

TARIFIRANJE U MREŽAMA NAREDNE GENERACIJE

Vladanka Aćimović-Raspopović, Vesna Radonjić
Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu

Sadržaj: U ovom radu razmatrani su opšti zahtevi za evoluciju postojećih mreža ka mreži naredne generacije, kao i mogući koncepti za prelazak na mrežu naredne generacije sa aspekta tarifiranja. Predstavili smo jednu mogućnost implementacije koncepta tarifiranja zasnovanog na reakciji korisnika u mreži naredne generacije, kojim se vrši optimizacija cene, alokacije propusnog opsega i optimizacija mrežnih kapaciteta koje provajder obezbeđuje svojim korisnicima.

Ključne reči: mreža naredne generacije, tarifiranje, Stackelberg-ova igra

1. Uvod

Internet servis provajderi, prateći razvoj novih tehnologija, modernizuju svoju mrežnu infrastrukturu i uvode nova rešenja koja im omogućavaju povećanje broja servisa koje nude svojim korisnicima, smanjenje operativnih troškova i racionalizaciju poslovanja. Tokom prethodnih nekoliko godina, razvijeni su standardi za mreže naredne generacije (*Next Generation Networks*, NGN) i veliki broj operatora je objavio planove za prelazak ka NGN-u.

Mreža naredne generacije treba da obezbedi telekomunikacione servise korisnicima uz efikasno korišćenje propusnog opsega i transportnih tehnologija koje podržavaju različite nivoe kvaliteta servisa (*Quality of Service*, QoS). U takvoj mreži, servisne funkcije treba da budu nezavisne od primenjene transportne tehnologije. Na taj način se korisnicima omogućava slobodan izbor između konkurentnih provajdera servisa i širokog spektra servisa koje oni pružaju. Od NGN-a se takođe očekuje da podrži mobilnost korisnika i da obezbedi konzistentne servise na različitim lokacijama korisnika. Evolucija postojećih mreža ka NGN-u podrazumevaće promene u do sada korišćenim konceptima kvaliteta servisa, mobilnosti, mogućnostima servisa i arhitekturi servisa. Značajne promene se očekuju i u oblasti tarifiranja postojećih i novih telekomunikacionih servisa.

U ovom radu smo razmatrali opšte zahteve za evoluciju postojećih mreža ka NGN-u, kao i specifične zahteve koji se postavljaju pred tarifni sistem i moguće koncepte za prelazak na NGN u kontekstu tarifiranja. Takođe smo predložili tarifni model, u čijoj osnovi je *Stackelberg-ova igra*, za koncept tarifiranja koji se zasniva na reakciji korisnika.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju su navedeni opšti zahtevi i najvažniji faktori u procesu evolucije postojećih mreža ka NGN-u. U trećem poglavlju su obrazloženi zahtevi koji se postavljaju pred tarifni sistem i funkcije tarifiranja u NGN mrežama i objašnjen je tarifni koncept zasnovan na reakciji korisnika. U četvrtom poglavlju je predložen tarifni model kojim se istovremeno rešavaju problemi optimizacije cena, alokacije propusnog opsega i optimizacije mrežnih kapaciteta; opisana je aplikacija i analizirani su rezultati tipične simulacije tog modela. U petom poglavlju su data zaključna razmatranja.

2. Zahtevi za evoluciju postojećih mreža ka NGN-u

Telefonska mreža, Internet i mreže mobilne telefonije su i dalje različiti domeni, sa sopstvenim protokolima i servisima. Mreža naredne generacije će biti osnova za kreiranje novih multimedijalnih aplikacija koje će koristiti prednosti karakteristika širokopoljanskih mreža i mogućnosti stalne dostupnosti. NGN sa svojom dekompozicionom mrežnom arhitekturom, koristi prednosti novih tehnologija da bi ponudila nove servise koji povećavaju prihode provajderima servisa. Uvođenje NGN mreža treba da pored novih tehničkih mogućnosti, istovremeno obezbedi kontinuitet i međuoperativnost sa postojećim mrežama. Strategija razvoja bez diskontinuiteta sa polazišta današnjih mreža ka novim mrežnim strukturama je važna za minimizaciju zahtevanih investicija u prelaznoj fazi.

NGN koncept uzima u obzir nove tendencije u telekomunikacijama, kao što su: potreba za konvergencijom i optimizacijom postojećih mreža i sve veći obim digitalnog prenosa (u smislu rasta zahteva za multimedijalnim servisima i za mobilnošću). Otuda se pred mreže naredne generacije postavljaju specifični zahtevi na koje one treba da odgovore kako bi omogućile migraciju sa postojećih mreža, među kojima su najvažniji [1], [2], [3]:

- veliki broj servisa (kombinacija postojećih i novih servisa, tj. govor, podaci i multimedijalni servisi),
- jedinstveno prilagođavanje korisnicima (servisi koji mogu da zadovolje potrebe korisnika na različitim lokacijama, npr. na poslu i kod kuće),
- prenosivi servisi na svakom korisničkom uređaju, tj. fleksibilnost u smislu mogućnosti prepoznavanja korisnika i rada sa njima, njihovim uređajima i tipom medija bez obzira na lokaciju korisnika i
- male cene sa visokom pouzdanošću i kvalitetom pružanja servisa.

