

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Vevec

USPOREDBA ZNAČAJKI PROTOKOLA TRANSPORTNOG SLOJA TCP/IP
SKUPINE PROTOKOLA I NJIHOVE PRIMJENE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

USPOREDBA ZNAČAJKI PROTOKOLA TRANSPORTNOG SLOJA TCP/IP SKUPINE
PROTOKOLA I NJIHOVE PRIMJENE

A COMPERISON OF TCP/IP TRANSPORT LAYER PROTOCOL CHARACTERISTICS
AND THEIR APPLICATIONS

Mentor: Dr. sc. Marko Matulin

Student: Filip Veverec, 0135223731

Zagreb, 2015.

Sažetak

U ovom radu objašnjeni su OSI (eng. *Open Systems Interconnection*) referentni model, TCP/IP (eng. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) model te njihova usporedba da bi se mogla utvrditi primjena pojedinog protokola. Također, objašnjena je te na primjeru prikazana enkapsulacija podataka. Nadalje, napravljena je usporedba dva najznačajnija protokola transportnog sloja TCP/IP modela, te su navedene njihove prednosti i mane. Naposljetku, napravljena je analiza prijenosa videa koristeći TCP i UDP (eng. *User Datagram Protocol*) protokol, te su prikazani njeni rezultati.

Ključne riječi: OSI referentni model; TCP/IP model; TCP protokol; UDP protokol; video, prijenos

Summary

In this thesis OSI (*Open Systems Interconnection*) reference model and TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) model are explained and compared in order to determine the application of specific protocol. The thesis explains and illustrates the data encapsulation process. Furthermore, the comparison of the two most important protocols of the transport layer in TCP/IP model is made highlighting the pros and cons of each protocol. Lastly, the analysis of video transmission while using TCP and UDP (*User Datagram Protocol*) protocol was made and the results of the analysis are presented.

Key words: OSI reference model; TCP/IP model; TCP protocol; UDP protocol; video, transmission

Sadržaj:

| | |
|---|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. OSI referentni model..... | 3 |
| 2.1. Aplikacijski sloj | 4 |
| 2.2. Prezentacijski sloj | 4 |
| 2.3. Sloj sesije | 5 |
| 2.4. Transportni sloj | 5 |
| 2.5. Mrežni sloj | 6 |
| 2.6. Podatkovni sloj..... | 7 |
| 2.7. Fizički sloj..... | 7 |
| 2.7.1. Bakrene žice..... | 8 |
| 2.7.2. Optička vlakna | 9 |
| 2.7.3. Radio-valovi..... | 10 |
| 3. TCP/IP model i relacija s OSI RM | 12 |
| 3.1. Aplikacijski sloj | 13 |
| 3.2. Transportni sloj | 14 |
| 3.3. Internet sloj | 15 |
| 3.4. Sloj mrežnog pristupa | 15 |
| 4. Enkapsulacija podataka..... | 17 |
| 5. Protokoli transportnog sloja TCP/IP modela | 20 |
| 5.1. TCP protokol..... | 21 |
| 5.1.1. Zadaci i funkcije | 21 |
| 5.1.2. Struktura TCP segmenta | 23 |
| 5.1.3. Uspostavljanje i prekid veze | 25 |
| 5.1.4. Prijenos podataka | 26 |

| | |
|---|----|
| 5.1.5. Raskidanje veze | 26 |
| 5.1.6. Kontrola toka | 27 |
| 5.2. UDP protokol..... | 28 |
| 6. Analiza prijenosa videosadržaja TCP i UDP protokolom | 30 |
| 7. Zaključak..... | 35 |
| Literatura..... | 37 |
| Popis kratica..... | 38 |
| Popis slika | 40 |
| Popis tablica..... | 41 |

1. Uvod

U novije vrijeme došlo je do potrebe za komunikacijom na daljinu, ta se komunikacija naziva telekomunikacija. Da bi ona bila moguća bilo je potrebno izmisliti način kako prenijeti zvuk, sliku ili neki podatak od jedne do druge osobe koje su udaljene. Prvo se radilo na tome da se osigura sam prijenos podataka odnosno zvuka ili slike te se to postiglo upotrebom žica, a u novije vrijeme i putem radio-valova.

Isto tako morala su postojati pravila tog prijenosa. Ta pravila se u telekomunikacijama nazivaju protokoli. Protokoli određuju pravila po kojima se prenose podaci od izvora do odredišta. Isto tako morali su postojati modeli kako bi taj cijeli sustav mogao funkcionirati na obje strane. Referentni model po kojem se izrađuju ostali modeli je OSI referentni model te je iz njega nastao model TCP/IP koji se implementirao u telekomunikacije i postao najkorišteniji model za prijenos podataka.

