

## **ADAPTACIJA APLIKACIONIH QoS PROTOKOLA U 3G/4G MOBILNIM MREŽAMA**

Gordana Gardašević  
Elektrotehnički fakultet u Banjaluci

**Sadržaj:** *Značaj obezbeđivanja kvaliteta usluga (QoS) predstavlja jedan od ključnih elemenata analize i projektovanja 3G/4G mobilnih mreža. Mobilne multimedijalne aplikacije imaju velike zahtjeve u pogledu raspoloživih mrežnih resursa, dizajna opreme i QoS performansi. Jedna od aktuelnih istraživačkih aktivnosti je i projektovanje adaptivnog aplikacionog QoS protokola koji bi omogućio postizanje optimalnih QoS performansi. U radu je dat pregled ključnih elemenata u oblasti adaptacije aplikacionih QoS protokola.*

**Ključne riječi:** *mobilne mreže, kvalitet usluga, aplikacija, protokol, adaptacija, evaluacija performansi*

### **1. Uvod**

Mobilni telekomunikacioni sistemi, kada se posmatra kontinuitet njihovog razvoja od prve generacije (1G) analognih mobilnih sistema do današnjih digitalnih mobilnih sistema treće (3G) i četvrte generacije (4G), značajno su promijenili svoja primarna obilježja. Nova generacija mobilnih telekomunikacionih sistema omogućila je ne samo poboljšanje kvaliteta govornih komunikacija, već i pristup novim globalnim telekomunikacionim uslugama. Paralelno sa stalnim porastom broja pretplatnika, razvijaju se i mobilni multimedijalni sistemi, korisnički terminali, uvode nove aplikacije, usluge itd. Povećanje broja korisnika i usluga podrazumijeva veću potrošnju komunikacionih resursa, pa je neophodan kontinualni razvoj i projektovanje novih arhitektura i mehanizama u okviru mobilne telekomunikacione mreže.

Treća generacija univerzalnih mobilnih telekomunikacionih sistema - UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) razvijena je kao odgovor na pomenute zahtjeve i potrebe korisnika u pogledu novih usluga. Uvođenje 3G sistema podrazumijevalo je suštinske promjene u mrežnoj infrastrukturi korištenjem naprednih tehnologija kao što su: asinhroni način transfera (ATM), višestruki pristup na bazi kodnog multipleksa (CDMA, WCDMA), IP (Internet Protocol) platforma prenosa i komunikacije itd. Pomenute tehnologije obezbeđuju konvergenciju postojećih sistema i pružaju podršku realizaciji koncepta “informacionog društva” i razvoja informacionih

tehnologija u smislu realizacije pune mobilnosti i dostupnosti komunikacionih službi i usluga. Razvojni put bežičnih mrežnih tehnologija usmjeren je ka tzv. "all-IP" arhitekturama, čime je naglašena težnja da se IP-bazirani protokoli koriste za sve namjene, uključujući prenos, mobilnost, aspekte sigurnosti, kvalitet usluga, signalizaciju na aplikacionom nivou, podršku multimedijalnim uslugama i dr. Dva vrlo važna aspekta realizacije IP baziranih multimedijalnih usluga u 3G mrežama jesu *IMS* (IP Multimedia Subsystem) i *MBMS* (Multimedia Broadcast/Multicast Service). IMS omogućava kreiranje složenih IP multimedijalnih sesija uz QoS podršku za svaku pojedinu komponentu sesije. MBMS koncept obezbjeđuje uvođenje IP broadcast i multicast usluga u 3G mrežu, čime se na ekonomičan način nude širokopojasne usluge većem broju korisnika. Primjeri su aplikacija video-streaminga realizovana multicast prenosom i implementacija LBS (Location Based Services) usluge primjenom broadcast prenosa. Na osnovu 3GPP (Third Generation Partnership Project) preporuka definisana su dva važna razvojna segmenta WCDMA (Wideband CDMA): *HSDPA* (High Speed Downlink Packet Access) i *HSUPA* (High Speed Uplink Packet Access).

