

SAOBRAĆAJNA SVOJSTVA M2M KOMUNIKACIJA

Bojan Bakmaz, Miodrag Bakmaz
Saobraćajni fakultet u Beogradu

Sadržaj: *Komunikacije između velikog broja umreženih inteligentnih uređaja donose značajan broj novih istraživačkih izazova. U ovom radu analizirana je M2M mrežna arhitektura, kao i neke od karakteristika saobraćaja generisanog M2M aplikacijama. Razmatran je uticaj M2M saobraćaja na kvalitet servisa u mobilnim mrežama i pouzdanost ove vrste komunikacija u domenu saobraćaja.*

Ključne reči: *IoT, M2M komunikacije, kvalitet servisa, mrežna arhitektura, saobraćaj.*

1. Uvod

Evolucija telekomunikacionih tehnologija predviđa u bliskoj budućnosti eksponencijalni rast broja inteligentnih uređaja, koji ostvaruju komunikaciju putem Interneta, najčešće bez ljudske interakcije. Za razliku od tradicionalnih H2H (*Human-to-Human*) i H2M (*Human-to-Machine*) komunikacija, koje podrazumevaju razmenu poziva, poruka i podataka, cilj razvoja M2M (*Machine-to-Machine*) komunikacija je potpuna automatizacija elektronskih sistema koji se nalaze u svakodnevnoj upotrebi. Fenomen M2M komunikacija otvara pravce istraživanja u domenu novih tehnologija, protokola, standarda i mrežnih arhitektura, stvarajući okruženje poznato kao IoT (*Internet of Things*).

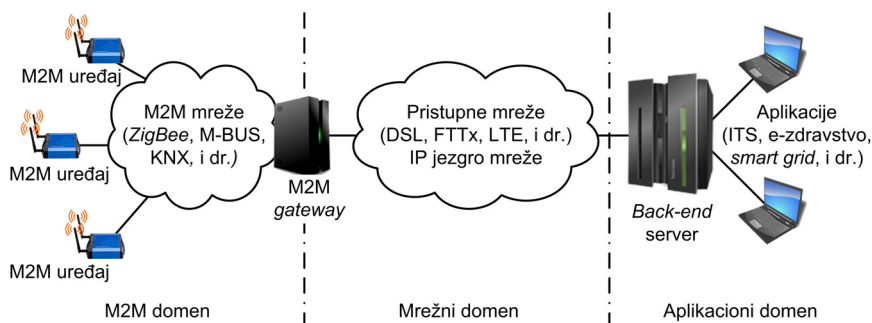
Aktuelne telekomunikacione mreže planirane su i projektovane na osnovu prirode saobraćajnih zahteva generisanih od strane korisnika. Umrežavanje velikog broja inteligentnih uređaja čini procese održavanja i upravljanja mrežama kompleksnijim, skupljim i po svemu sudeći neefikasnijim. U poslednjih nekoliko godina vodeće organizacije za standardizaciju u oblasti telekomunikacija ulažu značajne napore kako bi odgovorile na nove izazove. ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) je, formiranjem posebnog tehničkog komiteta za M2M komunikacije, usmerio svoja istraživanja ka razvoju E2E (*end-to-end*) arhitekture [1]. Sa druge strane, 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) razvija adekvatna rešenja za integraciju M2M uređaja u savremene mobilne sisteme, kao što je LTE (*Long Term Evolution*) [2]. Prevazilaženje aktuelnih izazova, predstavlja jedan od ključnih koraka za realizaciju mobilnih sistema pete generacije (5G) [3].

U prvom delu rada predstavljena je opšta M2M mrežna arhitektura i mogućnosti primene bežičnih tehnologija, dok su u drugom delu analizirana neka saobraćajna svojstva M2M komunikacija. Takođe, razmatran je uticaj M2M saobraćaja na kvalitet servisa u mobilnim mrežama i pouzdanost ove vrste komunikacija u domenu saobraćaja.