Realizacija i razvoj NGN-a podrazumevaju evolutivne procese u koje postojeće mreže ulaze sa različitim startnim pozicijama, zbog čega je potrebno uzeti u obzir različite pristupe. Najveća ulaganja su potrebna za prelazak sa javne komutirane telefonske mreže (*Public Switched Telephone Network*, PSTN) na NGN, što podrazumeva ulaganje u transportni, upravljački, signalizacioni i kontrolni segment PSTN-a. Velike investicije su potrebne i za prelazak sa postojećih javnih zemaljskih mobilnih mreža (*Public Land Mobile Networks*, PLMNs) na NGN.

Najbitniji segmenti procesa evolucije postojećih mreža ka NGN-u vezani su za:

- kvalitet servisa,
- interoperabilnost,
- sigurnost,

- opštu mobilnost i
- servise i arhitekturu servisa.

Osnovni kriterijum za QoS evoluciju je subjektivno korisničko zadovoljstvo u kontekstu brzine, tačnosti, pouzdanosti i sigurnosti. U tom smislu je važno identifikovati parametre koje i korisnik i provajder servisa mogu direktno pratiti i meriti u tački pristupa servisu. U okviru globalne NGN arhitekture, neophodno je osigurati fleksibilnost kako bi se provajderima servisa omogućio rad u različitim regulativnim i geografskim okruženjima, sa različitom mrežnom arhitekturom i različitom ponudom servisa. Svi ovi faktori se moraju uzeti u obzir prilikom ugovaranja parametara nivoa QoS u NGN-u.

S obzirom da NGN podrazumeva više serija protokola, kako na nivou servisa tako i na mrežnom nivou, neophodno je osigurati interoperabilnost između različitih sistema i mreža.

Sigurnost, kao jedna od ključnih karakteristika u NGN-u, zavisi od arhitekture mreže, QoS-a, upravljačkog segmenta, mobilnosti i tarifnog sistema. Studije sigurnosti u NGN-u proučavaju: opštu sigurnost arhitekture NGN-a, smernice za sprovođenje politike operativne sigurnosti u NGN-u i sigurnosne protokole u NGN-u.

Korisnici i korisnički uređaji u NGN-u će moći da međusobno komuniciraju i da pristupaju servisima nezavisno od promene lokacije ili tehničkog okruženja. Stepem dostupnosti servisa može zavistiti od nekoliko faktora uključujući mogućnosti pristupa mreži, sporazume o nivou servisa (*Service Level Agreements*, SLA) između bazične korisničke mreže i „gostujuće“ mreže i td. Na taj način će biti omogućena komunikacija sa različitim lokacija, korišćenjem različite terminalne opreme, sa ili bez kontinuiteta servisa, u tranzitu ili pri zameni pristupnog uređaja. Otuda se javlja potreba za konvergencijom donedavno potpuno nezavisnih svetova fiksnih i mobilnih telekomunikacija u koherentnu celinu.

Evolucija ka NGN-u obuhvata i:

- definisanje mogućnosti telekomunikacionih servisa koje obezbeđuje NGN i
- razvoj pogodne arhitekture servisa sa interfejsima za podršku različitih poslovnih modela i komunikacije u različitim okruženjima.

Za strategiju migracije ka NGN-u najvažnije je smanjiti troškove mrežne infrastrukture i održavanja, optimalno koristiti resurse investirane u nove tehnologije, maksimalno upotrebiti već instaliranu opremu, omogućiti brži razvoj naprednih servisa, a time kreirati novi izvor prihoda i očuvati kvalitet postojećih servisa najmanje na istom nivou kao u postojećim mrežama. Međutim, različiti su pogledi na to gde prvo početi i nema čvrstih instrukcija za realizaciju. Postoje dva različita pristupa: prvi, rastavljanje problema na manje delove, što može biti isplativo rešenje, jer se svaki deo mreže može razvijati unutar svojih ekonomskih uslova; drugi, modernizovanje kontrole postojećih komutatora za prenos glasa i njihovih signalizacionih mreža korak po korak u smeru prelaska na NGN model.

Pri prelasku na NGN, veoma je važno voditi računa o zaštiti investicija, operativnim i kapitalnim troškovima, nivou pouzdanosti transporta, skalabilnosti, poboljšanoj selekciji proizvoda, kao i o brzini uvođenja novih tehnologija i novih servisa.

