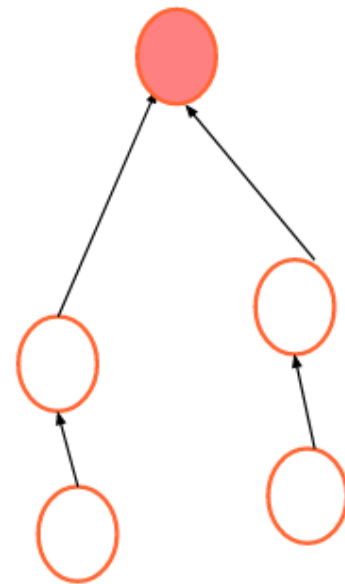
... разделен на ≥ 1 (DODAGs)

DAG е с една единствена дестинация в един единствен DAG корен (**DODAG корен**), който няма изходящи ребра.

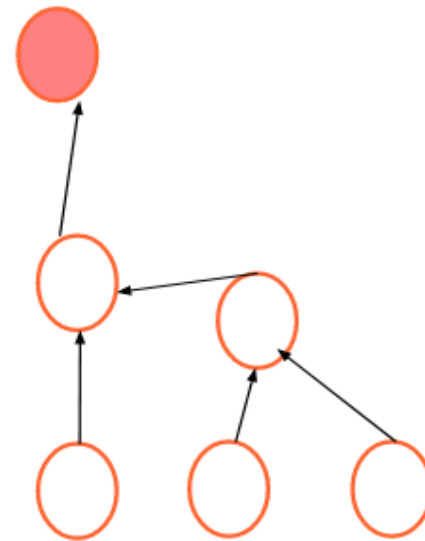


...за да поддържа и идентифицира
дадена топология, RPL използва...

RPL Instance:



(DODAG)



(DODAG)

Транаспортен слой. Приложен слой.

TCP не е добра опция, защото внася закъснения заради служебния трафик, с който се установяват и разпадат сесии, затова е предпочетен **UDP**.

HTTP не е подходящ за приложния слой в IoT.

За IoT са разработени алтернативни протоколи като **CoAP** (Constrained Application Protocol) и **MQTT** (Message Queue Telemetry Transport).

Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy е с по-тесен периметър на действие и консумира по-малко мощност. Иначе протоколният стек BLE е подобен на класическия Bluetooth.

Главната разлика при BLE е, че не поддържа потоци от данни, а бързи трансфери (bursts) на малки пакети със скорост 1 Mbps.

Low Power WiFi

“WiFi Low” е базиран на IEEE 802.11ah.

IEEE 802.11ah работи в нелицензирания обхват под 1 GHz (900 MHz). Консумира по-малко мощност. Това позволява да се създават големи групи от станции и/или сензори, които си споделят сигнала, т.е, насочен е към IoT.

IEEE 802.11ah покрива по-широк периметър от Bluetooth.

Zigbee

Базира се на IEEE 802.15.4 и се използва в персонални мрежи (PANs). Обхватът на Zigbee е 10–100 m.

Има три типа Zigbee: FFD (Fully Functional Device), RFD (Reduced Functional Device) и един Zigbee coordinator.

FFD може да действа и като рутер.

Zigbee поддържа топологии звезда, дърво и свързани.

Low Power Wide-Area-Networks (LPWAN)

LPWAN са нискоскоростни технологии.

Narrow band IoT: този протокол се прилага в спектъра на клетъчните телефони GSM и LTE. downlink скоростите варират между 40 kbps (LTE M2) и 10 Mbps (LTE category 1).

Sigfox: генерира дълги вълни и може да покрива разстояния до 1000 km. Прилагайки свръх теснолентова (Ultra Narrow Band) модулация, Sigfox заема 200 kHz от публично достъпния честотен обхват. Всяко радио съобщение заема 100 Hz, трансферира се със скорост 100 или 600 bps. Едно устройство не е свързано към конкретна базова станция. Така че едно съобщение може да се получи от поне 3 станции.

LoRaWAN: подобен на Sigfox. Скоростите варират от 0.3 kbps до 50 kbps. Затова се ползва в гъсто застроени градски среди (2–5 km).