2. Opšta M2M mrežna arhitektura

Na osnovu ETSI E2E arhitekture [1] moguće je analizirati opštu M2M mrežnu arhitekturu (Slika 1), koju čine funkcionalni elementi, kao što su inteligentni uređaji (senzori, aktuatori), M2M *gateway* (obezbeđuje povezanost inteligentnih uređaja i komunikacione mreže) i *back-end* server (u funkciji *middleware* sloja za različite servise). Ovi funkcionalni elementi međusobno su povezani kroz tri domena:

- M2M domen formiran od potencijalno velikog broja inteligentnih čvorova, koji su direktno, ili posredno (preko M2M *gateway*-a), povezani na neku od raspoloživih pristupnih mreža. Posredno realizovani M2M domeni se nazivaju kapilarnim mrežama [4, 5]. M2M *gateway* prikuplja podatke od inteligentnih uređaja i preko žične ili bežične infrastrukture prosleđuje ih do udaljenih (*back-end*) servera.
- Mrežni domen obezbeđuje pouzdane i efikasne kanale za prenos podataka preko heterogenih pristupnih mreža i IP jezgra mreže.
- Aplikacioni domen predstavlja skup velikog broja servisa u realnom vremenu, primenljivih u inteligentnim transportnim sistemima (ITS), e-zdravstvu, unapređenoj energetskej distributivnoj mreži (*smart grid*) [6-8].



Slika 1. Opšta M2M mrežna arhitektura.

Ubrzani razvoj naprednih bežičnih tehnologija, koje obezbeđuju mobilnost i eliminišu potrebu za kablovskom infrastrukturom, upućuje na njihovu primenu u svim domenima M2M mrežne arhitekture. U realizaciji kapilarnih M2M mreža moguća je primena nekog od široko prihvaćenih interfejsa personalnih i lokalnih bežičnih okruženja (WPAN, WLAN), kao što su *Bluetooth*, *ZigBee*, WiFi, ili novih, naprednijih tehnologija, kao što su *mmWave* i gigabitni WiFi. Kapilarne mreže uglavnom podrazumevaju *mesh* topologiju i primenu kognitivnog *gateway*-a, koji podržava više bežičnih komunikacionih standarda. Kognitivni *gateway* obezbeđuje neprekidnu, fleksibilnu i skalabilnu vezu između kapilarnih i širokopoljanskih pristupnih mreža (WMAN, WWAN,

WRAN). Pored interoperabilnosti, kognitivno rešenje obezbeđuje efikasniju kontrolu pristupa i QoS (*Quality of Service*) mehanizme, uz veće protoke i konvergenciju [4]. Osnovne karakteristike perspektivnih bežičnih tehnologija, koje mogu naći svoju primenu u mrežnoj arhitekturi M2M komunikacija, prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Perspektivne bežične tehnologije za M2M komunikacije.

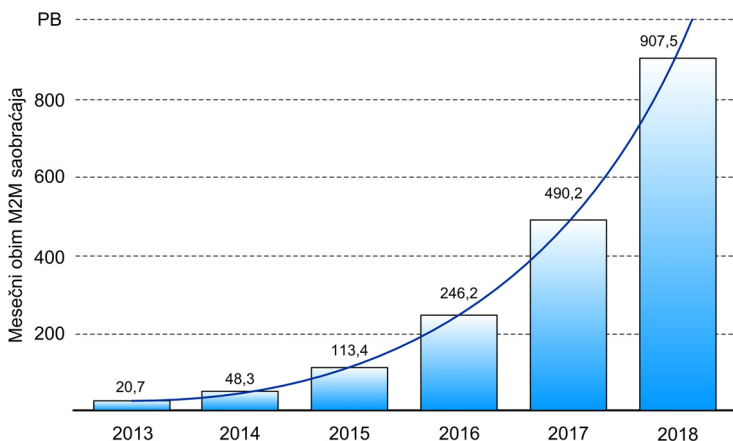
Okruženje		Standard	Frekvencijski opseg	Brzina prenosa	Radijus pokrivanja
Kapilarne mreže u M2M domenu	WPAN <i>Wireless Personal Area Network</i>	IEEE 802.15.1 <i>Bluetooth</i>	2,4 GHz	3 Mb/s	10 m
		IEEE 802.15.3c <i>mmWave</i>	60 GHz	5,78 Gb/s	
		IEEE 802.15.4 <i>ZigBee</i>	2,4 GHz (915/868 MHz)	250 kb/s	20 m
	WLAN <i>Wireless Local Area Network</i>	IEEE 802.11n WiFi	2,4/5 GHz	600 Mb/s	200 m
		IEEE 802.11ac <i>Gigabit WiFi</i>	5 GHz	6,95 Gb/s	100 m
		IEEE 802.11ad <i>Gigabit WiFi</i>	60 GHz	6,8 Gb/s	10 m
Mrežni domen (direktan/indirektan pristup)	WMAN <i>Wireless Metropolitan Area Network</i>	IEEE 802.16m <i>Advanced WiMAX</i>	< 6 GHz	100 Mb/s (mobilni) 1 Gb/s (fiksni)	10 km
	WWAN <i>Wireless Wide Area Network</i>	HSPA+ (3G)	700-2600 MHz	42,2 Mb/s	20 km
		LTE (4G)		300 Mb/s	
WRAN <i>Wireless Regional Area Network</i>	IEEE 802.22	54-862 MHz	31 Mb/s	100 km	