Uvođenjem WCDMA/HSPA u radio-mrežu omogućena su sljedeća poboljšanja u realizaciji novih usluga (service) i aplikacija:

- Veće brzine prenosa, teoretski do 14.4 [Mb/s] na osnovu 3GPP Release 5 i do 28.8 [Mb/s] u 3GPP Release 7. Praktična rješenja su omogućila postizanje brzina od 1 do 2 [Mb/s], na osnovu Release 5.
- Smanjeno je ukupno ("round-trip") kašnjenje paketa: uvođenjem Release 5 ovo kašnjenje je manje od 100 [ms], a uvođenjem Release 6 manje je i od 50 [ms].
- Efikasna podrška mobilnosti za paketski prenos podataka.
- QoS diferencijacija za podršku visokom kvalitetu usluga u mreži.

Takođe, 3GPP specifikacijama definisan je i novi radio-sistem pod nazivom Long-Term Evolution (LTE) koji bi trebao omogućiti brzine prenosa od 100 [Mb/s] u downlink smjeru i 50 [Mb/s] u uplink smjeru, korištenjem 20 [MHz] propusnog opsega.

Aktuelni istraživački problemi, kao i razvoj novih arhitektura i protokola, označeni su zajedničkim imenom "sistemi poslije treće generacije" - B3G (Beyond 3rd Generation). Buduće širokopojasne mobilne mreže treba da omoguće jednostavan pristup uslugama bez obzira na vrstu pristupne mreže ili tip mobilnog terminala. Funkcionalni aspekti i karakteristike performansi 3G aplikacija predstavljaju važan segment za cjelovitu analizu kvaliteta usluga QoS (Quality of Service), ali i *QoE* (Quality of Experience) krajnjeg korisnika [1]. Ocjena ukupnih karakteristika aplikacije/usluge u određenoj mreži može biti i početna tačka za razmatranje uvođenja nove usluge. Relativno niska ocjena performansi često je posljedica ne samo ograničenja mrežne infrastrukture, već i neodgovarajućih karakteristika terminala ili servera za implementaciju usluge.

Značaj obezbjeđivanja QoS-a je posebno izražen u oblasti projektovanja i analize mobilnih mreža treće i četvrte generacije. Uvođenje kvaliteta usluga u mobilnu mrežu mora biti zasnovano na konceptu realizacije "od kraja do kraja". Pri prenosu mobilnih multimedijalnih aplikacija potrebno je ispuniti stroge zahtjeve u pogledu raspoloživih mrežnih resursa, projektovanja uređaja i QoS karakteristika (performansi). Uvođenje novih aplikacija (video-telefonija visoke definicije, distribucija TV programa, tele-inžinjeri, medicinske aplikacije, itd.) u savremene mobilne mreže zahtijeva preciznu i konzistentnu analizu. Svaka od aplikacija je zasnovana na specifičnom

protokolu, sa različitim parametrima i atributima, na osnovu kojih se treba uspostaviti odgovarajući QoS profil. Pojava grešaka u prenosu i gubitak paketa značajno degradiraju performanse aplikacija. U mobilnim sistemima gubitak paketa je uzrokovan pojavom interferencije u bežičnom kanalu prenosa. Nivo interferencije se može kontrolisati primjenom odgovarajućih mehanizama upravljanja snagom i prenosom. Aplikacije u realnom vremenu (audio i video) posebno su osjetljive na pojavu varijacija kašnjenja (džiter). Korekcija džitera se može obezbijediti postupkom baferovanja. Zahtjevi različitih vrsta aplikacija predstavljaju osnovni kriterijum za izbor QoS parametara. Iz ovih razloga je od značaja detaljnije analizirati aplikacije/usluge i njihove karakteristike.

