Značajke podatkovnog prometa

Marinčević, Ivan

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Marinčević

ZNAČAJKE PODATKOVNOG PROMETA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 10. ožujka 2017.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3876

Pristupnik: **Ivan Marinčević (0135227468)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Značajke podatkovnog prometa**

Opis zadatka:

Identificirati vrste i značajke podatkovnih aplikacija. Analizirati ponašanje podatkovnih aplikacija za vrijeme trajanja sesije i objasniti utjecaj ponašanja sesija na zahtijevani kapacitet.
Analizirati utjecaj smanjenja propusnosti na kvalitetu usluge prijenosa podataka.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ZNAČAJKE PODATKOVNOG PROMETA

DATA TRAFFIC FEATURES

Mentor: izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Student: Ivan Marinčević, 0135227468

Zagreb, rujan 2017.

SAŽETAK

Prijenos informacija u obliku podataka između dva ili više uređaja odnosno izvora i odredišta naziva se podatkovni promet. Da bi informaciju bilo moguće prenositi potrebno je sredstvo za prijenos informacija odnosno mreža. Cilj završnog rada je identificirati vrste i značajke podatkovnih aplikacija, analizirati ponašanje podatkovnih aplikacija za vrijeme trajanja sesije i objasniti utjecaj ponašanja sesija na zahtijevani kapacitet te analizirati utjecaj smanjenja propusnosti na kvalitetu usluge prijenosa podataka. Pritom će biti sagledane aplikacije; elektronička pošta, Internet (engl. *World Wide Web* - WWW), dijeljenje datoteka, mrežne igre i Internet video.

KLJUČNE RIJEČI: elektronička pošta, WWW, dijeljenje datoteka, mrežne igre i Internet video.

SUMMARY

Transferring data information between two or more devices, ie sources and destinations, is called data traffic. In order to be able to transmit information it is necessary to transmit information on network. The end goal is to identify the types and features of data applications, analyze the behavior of data applications throughout the session, and explain the impact of the session on the required capacity and analyze the impact of reducing bandwidth on the quality of the data transfer service. It will be considered applications; E-mail, World Wide Web, file sharing, gaming, Internet video.

KEY WORDS: E-mail, WWW, file sharing, gaming, Internet video.

SADRŽAJ

1. UVOD

Tehnologija telekomunikacijskog prometa bavi se proučavanjem prijenosa informacije od izvora do odredišta primjenjujući odgovarajuće tehničke metode, sredstva i postupke, optimizirajući uslugu za krajnjeg korisnika. Cilj je omogućiti krajnjem korisniku brz i kvalitetan prijenos informacija novim tehnologijama.

Prijenos informacija u obliku podataka između dva ili više uređaja odnosno izvora i odredišta naziva se podatkovni promet. Da bi informaciju bilo moguće prenositi potrebno je sredstvo za prijenos informacija odnosno mreža. Različite vrste podatkovnih aplikacija zahtijevaju različite mrežne kapacitete i kvalitetu usluge.

Različite vrste podatkovnih aplikacija imaju različite potrebe za mrežnim kapacitetima koji se očituju u zahtijevanoj širini prijenosnog pojasa (engl. *consumed bandwidth*), kašnjenju (engl. *delay*), kolebanju kašnjenja (engl. *jitter*) i gubitku paketa (engl. *packet loss*). Zahtijevana širina prijenosnog pojasa minimalna je propusnost koju mreža mora zadovoljiti za uspješno funkcioniranje i pružanje minimalne razine kvalitete usluge.

Predmet ovog završnog rada su značajke podatkovnog prometa. Cilj završnog rada je identificirati vrste i značajke podatkovnih aplikacija, analizirati ponašanje podatkovnih aplikacija za vrijeme trajanja sesije i objasniti utjecaj ponašanja sesija na zahtijevani kapacitet te analizirati utjecaj smanjenja propusnosti na kvalitetu usluge prijenosa podataka.

Završni rad sastoji se od sedam funkcionalno povezanih dijelova ili teza:

1. Uvod
2. Vrste i značajke podatkovnih aplikacija
3. Ponašanje podatkovnih aplikacija
4. Analiza zahtjeva za kapacitetom
5. Utjecaj smanjenja propusnosti na kvalitetu usluge prijenosa podataka
6. Metode mjerenja prometa
7. Zaključak.

Drugo poglavlje rada „Vrste i značajke podatkovnih aplikacija“ prikazuje vrste podatkovnih aplikacija te njihove značajke. Podatkovne aplikacije koje su opisane u drugom poglavlju rada su: elektronička pošta, *World Wide Web,* dijeljenje datoteka, mrežne igre te video aplikacije.

U trećem poglavlju rada objašnjeno je ponašanje podatkovnih apliakcija koje se dijele u četiri glavne klase podatkovnog prometa, u skladu s njihovim općim karakteristikama mrežnog povezivanja i zahtjevima.

Analiza zahtjeva za kapacitetom četvrto je poglavlje rada kojim će se prikazati svrha predviđanja mrežnih performansi potrebnih za uspješan i učinkovit rad bilo koje vrste mreže, pa tako i višeuslužne telekomunikacijske mreže. Opisane su tri metode prioriteta posluživanja: metoda prioriteta prema vremenskom redoslijedu prijave, *Priority Queuing* i kružno posluživanje.

U petom poglavlju rada rada opisan je utjecaj smanjenja propusnosti na kvalitetu usluge prijenosa podataka. Parametri kvalitete usluge koji su prikazani u ovom poglavlju su: širina prijenosnog pojasa i propusnost, kašnjenje, kolebanje kašnjenja te gubitak paketa.

U šestom poglavlju su opisane metode mjerenja prometa. Prikazane su metode mjerenja podatkovnog prometa, te četiri glavne metode: Pasivno vs. Aktivno mjerenje, *Online* vs. *Offline*, *LAN* vs. *WAN* i Protokolarna analiza. Osim metoda mjerenja prometa, prikazani su alati pomoću kojih se prati mrežni promet.

2. VRSTE I ZNAČAJKE PODATKOVNIH APLIKACIJA

Glavne skupine podatkovnih aplikacija su aplikacije za prijenos podataka, govorne aplikacije i video aplikacije. U podatkovne aplikacije spadaju klasične internetske korisničke usluge poput elektroničke pošte, usluge pretraživanja pohranjenih informacija i prijenos datoteka. Navedene aplikacije vrlo su tolerantne na mrežne parametre poput kašnjenja, varijacije kašnjenja te na gubitke paketa. U slučaju bilo kakve pogreške u prijenosu odredište će zatražiti ponovni prijenos od izvora. Podatkovne aplikacije također toleriraju smanjenje dodijeljene širine prijenosnog pojasa, zato što u slučaju smanjivanja propusnosti dolazi samo do smanjenja brzine uspješno prenesenih bitova.

Važno je spomenuti postojanje velike asimetrije u prijenosu kod podatkovnih aplikacija poput prijenosa datoteka koja se događa zato što korisnik prema poslužitelju šalje samo zahtjev za datotekom dok *server* vraća kompletnu datoteku.

Internet je javno dostupna globalna paketna podatkovna mreža koja zajedno povezuje računala i računalne mreže korištenjem Internet protokola (engl. *Internet protocol* - IP). To je mreža koja se sastoji od milijuna kućanskih, akademskih, poslovnih i vladinih mreža koje međusobno razmjenjuju informacije i usluge kao što su elektronička pošta, čavrljanje (engl. *chat*) i prijenos datoteka te povezane stranice i dokumente *World Wide Web*-a. Upravo zbog navedenih uloga, može se reći da je Internet višeuslužna mreža. Iako postoji puno aplikacija u sklopu Interneta, u nastavku će biti prikazane samo bitne aplikacije ovog rada. Podatkovne aplikacije odnose se na mrežno pretraživanje, elektroničku poštu, prijenos datoteka koje uključuju prijenos podataka (engl. *Hypertext Transfer Protocol* - HTTP i engl. *File transfer protocol* - FTP), mrežne igre te video aplikacije koje ne zahtijevaju prijenos u stvarnom vremenu tzv. *streaming* [1].

Prijenos podataka omogućuje korisnicima dijeljenje memorijskih resursa, odnosno pohranjivanje, pregledavanje te prijenos ovisno o potrebama korisnika. Za prijenos datoteka koristi se protokol FTP koji se nalazi u aplikacijskom sloju TCP/IP složaja protokola (engl. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* – TCP/IP) [2].

