

*Rezime:*

*Protokoli kvaliteta usluga (Quality of Service – QoS) sadašnjih i budućih telekomunikacionih mreža razvijeni su, pored ostalog, sa ciljem da podrže različite klase usluga (Class of Service – CoS) komunikaciju u realnom vremenu, kao i prenos multimedijalnih poruka preko paketskih IP (Internet Protocol) mreža. U radu je dat pregled karakteristika tih protokola i ocena njihovih konkretnih mogućnosti u obezbeđenju kvaliteta usluga unutar sistema („s vrha do dna“, tj. vertikalno u OSI arhitekturi) kao i „horizontalno“, odnosno s kraja na kraj veze, tj. između izvora i odredišta.*

*Ključne reči: kvalitet usluga, protokoli, telekomunikacione mreže, analiza.*

---

**ANALYSIS OF QUALITY OF SERVICE PROTOCOLS IN  
TELECOMMUNICATION NETWORKS**

*Summary:*

*Today's and future telecommunication networks must enable transmission throughout heterogeneous environment, using different Quality of Service protocols. Quality of Service protocols use a variety of complementary mechanisms to enable deterministic end-to-end different data delivery. The analysis of these protocols and their efficiency in providing QoS and CoS, has been given in this paper.*

*Key words: quality of service, protocols, telecommunication networks, analysis of protocols.*

---

**Uvod**

Postoji više definicija i načina da se objasni suština kvaliteta usluga, tj. QoS-a [1]. Može se reći da QoS predstavlja sposobnost elemenata telekomunikacione mreže, uključujući i računarske mreže, tj. entitete, aplikacije, računare, komutatore ili rutere, da obezbede određeni nivo verodostojnosti i sigurnosti prenosa poruka.

Standardne IP mreže, po svojoj tehničkoj koncepciji, pružaju najviše što u

momentu prenosa mogu, tj. „best effort“ kvalitet i ne obezbeđuju unapred definisan kvalitet usluga. IP mreže prenose pakete podataka sa kašnjenjem, varijacijom kašnjenja i određenom verovatnoćom da će paket podataka biti ispravno prenet, tj. da neće biti izgubljen tokom prenosa. Takav kvalitet zadovoljava samo tipične Internet primene, odnosno klase usluga (engl. Class of Service, CoS), kao što su: elektronska pošta (E-mail), prenos datoteka (file transfer) i Web aplikacije (WWW application).

Kašnjenje pri prenosu paketa podataka preko IP mreže stvara velike probleme za aplikacije koje zahtevaju komunikaciju u realnom vremenu, kao što su multimedijalna komunikacija [2] i paketski prenos govora i video signala [3]. Aplikacije koje zahtevaju prenos u realnom vremenu imaju potrebu za povećanjem propusnog opsega, kao i zahteve za malom varijacijom kašnjenja pri prenosu paketa, odnosno poruke. Povećanje propusnog opsega prvi je neophodan korak za prilagođavanje IP mreža na aplikacije koje se realizuju u realnom vremenu. Čak i na relativno neopterećenim IP mrežama, kašnjenje pri prenosu poruke vrlo je veliko i ne može se jednostavno prilagoditi za komunikaciju u realnom vremenu.

Da bi se obezbedile nove klase usluga i komunikacija u realnom vremenu, IP mreže se moraju dograditi novim tehničkim rešenjima, tj. novim kvantitativnim i kvalitativnim performansama. Pod tim se podrazumeva da se IP mreži dodaje određeni nivo „inteligencije“ kako bi se podržao saobraćaj koji zahteva stroga vremenska ograničenja u prenosu kroz datu mrežu. Pri tome imaju se u vidu zahtevi za ograničeno kašnjenje, varijaciju kašnjenja (džiter), propusni opseg i verovatnoću uspešnog prenosa paketa poruke, odnosno podataka. Problem se rešava korišćenjem *protokola kvaliteta usluga*.