Istraživačke aktivnosti u oblasti kvaliteta usluga su najvećim dijelom bazirane na analizi sistemskog, mrežnog i prenosnog QoS-a. Mehanizmi QoS-a na mrežnom i transportnom sloju, kao i rezervacija resursa, upravljanje pristupom, rutiranje, handoff procedure i modeli saobraćaja predstavljaju predmet detaljnih studija. Tradicionalni transportni protokoli kao što su TCP (Transport Control Protocol) i UDP (User Datagram Protocol) ne mogu u potpunosti podržati QoS zahtjeve novih mobilnih multimedijanih aplikacija. Pored adaptacije postojećih protokola za primjenu u mobilnom okruženju, predloženi su i protokoli, kao npr. *DCCP* (Datagram Congestion Control Protocol) i *SCTP* (Stream Control Transport Protocol).

Mehanizmi adaptacije aplikacionih protokola su razmatrani uglavnom na nivou QoS signalizacije. U toku je nekoliko istraživačkih projekata koji imaju za cilj implementaciju arhitektura i protokola zasnovanih na adaptivnoj QoS podršci na aplikativnom sloju.

## **2. Potreba za adaptacijom protokola kvaliteta usluga - definicija problema i motivacija**

Kvalitet usluga (QoS) se, prilikom projektovanja i testiranja performansi aplikacija, često analizira kao "*top-down*" proces u smislu primjene različitih metodologija za definisanje performansi "od tačke do tačke", pri čemu se u opštem slučaju ne uzimaju u obzir karakteristike prenosa "od kraja do kraja". Da bi se ispunila očekivanja krajnjih korisnika u smislu realizovanog kvaliteta određene usluge (aplikacije), neophodno je da implementacija QoS-a "od kraja do kraja" u aktualnoj mreži bude zasnovana na obezbjeđivanju visokog nivoa performansi usluge. Polazeći od ovih pretpostavki, izvode se odgovarajući zahtjevi za specifične QoS mehanizme (funkcije) u okviru pojedinačnih mrežnih domena, interfejsa i aplikacija. Mehanizmi implementacije QoS-a na nižim slojevima OSI modela (L2, L3, L4) podrazumijevaju složena rješenja, jer zahtijevaju primjenu novih standarda za hardverske komponente (ruterski uređaji, baferi, memorijske komponente). Prednost implementacije QoS upravljanja na višim slojevima zasniva se na primjeni softverskih modula.

Opšti pristup za adaptaciju QoS-a na nivou aplikacije uzima u obzir primjenu teorije upravljanja [2]. Postupak adaptacije zasniva se na posmatranoj aplikaciji i karakteristikama mreže koja prenosi datu aplikaciju. Aplikacija mora posjedovati mogućnost adaptacije na promjene raspoloživog QoS-a, a mreža se mora prilagoditi na promjene u QoS zahtjevima podržanih aplikacija.

Adaptacija postojećih mehanizama QoS-a temelji se na konceptu poboljšanja performansi nosilaca usluga u mobilnoj mreži, u smislu da postoji interakcija određenih slojeva arhitekture sa većim brojem aplikacija. Kontinualno razvijanje novih aplikacija i

njihova raznolikost čine problem kreiranja jedinstvenog aplikacionog QoS protokola izuzetno složenim zadatkom. Svaka pojedina aplikacija kreirana je na bazi specifičnog protokol-steka, sa odgovarajućim parametrima koji zavise od QoS profila, a pri tome se interakcija sa nižim slojevima arhitekture razlikuje od aplikacije do aplikacije. Struktura sloja transportne mreže bazirana je na primijenjenoj tehnologiji, pri čemu realizacija protokol-steka zavisi od usvojenog QoS profila za određenu aplikaciju, kao i od raspoloživih QoS funkcija u mrežnim elementima.

Nova generacija mobilnih mreža (4G) treba da pruži podršku za uvođenje raznovrsnih telekomunikacionih usluga u heterogenim bežičnim okruženjima. Da bi se omogućila distribucija višekorisničkih sesija, neophodno je realizovati preslikavanje QoS zahtjeva pojedinih tokova sesije na odgovarajuće mrežne klase usluga. Pri tome, šema preslikavanja treba biti nezavisna od izbora QoS modela i primijenjene transportne tehnologije.