Količina ostvarenog podatkovnog prometa zahvaća mrežni promet te ispituje stavke istog, kako bi se pobliže izmjerila količina ostvarenog podatkovnog prometa po mreži (fiksna, mobilna) te prometa po kategorijama. Prethodno navedenom procesu pomaže sustav za profiliranje prometa temeljen na protoku informacija, a takav sustav, razvijen kroz analizu

mrežnog prometa koristi tehnike za prikupljanje, spremanje i analiziranje informacija mrežnog prometa. S obzirom na povećanje količine ostvarenog podatkovnog prometa iz godine u godinu dolazi se do zaključka da bi količina ostvarenog podatkovnog prometa do 2021. godine trebala rasti eksponencijalno, te bi prema proračunima *Cisco Visual Networking Indexa* količina generiranog prometa u 2021. trebala doseći 278 EB po mjesecu, što bi značilo trostruko veću količinu generiranog prometa u odnosu na sadašnju [3].

2.1. Elektronička pošta

Elektronička pošta je usluga prijenosa poruka koja prvenstveno omogućava prijenos tekstualnih poruka između korisnika. Osim što korisnik može poslati tekstualnu poruku ima i mogućnosti slanja slika ili nekog dokumenta odnosno prilog. Temelji se na SMTP (engl. *Simple mail transfer protocol*) i POP3 (engl. *Post Office Protocol version 3*) protokolima. Da bi se mogla koristiti ova usluga potrebno je imati *mail* adresu koja je prepoznatljiva po znaku @ koji se nalazi između korisničkog imena i adrese mail poslužitelja. Postoji više programa za slanje i primanje elektroničke pošte kao što su npr. Outlook Express i MS Outlook.

Svaka poruka je precizno oblikovana i sastoji se od zaglavlja i tijela. U zaglavlje spada adresa pošiljatelja, adresa primatelja i kratak naslov poruke odnosno predmet poruke. Neka od mogućih zaglavlja su datum poruke, informacija o tome kome se poruka prosljeđuje na uvid, informacija koja služi za praćenje pošiljke te mnoge druge opcije [3], [4].

2.2. *World Wide Web*

Usluga pretraživanja informacija ili WWW (engl. *World Wide Web*) omogućuje korisniku pristup raznovrsnim informacijama i podacima u obliku teksta, slike ili videa odnosno audio formata. WWW je jedna od najkorištenijih usluga Interneta koja omogućava dohvaćanje hipertekstualnih dokumenata koji su povezani tzv. hiperveze. WWW temelji se na modelu klijent-poslužitelj. Izvedba usluge klijent-poslužitelj bazira se na dva procesa koji se zasnivaju na nizu zahtjeva klijenta i odgovora poslužitelja, gdje poslužitelj ima mogućnost posluživati više klijenata istovremeno. Klijent šalje zahtjev, odnosno traži uslugu, dok poslužitelj potom obrađuje te šalje rezultate obrade zahtjeva nazad klijentu. Kako bi razmjena

uopće bila izvediva, klijent i poslužitelj moraju koristiti standardni format podataka i protokol [3], [4].

U tablici 1 prikazana je količina ostvarenog prometa u 2016. godini kao i predviđenog prometa do 2021. godine. kojeg su generirale ili će generirati aplikacije kao što su *web*, elektronička pošta te podatkovne aplikacije prijenosa datoteka. U tu količinu podataka uključeni su i podaci koje generiraju aplikacije za preuzimanje video sadržaja, a koje nisu obuhvaćene u promet od Internet video aplikacija. Ova kategorija uključuje promet generiran od strane pojedinačnih korisnika *web*-a. Korisnik *web*-a definiran je kao korisnik koji pristupa *web*-u korištenjem računala i prijenosnog računala kod kuće, u školi, u Internet kafiću ili na nekoj drugoj lokaciji, a da nije poslovna lokacija. Može se vidjeti kako će se godišnji promet po mreži, kao i ukupan korisnički promet tijekom godina povećavati (složena godišnja stopa rasta).

Tablica 1. Ukupni ostvareni i predviđeni promet od podatkovnih aplikacija za individualne korisnike u razdoblju od 2016. do 2021. godine

	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**Složena godišnja stopa rasta**
Promet po mreži (Peta Byte-a mjesečno)							
Fiksna mreža	6 795	7 467	8 569	9 610	10 706	11 337	11%
Mobilna mreža	2 263	3 214	4 295	5 509	6 896	8 201	29%
Ukupan korisnički promet (Peta Byte-a mjesečno)	9 059	10 681	12 864	15 120	17 502	19 538	17%

Izvor: [3]

2.3.Dijeljenje datoteka

Dijeljenje datoteka je proces dijeljenja ili nuđenja pristupa digitalnim informacijama ili resursima, uključujući dokumente, multimediju (audio/video), grafiku, računalne programe, slike i elektroničke knjige. To je privatna ili javna distribucija podataka ili resursa u mreži s različitim razinama dijeljenja ovisno o privilegiji. Dijeljenje datoteka može se izvršiti pomoću nekoliko metoda, a jedne od najčešćih tehnika pohrane, distribucije i prijenosa datoteka

uključuju sljedeće WWW, distribuirane *peer–to-peer* (P2P) mreže te izmjenjivih uređaja za pohranu. Dijeljenje datoteka višenamjenska je značajka računalnih usluga koja zamjenjuje prijenosne medije korištenjem mrežnih protokola za dijeljenje datoteka, kao što je FTP. Operacijski sustavi također omogućavaju metode dijeljenja datoteka, kao što je sustav za dijeljenje datoteka u mreži (engl. *Network File System* NFS). Većina zadataka za dijeljenje datoteka koristi dva osnovna skupna mrežna kriterija, a to su:

- P2P: ovo je najpopularnija, ali kontroverzna metoda dijeljenja datoteka zbog korištenja P2P softvera. Korisnici mrežnih računala pronađu dijeljene podatke sa softverom treće strane. P2P dijeljenje datoteka korisnicima omogućuje izravno pristupanje, preuzimanje i uređivanje datoteka. Neki softver treće strane olakšava dijeljenje P2P prikupljanjem i segmentiranjem velikih datoteka u manje komade.
- Usluge *hostinga* datoteka: ova P2P alternativa usluge dijeljenja datoteka pruža širok izbor popularnih *online* materijala. Te su usluge prilično često korištene s metodama internetske suradnje, uključujući elektroničku poštu, blogove, forume ili druge medije, gdje se mogu uključiti izravne hiperveze za preuzimanje datoteka korištenjem usluge *hostinga*. Ove uslužne *web* stranice uglavnom poslužuju datoteke kako bi korisnicima omogućili da ih preuzimaju.

Kada korisnici preuzimaju ili koriste datoteku preko mreže za dijeljenje datoteka, njihovo računalo postaje dio te mreže i drugi korisnici mogu preuzimati datoteke s korisničkog računala. Dijeljenje datoteka općenito je nezakonito, osim dijeljenja materijala koji nije zaštićen autorskim pravima ili vlasničkim pravima. Drugi problem s aplikacijama za dijeljenje datoteka problem je *spywarea* ili *adwarea*, budući da neke *web* stranice za razmjenu datoteka imaju *spyware* programe na svojim *web* stranicama. Ti se *spyware* programi često instaliraju na korisnička računala bez njihovog pristanka i znanja [3], [5].

Tablica 2 prikazuje količinu ostvarenog i predviđenog podatkovnog prometa generiranog P2P uslugom prijenosa podataka korištenjem aplikacija kao što su BitTorrent i eDonkey te *web* baziranog dijeljenja datoteka u razdoblju od 2016. do 2021. godine. Može se vidjeti velik udio P2P podatkovnog prometa zajedno sa Internet prometom *video-to-PC* (engl. *Personal Computer*) te *internet-to-TV* (engl. *Television*) kategorijama. Zanimljivo je primijetiti kako godišnja stopa rasta prometa po fiksnoj mreži iznosi 0% dok je za mobilnu

mrežu 8%. Bitno je i primijetiti i kako je godišnja stopa rasta kod P2P prometa negativna, te iznosi – 6%.

