

Pregled rezultata istraživanja granica QoS parametara različitih usluga

Ćorković, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:098046>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-26**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

IVAN ĆORKOVIĆ

**Pregled rezultata istraživanja granica QoS parametara
različitih usluga**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 28. ožujka 2018.

Zavod: Zavod za informacijsko komunikacijski promet
Predmet: Tehnologija telekomunikacijskog prometa I

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4650

Pristupnik: Ivan Ćorković (0135237648)
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Pregled rezultata istraživanja granica QoS parametara različitih usluga**

Opis zadatka:

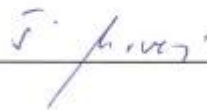
Opisati značajke višeuslužnih mreža, različitih usluga (aplikacija) koje one pružaju kao i karakteristike tih usluga. Objasniti pojam kvalitete usluge te kojim mrežno ovisnim parametrima se ona najčešće opisuje. Istražiti i prezentirati rezultate ostalih istraživanja iz domene određivanja granica QoS parametara za pojedinu vrstu usluge. Objasniti kakav utjecaj na kvalitetu pojedine usluge ima nepoštivanje zadanih granica QoS parametara.

Mentor:



dr. sc. Marko Matulin

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**Pregled rezultata istraživanja granica QoS parametara
različitih usluga**

**A Research Overview of QoS Parameter Targets for
Different Services**

Mentor: doc. dr. sc. Marko Matulin

Student: Ivan Ćorković, 0135237648

Zagreb, rujan 2018.

SAŽETAK

U ovom radu su opisane višeslužne mreže, različite usluge i aplikacije koje one pružaju kao i karakteristike tih usluga. Objasnjen je pojam kvalitete usluge te kojim mrežno opisnim parametrima se opisuje. Istraženi su i prezentirani rezultati istraživanja iz domene određivanja granica QoS (*Quality of Service*, kvaliteta usluge) parametara za pojedinu vrstu usluge. Aplikacije su podijeljene u različite kategorije te su po njima opisane. Također je opisano kakav utjecaj na kvalitetu pojedine usluge ima nepoštivanje zadanih granica QoS parametara.

KLJUČNE RIJEČI: kvaliteta usluge; parametri; višeslužne mreže; usluge; aplikacije; granice

SUMMARY

This paper describes the multiservice network, the various services and applications they provide, as well as the features of these services. The concept of quality of service is explained and the network descriptive parameters are described. The research results from the QoS threshold setting domain for a particular type of service were also explored. Applications are divided into different categories and are described below. It also describes what impact on the quality of a particular service not complying with the default QoS parameters has.

KEY WORDS: quality of service; parameters; multi-service networks; services; applications; targets

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Značajke višeslužnih mreža	3
2.1. Telekomunikacijske mreže	3
2.2. Razvoj i arhitektura višeslužnih mreža	5
2.3. OSI referentni model	7
2.4. TCP/IP model	10
3. Različite aplikacije i njihove karakteristike.....	12
3.1. Zvuk.....	12
3.2. Video	13
3.3. Podaci	14
3.4. Pozadinske aplikacije	16
4. Kvaliteta usluge i mrežni parametri	17
4.1. Parametri kvalitete usluge	18
4.2. Osnovni mehanizmi kvalitete usluge	20
4.2.1. IntServ mehanizmi	20
4.2.2. DiffServ mehanizmi	21
5. Granice QoS parametara ovisno o različitim aplikacijama	22
5.1. QoS zahtjevi za govorne usluge	23
5.2. QoS zahtjevi za interaktivne usluge.....	25
5.3. QoS zahtjevi za streaming usluge	26
5.4. QoS zahtjevi za pozadinske aplikacije.....	28
6. Utjecaj prekoračenja gornjih granica QoS parametara na kvalitetu usluge	29
7. Zaključak.....	31
Literatura.....	33
Popis kratica	34
Popis slika.....	35

1. Uvod

Pojam QoS (*Quality of Service*) predstavlja skup performansi usluge koje određuju stupanj zadovoljstva korisnika uslugom. Različite usluge imaju različite zahtjeve za kvalitetom usluge i ubrzanim razvojem telekomunikacijskih tehnologija u današnje vrijeme dolazi do povećanja tih zahtjeva. Zahtjevi kvalitete usluge se izražavaju preko različitih parametara koji će biti opisani u ovom radu kao i njihove granice da bi korištenje različitih usluga bilo zadovoljavajuće, tj. unutar granica tolerancije. Da bi se razumjelo zašto različite usluge zahtijevaju različite vrijednosti parametara kvalitete usluge treba znati kakve su to usluge, njihove karakteristike, kako funkcioniraju, što one pružaju i kakav je utjecaj prekoračenja gornjih granica QoS parametara na kvalitetu usluge. Upravo je to tema ovog rada.

Rad je podijeljen na 7 poglavlja:

1. Uvod
2. Značajke višeslužnih mreža
3. Različite aplikacije i njihove usluge
4. Kvaliteta usluge i mrežni parametri
5. Granice QoS parametara ovisno o različitim aplikacijama
6. Utjecaj prekoračenja gornjih granica QoS parametara na kvalitetu usluge
7. Zaključak.

U drugom poglavlju će biti opisane višeslužne mreže, njihove značajke, arhitektura, razvoj kroz povijest i kako su i zašto nastale.

U trećem poglavlju će biti opisane različite aplikacije, njihove usluge i posebno karakteristike tih usluga zasebno. Opisat će se njihove podjele, način na koji rade i zašto imaju različite zahtjeve kvalitete usluge.

U četvrtom poglavlju je opisan pojam kvalitete usluge, mehanizmi kvalitete usluge i mrežni parametri koji definiraju kvalitetu usluge. Svaki parametar će biti opisan posebno, tj. što predstavlja, kako je definiran i metode mjerenja.

U petom poglavlju su definirane i uspoređene granice QoS parametara ovisno o različitim aplikacijama i preporukama, tj. koji su zahtjevi kvalitete usluge za pojedine aplikacije.

U šestom poglavlju je opisano kako prekoračenje granica parametara QoS utječe na samu kvalitetu usluge i koje su posljedice toga.

U sedmom poglavlju je za kraj donesen zaključak o svemu iznesenom u radu i što je potrebno učiniti kako bi se spriječili negativni učinci prekoračenja gornjih granica QoS parametara i poboljšala kvaliteta usluge.

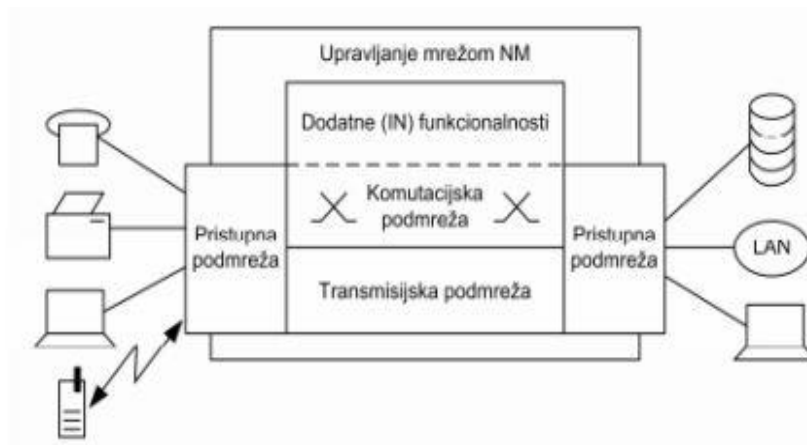
2. Značajke višeslužnih mreža

Višeslužna mreža (*Multi Service Network - MSN*) može se definirati kao mreža dizajnirana tako da prenosi promet više od jedne vrste aplikacije. To je u suprotnosti s klasičnim mrežama ili mrežama predviđenim samo za jednu vrstu usluge, kao što je telefonska mreža koja može, općenito govoreći, prenositi samo jednu aplikaciju. Premda internetski promet može biti prenošen telefonskim sustavima, ti sustavi se ne smatraju višeslužnom mrežom jer nisu dizajnirani s tim ciljem, [1].

2.1. Telekomunikacijske mreže

Telekomunikacijska mreža je uređen skup prostorno distribuiranih tehničkih sustava (centrala, transmisijske tehnike), tj. kapaciteta ili resursa dizajniranih i izgrađenih prema temeljnom zahtjevu da uspješno poslužuju promet na određenom području, [2].

Telekomunikacijska mreža služi za izmjenu informacija udaljenih sudionika odnosno korisnika koji mogu biti osobe sa svojom telekomunikacijskom opremom, ili računala i drugi uređaji s komunikacijskim jedinicama i ostvarivanje komunikacije i pružanje informacijske i/ili komunikacijske usluge uporabom jednog ili više oblika informacije kao što npr. govor, slika, zvuk, tekst ili podatak, [2].



Slika 1. Prikaz općenitog modela TK mreže, [1]

Slika 1 prikazuje poopćeni model telekomunikacijske mreže na kojem je opisano kako se telekomunikacijska mreža dijeli na različite podsustave. Sustav pristupne podmreže predstavljaju korisnički (pretplatnički) terminalni uređaji u fiksnoj (nepokretnoj) mreži koji su spojeni na lokalnu pristupnu centralu, najčešće bakrenim paricama. Rješenja za pristupne mreže mogu još biti i svjetlovodi i bežični pristup, [2].

Transmisijsku podmrežu predstavljaju transmisijski linkovi, odnosno spojni vodovi (*trunks*) koji povezuju različita čvorišta pri čemu se rabe različiti mediji (bakreni, svjetlovodni, radio) i odgovarajuća elektronička oprema (multipleksori, regeneratori itd.) Čvorišta telekomunikacijske mreže su komutacijski sustavi odnosno centrale koji obavljaju funkcije komutiranja, povezivanja, usmjeravanja prometa i sl., [2].

