

MODELIRANJE I SIMULACIJA RAZLIČITIH SCENARIJA NAPLATE U IP MREŽAMA

Vesna Radonjić Đogatović, Marko Đogatović
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,
v.radonjic@sf.bg.ac.rs, m.djogatovic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *Efikasan tarifni koncept podrazumeva da cena odražava kvalitet servisa. Osim tarifnog koncepta, za provajdera Internet servisa značajan je i izbor odgovarajućeg scenarija naplate. U ovom radu razmatrani su različiti scenariji naplate za tarifni koncept zasnovan na kvalitetu servisa, koji je usredsređen na zahteve korisnika. Radi analize varijacija prihoda provajdera Internet servisa u zavisnosti od primenjenog scenarija naplate primenjen je model simulacije diskretnih događaja koji može biti koristan provajderima Internet servisa u procesu izbora scenarija naplate sa ciljem maksimiziranja prihoda. Analiziran je prihod provajdera Internet servisa za različite scenarije naplate.*

Ključne reči: *kvalitet servisa, naplata, prihod, simulacija, tarifiranje*

1. Uvod

Provajderi Internet servisa (ISPs, *Internet Service Providers*) suočavaju se sa sve većim zahtevima korisnika u pogledu kvaliteta servisa (QoS, *Quality of Service*). Pored kvaliteta servisa, provajderi istovremeno razmatraju i druge parametre značajne za korisnike, kao što su bezbednost i cena. Primenom odgovarajućih poslovnih strategija, koje obuhvataju izbor efikasnog tarifnog koncepta i metode naplate, pospešuje se korisničko zadovoljstvo, koje se najčešće iskazuje kroz iskustveni kvalitet (QoE, *Quality of Experience*) [1]. Kao rezultat toga ISP može očekivati veće prihode od obezbeđivanja servisa.

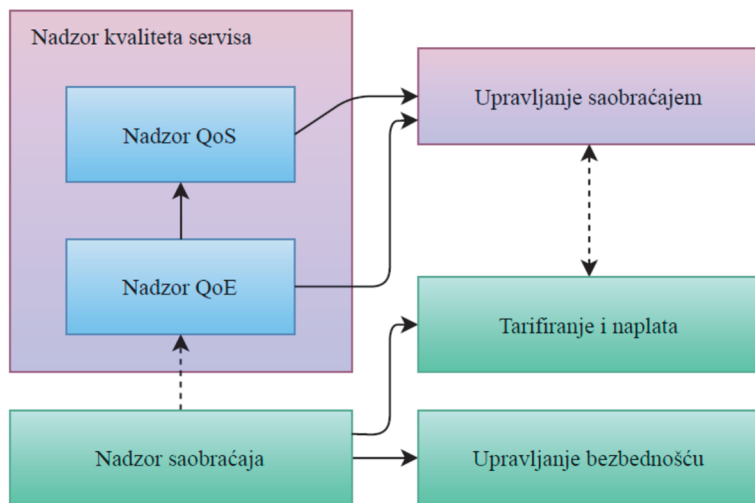
Izražen rast tražnje za servisima koje nude ISP provajderi podstakao je primenu tarifnih mehanizama kako u kontekstu kvaliteta servisa, tako i za rešavanje problema mrežnih opterećenja [2]. Da bi se tarifni koncept smatrao efikasnim, potrebno je da uzima u obzir i zahteve korisnika izražene kroz QoS i QoE. Osim što je za poslovanje provajdera servisa značajan izbor odgovarajućeg tarifnog koncepta, prihod provajdera servisa zavisi i od odabranog načina naplate [3]. U ovom radu je razmatran tarifni koncept zasnovan na kvalitetu servisa za koji su predloženi različiti scenariji naplate sa ciljem analize prihoda ISP. Razvijen je simulacioni model koji se može koristiti za analizu prihoda provajdera servisa i cena servisa.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvoda, u drugom poglavlju identifikovani su potencijalni zahtevi korisnika i na osnovu toga definisani su scenariji naplate koji obuhvataju različite tarifne pakete zasnovane na kvalitetu servisa i ceni. U trećem poglavlju predstavljen je simulacioni model koji je realizovan korišćenjem strategije raspoređivanja događaja. U četvrtom poglavlju su obrazloženi rezultati simulacija i u petom poglavlju su data zaključna razmatranja.

2. Tarifiranje zasnovano na kvalitetu servisa

Nadzor kvaliteta servisa predstavlja jedan od prvih koraka u procesu inženjeringa kvaliteta koji ISP implementira kako bi svojim korisnicima obezbedio zahtevani kvalitet servisa. Vrednosti dobijene merenjima QoS značajne su za uvid u trenutno stanje mreže, ali takođe i za upravljanje saobraćajem i pružanje ulaznih podataka za ekonomske i poslovne odluke, kao što su izbor tarifnog koncepta i metode naplate [1].