Tablica 2. Globalni ostvareni i predviđeni promet dijeljenih datoteka pojedinačnih korisnika u razdoblju od 2016. do 2021. godine

	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**Složena godišnja stopa rasta**
Promet po mreži (Peta Byte-a mjesečno)							
Fiksno	6 599	6 773	6 679	6 517	6 353	6 552	0%
Mobilno	29	37	38	36	35	43	8%
Promet prema kategoriji (Peta Byte-a mjesečno)							
P2P	5 376	52 49	4 845	4 334	3 807	3 858	-6%
Ostale prenosive datoteke	1 252	1 561	1 873	2 220	2 581	2 737	17%
Ukupan korisnički promet (Peta Byte-a mjesečno)	6 628	6 810	6 717	6 554	6 388	6 595	0%

Izvor : [3]

2.4. Mrežne igre

Mrežne igre su natjecateljska aktivnost koja uključuje vještinu, šansu ili izdržljivost od dvije ili više osoba koje igraju prema skupu pravila, obično za zabavu ili za gledatelje. Kada se govori o količini ostvarenog podatkovnog prometa tijekom mrežnog igranja, neke od najvećih mrežnih igara generiraju malu količinu podataka u usporedbi sa aplikacijama *streaming* HD (engl. *High-definition*) videa ili čak aplikacijama za prijenos visokokvalitetnog zvuka. Dok 4K *streaming* video generira čak 7 GB podatkovnog prometa po satu, a visokokvalitetni *audio streaming* može generirati čak do 125 MB podatkovnog prometa po satu, no određene mrežne igre generiraju samo 10 MB podatkovnog prometa po satu. Postoje određene igre koje se mogu igrati same koje i dalje koriste podatke zbog ažuriranja igre. Općenito govoreći, igre koje koriste namjenske poslužitelje generiraju manje megabajta podatkovnog prometa po satu. Za igre koje koriste P2P *hosting*, igrač određen kao domaćin generira znatno više podatkovnog prometa u odnosu na druge povezane igrače jer je njihova veza odgovorna za slanje i primanje svih potrebnih ažuriranja. Iako općenito igranje igara na mreži često ne generira velik podatkovni promet, preuzimanje digitalnih igara, sadržaja i

DLC-a (engl. *Downloadable content*) može dovesti do toga da se zahtjev za generiranjem podataka povećava [3][6].

2.5. Internet video

Internetski videozapis ili mrežni videozapis je videozapis prenesen putem Interneta. Uz izuzetak internetske podkategorije *video-to-TV*, sve se podkategorije internetskih videozapisa sastoje od *On-line* videozapisa koji se preuzimaju ili emitiraju u svrhu gledanja na zaslonu računala. Internet video na TV je internetska isporuka videozapisa na TV zaslon preko *Set-Top Box* (STB) ili ekvivalentnog uređaja. Veći dio *stream*-anih ili preuzetih videozapisa putem Interneta sastoji se od besplatnih isječaka, epizoda i drugih sadržaja koje nude tradicionalni proizvođači sadržaj poput filmskih studija i televizijskih mreža.

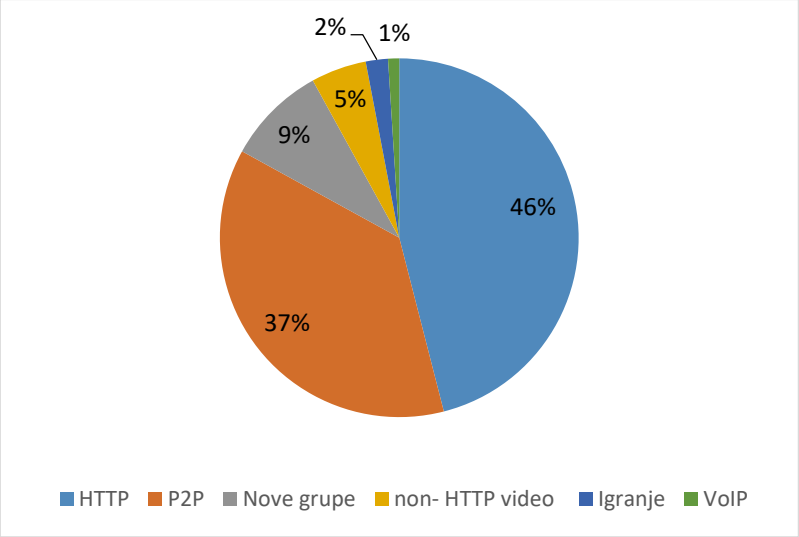
U tablici 3 prikazana je količina ostvarenog i predviđenog podatkovnog prometa generiranog od internetskih videozapisa po pojedinačnom korisniku. Vidljivo je da je godišnja stopa rasta prometa za fiksnu mrežu iznosi 27% dok se u mobilnoj mreži očekuje povećanje prometa čak za 55% godišnje.

Tablica 3. Globalni ostvareni i predviđeni promet od Internet video aplikacija pojedinačnih korisnika u periodu od 2016. do 2021. godine

	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**Složena godišnja stopa rasta**
Promet po mreži (Peta Byte-a mjesečno)							
Fiksno	38 369	51 022	65 413	83 172	103 341	125 988	27%
Mobilno	3 660	6 094	9 696	15 010	22 512	33 173	55%
Promet prema kategoriji (Peta Byte-a mjesečno)							
Video	29 325	39 518	51 722	68 279	89 181	116 905	32%
Internet video na televiziji	12 704	17 598	23 387	29 903	36 672	42 255	27%
Ukupan korisnički promet (Peta Byte-a mjesečno)	42 029	57 116	75 109	98 182	125 853	159 161	31%

Izvor : [3]

Podatkovne aplikacije generiraju veliku količinu podatkovnog prometa, kao što je vidljivo u prethodnim tablicama. Neke aplikacije generiraju više neke manje, te shodno tome na grafikonu 1 prikazan je postotak količine ostvarenog podatkovnog prometa svake aplikacije zasebno. Kao što je vidljivo, HTTP generira do 46% podatkovnog prometa, P2P 37%, nove grupe do 9%, *non- HTTP video streaming* 5%, igranje mrežnih igara 2% i na zadnjem mjestu je VoIP (engl. *Voice over Internet protocol*) koji generira samo 1% ukupno ostvarenog prometa [7] .



Grafikon 1. Struktura ukupno ostvarenog prometa u 2016.

Izvor: [7]

3. PONAŠANJE PODATKOVNIH APLIKACIJA

Ponašanje podatkovnog prometa u višeuslužnoj mreži je veoma zahtjevno za razumjeti. Kako bi se lakše razumjelo ponašanje prometa na Internetu potrebno je uključiti ponašanje aplikacija. Postoje stotine tisuća aplikacija koje generiraju podatkovni promet. Podatkovne aplikacije se razlikuju po brojnim parametrima, pa čak i iste aplikacije mogu koristiti različita izdanja aplikacije te na taj način imati različito ponašanje i zahtijevati različite parametre kvalitete usluge i propusnost.

Podatkovne aplikacije moguće je podijeliti na više načina. Jedan pristup podjeli aplikacija pod nazivom „BLINC“ razvijen je kako bi klasificirao tok podatkovnog prometa baziran na kategorijama aplikacija, a one su: *web*, P2P, *streaming*, mrežne igre i slično. Drugi pristup podjeli aplikacija opisuje metodologiju klasifikacije podatkovnog prometa koji je podijeljen u četiri klase: interaktivne aplikacije, *bulk-data transfer* aplikacije, *streaming* te transakcijske aplikacije. Još jedan pristup podjeli aplikacija podatkovnog prometa je *„Bayesian classification“* koja svrstava aplikacije u klase: *bulk, database,* interaktivne aplikacije, elektronička pošta, *web* usluge, WWW, P2P, *attack*, mrežne igre i multimedijske aplikacije [8].

Prema „CISCO“ podjeli kvalitete usluge (engl. *Quoality of Service* – QoS) podatkovne aplikacije se dijele prema klasama: *Best Effort Data*, *Bulk Data*, transakcijska/interaktivna klasa podataka te klasa lokalno-definiranih kritičnih podataka [9].

3.1. *Best Effort Data*

Best Effort klasa je zadana klasa za sav podatkovni promet. Kada je riječ o QoS potrebama za korištenje *Best effort* prometa podataka „CISCO“ preporučuje da se dodijeli odgovarajuća širina prijenosnog pojasa *Best Effort* klasi, pošto je ova klasa zadana većini aplikacija te je potrebno rezervirati najmanje 25% širine prijenosnog pojasa. Budući da velika poduzeća imaju nekoliko stotina, ako ne i tisuća podatkovnih aplikacija koje se pokreću preko njihovih mreža (od kojih većina ima zadanu *Best Effort* klasu) potrebno je osigurati odgovarajuću propusnost kako bi se obradile sve aplikacije uključene u tu klasu. U suprotnom će aplikacije kojima je zadana ova klasa biti nadjačane, što rezultira povećanjem broja poziva frustriranih korisnika mrežnom *help desk*-u. *Best Effort* promet koristi se na Internetu

posljednjih trideset godina iako ne funkcionira savršeno. Jednostavan *Best Effort* promet podržava sve od dijeljenja jednostavne datoteke i slanja elektroničke pošte pa do *web* podatkovnog prometa, video i audio *streaming*-a te glasovne komunikacije. Korištenjem Interneta pokazala se značajna vrijednost mehanizma *Best Effort* prometa koji dopušta svim korisnicima da dobiju dio zatraženog resursa te sprječava zagušenje prometa [9], [10].

