

IOT EKOSISTEM TELEKOM SRBIJA

Vladan Nešić¹, Ljubomir Mrđenović¹, Ivan Petrović¹, Mirjana Stojanović²

¹Telekom Srbija a.d.

vladann@telekom.rs, ljubomirmr@telekom.rs, ivanpetr@telekom.rs

²Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

m.stojanovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Telekom Srbija a.d. je prva kompanija u regionu koja je uspostavila svoju IoT (Internet of Things) platformu, koja zapravo predstavlja ekosistem, s obzirom na činjenice da je u pitanju elastična, višekorisnička i prenosiva (cloud-agnostic) arhitektura. Na taj način je partnerima obezbedila okruženje u kojem nesmetano mogu da realizuju različite studije slučaja. Prva studija slučaja koja je realizovana na ovom ekosistemu je sistem zaštite telekomunikacione infrastrukture preduzeća.*

Ključne reči: *Aplikacioni programski interfejs, bezbednost, ekosistem, IoT, LoRaWAN*

1. Uvod

Razvojem informacionih i komunikacionih tehnologija (*Information and Communication Technology*, ICT) smanjile su se granice između tradicionalnih industrijskih sektora, što je omogućilo pokretanje četvrte industrijske revolucije i implementaciju širokog spektra novih tehničko-tehnoloških rešenja. Nove tehnologije predstavljaju podstrek telekomunikacionim kompanijama, koje se brzo prilagođavaju promenama, za ulazak u nove oblasti poslovanja, u smislu ICT servisa i rešenja, digitalnih multimedijalnih servisa, finansijskih usluga i dr. Internet stvari (*Internet of Things*, IoT) definiše se kao „globalna infrastruktura informatičkog društva koja omogućava napredne servise, fizičkim i virtuelnim umrežavanjem stvari, a zasniva se na postojećim i interoperabilnim informacionim i komunikacionim tehnologijama u razvoju“ [1].

Telekom Srbija a.d. kao lider na polju ICT u Srbiji je prvi operator koji je inicirao primenu novih tehnologija zasnovanih na korišćenju M2M (*Machine-to-Machine*) rešenja 2017. godine i pokrenuo niz radionica u cilju realizacije prvog projekta zasnovanog na IoT koji danas ima značajnu praktičnu primenu. Uspešna realizacija prvog IoT projekta je u prvi plan istakla saradnju sa novoosnovanim (*start-up*) privrednim društvima, koja su nakon toga nastavila uspešne poduhvate poslovanja na novim studijama slučaja.

U ovom radu je predstavljen inicijalni IoT sistem Telekoma Srbija, koji se svakodnevno primenjuje i neprestano razvija i širi. Ova inicijativa je otvorila riznicu ideja, koje mogu biti realizovane u okruženju IoT platforme Telekoma Srbija.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju opisane su osnovne karakteristike, primena i ekspanzija IoT sistema. U trećem poglavlju prikazana je

arhitektura IoT ekosistema Telekoma Srbija. U četvrtom poglavlju predstavljena je studija slučaja, koja se odnosi na primenu IoT ekosistema za potrebe zaštite telekomunikacione infrastrukture preduzeća Telekom Srbija. Peto poglavlje obuhvata zaključna razmatranja.

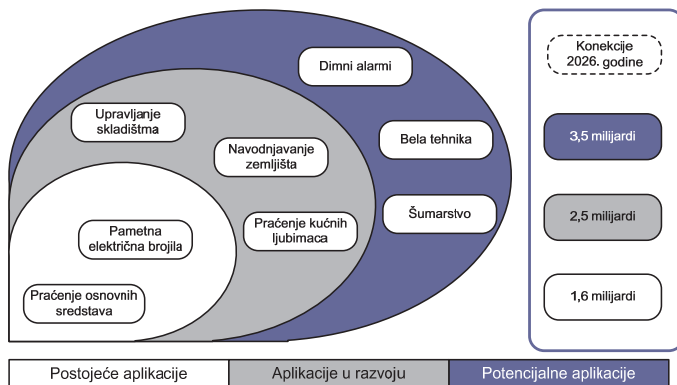
2. Osnovne karakteristike, primena i ekspanzija IoT sistema