QoS protokol ne kreira potreban propusni opseg već omogućava upravljanje širinom propusnog opsega, tako da se on efikasno koristi kod različitih aplikacionih zahteva. Cilj QoS-a je da obezbedi određeni nivo predikcije i upravljanja kvalitetom, nasuprot postojećim IP „best effort“ (maksimalno što mreža može) uslugama. Dodavanje „inteligencije“ i

poboljšanja „best effort“ usluga čine osnovne tehničke faktore koji su uticali na to da globalna računarska mreža Internet bude uspešna u komunikaciji. Ipak, današnje IP mreže, uključujući Internet, koriste principe rutiranja paketa podataka za koje je karakteristično sledeće:

- korišćenje ruta, odnosno puteva kroz mrežu sa najdužom maskom (eng. longest match);

- rutiranje se vrši isključivo na bazi određene IP adrese, dužine 32 bita za protokol IPv4, a 132 bita za protokol IPv6. IP adresa se obrađuje u svakom čvoru mreže, odnosno u svakom ruteru na putu od izvora do odredišta;

- ne podržavaju se različite klase usluga CoS (Class of Service) niti QoS takvih novih usluga;

- rutiranje nije prilagođeno zahtevima koji se odnose na rad u realnom vremenu i multimedijalnu komunikaciju.

Ove karakteristike svakako su doprinele razvoju i korišćenju protokola kvaliteta usluga.

### Namena QoS protokola

Zadatak QoS protokola, kao i drugih mera za obezbeđenje kvaliteta usluga, jeste da omogući različite usluge za individualne saobraćajne tokove (individual flows) ili skupove saobraćajnih tokova (aggregate flows), bez prekidanja rada IP mreže. Uvedeni su brojni QoS protokoli sa zadatkom da zadovolje veoma širok spektar različitih aplikacionih potreba, odnosno zahteva za kvalitet usluga.

Pojedine aplikacije naročito su značajne s obzirom na njihove QoS zahteve. Radi toga se definišu dva osnovna tipa QoS-a, čija je namena:

– *rezervacija resursa* (Resource reservation) ili integrisane usluge. Mrežni resursi se prilagođavaju u skladu sa određenim QoS zahtevima i potčinjavaju principima upravljanja propusnim opsegom;

– *obezbeđenje prioriteta* (Prioritization) ili diferencirane usluge. Mrežni saobraćaj se različito klasifikuje i raspodeljuje mrežni resursi u skladu sa kriterijumima upravljanja propusnim opsegom. Prema mogućem, odnosno traženom QoS-u, elementi mreže daju povlašćeni tretman onim saobraćajnim tokovima koji imaju mnogo strože zahteve u pogledu kvaliteta usluga.

Ovi tipovi QoS-a mogu se primeniti na individualni saobraćajni tok ili na skupove saobraćajnih tokova. Na osnovu ove podele mogu se definisati dva tipa QoS-a:

– *prema toku*: „tok“ se definiše kao individualni, jednosmerni niz podataka koji se prenosi između dve aplikacije (predajnik i prijemnik), i koji se jednoznačno identifikuje na osnovu pet elemenata (transportni protokol, adresa izvora, broj izvornog porta, adresa odredišta, broj odredišnog porta);

– *prema skupu tokova*: skup tokova čine dva ili više saobraćajnih tokova. Skup tokova može imati zajednički jedan ili nekoliko prethodno navedenih parametara, labelu ili broj prioriteta, ili podatak o autentičnosti.

### **Analiza karakteristika QoS protokola**

Aplikacije i topologija IP mreža odlučuju koji je tip QoS-a odgovarajući za individualni tok ili skup tokova. Da bi se mreža prilagodila potrebama tih različitih tipova

QoS-a postoje brojni različiti QoS protokoli i algoritmi, među kojima su najčešći:

– *protokol integrisane usluge* – *IntServ* (Integrated Service – IntServ) dodelom prioriteta porukama osigurava zahtevani kvalitet;

– *protokol upravljanja podmrežnim propusnim opsegom* – *SBM* (Subnet Bandwidth Management – SBM) omogućava kategorizaciju i prioritete paketa podataka na drugom sloju (Layer 2), odnosno na vodu podataka OSI modela mreže, deljenjem i komutacijom mreža prema standardu IEEE 802;

– *protokol diferenciranih usluga* – *DiffServ* (Differentiated Services – DiffServ) predstavlja jednostavan način za kategorizaciju i obezbeđenje prioriteta tokova mrežnog saobraćaja;

– *protokol rezervacije resursa* – *RSVP* (ReSerVation Protocol – RSVP) obezbeđuje signalizaciju da bi omogućio rezervaciju mrežnih resursa (postupak poznat kao integrisane usluge, engl. Integrated Service);