3.2. *Bulk Data*

Bulk Data klasa namijenjena je aplikacijama koje su relativno neinteraktivne i neosjetljive na ispuštanje paketa te obično obuhvaćaju operacije tijekom dugog vremenskog razdoblja i pozadinske pojave. To su aplikacije koje generiraju veliku količinu prometa. Takve aplikacije uključuju sljedeće: FTP, elektroničku poštu, sigurnosne operacije, operacije sinkronizacije ili repliciranja baze podataka, distribuciju sadržaja i bilo koju drugu vrstu pozadinskih operacija. *Bulk Data* aplikacije mogu dinamički iskoristiti neiskorištenu širinu pojasa i time ubrzati njihov rad izvan uobičajenog razdoblja generiranja najveće količine prometa. Svojstva aplikacija *Bulk Data* klase su prijenos velikih datoteka te pozivanje na TCP upravljanje zagušenjem [9].

3.3. Transakcijski/interaktivni podaci

Transakcijsko/interaktivna klasa podataka je kombinacija dvije slične vrste aplikacija: aplikacije klijent-poslužitelj transakcijskih podataka i aplikacije za interaktivne poruke. Prema zahtjevu za vrijeme odziva razlikuju se klijentsko-poslužiteljske aplikacije od generičkih klijentsko-poslužiteljskih aplikacija. Na primjer, kod aplikacija klijent-poslužitelj transakcijskih podataka kao što su „SAP“, „PeopleSoft“ i „Data Link Switching“, pri kojima je transakcija primarna operacija, korisnik prvotno mora čekati da se operacija izvrši prije nastavka za razliku od generičkih klijentsko-poslužiteljskih aplikacija. Transakcijske aplikacije obično koriste model protokola klijent-poslužitelj. Korisnik inicira upite na temelju klijenta, nakon čega slijedi odgovor poslužitelja. Odgovor na upit može se sastojati od mnogo poruka između klijenta i poslužitelja te se može sastojati od mnogo TCP i FTP sesija koje se istodobno izvode (npr. Aplikacije temeljene na HTTP-u). Za promet koji generiraju

transakcijske aplikacije potrebno je osigurati odgovarajuću širinu pojasa za interakciju tj. primarne operacije koje podupiru [9].

3.4. Lokalno-definirani kritični podaci

Klasa lokalno-definiranih kritičnih podataka je klasa čije su aplikacije najčešće svrstane u ostale klase prema parametrima kvalitete usluge. Pojam „lokalno-definirani“ koristi se za naglašavanje svrhe ove klase, što znači da svako poduzeće ima vrhunsku klasu usluge za odabrani podskup njihovih aplikacija kod koje transakcijski podaci imaju najviši prioritet poslovanja. Budući da kriterij za opis ove klase nisu tehnički određuje se relevantnošću poslovanja i organizacijskim ciljevima. Odluke o tome koje aplikacije treba dodijeliti ovoj posebnoj klasi lako može postati predmetom organizacijske i političke rasprave. Shodno tome „CISCO“ preporuča dodjelu što je manje moguće aplikacija ovoj klasi [9].

U Tablici 4 su prikazane podatkovne aplikacije podijeljene prema određenim klasama. Iz tablice se redom iščitavaju primjeri aplikacija i veličine paketa/poruke. Kao što je vidljivo interaktivni podaci imaju najmanju veličinu poruke između 100 B i 1 KB, dok transakcijski podaci ima najveću veličinu poruke od 1 MB do 50MB .

Tablica 4. Prikaz podatkovnih aplikacija podijeljenih prema klasama

Klasa aplikacije	Primjer aplikacije	Veličina paketa/poruke
Interaktivni podaci	Preuzimanje FPT grafičkog, video sadržaja, Telnet, Citrix, Oracle Thin-Clients AOL Instant Messanger Yahoo Instant Messanger PlaceWare (konterencija) Netmeeting Whiteboard	Prosječna veličina poruke < 100 B Maksimalna veličina poruke < 1 KB
Transakcijski podaci	SAP, PeopleSoft (Vantive), Oracle, kupnja putem Interneta, B2B, Oracle 8i baze podataka, Microsoft SQL, DSLw+ BEA sustavi, Ariba Buyer, i2, Siebel, E.piphany, IBM Bus 2 Bus	Ovisi o aplikaciji veličina poruke je od 1 KB do 50 MB
Bulk Data	Sinkronizirane baze podataka, Mrežne sigurnosne kopije, Lotus Notes, Microsoft Outlook, Preuzimanje elektroničke pošte (SMTP, POP3, IMAP, razmjena (engl. *Exchange*)), Distribucija video sadržaja, Veliki prijenos FTP datoteka	Prosječna veličina poruke je 64 KB ili veća
Best Effort Data	Sveopći kritični promet, HTTP Web pretraživanje i ostali razni promet	

Izvor: [9]

4. ANALIZA ZAHTJEVA ZA KAPACITETOM

Podatkovni promet realizira se prometnicama koje se mogu promatrati s obzirom na područje njihova geografskog obuhvata, a on čini: Lokalne mreže (engl. *Local Area Network* - LAN), Gradske/međugradske mreže (engl. *Metropolitan Area Network* - MAN), mreže državne i međudržavne razine (engl. *Wide Area Network* - WAN). Zahtjevi za prijenosnim kapacitetima „prometnica" bitno ovise o tome jesu li aplikacije kratke dijaloške (osjetljive na kašnjenje), prijenos velikih datoteka (manje ili potpuno neosjetljivi na kašnjenje) i/ili zahtjevne u vezi s pouzdanošću i točnošću (npr. SAP, Oracle) [11].

Analiza zahtjeva za kapacitetom koristi se u svrhu predviđanja mrežnih performansi potrebnih za uspješan i učinkovit rad bilo koje vrste mreže, pa tako i višeuslužne telekomunikacijske mreže. Uspješnost pojedine mreže ovisi o optimalnoj iskorištenosti mrežnih kapaciteta, što rezultira potrebom za točno predviđanje veličine prometnog toka na pojedinoj grani kako ne bi došlo do zagušenja ili generiranja premale količine prometa koji ne bi opravdao postojanje te grane. Prometni tok može se definirati kao niz prometnih paketa od izvornog računala do željene destinacije, koja može biti *hosting* mreža, višenamjenska grupa ili određena domena. Za dizajniranje pouzdane mreže jako je važno iskoristiti prometni model koji najbolje (najbliže stvarnosti) opisuje prometni tok. Kako bi bio odabran pravilni prometni model potrebno je poznavati prometne karakteristike mreže. Prometni tokovi generirani su od podatkovnih, govornih i video aplikacija [12].

S obzirom na to da svaka vrsta aplikacije generira različiti prometni tok, prometni tokovi se mogu podijeliti na:

- Elastične prometne tokove – generirani su od podatkovnih aplikacija (prijenos podataka, elektronička pošta, WWW i sl.) te prilagođavaju brzinu prijenosa sukladno raspoloživom kapacitetu. Takva vrsta podatkovnih aplikacija generira većinu internetskog prometa. Elastični prometni tok jednostavno je okarakteriziran veličinom datoteke koja će biti prenesena. Vrijeme potrebno za prijenos datoteke ovisi o broju izlaznih prometnih tokova na svim rutama te predstavlja primarni kriterij kvalitete elastičnih prometnih tokova.
- Prometne tokove koji prenose podatke strujanjem, a generirani su od govornih i video aplikacija te imaju zahtijevanu brzinu kojom moraju biti preneseni, a istu

mreža mora održavati. Krucijalne karakteristike prometnih tokova koji prenose podatke strujanjem su trajanje i brzina prijenosa govora i videa [12].

4.1. Osnovni mehanizmi QoS-a

Vlastiti mehanizmi QoS-a omogućuju da parametri pojedinih usluga ostanu u zadovoljavajućim omjerima. Ti mehanizmi koriste funkcije poput rezervacije zahtijevanog prijenosnog pojasa, tablice rutiranja, identifikacije klase usluga, rutiranja s prioritetom i mnoge druge. Postoje dva mehanizma koji se upotrebljavaju u svrhu osiguravanja dopuštenih ili ugovorenih vrijednosti parametara kvalitete usluge. To su: *IntServ* (engl. *Integrated Services*) model i *DiffServ* (engl. *Differentiated Services*) model.