Referentni model IoT sistema još nije standardizovan, iako postoji nekoliko predloga za slojevite arhitekture sistema, kao što su troslojna arhitektura, petoslojna arhitektura, arhitektura zasnovana na računarstvu u oblaku (*cloud-based*) i arhitektura zasnovana na računarstvu u magli (*fog-based*) [2], [3]. Komunikacione tehnologije i protokoli imaju značajnu ulogu u IoT sistemima u cilju efikasne i pouzdane razmene podataka u mreži. Protokoli definišu formate razmene podataka, adresne mehanizme, kodovanje, kontrolu protoka, kontrolu grešaka u prenosu i rutiranje paketa. Različite „stvari“ u IoT sistemu mogu imati različite zahteve za kvalitet servisa, bezbednost i pouzdanost, a tipično je potrebno da funkcionišu sa što manjim utroškom energije u vrlo različitim i/ili promenljivim radnim uslovima. Glavni IoT standardi su RFID (*Radio Frequency IDentification*), NFC (*Near-Field Communication*), Wi-Fi (*Wireless Fidelity*, IEEE 802.11), *Bluetooth* (IEEE 802.15.1), *ZigBee* (IEEE 802.15.4) i 6LoWPAN (*IPv6 for Low power Wireless Personal Area Networks*). Navedene tehnologije namenjene su za komunikacije kratkog dometa (*short-range*).

Za komunikacije dugog dometa (*long-range*) u IoT sistemima dizajnirane su bežične mreže širokog područja za razmenu kratkih poruka – LPWAN (*Low Power Wide Area Network*), sa sledećim osnovnim karakteristikama:

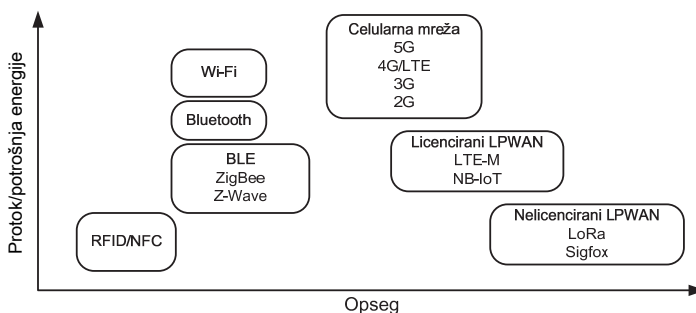
- Mala potrošnja energije IoT uređaja, što je posebno bitno za opremu koja nema spoljni izvor napajanja, jer se znatno produžava vek trajanja baterija;
- Velika pokrivenost (usmerena ili neusmerena);
- Ekonomičnost i dostupnost širokom spektru korisnika.

Prognoza rasta broja IoT konekcija za različite aplikacije koje koriste LPWAN prikazana je na slici 1.



Slika 1. Rast broja konekcija primenom LPWAN

Pozicija LPWAN u bežičnim sistemima prenosa prikazana je na slici 2.

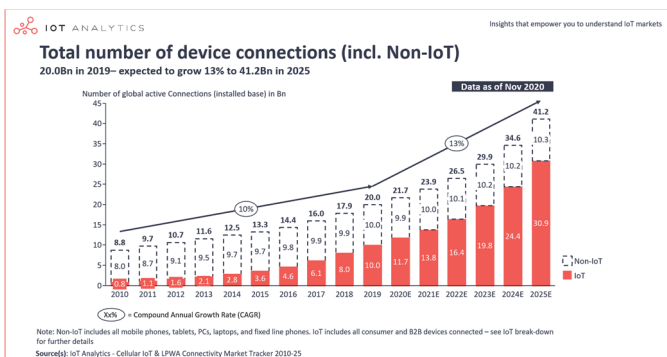


Slika 2. Pozicija LPWAN u svetu bežičnih sistema prenosa [4]

