

## PRIMENA INTERNET STVARI U RAZLIČITIM ŽIVOTNIM OKRUŽENJIMA INTERNET OF THINGS USE CASES IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Sonja Živković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – Cilj ovog rada jeste analiza upotrebe internet stvari (eng. *Internet of Things – IoT*) u različitim životnim okruženjima. Objasnjeno je šta pojam IoT označava. Pomenute su tehnologije koje su dobar izbor pri kreiranju IoT sistema. Predstavljena je upotreba IoT-a u rudama, gradovima i kućama.

**Ključne reči:** *Internet stvari, pametni uređaji, pametni gradovi, pametne kuće*

**Abstract** – *The aim of this paper is to analyze the use of IoT in different environments. It explains what the term Internet of Things (IoT) means. It describes technologies are a good choice when creating an IoT system. The use of IoT in mines, cities and houses is presented.*

**Keywords:** *Internet of Things, smart devices, smart cities, smart houses*

### 1. UVOD

IoT je mreža međusobno povezanih fizičkih uređaja koji razmenjuju podatke i informacije preko ugrađenih senzora i aktuatora.

Jednostavno rečeno, IoT predstavlja mrežu uređaja povezanih na internet kako bi ljudski život bio olakšan.

IoT sadrži određen broj protokola, domena i aplikacija. Što je bolja konekcija i što su bolje razvijeni servisi, to će povezanost između uređaja biti bolja i efikasnija. Uređaji će omogućiti automatizaciju u skoro svakom okruženju, polazeći od pametnih kuća, preko pametnih zgrada, do pametnih gradova. Pametni uređaji prikupljaju bitne informacije koristeći najnovije tehnologije i zatim šalju ove informacije drugim uređajima.

#### 1.1. Referentni model IoT-a

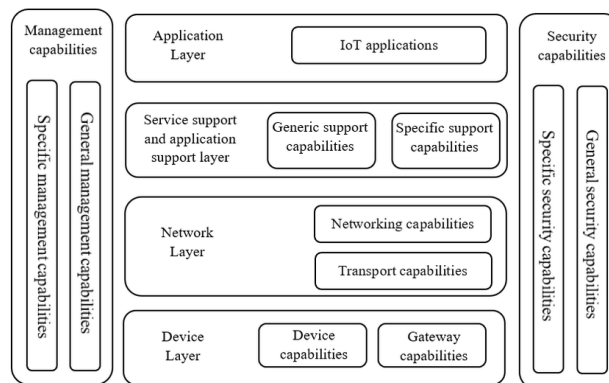
ITU-T definiše referentni model za IoT. Model je podeljen u četiri sloja [1]:

- Aplikativni sloj (Application Layer),
- Servisna podrška i sloj za aplikativnu podršku (Service support and application support layer),
- Mrežni sloj (Network Layer) i
- Fizički sloj (Device layer)

Svaki od ovih slojeva sadrži upravljačke sposobnosti (Management Capabilities) i bezbednosne sposobnosti (Security capabilities). Ove sposobnosti imaju mogućnosti da prekriju više slojeva, što je prikazano na slici 1.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Kupusinac, vanr. prof.



Slika 1. Referentni model IoT-a

Prednosti IoT-a su kvalitetna komunikacija, automatizacija i kontrola, informativnost, ušteda vremena i novca, efikasnost i kvalitetniji život.

Mane IoT-a su kompatibilnost, povećanje nezaposlenosti, kompleksnost, bezbednost, privatnost i tehnološka zavisnost.

U skladu sa napretkom tehnologije i razvojem pametnih uređaja, upotreba internet stvari se širi na sve više aspekata ljudskog života. Neki od polja na kojima se koriste, i koristiće se sve više, su: pametne kuće, nosivi uređaji, industrije, pametni gradovi, poljoprivreda, energija, zdravstvo i životna sredina.

## 2. PROBLEMI U RAZLIČITIM ŽIVOTNIM OKRUŽENJIMA

### 2.1. Problemi u rudama

Rudna nalazišta mogu da budu zatvorenog (tuneli) i otvorenog tipa (jame).