Komutacijska podmreža predstavlja čvorišta telekomunikacijske mreže, a to su komutacijski sustavi (centrale) ili izdvojeni stupnjevi koji izvršavaju komutiranje, a to je osim prospajanja obavljaju i funkciju koncentracije, usmjeravanja prometa i dr. Komutiranje predstavlja uspostavljanje veze između dva korisnika telefonske mreže koja žele razgovarati jedan s drugim. ITU-T (*International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector*) definira komutiranje kao uspostavljanje individualne veze, na zahtjev, od željenog ulaza do željenog izlaza dokle god to zahtjeva prijenos informacija. Dva osnovna prijenosa informacija u TK mreži su komutacija kanala i komutacija paketa, [2].

Telekomunikacijske mreže s komutacijom kanala rukovale su u početku isključivo govornim prometom. Ključna karakteristika mreže s komutacijom kanala je da se resurs dodjeljuje pojedinom pozivu. Mreže s komutacijom kanal se zatim počinju intenzivno koristiti za podatkovne konekcije. U mrežama s komutacijom kanala svakoj konekciji pridijeljena je konstantna brzina prijenosa a to predstavlja ograničenje kod povezivanja različitih kompjutera i radnih stanica u mrežu, [3].

Sve nedostatke mreža s komutacijom kanala pokušalo se riješiti novom tehnikom komutacije pod nazivom komutacija paketa čije osnovne značajke su sljedeće:

- Podaci se prenose u kratkim paketima. U početku je gornja granica veličine paketa iznosila 1000 okteta (Byte). To znači da ako je izvor slao poruku koja prelazi tu veličinu da je poruka bila prelomljena u niz paketa.
- Svaki takav paket sadrži dio korisničkog sadržaja i dio kontrolnih informacija.

- Kontrolne informacije uključuju minimalno skup informacija koje su potrebne mreži kako bi bila sposobna usmjeriti paket kroz mrežu i isporučiti ga odredištu kojemu je paket namijenjen.
- Paketi mogu biti prenošeni različitim brzinama između čvorova s obzirom na to da čvorovi mogu biti povezani spojnica, [3].

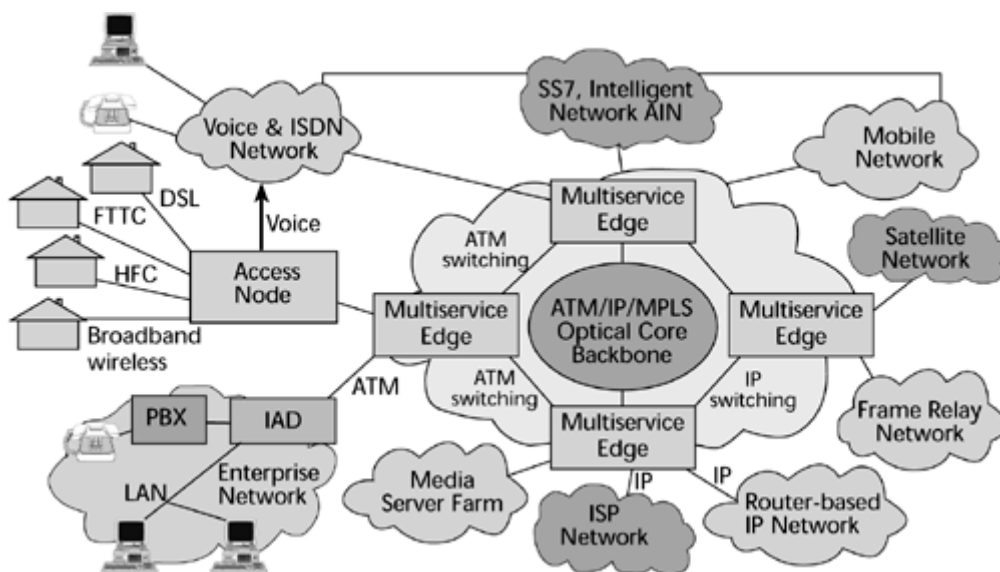
Kada u mrežama s komutacijom kanala dođe do zagušenja neki pozivi budu blokirani odnosno mreža odbija prihvatiti dodatni zahtjev za konekcijom dok se opterećenje u mreži ne smanji. U mrežama s komutacijom paketa, kada nastupi zagušenje paketi budu prihvaćeni ali zbog čekanja u čvorovima na prijenos povećava se ukupno vrijeme potrebno za isporuku paketa. Kako bi se spriječilo da preveliko vrijeme isporuke paketa degradira kvalitetu usluge, u čvorovima paketske mreže može se implementirati da paketi budu posluživani po prioritetu, [3].

2.2. Razvoj i arhitektura višeuslužnih mreža

Početakom 80-ih, ITU-T i ostale standardizacijske organizacije, kao što je ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) forum, uspostavile su niz preporuka za tehnike umrežavanja potrebne za implementaciju inteligentne mreže temeljene na optičkim vlaknima za rješavanje ograničenja telefonske mreže i prijenos novih usluga kao što su digitalni glas i podaci. Mreža je nazvana *Broadband Integrated Services Digital Network* (B-ISDN). Nekoliko osnovnih standarda razvijeno je kako bi zadovoljilo specifikacije B-ISDN-a, uključujući *Synchronous optical networking* (SONET) i *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH) kao standardi za prijenos podataka i multipleksiranje i ATM kao standard za usmjeravanje. Već do sredine 1990-ih, specifikacije za ATM standard su bile dostupne proizvođačima, [4].

Pružatelji usluga počeli su izgradnju ATM mreža na kojima se migriraju PSTN i druge privatne govorne mreže. Djelomično opravdana ovom konsolidacijom govorne infrastrukture, ATM jezgra je postavljena kao mjesto susreta i nositelja okvira za proizvode govorne mreže i *Frame Relay* podatkovne mreže. ATM mreže su također vidjeli kao aktivatora za rastuću potražnju za multimedijске usluge, [4].

ATM nije bio u početku dizajniran za IP transport, već je bio dizajniran kao višenamjenska, višeslužna, QoS-svjesna komunikacijska platforma. To je prvenstveno namijenjeno usklađivanju velikih glasovnih mreža, H.320 video mreža i velikih količina usluga u području iznajmljenih, sinkronih, podatkovnih usluga. Slika 2 prikazuje arhitekturu višeslužne ATM mreže. ATM mreže su bile najavljene kao krajnji odgovor na potencijalno milijune PC-to-PC, osobnih videokonferencijskih mogućnosti. Bilo je predviđeno da će njegova fiksna, ćelijska struktura biti lako prilagodljiva svakoj vrsti podatkovne usluge, a slojevi prilagodbe oblikovani su u ATM za IP prijenos i za LAN emulaciju, [4].



Slika 2. Arhitektura višeslužne mreže, [5]

Krajem 1990-ih godina kada su IP mreže postale vrlo popularne, ATM proizvodi za poduzeća su bili dvostruko skuplji od Ethernet proizvoda, i održavanje je bilo dvostruko skuplje, a i teško ih je bilo konfigurirati i s njima raditi zbog strukture ATM adresnog prostora i zavisnosti virtualne mreže. ATM je bio previše skup za kupnju i održavanje za proširenje na osobna računala, gdje bi mogao konvergirati glas, video i podatke i tako se ATM počeo mijenjati s Ethernetom, [4].

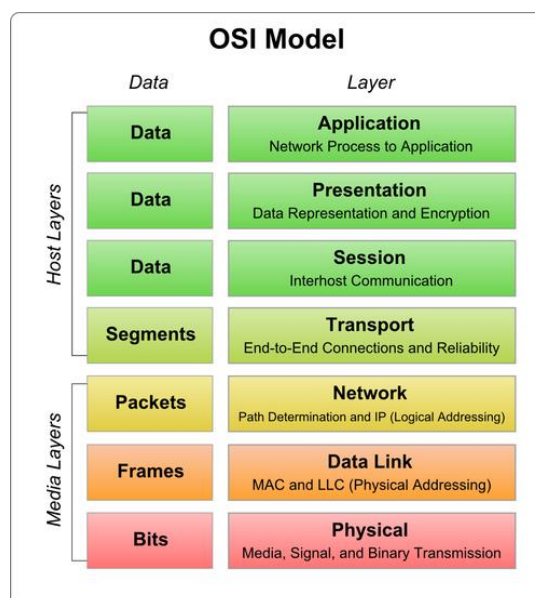
Razvojem novije arhitekture dolazi do problema s nekompatibilnošću, ti problemi su zahtijevali slojevitost arhitekture jer su bile potrebne slojevite prilagodbe za povezivanje. Razlog tome je jer su u samim počecima nastajanja mreža, različite tvrtke primjenjivale svoja rješenja tako da je komunikacija bila moguća samo između računala u okviru mreže tog istog proizvođača. Krajem 1979. godine Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO razvila je *Open Systems Interconnection* referentni

model (OSI) da bi se zanemarili ovi problemi, a 1984. godine tiskala je reviziju ovog modela koja je postala međunarodni standard i vodič za umrežavanje. S obzirom da je OSI-RM bio „apstraktni“ model, razvijena je i svojevrsna dopuna odnosno skup protokola TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) koji je podržan širokom primjenom, [5].

2.3. OSI referentni model

OSI model je teoretski model koji pokazuje kako dva različita sustava mogu komunicirati jedan s drugim. OSI model pokazuje funkcije između sustava, veze između sustava i omogućava različitim sustavima da komuniciraju neovisno o njihovoj temeljnoj arhitekturi, [6].

Osnovna koncepcija slojevitog sustava podrazumijeva da se kompletan komunikacijski sustav promatra u okruženjima i razlaže na određen broj slojeva od kojih svaki obavlja neke funkcije. Konceptualno se razlikuju „niži“ slojevi orijentirani na mrežne funkcije (transmisiju, transport) i „viši“ slojevi aplikacijski orijentiranim sustavima. Čitav komunikacijski sustav predstavlja podsustav korisničkog (stvarnog) okruženja i iz njih se generira potreba za telekomunikacijom, [6].