Uvođenje LPWAN tehnologije rezultovalo je novim industrijskim standardom – LoRaWAN (*Long Range WAN*), koji je predviđen da funkcioniše u nelicenciranom delu spektra (*Industrial, Scientific and Medical, ISM*) i pokazuje odlične performanse i najveću otvorenost sistema, čime se ostvaruju preduslovi za ekonomičnu realizaciju IoT sistema. Bitne karakteristike su: topologija zvezde, veliki domet (višeputno veći od celularne mreže) i odlično pokrivanje unutar objekata. Krajnji IoT uređaji imaju znatno produžen životni vek baterija (od 10 do 20 godina, zavisno od intenziteta saobraćaja i optimizacije potrošnje). LoRaWAN mreže su ekonomične, jer je cena infrastrukture značajno niža u odnosu na prethodna rešenja i povoljna je cena krajnje opreme, koja tako postaje dostupna većem broju korisnika. Detaljnija razmatranja o LoRaWAN tehnologiji mogu se pronaći u literaturi [5].

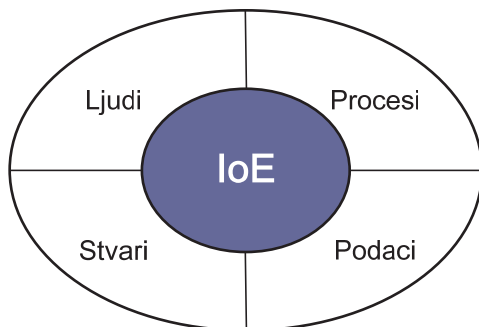
Dosadašnja eksploatacija ukazuje na zaključke da IoT tehnologija omogućava: kreiranje poslovne vrednosti kroz smanjenje operativnih troškova, bolje upravljanje rizicima i razvoj novih izvora prihoda kroz digitalne poslovne modele i nastupajuće tehnologije.

Gartner je predviđao da će do 2020. godine IoT tehnologija biti deo 90% novih računarskih *compute-enabled* proizvoda, u različitim oblastima, kao što su: kućna automatizacija, upravljanje industrijskim postrojenjima, saobraćaj i transport i dr [6]. Na slici 3 prikazana je prognoza rasta broja povezanih IoT uređaja do 2025. godine [7].



Slika 3. Rast broja povezanih IoT uređaja [7]

IoT, pored senzora i aplikacija, povezuje različite entitete, kao što su mobilni uređaji, računari i sve vrste objekata koji mogu da se povežu na Internet i međusobno intereaguju pod automatskom kontrolom ili kontrolom korisnika. Koncept IoT evoluirao u nekoliko pravaca, kao što su industrijski IoT, Internet energije, Internet nano-stvari, kao paradigmi međusobno povezanih ljudi, podataka, procesa i stvari, koja je poznata pod nazivom “Internet svega” (*Internet of Everything*, IoE) i ilustrovana na slici 4 [8].



Slika 4. Koncept IoE

3. Prikaz IoT ekosistema Telekoma Srbije

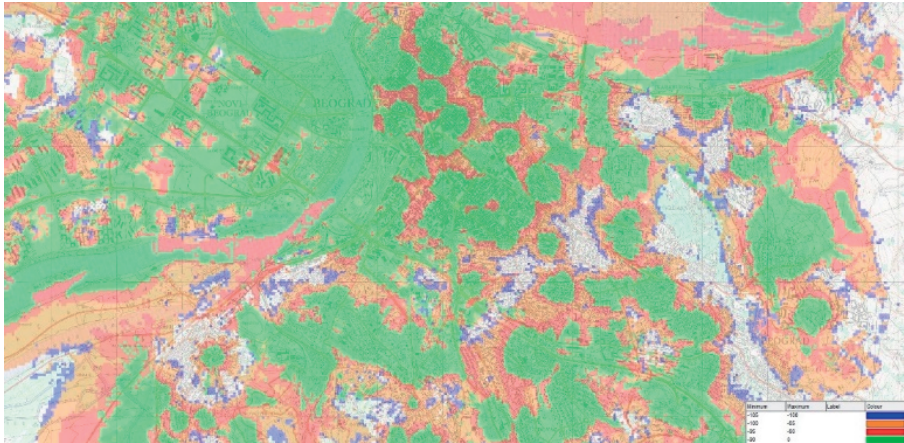
Telekom Srbija je uvek motivisan za implementaciju inovativnih standarda, posebno kada inovacija omogućava razvoj partnerskog ekosistema i specifičnih rešenja – realizaciju studija slučaja uz optimizaciju/kombinaciju upotrebe tehnoloških modula različitih proizvođača. Telekom Srbija je prvi operator u regionu sa:

