

Andrej Đuretić,
„Minel-Schréder d.o.o.” Fabrika svetiljki, Beograd

“INTERNET OF THINGS” – GLOBALNA REVOLUCIJA U SISTEMIMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA I NADZORA

Apstrakt

Poslednjih godina se sve više govori o IoT („Internet of Things“ – „Internet stvari“) globalnoj informatičkoj infrastrukturi, koja zapravo predstavlja umrežavanje različitih fizičkih objekata, vozila, pametnih uređaja, zgrada i drugih stvari sa ugrađenom elektronikom, softverom, senzorima i aktuatorima koji omogućavaju objektima da razmenjuju podatke sa proizvođačem, operaterom i/ili drugim povezanim uređajima. IoT omogućava da objekti budu opaženi i kontrolisani daljinski putem postojećih ili interoperabilnih informacionih i komunikacionih tehnologija u razvoju, ostvarujući na taj način direktniju integraciju fizičkog sveta i računarskih sistema, što rezultuje povećanjem efikasnosti, uz smanjenje ljudske intervencije. Ovaj globalni proces nije zaobišao ni svet osvetljenja, pa se tako uz postojeće telemenadžment sisteme zasnovane na master-slave topologiji javljaju i novi IoT sistemi upravljanja i nadzora, gde se umrežavaju svetiljke i različiti senzori (fotoćelije, detektori pokreta, merači gustine saobraćaja,...), a sve to pod jednom sveobuhvatnom softverskom platformom putem koje će biti moguće kontrolisati svu javnu infrastrukturu u budućim „pametnim“ gradovima.

Uvod

Prema jednoj od brojnih definicija Interneta Stvari [1], IoT predstavlja „mrežu senzora i aktuatora ugrađenih u fizičke objekte, povezane žičnim ili bežičnim putem, a pritom najčešće koristeći isti Internet Protokol (IP) koji ih povezuje na Internet“. Iako je IoT koncept star samo 18 godina, ideja o povezanim uređajima je pristutna još od 70-ih godina prošlog veka, kada je taj koncept bio poznatiji kao “embedded internet” ili “pervasive computing”. Postoji veliki broj sličnih koncepcija, ali „Internet of Things“ predstavlja najpopularniju kovanicu da se opiše ovaj fenomen. Termin “Internet of Things” je smislio Kevin Ashton 1999. godine dok je radio u kompaniji Procter&Gamble, a u cilju promovisanja RFID tehnologije (Identifikacija pomoću Radio tehnologije – sistem daljinskog slanja i prijema podataka pomoću RFID pločica (tzv. „RFID Tags“) koje se mogu zlepiti na neki proizvod, a svaka pločica-odašiljač sadrži svoju antenu koja joj omogućava prijem i slanje radio talasa od RFID primopredajnika [2]).

Popularnost termina „IoT“ je porasla tek 2010/2011. godine, a termin je našao svoju masovnu primenu početkom 2014. godine. U ovom trenutku se više ne može govoriti o razvojnem konceptu jer je IoT stvaran i veoma prisutan na tržištu (primera radi, Google je 2014. godine kupio Nest, kompaniju koja je prodavala preko 100.000 pametnih termostata mesečno). Pre nego što se počne govoriti o primeni IoT koncepta u tehnici osvetljenja, vredi pomenuti neke od globalno poznatih IoT aplikacija:

- Nosivi uređaji/Fitnes pametni satovi (tzv. „Wearable devices/fitness trackers“, kao npr. Jawbone Up, Fitbit, Pebble)

- Sistemi kućne automatike (tzv. „Home Automation“, kao npr. Nest, 4Control, Lifix)
- Upravljanje i praćenje industrijskih „dobara“ skeniranjem RFID pločica (tzv. „Industrial asset monitoring“ ili „Asset Tracking“, kao npr. GE, AGT Intl.)
- Pametna brojila (tzv. „Smart energy meters“ – ogroman broj različitih proizvođača prisutnih na tržištu, kao npr. Sierra Wireless čija brojila predaju očitane podatke kroz kompletну IP infrastrukturu putem mobilne 4G LTE ili 4G-M (za M2M) mreže)

Postoje mnogi slični koncepti povezivanja čitave planete u jednu mrežu, ali se svi ovi drugi koncepti manje ili više razlikuju od IoT, čak se neki od njih (M2M ili Industrijski Internet) mogu smatrati podsegmentima IoT koncepta:

- M2M (Machine to machine) communication
- Web of Things
- Industry 4.0
- Industrial internet (of Things)
- Smart systems
- Pervasive computing
- Intelligent systems

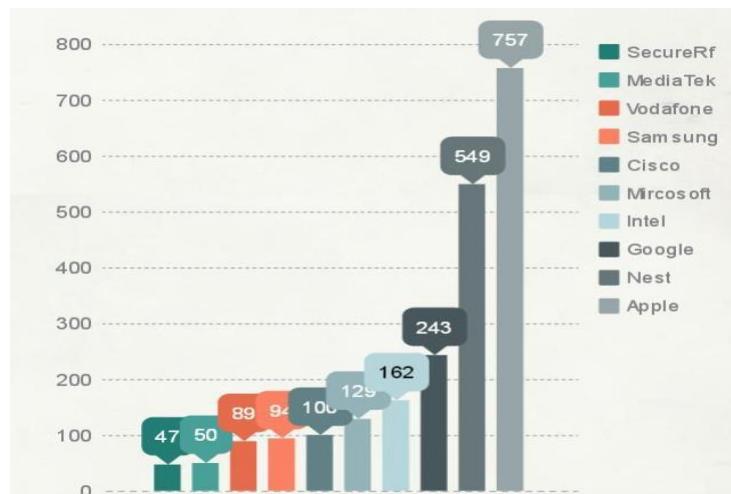
Prema izveštaju Gartnera iz 2015.godine [3], u 2016. godini se očekivao rast od 30% povezanih uređaja u odnosu na 2015. godinu u kojoj je već bilo prisutno 6.4 milijardi IoT uređaja. Očekuje se da u 2020. godini bude 20.8 milijardi povezanih IoT uređaja.

