

UVODENJE KOMUNIKACIJSKOG STANDARDA NARROW BAND INTERNET OF THINGS U OKVIRU MOBILNE MREŽE SRBIJE**COMMUNICATION STANDARD NARROWBAND INTERNET OF THINGS WITHIN THE MOBILE NETWORK OF SERBIA**

Sanja Kovačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MEHATRONIKA

Kratik sadržaj – U ovom radu predstavljeno je razmatranje značaja uvođenja i primene NB-IoT u Srbiji. Prvo se uvodi opšta pozadina uređaja povezanih putem interneta (IoT-a), mobilne komunikacije kao jednog od sredstava za ovo povezivanje, i na kraju je predstavljen NB-IoT sa pregledom osnovnih karakteristika, kao i ključnih tehnologija koje su dovele do poboljšanja ovog standarda. Radi lakšeg razumevanja upoređuju se performanse NB-IoT sa drugim bežičnim tehnologijama u aspektima potrošnje energije, oblasti pokrivanja, režima prenosa, načina komunikacije i cene uređaja. Na kraju se analizira primena u vidu inteligentnih aplikacija NB-IoT-a koje se mogu uvesti u Srbiji.

Ključne reči: *Narrow Band Internet of Things, Internet of things, mobilne komunikacije, LPWA, inteligentne aplikacije*

Abstract – *This paper presents the consideration of the significance of the introduction and application of NB-IoT in Serbia. Firstly, the general background of Internet-of-Things (IoTs), secondly mobile communications as one of the means for this connection is introduced, and finally NB-IoT with an overview of the basic characteristics as well as key technologies that led to the improvement of this standard was finally introduced. To better understand, NB-IoT's performance with other wireless technologies is compared in terms of energy demand, coverage, mode transfer, communication modes and cost of devices. In the end, the application in the form of intelligent applications NB-IoT that can be introduced in Serbia is analyzed.*

Keywords: *Narrow Band Internet of Things, Internet of things, Mobile communication, LPWA, intelligent applications*

1. UVOD

Internet je javno dostupna globalna mreža koja povezuje računare i računarske mreže korišćenjem internet protokola. 2008. godine broj uređaja povezanih na internetu je premašio ukupan broj svetske populacije. Statistike kažu da će do 2020. godine broj uređaja biti skoro sedam puta veći od svetske populacije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Rajs, docent.

Dakle, internet je već, a tek će postati deo svakodnevnice. Zbog toga se pridaje veliki značaj primeni interneta kao vida komunikacije između objekata. Jedan od standarda mobilne komunikacije putem interneta predstavlja Narrow Band IoT.

Predmet istraživanja je proučavanje NB-IoT, njegovih glavnih karakteristika i mogućnosti uvođenja ovog standarda u Srbiji u okviru mobilne komunikacije, kao i iznošenje svih njegovih prednosti u poređenje sa već postojećim standardima bežične komunikacije.

Cilj istraživanja je da se opiše način na koji je tekao razvoj NB-IoT u svetu, koji je značaj samog pojma „IoT“, i kakve bi mogućnosti primena ovog standarda donela u okviru naše zemlje.

2. INTERNET OF THINGS - IOT

U najširem smislu termin Internet of Things obuhvata sve uređaje (objekte) koji su povezani putem interneta. Pod terminom „things“ se podrazumeva bilo ko, bilo šta, a pod pojmom komunikacije putem interneta podrazumeva se omogućavanje komunikacije bilo gde, bilo kada, u bilo kom kontekstu, uz pomoć bilo kog servera, sa bilo kojom mrežom. Ključne komponente IoT su senzori, kontroleri i softver. Arhitektura IoT se sastoji od pametnih uređaja koji putem aplikacije komuniciraju sa drugim pametnim uređajima.