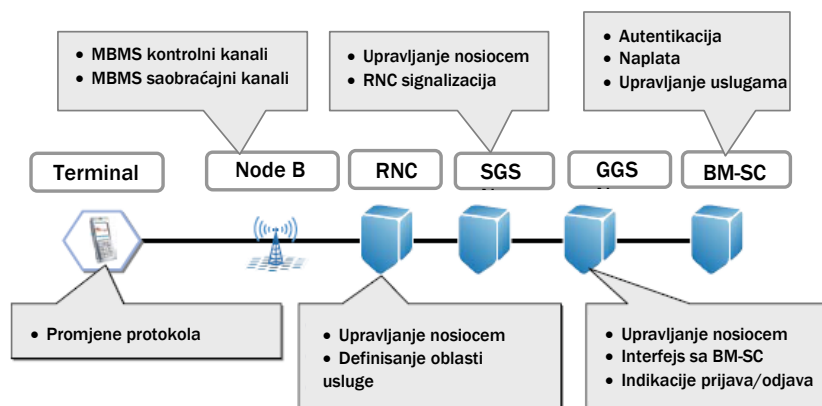
Elementi koji se moraju analizirati pri postupku adaptacije protokola su sljedeći:

- Uticaj QoS profila na percepciju krajnjeg korisnika (kvalitet usluge koji se isporučuje korisniku).
- Podešavanje parametara koji definišu određenu aplikaciju.
- Saobraćajne karakteristike aplikacija i njihova interakcija sa fizičkim slojem.
- Upravljanje saobraćajnim tokom između elemenata radio-mreže i jezgra mreže.

Jedan od ključnih zahtjeva za uspostavljanje arhitekture određene usluge jeste definisanje adekvatnog okvira za analizu QoS performansi. Izbor odgovarajućeg aplikacionog QoS protokola, kao i mehanizama za njegovu adaptaciju i optimizaciju, predstavlja aktuelnu istraživačku oblast u mobilnim mrežama nove generacije. Proces optimizacije bi se trebao primijeniti na određene komponente medija, s obzirom na agregaciju heterogenih tipova saobraćaja. Softverska realizacija adaptacionog modula omogućava lakše izmjene i restrukturiranje. Na taj način bi se poboljšao i ukupan postupak analize performansi.

### **3. Primjer arhitekture aplikacije: "Multimedia Broadcast/Multicast Service" (MBMS)**

MBMS obezbjeđuje podršku za IP broadcast i multicast prenos uz omogućenje širokog propusnog opsega za pristup većeg broja korisnika određenoj usluzi. Primjeri aplikacija su video-streaming i "location based" usluge. "Location based" predstavlja novu vrstu aplikacije u UMTS-u koja obezbjeđuje automatsku distribuciju lokalnih informacija i lokalizaciju odgovarajućih poziva u mreži. 3GPP Rel.6 MBMS specifikacije uvode podršku za "point-to-multipoint" prenos [3]. MBMS koristi standardne elemente UMTS mreže, a uvodi se i novi element BM-SC (Broadcast and Multicast Service Centre), sl.1. BM-SC podržava funkcije kao što su upravljanje i autentikacija usluga, zaštita sadržaja itd. Nosioci MBMS usluga korisničke ravni podržavaju "point-to-point" (unicast) i "point-to-multipoint" (broadcast) konekcije.