Mali radijus pokrivanja, limitirani kapaciteti i diskutabilni bezbednosni aspekti, trenutno ograničavaju primenu kapilarnih mreža u M2M komunikacijama. Sa druge strane, aktuelni mobilni sistemi (npr. LTE) predstavljaju perspektivno rešenje zbog raspoloživosti infrastrukture, podržane mobilnosti, implementiranih bezbednosnih mehanizama.

3. Svojstva M2M saobraćaja

Na osnovu predviđanja stručnjaka iz ove oblasti, obim M2M saobraćaja beležiće eksponencijalni rast u narednom periodu (Slika 2), uz prosečan godišnji priraštaj od oko 85% [9]. Iako je očekivani intenzitet saobraćaja generisanog od jednog M2M terminala relativno nizak (reda nekoliko kbit/min), imajući u vidu broj terminala, udeo ove vrste saobraćaja vrlo brzo će prevazići 5% agregiranog Internet saobraćaja. Samim

tim, ovaj segment saobraćaja će imati značajniji uticaj na performanse sistema mobilnih komunikacija.



Slika 2. Prognozirani rast obima M2M saobraćaja.

M2M bazirane aplikacije imaju drugačija svojstva od H2H interakcija u komunikacijama. Analize novonastalih M2M aplikacionih scenarija, poput *smart metering/monitoring*, *e-health* i *e-vehicle* pokazuju, u najvećem broju slučajeva, da M2M saobraćaj ima specifične osobenosti, različite od H2H. Generalno posmatrano M2M saobraćaj, u zavisnosti od raspodele nailazaka zahteva, može biti čiste stohastičke prirode (Puasonovski), generisan slučajnim promenama stanja sistema, ili periodičan (uniforman, determinisan), generisan u određenim vremenskim intervalima. M2M saobraćaj je, pored toga, okarakterisan malim individualnim intenzitetom, pri čemu su generisani paketi uglavnom fiksne dužine. Ovaj saobraćaj najčešće zahteva opslugu u realnom vremenu, i za razliku od tradicionalnog (H2H) saobraćaja koji je dominantan u *downlink* smeru, uglavnom zauzima *uplink* resurse.

Najizazovniji problemi odnose se na koegzistenciju M2M saobraćaja sa konvencionalnim korisničkim saobraćajem, zajedno sa potencijalom rapidnog porasta broja uređaja povezanih u ćelijsku infrastrukturu. Razumevanje M2M saobraćajnih karakteristika je ključno za dizajniranje i optimizaciju mreža, kao i prihvatljive QoS mehanizme, sposobne da obezbede adekvatne komunikacione servise, bez potrebe za kompromisom sa konvencionalnim servisima, poput prenosa podataka, glasa i videa. Iz ovakvog razmišljanja proističe potreba za M2M saobraćajnim modelima, radi testiranja, vrednovanja i poboljšanja performansi postojećih mreža, koji se bitno razlikuju od standardnih H2H modela.

Fenomen saobraćajnog modeliranja prostire se vrlo široko, od modela sa komutacijom govornih kanala, baziranih na Erlangovim formulama, do modela sa redovima čekanja kod paketske komutacije, koji analiziraju *heavy tails* u TCP tokovima, kao i njihove izvore u aplikacionoj strukturi. Generalno, M2M nije ograničen na neki vid servisa radi prenosa njegovog sadržaja (*payload*), nego može koristiti govorne, SMS, ili IP datagrame. Uvođenjem LTE, koji više ne podržava komutaciju kanala, sve aplikacije se mapiraju u IP datagrame.