– *protokol prenosa u realnom vremenu* – *RTP* (Real time Transport Protocol – RTP);

– *protokol upravljanja u realnom vremenu* – *RTCP* (Real Time Control Protocol – RTCP);

– *protokoli ATM adaptacionog sloja* – *AAL-1, AAL-2, AAL-5* (ATM adaptation layer AAL);

– *protokol komutacije multiprotokolske labele* – *MPLS* (MultiProtocol Label Switching – MPLS) omogućava upravljanje propusnim opsegom za skupove saobraćajnih tokova preko mreže sa rutiranjem upravljanim labelom. Labela se nalazi u zaglavlju paketa podataka.

Ne ulazeći detaljno u kompletne karakteristike navedenih protokola, u radu je prikazana samo analiza njihovih performansi sa stanovišta kvaliteta usluga. Posebno su značajni protokoli QoS-a koji se danas masovnije koriste u mrežama, kao i oni koji se planiraju za buduću generaciju mreža.

*Protokol integrisane usluge – IntServ* najstariji je postupak za poboljšanje QoS-a IP mreža. Ostvaruje se signalizacijom i rezervacijom resursa za prioritetne poruke, koju omogućava Ethernet protokol pri prenosu podataka kroz mrežu. IntServ predstavlja proceduru kojom se označava posebna klasa saobraćaja za koju se zahteva „best effort“ usluga, ili minimalno kašnjenje od izvora do odredišta paketa podataka. Drugim rečima, IntServ omogućava klasifikaciju paketa korišćenjem funkcionalnih mogućnosti Ethernet protokola, dodelom prioriteta. Primenjuje se na periferiji paketskih IP mreža.

*Protokol upravljanja podmrežnim propusnim opsegom – SBM* omogućava kategorizaciju i definisanje prioriteta paketa podataka na drugom sloju (Layer 2) OSI modela mreže, deljenjem i komutacijom paketa poruka u mreži, prema standardu IEEE 802. Standardi IEEE 802.1p, 802.1Q i 802.1D definišu kako Ethernet komutatori (switches) klasifikuju ramove (frame), radi ekspeditivne otpreme vremenski kritičnog saobraćaja. Radna grupa IETF-a (Internet Engineering Task Force) u dokumentu „Integrated Service over Specific Link Layer“, definisala je mapiranje (preslikavanje) između QoS protokola viših nivoa i usluga koje omogućavaju protokoli voda podataka, kao što je to Ethernet protokol. Pored ostalog, razvijen je SBM protokol za razdva-

janje i komutaciju 802 LAN mreža, kao što su: Ethernet, FDDI, Token Ring, Token Bus, itd. SMB je signalizacioni protokol koji omogućava komunikaciju i koordinaciju između mrežnih čvorova i komutatora sa protokolima drugog sloja. Takode, omogućava mapiranje QoS na QoS protokole viših slojeva.

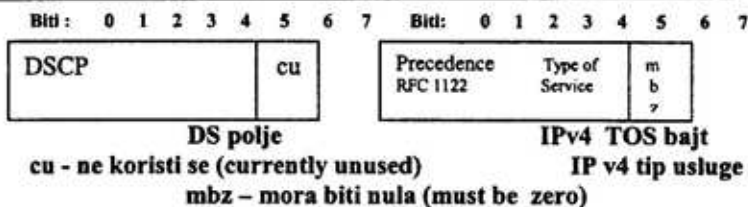
*Protokol diferenciranih usluga – DiffServ* je procedura kojom se poboljšava protokol IntServ. Najčešće se koristi u WAN mrežama. DiffServ pravi razliku među paketima podataka, korišćenjem sadržaja polja TOS – „tip usluge“ (Type Of Service) u zaglavlju IPv4 protokola koje je prikazano na slici 1.

Polje TOS u DiffServ protokolu naziva se „DiffServ kodna tačka“ (Differentiated Services Code Point). Sadržaj polja TOS prikazan je na slici 2 [5].