Na slici 1 prikazani su najvažniji procesi nadzora i upravljanja za provajdera servisa, koji obuhvataju koncepte nadzora i kontrole kvaliteta servisa sa aspekta mreže – QoS i sa aspekta korisnika – QoE, kao i odgovarajuće interfejsne za upravljanje Internet saobraćajem, bezbednošću i tarifiranjem. U zavisnosti od primenjenog tarifnog koncepta, može postojati povratna sprega između procesa upravljanja saobraćajem i funkcija tarifiranja i naplate.



Slika 1. Relacije između procesa nadzora i upravljanja za servise koje obezbeđuje ISP

Kvalitet IP servisa povezan je sa različitim faktorima kao što su podrška servisu, operativnost, bezbednost itd. i može se proceniti na osnovu parametara koji se odnose na efikasnost mreže u kontekstu obezbeđivanja servisa [4]. Za svakog efikasnog provajdera servisa takođe je važno definisati QoS parametre na način koji je značajan za korisnike, nezavisno od primenjene mrežne tehnologije. Neki od ključnih zahteva iz perspektive korisnika su dostupna brzina prenosa podataka i bezbednost, što uključuje poverljivost i integritet podataka [5]. Dok je nekim korisnicima potrebna veća brzina preuzimanja (*download*), drugi imaju strože zahteve u pogledu brzine otpremanja podataka (*upload*)

ili zahtevaju viši nivo bezbednosti. Podrazumeva se da određen broj korisnika servisa uvek daje prednost ceni u odnosu na kvalitet servisa. U ovom istraživanju, kao glavni QoS parametri, izabrani su: *download* brzina (s_d) i *upload* brzina (s_u), a kao dodatni tehnički parametar značajan za korisnike izdvojena je bezbednost (s). Ovi parametri su presudni za korisnike koji prioritet daju kvalitetu servisa, dok je cena ključni parametar iz perspektive korisnika koji se opredeljuju za servis na osnovu cene. Pretpostavlja se da tehnički parametri mogu uzeti jednu od pet mogućih vrednosti, tako da su ispunjene sledeće nejednakosti: $s_{d1} > s_{d2} > s_{d3} > s_{d4} > s_{d5}$, $s_{u1} > s_{u2} > s_{u3} > s_{u4} > s_{u5}$ i $s_1 > s_2 > s_3 > s_4 > s_5$.

Mesečna cena određuje se na osnovu vrednosti za svaki tehnički parametar[6], tako da se servis sa najvećim garancijama kvaliteta i bezbednosti (s_{d1} , s_{u1} , s_1) tarifira najvišom cenom - p_0 . Svaka degradacija kvaliteta servisa i bezbednosti podrazumeva smanjenje cene od 5%. Prema tome, servis sa najnižim garancijama kvaliteta i bezbednosti (s_{d5} , s_{u5} , s_5) tarifira se 60% nižom cenom od servisa sa najvišim garancijama kvaliteta i bezbednosti (tj. $0,4p_0$).

Zahtevi korisnika mogu se grupisati u sledećih 8 kategorija:

- $D1$ – zahtev za maksimalnom *download* brzinom,
- $D2$ – zahtev za maksimalnom *upload* brzinom,
- $D3$ – zahtev za maksimalnom bezbednošću,
- $D4$ – maksimalna *download* brzina nije prioritet,
- $D5$ – maksimalna *upload* brzina nije prioritet,
- $D6$ – maksimalna bezbednost nije prioritet,
- $D7$ – maksimalna cena naknade za mesečni pristup Internetu je p_1 ($p_1 \geq 0,5p_0$)
- $D8$ – maksimalna cena naknade za mesečni pristup Internetu je p_2 ($p_2 \geq 0,4p_0$), pri čemu se podrazumeva $p_2 < p_1$.

Podrazumeva se da jedan korisnik može imati više zahteva, ali se neki zahtevi međusobno isključuju. Na primer, korisnik sa zahtevom $D1$ može istovremeno imati zahteve $D2$ i $D3$, ali to isključuje $D4$, $D7$ i $D8$. Sve moguće kombinacije zahteva korisnika uključuju: $D1+D2$, $D1+D3$, $D1+D5$, $D1+D6$, $D2+D3$, $D2+D4$, $D2+D6$, $D3+D4$, $D3+D5$, $D1+D2+D3$, $D1+D2+D6$, $D1+D3+D5$ i $D2+D3+D4$. Pretpostavlja se da korisnici sa zahtevima $D7$ i $D8$ nemaju nikakve preferencije u pogledu kvaliteta servisa i bezbednosti, određene za prethodne tipove zahteva korisnika, pa će im biti dodeljen niži kvalitet servisa i bezbednosti i shodno tome niže cene.