- konfigurisanom višekorisničkom (*multitenant*) IoT platformom;
- novom vrstom mrežne konektivnosti – LoRaWAN;
- tehnologijom dokazanom kroz realizaciju industrijskih studija slučaja sa značajnim brojem senzorskih uređaja i pratećim aplikativnim rešenjem;
- platformom i aplikacionim programskim interfejsima (*Application Programming Interface*, API) za brzu implementaciju i integraciju novih komercijalnih studija slučaja i
- velikim kapacitetom za brzo širenje mreže.

Ovakva otvorenost ka partnerima u pronalaženju i razvoju novih studija slučaja i novih korisnika je omogućena time što su dostupne sve komponente IoT, pri čemu treba imati u vidu da je korisnička platforma najsloženija komponenta, jer iziskuje najveći razvojni posao. U tu svrhu je dostupna višekorisnička platforma [9], koju odlikuju sledeće osobine:

- Platforma je modularnog tipa – *Actility*, za neograničen broj studija slučaja;
- Veliki kapacitet konektovanih uređaja i korisnika;
- Otvoreni interfejsi preko različitih veb servisa, pre svega REST (*Representational State Transfer*) API;
- Korisnički orijentisano okruženje – GUI (*Graphical User Interface*), što omogućava jednostavnu realizaciju budućih komercijalnih studija slučaja;

- Agnostik platforma, koja omogućava različite vrste konekcija i pridruženih protokola;
- Vlasništvo nad LoRa mrežom (koja pokriva osim većih gradova, veliki deo komunikacionih linija na teritoriji zemlje). Na slici 5 prikazana je karta pokrivanja Beograda LoRa radio signalom.



Slika 5. Karta pokrivanja Beograda LoRa radio signalom

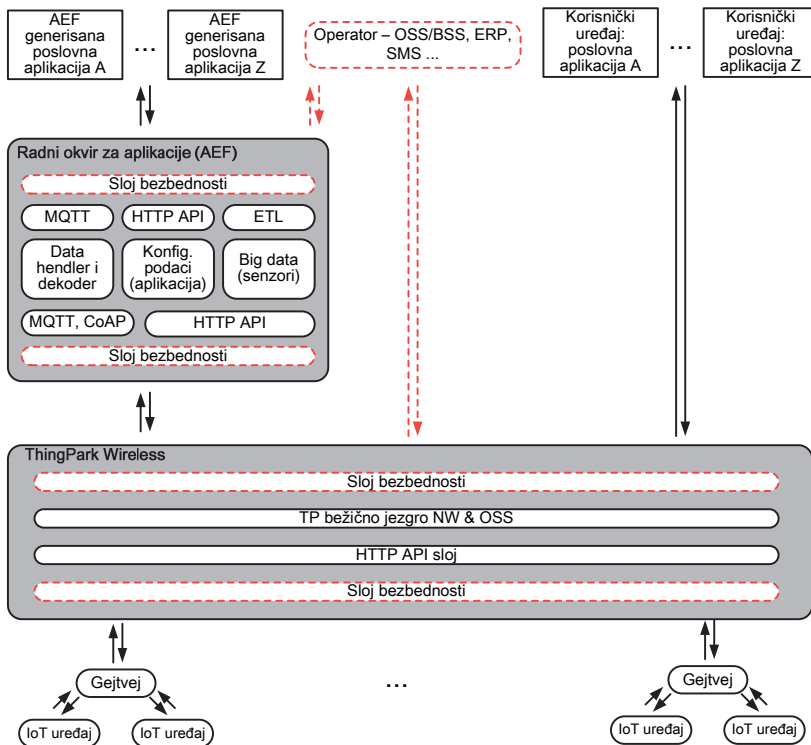
Osnovni elementi sistema su:

1. Senzori klase A, B ili C sa vekom trajanja baterije od 10 do 20 godina i povezivanjem tipa OTAA (*Over The Air Authentication*) ili ABP (*Activation by Personalization*);
2. LoRa mreža koju čine bazne omni stanice i gejtveji, sa dometom 2-3 km u gusto naseljenim sredinama i 15-20 km u ruralnim sredinama;
3. IoT platforma za nadzor i upravljanje sistemom, kao i razvoj jednostavnijih aplikacija;
4. Aplikacije za nadzor i upravljanje uređajima.

IoT platforma Telekoma Srbija ima dva osnovna sloja: (1) upravljački deo na mrežnom sloju (*ThingPark Wireless*) i (2) radni okvir za upravljanje i izradu aplikacija i analitiku (*Application Enabled Framework, AEF*), kao što je predstavljeno na slici 6.

Softverska platforma nalazi se u oblaku (*cloud*) kompanije Telekom Srbija i poseduje standardizovana rešenja za sajber bezbednost. Sistem je elastičan, odnosno prilagodljiv promenama radnog opterećenja dinamičkim pružanjem potrebnih resursa na autonoman način.

Otvoreni servisi drugih podsistema i platformi mogu da obogate pojedinačne studije slučaja u smislu sistema naplate, podrške prodaji i dr. Korišćenje API upravljačke platforme omogućuje standardizovan način razvoja i pružanja servisa. Na taj način je obezbeđena brza implementacija i integracija sa drugim novim internim ili eksternim platformama.



Slika 6. IoT platforma Telekom Srbija

4. Studija slučaja: sistem za zaštitu telekomunikacione infrastrukture

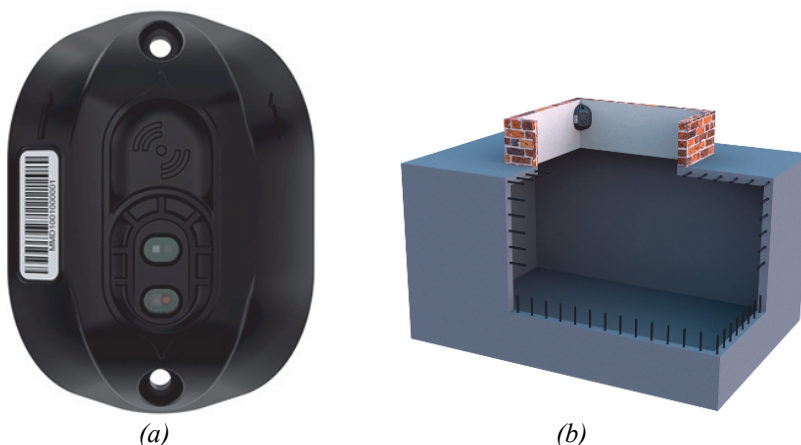
Cilj projekta Telekom Srbija bio je rešavanje problema kao što su: dugogodišnja krađa bakarnih kablova, višemilionska šteta, narušavanje reputacije, posredna šteta od gubitka saobraćaja i nezadovoljstvo korisnika zbog prekida saobraćaja. Poseban akcenat je na gubitku saobraćaja poslovnih korisnika. Treba istaći da je pitanje zaštite telekomunikacione kablovske infrastrukture ranije više puta bezuspešno rešavano, jer je glavni problem bio tehničke prirode. Nedostajalo je napajanje, a autonomija uređaja koji su radili u starim sistemima prenosa je bila maksimalno godinu dana.