Svrha ovog rada je prikazati i analizirati referentni OSI model i TCP/IP model i objasniti funkciju pojedinih slojeva tih modela, te prikazati pozitivne i negativne učinke dvaju najbitnijih protokola transportnog sloja TCP/IP modela.

Naslov završnog rada je: Usporedba značajki protokola transportnog sloja TCP/IP skupine protokola i njihove primjene. Rad je podijeljen na sedam poglavlja:

1. Uvod
2. OSI referentni model
3. TCP/IP model i relacija s OSI RM
4. Enkapsulacija podataka
5. Protokoli transportnog sloja TCP/IP modela
6. Analiza prijenosa videosadržaja TCP i UDP protokolom
7. Zaključak.

U drugom poglavlju je opisan OSI referentni model i njegovi slojevi te je objašnjena uloga svakog sloja u modelu.

U trećem poglavlju je detaljno opisan rad TCP/IP modela, te uloga njegovih slojeva kako bi se omogućilo slanje podataka. Isto tako uspoređuje se TCP/IP i OSI model te karakteristike oba modela.

Četvrto poglavlje se bazira na enkapsulaciji podataka, odnosno objašnjava kako se podacima koje šalje jedan korisnik drugome, dodaju zaglavlja određenih slojeva.

U petom poglavlju opisani su protokoli transportnog sloja, a to su TCP i UDP protokol. Također navedeni su prednosti i nedostaci pojedinog protokola.

U šestom poglavlju analizira se prijenos video sadržaja UDP i TCP protokolom, te se uspoređuju značajke jednog, odnosno drugog protokola.

2. OSI referentni model

OSI referentni model je podijeljen na slojeve (eng. *layer*) koji služi kako bi se opisalo funkcioniranje pojedinih slojeva i pripadajućih protokola na jednostavniji i pregledniji način. OSI referentni model ne specificira protokole nego on služi da bi se opisala funkcija protokola vezanog za određeni sloj. OSI referentni model je podijeljen na sedam slojeva, te svaki sloj ima svoju funkciju i pripadajuće protokole na kojima se temelji.

Slojevi OSI referentnog modela¹:

1. Aplikacijski sloj (eng. *Application layer*)
2. Prezentacijski sloj (eng. *Presentation layer*)
3. Sloj sesije (eng. *Session layer*)
4. Transportni sloj (eng. *Transport layer*)
5. Mrežni sloj (eng. *Network layer*)
6. Podatkovni sloj (eng. *Data Link layer*)
7. Fizički sloj (eng. *Physical layer*)

Svaki od navedenih slojeva komunicira samo sa svojim susjedom odnosno sa slojem iznad i ispod sebe.

Glavni razlozi razlaganja modela na slojeve su preglednost, jednostavniji opis pojedinih segmenata i njihovih zadaća, lakši razvoj i usavršavanje pojedinih slojeva te u slučaju pogreške na jednom sloju ta pogreška ne izaziva promjene unutar ostalih slojeva.

Na svakom sloju se nalaze protokoli, a protokoli su skup pravila prema kojima se mora odvijati komunikacija između dva računala. Podatkovna jedinica prema OSI RM je paket, on samostalno putuje mrežom od izvora do odredišta noseći dio korisničke informacije. Paketi se prenose od čvora do čvora gdje se u svakom čvoru obavlja privremeno uskladištenje paketa, detekcija pogrešaka te ukoliko je došlo do pogreške vrši se korekcija.

¹ <http://sistemac.carnet.hr/node/352>

2.1. Aplikacijski sloj

Aplikacijski sloj omogućuje aplikacijama pristup mrežnim uslugama. On nije u vezi s programima koji zahtijevaju lokalne resurse, nego s programima koji koriste mrežne resurse tako da bi mogli komunicirati s aplikacijskim slojem. Ovaj sloj je najbliži korisniku te on dostavlja mrežne usluge isključivo aplikacijama krajnjeg korisnika, koje se nalaze izvan OSI modela.

Programi koji koriste aplikacijski sloj su elektronička pošta, konferencijske aplikacije te *World Wide Web* preko pretraživača tako da korisnik može pregledavati sadržaje *web* stranica, preslušavati audio zapise i gledati video zapise.²

Najzastupljeniji protokoli aplikacijskog sloja su HTTP (eng. *Hyper Tekst Transfer Protocol*) i FTP (eng. *File Transport Protocol*). HTTP protokol služi da bi korisnik mogao pristupati internetskim sadržajima, odnosno HTTP predstavlja vezu između servera i pretraživača. FTP protokol služi za prijenos podataka od jednog korisnika prema drugome, a pritom se koristi dvosmjernan prijenos.