Slika 1. Uvođenje MBMS usluge u UMTS mrežu

MBMS specifikacije obuhvataju QoS podršku za streaming i background klase saobraćaja. BM-SC obezbeđuje informaciju o QoS klasi koju treba koristiti MBMS nosilac, a koja je sadržana u okviru poruke o početku sesije. Mrežni elementi (GGSN, SGSN i RAN) odlučuju o daljem tretiranju MBMS nosilaca na osnovu rezervisanih resursa. Protokol-stek koji obezbeđuje realizaciju MBMS aplikacija predstavljen je u tabeli 1. U okviru rada IETF Reliable Multicast Transport grupe, razvijen je FLUTE (File Delivery over Unidirectional Transport) standard sa ciljem da se podrži prenos aplikacija za veliku grupu prijemnika. Kao protokol, FLUTE je definisan u okviru slojevitog kodnog bloka LCT (Layered Coding Transport), kao sloj iznad ALC (Asynchronous Layered Coding) protokola. Prenos fajlova je podržan primjenom odgovarajućih objekata i FDT (File Description Table) instanci. ALC je protokol za adaptaciju koji omogućava proširenje LCT za multicast primjene. LCT je projektovan kao skalabilni multicast protokol za pouzdan i asinhroni prenos sadržaja. Jedna LCT sesija objedinjuje nekoliko kanala iz predajnika za prenos jednog ili više objekata koji su od interesa za prijemnik. FEC blok omogućava izbor odgovarajućeg FEC (npr. Reed-Solomon) koda koji će se koristiti unutar ALC. Primjer definisanja QoS profila za streaming aplikaciju dat je u tabeli 2.

streaming aplikacije	download aplikacija (MMS, video-klip)	
RTP payload (CODEC)	3GPP download fajlova	kreiranje usluge
RTP	FLUTE	
	ALC/FEC	
	LCT	
UDP		
IP (multicast)		
MBMS nosioci (bearer)		

Tabela 1. Protokol-stek za MBMS aplikaciju

upravljanje profilom	opis	
<i>Class</i>	klasa saobraćaja	streaming
<i>Order</i>	redoslijed isporuke	ne
<i>DelErr</i>	isporuka SDU sa greškama	da
<i>SduMax</i>	maksimalna veličina SDU (bajtova)	1500
<i>DwnMax</i>	max bitska brzina za downlink (kb/s)	256
<i>UpMax</i>	max bitska brzina za uplink (kb/s)	32
<i>Ber</i>	rezidualni BER	$10^{-6}$
<i>SduErr</i>	SDU vjerovatnoća greške	$10^{-5}$
<i>Prior</i>	upravljanje prioritetom saobraćaja	1

Tabela 2. *QoS profil za streaming aplikaciju*

#### 4. Rezultati simulacije za videokonferencijsku aplikaciju

Simulacija videokonferencijske aplikacije u UMTS-u realizovana je primjenom komercijalnog softvera *OPNET* (Optimum NETwork Performance) koji omogućava modelovanje komunikacionih mreža, aplikacija, protokola i distribuiranih sistema. Za razliku od modelovanja govorne aplikacije (VoIP), koje je podržano standardizovanim skupom simulacionih parametara i atributa, simulacija videokonferencije predstavlja složen problem, posebno imajući u vidu varijabilne parametre mobilnog okruženja. To je bio i jedan od razloga zbog kojeg se autor odlučio na analizu ove aplikacije i uslova pod kojima se ona može realizovati u mobilnoj mreži, posebno sa stanovišta QoS-a.

S obzirom na ograničenja u pogledu raspoložive bitske brzine prenosa u UMTS okruženju, problem koji se javlja prilikom simulacije je opterećenje na IP sloju prenosa. Zbog toga je neophodno značajno redukovati saobraćajno opterećenje (smanjenjem brzine prenosa ramova, broja korisnika, itd.) ili povećati kapacitet bafera, propusnog opsega i razmotriti putanje prenosa [4]. Na osnovu modela za simulaciju koji je opisan u nastavku, mjerene su QoS performanse uz varijaciju specifičnih sistemskih i aplikacionih parametara [5]. Neki od sistemskih parametara, koji su bili uzeti u obzir prilikom simulacije, su uticaj saobraćajnog opterećenja u sistemu (background system utilization), upravljanje pristupom na bazi korisnog protoka (throughput-based admission control) i dr. Aplikacioni parametri, mjereni kao pokazatelji QoS performansi, su kašnjenje "od kraja do kraja" i varijacija kašnjenja "od kraja do kraja" (džiter), uz varijaciju veličine korisnog podatka (payload), QoS klase, parametara raspodjele, maksimalno raspoložive brzine prenosa na uplinku i downlinku, itd. ToS izabran za potrebe simulacije u ovom slučaju je 'interactive multimedia' i 'background', sa ciljem da se pokažu razlike u performansama različitih QoS klasa saobraćaja za istu vrstu aplikacije.