Slika 3. OSI referentni model, [7]

Svaki sloj obavlja određenu, dobro definiranu funkciju u kontekstu ukupne komunikacije. Rad se obavlja prema definiranom protokolu razmjenom poruka koje sadrže korisničke podatke i dodatne upravljačke informacije između odgovarajućih slojeva udaljenih sustava. Svaki sloj ima definirano sučelje prema sloju koji je neposredno iznad i ispod njega. Takvim slojevitim ustrojavanjem protokoli određenog sloja neovisni su od ostalih slojeva, [6].

OSI referentni model definira sedam protokolskih razina, od najvišeg sloja primjene ili aplikacije do najnižeg fizičkog sloja kao što je prikazano na slici 3.

Aplikacijski sloj je sloj najbliži krajnjem korisniku. On dostavlja mrežne servise/usluge aplikacijama krajnjeg korisnika. Za razliku od svih ostalih slojeva, ne dostavlja usluge ni jednom drugom OSI sloju, nego isključivo aplikacijama koje se nalaze van OSI modela. Primjeri takvih aplikacija su tablični kalkulatori, word procesori i sl. Aplikacijski sloj uspostavlja dostupnost između komunikacijskih partnera i sinhronizira i uspostavlja dogovore o procedurama oporavka u slučaju greški i kontrolira integritet podataka, [8].

Prezentacijski sloj se brine se o tome da informacija koju pošalje aplikacijski sloj jednog sustava bude čitljiva od strane aplikacijskog sloja drugog sustava. Ukoliko je to potrebno, prezentacijski sloj prevodi između višestrukih podatkovnih formata, koristeći zajednički format. Česti grafički standardi prezentacijskog sloja (*Layer 6*) su npr. PICT, TIFF, JPEG i sl. Primjeri Layer 6 standarda za zvuk i filmove su npr. MIDI, MPEG i sl, [8].

Zadaća sjedničkog sloja je da uspostavi, upravlja i prekine vezu između dva računala koja međusobno komuniciraju. Usluge sjedničkog sloja se dostavljaju prezentacijskom sloju. Također, dodatna zadaća ovog sloja je sinhronizacija dijaloga između prezentacijskih slojeva dvaju računala i upravljanje razmjenom podataka između njih. Dodatno, osim upravljanja kontrolom veze, sjednički sloj nudi osiguranje efikasnog transfera podataka, kakvoću usluge i obavještanje o problemima unutar sjedničkog sloja, prezentacijskog i aplikacijskog sloja. Primjeri protokola unutar sjedničkog (*Layer 5*) sloja su: NFS (*Network File System*), SQL (*Structured Query Language*), X-Window sustav, ASP (*AppleTalk* sjednički protokol) i sl, [8].

Prijenosni sloj segmentira podatke koji dolaze od strane pošiljatelja i ponovno ih spaja u cjeloviti tok podataka na strani primatelja. Granica između prijenosnog i

sjedničkog sloja mogla bi se predočiti kao i razlika između aplikacijskih protokola i protokola za prijenos podataka. S jedne strane, dok se aplikacijski, prezentacijski i sjednički sloj bave problematikom samih aplikacija, zadnja (prva) četiri sloja bave se problematikom prijenosa podataka. Prijenosni sloj pokušava osigurati uslugu prijenosa podataka koja štiti gornje slojeve od detalja implementacije samog prijenosa podataka. Npr. pouzdanost prijenosa podataka između dva računala je upravo briga prijenosnog sloja. Pružajući komunikacijske usluge, prijenosni sloj ostvaruje, održava i pravilno prekida virtualne krugove. Detekcija grešaka prilikom prijenosa, kao i otklanjanje tih grešaka, kontrola protoka informacija koristi se kako bi se ostvarila pouzdana usluga. Primjeri protokola prijenosnog sloja su: TCP (*Transmission Control Protocol*), UDP (*User Datagram Protocol*) i SPX (*Sequenced Packet Exchange*), [8].

Mrežni sloj je vrlo kompleksan sloj koji omogućava povezivost i odabir puta između dva mrežna sustava koji mogu biti geografski dislocirani. Također, mrežni sloj je zadužen i za logičko adresiranje. Primjer protokola mrežnog sloja su: IP (*Internet Protocol*), IPX (*Internetwork Packet Exchange*) i *AppleTalk*, [8].

Podatkovni sloj omogućava pouzdan tranzit podataka preko fizičkog linka (poveznice). Upravo zbog toga, podatkovni sloj se bavi pitanjima fizičkog adresiranja, mrežne topologije, mrežnog pristupa, obavještanju o greškama, uređene dostave okvira i kontrole protoka, [8].

Fizički sloj definira električne, mehaničke, proceduralne i funkcionalne specifikacije za aktivaciju, održavanje i deaktivaciju fizičkog linka (poveznica) između krajnjih sustava. Takve karakteristike, poput voltaže, vremena promjene voltaže, maksimalne udaljenosti za prijenos podataka, konektori i sl. su definirane sa specifikacijama fizičkog sloja, [8].

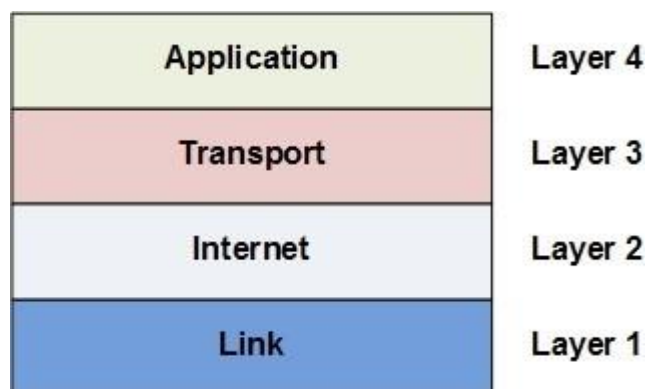
OSI model opisuje način na koji informacija putuje od aplikacije na jednom računalu do aplikacije koja se izvršava na drugom računalu, taj proces se zove enkapsulacija podataka, [6].

Podaci se enkapsuliraju u transportnom sloju i kao takvi nose naziv segment. Segment se tada spušta do mrežnog sloja gdje dobiva zaglavlje tog sloja te se segment i zaglavlje mrežnog sloja naziva paket. Paket se spušta do sloja veze podataka gdje dobiva zaglavlje tok sloja te sve to zajedno čini „okvir“. Ovo zaglavlje definira način transporta informacije kroz mrežno sučelje do fizičkog sloja. U fizičkom

sloju podaci se konvertiraju u oblik podoban za prijenos podataka za tip prijenosnog medija. Kada stignu na odredište postupak je obrnut od prethodnog. Podaci se prosljeđuju svakom sloju i uklanjaju im se zaglavlja tih slojeva kako bi dobili oblik podatka u kojem su bili poslani, [6].

2.4. TCP/IP model

Iako je OSI referentni model općenito prihvaćen, povijesni i tehnički otvoreni standard Interneta je TCP/IP. TCP/IP model i TCP/IP stog protokola čine mogućom podatkovnu komunikaciju između bilo koja dva računala. TCP/IP model ima svoju povijesnu važnost, baš kao i standardi koji su omogućili da “procvjetaju” telefoni, uporaba električne struje, željeznica, televizija i sl. Ministarstvo obrane SAD-a (DoD, *Department of Defense*) stvorilo je TCP/IP model, želeći stvoriti mrežu koja će “preživjeti” bilo kakve uvjete, pa čak i nuklearni rat, [8].



Slika 4. TCP/IP model, [9]

TCP/IP model (prikazan na slici 4) sastoji se od četiri sloja:

- aplikacijski sloj
- prijenosni sloj /transportni
- Internet sloj /mrežni
- sloj mrežnog pristupa /fizički sloj + sloj veze[8]

Dizajneri TCP/IP-a smatrali su da protokoli višeg nivoa trebaju objedinjavati detalje veze i prezentacije. Zbog toga su jednostavno kreirali aplikacijski sloj koji upravlja protokolima višeg nivoa, problematikom prikaza, enkodiranjem i kontrolom dijaloga. TCP/IP kombinira svu problematiku vezanu uz aplikativni dio u jednom sloju (aplikacijskom) i osigurava ispravno pakiranje podataka za sljedeći sloj, [8].

Prijenosni sloj brine se o kvaliteti usluge, problematici pouzdanosti, protoku podataka i ispravljanju grešaka. Jedan od protokola prijenosno sloja, TCP, osigurava odlične i fleksibilne puteve za stvaranje pouzdanih (i bez puno grešaka) mrežnih komunikacija, [8].

Zadatak Internet sloja je slanje paketa sa bilo koje mreže na međumrežje, te njihov uspješan dolazak na odredište, [8].

Sloj mrežnog pristupa opisuje vrlo širok pojam, a ponekad je i vrlo konfuzan. Ponekad se ovaj sloj naziva i računalo-prema-mreži sloj (*host-to-network* layer). Isti uključuje LAN i WAN protokole, kao i sve detalje koji su kod OSI referentnog modela uključeni u fizički i podatkovni sloj, [8].

3. Različite aplikacije i njihove karakteristike

Aplikacije višeuslužnih mreža se mogu podijeliti u četiri glavne kategorije, a to su zvuk, podaci, video i pozadinske aplikacije.

3.1. Zvuk

Opća klasifikacija aplikacija zvuka, podjela raznih usluga i detaljnije pojedinosti navedene su u nastavku. Glavne aplikacije su *Public Switching Telephone Network* (PSTN) tj. javna telefonska mreža, *Voice over Internet Protocol* (VoIP), glasovne poruke i streaming zvuka.

Zahtjevi za prijenosom glasa jako su podložni jednokratnom kašnjenju. Zapravo, postoje dva različita učinka kašnjenja. Prvi je stvaranje jeke u kombinaciji s prijelazom s dvije žice na četiri žice ili čak akustičnog spajanja u terminalu. To počinje uzrokovati sve veću degradaciju kvalitete glasa za kašnjenje reda desetak milisekundi, i potrebno je poduzeti mjere kontrole jeke. Drugi učinak događa se kada se kašnjenje poveća do te točke da počinje utjecati na dinamiku razgovora, tj. kašnjenje odgovora druge strane postaje očiglednije. To se događa zbog kašnjenja od nekoliko stotina milisekundi, [10].