Aplikacija se povezuje sa pametnim uređajem putem interneta, i ta veza ne mora biti direktna. Shodno tome, arhitekturu IoT čine četiri ključna pojma: „uređaji“ koji su povezani putem interneta, ruter, oblak (engl. *Cloud*) u kome se smeštaju podaci, i sama aplikacija. Ceo IoT koncept je zasnovan na scenariju gde svi „uređaji“ imaju jedinstveni identifikator, ID, i protokol poznaje svakog logičkog domaćina po broju, takozvanoj IP adresi. Na bilo kojoj datoj mreži ovaj broj mora biti jedinstven za sve domaćine interfejsa koji komuniciraju kroz tu mrežu.

3. MOBILNA KOMUNIKACIJA

Mobilne komunikacije predstavljaju neprestano razvijenu tehnološku oblast sa mnogo različitih domena aplikacija, gde IoT ima značajnu ulogu kao najbrže rastući domen aplikacija u okviru mobilne mreže.

Razvoj mobilne komunikacije je počeo sredinom 1970. godine sa prvom generacijom mobilnih uređaja (1G), dok je danas u upotrebi četvrta generacija (4G). Danas preko 70% svetske populacije komunicira putem mobilne telefonije.

U okviru treće generacije, osnovan je projekat partnerstva 3GPP, u okviru kojeg su se modifikovali i usvajali standardi mobilnih komunikacija. Tako je u julu 2016 nastao i standard izdanja 13, nazvan NB-IoT.

4. NARROW BAND IOT

NB-IoT je LPWAN radio tehnologija zasnovana na standardu za primenu mobilnih komunikacija. Cilj ove studijske tačke bio je predložiti opciju LPWA tehnologije bazirane na čelijskoj arhitekturi za manje aplikacije IoT-a. Shodno tome, NB-IoT se fokusira na osobinama dobre pokrivenosti signala u zatvorenom prostoru, niske troškove uređaja, dugotrajnost baterije i veliku gustinu mreže. Takođe se primenjuje i podskup LTE standarda, ali njihovo korišćenje se ograničava na jedan uski propusni opseg od 200 kHz. Zbog rada u ovom licenciranom opsegu pridaje mu se pouzdanost i sigurnost, pružajući garantovano kvalitetne usluge. NarrowBand je optimizovan za aplikacije koje međusobno komuniciraju sa malom količinom podataka tokom dužeg vremenskog perioda.

Uvođenjem NB-IoT tehnologije omogućiće se povezivanje još mnogo uređaja na „IoT“ čime će mnoge aplikacije postati stvarnost i dostupnost svima.

4.1. Karakteristike NB-IoT

Osnovne karakteristike NB-IoT (slika 1), su veoma mala potrošnja energije (trajanje baterije prilikom povezivanja uređaja na internet u trajanju od 10 do 15 godina), mala količina podataka (mreža je namenjena dvosmernom prenosu malih količina podataka), primena svetskog standarda (mreža radi na 3GPP standardu i nalazi se unutar licenciranog spektra), odlična prodornost signala u zatvorenim i nepristupačnim prostorima (signal prodire u prostore poput podzemnih garaža, debele konstrukcione zidove, kao i predele gde je slab signal), lako se ugrađuje u već postojeće arhitekture mobilne mreže, obezbeđuje veliku bezbednost, sigurnost i pouzdanost mreže kao i niski propusni opseg (propusni opseg od 700MHz, 800MHz i 900MHz) jer je mreža bazirana na LTE sigurnosnim mehanizmima, i ima nisku cenu komponenti uređaja, kao i nisku cenu same implementacije.



Slika 1. Karakteristike NB-IoT

Režim rada za uštedu energije, skraćeno PSM (engl. *Power Save Mode*) je režim rada dizajniran tako da aktivno smanji potrošnju energije kad nije u upotrebi. Uz pomoć PSM režima i proširenog isprekidanog prijema (eDRX, engl. *Extended Discontinuous Reception*), u NB-IoT-u se može ostvariti duže vreme čekanja. Vrednosti trajanja čekanja u okviru eDRX su prikazane na slici 2.



