

LORAWAN TEHNOLOGIJA I IOT SERVISNA PLATFORMA U MREŽAMA MOBILNIH OPERATERA**LORAWAN TECHNOLOGY AND IOT SERVICE PLATORM IN MOBILE OPERATOR NETWORKS**Dejan Polovina, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ENERGETIKA, ELEKTRONIKA I TELEKOMUNIKACIJE**

Kratak sadržaj – *Razvoj Internet of Things (IoT) tehnologije značajno je promenio način na koji razmišljamo o povezivanju uređaja. Sve više pametnih uređaja u današnjem svetu zahteva visoko kvalitetnu povezanost na internet, a u tom pogledu LoRaWAN mreža se pojavila kao visoko učinkovito rešenje.*

Gljučne reči: LORAWAN, ACTILITY, IOT

Abstract – *The development of Internet of Things (IoT) technology has significantly changed the way we think about connecting devices. More and more smart devices in today's world require a high-quality connection to the Internet, and in this regard, the LoRaWAN network has emerged as a highly effective solution.*

Keywords: LORAWAN, ACTILITY, IOT**1. UVOD**

LoRaWAN (engl. *Long Range Wide Area Network*) mreža je tehnološki napredna mreža za povezivanje IoT uređaja na daljinu. Ova mreža omogućava bežično povezivanje uređaja na velike udaljenosti pri tome uz nisku potrošnju energije, što je posebno važno za aplikacije koje zahtevaju dugotrajno održavanje baterija. LoRaWAN je otvoreni mrežni protokol koji se nalazi pod nadzorom LoRa Alliance [1].

Protokol je zasnovan na tehnikama modulacije proširenog spektra. Razvio ga je Cycleo, francuska kompanija, koju je preuzela kompanija sa nazivom Semtech. Ova tehnologija je implementirana na LoRa (engl. *Long Range*) arhitekturi, koja koristi nisko frekventne radio signale za bežični prenos podataka. LoRaBee moduli, koji su ključni deo LoRa arhitekture, obezbeđuju pouzdanu i sigurnu konekciju između uređaja i mreže.

Kao što se može videti, LoRaWAN mreža i LoRa arhitektura predstavljaju veliki potencijal za industriju i značajno unapređenje IoT tehnologija u budućnosti. Stoga, u ovom radu ćemo detaljno razmotriti ove tehnologije, njihovu arhitekturu i radnu uspešnost kako bismo potvrdili njihovu važnost i doprinos u razvoju IoT tehnologije u budućnosti.

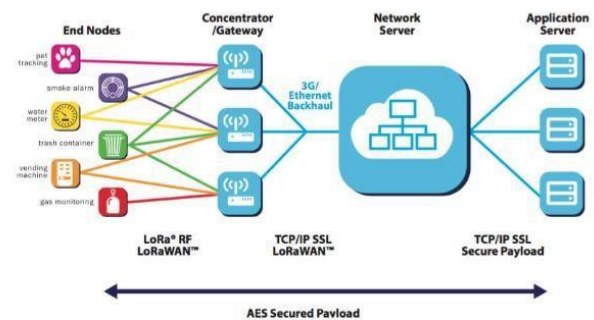
NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, red. prof.

2. LORA ARHITEKTURA

Većina modernih mrežnih struktura koristi mesh strukturu zbog pogodnosti koju ona nudi. Upravo korišćenjem ovakve mrežne strukture, sistem može povećati opseg komunikacije. U mesh strukturi čvorovi moraju prosledivati poruke drugim čvorovima iako su te poruke za njih nebitne.

Ovakav vid komunikacije može uticati na trajanje baterije koja napaja pojedine čvorove. LoRaWAN mreža koristi topologiju zvezde koja bitno utiče na vek trajanja baterije te produžava vreme komunikacije krajnjih uređaja.