Na gubitak informacije utječe činjenica da je ljudsko uho tolerantno na određenu količinu izobličenja govornog signala. U prijenosnim sustavima temeljenim na IP-u glavni uzrok degradacije kvalitete glasa je upotreba kodeka kompresije govora stanja s niskom bitnom brzinom i njihovim performansama u uvjetima gubitka paketa, [10].

VoIP je opći pojam za glasovnu komunikaciju preko IP mreža poput Interneta ili drugih paketnih mreža. Umjesto izraza VoIP često se nailazi na istovjetne pojmove: IP telefonija (*IP telephony*), VoBB (*voice over broadband*), širokopojasna telefonija (*broadband telephony*) i širokopojasni telefon (*broadband phone*), [11].

Internet telefonija se odnosi na komunikacijske usluge, glasovna komunikacija, faks i / ili govorna pošta, koje se šalju putem Interneta, umjesto javnom telefonskom mrežom (PSTN). Osnovni koraci koji su uključeni u internet telefoniji su pretvorba analognog signala glasa u digitalni format i kompresija signala u IP pakete za prijenos preko Interneta, proces je obrnut pri primanju Za kućnu uporabu, VoIP je često jeftiniji

od klasične telefonije i premošćuje geografske prepreke. Pri poslovnoj uporabi, VoIP omogućuje korištenje jedne mreže umjesto dvije (za glasovnu i podatkovnu komunikaciju) i niz dodatnih usluga, [11].

Kod glasovnih poruka, zahtjevi za gubitkom informacija su uglavnom isti kao i za prijenos glasa (tj. ovisno o govornom koderu), ali kod glasovnih poruka je ključna razlika u tome što postoji veća tolerancija na kašnjenje jer nema izravnog razgovora. Glavni problem stoga postaje koliko kašnjenje se može tolerirati između korisnika koji izdaje naredbu za ponavljanje glasovne poruke i početak reprodukcije zvuka. Nema točnih podataka, ali na temelju studija vezanih uz prihvatljivost kašnjenje slanja i odgovora za telekomunikacijske usluge, kašnjenje od nekoliko sekundi čini se razumnim za ovu aplikaciju. Zapravo, razlika je moguća između snimanja i reprodukcije, zahtjevi korisnika za reprodukciju vjerojatno će biti stroži, [10].

Streaming zvuka je jednosmjerni audio prijenos putem podatkovne mreže. Koristi se za slušanje zvučnih zapisa i radija preko Interneta na računalima, tabletima i *smartphone* uređajima. Koristi se sustav s *buffer-om* (međuspremnikom) kako bi se izbjegli prekidi tako da se dio podataka tj. zvučnog zapisa spremi na računalu prije slušanja. Streaming pruža bolju kvalitetu od klasične telefonije i zahtjevi za gubitak informacija u smislu gubitka paketa su stroži. Međutim, kao i kod glasovnih poruka, nema uključenih elemenata konverzacije i zahtjevi za kašnjenje su manji. U prošlom desetljeću, mnoge veze kao što su *dial-up* ili one s malim *bandwidth-om* ne bi mogle pružiti neprekidni streaming zvuka, [10].

3.2. Video

Opća klasifikacija videozapisa, podjela na razne usluge i detaljnije pojedinosti navedene su u nastavku. Glavne aplikacije su videopozivi i jednosmjerni video.

Videopozivi, podrazumijevaju *Full Duplex*, sustav koji prenosi i video i zvuk i namijenjen je za upotrebu u razgovornom okruženju. Kao takav, u načelu su isti zahtjevi za kašnjenje kao i za prijenos glasa i ima minimalan utjecaj na dinamiku konverzacije, uz dodatni uvjet da se zvuk i video moraju sinkronizirati unutar određenih

ograničenja za pružanje „*Lip Sync*” sinkronizacije, znači zvuk ne smije kasniti za videom i suprotno, [10].

Glavna značajka jednosmjernog videozapisa jest da nema uključenih elementa konverzacije, što znači da zahtjevi za kašnjenjem nisu strogi i uglavnom su jednaki kao i kod streaminga zvuka. Popularne usluge za jednosmjerni video prijenos su *YouTube*, *TwitchTV* i *Mixer*.

3.3. Podaci

S gledišta korisnika, primarni zahtjev za bilo koji program za prijenos podataka je garancija da neće biti gubitaka informacija. Korisniku općenito nije vidljiva varijacija kašnjenja, iako mora postojati ograničenje kašnjenja za sinkronizaciju između medijskih tokova u multimedijским sesijama (npr. zvuk u kombinaciji s prezentacijom na bijeloj ploči). Različite aplikacije kao web pretraživanje, prijenos podataka, prijenos slika itd. se stoga mogu razlikovati na temelju kašnjenja koje se može tolerirati od krajnjeg korisnika od trenutka kada se traži izvorni sadržaj dok se ne prikaže korisniku, [10].

Web pretraživanje se odnosi na dohvaćanje i pregled HTML komponente web stranice, druge komponente, npr. slike, audio/video isječci itd. obrađuju se pod njihovim zasebnim kategorijama. Od korisnikove točke gledišta, glavni faktor uspješnosti je koliko brzo se stranica pojavljuje nakon što je zatražena. Prihvaća se kašnjenje od nekoliko sekundi, ali ne više od 10 sekundi, [10].

Prijenos podataka uključuje prijenos datoteka i na to jasno utječe veličina datoteke. Sve dok postoje naznake da se prijenos datoteka nastavlja, razumno je pretpostaviti nešto veću toleranciju na kašnjenje nego za jednu web-stranicu, [10].

Kod visoko prioritetnih transakcijskih usluga kao što je e-trgovina (npr. *Ebay*) glavni zahtjev za izvedbu je pružiti osjećaj neposrednosti za korisnika da se transakcija izvodi glatko i poželjno je odgoditi ne više od nekoliko sekundi, [10].

Kontrolne naredbe jasno podrazumijevaju vrlo niske granice dopuštenog kašnjenja, mnogo manje od sekunde. Treba imati na umu da je ključna razlika u

odnosu na prijenos glasa i video usluge sa sličnim niskim kašnjenjem zahtjevanje nulte tolerancije za gubitak informacija, [10].

Prijenos slika uključuje različite formate kodiranja, od kojih neki mogu biti tolerantni na gubitak informacije jer će ih gledati ljudsko oko. Međutim, s obzirom da čak i pojedinačne pogreške mogu uzrokovati velike smetnje u ostalim formatima fotografija, tvrdi se da ta prijenos slika ne treba općenito imati nikakve gubitke podataka. Međutim, zahtjevi kašnjenja za prijenos slika nisu strogi i mogu biti usporedivi s onim za prijenos podataka, s obzirom da slika ima tendenciju da se izgrađuje kako se prima, što daje naznaku da se prijenos podataka nastavlja, [10].

Interaktivne igre zahtjevaju mrežu za povezivanje s drugim korisnicima. Zahtjevi za interaktivne igre očito su vrlo ovisni o određenoj igri (nije isto kada ja u pitanju neka *turn-based* igra kao npr. šah ili kad je riječ o igrama u stvarno vremenu kao što su npr. auto utrke) i jasno je da zahtjevne aplikacije zahtijevaju vrlo kratka kašnjenja reda djelića sekunde, [10].

Telnet (*TELEtype NETwork*) je mrežni protokol koji se koristi na Internetu ili LAN mrežama. U tom kontekstu Telnet se odnosi na program koji pruža klijentu dio protokola. Omogućuje pristup udaljenom poslužitelju. Zbog interaktivnosti programa, Telnet treba malo kašnjenje da se stvori korisnikova percepcija interaktivnosti. Telnet je ovdje uključen sa zahtjevom za kraćim kašnjenjem od djelića sekunde kako bi se pružio u suštini trenutni povrat odgovora, [10].

E-mail je usluga za prijenos elektroničke pošte i općenito se smatra skladištenjem i prosljeđivanjem koje u načelu može tolerirati kašnjenja od nekoliko minuta ili čak sati. Međutim, važno je razlikovati komunikaciju između korisnika i servera e-pošte i između dva servera. Kada korisnik komunicira s lokalnim serverom e-pošte, postoji očekivanje da će se poruka prenijeti u roku od nekoliko sekundi [10]. Instant poruke ili „*chat*“ se prvenstveno odnosi na tekst, ali može uključivati zvuk, video i slike. U svakom slučaju, unatoč imenu, to nije komunikacija u stvarnom vremenu u smislu govora i kašnjenja od nekoliko sekundi su prihvatljiva, [10].

3.4. Pozadinske aplikacije

U načelu, jedini uvjet za aplikacije u ovoj kategoriji jest da informacije trebaju biti isporučene korisniku bez pogreške, tu spadaju aplikacije kao što su fax, nisko prioritetne transakcijske usluge, E-mail (*server-to-server*) i *Usenet*. Međutim, još uvijek postoji ograničenje kašnjenja, budući da su podaci efektivno beskorisni ako su primljeni prekasno za bilo koju praktičnu svrhu, [10].

Faks je uključen u ovu kategoriju, jer obično nije namijenjen visoko interaktivnoj komunikaciji u stvarnom vremenu. Ipak, za takozvani "*real-time*" faks postoji i očekivanje u većini poslovnih scenarija da će faks biti primljen u roku od 30 sekundi. Odgoda za spremanje i prosljeđivanje faksa može biti mnogo veća. Treba imati na umu da faks ne zahtijeva nultu toleranciju za gubitak podataka, [10].

Primjer nisko prioritetnih transakcijskih usluga je *Short Message Service* (SMS), prijenos kratkih poruka preko mobilnih telefona ili *smartphone-a*. 10 sekundi je prihvatljiva vrijednost kašnjenja isporuke, [10].