Slika 2. eDRX trajanje jednog perioda i dozvoljene vrednosti trajanja tok ciklusa za eDRX.

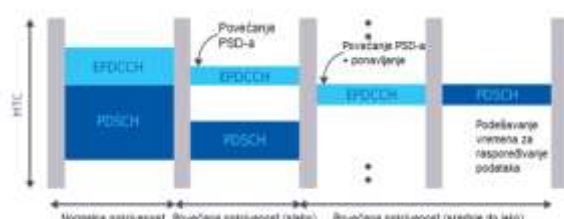
Režim rada NB-IoT je dizajniran da bude snažno integrisan i da međusobno deluje sa LTE-om, što omogućava veliku fleksibilnost pri implementaciji. NB-IoT nosilac strukture može biti smešten u zaštitnom intervalu LTE-a (engl. *Guard-band mode*), ugrađen u standardni LTE nosilac (engl. *In-band mode*) ili funkcionisati kao samostalni nosilac (*Stand-alone mode*). Sva tri načina su prikazana na slici 3, pri čemu je zbog jednostavnosti prikazan samo jedan NB-IoT nosilac Uplink-a/Downlink-a za svaki režim.



Slika 3. Raspoređivanje frekvencijskog spektra NB-IoT u odnosu sa LTE frekvencijskim spektrom [1]

Optimizacija troškova NB IoT postignuta je zahvaljujući pojednostavljenjem uređaja u okviru izdanja 13 3GPP i to na sledeći način: Uvedena je klasa uređaja sa nižom snagom (od 20 dBm), koja će dozvoliti integraciju pojačavača snage u jedan čip, smanjen je propusni opseg uređaja na 200 kHz na *Downlink-u* i *Uplink-u*, smanjen je protok, bazirano na funkcionisanju jednog fizičkog resursnog bloka (PRB), kako bi se omogućilo manje procesiranje i manja memorije na modulima, kao i smanjenje cene same CMOS tehnologije.

Prethodno pomenutih 20 dB omogućava oko deset puta bolju pokrivenost područja. Pokrivenost se povećava radom na kanalu širine 200 kHz ili 1,4 MHz, u poređenju sa kanalom širine 20 MHz, donoseći poboljšanje od 20 dB i 11,5 dB respektivno. Osim toga, NB LTE-M dozvoljava da se emisiona snaga smanji za 3 dB, u cilju smanjenja troškova implementacije. Ovo uključuje eliminaciju LTE downlink kontrolnih kanala, uključujući PDCCH (engl. *Physical Downlink Control Channel*), PCFICH (engl. *Physical Control Format Indicator Channel*) i PHICH (engl. *Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel*). Jedino je EPDCCH (engl. *Enhanced Physical Downlink Control Channel*) dozvoljen.



Slika 4. Dizajn NB LTE-M sa opsegom od 1,4 MHz – downlink

5. PRENOS PODATAKA KOD NB-IOT

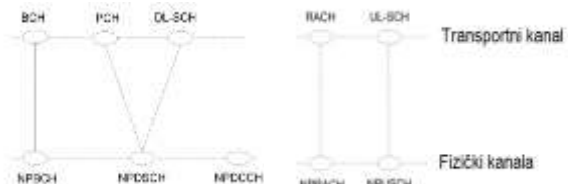
Ćelijski ili celularni koncept mreže sastoji se u korišćenju većeg broja predajnika male snage i razvijen je sa ciljem da se poveća pokrivenost radio signalom. Postoje tri standardne tehnologije koje se koriste kod standardnih celularnih mreža za prenos informacije:

- 1. Frequency Division Multiple Access (FDMA)-** kod FDMA svakom pozivu se dodeljuje posebna frekvencija (*frequency*)
- 2. Time Division Multiple Access (TDMA)-** kod TDMA svakom pozivu se dodeljuje određeni deo vremena (*time*) ne menjajući pri tome frekvenciju
- 3. Code Division Multiple Access (CDMA)-** kod CDMA svakom pozivu se dodeljuje jedinstveni kod (*code*) koji se proširuje u raspoloživom frekventnom opsegu

Prenos u *Uplink-u* i *Downlink-u* zasnovan je na SC-FDMA (engl. *Single Carrier Frequency Division Multiple Access*) i OFDMA (engl. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) tehnika. Za *downlink* se definišu tri fizička kanala: NPBCH (engl. *Narrowband Physical Broadcast Channel*), NPDCCH (engl. *Narrowband Physical Downlink Control Channel*), NPDSCH (engl. *Narrowband Physical Downlink Shared Channel*) i dva fizička signala: NRS (engl. *Narrowband Reference Signal*) i NPSS/NSSS (engl. *Primary and Secondary Synchronization Signals*).

Za *Uplink* se definišu dva fizička kanala: NPUSCH (engl. *Narrowband Physical Uplink Shared Channel*) i NPRACH (engl. *Narrowband Physical Random Access Channel*) i jedan fizički kanal DMRS (engl. *Demodulation Reference Signal*).

Veza između fizičkog i transportnog kanala kod UL i DL prikazana je na slici 5.



Slika 5. Veza između fizičkog i transportnog kanala kod DL (slika levo) i UL (slika desno) [2]

Struktura rama nosioca u NB-IoT-u se sastoji od deset podramova i svaki od tih podramova je podeljen na dva slota svaki od 0,5 ms.

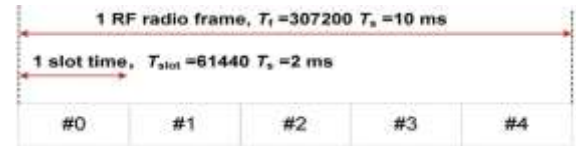
Kako bi se poboljšala pokrivenost signala u *uplink-u* pomoću povećanja snage spektralne gustine (PSD), dostupan je razmak između podnosilaca structure NB-IoT-a od 3,75 kHz. Standardni razmak je od 15 kHz, koji se primenjuje i kod *Downlink-a*.

Kako je za rastojanje podnosilaca od 15 kHz, trajanje slota 0.5 ms u vremenskom domenu i broj podnosilaca 12 u frekventnom, za razmak između podnosilaca 3,75 kHz, trajanje slota SC-FDMA je četiri puta veće, što iznosi 2 ms.

Osim toga, ukupan broj podnosilaca u frekventnom domenu je takođe četiri puta veći, a to je broj 48, čime se zauzima isti razmak 180 kHz, kao u slučaju razmaka podnosilaca od 15 kHz.



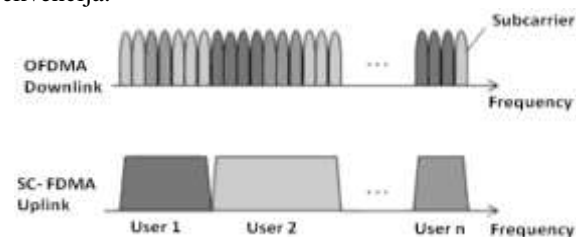
Slika 6. NB-IoT struktura rama za rastojanje podnosioca od 15 KHz i za uplink i za downlink [1]



Slika 7. NB-IoT struktura rama za rastojanje podnosioca od 3.75 KHz za uplink [1]

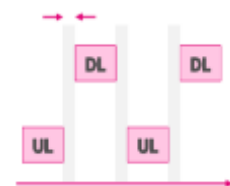
NB-IoT koristi QPSK (engl. *Quadrature Phase Shift Keying*) modem i OFDM tehnologiju podešavanja za komunikacije sa rastojanjem podnosioca od 15 kHz u *Downlink-u*, dok koristi BPSK (engl. *Binary Phase Shift Keying*) ili QPSK modem i SC-FDMA tehnologiji za komunikacije u *Uplink-u*.