4.1.1. *IntServ* mehanizmi

IntServ mehanizmi temeljeni su na protokolu koji se koristi za rezervaciju resursa (engl. *Resource Reservation Protocol* - RSVP) za pojedini tok paketa ili za višestruke tokove paketa. Za osiguravanje resursa se koristi poruka pomoću koje se najavljuje zahtjev za rezervacijom resursa (engl. *path message*) te poruka pomoću koje se rezervacija resursa obavlja (engl. *resv message*). Kada kontrola pristupa omogući toku ulazak u mrežu, dodjeljuje mu se zahtijevani kapacitet i osiguravaju mu se vrijednosti parametara kvalitete. Prema *IntServ* konceptu definiranu su dvije klase usluga: Jamčene usluge (engl. *Guaranteed Service*) i usluge s kontroliranim opterećenjem (engl. *Controlled Load Service*). Jamčene usluge su namijenjene za vremenski osjetljive aplikacije te definiraju najveće dopušteno kašnjenje i minimalnu propusnost na mrežnim elementima od početka do kraja mreže. Usluga s kontroliranim opterećenjem je namijenjena za usluge koje su osjetljive na preopterećenje i omogućuje dijeljenje zajedničkog propusnog opsega između više prometnih tokova u uvjetima velikog opterećenja mreže. Korištenjem ovog mehanizma se postiže precizno definiranje zahtjeva te realizacija tražene razine QoS-a, ali se unosi veliko dodatno opterećenje zbog čuvanja i ažuriranja stanja svakog toka u svim ruterima. Upravo zbog toga se primjena ovog mehanizma ne preporuča u velikim mrežama [13].

4.1.2. *DiffServ* mehanizmi

DiffServ mehanizmi se temelje na pretpostavci da je Internet skup neovisnih mreža koje su upravljane od strane jednog davatelja usluga (engl. *Internet Service Provider* -ISP). Primarni cilj razvoja ovoga modela je osiguranje QoS-a za korisnike mreže. *DiffServ* arhitektura sastavljena je od mnoštva elemenata kao što su krajnji elementi i elementi jezgrene mreže. Temelji se na jednostavnom modelu gdje se promet, koji prolazi kroz *DiffServ* mrežu, klasificira u različite klase usluga te označuje na granicama mreže. Nakon što se paketi klasificiraju na granici mreže, prosljeđuju se kroz čvorove jezgrene mreže prema PHB (engl. *Per-Hop Behaviors*). PHB se implementira u čvorove jezgrene mreže i definira kako se tretira promet koji pripada određenoj skupini. Posluživanje paketa u čvorovima jezgrene mreže se temelji na informacijama koje se nalaze u DSCP (engl. *Differentiated Service CodePoint - DSCP*) polju. DSCP je polje IP zaglavlja čija lokacija ovisi o verziji IP protokola. Paketi koji imaju isti tretman odnosno istu DSCP vrijednost i putuju istim smjerom, formiraju skupinu prema kojoj se jednako ponaša. *DiffServ* arhitektura definira dva tipa PHB: PHB s ubrzanim proslijeđivanjem (engl. *Expedited Forwarding*) te PHB sa sigurnim prosljeđivanjem (engl. *Assured Forwarding*). PHB s ubrzanim prosljeđivanjem je posluživanje koje garantira vršni protok i koristi se da osigura kvalitetu od jednog do drugog kraja mreže s malim gubicima, kašnjenjem, kolebanjem kašnjenja i garantiranim propusnim opsegom. PHB sa sigurnim prosljeđivanjem pruža relativne garancije QoS-a jer je predviđeno postojanje više klasa unutar kojih se određuju prioriteti s ciljem sprečavanja dugotrajnog zagušenja mreže [13].

4.2. Načela čekanja u redu i odbacivanja paketa

Budući da mnoga poduzeća imaju nekoliko stotina, ako ne i tisuća podatkovnih aplikacija koje se pokreću preko njihovih mreža potrebno je osigurati adekvatnu propusnost, u svrhu obrade velike količine aplikacija. Preporučeno je rezervirati najmanje 25 % širine prijenosnog pojasa veze za *Best Effort* klasu. Osim *Best Effort* klase koja zahtjeva posebnu širinu prijenosnog pojasa postoje i klase najviše razine stvarno-vremenskog (engl. *realtime*) prometa i klasa striktnog prioriteta (engl. *strict priority*). Širina prijenosnog pojasa dodijeljena stvarno-vremenskoj klasi prometa je promjenjiva. Ukoliko je strogom redu čekanja dodjeljena prevelika količina prometa, tada ukupni učinak smanjuje QoS funkcionalnost za aplikacije koje nisu u stvarnom vremenu (engl. *non-realtime*). Cilj konvergencije je omogućiti glasu,

videu i podacima da transparentno koegzistiraju u mreži. Kada stvarno-vremenske aplikacije kao što su glas ili interaktivni video dominiraju vezom, tada podatkovne aplikacije znatno osciliraju u vremenima odziva, uništavajući time transparentnost mreže. Testiranjem je pokazano znatno smanjenje vremena odziva podatkovnih aplikacija kada stvarno-vremenski promet premašuje trećinu širine prijenosnog pojasa veze. Opsežna ispitivanja i povratne informacije korisnika pokazali su da je uglavnom najbolje ograničiti količinu strogih prioritetnih redova na 33 % širine prijenosnog pojasa veze. Ovo pravilo sa strogim prioritetnim redovima je konzervativan i siguran dizajn za ujedinjavanje stvarno-vremenskih aplikacija sa podatkovnim aplikacijama. Mogu postojati slučajevi u kojima se određeni poslovni ciljevi ne mogu ispuniti uz pridržavanje ove preporuke. U takvim slučajevima poduzeća moraju dodijeliti širinu prijenosnog pojasa prema njihovim potrebama. Međutim važno je napomenuti kako veće širine prijenosnog pojasa stvarno-vremenskih aplikacija imaju negativan učinak na vrijeme odgovora za aplikacije koje nisu u stvarnom vremenu [9].

4.3. Metode dodjele kapaciteta

U mreži s komutacijom paketa gotovo je nemoguće predvidjeti koliko će korisnika, kada i u kojoj količini početi slati poruke pa se događa da su neki dijelovi mreže zagušeni, a neki ne. Postavljanjem memorije za prihvat paketa moguće je ublažiti nepoželjne posljedice naglog povećanja mrežnog prometa i gomilanja paketa na vezama. Veoma je bitno osigurati zahtijevani kapacitet, minimalno kašnjenje i kolebanje kašnjenja te se to postiže pravilnim dimenzioniranjem kapaciteta odlazne veze i pravilnom raspodjelom kapaciteta pojedinim tokovima. Kojim redoslijedom će paketi biti posluženi ovisi o disciplini posluživanja, odnosno pravilu prema kojem se odabiru i poslužuju paketi. Neke od metoda dodjela kapaciteta su: metoda prioriteta prema vremenskom redoslijedu prijave (engl. *First come – first served* - FCFS), prioritetno posluživanje (engl. *Priority Queuing* -PQ) i kružno posluživanje (engl. *Round Robin* - RR) [13].

4.3.1. Metoda prioriteta prema vremenskom redoslijedu prijave (FCFS)

Politika FCFS metode je da se ide od prvog do zadnjeg po redoslijedu. Drugi naziv za ovu metodu je FIFO (engl. *First-In First-Out*). Metoda FCFS funkcionira na principu da prvi paket koji stigne u red čekanja, čeka na posluživanje i nastavlja put prema odredištu. U slučaju da se zbog zagušenja paketi ne mogu proslijediti na izlazno sučelje tada se spremaju u međuspremnik. Nakon oslobađanja mrežnih resursa ti se paketi uzimaju iz međuspremnika redoslijedom kojim su i u njega ušli. Ponekad je zagušenje toliko da niti memorija međuspremnika nije dovoljna za pohranu. U tom slučaju dolazi do odbacivanja paketa.

4.3.2. Posluživanje s prioritetom

PQ metoda daje prioritetnim redovima čekanja preferenciju ispred niskoprioritetnih redova čekanja. Važni prometni podaci kojima je dodijeljen najviši prioritet uvijek imaju prednost naspram manje bitnih prometnih podataka. Dolazni paketi podataka svrstavaju se prema specifičnim kriterijima korisnika u jedan od četiri izlazna reda čekanja: visoko prioritetni, srednje prioritetni, normalni te paketi manjeg prioriteta te se zadržavaju u međuspremniku. Red čekanja visokog prioriteta skenira se prvi, zatim red srednjeg prioriteta itd. Paket na početku reda najvišeg prioriteta odabire se za prijenos. Ovaj postupak ponavlja se svaki put prilikom slanja paketa. U slučaju zagušenja odbacuju se oni paketi iz reda čekanja s manjim prioritetom. Problemi nastaju ako je previše paketa višeg prioriteta jer u toj situaciji paketi manjeg prioriteta uopće ne bivaju poslani. U svrhu sprječavanja zagušenja prometa niže klasifikacije u odnosu na višu PQ se koristi u kombinaciji s mehanizmima za ograničavanje kapaciteta. Njime se paketima višeg prioriteta osigurava izvjesni postotak prijenosnog pojasa, nakon čega se prazne redovi paketa nižeg prioriteta [14].