3. Tarifiranje u mrežama naredne generacije

Uvođenje NGN-a će dovesti do promena u postojećim procedurama obračuna, tarifiranja i naplate korišćenja telekomunikacionih servisa. Međutim, te promene će biti postepene, tako da će se tokom prelaznog perioda u nekoj meri zadržati postojeće procedure. Evolucija od postojećih mreža ka NGN-u takođe će podrazumevati nove načine formiranja podataka za obračun. U novim biznis modelima za NGN servise očekuju se promene u sledećim aspektima obračuna:

- a) evidentiranju podataka,
- b) izvorima podataka,
- c) formatu podataka,
- d) interfejsima ka drugim sistemima,
- e) sigurnosti podataka, tj. zaštiti podataka, sigurnosti prenosa i poverljivosti.

Informacija o korišćenju servisa u NGN-u mora da odgovara informaciji koju generiše postojeća mreža. U tom kontekstu je u NGN-u potrebno evidentiranje istih podataka kao i u postojećoj mreži. To su podaci o korisničkoj identifikaciji, tačnom vremenu tarifnog događaja, tipu servisa ili tarifnog događaja i trajanju poziva ili sesije. Takođe je potrebno obezbediti dodatne informacije koje su specifične za NGN i odnose se na: propusni opseg, QoS i tip prenosnog medijuma.

Izvori podataka mogu biti: Call Server, Media server, Access Gateway, Trunking Gateway i Application server.

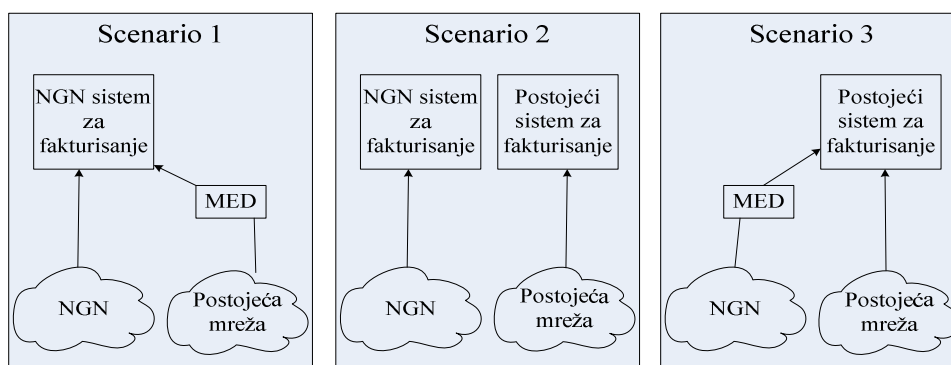
Zahtevi vezani za format podataka su: optimalna kriptografska kompleksnost, pogodan format za prikupljanje podataka i rekonstrukciju poruke, optimalna veličina podataka i efikasno čuvanje podataka.

U NGN-u se zahtevaju interfejsi ka drugim sistemima i to: u realnom vremenu, za on-line i off-line tarifiranje i za dodatne servise kao što su tarifni saveti, provere stanja korisničkog računa i dr.

Za evoluciju ka NGN-u razmatraju se tri scenarija (Slika 1). Na Slici 1, MED (*Mediation*) predstavlja entitet koji omogućava evidentiranje i prosleđivanje detalja o korišćenju servisa (za svakog pojedinačnog korisnika) od postojeće mreže do NGN sistema fakturisanja ili od NGN-a do postojećeg sistema fakturisanja. U prvom scenariju, predlaže se da se NGN sistem fakturisanja koristi i za postojeću i za NGN mrežu i u tom slučaju su potrebne promene svih aspekata obračuna. Drugi scenario podrazumeva istovremeno korišćenje novog sistema fakturisanja za NGN i postojećeg sistema fakturisanja za postojeću mrežu. Za realizaciju ovog predloga potrebne su samo promene obračunskih funkcija u okviru NGN-a. Po trećem scenariju, postojeći sistem fakturisanja treba koristiti u obe mreže i tada se zahtevaju izmene u svim aspektima obračuna. Kada i koji od scenarija će imati prednost pri izboru zavisi isključivo od operatora.