Ako dođe do odrona u tunelima ruda, vrlo brzo nestaje vazduha. Takođe, put do nekih delova tunela u tom slučaju može biti potpuno zakrčen, a ljudi unutra zarobljeni. Različite otrovne ili zapaljive supstance mogu da se nađu u vazduhu i to predstavlja opasnost za ljude koji se nalaze u tako ograničenom prostoru, sa malom količinom vazduha.

Ni operacije u jamama nisu bezazlene, ako se uzmu u obzir razmere ovakvih operacija. Takođe, zemljište ovih jama se konstantno menja usled rada ogromnih mašina, koje upotrebljavaju ogromnu silu, i time utiču na promenu tla. Takođe se tuda kreću i ljudi, koji treba da budu zaštićeni na takvom terenu. Opasnost nije vezana samo za ova ogromna vozila i prašinu u vazduhu, koja čini da vozači tih vozila ne vide jasno sve oko sebe, već mogu da ugroze bezbednost ljudi oko. Oko jama se takođe nalaze

brda sa strmim ivicama, i potrebno je nadgledati ovakve površine i detektovati i najmanji pomeraj ovog zemljišta, jer svaki može da izazove katastrofu i ugrozi živote ljudi koji se nalaze u jamama. Ovde se takođe koristi puno hemije i eksploziva, i potrebno je na adekvatan način upravljati istim da ne bi došlo do eksplozije.

U rudarstvu se koriste ogromna vozila koja prelaze jako velike rute kako bi se iskopale i utovarile razne mineralne sirovine. Jako je važno da ljudi, koji upravljaju vozilima i ostalim mašinama, budu bezbedni.

## 2.2. Problemi u gradovima

Upravljanje gradovima predstavlja veliki izazov jer ima za cilj da olakša život stanovništvu, ali i ujedno da smanji troškove.

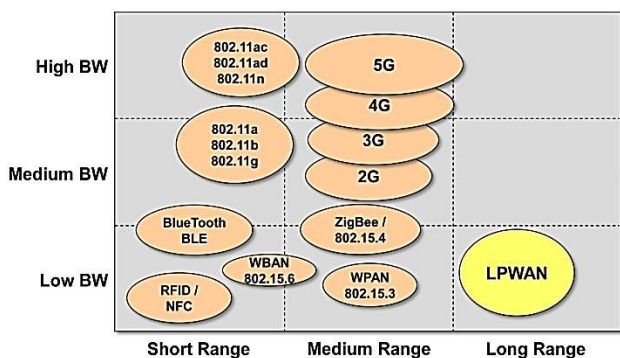
Gradovi koji ne koriste pametnu rasvetu imaju jako veliki svakodnevni utrošak električne energije. Svetla na banderama rade po čitavu noć istog intenziteta, čak i kada na ulicama nema nikoga. To je uzaludno trošenje električne energije. Ljudi koji žive u gradovima jako puno vremena provedu u saobraćaju, tražeći parking. Često je slučaj da su neke zone grada više posećene nego druge. Visoku posećenost u svim gradovima ima sam centar grada. To rezultuje manjkom parking mesta u pomenutom delu grada.

## 3. TEHNOLOGIJE

Da bi svi pametni uređaji mogli međusobno da komuniciraju, potrebno je koristiti različite tehnologije.

Pri projektovanju i implementaciji novog IoT sistema potrebno je razmotriti sledeće faktore: cena uređaja i mreže, trajanje baterija, brzina prenosa, kašnjenje, mobilnost, domet, pokrivenost i model razvoja.

Na slici 2 prikazan je odnos protoka podataka i opsega nekih od tehnologija koje se koriste u IoT-u. Za rešenje problema u ovom radu predlaže se korišćenje LPWAN (Low Power Wide Area Network), zbog velikog opsega koji pokriva i niskog protoka podataka, što je za slučaj pametnih kuća, gradova, parkinga, ruda i poljoprivrede odgovarajući izbor.



Slika 2. Odnos protoka podataka i opsega tehnologija

### 3.1. Low Power Wide Area Network (LPWAN)

Stvorene za machine-to-machine (M2M) i IoT mreže, LPWAN mreže funkcionišu po nižim cenama i uz veću energetska efikasnost, u odnosu na tradicionalne mobilne mreže. Takođe su u mogućnosti da podrže veći broj povezanih uređaja na većem području.