Postoje primetne aktivnosti po pitanju modeliranja M2M saobraćaja u okviru asocijacija IEEE, 3GPP i ETSI, koje se dominantno bave ovim tehnologijama. IEEE M2M Radna Grupa, koja je relevantan izvor pojmova vezano za saobraćajne karakteristike i saobraćajne modele za *smart grid* i M2M aplikacije, je 2010. godine inicirala rad na 802.16p [10] i 802.16.1b [11] standardizacionim projektima, koji su obelodanjeni 2012 godine. Tabela 2 omogućuje dobar pregled M2M saobraćajnih struktura opisanih preko prosečne transakcione brzine i veličine poruka, kao i brzine prenosa podataka u kombinaciji sa raspodelom procesa nailazaka u saobraćajnom toku.

Tabela 2. Saobraćajni parametri M2M aplikacija.

Aplikacija	Prosečna brzina prenosa [por./s]	Prosečna veličina poruka [B]	Brzina prenosa podataka [b/s]	Raspodela
Alarmni sistemi	0,0017	20	0,27	Puasonova
Senzori	0,017	128	17	Puasonova/ uniformna
Kućni uređaji	0,000012	8	0,0008	Puasonova/ uniformna
E-vozila	0,00024	98	0,19	Puasonova/ uniformna
Merni uređaji	0,00011	2017	1,775	Puasonova/ uniformna
Bankomati	0,0083	24	1,59	Puasonova
Saobraćajna signalizacija	0,0333	1	0,266	uniformna
Semafori	0,0167	1	0,134	uniformna
Saobraćajni senzori	0,0167	1	0,134	Puasonova

ETSI standardizaciono telo fokusira rad na tri viša protokolarna sloja i menadžmentu M2M uređaja. Razmatra se i perspektiva saobraćajnog modeliranja, pri čemu se ne navode eksplicitni saobraćajni modeli.

Rad na M2M u 3GPP specifikacijama se generalizuje nudeći ne samo koncept uređaja, nego i infrastrukturnih elemenata, poput servera i jedinica obrade. M2M aplikacije nemaju iste karakteristike, što znači da nije svaki optimizacioni sistem pogodan za svaku aplikaciju, tako da se M2M osobine definišu da bi obezbedile strukturu za razne mogućnosti optimizacije sistema. Saobraćajni modeli opisani u dokumentaciji pretpostavljaju da je mobilni saobraćaj isključivo paketske prirode. Opšti saobraćajni model za M2M uređaje podeljen je u tri saobraćajne klase. M2M uređaji prve klase pristupaju mreži na nesinhronizovani način. Primer bi bio skup uređaja različitih aplikacija u istoj ćeliji. Uređaji druge klase pristupaju mreži sinhronizovano. Primer za to je primena inteligentih mernih uređaja. Od ovih uređaja se očekuje da isporučuju sinhronizovane izveštaje u unapred određenim vremenskim intervalima. Treća klasa uređaja generiše nekoordinisani *background* saobraćaj u ćeliji.

Saobraćajni modeli razvijeni u standardizacionim telima 3GPP i IEEE imaju za cilj scenarija preopterećenja u pristupnoj mreži. Zbog toga razmatraju čist *uplink*

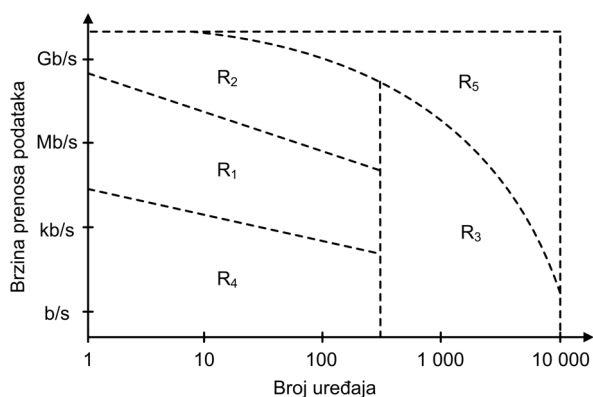
saobraćaj i više od 10 000 uređaja po ćeliji. Ovo je dobar pristup za simulacije na nivou linka, koji obezbeđuje veliki broj uzoraka za korisnički saobraćaj u kratkom vremenu, pri čemu se aktuelna struktura aplikacionog saobraćaja ne razmatra.

Prvobitni saobraćajni modeli za M2M razmatraju samo jedan opšti model aktivnosti za sve uređaje. Težnja je da se razviju modeli koji opisuju različite forme aktivnosti, podržane pristupom baziranim na aplikacijama. Ovaj oblik saobraćajnog modeliranja naziva se "saobraćajno modeliranje po izvoru".