Usenet je distribuirani sustav rasprave širom svijeta. Sastoji se od skupa "*news grupa*" s imenima koja su hijerarhijski klasificirana prema naslovu. "Članci" ili "poruke" su objavljene po tim „*news grupama*“ od ljudi na računalima s odgovarajućim softverom. Ti se članci emitiraju na druge međusobno povezane računalne sustave putem širokog spektra mreža. To je usluga vrlo niskog prioriteta, s odgovarajuće opuštenim zahtjevima kašnjenja. Međutim, poželjno je da korisnik primi poruke po redosljedu objavljivanja kako bi se izbjeglo primanje odgovora prije izvorne poruke, [10].

4. Kvaliteta usluge i mrežni parametri

Kvaliteta usluge i pojmovi koji je opisuju (parametri, mjere, upravljački mehanizmi) predstavljaju bitne elemente pružanja bilo koje usluge. Razumijevanje osnovnoga koncepta kvalitete i upravljanja kvalitetom je osnova za profesionalno upravljanje QoS-om u telekomunikacijama. QoS u telekomunikacijama može se razvijati iz osnovnih koncepata kvalitete, [12].

Razvojem novih aplikacija koje vode porastu sofisticiranih usluga, sve više postoji potreba za standardizacijom performansi. Kako tehnologije postaju složenije, sve je teže zadovoljavati QoS parametre.

Prvotno je taj pojam uveden u doba analogne telefonije i označavao je vjerojatnost dostupnosti puta u telekomunikacijskoj mreži. ITU-T u preporuci ITU-T E.800 (definicija je ponovljena i u preporuci E.802) opisno navodi da je QoS "združeni efekt performansi usluge koji određuje razinu zadovoljstva korisnika tom uslugom". U preporukama serije X koristi se nešto drugačije tumačenje, iz ITU-T X.902, prema kojemu je QoS "skup zahtjeva u pogledu kvalitete kolektivnog ponašanja jednog ili više objekata". Dalje se navodi da se kvaliteta usluge može specificirati ugovorom, iskazivati pomoću parametara i mjeriti. Zatim se napominje da je kvaliteta usluge povezana sa značajkama kao što su: brzina prijenosa, kašnjenje, vjerojatnost prekidanja komunikacije, vjerojatnost greške, itd. Osim što su te dvije definicije sasvim općenite i apstraktne, one imaju i različite odrednice (definiens): po prvoj QoS je efekt performansi, dok je po drugoj skup zahtjeva, [12].

Proizvođači opreme iskoristili su te nedorečenosti i tako istaknuli "svoje" definicije i objašnjenja. Prema Cisco-u[13], QoS se odnosi na sposobnost mreže da osigura bolju uslugu za zadano opterećenje. Strogo gledano, ta tvrdnja nije definicija, niti se kaže u odnosu na što bi usluga u mreži koja podržava kvalitetu usluge trebala biti bolja. U dokumentima QoS Foruma [14], [15] i [16] nailazi se na još više različitosti u definiranju kvalitete usluge, pa se tako mogu naći objašnjenja poput:

- "QoS je sposobnost elemenata mreže (aplikacije, hosta ili rutera) u pružanju izvjesne razine jamstva u mogućnosti zadovoljenja zahtjeva za prometom i uslugama",

- "QoS je sposobnost elemenata mreže u pružanju izvjesne razine jamstva u pogledu konzistentnog prijenosa podataka", ili
- "QoS se odnosi na klasificiranje paketa u klase s kojima se kasnije različito postupa".

4.1. Parametri kvalitete usluge

Različite aplikacije imaju različite zahtjeve koji se odnose na rukovanje prometom u mreži, koje one generiraju. Aplikacije generiraju promet različitim brzinama i uglavnom zahtijevaju da mreža bude sposobna prenositi promet onom brzinom kojom se promet i generira. K tomu aplikacije su više ili manje tolerantne na kašnjenje (*delay*) u mreži i na varijacije u kašnjenju. Određene aplikacije mogu tolerirati određeni stupanj gubitka prometa (*traffic loss*), dok druge ne mogu. Ti zahtjevi aplikacija su izraženi odgovarajućim QoS parametrima, [12].

Širina pojasa (*bandwidth*) je parametar koji definira brzinu kojom promet koji generira aplikacija mora biti prenesen kroz mrežu, [12].

Propusnost (*throughput*) ili kako se još naziva propusna sposobnost ili efektivni kapacitet je parametar koji izražava efektivnu brzinu prijenosa podataka izraženu brojem prenesenih bita u sekundi. Ta veličina je manja od kapaciteta kanala izraženog brojem bita u sekundi. Određene aplikacije zahtijevaju različite propusnosti, a nedovoljna propusnost utječe na povećanje kašnjenja u prijenosu, [12].

Gubitak paketa (*packet loss*) nastaje onda kada dođe do prepunjivanja spremnika u čvorovima paketne mreže (ruterima), kao posljedica čekanja paketa u redovima za usmjeravanje, odnosno rutiranje. Međutim, za neke aplikacije, ako paket kasni prekomjerno, to je isto kao da je izgubljen. Zbog toga treba proširiti definiciju gubljenja, tako da se uključi prekomjerno kašnjenje paketa, [12].

Kašnjenje (*latency, delay*) označuje vrijeme potrebno da se paket prenese od izvorišta do odredišta. Brojni čimbenici utječu na veličinu kašnjenja. Oni su:

- kašnjenje zbog kodiranja i dekodiranja,
- kašnjenje zbog komprimiranja i dekomprimiranja,

- kašnjenje zbog paketizacije i depaketizacije,
- kašnjenje zbog prijenosa na linku,
- kašnjenje zbog propagacije,
- kašnjenje zbog usmjeravanja u čvorovima,
- kašnjenje zbog čekanja u međuspremnicima rutera.

Neke komponente kašnjenja su fiksne, dok su druge varijabilne. Komponente koje se odnose na kašnjenja u mreži teško se mogu predvidjeti jer ovise o trenutnom opterećenju čvorova kao i o performansama mrežnih elemenata. Na varijabilnost određenih komponenata utječu različito vrijeme čekanja u čvorovima mreže i duljina paketa koja je različita za pojedine aplikacije, a i iste aplikacije mogu imati različite duljine paketa, [12],

Varijacija kašnjenja (*jitter*) tipično se definira kao razlika u kašnjenju između susjednih paketa iste sesije. Potrebno je razlikovati pojam *jitter* od pojma varijacije kašnjenja. Pod pojmom varijacije razumijeva se mjera koja govori o tome kolika varijacija je uočena u promatranom vremenskom razdoblju, za razliku od *jitter-a* koji mjeri varijacije kašnjenja između uzastopnih paketa jedne sesije. Mjere *jitter-a* će ovisiti o frekvenciji kojom se paketi šalju i fokusiraju se isključivo na kratkoročne efekte. Nasuprot tomu, varijacije kašnjenja su neosjetljive na frekvenciju paketa i mjere kratkoročne i dugoročne varijacije. Zbog toga se varijacija kašnjenja čini boljim izborom, [12],

Drugačiji pristup varijaciji kašnjenja može se naći u ITU-T Y.1315, gdje se varijacija kašnjenja i *jitter* definiraju na isti način. U preporuci se kaže da varijacije mogu biti podijeljene u sljedeće potkategorije: maksimalna varijacija kašnjenja, prosječna varijacija kašnjenja i medijan varijacije kašnjenja. Iz definicija navedenih potkategorija varijacija kašnjenja, može se uočiti da maksimalna varijacija kašnjenja približno odgovara *jitter-u*, dok ostale dvije definicije odgovaraju varijaciji kašnjenja, [12].

Parametar "kašnjenje" različito se interpretira što ovisi o načinu prijenosa informacija u mreži. Prema ITU-T Y.1315 različite definicije kašnjenja temelje se na vremenu proteklom između prvog/zadnjeg bita prihvaćenog od mreže i prvog/zadnjeg bita isporučenoga korisniku, [12].

4.2. Osnovni mehanizmi kvalitete usluge

Internet je originalno dizajniran da podrži tzv. *Best Effort* (BE) uslugu. Značajke takvog načina posluživanja su da se ne pravi nikakva razlika između korisnika i aplikacija, i dovoljno je dobro za elastični promet, kao što je e-mail, prijenos datoteka i web promet. Te aplikacije imaju mala ograničenja na ciljeve QoS-a (tj. vremenske zahtjeve). Međutim, s vremenom su se promijenile usluge koje omogućuje Internet. Umjesto tradicionalnih usluga prijenosa podataka pojavile su se mnogo naprednije aplikacije i aplikacije osjetljive na performanse mreže, kao što su videokonferencija, video na zahtjev (VoD) i VoIP. Te nove aplikacije uglavnom imaju striktno zahtjeve vezane uz parametre kvalitete, kao što su: potrebni kapacitet prijenosa, intenzitet gubljenja paketa, kašnjenje i varijacije kašnjenja, odnosno *jitter*, [17].

Drugi način k povezivanju zahtijevanoga kapaciteta prijenosa i zahtjeva za kvalitetom usluge je u uvođenju mehanizama koji će upravljati situacijama kada se dogode vršna prometna opterećenja od svih korisnika u isto vrijeme. U osnovi postoje dva mehanizma koja mogu biti upotrijebljena za osiguravanje dopuštenih ili ugovorenih vrijednosti parametara kvalitete usluge. Jedan se temelji na IntServ (*Integrated Services*) modelu, a drugi na DiffServ (*Differentiated Services*) modelu, [17].

4.2.1. IntServ mehanizmi

IntServ mehanizmi temeljeni su na RFC 2205 i njegovim poboljšanjima, a mogu se upotrijebiti za rezervaciju resursa za pojedini tok paketa ili višestruke tokove paketa (*Resource Reservation Protocol*, RSVP). Za osiguranje resursa koristi se poruka za najavljivanje zahtjeva za rezervacijom resursa (*path message*) i poruka kojom se rezervacija obavlja (*resv message*). Jednom kada kontrola pristupa omogući toku ulazak u mrežu, bit će mu dodijeljen zahtijevani kapacitet i bit će mu osigurane vrijednosti parametara kvalitete, [17].