Kada su poznati zahtevi korisnika, mogu se definisati tarifni paketi (TP, *Tariff Package*) sa odgovarajućim nivoima QoS, bezbednosti i cenama. Predložena su 4 različita scenarija naplate (BS, *Billing Scenario*), od kojih svaki predstavlja različitu kombinaciju tarifnih paketa. Tarifni paketi se razlikuju u pogledu *download* i *upload* brzine, bezbednosti i na osnovu toga, cene. U prvom scenariju (BS1), korisnici mogu da biraju između 12 tarifnih paketa. U drugom scenariju (BS2) definisano je 9 tarifnih paketa, dok u trećem i četvrtom scenariju (BS3 i BS4) korisnicima je na raspolaganju 6 tarifnih paketa. Za sve predložene scenarije naplate, tarifni paketi sa odgovarajućim QoS i cenama prikazani su u Tabeli 1. Korisnici se opredeljuju za odgovarajući tarifni paket prilikom ugovaranja servisa.

S obzirom da je glavni cilj ISP-a maksimiziranje prihoda, u ovom istraživanju fokus je na prihodu ISP-a, koji predstavlja funkciju *flat-rate* mesečne cene za svaki TP_i - p_{TP_i} , broja korisnika po TP_i - N_{TP_i} i broja TP - k . U primenjenom tarifnom konceptu,

flat-rate mesečna cena smanjuje se za određeni procenat ako zbog prekomernog mrežnog opterećenja (NL, *Network Load*) dođe do degradacije QoS, što se uglavnom ogleda u znatno manjoj brzini prenosa podataka od ugovorene tokom perioda dužeg od unapred utvrđenog perioda - *tp* (obično nekoliko minuta). Na taj način primenjeni tarifni koncept uzima u obzir ne samo QoS, već i QoE [3].

Tabela 1. Tarifni paketi za sve predložene scenarije naplate

BS1			BS2			BS3			BS4		
TP	QoS i bezbednost	Cena	TP	QoS i bezbednost	Cena	TP	QoS i bezbednost	Cena	TP	QoS i bezbednost	Cena
TP1	s_{d1}, s_{u1}, s_1	p_0	TP1	s_{d1}, s_{u1}, s_1	p_0	TP1	s_{d1}, s_{u1}, s_1	p_0	TP1	s_{d1}, s_{u1}, s_1	p_0
TP2	s_{d1}, s_{u1}, s_2	$0,95p_0$	TP2	s_{d1}, s_{u1}, s_2	$0,95p_0$	TP2	s_{d1}, s_{u1}, s_2	$0,95p_0$	TP2	s_{d1}, s_{u3}, s_3	$0,8p_0$
TP3	s_{d1}, s_{u2}, s_1	$0,95p_0$	TP3	s_{d1}, s_{u2}, s_1	$0,95p_0$	TP3	s_{d1}, s_{u2}, s_1	$0,95p_0$	TP3	s_{d3}, s_{u1}, s_3	$0,8p_0$
TP4	s_{d2}, s_{u1}, s_1	$0,95p_0$	TP4	s_{d2}, s_{u1}, s_1	$0,95p_0$	TP4	s_{d2}, s_{u1}, s_1	$0,95p_0$	TP4	s_{d3}, s_{u3}, s_1	$0,8p_0$
TP5	s_{d1}, s_{u1}, s_3	$0,9p_0$	TP5	s_{d1}, s_{u1}, s_3	$0,9p_0$	TP5	s_{d4}, s_{u4}, s_4	$0,55p_0$	TP5	s_{d4}, s_{u4}, s_4	$0,55p_0$
TP6	s_{d1}, s_{u3}, s_1	$0,9p_0$	TP6	s_{d1}, s_{u3}, s_1	$0,9p_0$	TP6	s_{d5}, s_{u5}, s_5	$0,4p_0$	TP6	s_{d5}, s_{u5}, s_5	$0,4p_0$
TP7	s_{d3}, s_{u1}, s_1	$0,9p_0$	TP7	s_{d3}, s_{u1}, s_1	$0,9p_0$						
TP8	s_{d1}, s_{u3}, s_3	$0,8p_0$	TP8	s_{d4}, s_{u4}, s_4	$0,55p_0$						
TP9	s_{d3}, s_{u1}, s_3	$0,8p_0$	TP9	s_{d5}, s_{u5}, s_5	$0,4p_0$						
TP10	s_{d3}, s_{u3}, s_1	$0,8p_0$									
TP11	s_{d4}, s_{u4}, s_4	$0,55p_0$									
TP12	s_{d5}, s_{u5}, s_5	$0,4p_0$									

Mesečna cena koja uključuje redukciju cena za TP_i označena je kao $p_{TP_i}^r$.