2.2. Prezentacijski sloj

Prezentacijski sloj se brine o tome da podaci koje pošalje aplikacijski sloj budu čitljivi aplikacijskom sloju drugog sustava koji ih dobiva. Brine se o konverziji podataka ukoliko je potrebno.

U slučaju da jedan sustav pošalje informaciju u jednom formatu, a drugi sustav zahtjeva informaciju u drugom formatu tada prezentacijski sloj obavlja konverziju i pretvara tu informaciju u traženi oblik. Formati koji se nalaze na ovom sloju su³:

1. ASCII – to je 8-bitni kod koji se koristi za predstavljanje alfanumeričkih znakova te je on najčešće korišteni format.
2. EBCDIC – ovaj format se najčešće koristi na IBM računalima.
3. Eksterna prezentacija podataka (XDR) – koristi se kao univerzalni format za prijenos tekstualnih podataka.

² Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Slojevite arhitekture i norme umrežavanja otvorenih sustava, FPZ, studeni, 2013, str. 32

³ Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Slojevite arhitekture i norme umrežavanja otvorenih sustava, FPZ, studeni, 2013, str. 31

4. Binarni format – koristi se većinom za muzičke i grafičke podatke.

Standardi koje koristi prezentacijski sloj za prijenos grafičkih datoteka su PICT, TIFF, JPEG te za prijenos muzičkih datoteka su MIDI, MPEG.

2.3. Sloj sesije

Sloj sesije osigurava komunikaciju između dva računala u mreži, pa se onda ta komunikacija naziva sesija. Zadaća mu je da uspostavi, upravlja i prekine vezu između dva računala koja komuniciraju. Izvršava funkcije sigurnosne provjere da bi se utvrdilo imaju li računala dozvolu za uspostavu sesije.

Drugi zadatak sloja sesije je da prave informacije stignu na pravo mjesto. Primjerice ako korisnik pošalje zahtjev za otvaranjem web stranice preko preglednika tada se sloj sesije brine o tome da se taj zahtjev i izvrši, a ne da korisnik dobije e-mail poruku. Odnosno to znači da svaki paket nosi broj vrata (eng. gates) određene aplikacije, a sloj sesije preusmjerava pakete prema vratima na koja moraju stići tako da se ne bi dogodilo da neki paket bude preusmjeren prema krivim vratima, te da korisniku budu proslijeđene informacije koje uopće nije tražio.

Ukoliko neki sustav ima više od jedne mrežne aplikacije tada se sloj sesije brine o tome da svaka aplikacija radi ono za što je predviđena te da podaci koje svaka aplikacija dobiva stignu točno na pravo mjesto.

Protokoli koji se koriste na ovom sloju su NFS (eng. *Network File System*), SQL (eng. *Structured Query Language*), ASP (eng. *AppleTalk Session Protocol*).⁴ NFS protokol služi kako bi korisnik mogao pristupati podacima na udaljenom računalu. ASP protokol omogućava pristup više ASP radnih stanica da pristupe istom serveru i isto vrijeme.

2.4. Transportni sloj

Transportni sloj omogućava krajnju komunikaciju između dva računala prilikom razmjene podataka. Zadaća transportnog sloja je segmentacija i spajanje podataka u jednu cjelinu. Segmentacija se vrši na obje strane, na strani pošiljatelja podaci se segmentiraju na manje dijelove koji se zovu segmenti te se kao takvi prosljeđuju dalje i šalju do odredišta. Na

⁴ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: OSI slojevi i mediji za prijenos podataka, FPZ, listopad, 2013. str. 39

odredišnoj strani se ti segmenti slažu ponovno u cjeloviti tok podataka koji se dalje prosljeđuju višim slojevima.

Zadatak zadnja četiri sloja uključujući i transportni sloj je da se brinu o prijenosu podataka, dok se prva tri, odnosno aplikacijski, prezentacijski i sloj sesije brinu o radu mrežnih aplikacija.

Transportni sloj mora osigurati pouzdanost prilikom prijenosa podataka između dva računala koja komuniciraju, odnosno on brine o detekciji i otklanjanju pogrešaka koje se mogu pojaviti prilikom prijenosa podataka. Najčešće korišteni protokoli transportnog sloja su TCP i UDP koji se koriste za prijenos podataka s jednog na drugo računalo u mreži.⁵

2.5. Mrežni sloj

Mrežni sloj omogućava povezivost i određuje najbolji put za prijenos podataka između dva računala u mreži koja koja komuniciraju. Zadužen je za logičko adresiranje kao što je IP adresa. Nadalje mrežni sloj je zadužen za prevođenje logičkih adresa (IP) u fizičke adrese (MAC). Ukoliko je potrebno mrežni sloj može dodatno segmentirati IP pakete u manje segmente ako kapacitet mreže to zahtjeva.