Osim signalizacije s kraja na kraj, IntServ zahtijeva nekoliko funkcija na ruterima i preklopnocima na putu:

- Kontrola prijama: utvrđivanje može li se novom toku odobriti tražena QoS bez utjecaja na postojeće rezervacije.
- Klasifikacija: prepoznati pakete koji zahtijevaju određene razine QoS.
- Politika upravljanja: poduzima akcije, uključujući i mogućnost ispuštanja paketa, ako promet ne odgovara navedenim karakteristikama.
- Čekanje u redu i zakazivanje: prosljeđuje pakete prema tim QoS zahtjevima koji su dodijeljeni, [18].

4.2.2. DiffServ mehanizmi

DiffServ mehanizmi se temelje na pretpostavci da je Internet skup neovisnih mreža koje su upravljane/administrirane od jednog ISP-a. Pod jednom mrežom može se smatrati homogeno područje s određenim nadzorom upravljanja, određenom tehnologijom i kapacitetom prijenosa. DiffServ arhitektura sadrži mnogo elemenata kao što su krajnji elementi i elementi jezgrene mreže. Prema [13], temeljni procesi DiffServ arhitekture u ruterima jezgrene mreže su:

- klasifikacija prometa,
- prilagođavanje prometa uvjetima,
- upravljanje redovima,
- tehnike raspoređivanja.

DiffServ arhitektura se temelji na jednostavnom modelu gdje se promet prolaskom kroz DiffServ mrežu mjeri, klasificira u različite klase usluga i označuje na granicama mreže, prema ugovoru o razini kvalitete usluge. Nakon što su paketi klasificirani na granici mreže, oni se prosljeđuju kroz čvorove jezgrene mreže prema PHB (*Per-Hop Behaviors*) vrijednosti koje se odnosi na polje DSCP (*Differentiated Service CodePoint*). PHB zapravo označuje kakav tretman imaju paketi pri prosljeđivanju u čvoru mreže, kad se prenose kroz jezgrenu mrežu, koja podržava diferencijaciju usluga. Jezgrena mreža je obično homogeno područje jedne domene i njen osnovni zadatak je prosljeđivanje paketa prema danim pravilima. Očekuje se da paketi, koji pripadaju istoj klasi a koji se nalaze u mreži imaju gotovo jednak tretman dok prolaze domenom kroz čvorove jezgrene mreže, [17].

5. Granice QoS parametara ovisno o različitim aplikacijama

Danas je vrlo važno podržati QoS u telekomunikacijskim sustavima, uzimajući u obzir zahtjeve koji se trebaju ispuniti prilikom pružanja usluge. Ovaj zadatak treba uzeti u obzir s činjenicom da korisnik nije zainteresiran za način pružanja određene usluge, već u razinu kvalitete usluga koju on dobiva, [19].

QoS se odnosi na sposobnost telekomunikacijskog sustava da pruži bolju uslugu za odabrani promet preko heterogenih mreža (tehnologija ili domena). Primarni cilj QoS-a je pružanje prioriteta, uključujući i posvećeni *bandwidth*, kontroliranje *jitter*-a i latencije (zahtijevano od strane nekih *real-time* i interaktivnih vrsta prometa) i poboljšane karakteristika gubitaka. Također, važno je kako bi se osiguralo da davanje prioriteta jednom ili više tokova ne uzrokuje neuspjeh drugih tokova. To je intuitivna razina, QoS predstavlja određenu vrstu zahtjeva koje treba zajamčiti korisnicima (npr. koliko brzo mogu biti podaci preneseni, koliko prijemnik mora čekati, kako ispraviti primljene podatke i koliko će ih vjerojatno biti, koliko će se podataka vjerojatno izgubiti itd.). QoS zahtjevi za multimedijски promet pokriveni su različitim standardizacijskim skupinama, kao što su ITU, ETSI ili 3GPP, [19].

Glavna podjela ITU-a je u preporukama Y.1541, F.700 i G.1010. Aplikacije su klasificirane u osam skupina, prema toleranciji pogrešaka i kašnjenju, kao što je prikazano na slici 5.

Error tolerant	Conversational voice and video	Voice/video messaging	Streaming audio and video	Fax
Error intolerant	Command/control (e.g., Telnet, interactive games)	Transactions (e.g., E-commerce, WWW browsing, Email access)	Messaging, Downloads (e.g., FTP, still image)	Background (e.g., Email arrival)
	Interactive (delay <<1 sec)	Responsive (delay ~2 sec)	Timely (delay ~10 sec)	Non-critical (delay >>10 sec)

Slika 5. ITU preporuke za zahtjeve QoS, [19]

5.1. QoS zahtjevi za govorne usluge

Najčešća usluga u ovoj kategoriji je razgovor u stvarnom vremenu, kao npr. telefonski govor. Voice over IP (VoIP) i video konferencije također pripadaju ovoj kategoriji, s povećanjem važnosti jer se Internet ubrzano razvija. Ovo je jedina klasa čija su obilježja strogo određena po ljudskoj percepciji (osjetilima). Dakle, ova shema ima najstrože QoS zahtjeve, vrijeme prijenosa treba biti nisko i, u isto vrijeme, treba sačuvati vremenski odnos informacijskih entiteta *stream-a*. Granica prihvatljivog kašnjenja prijenosa je vrlo stroga (neuspjeh da se osigura nisko kašnjenje prijenosa rezultirat će neprihvatljivim nedostatkom kvalitete). Međutim, postoje lakši zahtjevi za FER (*Frame Error Rate*), zbog ljudske percepcije. Za razgovor u stvarnom vremenu, temeljne QoS značajke su:

- Očuvanje vremenskih odnosa informacijskih entiteta u istom *stream-u*;
- Razgovorni uzorak (strogo i nisko kašnjenje), [19].

Neki primjeri primjene koja se temelje na uslugama razgovora su: razgovorni glas, videopozivi, interaktivne igre, dvosmjerna kontrolna telemetrija i Telnet. Slika 6 sažeto prikazuje ove aplikacije pružajući eksplicitne zahtjeve za svaku od njih.

Medium	Application	Degree of symmetry	Data rate	Key performance parameters and target values		
				End-to-end one-way delay	Delay variation within a cell	Information loss
Audio	Conversational voice	Two-way	4-25 kbit/s	< 150 ms preferred < 400 ms limit	< 1 ms	< 3% FER
Video	Videophone	Two-way	32-384 kbit/s	< 150 ms preferred < 400 ms limit Lip-synch: < 100 ms		< 1% FER
Data	Telemetry-two-way control	Two-way	< 28.8 kbit/s	< 250 ms	NA	Zero
Data	Interactive games	Two-way		< 250 ms	NA	Zero
Data	Telnet	Two-way (asymmetric)		< 250 ms	NA	Zero

Slika 6. QoS zahtjevi za razgovorne usluge, [19]

Zahtjevi za kašnjenjem prijenosa zvuka kod prijenosa glasa ovise o stupnju interaktivnosti krajnjih korisnika. Kako bi se spriječile poteškoće vezane uz dinamiku glasovnih komunikacija, ITU-T preporuka G.114 određuje sljedeće opće granice za jednosmjerna kašnjenja prijenosa (pod pretpostavkom da je primijenjena kontrola jeke):

- 0 do 150 ms: preferirani raspon (ispod 30 ms korisnik ne primjećuje bilo koje kašnjenje uopće, a iznad 100 ms korisnik ne primjećuje kašnjenje ako je primijenjeno poništavanje jeke (*echo cancellation*) i nema izobličenja u vezi)
- 150 do 400 ms: prihvatljiv raspon (ali s povećanjem degradacije)
- Preko 400 ms: neprihvatljiv raspon.

Ljudsko uho je iznimno netolerantno na kratkotrajnu varijaciju kašnjenja (*jitter*), tako da treba ostati vrlo niska. Predloženo je da je 1 ms odgovarajuća granica. Međutim, ljudsko uho je tolerantno na umjereno izobličenje govornog signal. Prihvatljivi učinak se obično dobiva s FER-om do 3%. Konačno, veza za razgovor obično zahtijeva dodjelu simetrični komunikacijskih resursa, [19].

Videopozivi zahtijevaju full duplex sustav. Stoga se primjenjuju isti zahtjevi kao i za zahtjeve prijenosa glasa. Bit će teško ispuniti te zahtjeve zbog dugih odgoda nastalih u video kodecima. Ljudsko oko je tolerantno na gubitak informacija, tako da je neki stupanj gubitka paketa prihvatljiv, [19].

Interaktivne igre su igre koje koriste mrežu za interakciju s drugim korisnicima ili sustavima i neke od njih podržavaju i prijenos govora između igrača. Zahtjevi za interaktivne igre vrlo su ovisni o specifičnoj igri u smislu širine pojasa i kašnjenja, npr. zahtjevi su drugačiji za *real-time* i *turn-based* igre. Mnoge interaktivni igre pokušavaju razmjenjivati velike količine podataka, ali zahtijevaju vrlo kratka kašnjenja, i kašnjenje od 250 ms je razumno što se tiče prijenosa govora između igrača s obzirom na to da se prenose i podaci o trenutnom stanju igre, npr. gdje se koji igrač trenutno nalazi u igri ili što radi, gdje je 250 ms preveliko kašnjenje i u kojem slučaju bi dolazilo do trzaja slike, [19].

Telemetrija je tehnologija koja omogućuje daljinsko mjerenje, rad i izvješćivanje o odabranim podacima. Dvosmjerna telemetrija kontrole je ovdje uključena kao primjer podatkovne usluge koja zahtijeva konverzaciju u stvarnom vremenu. Dvosmjerna kontrola podrazumijeva vrlo uske granice dopuštenog kašnjenja i predložena je

vrijednost od 250 ms, ali ključna razlika u odnosu na glasovne i video usluge je taj gubitak informacija koji se ne može tolerirati. Poznato je da je satelitski kanal sklon pogreškama i kako bi se postiglo nula gubitaka informacija potrebne su nam sofisticirane tehnike kontrole pogrešaka kako bi se to osiguralo. Kašnjenje je relativno važno za ovu klasu prometa. Što se tiče satelitske mreže, ona može ispuniti rokove koji određena telemetrijska usluga nameće, može podržati tu uslugu, [19].

