

Uvođenje QoS u integrirano mrežno okruženje operatora

Zvezdan Stojanović, Boris Jokić
M:TEL, Direkcija za tehniku

Sadržaj — Većina velikih telekomunikacionih operatora posjeduje magistralnu mrežu velikog protoka kojom se prenose brojni servisi, kao što su govor, podaci i video koji imaju različite zahtjeve u pogledu potrebnih mrežnih resursa, kao i različitu prirodu sa obzirom na zahtijevane parametre kvaliteta što može predstavljati problem u slučaju nedostatka mrežnih resursa i pojave zagušenja. Od suštinskog je značaja da se različitim aplikacijama osiguraju potrebni mrežni resursi bez obzira na varijacije mrežnog opterećenja. Uvođenje kvaliteta servisa (QoS) u mrežu kompanije pruža mogućnost rješavanja ovih potencijalnih problema.

Ključne riječi — QoS, CLP, VLAN, CoS, EXP, DSCP

I. UVOD

Magistralne mreže većine operatora su velikim dijelom predimenzionirane (over-provisioning). Međutim u svakoj mreži postoje tačke u kojima može doći do zagušenja, tačke u kojima se linkovi većeg kapaciteta spajaju sa linkovima manjeg kapaciteta, tačke u kojima dolazi do agregacije saobraćaja nekoliko linkova (recimo na sviču) u link nedovoljnog kapaciteta prema ruteru i sl. Uvođenjem kvaliteta servisa (QoS-Quality of Service) omogućava administratorima mreže da imaju kontrolu u tim slučajevima, jer u slučaju zagušenja predimenzionirana mreža se ponaša čak i lošije od mreže sa manjom propusnošću u kojoj se koriste napredne QoS osobine, [1], [2].

Termin kvalitet servisa (Quality of Service-QoS) se u literaturi, ali i od strane standardizacionih tijela različito definiše i tumači. U [3], Hardi je definisao opšti model kvaliteta servisa koji se sastoji od tri komponente: tehničkog kvaliteta servisa, perceptivnog kvaliteta servisa i procijenjenog kvaliteta servisa. Ovdje ćemo dati definiciju koja je u saglasnosti sa tehničkim kvalitetom servisa Hardijevo modela: QoS predstavlja skup tehnika neophodnih za upravljanje propusnim opsegom mreže, kašnjenjem, varijacijom kašnjenja (džiterom) i gubitkom paketa, odnosno sa tehničke tačke gledišta skupom mjerljivih performansi mreže.

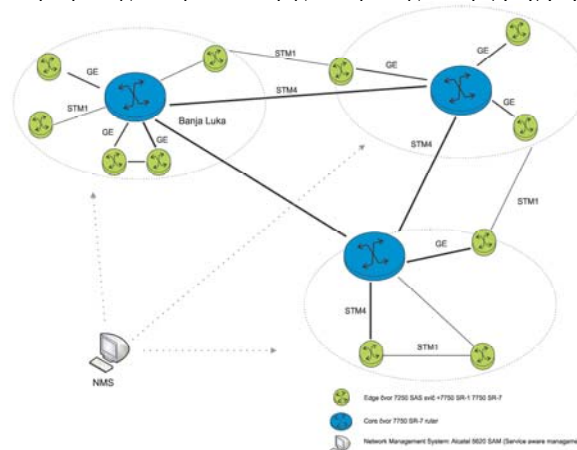
Osnovni cilj uvođenja QoS-a jeste da se obezbijedi neki nivo predvidljivosti i kontrole u odnosu na standardni IP servis „najboljeg pokušaja“, [4], [5].

Da bi se garantovala primjena QoS-a u višeservisnom okruženju jednog operatora, potrebno je obezbijediti da svi mrežni elementi podržavaju QoS opcije, odnosno QoS sa kraja na kraj mreže (end-to-end) i potreban je protokol

signalizacije koji treba da omogući komunikaciju između mrežnih elemenata, [4], [5].