OFDM je način kodiranja na više frekventijskih nosača. SC-FDMA je šema višestrukog pristupa za podelu frekvencija.



Slika 8. Prikaz funkcionisanja OFDMA na downlink-u i SC-FDMA na uplink-u [3]

NB-IoT primenjuje FDD Half-duplex Type-B za *Uplink* i *Downlink* komunikaciju, što znači da je prenos informacija u jednom smeru u datom trenutku (slika 9).



Slika 9. FDD Half-duplex tip B komunikacije za prenos informacija [1]

6. POREĐENJE NB-IOT SA OSTALIM STANDARDIMA

Na osnovu specifikacije izdvojenih standarda (Lora, Sigfox, LTE) dobijamo tabelu 1. Možemo zaključiti da jedna od glavnih karakteristika i razlika NB-IoT tehnologije u odnosu na druge IoT tehnologije (LoRA, Sigfox), je primena već postojeće mobilne mreže, mogućnost slanja duže poruke (500 bajtova NB-IoT u odnosu na 51 bajt LoRA i 12 bajtova Sigfox) i većeg broja poruka dnevno (više od 300 NB- IoT, 300 LoRA, 140 Sigfox poruka dnevno).

Tabela 1. *Specifikacije različitih bežičnih mreža*

| | Lora | Sigfox | LTE-M | | | LTE-NB IoT |
|--------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| | | | Cat-0 Verzija 12 | Cat-M1 Verzija 12 | Cat-M2 Verzija 12 | Verzija 13 |
| Standardizacija | Lora Alliance | Sigfox kompanija i ETSI | 3GPP | 3GPP | 3GPP | 3GPP |
| Spektar | Ne licenciran | Ne licenciran | Licenciran | Licenciran | Licenciran | Licenciran |
| Protok | 125 Hz | 100 Hz | 20 MHz | 1.4 MHz | 5 MHz | 200 kHz |
| Brežina prenosa podataka | 0.3-50 kbps | 100-500 bps | 1 Mbps | 5-10 Mbps | 5-10 Mbps | 200 kbps |
| Trajanje pauze | Veliko trajanje | Veliko trajanje | Nije razvijeno | 50-100 ms | 50-100 ms | 1.5-10 sec |
| Trajanje baterije [god] | 5-10 | 5-10 | 10 | 10 | 10 | 10-15 |
| Cena po uređaju [dolar] | Oko 100 | Oko 100 | 10-15 | 10-15 | 10-15 | 5-10 |
| Prodor u zatvorenim prostorima | Odična | Odična | Dobra | Dobra | Dobra | Odična |
| Tip komunikacije | Half duplex | Half duplex | Full i Half duplex | Full duplex | Full duplex | Half duplex |
| Prenosna snaga | 20 dBm | 20 dBm | 23 dBm | 23 dBm | 23 dBm | 20 dBm |
| Obim pokrivenosti područja | 14 km | 17 km | 5-20 km | 5-20 km | 5-20 km | 22 km |

Gledajući tabelu 1, i prateći već osobine LTE-M i NB-IoT standarda dolazimo do zaključka da su obe LPWA tehnologije za IoT aplikacije sa niskopropusnim opsegom definisane u 3GPP i ispunjavaju zahteve za niske troškove, niske potrošnje i povećanu pokrivenost. Glavna razlika između LTE-M i NB-IoT zavisi od količine podataka koja planira da se koristi, latencije potrebne za aplikaciju, i mobilnosti uređaja. Ipak glavna razlika leži u jačini signala na nepristupačnim delovima, gde se prednost daje NB-IoT-u.