Tabela 1. Broj IoT uređaja po kategorijama (u milionima komada) [4]

Category	2014	2015	2016	2020
Consumer	2,277	3,023	4,024	13,509
Business: Cross-Industry	632	815	1,092	4,408
Business: Vertical-Specific	898	1,065	1,276	2,880
Grand Total	3,807	4,902	6,392	20,797

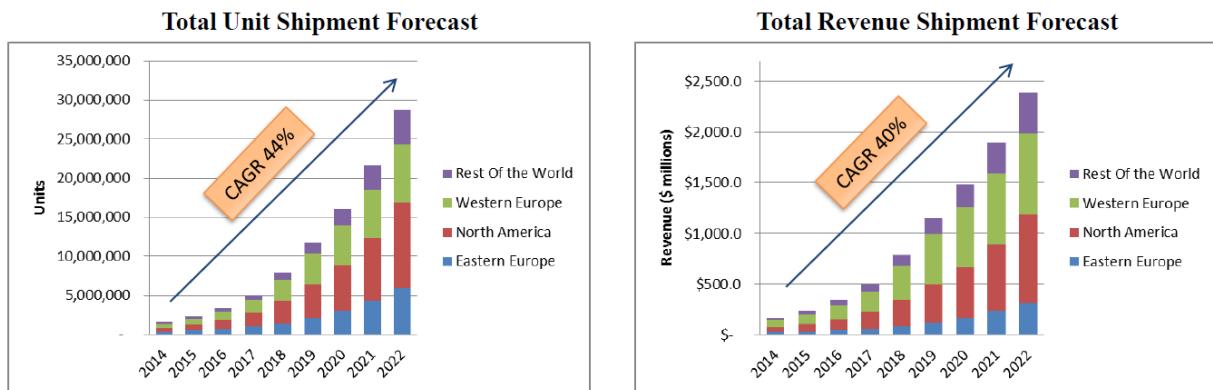
Source: Gartner (November 2015)

Na slici 1 [3] su može videti koje renomirane svetske kompanije su prepoznale potencijal IoT tehnologije i već rade na tome da učvrste svoje pozicije na IoT tržištu.



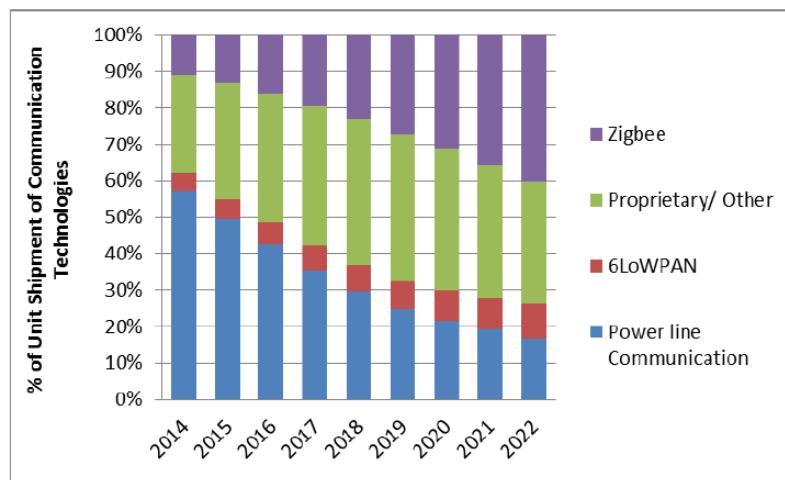
Slika 1. Najuticajnije IoT kompanije u ovom trenutku (Izvori: Forbes.com, Gartner.com) [3]

Kada je reč o tehnici osvetljenja (sa akcentom na spoljno osvetljenje), u 2014. godini je investirano 169 miliona \$ u kontrolne sisteme i povezivanje svetiljki, od čega su čak sa 45% bile zastupljene LED svetiljke za spoljno osvetljenje [5]. Na slici 2 [5] se može videti da se za period 2014-2022 očekuje rast prihoda prema godišnjoj stopi rasta od 40% i rast prosečnih isporuka (prema količini kontrolnih jedinica) prema godišnjoj stopi rasta od 43%.



Slika 2. Analiza tržišta iz 2015. godine za kontrolne sisteme u spoljnem osvetljenju; Grafikon levo: Predviđanja za isporuku opreme; Grafikon desno: Predviđanja profita (Izvor: Strategies Unlimited @2015, A research unit of PennWell [5])

Kada je reč o primenjenim komunikacionim tehnologijama u spoljnom osvetljenju, trenutno dominira PLC (PowerLineCommunication) tehnologija sa skoro 60% zastupljenosti, zasnovana na prenosu kontrolnog signala kroz napojni (obično neutralni) provodnik. U narednim godinama (analiza na slici 3 [5] pokriva period 2014-2022) se očekuje konstantan pad zastupljenosti PLC i konstantan rast zastupljenosti WiFi (bežične) komunikacije, za koju se očekuje da će postati dominantna u naredne 2 do 3 godine. Na slici 3 je prikazana zastupljenost (prema prosečnom broju kontrolnih jedinica po isporuci opreme) najčešće korišćenih otvorenih i zatvorenih (proprietary) komunikacionih protokola.



Slika 3. Analiza zastupljenosti komunikacionih protokola medu kontrolnom opremom (Izvor: Strategies Unlimited @2015, A research unit of PennWell [5])

Princip rada i arhitektura IoT sistema

Internet Stvari predstavlja okruženje u kojem svi objekti imaju **jedinstvenu IP adresu** koja im omogućava da komuniciraju i prenose podatke preko mrežne Internet infrastrukture. Gledajući unazad, IoT je najsličniji M2M (MachineToMachine) komunikaciji za koju se koristi oprema koja se uobičajeno tretira kao „pametna“ (pametni senzori, pametna brojila, pametne etikete...).

Da bi se obezbedila IP adresa za svaki uređaj planiran kao deo sveobuhvatne IoT mreže povezanih uređaja koji komuniciraju i samostalno donose odluke, neophodan uslov je bio prelazak na novi komunikacioni protokol koji omogućuje više mesta za nove IP adrese.

Tabela 2. Ukupan broj IP adresa u slučaju IPv4 i IPv6 protokola (Izvor: Steve Leibson, https://www.youtube.com/watch?v=dUmhZOnz_qc) [5]

	IPv4	IPv6
Deployed	1981	1999
Address Size	32-bits	128-bits
Address Format	Dotted Decimal: 192.168.27.134	Hex: 3FFE:F200:234:AB00: 123:4567:8901:ABCD
Number of Addresses	$2^{32} = 4,294,967,296$	$2^{128} =$ 340,282,366,920,938,463, 463,374,607,431,768,211,456

IPv4 protokol podržava „samo“ 4.3 milijarde IP adresa, što nije dovoljno da se povežu svi pametni uređaji na globalnom nivou. **IPv6 protokol** omogućava toliki broj adresa (2^{128}) da se praktično može adresirati svaki atom na površini planete Zemlje, a da ostane dovoljno adresa za još 100 takvih primena (tabela 2, [5]).

IoT predstavlja kompleksni ekosistem u kojem se još uvek nije formirala grupa velikih tržišnih igrača. IoT ne predstavlja nezavisnu tehnologiju kao što se često pogrešno smatra, već skup različitih nezavisnih tehnologija koje zapravo predstavljaju osnovne komponente IoT sistema.