Signalizacija može biti u opsegu (preko DSCP polja u arhitekturi deferenciranih servisa) i van opsega preko RSVP (Resource Reservation Protocol) protokola i njegovog proširenja RSVP-TE (Traffic Engineering) radi obezbjeđenja rada sa MPLS protokolom (Multi Protocol Label Switching) koji je implementiran u mrežu M:TEL-a, [4-7].

Na Sl.1 je prikazana arhitektura IP/MPLS mreže M:TEL-a. Ne ulazeći u detalje IP/MPLS arhitekture, mogli bismo reći da je sa stanovišta QoS-a, rubni (edge) ruteri odnosno u terminologiji MPLS-a LER (Label Edge Router) ruteri imaju zadatak klasifikacije paketa, dok ruteri jezgra (core), odnosno LSR ruteri (Label Switching Router), u terminologiji MPLS-a, imaju zadatak upravljanja zagušenjem i izbjegavanja zagušenja, [4], [8].



Slika 1: IP/MPLS mreža M:TEL-a

IP/MPLS magistralna mreža M:TEL-a se sastoji od Alkatelovih 7750 SR-1 i 7750 SR-7 rutera u jezgru i na ivicama mreže i agregacionih svičeva (većinom 7210 SAS E svičeva), koji u principu ne pripadaju IP/MPLS mreži već imaju ulogu da povećaju broj pristupnih portova po jednom ivičnom ruteru (LER ruter) i agregaciju saobraćaja više DSLAM-ova. Svič je povezan sa ivičnim ruterom preko 1 i 10 Gbit/s Ethernet linkova, [8].

II USPOSTAVLJANJE QoS POLITIKE KOMPANIJE

Postoje tri servisna modela za implementaciju QoS-a i to: model najboljeg pokušaja (Best-effort), integrirani servisi (IntServ) i diferencirani servisi (DiffServ). Kod modela najboljeg pokušaja nema garancija u pogledu kašnjenja, varijacija kašnjenja i gubitka paketa. Kod

IntServ-a se rezervacija resursa vrši po individualnom saobraćajnom toku uz pomoć RSVP-a. Diferencirani servisi (DiffServ) koriste pristup po agregatnim tokovima (klasama saobraćaja), [1], [5].

Prilikom definisanja strategije kompanije za primjenu QoS-a, uobičajeni koraci su prema [9]:

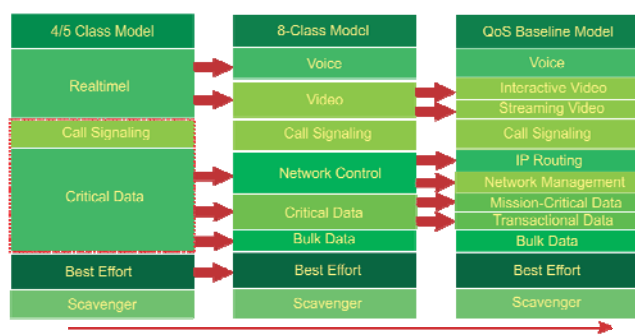
- A. Strateško definisanje poslovnih ciljeva koji se trebaju postići primjenom QoS-a: koliki je optimalan broj saobraćajnih klasa.
- B. Definisanje potreba pojedinih servisa.
- C. Dizajniranje i testiranje QoS politike:
 - a. Klasifikacija i obilježavanje saobraćaja
 - b. Ograničavanje saobraćaja
 - c. Upravljanje zagušenjem
 - d. Izbjegavanje zagušenja
 - e. Povećanje efikasnosti linka
- D. Primjena QoS politike.
- E. Nadzor primjene.

A. Definisanje optimalnog broja saobraćajnih klasa

Prema [5], klasa servisa je skup tehničkih karakteristika koje su raspoložive u okviru određenog servisa. Cilj je da se saobraćaj u mreži neke kompanije razvrsta na više klasa kojima će se potom dodijeliti različiti QoS tretmani.

Jedno od prvih pitanja prilikom implementacije QoS-a u mreži neke kompanije jeste koliko je potrebno saobraćajnih klasa i koje su to.