Aktuelne istraživačke aktivnosti prenose fokus od jednog modela za sve korisnike na pristup preko izvora saobraćaja, pri čemu se svaki uređaj modelira kao saobraćajni izvor baziran na semi-Markovskom modelu. Ovakvi modeli dozvoljavaju različite tipove M2M uređaja u istoj simulaciji, što povećava cenu proračunske kompleksnosti po dodatnom čvoru, u M2M domenu. Za tekuće stanje mobilnih ćelijskih mreža pristup preko uređaja kao izvora saobraćaja se favorizira za simulaciju i emulaciju u IP mreži.

4. Uticaj M2M saobraćaja na kvalitet servisa u mobilnim mrežama

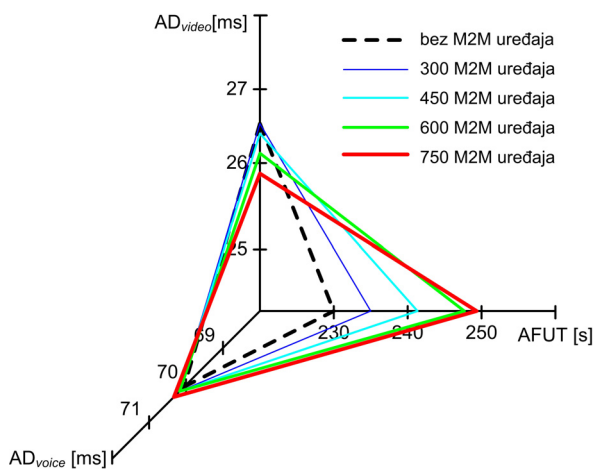
Kapaciteti aktuelnih mobilnih sistema uglavnom mogu istovremeno da opslužuju agregirani saobraćaj nekoliko stotina korisnika po baznoj stanici. Međutim, značajno povećanje broja uređaja u ćeliji mobilnih sistema, sa proporcionalno smanjenim raspoloživim protocima, predstavlja jedan od izazova u M2M komunikacijama. Unapređeni LTE sistemi predviđaju znatno veće kapacitete i fleksibilnije upravljanje radio resursima (RRM - *Radio Resource Management*). Ovi sistemi su izvorno planirani za realizaciju H2H komunikacija, pri čemu je intenzitet *downlink* saobraćaja značajno veći od intenziteta *uplink* saobraćaja. Sa druge strane, M2M saobraćaj, generisan od strane velikog broja uređaja, je dominantan u *uplink* kanalima, što svakako utiče na performanse mobilnih mreža. Dodatna opterećenja nastaju usled neopsluženog signalizacionog saobraćaja i povećanog intenziteta saobraćaja u slučaju kolizije pri slučajnom pristupu kanalima. Saobraćajni zahtevi, sa aspekta brzine prenosa podataka u zavisnosti od broja uređaja, prikazani su na slici 3.



Slika 3. Zavisnost brzine prenosa podataka od broja uređaja.

Oblast R_1 reflektuje opseg raspoloživ savremenim bežičnim sistemima, dok oblast R_2 obuhvata brzine planirane za bežične sisteme naredne generacije. Segment R_5 predstavlja opseg koji nije dostupan imajući u vidu fizička ograničenja u domenu teorije informacija. Masovne M2M komunikacije obuhvataju R_3 i R_4 oblasti, s tim što je druga oblast rezervisana za sisteme koji imaju strožije zahteve u pogledu pouzdanosti i kašnjenja [3].

Uticaj M2M saobraćaja na kvalitet servisa u LTE sistemima moguće je analizirati primenom OPNET simulacionog okruženja [12]. Posmatran je uticaj povećanja broja M2M uređaja (a samim tim i intenziteta agregiranog saobraćaja) na E2E kašnjenje, kao parametar kvaliteta servisa pri prenosu podataka, glasa i video sadržaja. Dobijene prosečne vrednosti kašnjenja za sva tri servisa, AFUT (*Average File Upload Time*), AD_{voice} (*Average Delay for voice*), AD_{video} (*Average Delay for video*), prikazane su na slici 4.



Slika 4. Uticaj M2M saobraćaja na kašnjenje u mobilnim mrežama.