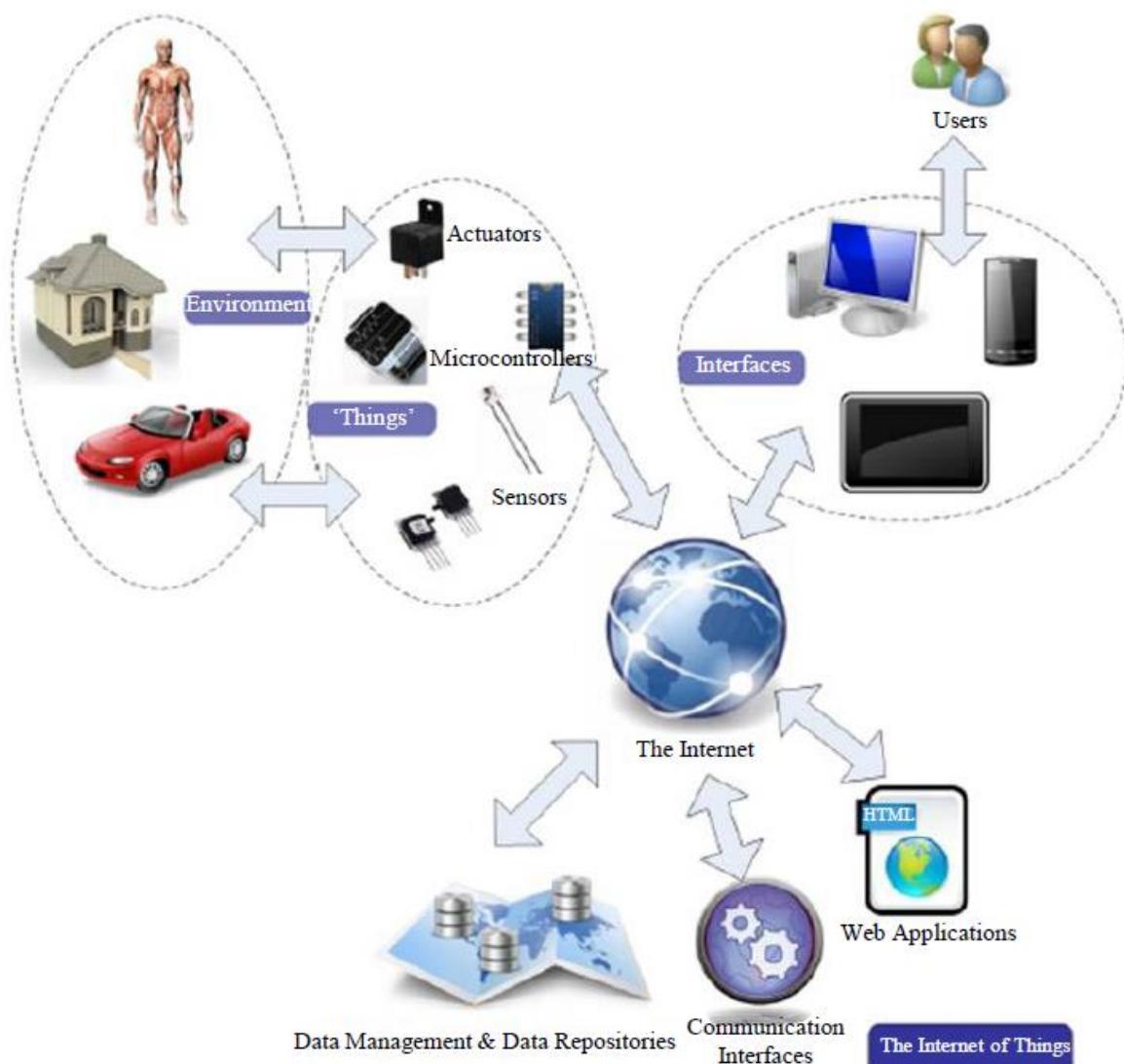
Arhitektura jednog tipičnog IoT sistema (njegove fundamentalne komponente) izgleda ovako [6]:

HARDVER

U osnovi IoT sistema u kojem digitalni deo (komunikacija i različite softverske aplikacije i platforme) ima dominantnu ulogu, nalaze se uređaji i fizički objekti („stvari“ (Things), poznati i kao „krajnje tačke“ (endpoints)), kojima je data mogućnost da primaju informacije i reaguju na instrukcije pomoću različitih senzora i aktuatora. IoT hardver je prisutan u širokom spektru, od najmanjih (ručni sat ili medicinski senzor) do zaista velikih (roboti, automobili, zgrade) uređaja. Ovi uređaji takođe sadrže hardver koji im dozvoljava da kontrolišu izlaze (kao npr. releje, prekidače ili digitalne portove). IoT uređaj se sastoji od četiri glavne komponente [7]: **1. mikrokontroler** (MCU ili glavna upravljačka jedinica) – mozak uređaja;

2. senzor - prikuplja informacije ili signale iz okruženja; **3. komunikacioni moduli**, i **4. izvor napajanja** - obično baterija (ili napajanje preko upravljačke jedinice).

Senzori treba da komuniciraju međusobno bez fizičkih ograničenja (žične veze), što ih čini nezavisnim i proširuje njihov domen delovanja. Osim kvaliteta senzora u svakom IoT uređaju koji neosporno moraju biti efikasni, zahteva se i smanjena (efikasna) potrošnja električne energije. Povezani pametni uređaji će većinu vremena provoditi u stanju mirovanja („spavač“) i aktivirati se samo onda kada je potrebno primiti ili poslati podatak ili doneti neku odluku o izvršenju komande. Prosto rečeno, 90% vremena senzorima neće biti potrebna energija za prenos podataka ili izvršavanje neke operacije koja zahteva veliku snagu i potrošnju električne energije. Upravo iz tog razloga, jedan od osnovnih zahteva IoT sveta je da pametni hardver ima izuzetno malu potrošnju električne energije u stanju mirovanja. Mnoge kompanije već rade na proizvodnji mikrokontrolera koji ispunjavaju ovaj uslov. Može se konstatovati da je *bežična komunikacija sa malom potrošnjom električne energije od vitalnog značaja za uspeh IoT tehnologije!*



Slika 4. IoT arhitektura [7]

SOFTVER

Softver omogućuje prikupljanje i skladištenje podataka, njihovo procesuiranje, manipulaciju i davanje instrukcija IoT uređajima (hardveru). Prosto rečeno, svrha svakog IoT uređaja je da se poveže sa drugim IoT uređajem i aplikacijama (baziranim na „Oblaku“ (Cloud)) radi prenosa informacija putem nekog od internet protokola. IoT tehnologija je zasnovana na konceptu „računarstva u oblaku“ (Cloud Computing), gde krajnji korisnici pristupaju aplikacijama u oblaku preko web pretraživača ili desktop softverskih aplikacija na mobilnom telefonu, dok se softver (izvršni programi koji šalju instrukcije IoT uređajima na osnovu prikupljenih podataka) i baza podataka nalaze na serverima na udaljenoj lokaciji [9].