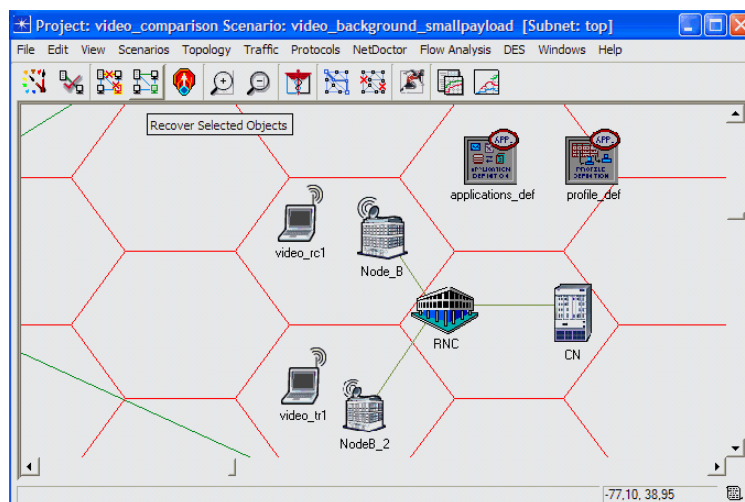
Na sl.2. prikazan je simulacioni model za analizu prenosa videokonferencijske aplikacije u UMTS mreži. Pored standardnih elemenata UMTS mreže (Node B, RNC, CN), definisana su dva mobilna klijenta (video\_tr1 i video\_rc1) između kojih se prenosi videokonferencijski saobraćaj.

Saobraćaju, koji se prosljeđuje sa viših slojeva, pridružuje se IP ToS vrijednost, a UMTS sloj koristi odgovarajuće preslikavanje za klasifikaciju različitih saobraćajnih tokova. Svaka QoS klasa sadrži određeni profil ili skup karakteristika koji se mogu podešavati sa ciljem postizanja što kvalitetnijeg prenosa aplikacija u mreži. Karakteristike videokonferencije i specifični parametri simulacije sadržani su u blokovima `applications_def` i `profile_def`. Blok `applications_def`, sl.3, omogućava definisanje saobraćajnih parametara videokonferencije (frame interarrival time, frame size, ToS, itd.). U posmatranom slučaju, izabran je ToS sa vrijednošću "background". Veličina rama je 1000 bajtova.

Ako se kao QoS profil izabere *background*, onda se prioritetu upravljanja saobraćajem dodjeljuje najniži nivo (nivo 4). Takođe, u okviru polja `allocation/retention priority` (u kojem se konfigurišu parametri za dodjelu RAB u toku upravljanja pristupom) može se definisati stepen prioriteta u prenosu, kao i to da li je dozvoljeno baferovanje podataka. Maksimalna veličina SDU je 1500 bajtova. Opseg vrijednosti za srednje paketsko kašnjenje je od 0 - 65535 [ms].