LPWAN mogu da koriste licencirane ili nelicencirane frekvencije. Neke od LPWAN tehnologija su: LoRa, SigFox, Weightless, Nwave, Symphony Link, LTE-M [2,3].

Nekoliko najvažnijih izazova LPWAN mreže su:

- Baterija uređaja treba da ima životni vek od najmanje 10 godina
- Rastojanje krajnjih uređaja od bazne stanice treba da bude minimalno 10 kilometara
- Cena uređaja treba da bude niska i pristupačna svima

Ako se posmatra merenje električne energije, vode ili gasa, LPWAN je odličan izbor. Takođe, u slučaju uličnog osvetljenja, gde u gradu može da postoji hiljade sijalica, LPWAN je odličan izbor. Sve te sijalice se konektuju na mrežu, a podaci se šalju onda kada je potrebno - što štedi život baterije. Takođe, u pitanju su velike razdaljine, a LPWAN je dizajniran upravo da omogući da bazne stanice pokrivaju bar 15 kilometara, čime se redukuje sam broj stanica. Senzori su, takođe, dizajnirani da se uklape u nisku cenu.

Bitnu ulogu igra baterija senzora. Ako se senzor nalazi ugrađen ispod parking mesta, baterija bi trebalo da traje dugo jer je nije zgodno menjati često. Ovakva baterija bi trebalo da traje bar 5, ako ne i 10 ili 20 godina. Ako se mnoštvo senzora nalazi u zidu, takođe je potrebno da baterija traje dugo jer ni njih nije zgodno menjati često. Senzori koji ne troše puno baterije jer šalju jednostavne podatke, i to samo onda kada je neophodno, su dobar izbor. Ovde je LoRa dobar izbor jer je brzina prenosa podataka niska, što omogućava manju potrošnju energije, i, u skladu sa tim, baterija će trajati duže.

### 3.2. LoRa

LoRa (Long Range) je tehnologija koju je razvio Cycleo iz Grenobla, Francuska, a Semtech je 2012. godine kupio. LoRa koristi frekvencije radio-frekvencijskog opsega od 868 MHz (Evropa) i 915 MHz (Severna Amerika) [4]. LoRa omogućava prenos na velike udaljenosti (više od 10km u ruralnim područjima) sa malom potrošnjom energije. Tehnologija je predstavljena u dva dela - LoRa, fizički sloj i LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), koji predstavlja gornje slojeve.

LoRa i LoRaWAN omogućavaju jeftinu, dugogodišnju povezanost pametnih uređaja u ruralnim i udaljenim industrijama. Mogu da se koriste u rudarstvu, upravljanju prirodnim resursima, obnovljivoj energiji, kao i u mnogim drugim okruženjima.

Iako se LoRa modulacija može koristiti za prenošenje proizvodnih okvira, u Semtech-ovim predajnicima i prijemnicima je specificiran i implementiran format fizičkog okvira. Propusni opseg i faktor širenja su konstantni za okvir.

Okvir LoRa počinje sa uvodnom sekvencom (Preamble). Posle uvodne sekvence postoji zaglavlje (Header), koje je opciono. Sama poruka (Payload) se šalje posle zaglavlja. Maksimalna veličina tog polja je 255 bajta. Na kraju je opciono polje Payload CRC. Dužina ovog polja je 1 bajt [5]. Šema koja sumira okvir formata može se videti na slici 3.