6LoWPAN

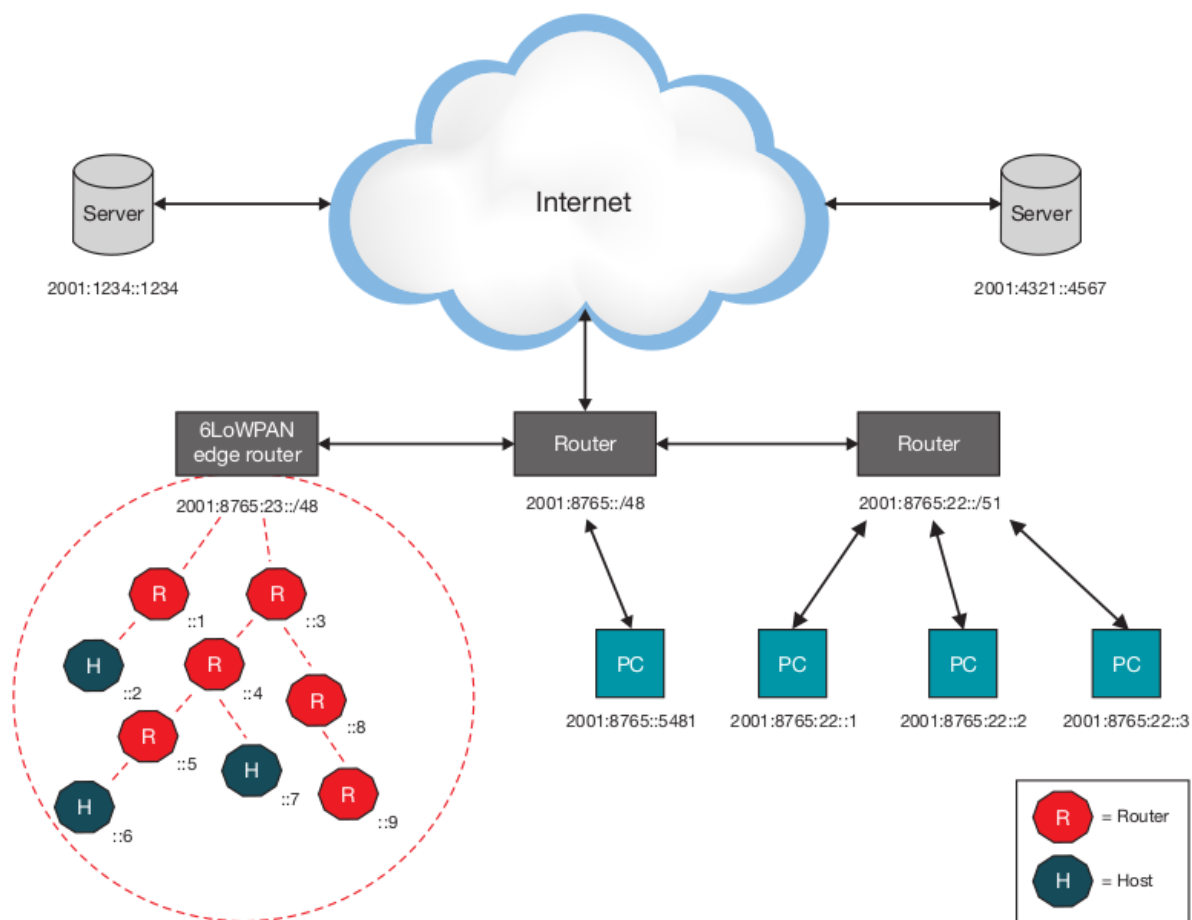
Идеята за 6LoWPAN (**IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks**) идва от виждането "Internet Protocol може и трябва да бъде приложен и при най-малките устройства", съответно устройства с ограничени ресурси да участват в Internet of Things.

6LoWPAN дефинира енкапсулация и компресия на хедъра, които позволяват на IPv6 пакети да се трансферират по IEEE 802.15.4 мрежи.

Спецификациите, разработени от IETF са RFC 4944 (обновена с RFC 6282 за компресия на хедъра и RFC 6775 – откриване на съседни - neighbor discovery).

IPv6 over Bluetooth Low Energy (BLE) се дефинира от RFC 7668.

Пример на IPv6 мрежа, свързана с 6LoWPAN mesh network



Технологията на LoRa Alliance

LoRaWAN е регионална, национална или глобална мрежа за безжични неща, захранвани с батерии.