Bez obzira na to koji će scenario biti primenjen za prelazak sa postojećih mreža na NGN, tarifiranje u NGN-u treba da ispuni sledeće zahteve [1]:

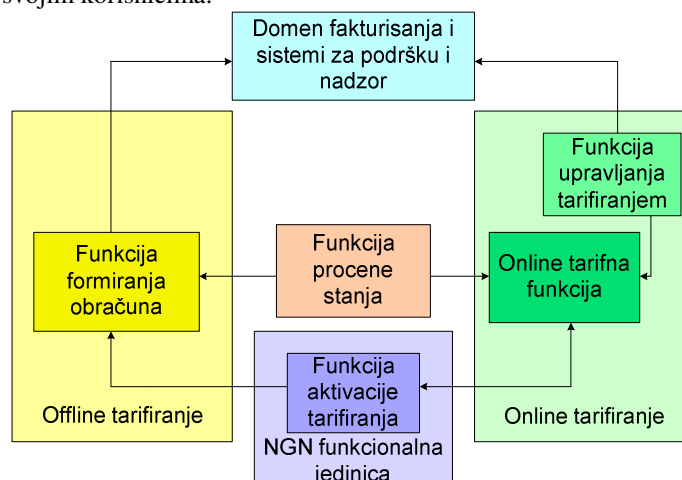
- Sprovođenje tarifnih funkcija, offline i online tarifiranje;
- Dostupnost otvorenih mehanizama za upravljanje obračunom i fakturisanjem;
- Omogućavanje različitih tarifnih politika (npr. fiksno tarifiranje i tarifiranje prema korišćenju);



Slika 1: Scenariji za evoluciju sistema za fakturisanje

- Funkcije tarifiranja treba da podrže servise sa multicast funkcionalnošću (potrebno je precizno evidentiranje o tome koji korisnik prima koju informaciju, kao i o tačnom vremenu započinjanja i završetka sesije);
- Omogućavanje svih tipova tarifnih sporazuma, uključujući prenos informacija o fakturisanju između provajdera i e-commerce sporazume.

Na Slici 2 predstavljena je opšta arhitektura koja će NGN provajderu omogućiti prikupljanje i obradu informacija potrebnih za utvrđivanje tarifa i naplatu za servise koje obezbeđuje svojim korisnicima.



Slika 2: Funkcije obračuna i fakturisanja [1]

Funkcije obračuna i fakturisanja (*Charging and Billing Functions*, CBF) mrežnom operatoru obezbeđuju tarifne podatke o korišćenju resursa u mreži. CBF podržavaju prikupljanje podataka za dalje procesiranje (offline tarifiranje), kao i interakcije u realnom vremenu koje su neophodne za neke tipove servisa (online tarifiranje). Ove funkcije obuhvataju: funkciju aktivacije tarifiranja (*Charging Trigger Function*, CTF), funkciju online tarifiranja (*Online Charging Function*, OCF), funkciju formiranja obračuna (*Charging Collection Function*, CCF), funkciju procene stanja (*Rating Function*, RF) i funkciju upravljanja tarifiranjem (*Account Management Function*, AMF).

Funkcija aktivacije tarifiranja inicira promenu tarifa, tj. tarifne događaje na osnovu posmatranja korišćenja mrežnih resursa. U svakoj mreži i elementu mreže koji obezbeđuje tarifne informacije, CTF predstavlja centralnu tačku za prikupljanje informacija koje se odnose na događaje koji se mogu tarifirati u elementu mreže. Ova funkcija omogućava prikupljanje informacija o sličnim tarifnim događajima i njihovo dalje prosleđivanje funkciji formiranja obračuna, što je neophodno za funkciju offline tarifiranja. CTF, takođe, formira tarifne događaje koji se koriste za online tarifiranje. Ti tarifni događaji se prosleđuju funkciji online tarifiranja da bi se mogla izvršiti autorizacija tarifnih događaja ili korišćenja mrežnih resursa na zahtev korisnika. Zbog toga se mora omogućiti malo kašnjenje stvarnog korišćenja resursa dok se ne dobije dozvola od OCF-a. CTF mora neprekidno da prati uslove za dobijanje dozvola za korišćenje resursa u mreži, tzv. kvotu. Ovom funkcijom je predviđeno i obustavljanje korisničkih sesija, tj. odbijanje zahteva za korišćenjem resursa po isteku dozvole za korišćenjem resursa, odnosno kada nije dobijena dozvola od OCF-a.

Informacije, sadržane u tarifnim događajima, koje dobija od CTF-a, funkcija formiranja obračuna koristi za formiranje tarifnih zapisa (*Charging Data Records*, CDRs). Tarifni zapisi sa definisanim formatom i sadržajem dalje se prosleđuju domenu fakturisanja.

Funkcija online tarifiranja razmatra tarifne događaje i zahteve za korišćenjem resursa (koje joj šalje CTF) u skoro realnom vremenu da bi omogućila njihovu autorizaciju. OCF određuje kvotu za korišćenje resursa, a može određivati i dodatne kvote koje se odnose na pojedinačne korisničke račune. Ova funkcija, takođe, omogućava da više korisnika dele isti pretplatnički račun istovremeno. Korisnici mogu obnavljati zahteve i tražiti veće kvote tokom iste sesije. Međutim, maksimalna raspoloživa kvota ne može biti veća od stanja na pretplatničkom računu.