Slika 3. Format LoRa okvira [5]

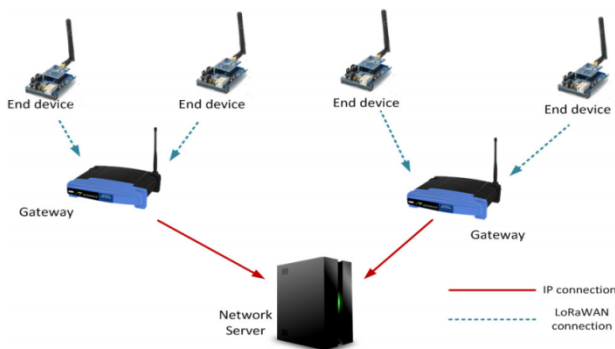
### 3.3. LoRaWAN

Da bi se implementirala LoRaWAN mreža, potrebne su sledeće komponente:

- Krajnji uređaj (eng. End device): Uglavnom senzori male potrošnje koji komuniciraju sa gateway-om koristeći LoRa modulaciju.
- Gateway: Posredni uređaji koji primaju pakete iz krajnjih uređaja i prosleđuju ih ka mrežnom serveru putem standardnih IP konekcija koje mogu da budu Ethernet ili neka druga mreža. U LoRa okruženju može da postoji više gateway-a i paketi podataka mogu da budu primljeni ili prosleđivani od strane više od jednog gateway-a.
- Mrežni server (eng. Network Server): server koji upravlja mrežom. Mrežni server eliminiše duple pakete, raspoređuje potvrde, i prilagođava brzine prenosa podataka.

Krajnji uređaji nisu povezani sa određenim gateway-om kako bi imali pristup mreži. Gateway služi jednostavno kao veza i prosleđuje pakete, koje dobija od krajnjih uređaja, do mrežnog servera. Prema tome, krajnji uređaj je povezan sa mrežnim serverom koji je odgovoran za otkrivanje duplih paketa, odabira odgovarajućeg gateway-a za slanje odgovora (ukoliko postoji), odnosno za slanje paketa ka krajnjim uređajima [5].

Na osnovu prethodnog opisa, moguće je steći sliku o arhitekturi LoRaWAN mreža, koja je prikazana na slici 4.



Slika 4. LoRaWAN arhitektura [5]

## 4. PRIMENA IOT-A U RAZLIČITIM ŽIVOTNIM OKRUŽENJIMA

### 4.1. Uticaj IoT-a na bezbednost u rudama praćenjem kretanja vozila

Jedno rešenje bi bilo da se snima vozačevo ponašanje i izraz lica. Ugradi se kamera koja snima vozačeve oči i položaj glave. Drugi način bi bio da se meri vozačev puls i brzina disanja. Treći način bi bio praćenje samog vozila i detektovanje neočekivanog ponašanja. Kada se detektuje da se vozaču spava, sistem će da zaustavi vozilo i da alarmom probudi vozača. Takođe, rešenje bi bilo i da se koriste potpuno automatska vozila, koja ne zahtevaju da ih vozi čovek.

Svi senzori koji mogu da se nalaze na vozilu prikupljaju različite informacije. Prikupljene informacije mogu se koristiti na više načina. Na primer, prašina je kritična tema u rudnicima otvorenih kopova u suvim vremenskim uslovima. Senzori mogu pomoći utovarivaču da dobije osećaj položaja kamiona za vuču, omogućavajući vozaču utovarivača da dobije pravu informaciju o poziciji i uglu koji treba da zauzme pre nego što počne da utovara sirovine u kamion. Senzori za kamione takođe mogu pružiti povratne informacije utovarivaču.

### 4.2. Uticaj IoT-a na bezbednost u rudama praćenjem okruženja

Mogu da se prate vremenski uslovi, tako da radnici mogu da znaju kada da očekuju kišu i, u skladu sa tim, budu oprezniji sa stvaranjem većih nagiba. Ove "vremenske stanice" mogu da se nalaze i nekoliko kilometara udaljene od mesta gde se vrše radovi, kako bi detektovale dolazak oluje. Isto tako, mogu da se nalaze i na mestu radova, kako bi merile količinu kiše ili snega koja pada u tom području.

Takođe, mogu se postaviti i radari za kontrolisanje nagiba koji će konstantno meriti položaj, teksturu i ostale osobine zemljišta. Ako se detektuje neka značajna promena, tim radnika može da se fokusira na problem vezan za nagib i tako spreči nastanak klizišta i ugrožavanje bezbednosti ljudi i radova.