Slika 1. LoRaWAN arhitektura

(Preuzeto sa: <https://www.3glinfoc.com/lora/lora-architecture/>)

2.1. LoRa klasa uređaja

Važno je napomenuti da LoRaWAN definiše komunikacioni protokol i arhitekturu samog sistema, dok LoRa definiše fizički sloj ove arhitekture. Kako IoT u današnje vreme koristi sve veći broj uređaja, senzora i aktuatora, čije krajnje funkcije danas postaju raznovrsne do te mere da same finese utiču pri izboru krajnjeg uređaja za uključanje na mrežu i optimizaciju posla koji treba obaviti.

Klasa A – Najprikladniji za senzore čije je napajanje putem baterije. Ovakvi senzori su energetske najefikasniji i sam vek trajanja baterije doseže i do nekoliko godina. Važno je napomenuti da svi ostali uređaji koji se nalaze u LoRaWAN mreži podržavaju ovu klasu. Nakon izvršenog prenosa podataka ostvaruje se mogućnost za downlink komunikaciju.

Klasa B – Uređaji koji pripadaju ovoj klasi se retko koriste u praksi, razlog je to što sam uređaj u sebi mora imati ugrađen tajmer zbog organizovanog prijema slotova, te same sinhronizacije signala od mrežnog gateway-a.

Klasa C – Krajnji uređaj sa maksimalnim prijemnim slotovima, ovakvi uređaji zapravo neprekidno slušaju dolazne poruke koje im pristižu, te je ovakav tip uređaja veoma pogodan ukoliko se realizuje neki brojač ili tome slično.

2.2. LoRa Gateway

Pojam gateway se odnosi na fizički uređaj ili kućište u kojem se nalazi hardver i aplikativni softver koji obavlja osnovne zadatke za povezivanje IoT uređaja sa cloud-om. Kod IoT uređaja gateway se koristi kao centralno čvorište koje povezuje primljene podatke sa vanjskim mrežama. LoRa gateway-i su zapravo koncentratori (engl. *concentrator*), koji omogućavaju prijem RF signala koji emituju LoRaWAN krajnji uređaji. Upravo u ovim gateway-ima se primljeni signal dalje konvertuje u signal pogodan za dalje slanje ka severima. Radi lakšeg razumevanja rada gateway možemo posmatrati kao rad Wi-Fi rutera.

Kako krajnji uređaji, senzori, šalju prikupljene podatke do gateway-a pomoću RF signala, pristigle signale gateway konvertuje u format koji omogućava veće brzine prenosa podataka.

Maksimalna brzina prenosa podataka do LoRa iznosi 50 kB/s. Navedena brzina je dovoljna za komunikaciju između uređaja ili između uređaja i gateway-a. Ovo ne predstavlja problem ukoliko kompletna mreža sadrži mali broj senzora, ali ukoliko mreža broji veći broj senzora koji istovremeno šalju podatke, navedena brzina od 50 kB/s može da predstavlja problem prilikom isporuke podataka [2].

2.3. Sigurnost LoRa protokola

LoRaWAN pruža sigurnost prilikom end-to-end komunikacije, korišćenjem aplikacionih mrežnih ključeva. Kao kod svake mreže postoji mogućnost za napad, te je važno osigurati bezbedno komuniciranje. Međutim, napadač sa fizičkim pristupom može ugroziti LoRa krajnje uređaje. Ukoliko napadač dobije pristup fizičkom uređaju, postoji mogućnost krađe ključeva. Krajnji uređaji obično sadrže LoRa radio modul i mikrokontrolersku jedinicu (MCU, engl. *The Microcontroller Unit*). Radio modul vrši komunikaciju sa glavnim mikrokontrolerom preko UART-a (engl. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) ili SPI-a (engl. *Serial Peripheral Interface*). Podaci koji se razmenjuju ili naredbe koje se prosleđuju, između radio modula i glavnog računara, mogu se presresti pomoću vanjskog uređaja. Ukoliko se UART interfejs koristi između dva integraciona kola (engl. *Integrated Circuit*), osnovno kolo može se koristiti za izdvajanje svih razmjena ključeva.