Uzimajući u obzir da se redukcija cena ne mora primenjivati za sve tarifne pakete, ukupni mesečni prihod provajdera ISP određuje se kao suma prihoda od k_i tarifnih paketa sa *flat-rate* cenama bez redukcije i prihoda od ostalih tarifnih paketa za koje je primenjena redukcija cena:

$$R = \sum_{i=1}^{k_1} p_{TP_i} N_{TP_i} + \sum_{i=k_1+1}^k p_{TP_i}^r N_{TP_i} \quad (1)$$

Ovaj tarifni koncept i način određivanja prihoda isti su za sve predložene scenarije naplate.

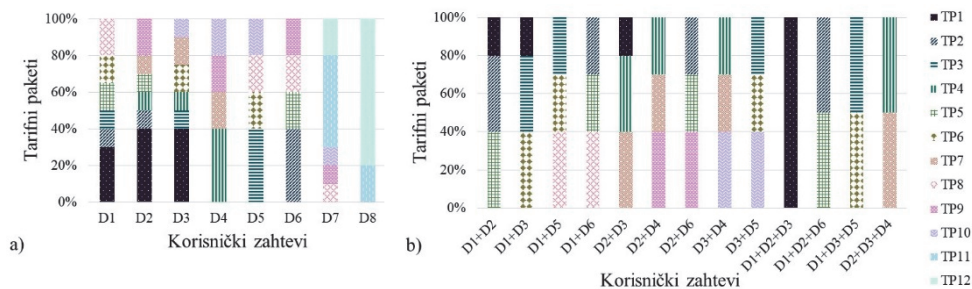
3. Simulacioni model

Ulazni parametri u simulacionom modelu su:

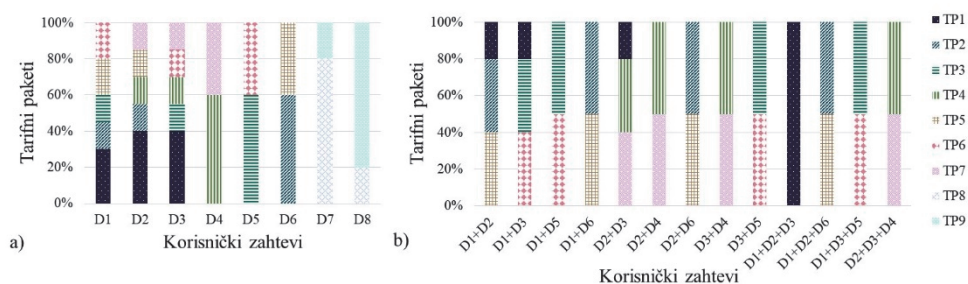
- ukupan broj korisnika,
- tehnički parametri - *download* brzina, *upload* brzina i bezbednost,
- tarifni paketi zasnovani na tehničkim parametrima i korisničkim zahtevima,
- mesečna cena za svaki TP,
- raspodela korisnika po tarifnim paketima prema zahtevima,
- tip NL, verovatnoća NL (*NLP*, *NL Probability*) i dnevno prosečno trajanje NL (*MTNL*, *Mean Time of NL*),
- obračunski period,

- redukcija cena tokom obračunskog perioda i
- simulacioni period.

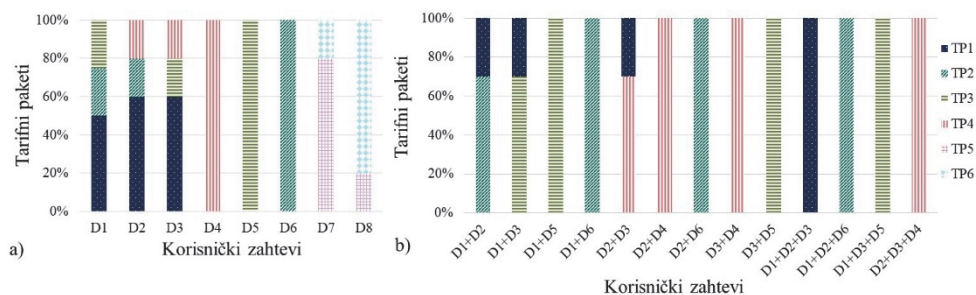
Na osnovu zahteva korisnika, određena je raspodela korisnika po tarifnim paketima za svaki scenario naplate, kao što je prikazano na slikama 3-6.