4.3.3. Kružno posluživanje (RR)

RR je među najjednostavnijim algoritmima dodjele kapaciteta resursa, odnosno algoritama raspoređivanja posluživanja (engl. *Scheduling algorithms*). Karakteristika ovog algoritma je da doznačuje kapacitet resursa svakom toku određeni jednaki dio vremena i da to čini u kružnom procesu bez davanja prioriteta određenom toku. Postoje dva načina rada ovog algoritma:

- *Weighted Round Robin* (WRR) je način rada RR algoritma razvijen kako bi otklonio nedostatak nemogućnosti postavljanja prioriteta za redove čekanja. Ima mogućnost dodjeljivanja određenog prioriteta bilo kojem redu čekanja prema kojem će ti redovi biti posluženi.
- *Deficit Weighted Round Robin* (DWRR) predstavlja alternativu WRR te radi na principu da pušta definirani broj okreta, iz svakog reda čekanja. Nakon što je poslužen definirani broj okteta prelazi se u sljedeći red čekanja [13], [15].

5. UTJECAJ SMANJENJA PROPUSNOSTI NA KVALITETU USLUGE PRIJENOSA PODATAKA

Postoje različiti zahtjevi za kvalitetom usluge ovisno o aplikaciji. Neke od aplikacija na transportnom sloju koriste TCP, a neke UDP (engl. *User Datagram Protocol*) protokol. Neki zahtjevi su osjetljiviji na kašnjenje dok većina nije, neki zahtijevaju visoku propusnost, dok neki zahtijevaju veliku sigurnost pri prijenosu podataka. U višeuslužnim mrežama postoji niz aplikacija koje zahtijevaju različite performanse mreže (engl. *Network performanse* - NP). Svaka aplikacija ima određene zahtjeve za kvalitetom usluge kako bi usluga bila zadovoljavajuća za korisnika. Osim što su pojedine aplikacije osjetljivije na neke parametre, na neke parametre imaju veću toleranciju.

5.1. Širina prijenosnog pojasa i propusnost

Širina prijenosnog pojasa (engl. *bandwidth*) predstavlja dostupan kapacitet kanala. Definira najveću moguću brzinu prijenosa ili efektivnu odnosno pouzdanu brzinu prijenosa paketa. Efektivna širina prijenosnog pojasa definirana je pouzdanom brzinom slanja paketa kroz kanal. Ta brzina određuje se neprekidnim mjerenjem vremena potrebnog da se određena datoteka poslana sa izvora uspješno preuzme na odredištu [17].

Propusnost (engl. *throughput*) označava parametar efektivne brzine prijenosa podataka izražene 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. Ako veza ima ukupnu propusnost P koja je jednaka maksimalnom kapacitetu, korištena od strane N korisnika tada će svaki korisnik imati propusnost P/N, u slučaju da se koristi ravnopravno raspoređivanje veze. Ukoliko je potrebno da određena aplikacija korisnika ima veću propusnost dodjeljuje joj se veća širina prijenosnog pojasa [18].

5.2. Gubitak paketa

Gubitak paketa se događa za vrijeme prijenosa paketa od izvora do odredišta kroz mrežu. Gubitak paketa ima izravan učinak na kvalitetu podatka koji korisnik dobiva, bilo da

je to govor, slika, video ili datoteka. Razlog gubitka paketa (engl. *packet loss*) može biti preveliko zagušenje na nekom dijelu mreže, a najčešće je uzrok prepunjenost spremnika u čvorovima paketne mreže, tako da paketi koji pristižu u spremnik moraju biti odbačeni. Paket može biti izgubljen ukoliko se dogodila pogreška u prijenosu te ga odredište ne prepoznaje i mora ga odbaciti. Jedan od razloga može biti i preveliko kašnjenje paketa te se paketi tretiraju kao izgubljeni. Prijenos datoteka, elektronička pošta te elektroničko poslovanje su veoma osjetljivi na gubitak paketa.

5.3.Kašnjenje

Pod kašnjenjem (*delay, latency*) se podrazumijeva vrijeme prijenosa entiteta od ulaska do izlaska iz mreže. Komponente koje utječu na kašnjenje su kašnjenje na predajnom terminalu, kašnjenje u mreži, kašnjenje na odredišnom terminalu. U odnosu na ostale komponente, kašnjenje u mreži se teško predviđa jer ovisi o trenutnom opterećenju spremnika čvorova kao i o performansama, a kako su ti parametri nepoznati tako se ni kašnjenje u mreži ne može točno izračunati. Neke od komponenata kašnjenja su fiksne kao što su propagacija, procesiranje i serijalizacija. Dok u varijabilne komponente spadaju kašnjenje zbog čekanja u redovima i kašnjenje zbog varijabilne veličine paketa. Kašnjenje kod podatkovnih aplikacije je različito jer osjetljivost na kašnjenje kod elektroničke pošte, *web* pretraživanja i prijenosa datoteka je mala zato što primatelj ne zna kada mu je poruka ili paket poslan, već vidi samo kada mu je isporučen, dok kod video aplikacija i igranja mrežnih igara osjetljivost na kašnjenje je srednje zbog toga što bi korisnik koji koristi video aplikaciju kod gledanja i igranja mrežnih igara imao kratke prekide prilikom reprodukcije. Dakle, kako bi se mogle otklanjati greške, potrebno ih je najprije uspješno otkrivati. Ukoliko se i dogodi veliko kašnjenje paketa, te zbog toga bude odbačen, zahvaljujući TCP protokolu paket će biti ponovno poslan te neće utjecati na kvalitetu usluge jer se radi o relativno kratkom vremenu za podatkovne aplikacije [18], [19].

Smanjenje propusnosti rezultira davanjem prioriteta aplikacijama najvišeg prioriteta, stoga paketi aplikacija nižeg prioriteta moraju čekati u redu čekanja. Dakle najprije će se poslati paketi aplikacija najvišeg prioriteta, pa tek nakon toga paketi aplikacija nižeg prioriteta, što rezultira velikim kašnjenjem paketa za aplikacije nižeg prioriteta. Primjer takve aplikacije najvišeg prioriteta je elektroničko poslovanje koja ima veliku osjetljivost na gubitke paketa.

5.4.Kolebanje kašnjenja

Kolebanje kašnjenja nastaje zbog varijacije u međudolaznim paketima iste sesije. Kolebanje kašnjenja je uzrokovano razlikama u čekanjima u redu za susjedne pakete iste sesije kao i prolaskom paketa različitim putovima i čvorištima. Razlike u vremenima dolazaka paketa na odredište manifestiraju se kratkim prekidima u komunikaciji. Da bi se prikrile varijacije u kašnjenju dimenzioniraju se tzv. *dejitter* međuspremnici za uklanjanje kolebanja kašnjenja. Bez takvog spremnika paketa svi paketi koji stignu na odredišni paketni pristupnik mreži u neko drugo vrijeme, koje nije očekivano vrijeme dolaska paketa, morali bi biti odbačeni, što može dovesti do potencijalno neprihvatljive stope gubitaka paketa. Tipični spremnik paketa zbog ublažavanja kolebanja kašnjenja zadržava dva do četiri paketa i stoga uvodi dodatno kašnjenje od 20 do 40 ms za pakete veličine 10 ms, i 40 do 80 ms za pakete veličine 20 ms. Kolebanje kašnjenja ne bi smjelo biti veće od 60 ms (prosječna kvaliteta), dok se kolebanje kašnjenja manje od 20 ms označava komercijalnom kvalitetom. Uloga spremnika paketa je izgladiti varijacije kašnjenja koje su prisutne u paketnoj mreži. Osjetljivost podatkovnih aplikacija na kolebanje kašnjenja je zanemarivo mala [18], [19].

Različite aplikacije su osjetljive na različite parametre kvalitete i stoga je važno te parametre upotrebljavati u klasifikaciji aplikacija u klase usluga. U tablici 5 prikazani su QoS zahtjevi pojedinih aplikacija s obzirom na širinu prijenosnog pojasa, te osjetljivost na: kašnjenje, kolebanje kašnjenja i gubitke paketa.