Utvrđen je primetan uticaj povećanja broja M2M uređaja, a samim tim i intenziteta M2M saobraćaja, na performanse kvaliteta servisa klasičnog LTE saobraćaja. U slučaju prenosa glasa i video sadržaja, taj uticaj je značajno manji, dok je u slučaju prenosa podataka degradacija kvaliteta servisa (u pogledu kašnjenja) izraženija. Ovaj fenomen može biti pripisan garantovanom kvalitetu servisa za multimedijalne servise, dok se prenos podataka odvija po principu "najboljeg pokušaja" (*best effort*).

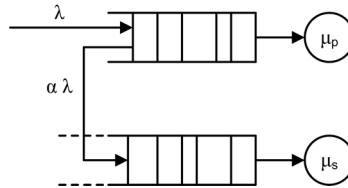
5. Pouzdanost M2M komunikacija u domenu saobraćaja

U cilju obezbeđenja energetske efikasnosti, pouzdanost M2M komunikacija predstavlja jedan od primarnih izazova. Povećanje pouzdanosti M2M komunikacione arhitekture podrazumeva primenu sistema koji obuhvataju informacionu, prostornu i vremensku redundansu u tri različita domena [12]:

- pouzdanost prikupljanja i obrade podataka, tj. pouzdanost komponenti M2M uređaja (senzora, aktuatora, itd.),

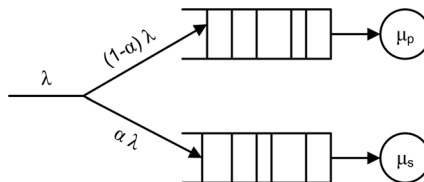
- pouzdanost prenosa podataka (u slučaju energetski efikasnih mreža uglavnom svi čvorovi nisu istovremeno aktivni, što rezultuje nepouzdanim prenosom),
- pouzdanost M2M (*back-end*) servera (u slučaju značajnog povećanja intenziteta nailazaka paketa server neće biti u mogućnosti da ih opsluži, što može prouzrokovati degradaciju pouzdanosti i kvaliteta servisa).

Da bi se povećala pouzdanost opsluge zahteva u aplikacionom domenu, moguća je primena para M2M servera (primarnog i sekundarnog). Ovaj problem je moguće sagledati u domenu saobraćaja, kao kompleksni model sa čekanjem i prelivanjem, prikazan na slici 5. Ukoliko je intenzitet nailazaka paketa mali, aktivan je samo primarni server. U slučaju povećanog intenziteta saobraćaja, predviđena je aktivacija sekundarnog servera, koji će opsluživati deo ovih zahteva. Sa λ je označen intenzitet nailazaka paketa u primarnom serveru, koji se opslužuju intenzitetom μ_p , ili prosleđuju u konačan red (memoriju). Paketi koji ne mogu biti opsluženi u primaru, ponuđeni su sekundarnom serveru sa intenzitetom nailazaka $\alpha\lambda$ i intenzitetom opsluge μ_s , odnosno ograničenom (ili neograničenom) redu za čekanje. Za adekvatno analitičko rešavanje ovog modela neophodna je primena simulacionih tehnika.



Slika 5. Kompleksni saobraćajni model para M2M servera.

Jednostavniji saobraćajni model predstavljen je kao upareni M/M/1 model sa čekanjem [13], pri čemu su intenziteti nailazaka paketa u primarni i sekundarni server $(1 - \alpha)\lambda$ i $\alpha\lambda$, respektivno (Slika 6).



Slika 6. Upareni M/M/1 model M2M servera.

Ukoliko je λ malo, paketi će biti opsluženi u primarnom serveru, što efektira uštedom energije. Međutim, ukoliko se λ značajno poveća, deo paketa α ($0 \leq \alpha < 1$), biće opslužen u sekundarnom serveru, dok je deo $(1 - \alpha)$ opslužen u primarnom serveru, sa garantovanim kvalitetom servisa u pogledu prosečnog kašnjenja.