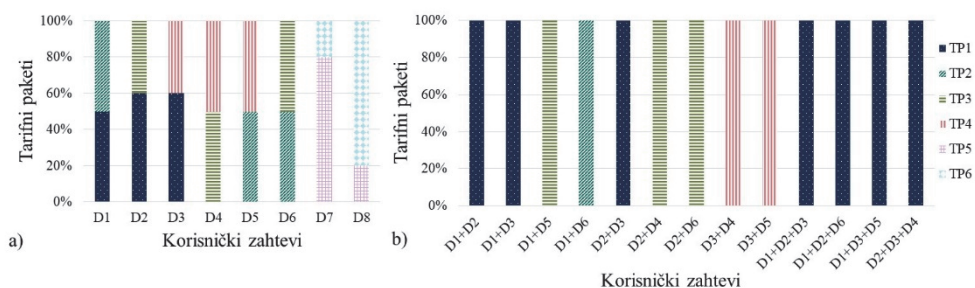
Slika 3. Raspodela korisnika po tarifnim paketima za scenario BS1 u slučajevima: a) jednog zahteva po korisniku i b) više od jednog zahteva po korisniku



Slika 4. Raspodela korisnika po tarifnim paketima za scenario BS2 u slučajevima: a) jednog zahteva po korisniku i b) više od jednog zahteva po korisniku



Slika 5. Raspodela korisnika po tarifnim paketima za scenario BS3 u slučajevima: a) jednog zahteva po korisniku i b) više od jednog zahteva po korisniku



Slika 6. Raspodela korisnika po tarifnim paketima za scenario BS4 u slučajevima: a) jednog zahteva po korisniku i b) više od jednog zahteva po korisniku

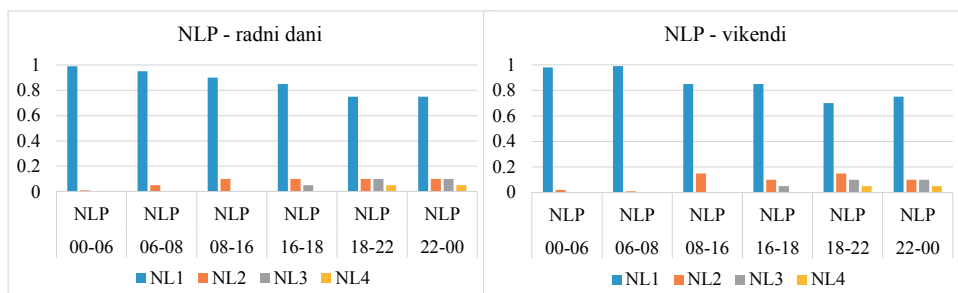
U primenjenom tarifnom konceptu, mesečna *flat-rate* cena zavisi od degradacije kvaliteta servisa koja se određuje preko mrežnog opterećenja. U ovom kontekstu NL se definiše kao procenat iskorišćenja mrežnih resursa u posmatranom vremenskom periodu [7]. Kada iskorišćenost mrežnih resursa prekorači određene vrednosti, povećava se verovatnoća degradacije QoS. Pretpostavljena su 4 tipa NL:

- *NL1* - za $NL < x$
- *NL2* - za $x \leq NL < y$
- *NL3* - za $y \leq NL < z$
- *NL4* - za $NL \geq z$,

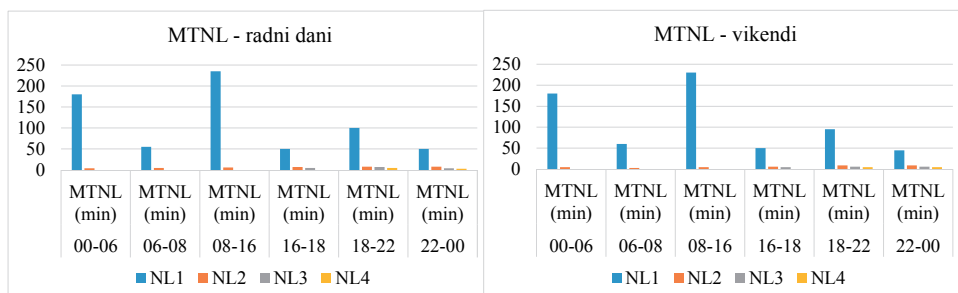
Promenljive x , y i z izražavaju se u procentima, pri čemu je $x < y < z$. Normalan operativni rad mreže podrazumeva da su svi tehnički parametri QoS i bezbednost u okviru ugovorenih vrednosti za svaki TP i tada je mrežno opterećenje *NL1*, što znači da nema redukcije cena [6]. U slučaju kada je brzina prenosa podataka niža od ugovorene za više od d % tokom perioda $t_p > s$ minuta, što se dešava u slučaju *NL2*, *NL3*, i *NL4*, podrazumeva se da postoji degradacija QoS i u takvim slučajevima svaki put se vrši redukcija cena. Prema tome, osim tipa NL, i trajanje NL je važno za izračunavanje cena. U ovom istraživanju, pretpostavljena je eksponencijalna raspodela trajanja NL.