Obezbeđenje QoS-a zasniva se na adaptaciji (označavanju) polja TOS u paketu podataka u zavisnosti od klase usluga (CoS). Različite CoS zahtevaju definisanje QoS parametara puta kroz mrežu, od izvornog do odredišnog rutera. Paketi se različito obeležavaju (diferenciraju), tako da se formiraju različite klase paketa, a time i različite klase usluga određene aplikacija. Svaki ruter u mreži može da klasifikuje pakete korišćenjem sadržaja polja DSCP. U praktičnim primenama koriste se dva nivoa usluga:

VERSION VERZIJA	# bits	# bits	# bits	# bits
	011	TOS	LENGTH (DUŽINA)	
IDENTIFICATION (IDENTIFIKACIJA)			FLAGS (ZBIR)	FRAGMENT OFFSET (OPSET FRAGMENTA)
TTL	PROTOCOL IDENTIFIER (IDEN. PROTOKOLA)		CHECKSUM (KONTROLNI ZBIR)	
SOURCE IP ADDRESS (ADRESA IP IZVORA)				
DESTINATION IP ADDRESS (ODREĐIŠNA IP ADRESA)				
OPTION (OPCLJE)				PADDING (DOPUNA)

Sl. 1 – Zaglavlje IPv4 protokola



Sl. 2 – Sadržaj polja TOS protokola IPv4

– ubrzana otprema (Expedited Forwarding – EF). Za ovu klasu saobraćaja postoji samo jedna „kodna tačka“ (DiffServ vrednost u polju TOS). EF minimizira kašnjenje i džiter, a obezbeđuje najviši nivo kvaliteta usluga skupovima saobraćajnih tokova;

– obezbeđena otprema (Assured Forwarding – AF), koja ima mogućnost da podrži ukupno 12 klasa usluga. AF saobraćaj se ne prenosi sa velikom verovanoćom kvaliteta, kao što je to slučaj sa EF saobraćajem.

*Protokol rezervacije resursa – RSVP* je signalizacioni protokol koji omogućava postavljanje rezervacije i upravljanje radi ostvarivanja integrisanih usluga. Ovaj protokol je najstroženiji (u odnosu na druge tehnike QoS) za primenu (na računari-ma), kao i za mrežne elemente (ruteri, komutatori). Omogućio je da se od standardnih „best effort“ IP usluga dođe do visokog nivoa QoS-a za različite nove klase usluga, odnosno aplikacije.

Princip rada RSVP protokola je sledeći:

– odlazni saobraćaj iz predajnika karakteriše donja i gornja granica propusnog opsega, kašnjenja i džitera. Iz predajnika RSVP otprema poruku put – PATH (PATH message). Poruka PATH sadrži saobraćajnu specifikaciju koja se, kao informacija, šalje na određenu adre-

su (unicast ili mulucast, tj. prijemniku/prijemnicima). Svaki ruter (koji ima RSVP), duž putanje kroz mrežu, realizuje tzv. „stanje puta“ (path-state), što podrazumeva izvornu adresu PATH poruke (tj. sledeći skok prema prijemniku);

– da bi se sačinila rezervacija resursa, prijemnik šalje nazad ka predajniku poruku – zahtev rezervacije, odnosno RESV poruku – (reservation request). Dodatno, uz saobraćajnu specifikaciju, RESV poruka uključuje specifikaciju zahteva (request specification) koja sadrži tip zahtevane integrisane usluge Int-Serv i specifikaciju filtra koja sadrži informaciju o paketima za koje treba da bude napravljena rezervacija (protokol prenosa i broj porta).

Specifikacija zahteva i specifikacija filtra zajedno predstavljaju deskriptor saobraćajnog toka (flow-descriptor), koji ruteri koriste da bi identifikovali svaku rezervaciju resursa. Kada određeni RSVP ruter, duž uspostavljenog puta (između predajnika i prijemnika), primi RESV poruku koristi upravljačke procedure za proveru autentičnosti zahteva i alokaciju neophodnih resursa. Ako zahtev ne može da bude zadovoljen (zbog nedostatka resursa ili greške pri proveru autorizacije), ruter unazad prema prijemniku vraća poruku „greška“ (error). Ako je ruter prihvatio zahtev, onda otprema poruku RESV sle-

dećem ruteru i tako unazad do predajnika. Kada je poslednji ruter primio poruku RESV i prihvatio zahtev, otprema unazad (prijemniku) poruku kojom potvrđuje rezervaciju. Nakon toga, utvrđenim putem preko mreže, obavlja se prenos paketa podataka sa zahtevanim QoS-om.