Prostor između senzora i mreža podataka zauzima *IoT Platforma*, koja povezuje mrežu podataka sa konfiguracijom senzora i omogućuje uvid korišćenjem tzv. „back end“ aplikacija, ne bi li dale smisao i omogućile rad sa ogromnom količinom podataka generisanih od stotine senzora [8].

Veliki broj kompanija se bavi razvojem IoT platformi, ali su neke od njih (Amazon i Microsoft) značajno ispred konkurenčije.

Jedan broj kompanija će se prevashodno baviti kreiranjem IoT platformi (kao npr. ZigBee, AllSeen Alliance, NEST Labs, Interconnect Consortium,...), a druge kreiranjem konkretnih proizvoda (hardvera) i pružanjem usluga (uključujući razne softverske aplikacije).

Trenutno, 20 kompanija se izdvojilo u razvoju IoT platformi [8], a neke od njih (ako ne i sve) će igrati dominantnu ulogu u rastućem IoT prostoru (Amazon Web Services (AWS) IoT, Microsoft Azure IoT, Google Cloud Platform, ThingWorx, IBM Watson, Samsung Artik, Cisco IoT Cloud Connect, Hewlett Packard Enterprise' universal of things, Thunder Salesforce's IoT platform, Bsquare Datav, Siemens Mindsphere, Ayla networks, Bosch IoT Suite, Carriots, Oracle Integrated Cloud, General Electric's Predix, Arm MBED device platform, LTI Mosaic, Mocana i Kaa).

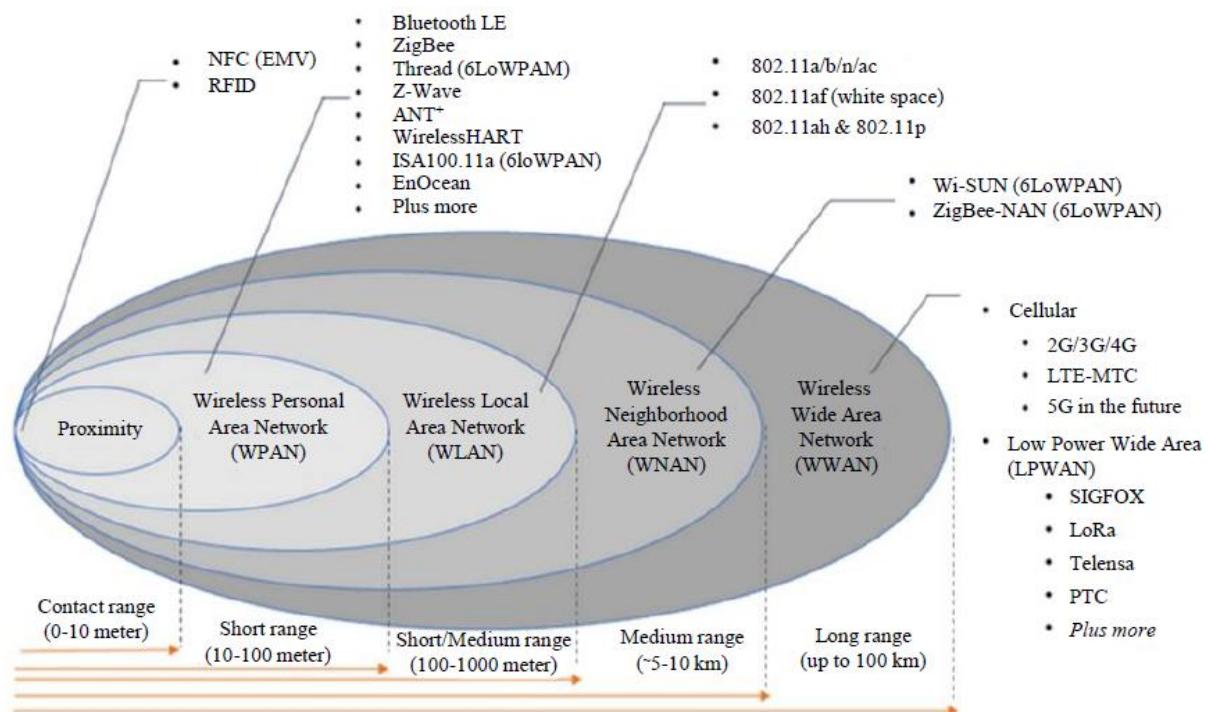
KOMUNIKACIONA INFRASTRUKTURA

Ovo predstavlja najvažniji deo IoT arhitekture koji se sastoji od protokola i tehnologija koje omogućavaju razmenu podataka između dva fizička objekta. Bežične mreže su od najvećeg značaja za uspeh IoT infrastrukture, pa će se ovom delu posvetiti najveća pažnja.

Važno je istaći da postoji i hardverski deo koji je neophodan za komunikaciju i prenos podataka (tzv. Pristupna tačka ili „Access Point“, [10]). To je radio uređaj koji prima podatke od jedne ili više krajnjih tačaka (IoT uređaja) i obično je povezan sa Internetom. Npr., u slučaju Bluetooth protokola, to je najčešće mobilni telefon. Za uređaje zasnovane na mobilnoj mreži ili M2M IoT uređaje, pristupna tačka je bazna stanica. Za WiFi protokole, pristupna tačka je WiFi ruter (pristupne tačke se ponekad nazivaju i „gateways“).

Postoji više različitih tipova bežičnih tehnologija (komunikacionih protokola) koje su od značaja za IoT koncept – domet radio talasa kod ovih tehnologija varira od nekoliko centimetara do nekoliko kilometara [7]. Za kratki ili srednji domet se preporučuju **WPAN\LAN** (Wireless Personal ili Local Area Network) **tehnologije** kao što su: Bluetooth, ZigBee, 6LowPAN i Wi-Fi. Za komunikaciju velikog dometa preporučuju se **WWAN**

(Wireless Wide Area Network) **tehnologije** koje se mogu podeliti u dva tipa, u zavisnosti od toga da li koriste **licencirane** (Cellular 2G/3G/4G i 5G u budućnosti) ili **nelicencirane** (LPWA LoRa, SIGFOX i drugi) tehnologije (slika 5 [7]).



Slika 5. Bežične IoT komunikacione tehnologije [7]

Povezivanje je osnova IoT koncepta, a tip zahtevanog pristupa (protokola) će zavisiti od primene. Mnogi IoT će biti opsluživani radio tehnologijama koje rade u nelicenciranom spektru i koje su dizajnirane za povezivanje kratkog dometa sa ograničenim kvalitetom usluge (QoS) i sigurnosnim zahtevima, tipično primenljive u kućnom ili unutrašnjem okruženju. Kada je reč o instalacijama spoljnog osvetljenja, kvalitet usluge i zaštita moraju biti na visokom nivou (najčešće se koristi AES enkripcija).