Tablica 5. QoS zahtjevi pojedinih aplikacija

	Potrebna širina prijenosnog pojasa	**Osjetljivost na:**		
		Kašnjenje	**Kolebanje kašnjenja**	**Gubitke paketa**
IP telefonija	Mali	Veliko	Veliko	Srednje
Videokonferencija	Velik	Veliko	Veliko	Srednje
Video *streaming*	Velik	Srednje	Srednje	Srednje
Audio *streaming*	Mali	Srednje	Srednje	Srednje
Mrežne igre	Velik	Srednje	Srednje	Srednje
Elektroničko poslovanje	Srednji	Srednje	Malo	Veliko
Elektronička pošta	Mali	Malo	Malo	Veliko
Dijeljnje datoteka	Srednji	Malo	Malo	Veliko

Izvor : [16]

6. METODE MJERENJA PROMETA

Danas su internetske usluge postale sve fleksibilnije pa je samim time otežano praćenje i mjerenje prometa koji se odvija korištenjem usluga. Tako svi sustavi koji mjere količinu prometa moraju podržavati današnje brzine prijenosa preko mreže te biti spremni na sve veće brzine u budućnosti. Postoji sve više raspoređenih sustava koji mogu mjeriti promet na više načina, no također zbog poteškoća s brzinama prijenosa mreže postoje i mnoge točke mjerenja na kojima ni jedan sustav ne može izvesti mjerenja dovoljno dobro. Zbog toga uvijek postoje odstupanja u mjerenjima i mjerenja ne mogu biti u potpunosti točna, ali kako tehnika napreduje tako napreduju i instrumenti kojima se mjeri promet na Internetu te su načini mjerenja sve precizniji i daju približno točnu povratnu informaciju o brzini prijenosa koju klijent zatraži. Da bi kvaliteta podatkovnih usluga bila održiva potrebne su adekvatne metode analiziranja ponašanja podatkovnog prometa.

Četiri su glavna razloga mjerenja prometa na Internetu, a to su:

- vlasnici mreža mjere promet kako bi donijeli odluke o povećanju mreže
- davatelji Internet usluga mjere promet kako bi mogli izvršiti naplatu prema količini generiranog prometa
- mrežni administratori nadgledaju promet kako bi mogli otkriti maliciozne aktivnosti
- istraživači, mrežni operatori i proizvođači opreme uključuju se u mjerenje prometa i nadgledaju funkcioniranje različitih protokola koji se koriste u mreži.

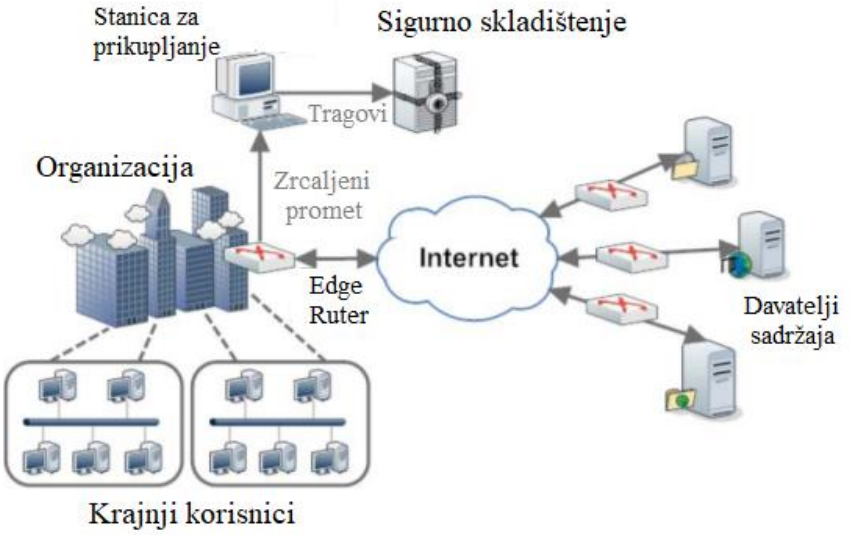
U nastavku je dan prikaz najčešće korištenih metoda mjerenja podatkovnog prometa na Internetu.

6.1. Metode mjerenja podatkovnog prometa

Prema Williamsonu [20] postoje četiri glavne metode karakteristične za mjerenje podatkovnog prometa na Internetu služe kako bi se uočili obrasci ponašanja na Internetu. Te metode mjerenja podatkovnog prometa su: Pasivno vs. Aktivno mjerenje, *Online* vs. *Offline*, *LAN* vs. *WAN* i Protokolarna analiza.

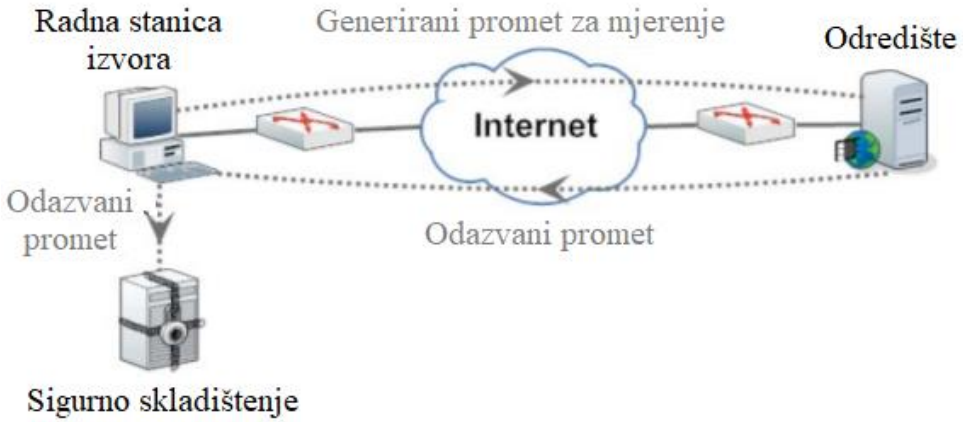
6.1.1. Pasivno vs. Aktivno mjerenje

U pasivnoj metodi prikazanoj na slici 1 snimaju se prometni paketi na mreži bez stvaranja dodatnog prometa, odnosno mjerni instrument koji se koristi je nenametljiv. Većina mjernih instrumenata spada u ovu kategoriju. Aktivni pristup prikazan na slici 2 koristi pakete koje mjerni uređaji generiraju kako bi se ispitalo ponašanje na Internetu i karakteristike tog ponašanja. Primjeri ove metode uključuju *ping* uslugu koja procjenjuje kašnjenje u mreži do određene destinacije u Internetu, *tracerout* usluga koja određuje najčešće putove u Internetu koji su korišteni pri razmjeni podataka i *pathchar* alat koji procjenjuje kapacitete veza i kašnjenje.



Slika 1. Pasivno mjerenje prometa

Izvor: [21]



Slika 2. Aktivno mjerenje prometa

Izvor: [21]

6.1.2. Online vs. Offline

Ova metoda mjerenja koristi alate koji imaju mogućnost prikupljanja podataka i analizu u stvarnom vremenu, često s grafičkim prikazima i prijenosom podataka uživo. Većina hardverski orijentiranih alata podržava ovaj pristup. Jednom kada je uređaj prikupi i spremi podatke, tada se ti podaci mogu analizirati izvan rada mreže.

6.1.3. *LAN* vs. *WAN*

Prilikom korištenja treće metode fokus je na *LAN* okruženju, iz dva razloga. Prvi razlog je što je *LAN* tipično administriran od strane dobro poznate organizacije, te je prikupljanje informacija sigurno i direktno. Drugo, *LAN* odašilje podatke na način da svaki primatelj podataka može primiti svaki paket. Kako bi se omogućilo mjerenje prometa u ovom kontekstu potrebna je jednostavna konfiguracija mrežnog sučelja koje zaprima i arhivira informacije.

6.1.4. Protokolarna analiza

Posljednja metoda funkcionira na način da prikuplja i analizira promet po različitim protokolarnim razinama. Mnogi analitičari podatkovnog prometa podupiru višeslojevitu protokolarnu analizu, ali zahtijevaju specijaliziranu mrežnu karticu za svaki pojedinačni mrežni tip [20].

6.2. Alati za praćenje prometa

Praćenje prometa jest tehnika koja neprestano prati mrežni promet i obavještava administratora kad god postoji neki prekid. Alati za nadgledanje mreže su dostupni mrežnim administratorima koji koriste različite tehnike praćenja kako bi mogli nadgledati i analizirati mrežni promet. Budući da se prosječna prometna opterećenja povećavaju, a obrasci podatkovnog prometa postaju nepredvidivi, praćenje mrežnog prometa i analiza postali su neophodni za rješavanje problema kada se dogode. Postoje različiti alati koji prate i analiziraju mrežni promet, a neki od njih su navedeni i opisani u nastavku rada.

6.2.1. *Wireshark*

Wireshark je program otvorenog koda koji može uhvatiti promet iz različitih vrsta medija. *Wireshark* je alat koji bilježi mrežne pakete i prikazuje sveobuhvatne podatke o svakom zarobljenom paketu. To pomaže administratorima odrediti koja računala pokušavaju komunicirati s uređajem. Jedna od korisnih značajki *Wireshark* programa je da prikazuje filtre. Uz to *Wireshark* podržava i više operativnih sustava. Nedostaci *Wireshark*-a su nemogućnost slanja paketa kroz mrežu i nemogućnost otkrivanja zlonamjerne aktivnosti na mreži.