Cisco je definisao „QoS Baseline“ koji bi mogao predstavljati dobru polaznu tačku prilikom uvođenja QoS-a u mrežu kompanije sa definisanih 11 saobraćajnih klasa (SL2). Smatra se da je ovaj broj saobraćajnih klasa dovoljan ne samo za početnu fazu implementacije nego da će biti dovoljan i u bližoj budućnost. Veći broj saobraćajnih klasa se može postići primjenom DSCP-a (Differentiated Services Code Point) o čemu će biti govora u nastavku izlaganja.



Slika 2: Qos Baseline

B. Definisanje potreba pojedinih servisa

QoS postaje posebno značajan u integrisanom mrežnom okruženju u kome se prenosi više servisa (govor, video i podaci) preko jedinstvene mrežne infrastrukture (*triple play* koncept), budući da oni imaju različite zahtjeve u pogledu potrebnog protoka, kašnjenja, varijacija kašnjenja i gubitaka paketa. Tako je servis prenosa govora osjetljiv na kašnjenje i varijaciju kašnjenja (džiter), dok je video servis osjetljiv i na gubitke paketa (Tabela 1). Prenos podataka nije osjetljiv na varijacije kašnjenja (Tabela 2). Tabele 1 i 2 prikazuju zahtjeve koji se

postavljaju pred različite aplikacije prema ITU-T (International Telecommunication Union Standardization Sector) preporuci G.1010, [10].

Primjenom QoS-a se može dodijeliti prioritet pri prenosu pojedinim servisima.

TABELA 1: Ciljne performanse za audio i video aplikacije

Usluga	Vrsta usluge	Stepen simetrije	Brzina prenosa	Parametri performansi i ciljne vrijednosti		
				Kašnjenje	Varijacija kašnjenja	Gubitci
Audio	Konverzacija	Dvosmjerna komunikacija	4-64 kbit/s	<150 ms preferirano* <400 ms gornja granica*	<1ms	<3%PLR
Audio	Govorne poruke	Jednosmjerna komunikacija	4-32 kbit/s	<1s za preslušavanje <2s za pohranjivanje	<1ms	<3%PLR
Video	Video telefonija	Dvosmjerna komunikacija	16-384 kbit/s	<150ms preferirano <400 ms gornja granica	<<1ms	<1%PLR
Video	Jednosmjerni video	Jednosmjerna komunikacija	16-384 kbit/s	<10s		<1%PLR

PLR: Packet Loss Ratio
* Potrebno je uključiti kontrolu eha

TABELA 2: Ciljne performanse za prenos podataka

Usluga	Vrsta usluge	Stepen simetrije	Tipični iznos podataka	Parametri performansi i ciljne vrijednosti	
				Kašnjenje	Gubitci
Prenos podataka	Web-petraživanje-HTML	Jednosmjerna komunikacija	~10KB	Pref. <2s/stranici. Prihvatljivo <4s/stranici	Ne tolerišu se
Prenos podataka	Transakcione usluge visokog prioriteta, e-trgovina	Dvosmjerna komunikacija	<10Kb	Pref. <15s. Prihvatljivo <60s	Ne tolerišu se
Prenos podataka	Interaktivne igre	Dvosmjerna komunikacija	<1KB	<200ms	Ne tolerišu se
Prenos podataka	Telnet	Dvosmjerna komunikacija	<1KB	<200ms	Ne tolerišu se
Prenos podataka	e-mail pristup serveru	Jednosmjerna komunikacija	<10KB	Pref. <2s. Prihvatljivo <4s.	Ne tolerišu se
Prenos podataka	Faks u realnom vremenu	Jednosmjerna komunikacija	~10KB	<30s po stranici.	<10na /6
Prenos podataka	Usenet	Jednosmjerna komunikacija	Može biti 1MB ili više	Može biti nekoliko minuta	Ne tolerišu se

C. Dizajniranje i testiranje QoS politike

Klasifikacija saobraćaja predstavlja sortiranje paketa na osnovu jednog ili više polja iz zaglavlja, nakon čega se u operaciji markiranja vrši dodjela politikom definisanih jednoznačnih vrijednosti polja na osnovu kojih se određuje tretman paketa pri prenosu kroz mrežu, [1].