Za scenario BS1, mesečna *flat-rate* cena smanjuje se za 1% za korisnike tarifnih paketa *TP1-TP9* u slučaju *NL2*, za korisnike *TP1-TP10* u slučaju *NL3* i za *TP1-TP11* kada je mrežno opterećenje *NL4*. Za scenario BS2, degradacija QoS reflektuje se na cenu tako što se mesečna cena smanjuje za 1% za korisnike *TP1-TP7* kada je mrežno opterećenje *NL2* ili *NL3* i za korisnike *TP1-TP8* u slučaju *NL4*. Kada se primenjuje BS3, vrši se redukcija cena za 1% za korisnike *TP1-TP4* u slučaju *NL2* ili *NL3* i za korisnike *TP1-TP5* kada je mrežno opterećenje *NL4*. U slučaju primene BS4, cena se redukuje za 1% za korisnike *TP1-TP3* kada je mrežno opterećenje *NL2*, za korisnike *TP1-TP4* za *NL3* i za korisnike *TP1-TP5* za *NL4*.

U svakom scenariju naplate samo za *TP* sa najnižom cenom nema redukcije mesečne *flat-rate* cene, nezavisno od mrežnog opterećenja. S obzirom da se opterećenje mreže razlikuje za radne dane i dane vikenda, verovatnoće mrežnog opterećenja u toku dana i srednje vreme mrežnog opterećenja dati su na slikama 7 i 8, respektivno.



Slika 7. Verovatnoće mrežnog opterećenja u toku dana za radne dane i vikende



Slika 8. Srednje vreme mrežnog opterećenja u toku dana za radne dane i vikende

U skladu sa simulacionom strategijom raspoređivanja događaja, u modelu je moguće formulisati četiri bezuslovna događaja:

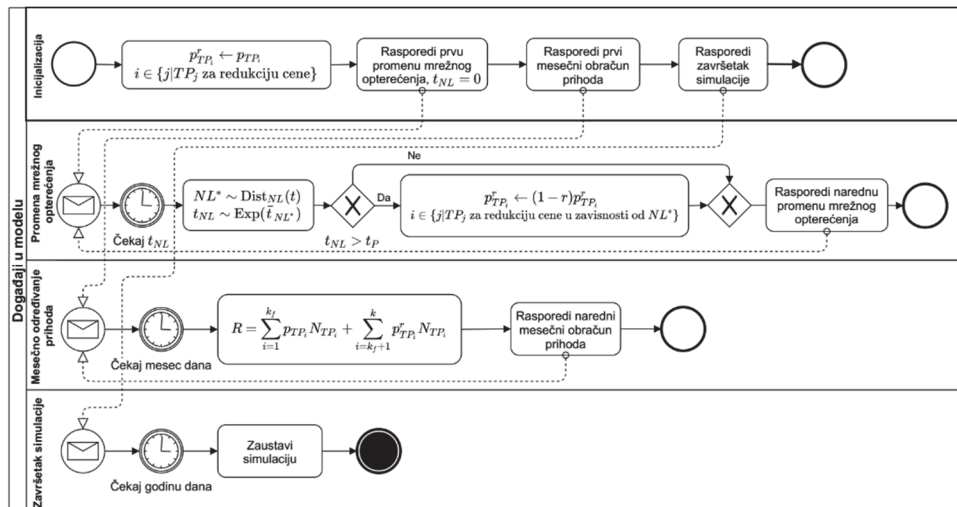
1. **inicijalizacija,**
2. **promena mrežnog opterećenja,**
3. **mesečni obračun prihoda i**
4. **završetak simulacije.**

Događaj **inicijalizacija** raspoređuje početnu promenu mrežnog opterećenja, početni mesečni obračun prihoda i završetak simulacije. Takođe, u okviru ovog događaja, za tarifne pakete kod kojih je potrebno izvršiti redukciju cena, $p_{TP_i}^r$ je inicijalizovano sa vrednošću p_{TP_i} , pri čemu je $i \in \{j | TP_j \text{ za redukciju cena}\}$. U događaju **promena mrežnog opterećenja**, u zavisnosti od dana u nedelji i perioda dana (t), NL^* se određuje na osnovu diskretne raspodele: $NL^* \sim \text{Dist}_{NL}(t)$. Ova raspodela zasniva se na vrednostima NLP, prikazanim na slici 7. Zatim, na osnovu utvrđenog NL^* i odgovarajuće vrednosti MTNL (\bar{t}_{NL^*}), određene na osnovu vrednosti datih na slici 8, određuje se trajanje NL korišćenjem eksponencijalne raspodele: $t_{NL} \sim \text{Exp}(\bar{t}_{NL^*})$. Ukoliko je trajanje NL veće od unapred utvrđenog perioda (t_p) tada se cene odgovarajućeg TP redukuju na sledeći način:

$$p_{TP}^r \leftarrow (1-r)p_{TP}^r \quad (2)$$

$i \in \{j | TP_j \text{ za redukciju cena u zavisnosti od } NL^*\}$. Otuda, sledeći događaj **promena mrežnog opterećenja** određuje se na osnovu trajanja NL (t_{NL}). U okviru događaja **mesečni obračun prihoda**, prihod provajdera ISP koji uključuje redukcije cena tarifnih

paketa, određuje se za svaki obračunski period na osnovu izraza (1). Događaj **završetak simulacije** zaustavlja izvršavanje simulacionog modela. Na slici 11 prikazani su događaji koji se odvijaju u modelu korišćenjem BPMN (*Business Process Model and Notation*) dijagrama [3].



Slika 9. BPMN dijagram događaja u modelu

4. Rezultati simulacija

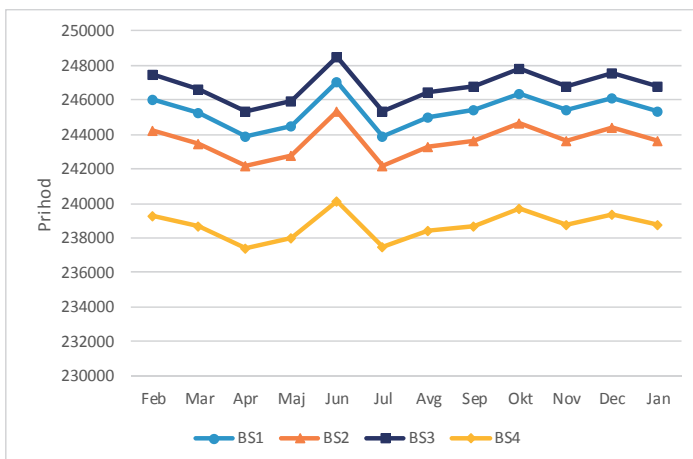
Predloženi simulacioni model realizovan je u programskom jeziku *Python*. Simulacioni eksperiment izveden je 150 puta za izabrani simulacioni period od 12 meseci i 5000 korisnika, pri čemu se podrazumeva da je obračunski period mesec dana.

U simulacionom modelu pretpostavljene su sledeće vrednosti parametara: *download* brzina (1Gbit/s, 500 Mbit/s, 200 Mbit/s, 100 Mbit/s, 40 Mbit/s), *upload* brzina (500 Mbit/s, 200 Mbit/s, 100 Mbit/s, 50 Mbit/s, 20 Mbit/s), bezbednost (veoma visoka, visoka, srednja, niska, veoma niska) i maksimalna cena 40 novčanih jedinica. Vrednosti značajne za NL: x , y i z su 60%, 80% i 90%, respektivno. Redukcija cena vrši se kada je brzina prenosa podataka niža od ugovorene za više od 10% tokom perioda $t_p > 10$ minuta.

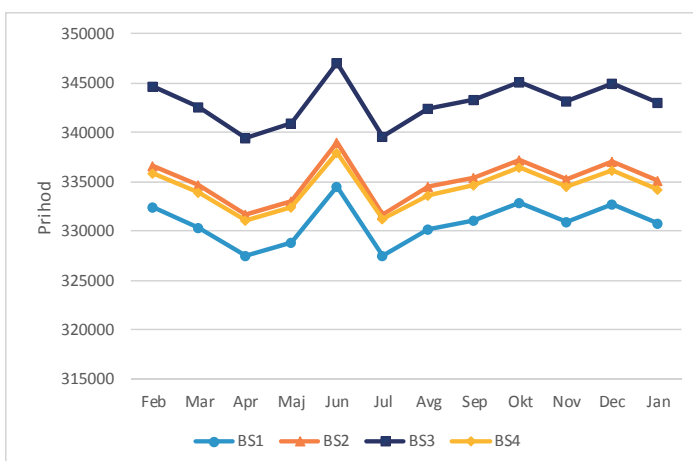
Simulaciona analiza prihoda izvršena je za dva slučaja: 1. kada većina korisnika daje prednost ceni u odnosu na kvalitet servisa i bezbednost (u simulaciji se pretpostavlja da su zahtevi $D8$ i $D7$ zastupljeni sa 40%, odnosno 20%, respektivno) i 2. kada većina korisnika ima veće zahteve u pogledu kvaliteta servisa i bezbednosti (u simulaciji se pretpostavlja da 70% korisnika ima zahteve $D1$, $D2$, $D3$ ili kombinaciju ovih zahteva).