Funkcija procene stanja određuje stanje korišćenja mrežnih resursa na osnovu tarifnog događaja koji OCF (u slučaju online tarifiranja), odnosno CCF (u slučaju offline tarifiranja) dobijaju od mreže.

Funkcija upravljanja tarifiranjem memoriše stanja pretplatničkih računa u okviru online tarifnog sistema. Pretplatnički račun može se predstaviti preostalim raspoloživim obimom saobraćaja (npr. bitima), vremenom (npr. minutima trajanja veze), sadržajem (npr. video prenos) ili novcem.

Provajderi servisa, da bi bili konkurentni na tržištu komunikacionih usluga, treba da obezbede infrastrukturu koja podržava servise po najmanjoj mogućoj ceni sa sličnim ili boljim QoS u poređenju sa postojećim servisima, uz njihovu istovremenu pouzdanost i usaglašenost sa standardima. QoS je s jedne strane korisnički orijentisan, a sa druge strane iskazuje određenu obavezu mreže da zadovolji korisničke zahteve. Dobar model QoS treba da obezbedi socijalno prihvatljivo rešenje za prioritetizaciju saobraćaja, te se u tom smislu, arhitektura mreže sa diferenciranim servisima izdvaja kao pogodan koncept. Međutim, preporuka za NGN je da se zadrži osnovna arhitektura najboljeg pokušaja uz korišćenje koncepta QoS samo za servise sa visokim zahtevima u pogledu propusnog opsega i QoS.

U NGN-u posebnu pažnju treba posvetiti primeni tarifnih mehanizama za postizanje ekonomske efikasnosti. Različiti tarifni koncepti, opisani u [4], [5], [6], [7], koriste različite mehanizme za rešavanje problema alokacije resursa i mrežnog zagušenja. Međutim, osnovna ideja svih tarifnih koncepata je ista: tarifna politika treba da podstakne

korisnike da se ponašaju tako da se unapredi celokupna iskorišćenost i performanse mreže. Tarifni mehanizmi treba da obezbede zadovoljavajući prihod provajderu i dobit za korisnika servisa, uz efikasnu implementaciju i izvodljivost.

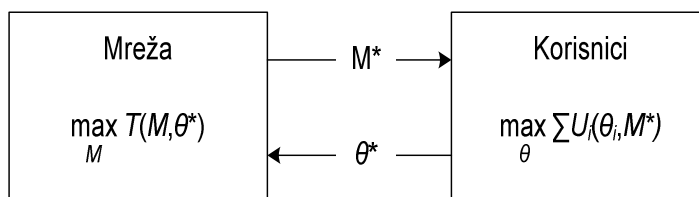
Ovim zahtevima mogu odgovoriti dinamički tarifni modeli, koji podrazumevaju dinamičku promenu tarife u zavisnosti od stepena mrežnog zagušenja. Posebno su značajni dinamički tarifni koncepti sa kratkim vremenskim okvirom. U ovom radu je razmatrana primena tarifnog koncepta koji se zasniva na reakciji korisnika. Ovaj koncept podrazumeva dinamičku strategiju određivanja cena koja pokazuje kako mreža može da iskoristi adaptibilnost korisnika na cene za postizanje mrežne i ekonomske efikasnosti. Cene imaju dvojaku funkciju: koriste se da bi se obezbedilo dobro funkcionisanje mreže u periodima zagušenja i da bi se garantovali različiti nivoa servisa [8]. Ovaj koncept funkcioniše na sledeći način:

- u periodima velikog korišćenja, mreža povećava cenu resursa, a korisnik se adaptira smanjenjem saobraćaja koji nudi mreži;
- u periodima malog korišćenja, mreža smanjuje cenu resursa, a korisnik reaguje povećanjem saobraćaja koji nudi mreži.

Prema tome, adaptibilni korisnici su stimulisani da prenose saobraćaj u vremenskim intervalima kada opterećenje nije vršno, čime se povećava mrežna efikasnost, a takođe imaju kontrolu nad odlukama o tome kada će vršiti prenos, što utiče na porast ekonomske efikasnosti.

4. Tarifni model

Model smo razvili za tarifni koncept zasnovan na reakciji korisnika u NGN-u gde se korisnicima pruža mogućnost direktne kontrole u pogledu korišćenja propusnog opsega koji im obezbeđuje mreža. S druge strane, mreža se trudi da što efikasnije iskoristi mrežne kapacitete i maksimizira svoj profit, vodeći računa o korisničkim preferencijama i ukupnoj korisničkoj dobiti. Interakciju između mreže i korisnika, koji međusobno dele mrežne resurse, formulisali smo kao *Stackelberg*-ovu igru u kojoj mreža ima ulogu lidera dok se korisnici ponašaju kao sledbenici. Razvili smo model za delimično elastične korisnike¹, koji kvalitet servisa procenjuju isključivo propusnim opsegom koji im mreža obezbeđuje (Slika 3). Rešenje postavljenog problema obuhvata optimalnu alokaciju propusnog opsega, optimalnu cenu za tu alokaciju i optimalni kapacitet kritičnog linka, čijim povećanjem se, za fiksni broj korisnika, prihod mreže ne povećava.