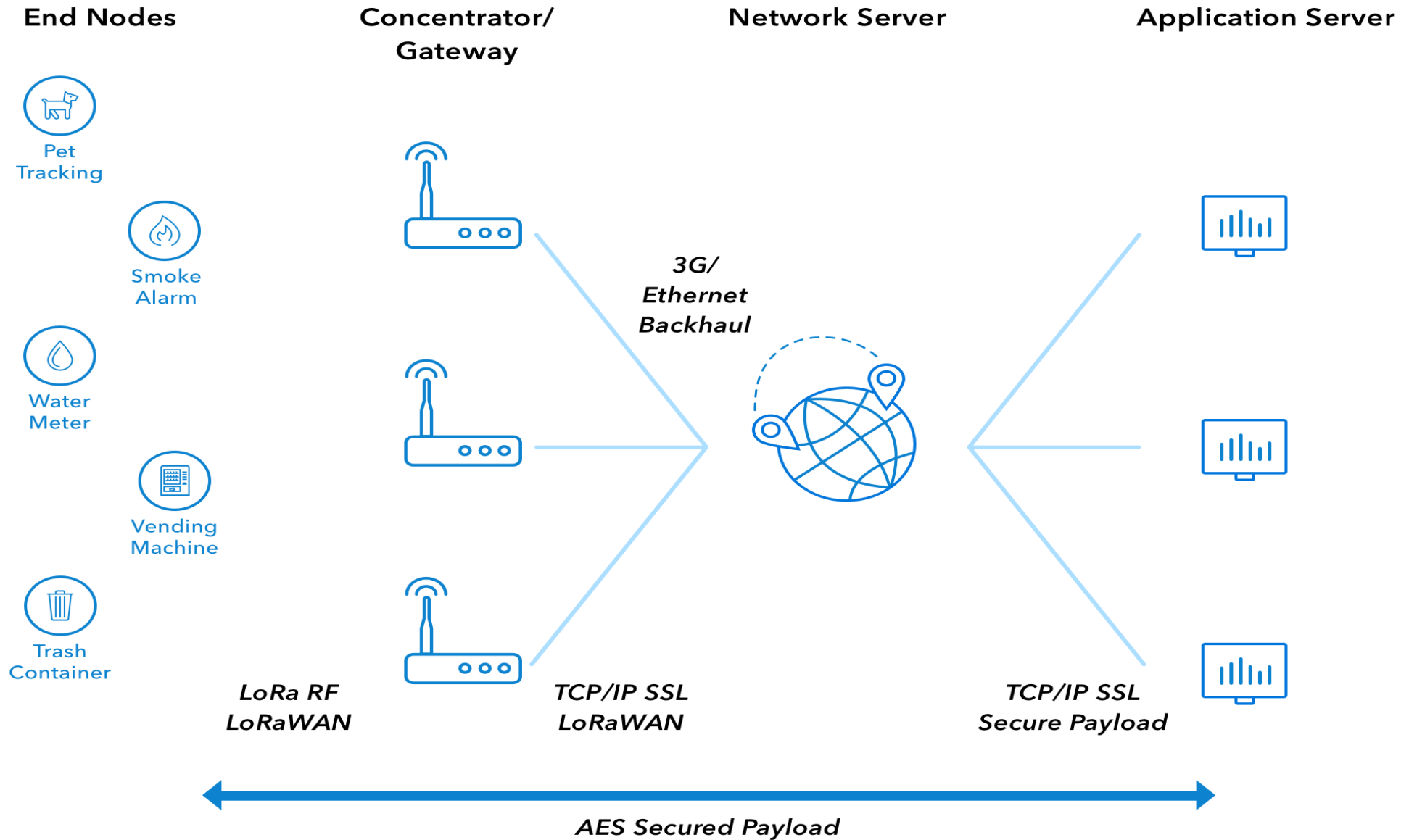
Това е протокол за достъп до комуникационната среда (media access control - MAC) в мрежи с широк обхват (WANs). Предназначен е за комуникация между нискомощни устройства и приложни програми/процеси, свързани към Internet.

LoRaWAN се вписва във 2-и и 3-ти слой на OSI модела - канален и мрежов. Реализира се върху безжични комуникации с широк радиус на действие (**LoRa** - long-range) в нелицензираните (ISM) честотни обхвати. Протоколите на LoRaWAN се разработват от **LoRa Alliance**.

На фигурата на следващия слайд:

- End Device - обект с вградено нискомощно комуникационно устройство;
- Gateway - антени, които получават/предават бродкасти от/към End Devices;
- Network Server - сървъри, които маршрутизират съобщения между End Devices и Application (приложни процеси/програми).

LoRaWAN технология



LoRaWAN в София

6lowpan.io, компания, основана от български специалисти, стартира пилотно в София мрежа за IoT.

Разработката стъпва на Linux и IPv6, а за свързаността – 6LoWPAN.

Компанията има и собствен хардуер за бърза интеграция на основните IoT протоколи: BLE, IEEE 802.15.4 за мрежи от средно разстояние и **LoRaWAN** за мрежи на големи разстояния.

Избраният софтуерен подход дава възможност за лесна интеграция с платформи като IBM Watson, Microsoft Azure IoT Suite и Autodesk Fusion Connect.