U nastavku će biti pomenuti i predstavljeni u najkraćim crtama najvažniji IoT komunikacioni protokoli [11]:

Bluetooth



Komunikaciona tehnologija kratkog dometa. Novi Bluetooth Low-Energy (BLE) je značajan protokol za IoT aplikacije i napravljen je da značajno smanji potrošnju električne energije.

- Standard: Bluetooth 4.2
- Frekvencija: 2.4 GHz (ISM)
- Domet: 50-150 m (Smart/BLE)
- Brzina prenosa podataka: 1 Mbps (Smart/BLE)

Zigbee



ZigBee je zasnovan na IEEE802.15.4 protokolu, koji predstavlja industrijski standard za bežične mrežne tehnologije na frekvenciji od 2.4GHz.

- Standard: ZigBee 3.0 zasnovan na IEEE802.15.4 standardu
- Frekvencija: 2.4 GHz
- Domet: 10-100 m
- Brzina prenosa podataka: 250 kbps

Z-Wave



Z-Wave RF komunikaciona tehnologija male snage primarno dizajnirana za kućnu upotrebu.

- Standard: Z-Wave Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959
- Frekvencija: 900 MHz (ISM)
- Domet: 30 m
- Brzina prenosa podataka: 9.6/40/100 kbps

6LowPAN

6LoWPAN Ključna IP (Internet Protocol) tehnologija (IPv6 Low-power wireless Personal Area Network). Glavna prednost leži u IPv6 (Internet Protocol version 6) protokolu, koji predstavlja obavezan uslov za IoT koncept. Dizajnirana da šalje IPv6 pakete podataka prema IEEE 802.15.4 protokolu, implementirajući otvorene IP standarde (TCP, UDP, HTTP, COAP, MQTT,...). 6LowPAN je zasnovan na mesh mrežnoj topologiji, koja omogućuje dinamičku, direktnu i nehijerarhijsku komunikaciju između (što je moguće više) tačaka mreže, uz mogućnost samopopravke. Mesh topologija se često koristi kod „starijih“ telemenadžment sistema zasnovanih na master-slave topologiji.

- Standard: RFC6282
- Frekvencija: (promenljiva, u slučaju prenosa putem Bluetooth Smart je 2.4 GHz, dok je u slučaju ZigBee ili RF tehnologija male snage 900 MHz (sub-1GHz opseg)
- Domet: 10-100 m
- Brzina prenosa podataka: 250 kbps

Thread



Novi IPv6 mrežni protokol namenjen kućnoj automatici, ali i instalacijama spajnjog osvetljenja. Kreiran 2014. godine u Thread Grupi. Zasnovan je na raznim standardima, uključujući IEEE802.15.4, IPv6 i 6LoWPAN, i predstavlja odlično IP rešenje za IoT primenu.

- Standard: Thread, zasnovan na IEEE802.15.4 i 6LowPAN
- Frekvencija: 2.4 GHz (ISM)
- Domet: 10-100 m
- Brzina prenosa podataka: 250 kbps

WiFi



WiFi je očigledno i najčešće korišćeno rešenje za mnoge razvojne timove. Trenutno, najprisutniji WiFi standard je 802.11n, koji nudi veliku brzinu prenosa podataka u opsegu do nekoliko stotina Mbps.

- Standard: 802.11n (najčešće korišćen za kućne potrebe)
- Frekvencije: 2.4 GHz i 5 GHz
- Domet: približno 50 m
- Brzina prenosa podataka: maksimalno 600 Mbps, tipično 150-200 Mbps, u zavisnosti od frekvencijskog kanala i broja antena (najnoviji 802.11-ac standard nudi opseg od 500 Mbps do 1 Gbps)

Cellular



Pogodan za IoT aplikacije koje zahtevaju rad na većim distancama, koristeći prednosti GSM/3G/4G mobilnih mreža.

- Standard: GSM/GPRS/EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G), LTE (4G)
- Frekvencije: 900/1800/1900/2100 MHz
- Domet: maksimalno 35 km for GSM; maksimalno 200 km za HSPA
- Brzina prenosa podataka (tipična): 35-170 kbps (GPRS), 120-384 kbps (EDGE), 384 kbps-2 Mbps (UMTS), 600 kbps-10 Mbps (HSPA), 3-10 Mbps (LTE)

NFC



NFC (Near Field Communication) je tehnologija koja omogućava jednostavnu i sigurnu dvosmernu interakciju između elektronskih uređaja, posebno primenljiva na mobilne telefone.

- Standard: ISO/IEC 18000-3
- Frekvencija: 13.56 MHz (ISM)
- Domet: 10 cm
- Brzina prenosa podataka: 100–420 kbps

Sigfox



Alternativna tehnologija velikog dometa koja koristi nelicencirani besplatni ISM frekventni opseg. Sigfox koristi tehnologiju zvanu Ultra Narrow Band (UNB) dizajniranu za prenos podataka na manjim brzinama. Potrošnja je izuzetno mala i iznosi 50 µW u poređenju sa 5 mW za mobilnu komunikaciju. Izuzetno dug životni vek u stand-by režimu - 20 godina sa 2.5Ah baterijom (samo 0.2 godine u slučaju mobilne mreže).

- Standard: Sigfox
- Frekvencija: 900 MHz
- Domet: 30-50 km (ruralno okruženje), 3-10 km (urbano okruženje)
- Brzina prenosa podataka: 10-1000 bps

Neul



Koncept sličan Sigfox-u i radu u sub-1GHz opsegu. Komunikaciona tehnologija se zove „Weightless“, nova bežična tehnologija velikog dometa koja je konkurentna sa GPRS, 3G, CDMA i LTE WAN rešenjima. Uređaji rade na struji od samo 20 do 30mA sa 2xAA baterijama, što znači 10 do 15 godina terenskog rada.

- Standard: Neul
- Frekvencija: 900 MHz (ISM), 458 MHz (UK), 470-790 MHz (White Space)
- Domet: 10 km
- Brzina prenosa podataka: od nekoliko bps pa do 100 kbps

LoRaWAN



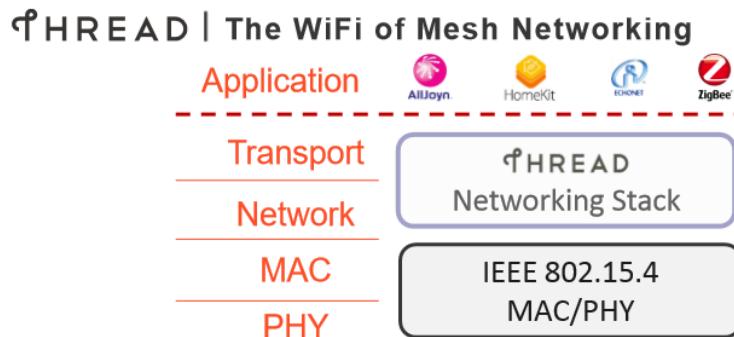
LoRaWAN (LongRangeWAN) je tehnologija namenjena WAN (WideAreaNetwork) mrežama, dizajnirana da troši malu snagu. Podržava

velike mreže sa milionima uređaja. LoRaWAN je tipično izvedena u hibridnoj zvezdastojo mrežnoj topologiji u kojoj postoji zajednička centralna tačka (gateway) kao most za prenos poruka između Cloud servera i IoT uređaja (krajnjih tačaka sistema). Gateway-i su povezani na mrežni server putem standardne IP konekcija, dok IoT uređaji koriste „single-hop“ bežičnu dvosmernu komunikaciju ka jednom ili više gateway-a.