Prosečno kašnjenje može biti određeno izrazom

$$E(D) = \frac{\alpha}{\mu_s - \alpha\lambda} + \frac{1 - \alpha}{\mu_p - (1 - \alpha)\lambda}, \quad (1)$$

preko čijeg se parcijalnog izvoda po α , dobija minimizaciona relacija

$$\lambda > \mu_p - \sqrt{\mu_p \mu_s}, \quad (2)$$

koja opisuje aktivnost sekundarnog servera. U ovom slučaju, zanemaren je prelivni karakter nailaska paketa u sekundarni server i njegov dodatni uticaj na kašnjenje. Umesto kompleksnog modela sa čekanjem, radi analize uticaja prelivnog karaktera saobraćaja na parametre sistema, moguće je razmatrati model sa prelivnim saobraćajem u slučaju sistema sa gubicima. Više detalja o modelima sa prelivnim saobraćajem i promenjenim intenzitetima opsluge, uključujući i eksplicitno određivanje saobraćajnih parametara, može se naći u [14, 15].

6. Zaključak

Aktuelna istraživanja u oblasti telekomunikacija usmerena su ka relativno novom vidu komunikacija, koje se odvijaju između inteligentnih uređaja (mašina), sa zanemarljivo malom ljudskom interakcijom. Specifičnosti M2M komunikacija u značajnoj meri proističu iz karakteristika saobraćaja. Aktuelni mobilni sistemi predstavljaju perspektivno rešenje, zbog raspoloživosti infrastrukture, mobilnosti i implementiranih bezbednosnih mehanizama. Pri njihovom projektovanju treba imati u vidu prognozirani rast M2M saobraćaja kao i specifičnosti njegovog modeliranja.

Literatura

- [1] ETSI TS 102 690, "Machine-to-Machine Communications (M2M); Functional Architecture," Oct. 2011.
- [2] 3GPP TR 23.888, "System Improvements for Machine-Type Communications," Release 11, Sep. 2012.
- [3] F. Boccardi, et al. "Five disruptive technology directions for 5G," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, no. 2, Feb. 2014, pp.74-80.
- [4] G. Wu, et al., "M2M: From mobile to embedded Internet," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 4, Apr. 2011, pp. 36-43.
- [5] M. Chen, et al., "A survey of recent developments in home M2M networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 16, no. 1, 1st Quarter 2014, pp. 98-114.
- [6] Z. M. Fadlullah, et al., "Toward intelligent machine-to-machine communications in smart grid," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 4, Apr. 2011, pp. 60-65.
- [7] Z. Fan, R. Haines, P. Kulkarni, "M2M communications for e-health and smart grid: An industry and standard perspective," *IEEE Wireless Communications*, vol. 21, no. 1, Feb. 2014, pp. 62-69.
- [8] Z. Bojkovic, B. Bakmaz, "Wireless Communications in Smart Grid, " Chapter 60 in A. Y. Oral, Z. B. Bahsi, M. Ozer (eds.), *International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials*, Springer Proceedings in Physics, vol. 155, June 2014, pp. 469-475.
- [9] Cisco, Visual Networking Index, www.cisco.com, 2014.

- [10] IEEE Std 802.16p™-2012, "IEEE Standard for Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications," Oct. 2012.
- [11] IEEE Std 802.16.1b™-2012, "WirelessMAN-Advanced Air Interface for Broadband Wireless Access Systems - Amendment 1: Enhancements to Support Machine-to-Machine Applications," Oct. 2012.
- [12] T. Pötsch, et al., "Influence of future M2M communication on the LTE system," *Proc. 6th Joint IFIP Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC)*, Dubai, UAE, Apr. 2013.
- [13] R. Lu, et al., "GRS: The green, reliability, and security of emerging machine to machine communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, no. 4, Apr. 2011, pp. 28-35.
- [14] B. Bakmaz, M. Bakmaz, "Solving Some Overflow Traffic Models with Changed Serving Intensities", *International Journal of Electronics and Communications (AEÜ)*, vol. 66, no. 1, Jan. 2012, pp. 80-85.
- [15] B. Bakmaz, M. Bakmaz, "Analitičko rešenje jednog modela sa promenom intenziteta opsluge i mogućnost primene u savremenim mrežama," *Zbornik radova POSTEL'12*, Beograd, dec. 2012, str. 263-274.

Abstract: *Machine-to-machine communication is an emerging paradigm which provide ubiquitous connectivity among devices without human intervention. In this paper, corresponding network architecture, as well as M2M traffic characteristics are analyzed. M2M traffic influence to the quality of service in mobile networks is considered. Finally, some challenging issues concerning reliability in teletraffic domain are discussed.*

Keywords: *IoT, M2M communications, network architecture, QoS, traffic.*

TRAFFIC PROPERTIES IN M2M COMMUNICATIONS

Bojan Bakmaz, Miodrag Bakmaz