Slika 3: Interakcija mreža – korisnici

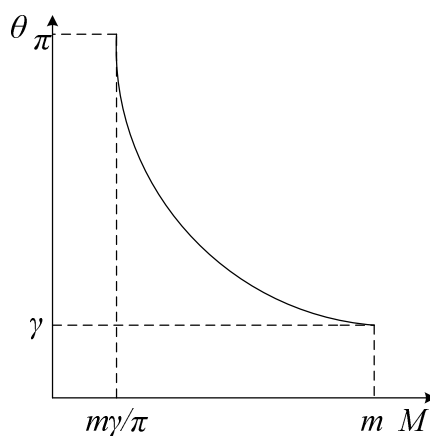
¹ Elastični korisnici ne tolerišu gubitke ali dozvoljavaju odlaganje prenosa.

U modelu je predviđena dinamička promena tarifa u kratkom vremenskom roku, što ne bi bilo izvodljivo u praksi ako bi se od korisnika tražilo da ažuriraju svoje podatke u kratkim intervalima. Funkciju ažuriranja korisničkih odgovora u predloženom modelu automatski obavlja upravljački server (*Bandwidth Management Server*, BMS). BMS formira cene i vrši alokaciju raspoloživog propusnog opsega u kratkim intervalima (npr. 10 minuta) u zavisnosti od stepena mrežnog zagušenja, simulirajući odgovore korisnika na cene po jedinici propusnog opsega na osnovu ugovorenih parametara i njihovih pojedinačnih funkcija dobiti.

Pored optimizacije cena i dodeljenog propusnog opsega, mreža posredstvom BMS-a takođe sprovodi optimizaciju svojih kapaciteta, za jedan kritičan link. Pri tome se pretpostavlja da i mreža i korisnici teže maksimiziranju svojih dobiti.

Funkcija korisničke dobiti je logaritamska funkcija, koja je u ovom slučaju prilagođena konektivnim mrežama. Korisnici sa različitim zahtevima u pogledu kvaliteta servisa zahtevaju kanale različitih propusnih opsega. Svaki korisnik zahteva minimalni potrebni propusni opseg γ , jer ne ostvaruje nikakvu dobit ukoliko je propusni opseg manji od γ . Prema zakonu smanjivanja marginalne dobiti, korisničko zadovoljstvo ostaje isto sa povećanjem propusnog opsega iznad π [9] (Sl. 4). Pretpostavke su da je korisnik spreman da plati najviše m za jedinicu propusnog opsega u jedinici vremena². Kada se mrežna cena M izjednači sa m , korisnik će tražiti samo minimalan propusni opseg, γ . Za bilo koju cenu veću od maksimalne, korisnik odustaje od zahteva. U intervalu $m\gamma/\pi \leq M \leq m$, traženi propusni opseg, θ logaritamski opada sa cenom, počevši od π (Sl. 4). Prema [9] korisnička funkcija dobiti je:

$$U(\theta) = \begin{cases} m\theta, & \text{ako je } 0 \leq \theta \leq \gamma \\ m\gamma(\log(\theta/\gamma) + 1), & \text{ako je } \gamma < \theta \leq \pi \\ m\gamma(\log(\pi/\gamma) + 1), & \text{ako je } \pi < \theta \end{cases} \quad (1)$$



Slika 4: Željeni propusni opseg

² Jedinica vremena je period između dve alokacije propusnog opsega.

Funkcija dobiti, U je konkavna i neopadajuća za svakog korisnika (Sl. 5). Postavljanjem $\gamma = 0$ i $\pi = \infty$ definicija ove funkcije se proširuje na slučaj elastičnih korisnika. Na taj način U postaje strogo konkavna funkcija na intervalu $[0, \infty)$ [10]. Otuda, funkcija dobiti pokriva širi spektar korisničkog ponašanja. Pretpostavićemo da je oblik funkcije željenog propusnog opsega, kao i korisničke funkcije dobiti isti za sve korisnike, a da se parametri γ , π i m razlikuju za različite korisnike i za različite klase servisa.