Definisanje strožijih zahtjeva u pogledu QoS-a podrazumijeva i veći stepen iskorištenja mrežnih resursa. Tako, npr. postavljanjem QoS profila aplikacija kao "interactive", čime se aplikaciji dodjeljuje visok stepen prioriteta, povećava se i ukupno kašnjenje u mreži. Generisani su sljedeći profili aplikacije:

- Prvi profil (`video_background_smallpayload`) ima sljedeće karakteristike: incoming/outgoing stream frame size = 1000 bajtova; ToS = background (1).
- Drugi profil (`video_interactive_smallpayload`) ima karakteristike: incoming/outgoing stream frame size = 500 bajtova; ToS = interactive multimedia (5).
- Treći profil (`video_background_bigpayload`) ima karakteristike: incoming/outgoing stream frame size = 9000 bajtova; ToS = background (1).



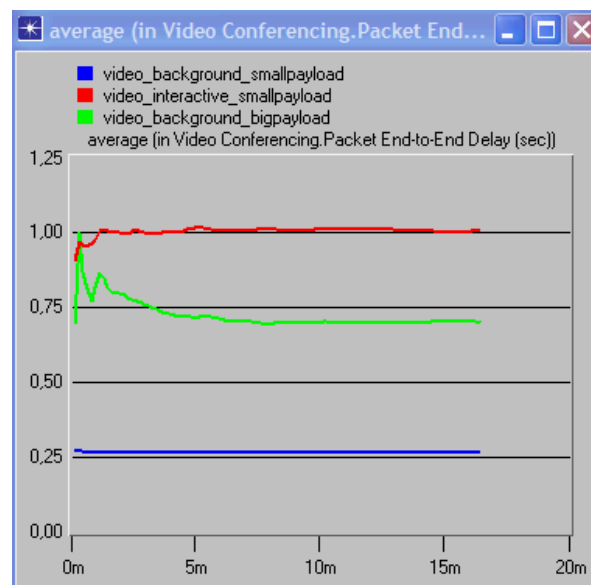
Slika 2. Simulacioni model u OPNET-u

Attribute	Value
Frame Interarrival Time Information	(...)
Frame Size Information	(...)
Symbolic Destination Name	Video Destination
Type of Service	Background (1)
RSVP Parameters	None
Traffic Mix (%)	All Discrete

Details Promote OK Cancel

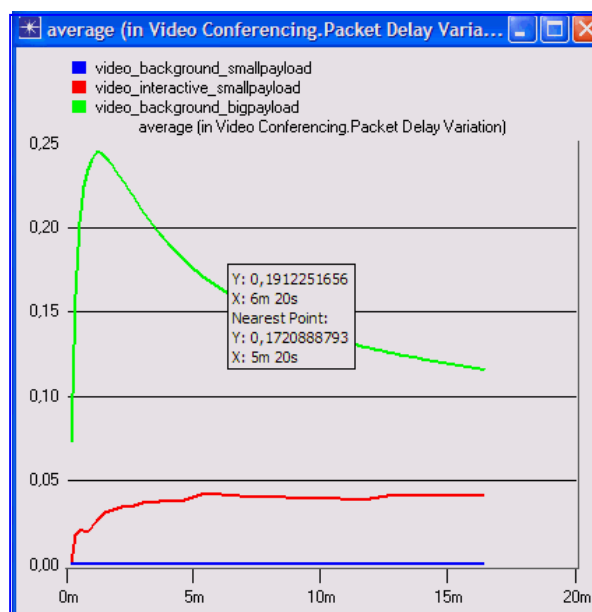
Slika 3. Parametri videokonferencije (sadržani u bloku `applications_def`)

Poređenje rezultata za tri profila aplikacije (kašnjenje i varijacija kašnjenja "od kraja do kraja") predstavljeno je na sl.4. Rezultati simulacije jasno ukazuju da je mogućnost adaptacije profila za karakterizaciju saobraćaja, kao i adekvatne predikcije ponašanja sistema, od velikog značaja za postizanje optimalnih QoS performansi. Odgovarajuća selekcija aplikacionih parametara je važna za efikasno korišćenje mrežnih i sistemskih parametara. Svaka pojedina aplikacija kreirana je na bazi specifičnog protokol-steka, sa odgovarajućim parametrima koji zavise od QoS profila, a pri tome se interakcija sa nižim slojevima arhitekture razlikuje od aplikacije do aplikacije.