Klasifikacija paketa se vrši:

- Na L1 nivou na osnovu ATM PVC-ova (Asynchronous Transfer Mode Permanent Virtual Channel)
- Na L2 nivou na osnovu ATM CLP-a (Cell Loss Priority), CoS (Class of Service) bita Ethernet VLAN-a (Virtual Local Network), EXP (Experimental) bita MPLS-a (Multi Protocol Label Switching)
- Na L3 nivou preko *IP Precedence* bita i DSCP (Differentiated Services Code Point) bita iz zaglavlja IPv4, [1], [6], [9].

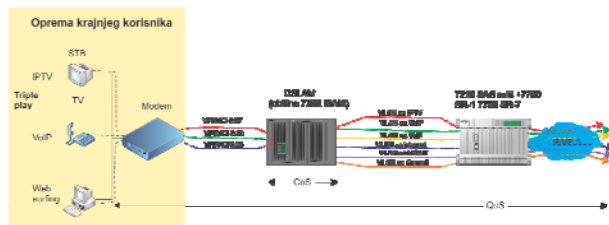
U pristupnoj mreži M:TEL-a se kao noseći protokol, iznad fizičkog DSL nivoa, za komunikaciju između xDSL modema i DSLAM-a koristi ATM.

ATM ćelijski tok po fizičkom linku je logički organizovan u virtuelne kanale (VC) koji su grupisani u virtuelne staze (VP). Svakom VC-u u jednoj VP je dodijeljen jedinstveni identifikacioni broj VCI, a svakoj VP u okviru jednog fizičkog linka jedinstven broj VPI. Sve ćelije nose informaciju o VCI i VPI u svom zaglavlju. Ovi brojevi su isti za sve ćelije koje pripadaju istoj vezi. Na portu xDSL modema se svakom servisu dodjeljuje određeni PVC, tj jedinstveni VPI/VCI broj, [1].

U slučaju zagušenja u pristupnoj mreži ATM preko CLP bita iz zaglavlja ćelije, ima mogućnost da uspostavi

prioritet pri odbacivanju ćelija. Ćelije kod kojih je CLP postavljen na 1 imaju veći prioritet pri odbacivanju u slučaju preopterećenja mreže.

ATM ćelijski tok se završava na DSLAM-u. Na DSLAM-u se PVC-ovi mapiraju u odgovarajuće VLAN-ove. DSLAM ima mogućnost dodavanja i skidanja VLAN taga na putu od/do korisnika.

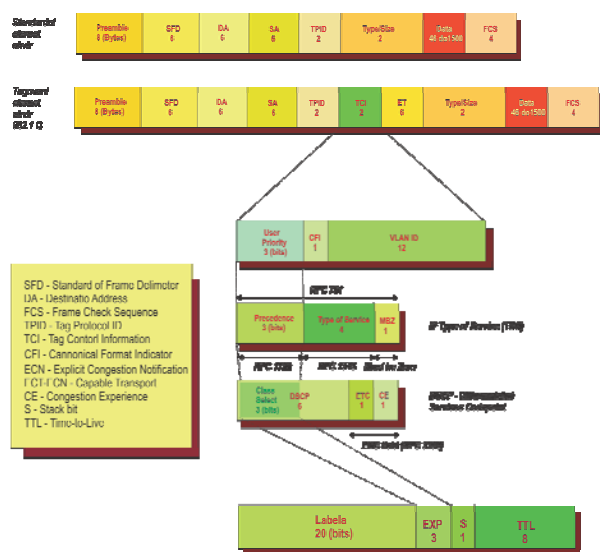


Sl.3:Klasifikacija saobraćaja upotrebom PVC-ova i VLAN-ova

Obično se koristi model dodjele VLAN-ova po servisima, čime je sačuvana izolacija i klasifikacija saobraćaja po servisima, (Sl.3) i pružanje servisima ispravnog tretmana u saglasnosti sa njihovim zahtjevima

Primjena VLAN-ova je definisana standardom IEEE 802.1Q. Integralni dio ovog standarda je i njegova opcija IEEE 802.1p kojim se definišu biti prioriteta (Sl.4), [1].