Projektom zadatkom [10] postavljeni su sledeći zahtevi:

- Pozicija kablovskog okna, kao elementa kablovske kanalizacije, je ispod zemlje, gde je radio signal teško dostupan, što je zahtevalo „gušću“ mrežu.
- Ulaz u okno je dimenzija 60 cm x 60 cm, te se zahtevalo da IoT uređaj bude što manjih dimenzija, a pozicija uređaja u uglu okna.
- Mesto postavljanja uređaja je često izloženo nepovoljnim atmosferskim uslovima, kao što su vlaga, veliki temperaturni opseg, blato, led i dr. IoT uređaj mora da bude hermetički zatvoren, sa nezavisnim napajanjem, hlađenjem i grejanjem.
- Neophodna je brza i laka montaža, s obzirom veliki broj uređaja.
- Garantovani vek baterije treba da bude više od 10 godina.
- Neophodni su bezbednosni mehanizmi za sprečavanje krađe, oštećenja ili onesposobljavanja opreme, kao i pouzdana detekcija ulazaka.

- Zahtevan je slojeviti pristup upravljanju celokupnim sistemom, sa sistemom izveštavanja koji obezbeđuje kratkoročnu i dugoročnu analitiku, pri čemu se upravljanje aplikacijom realizuje kroz više nivoa pristupa (administrator, *read-only*, kontrolni centar, nadzorni centar, održavanje, bezbednosna agencija).
- Neophodno je definisanje procesnog i proceduralnog mehanizma reakcije različitih celina u sistemu (procedure za regularan ulazak, neregularan ulazak, održavanje i dr).

Kao rezultat projektovanja, a u saradnji sa tadašnjim *start-up* privrednim društvom *Bitgear*, nastao je jedinstveni u svetu višesenzorski IoT uređaj atraktivnog izgleda, koji je prikazan na slici 7 (a). Mesto postavljanja uređaja u kablovskom oknu prikazano je na slici 7 (b).

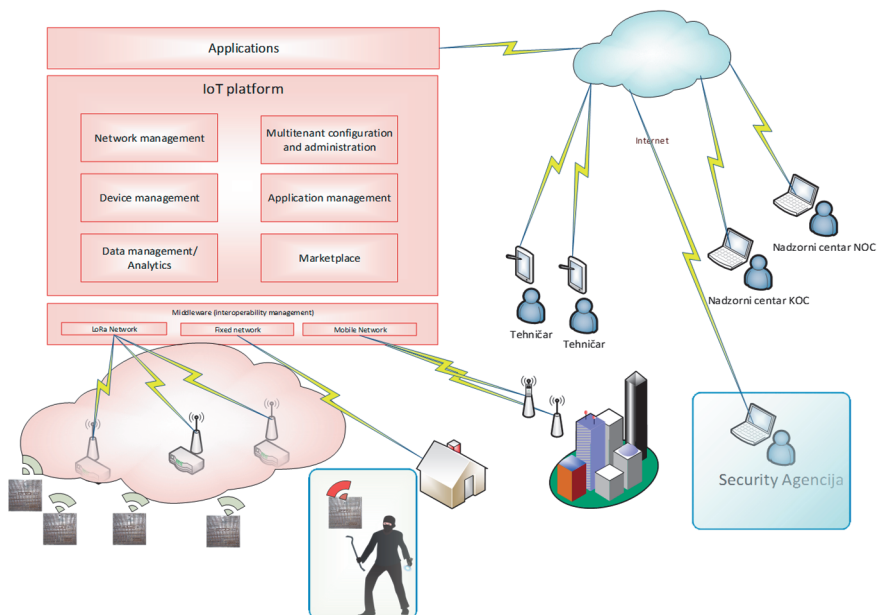


Slika 7. Višesenzorski IoT uređaj za zaštitu telekomunikacione infrastrukture:
(a) izgled uređaja; (b) mesto postavljanja uređaja u kablovskom oknu

Osnovne karakteristike višesenzorskog IoT uređaja za zaštitu telekomunikacione infrastrukture su:

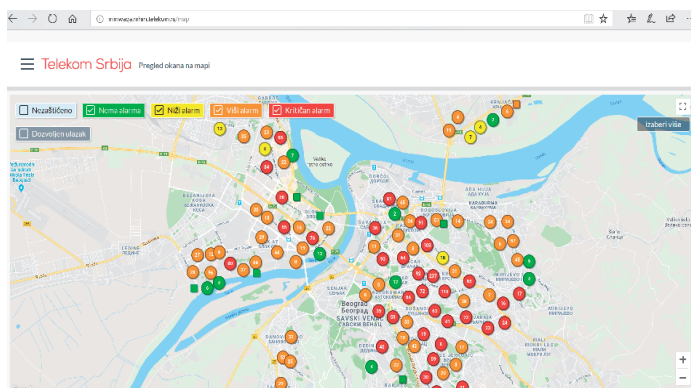
- *Ambient Light* (minimalni prag osetljivosti 0,045 luksa) omogućava detekciju otvaranja poklopca okna, čak i u mračnoj komori;
- *Proximity* – detektuje prisustvo prepreke i aktivira se prilikom ulaska u okno;
- Magnetometar detektuje promenu magnetnog polja i aktivira se ukoliko se poremeti magnetno polje iznad okna;
- Senzor maskiranja detektuje pokušaj maskiranja, tj. ako neko zloupotrebi aplikativno dozvoljen ulazak u okno, i u tom periodu pokuša da onespособi senzor;
- Akcelerometar detektuje pomeraj po tri ose, a aktivira se usled vibracija, na primer otvaranje poklopca, bušenje rupe, itd;
- Temperaturni senzor registruje povećanje temperature, ukoliko se, na primer, desi požar u blizini mesta koje se obezbeđuje;
- Senzor vlažnosti javlja da je objekat poplavljen;
- Uređaj je otporan na udarce (IK10+ standard);
- Uređaj je otporan na vlagu (IP67 standard).

Funkcionalna arhitektura sistema za nadzor i upravljanje prikazana je na slici 8. Posle prijema alarmne poruke, aktivira se, po unapred utvrđenoj proceduri, više organizacionih delova zaduženih za bezbednost, među kojima je i bezbednosna agencija koja izlazi na teren, pomoću navigacije sa svim relevantnim podacima o tipu alarma.

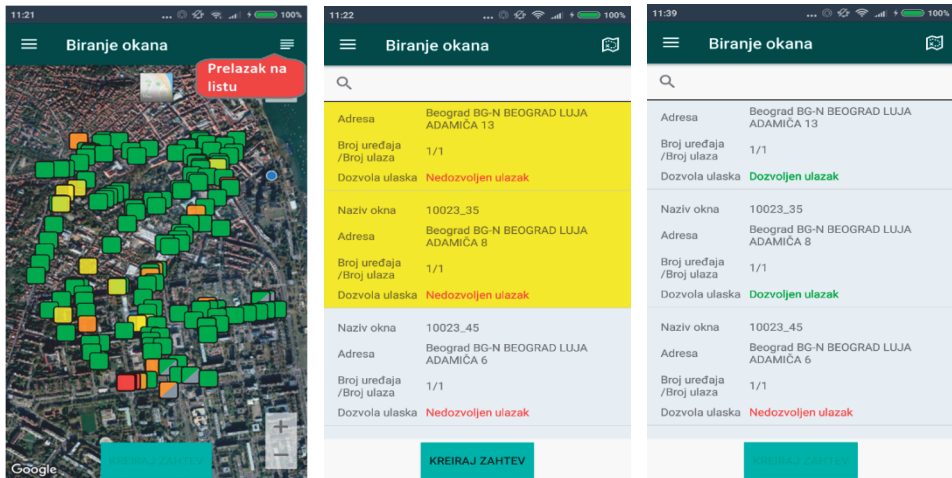


Slika 8. Funkcionalna arhitektura sistema za nadzor i upravljanje

Aplikativni deo sistema je korisnički orijentisan, integrisan sa lokalnim GIS (*Geographic Information System*) radi lakše preglednosti. Za rad na terenu, razvijena je aplikacija za mobilne uređaje. Izgledi desktop aplikacije i mobilne aplikacije za nadzor telekomunikacione infrastrukture prikazani su na slikama 9 i 10, respektivno.