*Protokol prenosa u realnom vremenu – RTP najčešće se koristi pri paketnom prenosu govora. Zaglavlje ovog protokola prikazano je na slici 3.*

RTP protokol pripada skupu protokola četvrtog sloja OSI arhitekture mreže, odnosno sloju prenosa, a služi za prenos poruka „s kraja na kraj“ veze, odnosno od izvornog do odredišnog entiteta. Podržava prenos poruka u realnom vremenu (prenos govora, video slike, teksta, grafike, itd.), omogućava utiskivanje vremenske markice (time stamp), kao i numerisanje sekvenci (sequence numbe-

ring), na osnovu čega se obezbeđuje sinhronizacija paketa poruke na odredištu.

*Protokol upravljanja u realnom vremenu – RTCP podržava RTP protokol i obezbeđuje informacije o kvalitetu prenosa poruka, identifikuje RTP izvor, obavlja nadzor saobraćaja u mreži, itd.*

*Protokoli ATM adaptacionog sloja – AAL-1, AAL-2, AAL-5. U ATM (Asynchronous Transfer Mode) mrežama QoS se obezbeđuje korišćenjem virtuelnih kanala – VC (Virtual Channel) i virtuelnih puteva – VP (Virtual Path). Sistemom signalizacije, pre početka prenosa poruka u formatu ATM ćelija, uspostavlja se logička – virtuelna veza preko koje se prenose sve ćelije koje pripadaju istoj poruci [4]. Pri uspostavljanju takve veze uzimaju se u obzir parametri kvaliteta koji se odnose na zahtevani QoS. Drugim rečima, ATM obezbeđuje garantovani QoS, odnosno komunikaciju u realnom vremenu.*

Protokol AAL-1 namenjen je za prenos sinhronih nizova bita i omogućava povezivanje E1 i T1 primarnih multipleksnih signala sa drugim plezihronim digitalnim hijerarhijskim sistemima (PDH) preko ATM mreže. Obezbeđuje strukturirani prenos podataka.

Protokol AAL-2 namenjen je za realizaciju usluga klase B, na primer, prenos komprimovanih audio i video signala, prenos multimedijalnih poruka, itd.

Protokol AAL-5 predstavlja jednostavan i efikasan adapterski sloj u familiji AAL protokola i ima najširu primenu u odnosu na sve ostale AAL protokole.

*Komutacija multiprotokolske labele – MPLS. Definiše je Internet Engineering Task Force (IETF), kao kostur (Frame-*

0	1	2	3	4	5	6	7
V		P	X	CSRC count (broj CSRC)			
M	PAYLOAD TYPE – TIP PEJLODA (Tip informacionog sadržaja)						
SEQUENCE NUMBER (2 bytes) – BROJ SEKVENCE							
TIMESTAMP (2 bytes) – VREMENSKA MARKICA							
SSRC (4 bytes)							
CSRC (0 – 60 bytes)							

*Sl. 3 – Zaglavlje RTP protokola: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – brojevi bita u bajtu, V – verzija RTP protokola (Version), P – dopuna (Padding), X – bit proširenja (Rextension bit), CSRC COUNT – broj CSRC iza zaglavlja (Contains the number of CSRC), PAYLOAD TYPE – identifikatori formata RTP pejloada – korisničke informacije (Identifiers the formats of the RTP payload), SEQUENCE NUMBER – broj sekvence, TIMESTAMP – vremenska markica, SSRC – identifikatori izvora sinhronizacije (Identifiers the synchronization source), CSRC – lista identifikatora kontributivnih izvora (Contributing source identifiers list)*

work) koji je namenjen za označavanje, rutiranje, usmeravanje i komutaciju saobraćajnih tokova kroz telekomunikacionu mrežu [6].

MPLS protokol obezbeđuje:

- specifične mehanizme za upravljanje saobraćajnim tokovima različitih granulacija, kao što su tokovi između različitih hardvera, mašina ili tokovi zbog različitih primena;

- zadržavanje nezavisnosti protokola drugog i trećeg sloja;

- način jednostavnog preslikavanja IP adresa na jednostavne labele fiksne dužine, koje se koriste pri usmeravanju i komutaciji paketa;

- interfejs prema postojećim ruterskim protokolima, kao što su RSVP protokol (Resource ReSerVation Protocol) i OSPF protokol (Open Shortest Part First);

- podršku protokolima trećeg i drugog sloja: IP, ATM i Frame Relay. MPLS je familija protokola koju čine: MPLS MultiProtocol Switching Label, MPLS Signalling Protocol, LDP Label Distribution Protocol, SR-LDP, RSVP-TE kao modifikovani RSVS protokol.