Zbog interaktivnosti programa, Telnet treba malo kašnjenje da to dopusti korisnikova percepcija interaktivnosti. Ova aplikacija ima zahtjev za malim kašnjenjem kako bi se dobio trenutni odgovor. U istoj grupi usluga/aplikacija možemo razmotriti bilo koji daljinski pristup aplikacijama kao što su *rlogin* (*remote login*) ili SSH (*secure shell*), [15].

5.2. QoS zahtjevi za interaktivne usluge

Ova klasa obuhvaća interaktivne usluge. Karakterizira je obrazac zahtjeva/odgovora krajnjeg korisnika. Obično entitet na odredištu očekuje poruku odgovora u određenom vremenskom razdoblju. *Round Trip propagation Delay* (RTD) stoga je jedan od ključnih atributa. Druga karakteristika je da sadržaj paketa mora biti transparentno prenesen (s niskim BER (*Bit Error Rate*)). Rezultirani ukupni zahtjev za tu komunikacijsku shemu je podrška interaktivnim uslugama koje nisu u stvarnom vremenu i imaju nizak RTD. Prema [19], QoS značajke za interaktivni promet temeljene su:

- uzorak zahtjeva/odgovora;
- čuvanje sadržaja paketa.

Neki primjeri ove vrste usluge su glasovne poruke, podaci, web pretraživanje, visoko prioritetne transakcijske usluge (e-commerce) i e-mail (client-to-server). Odgovarajući zahtjevi su sažeti u tablici na slici 7.

Medium	Application	Degree of symmetry	Data rate	Key performance parameters and target values		
				One-way delay	Delay variation	Information loss
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	4-13 kbit/s	< 1 s (playback) < 2 s (record)	< 1 ms	< 3% FER
Data	Web-browsing - HTML	Primarily one-way		< 4 s/page	NA	Zero
Data	Transaction services - high priority e.g., e-commerce, ATM	Two-way		< 4 s	NA	Zero
Data	E-mail (server access)	Primarily one-way		< 4 s	NA	Zero

Slika 7. QoS zahtjevi za interaktivne usluge, [19]

Zahtjevi za gubitkom informacija kod glasovnih poruka bitno su isti kao i za prijenos glasa, ali, naprotiv, postoji veća tolerancija na kašnjenje jer nema izravnog razgovora. Stoga glavni zadatak postaje odrediti kašnjenje koje se može tolerirati između kojeg korisnik izdaje naredbu da bi se ponovila glasovna poruka i stvarni početak reprodukcije zvuka. Nema preciznih podataka o tome, no smatra se da je kašnjenje od nekoliko sekundi razumno za ovu aplikaciju, [19].

Glavni faktor performansi kod web pretraživanja je vrijeme odziva vizualizacije nakon što je zatražena je web stranica. Predlaže se vrijednost od 2-4 s po stranici. Međutim, smanjenje do 0,5 s bi bilo poželjno, [19].

5.3. QoS zahtjevi za streaming usluge

Ova klasa usluga uglavnom je jednosmjerna s visokim kontinuiranim iskorištenjem (malo praznih/tihih razdoblja) i niska varijacija vremena između informacijskih entiteta unutar *stream-a*. Međutim, ne postoji stroga granica za kašnjenje i varijaciju kašnjenja, jer je tok normalno poravnat na odredištu. Osim toga,

ne postoji stroga gornja granica za gubitak paketa. Za *stream* u stvarnom vremenu temeljne QoS značajke su:

- Jednosmjerni kontinuirani tok informacija;
- Očuvanje vremenskog odnosa (varijacija) između informacijskih entiteta u *stream-u*, [19].

Rezultirani ukupni zahtjev za ovu komunikacijsku shemu jest podrška uslugama u stvarnom vremenu s kontinuiranim jednosmjernim tokovima podataka. Slika 8 prikazuje primjere primjene i odgovarajuća ograničenja.

Medium	Application	Degree of symmetry	Data rate	Key performance parameters and target values		
				Start-up delay	Transport delay variation	Packet loss at session layer
Audio	Speech, mixed speech and music, medium and high quality music	Primarily one-way	5-128 kbit/s	< 10 s	< 2 s	< 1% Packet loss ratio
Video	Movie clips, surveillance, real-time video	Primarily one-way	20-384 kbit/s	< 10 s	< 2 s	< 2% Packet loss ratio
Data	Bulk data transfer/retrieval, layout and synchronization information	Primarily one-way	< 384 kbit/s	< 10 s	NA	Zero
Data	Still image	Primarily one-way		< 10 s	NA	Zero

Slika 8. QoS zahtjevi za streaming usluge, [19]

Kod streaminga ne postoje razgovorni elementi uključeni i stoga, zahtjevi za kašnjenjem nisu tako strogi. Treba imati na umu da su gubici paketa kod video streaminga veći od gubitaka paketa kod streaminga zvuka jer se prenose veće količine podataka i kako bi se lakše postigla sinkronizacija zvuka i videa, tzv. „Lip Sync“ koji je već naveden u radu. Što se tiče fotografija, ljudsko oko tolerantno je za gubitak informacija. Međutim, pogreške jednog bita mogu uzrokovati velike smetnje u

formatima fotografija. Stoga, obično se očekuje da neće biti pogreške u prijenosu fotografija. Zahtjevi za kašnjenje su niski, [19].

5.4. QoS zahtjevi za pozadinske aplikacije

Ova se klasa usluge primjenjuje kada krajnji korisnik, obično računalo, šalje i prima podatkovne datoteke u pozadini. To je klasična shema podatkovne komunikacije gdje određite ne očekuje podatke u određenom roku. Stoga, kašnjenje uzrokovano propagacijom signala (poput onog satelitskih sustava) nije toliko važno u ovom slučaju. Međutim, kontrola pogrešaka je vrlo važna jer bi pogreške trebale biti zadržane na vrlo niskim razinama (u satelitskom scenariju takva značajka zahtijeva odgovarajuće zaštite kodiranja i sheme ponovnog slanja). Slika 9 uspoređuje pozadinske aplikacije na temelju klase usluge i pripadajuće zahtjeve za kašnjenje. Za pozadinski promet temeljne QoS značajke su:

- Odredište ne očekuje podatke prije određenog roka;
- Čuvanje sadržaja opterećenja.

Rezultirani ukupni zahtjev za ovu komunikacijsku shemu jest podrška aplikacija koje nisu u stvarnom vremenu s posebnim zahtjevima veličine kašnjenja. Pozadinska aplikacija nema ograničenja kašnjenja. U principu, samo dostavljanje informacija bez pogrešaka je jedini uvjet za aplikacije ove kategorije. Međutim, još uvijek postoji ograničenje kašnjenja, budući da su podaci efektivno beskorisni ako je primljeno prekasno. Primjeri tih aplikacija su fax, nisko prioritetne transakcijske usluge, e-mail (server-to-server), SMS, preuzimanje baza podataka i mjernih zapisa. Fax se obično ne smatra komunikacijom u stvarnom vremenu. Ipak, očekivanje je da će prijenos faxesa trajati manje od 30 s. Primjer nisko prioritetnih transakcijskih usluga je SMS. Prihvatljivo kašnjenje isporuke je 30 s, [19].

Service class	Conversational (delay \ll 1 s)	Interactive (delay \sim 1 s)	Streaming (delay < 10 s)	Background (delay > 10 s)
Error tolerant	Conversational voice and video	Voice messaging	Streaming audio and video	Fax
Error intolerant	Telnet interactive games	e-commerce Web browsing	FTP, still image, paging	e-mail arrival notification

Slika 9. QoS zahtjevi za različite klase usluge, [19]

6. Utjecaj prekoračenja gornjih granica QoS parametara na kvalitetu usluge

Danas, svaka razvijena aplikacija je izgrađena s ciljem pružanja najboljeg mogućeg krajnjeg korisničkog iskustva. Usluge bez kašnjenja visoko su prioritizirane u današnje vrijeme. Aplikacije koje zauzimaju više bandwidth-a i poslovni sustavi zahtijevaju sve veću propusnost i kapacitet. Međutim, najveća potražnja dolazi od sektora koji intenzivno koriste podatke, kao što su *online gaming*, *video streaming*, burzovno poslovanje, e-trgovina i VoIP, [20].

Kašnjenje i propusnost mreže ključni su čimbenici koji utječu na definiranje performansi mreže i konačno određuju brzinu mreže. Dok je propusnost količina podataka koja prolazi od izvora do odredišta u određenom vremenskom razdoblju, kašnjenje je vrijeme koje je potrebno za provesti pojedinačni prijenos podataka, što je inače vrijeme koje je potrebno da paket prijeđe put od izvora do odredišta i natrag[20].

Važno je znati kako nezadovoljavanje zahtjeva parametara QoS utječe na kvalitetu usluge, tako nastaju razni negativni učinci. Neki od tih učinaka su:

- Gubitak paketa: broj paketa izgubljenih u prijenosu izražen u postotcima. Gubitak paketa generira negativno korisničko iskustvo. To uključuje probleme poput prekidanja glasovne komunikacije, preskakanja videozapisa, povećanja *buffer-a* i vremena kašnjenja u igrama (*lag*).
- Zagušenja mreže: nastaje kada ruta u mreži ima previše zahtjeva za prijenosom. To se događa kada mrežni čvor prenosi više paketa nego što zapravo može podnijeti. To može rezultirati gubitkom paketa, često kašnjenjima u usluzi ili potpunom blokiranjem novih veza. To degradira kvalitetu usluge za krajnjeg korisnika i negativno utječe na performanse aplikacije.
- *Jitter*: varijacija međudolaznih vremena između paketa. Uzrokuje prekid u normalnom slijedu slanja paketa podataka. Može biti štetno za korisničko iskustvo, [20].