Između adrese izvora i polja tipa/dužine 4 bajta kod 802.1p/Q ubačena su dva dodatna polja veličine od po dva bajta i to TPID polje (Tag Protocol ID) i TCI polje (Tag Control Information) koje sadrži informaciju o prioritetu okvira (3 bita) i identifikaciju virtuelne lokalne mreže kojoj okvir pripada (12) bita, kao i bit CFI, [1].



Sl.4 Mapiranje između različitih klasifikacionih tehnika

Ako je CFI (Cannonical Format Indicator) jednak 1 to znači da se iza polja ET ubacuju još dva bajta, tj polje E-RIF (Extra Embedded Routing Information) koje označava da je okvir promijenjen iz Token Ring/FDDI formata u Ethernet format. CFI bit ukazuje na uređenje bita unutar okvira, što može predstavljati problem prilikom komunikacije preko LAN-ova koji nisu Ethernet tipa. Za Ethernet LAN CFI bit se postavlja na nulu.

Kod VLAN-a, preko polja *Priority* dužine 3 bita omogućeno je definisanje 8 nivoa prioriteta (IEEE 802.1p standard), čime je omogućeno da se okviri višeg prioriteta u formiranim redovima za čekanje na izlaznim

interfejsima propuštaju prije okvira manjeg prioriteta.

Da bi se QoS realizovao kako u pristupnoj, tako u agregacionoj, pa i u mreži jezgra potrebno je izvršiti mapiranja između odgovarajućih polja u zaglavljinama protokola, [1].

Tako se za prenos Ethernet okvira preko MPLS mreže vrši direktno mapiranje 3 bita *User Priority* polja (češće se označava kao CoS polje) Ethernet okvira i 3 bita EXP polja MPLS-a. Da bi MPLS podržao DiffServ arhitekturu potrebno je izvršiti preslikavanje između 3 bita EXP polja MPLS-a i 3 bita *Class Select* polja DSCP-a (Differentiated Services Code Point) kao dijela DS (Differentiated Services) polja koje zamjenjuje prethodno ToS (Type of Service) polje i to vrijedi samo za slučaj da se formira samo 8 klasa servisa jer se preko 6 bita DSCP polja moguće realizovanje 64 klase servisa.

Međutim, ovdje se može postaviti i pitanje o tome koliko je uopšte potrebno saobraćajnih klasa i to je nešto što će kompanije same definisati. Tako je za slučaj prikazan na Sl.3 i formiranih 6 VLAN-ova dovoljno formiranje 6 saobraćajnih klasa za šta je dovoljno tri bita CoS, EXP, *IP Precedence* i *Class Select* polja.

Više klasa saobraćaja ali i mogućnosti prioritizacije u okviru jedne klase se postiže preko DSCP-a, ali je potrebno obezbijediti kompatibilnost i sa starijom opremom koja prepoznaje samo ToS polje.

Na Sl.4 je prikazano i preslikavanje između između *User Priority* bita Etherneta i *Precedence* bita kod ranije realizacije IPv4 TOS polja koje se tada direktno preslikava u EXP polje MPLS-a.

Ukoliko je dovoljno 8 saobraćajnih klasa u MPLS domenu za prenos različitih klasa saobraćaja se koristi LSP (Label Switching Part) poznat kao E-LSP (EXP inferred LSP) i u tom slučaju su dovoljni podaci iz EXP polja iz zaglavlja MPLS-a. U slučaju da se definiše više saobraćajnih klasa tada se koristi L-LSP (Label inferred LSP). Ovaj LSP je dobio ime po tome što svi ruteri jezgra koriste podatke iz labele prilikom prosleđivanja paketa i podatke i EXP polja za određivanje prioriteta odbacivanja, [1].

Za upravljanje propusnim opsegom koriste se sledeća mehanizmi: ograničavanje saobraćaja putem *policing-a* i *shaping-a*, upravljanje zagušenjem (scheduling i queuing), izbjegavanje zagušenja i algoritmi za povećanje efikasnosti iskorištenja propusnog opsega [1], [9].