Još jedna stvar koju IoT omogućava jesu servisi bazirani na lokaciji. Senzori mogu biti postavljeni na kacige radnika i ugrađeni u vozila. Ovo je veoma bitno i kod radova koji podrazumevaju planirane eksplozije. Senzori mogu sa sigurnošću da daju uvid u to da li su svi radnici van zone opasnosti pre početka operacije.

Još jedna korisna stvar bi bila postavljanje senzora unutar tunela, kod rudarskih radova koji se vrše ispod površine zemlje. Pošto su opasni gasovi uvek problem, ovi senzori bi detektovali prisustvo gasova, npr. ugljen-dioksida. Davali bi informaciju o tačnoj lokaciji - gasnim džepovima unutar tunela. Praćenjem svakog radnika unutar tunela se tačno zna kada se koji radnik gde nalazi. To omogućava da radnicima bude pružena pomoć u kratkom vremenskom periodu.

### 4.3. Uticaj IoT-a na uštedu električne energije

Jedan od načina upravljanja uličnom rasvetom je korišćenje pametnih bandera, čiji senzori mogu da detektuju pokret i prisustvo ljudi. U slučaju da nema nikoga na ulicama, senzor će to detektovati i, u tom slučaju, sijalice će se ugasiti. Takođe, kada se neko približi ulici ili prolazi kroz ulicu, sijalice će da se upale. Isto tako, moguća je upotreba sijalica koje menjaju intenzitet svog osvetljenja u zavisnosti od okolne osvetljenosti i prisustva ljudi. Ako je noć, i svetla su ugašena, može se detektovati kada se neko približava ulici, i u skladu sa tim, pojačavati svetlo u toj ulici. Isto tako, ako je sumrak, intenzitet osvetljenja će biti slabiji od intenziteta kada je noć.

Takođe, ukoliko dođe do kvara na nekoj banderi ili sijalica jednostavno prestane da radi, u ovakvom sistemu je to lako uočljivo. Senzor će detektovati da je svetlo prestalo da sija, i poslati podatak o tome na cloud. Ljudi koji su zaduženi za menjanje sijalica i popravku bandera

će odmah biti obavješteni o tačnoj lokaciji kvara, pa mogu pravovremeno i da izvrše popravku, umesto da kvar ostane neprimećen danima, nedeljama ili čak mesecima.

#### 4.4. Uticaj IoT-a na regulisanje parkinga

Mogu da budu postavljene kamere na sva mesta gde je moguće parkiranje, koje bi detektovale kada postoji slobodno parking mesto. Takođe, može da bude ugrađen senzor ispod parking mesta. Takav senzor detektuje masivni metal. Ispred parkinga može da stoji semafor koji će da sija zeleno ili crveno, u skladu sa tim da li postoji slobodno parking mesto ili ne. Druga opcija bilo bi korišćenje aplikacija koje pružaju informaciju da li, i gde, u okolini, postoji ulica sa slobodnim parking mestom.

Isto tako, korisno je saznanje koja parking mesta su zauzeta više nego ostala, koliko dugo se ljudi zadržavaju na određenim parking mestima, a takođe i koja mesta nikad nisu zauzeta jer ih ljudi nikad ne pronađu. Na takvim mestima se može podići cena parkiranja, da bi ljudi bili podstaknuti da parkiraju na malo udaljenijem mestu. Ako postoji mesto na kom se niko ne parkira, cena tog parking mesta bi mogla da bude manja. Tada bi aplikacija mogla da pošalje obavještenje da se u toj zoni može pronaći slobodno parking mesto, kao i da je parkiranje u toj zoni jeftinije. Dakle, imajući uvid u celokupno stanje parking zona moguće je analizirati sve podatke i uvideti neki šablon, i, koristeći takva znanja, unaprediti sistem parkiranja i omogućiti ljudima da efikasnije pronađu i iskoriste parking mesta.