MPLS protokol pojavio se kao pogodno rešenje problema upravljanja propusnim opsegom i obezbeđenja usluga koje se zahtevaju od buduće generacije širokopojasnih kičmenih (IP backbone network) IP mreža [7]. Format MPLS protokola prikazan je na slici 4. Familijom MPLS protokola uvodi se novi princip rutiranja IP saobraćaja, koji je zasnovan na labelama. Labela je fiksne dužine 24 bita, odnosno znatno kraća u odnosu na dužinu IP adresa (IPv4, IPv6). Time se obezbeđuje znatno kraće vreme obrade u ruterima pri rutiranju saobraćaja, pa je kašnjenje paketa znatno manje u poređenju sa usmeravanjem na bazi IP adresa [8].

MPLS je sličan protokolu DiffServ, po tome što markira saobraćaj na ulaznim graničnim tačkama mreže, a demarkira na izlaznim tačkama. Za razliku od DiffServ protokola, koji markiranje koristi da bi ruterom definisao prioritet, MPLS markiranje (labelom od 20 bita) prevashodno je namenjeno za određivanje sledećeg skoka iz rutera (kroz mrežu) [10].

Aplikacije ne mogu upravljati sa MPLS, jer on nema aplikacione programirane interfejs API (Application Programming Interface) niti elemente protokola koji se odnose na krajnji računar (end-host). Za razliku od većine drugih opisanih QoS protokola, MPLS postoji samo na ruterima. To je nezavisan protokol, tj. označava se kao multiprotokol. Može se koristiti ne samo sa IP protokolom, nego i sa drugima kao što su: IPX, ATM, PPP ili Frame Relay. MPLS se može koristiti i direktno iznad protokola voda podataka (data-link layer).

Takođe, za MPLS se može reći da je više protokol „inženjeringa saobraćaja“, nego što je QoS protokol. MPLS rutiranje koristi se za obezbeđenje fiksiranog puta paketa podataka kroz mrežu, veoma slično uspostavljanju virtuelnih kola sa ATM i Frame Relay protokolima [10].

MPLS uprošćava proces rutiranja (smanjeno zaglavlje, povećane performanse), a istovremeno povećava fleksibilnost. Proces rutiranja saobraćaja u ruterima sa MPLS-om (LSR – Label Switching Router – ruter sa komutacijom labele) odvija se na sledeći način:

- proces počinje u prvom graničnom ruteru MPLS mreže. Ruter donosi odluku o usmeravanju na osnovu određene adrese ili neke druge informacije koja se nalazi u zaglavlju. Zatim, LSR ruter

VREDNOST LABELLE (Label Value)	EKSP (Exp.)	S	VREME ŽIVOTA (Time-to-Live)
-----------------------------------	----------------	---	--------------------------------

*Sl. 4 – Format MPLS protokola:*

*VREDNOST LABELLE (Label Value) – zauzima polje veličine 20 bita. Koristi je ruter LSR (Label Swotching Router) za traženje ili sledećeg skoka (next-hop) ili operacije koju treba da izvrši ili tekući odlazni link*

*EKSPERIMENTALNI (Experimental) – zauzima polje veličine 3 bita, koje je rezervisano za eksperimentalnu upotrebu*

*„S“ POLJE – Ovo polje zauzima 1 bit. Označava granicu, odnosno kraj „steka“ labele*

*VREME ŽIVOTA (Time-to-Live, TTL) – zauzima polje veličine 8 bita. Sadrži broj koji se dekrementira u svakom ruteru kroz koji pređe paket podataka. Označava broj pređenih skokova od izvora do određnog entiteta*

*BROJEVI: 1, 2, 3, ..., 30, 31 – označavaju bite 32-bitskog steka MPLS protokola*

definiše odgovarajuću vrednost labele, koja identifikuje klasu ekvivalentnog usmeravanja – Forwarding Equivalence Class (FEC), dodaje labelu paketu podataka i usmerava ga na sledeći skok (hop);

– na sledećem „hopu“ LSR ruter koristi vrednost labele kao indeks za pretraživanje tabele koja specificira sledeći skok i novu labelu. LSR ruter dodaje paketu novu labelu, a zatim paket usmerava na sledeći skok. Proces se dalje ponavlja do isporuke paketa na odredište.