- Standard: LoRaWAN
- Frekvencija: različita
- Domet: 2-5 km (ruralno okruženje), 15 km (urbano okruženje)
- Brzina prenosa podataka: 0.3-50 kbps.

Standardizacija

Kada se govori o IoT tehnologiji, može se istovremeno reći da ne postoji nijedan IoT standard, kao i da postoji mnogo standarda koji kontrolisu i ograničavaju razvoj IoT aplikacija [5]. Postoje standardi kao bežični Thread standard kreiran od strane Thread Grupe, ali većina standarda vezanih za IoT se naslanjaju na postojeće standarde kao što su IPv6 komunikacioni protokol, MQTT protokol sa „ugrađenom kontrolom“ ili 802.15.4 bežični protokol. **Thread** je nova, pouzdana i bezbedna bežična mesh mrežna tehnologija zasnovana na IEEE 802.15.4 MAC i PHY standardima and Internet Protokolima IPv6/6LoWPAN (slika 6 [5]). Osnovna razlika u odnosu na ZigBee Pro protokol je što Thread definiše funkcije za samopopravku mesh bežične mreže, koristeći rasprostranjen i dokazan interfejs koji obuhvata mrežni IP i aplikativni sloj prema OSI računarskom modelu.



Slika 6. Thread [5]

IEEE asocijacija (Institute of Electrical and Electronics Engineers) radi na projektu kreiranja programskog okvira (*IEEE 2413 – Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)*) koji će promovisati interakciju različitih domena, interoperabilnost i funkcionalnu kompatibilnost sistema i dalji razvoj IoT tržišta. Programski okvir za IoT daje referentni model koji definiše relacije između IoT vertikala (npr., transport, zdravstvena briga, ...) i zajedničke elemente ove arhitekture.

Open Interconnect Consortium (OIC) je industrijska grupa čija misija je razvoj IoT standarda i sertifikaciju IoT uređaja, zasnovana na **CoAP** (Constrained Application Protocol). OIC je osnovan u Julu 2014. godine od strane kompanija Intel, Broadcom i Samsung Electronics.

Open Connectivity Foundation (OCF) je fondacija osnovana u februaru 2016. godine kao naslednik **OIC**, gde su se priključile još neke značajne kompanije (Microsoft, Qualcomm, ...).

U julu 2016. godine, došlo je do spajanja 2 najznačajnije organizacije za izradu IoT standarda - **Thread Grupa**, čiji je suosnivač Alphabet (u vlasništvu kompanije Nest), i novoformirana **OCF fondacija** (Open Connectivity Foundation) su izjavili da će raditi zajedno ne bi li obezbedili da njihovi softveri mogu funkcionisati zajedno (Thread kao mrežni protokol dozvoljava uređajima da direktno međusobno komuniciraju, dok se OCF bavi razvojem aplikativnog softvera koji se nalazi (kao sloj) iznad mrežnog protokola), stvorivši **IoTivity** otvoreni programski okvir (open-source software framework).



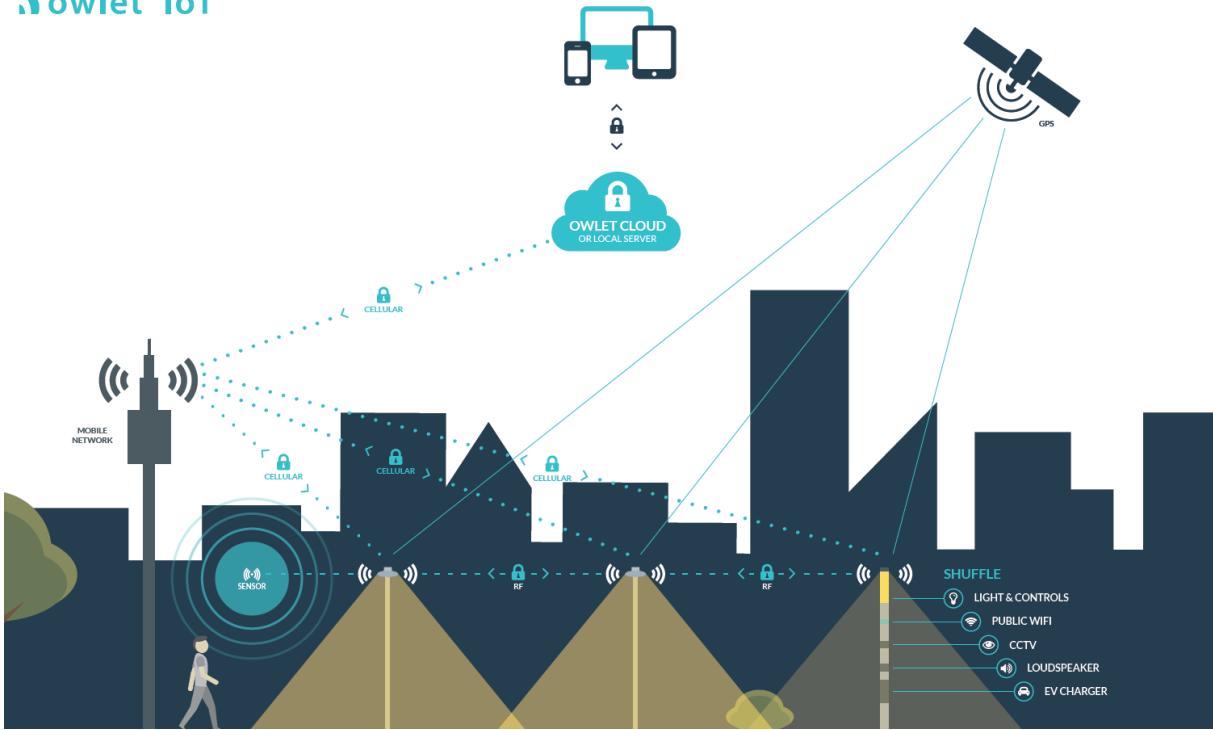
Slika 7. IoTivity programski okvir [5]

Primeri iz prakse - Schréderov Owlet IoT sistem

Owlet IoT je novi Schréderov sistem daljinskog upravljanja i nadzora, usklađen sa zahtevima rastućeg i sve popularnijeg IoT koncepta. Novi sistem (slika 8, [5] ima sledeće karakteristike:

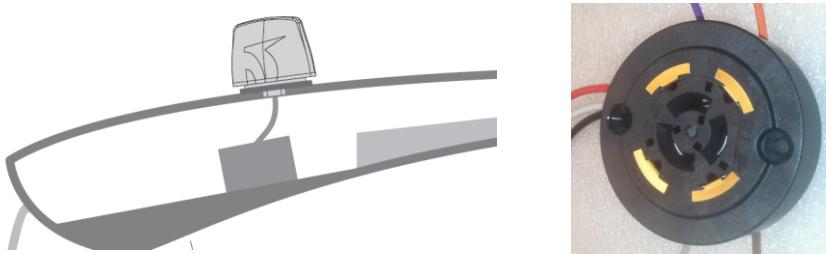
- Sistem je u skladu sa IoT zahtevima za inteligentno digitalno spoljno osvetljenje kao uslov za ulazak u svet Pametnih Gradova,
- Sistem je Plug&Play tipa (automatski i samostalno se javlja na mrežu) – nema potrebe za segmentnim kontrolerom (masterom, koordinatorom, gateway-em) kao fizičkim objektom,
- Primenjen je revolucionarni **koncept hibridne arhitekture** (većina drugih sistema renomiranih proizvođača imaju samo mogućnost komunikacije putem mobilne mreže) – kontroleri mogu komunicirati preko veoma pouzdanog komunikacionog IPv6 protokola (putem integrisanih SIM kartica), ali i putem nekog od „zemaljskih“ IoT bežičnih komunikacionih protokola (6LoWPAN, Zigbee Pro, IEEE 802.15.4),
- Sistem je interoperabilan – svaka svetiljka (kontroler) ima nezavisnu IP adresu,
- Za ugradnju IoT kontrolera koristi se spoljni NEMA 7-pinski priključak prema ANSI C136.41 standardu koji preti da postane standard u IoT svetu (slika 9 [12]),
- Zahvaljujući hibridnoj arhitekturi, moguća je komunikacija i rad sistema u skladu sa reagovanjem senzora u lokalnoj (zemaljskoj) mreži, kao i bezbedno i besplatno podešavanje sistema i puštanje u rad,
- Jedinstvena RFID traka (tag) u kombinaciji sa integrisanim RFID čitačem omogućuje prenos podataka o svetiljkama (marketinški podaci) i olakšava rad sa bazama podataka smeštenim na tzv. „asset management“ serverima, i
- Nema dodatnih komponenti IoT sistema unutar svetiljki.

Owlet IoT



Slika 8. Owlet IoT – pametna hibridna arhitektura sistema [5]

Osnovni hardverski element **Owlet IoT** sistema je IoT kontroler **LuCo P7 CM** [12]. Sama oznaka CM u imenu kontrolera (Cellular + Mesh) ukazuje na njegovu hibridnu funkciju, tj. mogućnost istovremenog slanja ili primanja podataka putem mobilne ili bežične RF mreže.



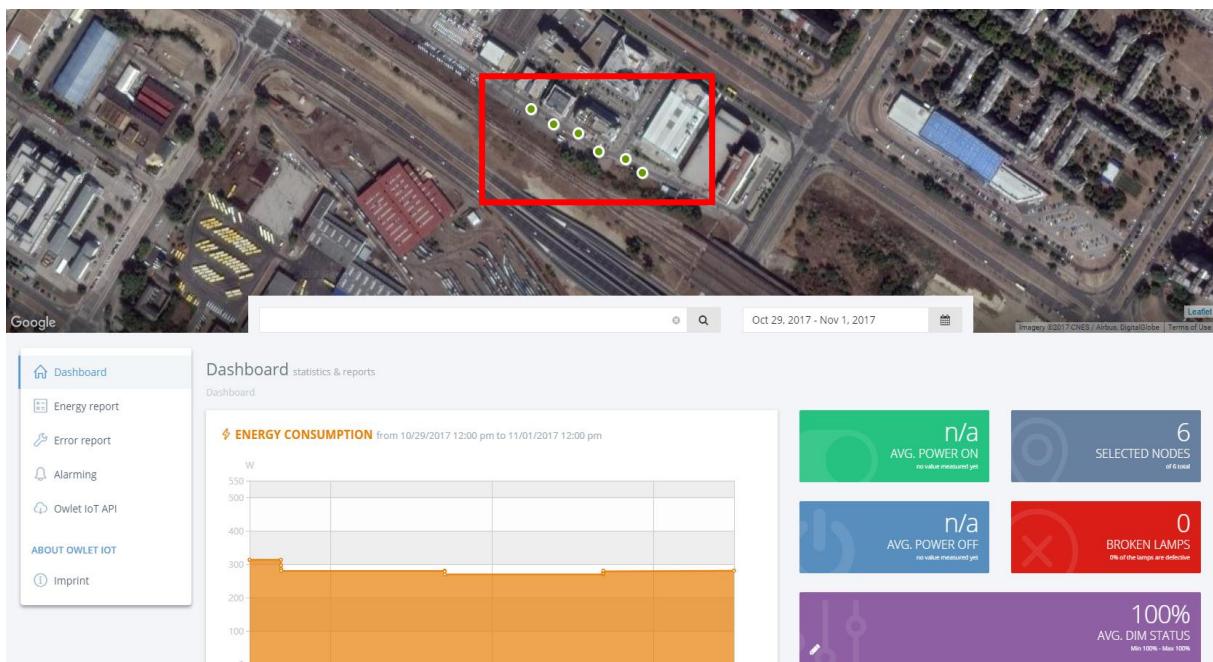
Slika 9. Položaj LuCo P7 CM kontrolera na svetiljci i priključak preko Nema P7 grla (desno) [12]

Neke osnovne karakteristike IoT kontrolera su date u nastavku:

- Hibridna arhitektura - mobilna i RF Mesh mreža, kao i GPS modem (samostalno GPS pozicioniranje!)
- Integrisana brojila visoke tačnosti (greška merenja manja od 1% u celom opsegu dimovanja)
- DALI / 1-10V interfejs (podržava do 4 DALI klijenta (drajvera))
- Integrisana fotoćelija obezbeđuje tzv. „failsafe“ funkciju (sigurno uključenje svetiljke tokom noćnih časova, čak i u slučaju da standardno uključenje/isključenje u skladu sa definisanim profilom dimovanja ili funkcija astro-časovnika iz nekog razloga zakažu)
- Digitalni ulaz i napajanje za PIR (Passive InfraRed) senzor/detektor pokreta