Gubitak podataka jedna je od štetnih posljedica problema zagušenja mreže. Gubitak paketa, gdje se paketi podataka gube u prijenosu, uzrokuje lošu kvalitetu

videozapisa, lošu VoIP uslugu i zaustavljanje online igara. Zagušenja mreže uzrokuju gubitak paketa kada međuspremnici na čvorištima nemaju slobodnog prostora za pohranu i daljnji prijenosi podataka onda nisu dopušteni. Rezultat toga je da paketi neće stići do odredišta. Problem je što video streaming može postati pikseliziran ili VoIP poziv prekinut. Posljedice toga utječu na razgovor. Također, u online igri može doći do preskakanja scene. To može dovesti do gubitka igre koju bi igrač inače pobijedio, [21].

Jitter uzrokuje nepravilnu distribuciju paketa putem mreže. To uzrokuje probleme na odredištu i može rezultirati još gorim zagušenjima, kao i s gubitkom paketa. Kada se pojavi problem zagušenja mreže, prijenosni signali koji zahtjevaju podatke postaju prekinuti. To je prekid koji stvara *jitter*, a velik *jitter* rezultira izobličnim glasom ili privremenim propustima, [21].

Važan dio VoIP prometa je da se mora natjecati sa svim ostalim paketima i također biti isporučen u realnom vremenu kako bi se postigla dobra razina kvalitete zvuka. Kod preuzimanja e-pošte ili datoteka, ako paket nije primljen po pravilnom redoslijedu (moguće kada se koristi više puteva kroz mrežu) ili odgođen za nekoliko sekundi, korisnik vjerojatno neće ni primijetiti. Kašnjenje zvuka sastoji se od dva dijela: vrijeme potrebno za kodiranje audiozapisa i vremena putovanja paketa. Samo kašnjenje ne utječe na kvalitetu isporučenog zvuka, ali može utjecati na interakciju između dva krajnja korisnika. Kod 100 ms kašnjenja, zvuk govora jednog korisnika se počinje reproducirati u isto vrijeme kao i govor drugog korisnika tj. govor jednog korisnika se preklapa s govorom drugog korisnika, a na 300 ms, razgovor postaje nemoguć. Naprotiv, VoIP paketi moraju stići u realnom vremenu kako bi imali razumljiv razgovor. Bilo je mnogo istraživanja o tome kako kodirati i usmjeravati glasovni promet putem IP mreža. Što se tiče kodiranja, postoji nekoliko široko korištenih algoritama koji rješavanju kompresiju sa potrebnim *bandwidth-om*. Što se tiče usmjeravanja, QoS označavanje može poboljšati isporuku i vrijeme glasovnih paketa. Bez obzira na to koristi li se *cloud*, *streaming* usluga, online igra ili VoIP, zagušenje mreže negativno će utjecati na uslugu. Utjecaj može biti jednostavnog oblika kao što je duže vrijeme učitavanja ili iznenadan prekid rada aplikacije, [22].

7. Zaključak

U današnje vrijeme kada razne aplikacije i usluge postaju sve više razvijenije i poboljšane, tako se i poboljšavaju zahtjevi za kvalitetom usluge tih aplikacija i usluga. Kvaliteta usluge sadrži nekoliko parametara, a to su kašnjenje, propusnost, *jitter* ili varijacija kašnjenja, gubitak paketa, *bandwidth* ili širina pojasa. Aplikacije najčešće dijelimo na podatkovne, glasovne, video i interaktivne aplikacije. Svaka kategorija ima posebne zahtjeve za kvalitetom usluge i ispunjavanje tih zahtjeva postaje s vremenom sve veći izazov.

Aplikacije koje se najbrže razvijaju su video aplikacije i uz glasovne i interaktivne aplikacije zasigurno imaju najveće zahtjeve za kvalitetom usluge i danas se sve više korisnika njima služi. Podatkovne aplikacije su najjednostavnije i ne predstavljaju velik izazov za upravljanje mrežom jer im je najčešće potrebno što manje kašnjenje prijenosa podataka i što manji gubitci paketa. Aplikacije kao VoIP također zahtjevaju da paketi budu, natjecajući se s ostalim prometom, preneseni u realnom vremenu kako ne bi došlo do remećenja dinamike razgovora, tj. da korisnici ne bi prekasno dobivali odgovor što može dovesti i da korisnici u isto vrijeme govore jedan drugome zbog čega razgovor postaje nemoguć.

Dok postoje aplikacije s većim zahtjevima kvalitete usluge, postoje i one koje nemaju toliko striktno QoS zahtjeve kao VoIP, *online* igre ili videopozivi. Te aplikacije većinom ne pružaju međusobnu interakciju korisnika, a to su glasovne poruke, *e-mail*, jednosmjerni video prijenos, instant poruke ili *chat*, prijenos slika itd.

Kod tih aplikacija je najčešće najbitnije da ne prođe puno vremena između naredbe za reprodukciju i stvarnog vremena početka reprodukcije, da je videozapis preuzet na vrijeme kako ne bi došlo do zastoja ili prekida, da poruka ne stigne prekasno kako sadržaj informacije u toj poruci ne postane beskoristan ako se radi o *e-mail-u*, SMS-u ili nekim *chat* aplikacijama i da vrijeme učitavanja ne bude preveliko kada se radi o web pretraživanju, prijenosu slika, prijenosu podataka itd.

Da bi se ti problemi i ostali negativni učinci spriječili, potrebno je ispuniti tražene zahtjeve kvalitete usluge za pojedine usluge. To zajedno sa daljnjim razvojem aplikacija postaje sve veći izazov ali prostora za napredak kvalitete usluge će uvijek

biti i zato planiranje i upravljanje mrežom treba usmjeriti prema smanjenju složenosti mreža i olakšanju korisnicima poboljšavanjem, mijenjanjem i uvođenjem novih *Quality of Life* značajki u nove aplikacije i njihova ažuriranja kako bi korisničko iskustvo bilo što bolje.

Literatura

1. Mrvelj, S.: Nastavni materijali iz predmeta Tehnologija TK prometa, FPZ, Zagreb, 2010. - 13.08.2018.
2. Mrvelj, S.: Nastavni materijali iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa I., Predmet proučavanja i temeljni pojmovi, FPZ, Zagreb, 2016. - 13.08.2018.
3. Mrvelj, S.: Nastavni materijali iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa I., Komutacijski i transmisijski sustavi, FPZ, Zagreb, 2016. - 13.08.2018.
4. Wood, R.: A Network Administrator's View of Multiservice Networks, Cisco Press, 2005., <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=426645> - 14.08.2018.
5. Goleniewski, L.: Telecommunications Essentials: The Complete Global Source for Communications Fundamentals, Data Networking and the Internet, and Next-Generation Networks, 2005. - 14.08.2018.
6. Mrvelj, S.: Nastavni materijali iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa I., Podatkovni promet, FPZ, Zagreb, 2016. - 16.08.2018.
7. <http://www.tech-faq.com/osi-model.html> - 16.08.2018.
8. Kavran, Z., Grgurević, I.: Nastavni materijali s predmeta Računalne mreže, OSI slojevi i Mediji za prijenos podataka, FPZ, Zagreb, 2017. - 17.08.2018.
9. <https://www.quora.com/What-are-the-reasons-why-TCP-IP-is-important-and-what-are-its-uses> - 18.08.2018.
10. End-user multimedia QoS categories, ITU G.1010 - 18.08.2018
11. <http://www.opuskomunikacije-tim.hr/sto-je-voip> - 19.08.2018.
12. Mrvelj, S.: Nastavni materijali iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa I., Ciljevi razine usluge, FPZ, Zagreb, 2016. - 20.08.2018.
13. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/ios-nx-os-software/quality-of-service-qos/index.html> - 30.08.2018.
14. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-35522-1_27.pdf - 01.09.2018.
15. <http://www.cs.tut.fi/~kucherya/faq-qos.pdf> - 01.09.2018.
16. <http://www.upnp.org/specs/qos/UPnP-qos-Architecture-v2-20061016.pdf> -
17. Mrvelj, S.: Nastavni materijali iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa I., Internet, FPZ, Zagreb, 2016. - 20.08.2018.
18. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/ios-nx-os-software/integrated-services/index.html> - 21.08.2018.
19. <http://www-sop.inria.fr/members/Vincenzo.Mancuso/SatRM3.pdf> - 22.08.2018.
20. https://medium.com/@datapath_io/the-impact-of-network-latency-on-the-end-user-experience-1f9755c140c8 - 25.08.2018.
21. <https://datapath.io/resources/blog/negative-effects-of-your-network-congestion-problem/> - 25.08.2018.
22. <https://netbeez.net/blog/impact-of-packet-loss-jitter-and-latency-on-voip/> - 25.08.2018.

Popis kratica

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

FTP (File Transfer Protocol)

HTML (HyperText Markup Language)

IP (Internet Protocol)

ISO (International Organization for Standardization)

ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector)

LAN (Local Area Network)

MSN (Multi Service Network)

OSI (Open Systems Interconnection)

PHB (Per-Hop Behaviors)

PSTN (Public Switcher Telephone Network)

RSVP (Resource Reservation Protocol)

SMS (Short Message Service)

TCP (Transfer Control Protocol)

TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol)

Telnet (TELEtype NETwork)

VoIP (Voice over Internet Protocol)

QoS (Quality of Service)

Popis slika

Slika 1. Prikaz poopćenog modela TK mreže	3
Slika 2. Arhitektura višeuslužne mreže	6
Slika 3. OSI referentni model	7
Slika 4. TCP/IP model	10
Slika 5. ITU preporuke za zahtjeve QoS	22
Slika 6. QoS zahtjevi za razgovorne usluge.....	23
Slika 7. QoS zahtjevi za interaktivne usluge	26
Slika 8. QoS zahtjevi za streaming usluge	27
Slika 9. QoS zahtjevi za različite klase usluge	28



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

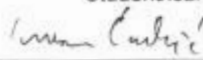
IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom **Pregled rezultata istraživanja granica QoS parametara različitih usluga**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 11.09.2018.

Student/ica:



(potpis)