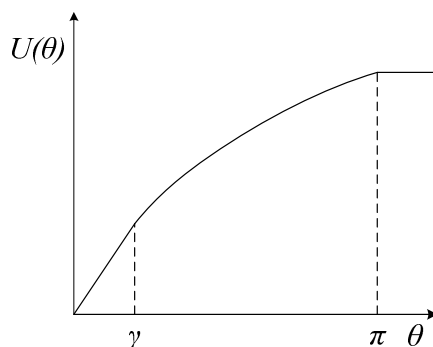
Realno je da svaki pojedinačni korisnik bira propusni opseg θ tako da maksimizira svoju neto dobit:

$$\max_{\theta_i} U_i(\theta_i) - M\theta_i \quad (2)$$

Vrednost θ za koju je korisnička neto dobit maksimalna (ako su ispunjeni uslovi $0 \leq M \leq m$ i $\gamma \leq \theta \leq \pi$) iznosi:

$$\theta^*(M) = \frac{m\gamma}{M}. \quad (3)$$

S druge strane, dobit mreže zavisi od ukupnog ostvarenog prihoda i funkcija je tržišne cene i propusnog opsega koji se dodeljuje različitim korisnicima. Pretpostavlja se da je ova funkcija dobiti monotono rastuća i strogo konkavna.



Slika 5: Korisnička funkcija dobiti [9]

Ovaj problem se svodi na *Stackelberg*-ovu igru u kojoj mreža ima ulogu vođe, dok su korisnici sledbenici. Optimizacija se vrši na kritičnom linku za svaku klasu servisa. Algoritam započinje dodeljivanjem početnih cena, za svaku klasu servisa, koje mreža određuje prema podacima iz prethodnih perioda. BMS simulira ponašanje korisnika tako što za svakog pojedinačnog korisnika koji zahteva servis određene klase, izračunava željeni propusni opseg preko (3) i te podatke prosleđuje mreži. Mreža zatim proverava da li svi korisnički zahtevi mogu biti ispunjeni uz postojeće kapacitete i ukoliko je odgovor potvrđen i ako kapaciteti nisu dovoljno iskorišćeni, prelazi se na novu iteraciju sa cenama koje su niže od cena u prethodnoj iteraciji. U slučaju da su zahtevi veći od mogućnosti mreže, sledeća iteracija se vrši sa cenama koje su više od onih u prethodnoj iteraciji. Korisnički odgovori će biti prilagođeni stanju iskorišćenosti kapaciteta u mreži. Jedan krug iteracija se završava kada se postigne zadovoljavajuća iskorišćenost mrežnih kapaciteta. U svakom krugu se uzimaju različite vrednosti kapaciteta kritičnog linka u

mreži, kao i različite vrednosti početnih cena za svaku klasu servisa. *Nash* ekvilibrijum se postiže za cenu i kapacitet kritičnog linka:

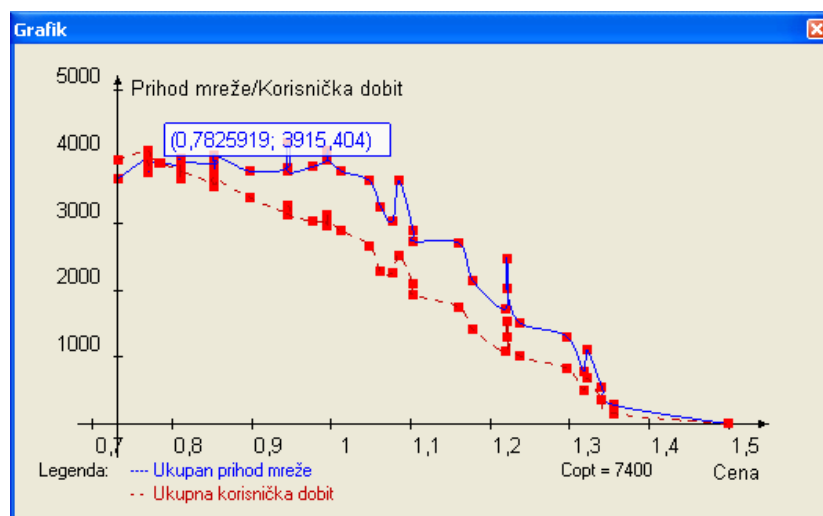
- za koje je prihod mreže maksimalan ili
- u tački preseka funkcija ukupne korisničke dobiti i prihoda mreže, ukoliko se ove funkcije seku pre nego što funkcija prihoda mreže dostigne maksimalnu vrednost.

Alokacija propusnog opsega koja odgovara tom kapacitetu i ceni predstavlja optimalnu alokaciju.