a)





b)

Slika 4. Rezultati simulacije: a) kašnjenje i b) varijacija kašnjenja "od kraja do kraja" za različite QoS profile

## 5. Zaključak

Aktuelni istraživački problemi u oblasti aplikacionih QoS protokola mogu se podijeliti u tri osnovne grupe:

- optimalno preslikavanje parametara kvaliteta aplikacionog sloja na parametre kvaliteta nižih slojeva;
- mogućnost adaptacije mehanizama QoS protokola mobilnih multimedijalnih aplikacija za vrijeme različitih događaja u mreži;
- smanjenje računarske kompleksnosti primjenom postupaka transkodovanja medija, transskaliranja ili drugih adaptacionih tehnika.

Implementacija adaptacionog modula na aplikacionom sloju ima prednosti u odnosu na njegovu implementaciju na nižim slojevima. Niži slojevi su u značajnoj mjeri opterećeni različitim sistemskim zadacima i izvršavaju veliki broj funkcija, pa se po pravilu adaptacione procedure implementiraju u hardverskim elementima. S obzirom na kontinuitet razvoja mobilnih mreža, neophodno je usvojiti i odgovarajuće standarde koji će omogućiti uvođenje novih usluga i aplikacija. 4G mreže će biti zasnovane na novom konceptu usluga ('session roaming, transfers and discovery') koji zahtijeva implementaciju novih funkcija upravljačke ravni. Aplikacije će morati da se prilagode brzim promjenama sistemskih parametara heterogenog mrežnog okruženja, koje postojeći protokoli ne mogu podržati. Adaptacioni mehanizam treba omogućiti da se parametri sesije konfiguriraju automatski po njenom uspostavljanju na osnovu korisničkih preferenci, lokacije, mrežnih mogućnosti i kontekstualnih informacija. Na taj način se obezbjeđuje

adekvatna reakcija sistema u smislu podrške obezbjeđivanju optimalnog QoS-a posmatrane aplikacije.

#### **Literatura**

- [1] D. Soldani, and M. Li, R. Cuny, *QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems*, John Wiley & Sons, Ltd, 2006.
- [2] J. Bolliger, and T. Gross, "A Framework-Based Approach to the Development of Network-Aware Applications", *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol.24, 1998.
- [3] *3GPP TS 22.146*, "Multimedia Broadcast/Multicast Service (MBMS); Stage 1", Release 6, Jun 2004..
- [4] F. Houéto, and S. Pierre, "Quality of service and performance issues in multiservice networks subject to voice and video traffics", *Journal of Computer Communications*, Vol.28, No.4, March 2005, pp. 393–404.
- [5] G. Gardašević, M. Jevtović, P. Constantinou, "Optimization of Application QoS Protocols for 3G/4G Mobile Networks", *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Applications of Electrical Engineering (AEE'08)*, pp.36-41, ISSN 1790-5117, Trondheim, Norway, July 2-4, 2008.

**Abstract:** *The importance of Quality of Service (QoS) provisioning has become one of the central issues of 3G/4G mobile network design and analysis. Mobile multimedia applications have high demands in terms of available network resources, equipment design and QoS performances. The variety of new applications (TV program distribution, tele-engineering, high definition video telephony, medical applications, location-based services, etc.) deployed in modern mobile networks implies the necessity for precise and consistent analysis. The challenging task for research activities is the creation of an adaptive application QoS protocol suit in order to obtain optimal QoS performance. The selection of the appropriate metrics for performance evaluation represents an important step for establishing the application QoS profile. This paper identifies key adaptation issues in application level QoS analysis and design .*

**Keywords:** *Mobile Networks, Quality of Service, Application, Protocol, Adaptation, Performance evaluation*

#### **ADAPTATION OF APPLICATION QoS PROTOCOLS IN 3G/4G MOBILE NETWORKS**

Gordana Gardašević