#### 4.5. Upotreba IoT-a u kućama

Dobar primer je upotreba pametnih brava za vrata. Na bravi može da bude ugrađen senzor koji prepoznaje vlasnikov pametni telefon. Da bi se osiguralo da je do vrata došao baš vlasnik sa telefonom, a ne neko drugi sa njegovim telefonom, potrebno je, recimo, da telefon traži vlasnikov otisak prsta. Kada se vlasnik sa telefonom u ruci približi, vrata se otključavaju. Pametne stvari u kući mogu da uče šablone vlasnikovog ponašanja. Tako, ako vlasnik svaki dan zaključa vrata nakon što uđe u kuću, pametna brava će naučiti to ponašanje i ona će početi automatski da se zaključava svaki put kada vlasnik uđe u kuću. Takođe, automatski će se zaključati svaki put kada vlasnik izađe iz kuće.

Isto se odnosi i na garažna vrata, gde se može koristiti daljinski upravljač za otvaranje vrata, ali isto tako ona mogu i da, na veoma pametan način, detektuju automobil koji prilazi ulazu, i da, prepoznajući automobilsku registraciju ili oblik automobila, otvore garažu. Takođe, garažna vrata se mogu upariti sa pametnim telefonom, gde GPS na telefonu poziva program koji će obavestiti garažna vrata da vlasnik ulazi u ulicu u kojoj živi i vrata će se otvoriti automatski.

Ugrađene kamere na vratima su takođe od velike pomoći. Ugrađeni sistem će naučiti kako izgleda vlasnik, kakav mu je oblik tela i kako hoda. To omogućava da, ukoliko se vratima približi neko, sistem reaguje u skladu sa naučenim ponašanjem. Ako prepozna vlasnika, reagovalaće u skladu sa tim – pustiće ga u kuću.

Ako pak prepozna neki drugi oblik tela ili način hodanja, a pritom vlasnik nije najavio da će neko drugi doći, može da uključi alarm, ili pozove vlasnika. Tada vlasnik može preko telefona da kaže svojoj pametnoj bravi šta da radi - da odobri ulazak te osobe u svoju kuću, ili da pozove policiju, ili da jednostavno ignoriše pojavu nepoznatog lica.

Korišćenje pametnih klima uređaja, takođe, sve više ulazi u upotrebu. Klima može da nauči vlasnikovu omiljenu temperaturu prostorije, i da, u skladu sa tim, reguliše temperaturu. Dok je vlasnik na poslu, prostorija može da postane previše topla ili hladna. Kada vlasnik krene kući, pametan telefon može da pošalje poruku da je u blizini kuće, i da se klima automatski upali i reguliše temperaturu, tako da vlasniku bude prijatno kad se vrati sa posla.

### 5. ZAKLJUČAK

Upotrebom IoT-a itekako može da se doprinese efikasnosti i bezbednosti na svakom polju ljudskog života.

Primena IoT-a će tek da postane deo svakodnevnice ljudi, čak u nekim stvarima u kojima još ljudi ne mogu ni da zamisle. Ono što je loša strana uplitanja IoT-a u život čoveka jeste to što će čovek u bliskoj budućnosti da postane potpuno zavisan od tehnologije – neće moći da zamisli nijednu aktivnost bez nje. U svakom polju svog života će se oslanjati na uređaje i tehnologiju. Već sada je u velikoj meri tako.

Još jedna loša strana toga jeste konstantno zračenje živog sveta, koliko god sada ti signali koji se emituju izgledali beznačajno – kada potpuno okruže čoveka i živi svet uopšte, sigurno će imati nekog lošeg uticaja po zdravlje.

### 6. LITERATURA

- [1] ITU Telecommunication Standardization Sector, "ITU-T Recommendation database," 2012.
- [2] Kais Mekki, „A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment“, 2018.
- [3] Usman Raza, Parag Kulkarni, and Mahesh Sooriyabandara, „Low Power Wide Area Networks: An Overview“, 2017.
- [4] Saša Verić, „Pregled rješenja za realizaciju LoRa bežične mreže“, 2018
- [5] D. Dobrilović, M. Malić, D. Malić, Ž. Stojanov "Analiza performansi lora tehnologije kod mobilnih senzorskih stanica u urbanim okruženjima", 2017

#### Kratka biografija:



**Sonja Živković** rođena je u Beogradu 1992. god. Master akademske studije upisala je 2016. god. na Fakultetu tehničkih nauka.

kontakt: sonjazivkovic@hotmail.rs