Na taj način postiže se kraće vreme obrade zaglavlja pri rutiranju, a ruteri funkcionišu kao prosti komutatori. S druge strane, svi paketi koji pripadaju jednoj poruci prelaze isti put od izvora do odredišta, čime se smanjuje džiter i kašnjenje.

*Ostali tipovi protokola značajni za kvalitet usluga*

Postoje protokoli koji se ne mogu klasifikovati kao QoS protokoli. Kvalitet

usluga nije njihova osnovna karakteristika, ali oni imaju funkciju obezbeđenja QoS-a. To su:

– protokol upravljanja u realnom vremenu RTCP (Real Time Control Protocol) koji je namenjen za nadzor komunikacije u realnom vremenu, a koristi se pri multimedijalnoj komunikaciji;

– virtuelna privatna mreža – VPN (Virtual Private Network) omogućava formiranje iste infrastrukture komunikacionog kanala preko različitih tipova mreža. VPN formira vitruelni tunel, obezbeđuje autentifikaciju i protokole koji osiguravaju zaštitu, tajnost i integritet podataka koji se prenose, a može se koristiti kao rešenje koje omogućava QoS;

– multiprotokolska komunikacija preko ATM mreže – MPOA (Multi Protocol Over ATM). U ATM mrežama MPOA se koristi kao saobraćajni tok zasnovan na stvaranju puta kroz mrežu pre prenosa paketa poruke. Odluka o rutiranju donosi se onda kada je putanja paketa preko ATM mreže prethodno trasirana. Time se obezbeđuje da paketi, koji pripadaju istoj poruci, prelaze isti put od izvora do odredišta;

– internet protokol verzija 6 (Internet protocol version 6) jeste protokol mrežnog sloja buduće generacije globalne računarske mreže Internet. U principu nije QoS protokol, ali poseduje mogućnosti specijalnog rukovanja podacima pri njihovom rutiranju kroz mrežu. U zaglavlju IPv6 postoji polje „Tekuća labela“ (Flow Label) koje zauzima 24 bita. Ovim poljem iskazuju se specijalni zahtevi koji potiču od određenih aplikacija koje zahtevaju određeni nivo QoS-a.



## Efikasnost u obezbeđenju kvaliteta usluga

Efikasnost QoS protokola, današnjih i budućih heterogenih telekomunikacionih mreža, može se dati na osnovu procene mogućnosti ispunjenja određenih parametara kvaliteta, kao što su:

- sinhronizacija multimedijalnih poruka;
- propusni opseg, odnosno efektivni bitski protok;
- kašnjenje signala pri prenosu;
- varijacija kašnjenja (džiter);

– verovatnoća gubitka paketa ili mogućnost korekcije grešaka nastalih tokom prenosa;

– garancija kvaliteta prenosa za određene klase usluga.

Procena kvaliteta koji mogu da obezbede određeni QoS protokoli prikazana je u tabeli. Zahteve za QoS u IP lokalnim računarskim mrežama mogu da zadovolje neki od pomenutih protokola, ali to nije slučaj sa mrežama širokog prostranstva. Danas QoS mogu da obezbede samo ATM mreže, dok pojedini protokoli mogu to uslovno (RSVP, MPLS, VPN).

Tabela

Parametri kvaliteta i protokoli QoS-a

Protokol kvaliteta usluga	Parametri kvaliteta usluga					Komunikacija u realnom vremenu	Garancija kvaliteta usluga
	Sinhron. multimed. poruka	Propusni opseg	Kašnjenje	Varijac. kašnjenj. (džiter)	Verovat. gubitka paketa		
IntServ	ne	ne/da	da	ne	ne	ne	ne
SBM	ne	da	da	ne	ne	ne	ne
DiffServ	ne	da	da	ne	ne/da	ne	ne
RSVP	ne	da	da	ne/da	ne/da	da	ne
RTP	da	ne	da	da	ne	da	ne
ATM adaptacioni protokoli	da	da	da	da	ne/da	da	da
MPLS	ne	ne/da	ne/da	da	ne/da	da	ne/da
VPN	ne	ne/da	da	ne	ne	ne/da	ne/da
MPOA	da	da	da	da	ne	da	ne
RTCP	ne	ne	ne	ne	da	ne	ne
IPv6	ne	ne/da	ne/da	ne	ne	ne	ne

IntServ protokol vrši selekciju saobraćajnih tokova i dodeljuje prioritete pri deljenju resursa.