Za simuliranje predloženog tarifnog algoritma, razvili smo softver u programskom jeziku C#. Softverom upravlja BMS, koji vrši alokaciju raspoloživog propusnog opsega prema stanju iskorišćenosti resursa u mreži. Na Slici 6. prikazan je interfejs, pomoću koga se softverski određuje optimalna cena p_{opt} i optimalni kapacitet kritičnog linka C_{opt} za koje ukupan prihod provajdera servisa na kritičnom linku i ukupna korisnička dobit imaju najveće vrednosti. Parametri algoritma i mreže mogu se menjati, dok parametri cene i parametri korisnika mogu varirati u određenim opsezima. Grafik ukupnog prihoda mreže i ukupne korisničke dobiti, za izabrane parametre, prikazan je na Slici 7, sa koje se takođe može očitati optimalna cena, prihod provajdera servisa za tu cenu, vrednost ukupne korisničke dobiti i optimalni kapacitet kritičnog linka. Rezultati većeg broja simulacija pokazuju:

- veoma male varijacije optimalne cene, prihoda mreže i ukupne korisničke dobiti, za iste vrednosti parametara i
- stabilnost rešenja za optimalni kapacitet kritičnog linka, za širok opseg vrednosti $C_{max} \geq C_{opt}$.

Slika 6: Interfejs za predloženi tarifni algoritam



Slika 7: Prihod mreže i korisnička dobit

5. Zaključak

Sve veći obim digitalnog prenosa, rast zahteva za multimedijalnim servisima i za mobilnošću, kao i potreba za konvergencijom i optimizacijom postojećih mreža, doveli su do ideje i razvoja standarda za mreže naredne generacije. Otuda se pred mreže naredne generacije postavljaju specifični zahtevi na koje one treba da odgovore kako bi omogućile migraciju sa postojećih mreža.

U ovom radu razmatrani su opšti zahtevi za evoluciju postojećih mreža ka NGN-u, u kontekstu tipova servisa, arhitekture servisa, kvaliteta servisa i opšte mobilnosti. Posebno su razmatrani specifični zahtevi koji se postavljaju pred tarifni sistem, mogući koncepti za prelazak na NGN sa aspekta tarifiranja, kao i arhitektura koja će provajderu servisa u NGN okruženju omogućiti prikupljanje i obradu informacija potrebnih za utvrđivanje tarifa.

U radu smo takođe predstavili jednu mogućnost implementacije koncepta tarifiranja koji se zasniva na reakciji korisnika u mreži naredne generacije. Primenom predloženog modela, pored optimizacije cene i alokacije propusnog opsega, uspešno se rešava i problem optimizacije mrežnih kapaciteta koje provajder obezbeđuje svojim korisnicima.

Literatura

- [1] *ITU-T NGN FG Proceedings Part II*, ITU, 2005, dostupno na: www.itu.int/ITU-T/ngn/files/NGN_FG-book_II.pdf
- [2] N. Živić, Z. R. Petrović, M. Jovanović, "Prelazak na mreže sledeće generacije", *TELFOR – CD zbornik*, Beograd, 2003.

- [3] M. Janša, "Prelazak iz klasičnih PSTN mreža u mreže sledeće generacije", *TELFOR – CD zbornik*, Beograd, 2002.
- [4] M. Falkner, M. Devetsikiotis, I. Lambadaris, "An Overview of Pricing Concepts for Broadband IP Networks", *IEEE Communications Surveys*, 2nd Quarter 2000, pp. 2-13.
- [5] P. Marbach, "Pricing Priority Classes in Differentiated Services Networks," *37th Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing*, Monticello, IL, September 1999.
- [6] M. Yuksel, S. Kalyanaraman, "A Strategy for Implementing Smart Market Pricing Scheme on DiffServ", *Proceedings of Communication Quality and Reliability Symposium part of GLOBECOM'02*, Vol.2, 2002, pp. 1430-1434.
- [7] J. Chod, N. Rudi, "Resource Flexibility with Responsive Pricing", *Operations Research*, Vol. 53, No. 3, May-June 2005, pp. 532-548
- [8] »Market Responsive Pricing Model«, *Procurement Working Group Meeting*, 2004, dostupno na: <http://www.icc.illinois.gov/docs/en/040726ecPostProcurePricing.pdf>
- [9] B. M. Ninan, M. Devetsikiotis, "Game-Theoretic Resource Pricing For The Next Generation Internet", *Performance Evaluation and Planning Methods for the Next Generation Internet*, edited by Andre Girard, Brunilde Sanso and Felisa Vazquez Abad, Springer, 2005, pp. 141-163.
- [10] F.P. Kelly, "Charging and rate control for elastic traffic", *European Transactions on Telecommunications*, 8:33-37, 1997.

Abstract: In this paper we presented general requirements for evolution to NGN and possible scenarios for evolving to NGN considering pricing. We propose the pricing algorithm for implementing responsive pricing scheme. Final results encompass optimal bandwidth allocation, optimal price for that allocation and optimal capacity.

Keywords: the next generation network, pricing, Stackelberg game

Pricing in Next Generation Networks
Vladanka Aćimović-Raspopović, Vesna Radonjić