6.2.2. *NTOP*

NTOP je alat koji je napisan u „C programskom jeziku“. *NTOP* također ima mogućnost daljinski nadzirati mrežni promet. Fokusira se uglavnom na: mjerenje i praćenje prometa, kršenje mrežne sigurnosti te planiranje i optimizaciju mreže. *NTOP* korisnicima pruža prikaz podataka o prometu u stvarnom vremenu. Analizom mrežnog podatkovnog toka, *NTOP* može utvrditi napadaju li hakeri mrežni sustav. Nedostatak *NTOP*-a je u tome što na njegov rad utječu i drugi procesi koji se izvode.

6.2.3. *Microsoft message analyzer*

Microsoft message analyzer je novi alat za dohvaćanje, prikazivanje i analizu prometa. Glavni zadaci alata su dohvaćanje, spremanje, pregled, filtriranje i analiziranje podataka. *Microsoft message analyzer* omogućuje analizu podataka iz zapisnika i datoteka s tragovima. Alat korisniku pruža mogućnost za snimanje podataka u realnom vremenu ili za učitavanje arhiviranih podataka iz mnoštva različitih izvora u isto vrijeme. *Microsoft message analyzer* korisniku pruža mogućnost da prikaže tragove, zapisnike i ostale podatke u više formata preglednika, uključujući zadani prikaz, kao i interaktivne alate, implementirane grafikone i komponente vizualizacijskih linija koje pružaju sažetke podataka visoke razine i statistika. *Microsoft message analyzer* ima značajku prilagodbe dijagrama preglednika podataka [22].

7. ZAKLJUČAK

Suvremeno doba sa sobom donosi razvoj tehnike i tehnologije, a život čovjeka ovog doba gotovo je nezamisliv bez računala i ostalih uređaja koji koriste podatkovne aplikacije. Istovremeno povećanje broja podatkovnih aplikacija rezultira generiranjem sve veće količine podatkovnog prometa.

U podatkovne aplikacije ubrajaju se klasične internetske korisničke usluge poput elektroničke pošte, usluge pretraživanja pohranjenih informacija, mrežnih igara, video aplikacija i prijenos datoteka.

Povećanjem broja podatkovnih aplikacija i razvojem istih javlja se potreba za razvijenijem podatkovnih mreža. Napredne aplikacije nove generacije zahtijevaju veću širinu prijenosnog pojasa kako bi pravilno funkcionirale, a s povećanjem podatkovnog prometa javlja se i zahtjev za veću propusnost. Različite podatkovne aplikacije imaju različite zahtjeve za propusnošću koja ima velik utjecaj na kvalitetu usluge. Kako bi se mogla ostvariti željena kvaliteta usluge postoje mehanizmi koji omogućuju da parametri pojedinih usluga ostanu u zadovoljavajućim omjerima. Nazivi tih mehanizama QoS-a su *IntServ* mehanizmi te *DiffServ* mehanizmi.

Analiza zahtjeva za kapacitetom koristi se u svrhu predviđanja mrežnih performansi potrebnih za uspješan i učinkovit rad bilo koje vrste mreže, pa tako i višeuslužne telekomunikacijske mreže. Kod podatkovnih aplikacija bitno je osigurati zahtijevani kapacitet, minimalno kašnjenje i kolebanje kašnjenja, a to se postiže pravilnim dimenzioniranjem kapaciteta odlazne veze i pravilnom raspodjelom kapaciteta pojedinim tokovima.

Danas su internetske usluge postale sve fleksibilnije pa je samim time otežano praćenje i mjerenje prometa koji se odvija korištenjem usluga. Tako svi sustavi koji mjere količinu prometa moraju podržavati današnje brzine prijenosa preko mreže te biti spremni na sve veće brzine u budućnosti. Mjerenje prometa izuzetno je bitno za korisnika mreže kako bi mogao kontrolirati količinu generiranog prometa u određenom vremenskom periodu, ali isto tako je bitno i za davatelje internetskih usluga koji mjere promet kako bi mogli izvršiti naplatu prema količini generiranog podatkovnog prometa.

Kako iz dana u dan čovjekov život postaje sve ubrzaniji potreba za novim podatkovnim aplikacijama postaje sve veća, a razvojem istih čovjeku se uvelike olakšava njegova svakodnevnica, na način da se u društvenom svijetu ubrzava komunikacija, efikasnost komunikacije te se time štedi vrijeme, dok se u poslovnom svijetu ubrzava način plasiranja i pribavljanja poslovnih informacija, a time podiže efikasnost i efektivnost poslovanja.

LITERATURA

[1] URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Internet (pristupljeno: srpanj 2017.)

[2] Bošnjak I.: *Telekomunikacijski promet II*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.

[3] URL: https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf (pristupljeno: srpanj 2017.)

[4] Blažant, A., Gledec, G., Ilić, Ž., Ježić, G., Kos, M., Kunštić, M., Lovrek, I., Matijašević, M., Mikac, B., Sinković, V.: *Osnove arhitektura mreže,* Element, Zagreb, 2009.

[5] URL: https://www.techopedia.com/definition/16256/file-sharing (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[6] URL: http://www.nbnco.com.au/blog/entertainment/how-much-data-does-gaming-use-through-popular-examples.html (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[7] URL: https://www.ipv6.com/applications/network-traffic-management/ (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[8] URL: http://www.fer.unizg.hr/_news/68485/YouTube_QOEMC_2016.pdf (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[9] Szigeti, T., Hattingh, C., Barton, R., Birley, K.: *End-to-Eng QoS Network Design: Quality of Service for Rich-Media & Cloud Networks, 2nd Edition*, Cisco Press, Indianapolis, 2013.

[10] URL: https://tools.ietf.org/html/rfc5290 (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[11] URL: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/7_predavanje.pdf (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[12] Benameour, N., Ben Fredj, S., Delcoigne, F., Oueslati-Boulahia, S., Roberts, J. W.: *Integrated Admission Control for Streaming and Elastic Traffic,* U zborniku skupa Quality of Future Internet Services, Coimbra, 2001.

[13] URL: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/10_predavanje.pdf (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[14] URL: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/qos/configuration/guide/fqos_c/qcfintro.html (pristupljeno: kolovoz 2017.)

[15] URL: http://what-when-how.com/qos-enabled-networks/queuing-and-scheduling-qos-enabled-networks-part-2/ (pristupljeno: kolovoz 2017.)
[16] Varga, M.: *Upravljanje podacima*, Element, Zagreb, 2012.
[17] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Bandwidth_(computing)#Network_bandwidth_capacity (pristupljeno: kolovoz 2017.)
[18] URL: http://e-student.fpz.hr/Predmeti/T/Tehnologija_telekomunikacijskog_prometa_I/Materijali/3_predavanje.pdf (pristupljeno: kolovoz 2017.)
[19] International Telecommunication Union: *End-user multimedia QoS categories*, ITU-T Recommendation G.1010, Geneva, 2002.
[20] Williamson, C.: *Internet traffic measurement*, IEEE Internet Computing, vol. 5(6), p. 70-74, 2001.
[21] URL: http://130.216.33.163/courses/compsci314s2c/lectures/anm/InternetMeasurement.pdf (pristupljeno: kolovoz 2017.)
[22] Deokule, K., Modi, P., Mistry, D., Patki, H., Patel, A., Dr. Abuzaghleh, O.: *Network Traffic Measurement and Analysis*, 2016 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), New York, p. 1-7., 2016.

POPIS KRATICA

IP – *Internet Protocol*

HTTP- *Hypertext Transfer Protocol*

FTP **–** *File Transfer Protocol*

TCP/IP – *Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*

SMTP – *Simple Mail Transfer Protocol*

POP3 – *Post office Protocol version 3*

WWW – *World Wide Web*

P2P – *Peer-to-peer*

NFS – *Network File System*

PC – *Personal Computer*

TV – *Television*

HD – *High-definition*

DLC – *Downloadable content*

STB – *Set-top-Box*

VoIP – *Voice over IP*

QoS – *Quality of Service*

LAN – *Local Area Network*

MAN – *Metropolitan Area Network*

WAN – *Wide Area Network*

IntServ – *Integrated Services*

DiffServ – *Differentiated Services*

RSVP – *Resource Reservation Protocol*

ISP – *Internet Service Provider*

PHB – *Per-Hop Behaviors*

DSCP – *Differentiated Service CodePoint*

FCFS – *First come – first served*

PQ – *Priority Queuing*

RR – *Round Robin*

FIFO – *First-In First-Out*

WRR – *Weighted Round Robin*

DWRR – *Deficited Weighted Round Robin*

UDP – *User Datagram Protocol*

NP – *Network Performanse*

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

POPIS GRAFIKONA

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 **ZNAČAJKE PODATKOVNOG PROMETA**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 06.09.2017.

(potpis)