Poređenje prihoda ISP-a za različite scenarije naplate, u slučaju kada se većina korisnika za tarifne pakete opredeljuje na osnovu cene, prikazano je na slici 10. U ovom slučaju ISP ostvaruje najveće prihode kada je implementiran BS3 scenario, a najmanje za BS4. Na osnovu rezultata simulacija u slučaju da većina korisnika daje prioritet kvalitetu servisa i bezbednosti u odnosu na cenu (slika 11), ISP ostvaruje najveće prihode za BS3 scenario i najmanje za BS1, dok će mu primena BS2 obezbediti nešto veće prihode u odnosu na BS4. U poređenju sa ostalim scenarijima naplate (Tabela 1), BS3 ima

najizraženiju razliku u ceni između tarifnih paketa sa višim i nižim nivoom QoS i bezbednosti, što rezultira najvećim prihodima za obe kategorije korisnika. Kao što je i očekivano, ISP ostvaruje veće prihode u slučaju kada većina korisnika preferira kvalitet i bezbednost u odnosu na cenu.



Slika 10. Prihod ISP u slučaju kada je za većinu korisnika prioritet cena servisa



Slika 11. Prihod ISP u slučaju kada je za većinu korisnika prioritet QoS i bezbednost

6. Zaključak

Izbor tarifnog koncepta i načina naplate značajan je i za provajdera i za korisnika servisa. Kvalitet servisa je povezan sa tarifiranjem i takođe ga je potrebno razmatrati i sa aspekta provajdera i sa aspekta korisnika. U ovom radu razmatrani su različiti scenariji naplate sa ponudom odgovarajućih tarifnih paketa u okviru tarifnog koncepta koji se zasniva na kvalitetu servisa. Pri formiranju tarifnih paketa uzeti su u obzir zahtevi korisnika u pogledu kvaliteta servisa, bezbednosti i cene. Osim toga,

predloženi tarifni koncept podrazumeva redukciju cena pri pojavi degradacije ugovorenih tehničkih parametara. Za analizu prihoda u slučaju primene različitih scenarija naplate i različitih tipova korisnika (koji prioritet daju ceni ili QoS/bezbednosti) primenjen je simulacioni model koji je realizovan korišćenjem strategije raspoređivanja događaja.

Predloženi tarifni koncept može biti koristan za provajdera Internet servisa u smislu zadržavanja postojećih korisnika, kao i privlačenja novih korisnika. Takođe, može predstavljati podsticaj provajderu servisa da poboljša QoS i bezbednost dodatnim ulaganjima u mrežu na osnovu sveobuhvatne analize troškova i prihoda.

Literatura

- [1] W. Robitza, A. Ahmad, P. A. Kara, et al., “Challenges of future multimedia QoE monitoring for internet service providers”, *Multimedia Tools and Applications*, 2017, vol. 76, pp. 22243–22266.
- [2] D. Elreedy, A. F. Atiya, H. Fayed, M. Saleh, “A framework for an agent-based dynamic pricing for broadband wireless price rate plans”, *Journal of Simulation*, 2019, vol. 13, no. 2, pp. 96-110.
- [3] V. Radonjic Djogatovic, M. Djogatovic, “A Novel Simulation Model for Pricing Different QoS Levels in IP Networks”, *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 27-34.
- [4] R. Stankiewicz, P. Cholda, A. Jajszczyk, “QoX: What is It Really?”, *IEEE Communications Magazine*, 2011, vol. 49, no. 3, pp. 148-158.
- [5] S. Lindskog, E. Jonsson, “Adding Security to Quality of Service Architectures”, *Perspectives on Multimedia*, R. Burnett, A. Brunstrom, A.G. Nilsson, Ed., John Wiley & Sons, 2003, pp.145-158.
- [6] V. Radonjic Djogatovic, M. Djogatovic, M. Stanojevic, “Simulation Analysis of Quality of Business in IP Networks”, *Yugoslav Journal of Operations Research*, 2019, pp. 507–518.
- [7] D. Kashyap, J. Viradiya, “A Survey Of Various Load Balancing Algorithms in Cloud Computing”, *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2014, vol. 3, no. 11, pp. 115-119.

Abstract: *An efficient pricing scheme implies that the price reflects quality of service. In addition to the pricing scheme, the selection of an appropriate billing scenario is also important for an Internet service provider. This paper discusses different billing scenarios within a pricing scheme based on QoS, with focus on users' requirements. In order to analyze revenue variations of an ISPs depending on the applied billing scenario, a discrete event simulation model has been applied. It can be useful for IPS in the billing scenario selection process in order to maximize its revenue. Finally, ISP's revenue under different billing scenarios was analyzed.*

Keywords: *quality of service, billing, revenue, simulation, pricing*

MODELING AND SIMULATION OF DIFFERENT BILLING SCENARIOS IN IP NETWORKS

Vesna Radonjić Đogatović, Marko Đogatović