Današnji, savremeni radijski moduli ne podržavaju enkripciju paketa za komunikaciju između glavnog mikrokontrolera i radijskog modula. Upravo na ovakve stvari je potrebno obratiti pažnju kako bi se zaštitila komunikacija, jer ukoliko nije podržana enkripcija paketa radio modul nema način da shvati da li je poruka poslana od strane glavnog mikrokontrolera ili je takva poruka pristigla od treće strane.

Takođe postoje zlonamerni entiteti, napadači, koji presreću ovakve poruke u svrhu prikupljanja paketa koji se prosleđuju, time se može stvoriti lažni uređaj koji emituje slične podatke ili prosto manipulise trenutnim.

2.4. Ometanje radio signala

Iako se danas urbanizovana mesta mogu pohvaliti sa izuzetnom pokrivenošću mreže, današnji IoT uređaji vode borbu sa ometanjem radio signala (engl. *Radio Jamming*) koji je neophodan za ispravnu komunikaciju između krajnjih uređaja, senzora i aktuatora, te korisnika sa druge strane.

Zlonamerni entiteti mogu da transmituju snažan radio signal u blizini aplikacijskih uređaja te tako poremete radio prenos. Takvi napadi zahtevaju dodatni hardver, koji smanjuje mogućnost napada i time povećava šansu za uspešnost slanja podataka. Iako je

CSS (engl. *Chirp Spread Spectrum*) modulacija veoma poznata po svojoj otpornosti na smetnje, jer koristi tehniku proširenog spektra koja koristi širokopojasne linearno frekvencijsko modulisane chirp impulse za kodovanje informacija a pri tome je otporna na višestruko izbeljivanje čak i kada radi na veoma maloj snazi, nisu prisutni nikakvi ni pseudo-slučajni elementi u signalu, a dodatno je otporan i na Doplerov efekat. Sve ovo ne isključuje mogućnost da dva LoRa uređaja pokušavaju da ostvare komunikaciju na istoj frekvenciji i faktoru širenja spektra, te upravo na taj način se vrši interferencija između takvih uređaja.

2.5. Napad ponavljanja

Istraživanja su pokazala da se zapravo LoRa uređaji, u realnom okruženju mogu ometati upravo drugim LoRa uređajima. Veoma je lako ustanoviti da postoji mogućnost da dva LoRa uređaja na određenoj udaljenosti komuniciraju na istim frekvencijama i podešavanjima.

Napad ponavljanja (engl. *Replay Attack*) je sigurnosna pretnja koja se može pojaviti u LoRa mrežama. To se događa kada napadač presretne LoRaWAN promet između dva čvora i kasnije ponovi taj promet kako bi izveo napad.

Ovim napadom se pokušava prevariti LoRa mrežni server ili krajnji korisnik tako da se podaci lako prikažu kao legitimni. Glavna svrha ovog napada je prevariti uređaj ili modul korišćenjem poruka rukovanja (engl. *handshake messages*) ili starih podataka sa mreže. Kako bi napadač izvršio napad, neophodno je da se poznaje frekvencija na kojoj se vrši komunikacija i kanal kojim se vrši komunikacija.

Napadači često vrše menjanje podataka koje pristiže sa senzora koji se nalaze na udaljenim lokacijama. Ovakvom vrstom manipulisanja podataka korisni ima privid u nestvarno satanje koje svoje mreže.

Ukoliko se sistem nalazi u agrikulturi te senzori vrše slanje podataka vezanih za vlažnost zemljišta a napadač izvrši izmenu podataka vrlo je lako moguće da će izmena ovih podataka imati uticaj na sisteme koji se koriste u daljoj primeni, regulacija pritiska vode u sistemu za navodnjavanje.