Kod *policing-a* kad nivo saobraćaja pređe dozvoljeni nivo-CAR (Committed Access Rate) naredni paketi se odbacuju, dok se kod *shaping-a* paketi baferuju, markiraju za servis nižeg prioriteta (preko DSCP bita) ili odbacuju, čime oni predstavljaju dopunu prethodno objašnjenih mehanizama klasifikacije i obilježavanja, [5].

Upravljanje redovima (queuing) se primjenjuje samo kad dođe do zagušenja, tj u situacija kad je brzina dolaska paketa na ulaz rutera veća od one kojom oni izlaze i deaktivira se odmah po nestanku zagušenja.

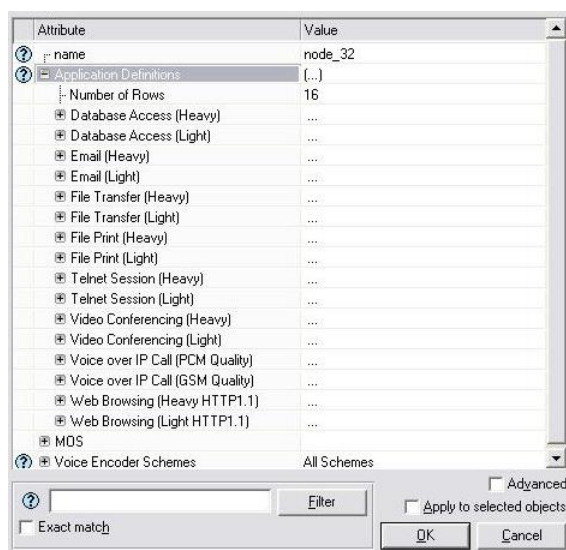
Opsuživanje paketa (scheduling) ima za cilj obezbjeđivanje prioretizacije saobraćaja i određivanje prioriteta pri opsluživanju određenog reda čekanja paketa kako bi paketi saobraćaja većeg prioriteta imali manje kašnjenje. Najpoznatiji algoritmi za upravljanje redovima

su CBFWQ (Class Base Weigted Fair Queuing) i LLQ (Low Latency Queing). CBFWQ obezbeđuje garancije u pogledu propusnog opsega za određene klase saobraćaja, ali ne i garancije u pogledu kašnjenja, zbog čega se CBWFQ koristi za aplikacije podataka a LLQ koji omogućava i striktnu prioritizaciju se koristi kod aplikacija u realnom vremenu kakve su VoIP i interaktivni video.

Za izbjegavanje zagušenja najčešće se koristi WRED algoritam (Weigted Random Early Detection) koji se zasniva na RED algoritmu preventivnog odbacivanja paketa s tim što se prvo odbacuju paketi manjeg prioriteta, pa onda oni većeg prioriteta, pri čemu se koriste informacije o prioritetu dobijene iz DSCP polja. Podrazumijeva se upotreba TCP-a kao transportnog protokola. Poslednja dva bita iz DS polja se koriste kao dopuna WRED algoritma. Prvi bit ECN polja (ECT) setovan na 1 (SI.4) ukazuje na to da uređaj prepoznaje polje IP ECN, dok drugi bit (CE) ukazuje na to da li je došlo do zagušenja. Ako je „CE=0“ nema zagušenja a ako je „CE=1“, došlo je do zagušenja i to je informacija TCP protokolu da smanji brzinu slanja podataka, [1], [9].

Za povećanje efikasnosti linka koriste se dvije tehnike: cRTP (Compressed Real Time Protocol) i LFI (Link Fregmentation and Interleaving). cRTP se koristi kod linkova malog protoka (do 2 Mbit/s) i pomoću nje se može smanjiti IP/UDP/RTP zaglavlje sa 40 bajta na 2-5 bajta. LFI se koristi kako bi se smanjilo kašnjenje i džiter kod saobraćaja u realnom vremenu pri prenosu dugačkih paketa podataka preko linkova malog protoka. Kod LFI-a se vrši segmentiranje dugačkih okvira podataka i ubacivanje između njih govornih, kako bi se kašnjenje sa kraja na kraj mreže za saobraćaj u realnom vremenu smanjilo i postalo predvidivo, [9].