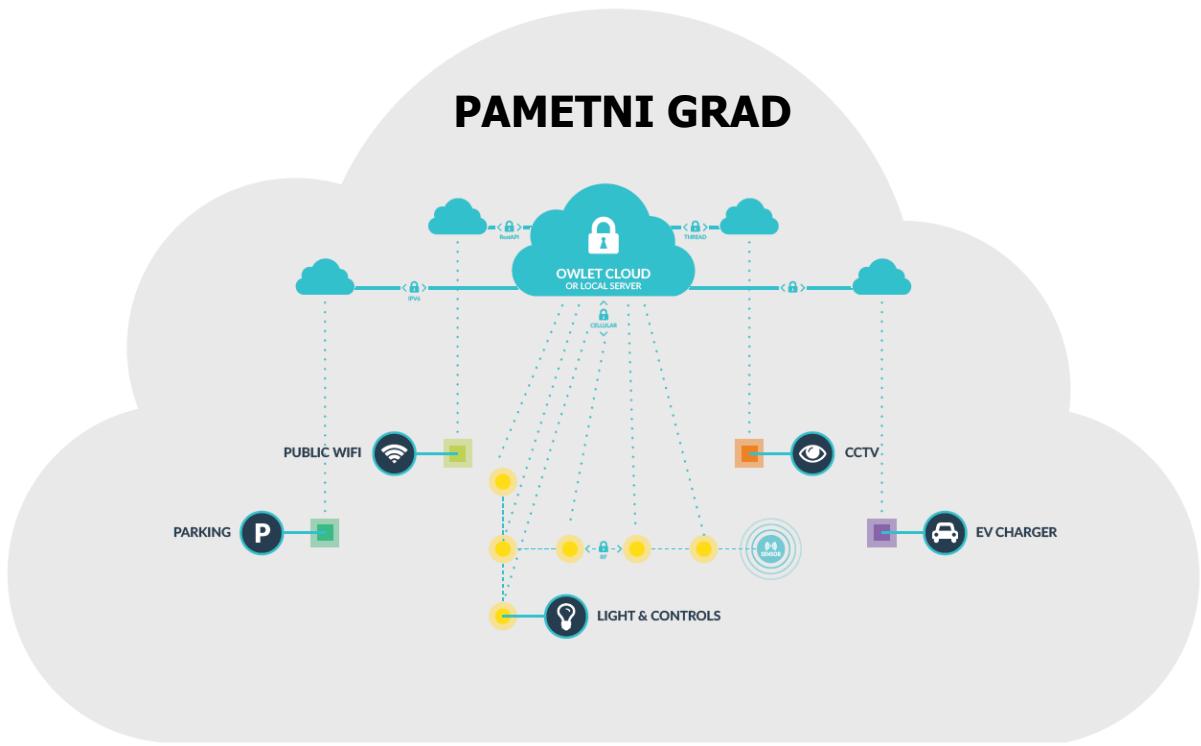
Korisnička stranica (Web UI) IoT sistema je obogaćena dodatnim sadržajem jer prikazuje podatke o svetiljkama prikupljene preko RFID trake i pothranjene na „asset management“ serveru/bazi podataka. Ti podaci su obično tehnički opisi svetiljki i svih komponenti, fotografije svetiljki i svih komponenti, uključujući i detalje montaže i podatke o zatečenoj ili novoj infrastrukturi (visinama i pozicijama stubova i nagibima lira, rastojanjima između susednih stubova i širini kolovoza i pošačkih staza..). Grafički prikaz svetiljki je zasnovan na izuzetno preciznim OpenStreetMap® mapama (licenciran softver zasnovan na otvorenim standardima, kreiran od strane OpenStreetMap Foundation (OSMF)) koje su zamenile Google mape prisutne kod prethodnog Owlet 2.0 sistema, pre svega iz razloga što se sa ulaskom u IoT svet očekuje ogroman broj različitih IoT uređaja koji treba da budu vidljivi i lako uočljivi na mapi.

Izgled korisničke stranice dat je na primeru pilot instalacije u Ulici Milutina Milankovića na Novom Beogradu (6 svetiljki tipa Voltana 3), koja je postavljena i puštena u rad krajem Septembra 2017. godine (slika 10,11).



Slika 10. Korisnička stranica IoT sistema u Ulici Milutina Milankovića na Novom Beogradu

Struktura novog Owlet IoT sistema zasnovanog na otvorenim standardima omogućava vezu/integraciju u veće platforme namenjene pametnim gradovima (veliki Oblak na slici 11). Zapravo, novi sistem predstavlja kombinaciju detaljnog telemenadžmenta za instalacije spajnjog osvetljenja i interoperabilnog sistema koji se može lako povezati sa svim susednim sistemima koji se nalaze pod platformom pametnog grada. Važno je napomenuti da Owlet IoT nije sistem stand-alone zatvorenog tipa (tzv. „silo type“), već sistem orijentisan ka budućnosti i totalnoj integraciji svih sistema u pametnim gradovima na krilima IoT tehnologije (kao npr. CCTV sistemi, detekcija parking mesta, WiFi pristupne tačke, punjač električnih vozila, zvučnici, „small cell“ tehnologija (mini bazne stanice), merači gustine saobraćaja i vlažnosti vazduha, detektori leda na putu, panični tasteri (IP Intercom tehnologija), itd...).



Slika 11. Prikaz Owlet Oblaka unutar većeg Oblaka jednog pametnog grada

Literatura

1. „Why the Internet of Things is called Internet of Things: Definition, history, disambiguation“, <https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>, IoT Analytics, Decembar 2014.
2. <https://sr.wikipedia.org/wiki/RFID>
3. „Understanding Internet of Things“, <http://internetofthingswiki.com/internet-of-things-definition/>, Decembar 2015.
4. <https://www.gartner.com/newsroom/id/3165317>
5. „IoT - Owlet IoT“, Interna prezentacija Schréder Grupe, Mart 2016.
6. „The Fundamental Components of The Internet of Things“, <http://internetofthingswiki.com/requirements-internet-of-things/236>, Decembar 2015.
7. „A Study of Efficient Power Consumption Wireless Communication Techniques/ Modules for Internet of Things (IoT)“, Mahmoud Shuker Mahmoud, Auday A. H. Mohamad, Computer Technology Engineering Department, Al-Mansour University College, Baghdad, Iraq, Scientific Research Publishing Inc., April 2016.
8. Applications „Top 20 IoT Platforms in 2018“, <https://internetofthingswiki.com/top-20-iot-platforms/634/>, Mart 2016.
9. „Računarstvo u Oblaku“, https://sr.wikipedia.org/wiki/Računarstvo_u_oblaku,
10. „Selecting a Wireless Technology for New Industrial Internet of Things Products“, <https://www.link-labs.com/>, LinkLabs, Jul 2016.
11. „11 Internet of Things (IoT) Protocols You Need to Know About“, https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/EE932/Lectures_2017/IoTProtocols.pdf, April 2015.
12. „Owlet IoT – The next generation of City management – Innovate today to meet the needs of tomorrow“, <http://www.schreder.com/en/aboutus/schreder-owlet-remote-management/owlet-iot>, Schréder brošura, Jul 2016.