SBM protokol omogućava kategorizaciju i definisanje prioriteta paketa podataka na drugom sloju.

DiffServ protokol poboljšava protokol IntServ, a zasniva se na konceptu „skupova saobraćajnih tokova“, čime je ograničen broj klasa saobraćaja u kičmenoj mreži.

RTP protokol obezbeđuje sinhronizaciju paketa poruke na određitu i prenos u realnom vremenu.

RTCP protokol obezbeđuje informacije o kvalitetu prenosa poruka, identifikuje RTP izvor, obavlja nadzor saobraćaja u mreži, itd.

MPLS je namenjen za označavanje, rutiranje, usmeravanje i komutaciju saobraćajnih tokova, a više je protokol „inžinjeringa saobraćaja“ nego što je to QoS protokol.

RSVP protokol je signalizacioni protokol koji omogućava postavljanje rezervacije i upravljanje radi ostvarivanja integrisanih usluga.

ATM adaptacioni protokoli obezbeđuju garantovani QoS, odnosno komunikaciju u realnom vremenu.

## Zaključak

QoS protokoli u sadašnjim IP mrežama imaju veoma limitirane mogućnosti, što je posledica ograničenja koja objektivno poseduje IP protokol (IPv4, IPv6), odnosno paketske IP mreže. ATM protokoli danas jedini podržavaju kvalitet usluga u širokopojasnim ATM mrežama. Može se očekivati da će dalji razvoj QoS protokola ići u smeru razvoja hibridnih IP/ATM protokola. To znači da će konvergencija IP rutiranja i ATM komutacije obezbediti širokopojasnu komunikaciju sa zahtevanim QoS-om.

Buduću generaciju mreža predstavljaće paketske mreže koje će omogućiti prenos multimedijalnih informacija (tekst, govor, podaci, video slika). Zasni-vaće se na QoS hibridnom ATM/IP protokolu koji će preuzeti sve najbolje od paketskih komutiranih IP mreža (fleksibilnost u rutiranju saobraćaja) i telekomunikacionih mreža sa komutacijom ka-

nala (pouzdanost i QoS za prenos u realnom vremenu).

U savremenim mrežama, zbog nedostataka postojećih QoS protokola, moraju se koristiti složene arhitekture QoS-a da bi se obezbedio kvalitet usluga „s vrha do dna, s kraja na kraj veze“.

### Literatura:

- [1] Jevtović, M.: Kvalitet usluga telekomunikacionih mreža, Grafo-Žig, Beograd, 2002.
- [2] Jevtović, M.; Gardašević, G.: Analiza metoda sinhronizacije multimedijalnih poruka, konferencija ETRAN, Zlatibor, septembar 1999.
- [3] Jevtović, M.: Kvalitet usluga multimedijalnih telekomunikacionih mreža, Vojnotehnički glasnik, br. 6/2001, str. 622-637.
- [4] Jevtović, M.: Telekomunikacione ATM mreže, Grafo-Žig, Beograd, 2001.
- [5] <http://www.protocols.com/acronymus/m.html>
- [6] <http://www.lec.org/online/tutorials/mpls/index.html>
- [7] Hoebeke, R.; Aissaoui, M.; Nguzen, T. MPLS: Adding value to networking, *Altacel Communications Review*, 3-th Quarter 2002, pp. 177-182.
- [8] Guillet, J.; McConnell, S.; Morin S.: Multi-protocol network convergence: striking the right technology balance, *Altacel Communications Review*, 3-th Quarter 2002, pp. 172-176.
- [9] <http://www.protocols.com/pbook/mpls.htm> Protocol Directory, MPLS.
- [10] QoS protocols & architectures, White Paper, [www.stardust.com](http://www.stardust.com), July 1999.