Slika 9. Desktop aplikacija za nadzor telekomunikacione infrastrukture



Slika 10. Mobilna aplikacija za nadzor telekomunikacione infrastrukture

5. Zaključak

IoT tržište se intenzivno razvija poslednjih godina i donosi niz prednosti u smislu unapređenja kvaliteta u različitim oblastima ljudske delatnosti. U ovom radu je prikazana IoT platforma Telekoma Srbija i prva studija slučaja realizovana preko te platforme u cilju zaštite telekomunikacione infrastrukture preduzeća. Ovaj pionirski poduhvat pokazao je da se veliki projekti uspešno realizuju kooperacijom telekomunikacionog operatora i privrednih preduzeća. Projekat takođe predstavlja podstrek i pruža tehnološki osnov za realizaciju drugih IoT sistema, kao što su pametne kuće, pametni gradovi, industrijski IoT i dr.

Literatura

- [1] *Internet of Things Global Standards Initiative*, ITU-T. [Online]. Available at: <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>.
- [2] S. S. Sabry, N. A. Qarabash, and H. S. Obaid, "The Road to the Internet of Things: A survey", *Proc. of the 9th Annual Information Technology, Electromechanical Engineering and Microelectronics Conference (IEMECON)*, 2019, pp. 290-296, DOI: 10.1109/IEMECONX.2019.8876989.
- [3] K. O. M. Salih, T. A. Rashid, D. Radovanovic, and N. Bacanin, "A comprehensive survey on the Internet of Things with the industrial marketplace", *Sensors*, vol. 22, no. 3:730, 2022. DOI: 10.3390/s22030730.
- [4] H. Rajab, M. Ebrahim, and T. Cinkler, "Reducing power requirement of LPWA networks via machine learning", *Pollack Periodica – An International Journal for Engineering and Information Sciences*, vol. 16, no. 2, pp. 86-91, June 2021. DOI:10.1556/606.2020.00263.
- [5] J. Haxhibeqiri, E. De Poorter, I. Moerman, and J. Hoebeke, "A survey of LoRaWAN for IoT: From technology to application", *Sensors*, vol. 16, no.18:3995, 2018. DOI: 10.3390/s18113995.

- [6] *Internet of Things: Unlocking True Digital Business Potential*, Gartner. [Online]. Available at: <https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/internet-of-things>.
- [7] *Market Insights for the Internet of Things*, IoT Analytics. [Online]. Available at: <https://iot-analytics.com>.
- [8] M. H. Miraz, M. Ali, P. S. Excell, and R. Picking, "Internet of Nano-Things, Things and Everything: Future growth trends", *Future Internet*, vol. 10, no. 8, article 68, 2018. DOI:10.3390/fi10080068.
- [9] "IoT ekosistem preduzeća Telekom Srbija a.d.", interna tehnička dokumentacija, Telekom Srbija a.d, 2020.
- [10] "Sistem zaštite podzemne IT infrastrukture", interna tehnička dokumentacija, Telekom Srbija a.d, 2021.

Abstract: *Telekom Srbija a.d. is the first company in the region with its own IoT (Internet of Things) platform which represents an ecosystem, regarding elastic, multitenant and cloud-agnostic architecture. On that way, business partners are provided with a powerful environment for implementation of different case studies. The first case study based on this ecosystem refers to the protection system of the company's telecommunication infrastructure.*

Keywords: *Application programming interface, Ecosystem, IoT, LoRaWAN, Security*

IOT ECOSYSTEM OF TELEKOM SRBIJA

Vladan Nešić, Ljubomir Mrdenović, Ivan Petrović, Mirjana Stojanović