3. ACTILITY Platforma

Actility je inovator i industrijski lider u oblasti LPWA (engl. *Low Power Wide Area*). ThingPark je IoT platforma koju je razvio Actility, ova platforma je zasnovana na poslednjoj generaciji aktuelnih standarda. ThingPark Wireless LPWA mreža pruža dalekodometnu pokrivenost za senzore niske potrošnje energije. Između ostalog, Actility platforma nudi sljedeće LoRaWAN funkcionalnosti:

- Mogućnost upravljanja velikim brojem LoRaWAN gatewaya (uređaja koji omogućavaju komunikaciju između IoT uređaja i platforme)
- Integrirana podrška za sigurnosne protokole (enkripcija podataka)
- Napredne mogućnosti za upravljanje energijom
- Velika skalabilnost i mogućnost proširenja mreže

Kompletna platforma dolazi sa već pripremljenom korisničkom aplikacijom koja je vrlo jednostavna za korišćenje. Korisniku se ostavlja mogućnost uvezivanja velikog broja LoRaWAN gatewaya kao i uvezivanje i kreiranje svoje mreže zajedno sa ostalim IoT uređajima koji tu mrežu čine. Za povezivanje novih uređaja na Actility platformi neophodno je da korisnik ima uvid u osnovne podatke tog uređaja, kao na primer: Proizvođač, Model, Pristupni server, DevEUI, AppKey. Svi navedeni podaci se obično nalaze na poleđini IoT uređaja. Za pojedine uređaje proizvođač je kreirao mobilne aplikacije, aplikacije funkcionisu na osnovu skeniranja QR koda koji se nalazi na poleđini IoT uređaja a zatim aplikacija povlači neophodne podatke.

Platforma nudi mogućnost praćenja uređaja i podataka koje taj uređaj/senzor prosleđuje. Važno je napomenuti da se zbog dugotrajnosti same baterije koja se nalazi u uređaju preporučuje da se optimizuje slanje podataka ka gateway-u, ovo bi značilo da se je za neke uređaje dovoljno da šalju podatke jednom dnevno ili dva puta dnevno, dok je za neke uređaje potrebno da šalju podatke tek na promenu trenutnog stanja (IoT pametni parking, gde uređaj služi za očitavanje slobodnog parking mesta).

4. ZAKLJUČAK

LoRaWAN kao IoT tehnologija ima velikog potencijala prilikom izbora mreža kod kojih je neophodna pokrivenost mreže. U poređenju sa nekim drugim tehnologijama kao što su ZigBee ili 3G/4G/5G, LPWAN ima značajno veću pokrivenost lokacije, domet u kojem se poruka može proslediti i značajnu prednost u odnosu na navedene tehnologije ima u prenosu podatka kroz mrežu (engl. *Transmission Latency*). Dok navedene tehnologije u odnosu na LPWAN imaju značajnu prednost u bandwidth-u, broju baznih stanica i slično. LoRaWAN koristi bežičnu tehnologiju koja omogućava slanje podataka iz senzora i drugih uređaja na velike udaljenosti, bez potrebe za dodatnom infrastrukturom. To znači da LoRaWAN može obezbediti komunikaciju između mesta koja su jako udaljena, što ovu tehnologiju čini idealnom za primene poput urbanog praćenja isporuka, praćenja sistema za navodnjavanje poljoprivrednih površina, praćenje

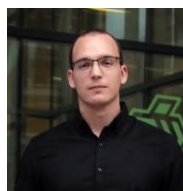
udaljenih objekata u energetici, pa čak i za pametne gradove.

Zahvaljujući mogućnostima koje pružaju LoRa i Actility, očekuje se dalji razvoj novih IoT aplikacija i aplikacija izvan granica uobičajenih vertikalna. LoRaWAN postaje sve popularnija tehnologija kako zbog svoje široke primene, tako i zbog ogromnog potencijala kojeg još uvek nosi sa sobom, a Actility platforma pruža jednostavan i efikasan način za upravljanje takvom mrežom.

5. LITERATURA

- [1] LoRa Alliance, "About LoRa Alliance" – <https://loralliance.org/about-lora-alliance/> (pristupano u septembru 2023.)
- [2] WyldNetworks – What is LoraWAN Gateway? – <https://wyldnetworks.com/blog/what-is-alorawangateway> (pristupano u septembru 2023.)

Kratka biografija:



Dejan Polovina rođen je u Sremskoj Mitrovici 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetika, elektronika i telekomunikacije – Informaciono-komunikacione tehnologije, odbranio je 2023.god.
kontakt: dejan.pola@hotmail.com