7. PRIMENA NB-IOT

NB-IoT nalazi primenu u aplikacijama gde je potrebno slati malu količinu podataka, kod stacionarnih uređaja. Prema tome, NB-IoT najveću primenu ima u okviru aplikacija pametnog grada, kontrole potrošača, pametne izgradnje, logistike i automotiv industrije, životne sredine i poljoprivrede (slika 10).

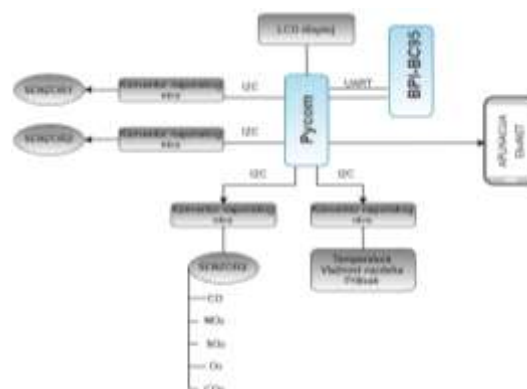


Slika 10. *Primena NB-IoT*

8. POČECI RAZVOJA NB-IoT U SRBIJI

Mobilna mreža VIP-Srbija, je počela sa uvođenjem NB-IoT standarda još prethodne godine i ima tendenciju da prva eksploatise i komercijalno ponudi NB-IoT na tržištu Srbije. U okviru preduzeća Dunav net, realizovano je IoT rešenje za kontrolu parametara životne sredine-ekoNET. Ovaj stacionaran uređaj pristupa informacijama o parametrima kvaliteta vazduha preko mreže naprednih ekoloških senzora.

Prikupljenim informacijama moguće je pristupiti putem aplikacije, nakon što se podaci sa senzora skladište, obrade i analiziraju. Komunikacija je uz pomoć bežične mreže NB-IoT. Na slici je prikazan blok dijagram EkoNet-a.



Slika 11. Blok dijagram uređaja EkoNET

9. ZAKLJUČAK

Razvoj mobilnih tehnologija omogućio je da se IoT realizuje i kroz mobilne mreže. NB-IoT je tehnološki standard koji se koristi u okviru 4G mreže, a ono što NB-IoT donosi kroz mobilnu mrežu je: trenutna dostupnost u najnepristupačnijim uslovima bez izgradnje nove mreže. Garantovana je dvosmerna komunikacija između IoT uređaja i servera i sigurnost komunikacije koja je obezbeđena sigurnosnim protokolima mobilne mreže. Samim tim, NB-IoT tehnologija primenjiva je u najrazličitijim uslovima, kao i u svim sferama privatnog i javnog života, ali i u industriji.

Ova nova tehnologija je standardizovana pre dve godine i sada je sazrela dovoljno da se može približiti javnosti u Srbiji, kako akademskoj zajednici tako i u industriji, ne bi li se upoznali sa svim mogućnostima i prednostima ove tehnologije u odnosu na neka druga rešenja.

9. LITERATURA

- [1] P. Maldonado, P. Ameigeiras, J. Prados-Garzon, Jorge Navarro-Ortiz, and Juan M. Lopez-Soler, IEEE „NarrowBand IoT Data Transmission Procedures for Massive Machine Type Communications”, maj 2017
- [2] Rohde & Schwarz, “Narrow Band IoT” dostupno na: https://cdn.rohdeschwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma266/1MA266_0e_NB_IoT.pdf, datum pristupa 12.09.2018.
- [3] Internet sajt, „4G LTE”, dostupno na: https://www.gta.ufjr.br/ensino/ee1879/trabalhos_vf_2014_2/rafaelreis/ofdma_scdma.html, datum pristupa 9.9.2018.

Kratka biografija:



Sanja Kovačić rođena u Novom Sadu 1994. godine. Diplomirala na Fakultetu tehničkih nauka, u Novom Sadu, oblast mehatronika, robotika i automatizacija 2017. godine. Oblasti interesovanja su joj: optimizacija i automatizacija sistema.