Testiranje IP QoS modela se može izvršiti preko nekog od dostupnih alata kakav je OPNET koji podržava modelovanje standardnih aplikacija (SI.5) i podržava



Slika 5: Standardni OPNET modeli aplikacija

većinu IP QoS mehanizama, kao što su klasifikacija saobraćaja i obilježavanje, izbjegavanje zagušenja (RED i WRED algoritme), a od algoritama upravljanja zagušenjem podržava PQ (Priority Queuing), LLQ, CQ

(Custom Queuing), WFQ (Weighted Fair Queuing), WRR (Weighted Round Robin). Preko ACE Analyst modula moguće je saobraćajni zapis prikupljen mjerenjem u realnom okruženju iz mreže operatera (koja je već u radu) uvesti u DES simulator (Discrete Event Simulation) OPNET-a i dobiti mogućnost izuzetno tačnog modelovanja postojećih aplikacija, [11].

D. PRIMJENA QoS POLITIKE

Na početku implementacije QoS-a u mreži neke kompanije, predviđa se primjena QoS u samo jednom segmentu mreže i praćenje primjene o određenom intervalu vremena, pa tek onda širenje primjene na cijelu mrežu. Preporučuje se i postojanje neke *back up* varijante u slučaju nekih nepredviđenih okolnosti, [9].

E. NADZOR PRIMJENE QoS-a

Nakon što je implementiran QoS u mreži kompanije, potrebno je nastaviti praćenje servisnih nivoa i njihovo periodično usaglašavanje sa QoS politikom. Naime, broj korisnika pojedinih aplikacija može se mijenjati, a samim tim i saobraćaj koji oni generišu, što uslovljava različito opterećenje mreže, a samim tim i potrebu za većim propusnim opsegom. Mogu se uvoditi i nove aplikacije koje će tražiti dodatni propusni opseg, ali i sam operater može poželjeti da različitim aplikacijam dodijeli različit prioritet u odnosu na onaj prvobitno definisani. Sve ovo uslovljava neprekidno praćenje promjena i usaglašavanje sa aktuelnim stanjem u mreži, [9].

ZAKLJUČAK

U radu su ukratko opisani uobičajeni koraci koje preduzima neka kompanija prilikom implementacije QoS-a u svojoj mreži.

LITERATURA

- [1] Z.Stojanovic, B.Jokić, „Kvalitet servisa kod mreža za realizaciju triple play-a“, *20-ti TELFOR, Beograd*, pp 269-273, 2012.
- [2] Z.Jovanović, P.Vuletić i S.Gajin, "Kvalitet servisa", ETF Beograd, 2011
- [3] W.C.Hardy, „QoS: Measurement and Evaluation of Telecommunications Quality of Service“, John Wiley&Sons, 2001.
- [4] N.Krajinović, "QoS u Cisco mrežama", ETF Beograd, April 2005.
- [5] M.Stojanović i V.A.Raspopović, „Savremene IP mreže, arhitekture, tehnologije i protokoli“, Akademska misao, 2012.
- [6] S.Alvarez, „QoS for IP/MPLS Networks“, Cisco press, 2006.
- [7] C.Semeria, "Suporting Diffserv classes:MPLS", white paper, 2012.
- [8] M:TEL „Radni materijal“, tehnička dokumentacija, 2010.
- [9] T.Szigeti i T.Hattingh, *Enterprise QoS Solution Reference Network Design Guide*“, Version 4.0, Cisco-press, 2008.
- [10] ITU-T, "End-user multimedia QoS categories", G.1010, 2001
- [11] OPNET Modeler documentation

ABSTRACT

Different parameters of quality must be considered for different services. Overloads can be caused by problems in access and backbone network. Implementing QoS that problems can be solved. Steps to implementing QoS in the company network are shown in this paper.

Deploying QoS in the Integrated Enterprise Network

Zvezdan Stojanović, Boris Jokić