Zadace koje obavlja mrežni sloj su rutiranje i fragmentacija. Rutiranje se odnosi na odabir optimalnog puta od izvora do odredišta, a fragmentacija je rastavljanje paketa na fragmente koji se na odredištu povezuju i spajaju u cjeloviti tok podataka. Mrežni sloj ima za zadaću definirati MTU (eng. *Maximum Transmission Unit*) koji za IP mreže iznosi 1500 Byte.⁶

Najkorišteniji protokol mrežnog sloja je IP protokol. Ovaj protokol nema mogućnost detekcije i ispravljanja pogrešaka, pa je zato uveden ICMP (eng. *Internet Control Message Protocol*) protokol koji pomaže IP protokolu u otkrivanju pogrešaka. ICMP protokol nema mogućnost ispravljanja pogrešaka nego samo mogućnost detekcije pogreške.

IP adresa je 32-bitni binarni broj kojim se označavaju izvorište i odredište. Ako je veličina podatka koji dolazi s transportnog sloja veća od maksimalne veličine, IP provodi

⁵ Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Slojevite arhitekture i norme umrežavanja otvorenih sustava, FPZ, studeni, 2013, str. 29

⁶ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Mrežni sloj, FPZ, listopad, 2013. str. 20-33

fragmentiranje podatka na manje fragmente. IP protokol nema mogućnost kontrole toka koja bi povećala pouzdanost, nego se taj zadatak ostavlja višim slojevima kao što je transportni sloj.

Trenutna verzija IP protokola je IPv4 odnosno verzija četiri, koja postaje ograničavajuća pojavom zahtjevnijih aplikacija i usluga. Rješenje tog problema je uvođenje nove verzije IP protokola. To je IPv6 verzija koja koristi 128-bitno adresiranje.⁷

2.6. Podatkovni sloj

Podatkovni sloj je smješten između fizičkog i mrežnog sloja i njegove zadaće su stvaranje okvira, fizičko adresiranje odnosno dodavanje adrese prijemnika na odredišnoj strani, dodavanje pošiljateljeve adrese te upravljačke informacije. Nadalje njegova zadaća je i kontrola pogrešaka, kontrola pristupa i kontrola toka.

Oznaka odredišta i izvorišna je najčešće izvedena kao MAC adresa. Podatkovni sloj omogućuje pouzdan prijenos podataka s jednog računala na drugo, te pri tome prijenosu treba otkriti pogreške i ispraviti ih ako je moguće.

Postoje dvije vrste prijenosa podataka:

1. Broadcast – više računala je spojeno na jedan kanal i svi komuniciraju preko istog linka
2. Unicast – između računala postoje više linkova s kojima su povezani s ostatkom računala u mreži

2.7. Fizički sloj

Fizički sloj je zadnji (prvi) sloj u OSI referentnom modelu, on prevodi niz bitova u odgovarajući signal te ga prenosi preko određenog medija do odredišta. Vrsta signala ovisi o prijenosnom mediju, te se u fizičkom sloju prema tome prevode bitovi.

Prijenosni medij između dva računala može biti⁸:

⁷ <http://www.carnet.hr/tematski/ipv6/uvod.html>

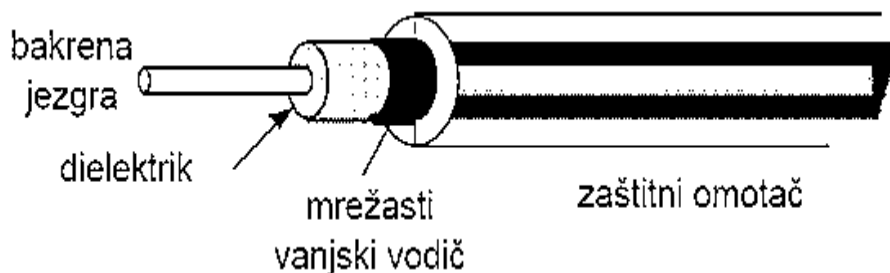
⁸ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Mediji za prijenos podataka, FPZ, listopad, 2013. str. 6

1. Bakrene žice,
2. Optička vlakna,
3. Radio-valovi.

2.7.1. Bakrene žice

Bakrene žice se dijele na koaksijalne kablove i bakrene parice. Koaksijalni kabel je najrasprostranjeniji medij za prijenos podataka zbog toga jer su relativno jeftini, fleksibilni te jednostavni za instalaciju.

Slika 1 prikazuje strukturu koaksijalnog kabela koji se sastoji od bakrene žice koja je omotana u izolacijski materijal, iznad njega se nalazi metalni omotač koji povećava otpornost koaksijalnog kabela na elektromagnetske smetnje, a povrh svega se nalazi zaštitni omotač koji štiti kabel od negativnih vanjskih utjecaja.



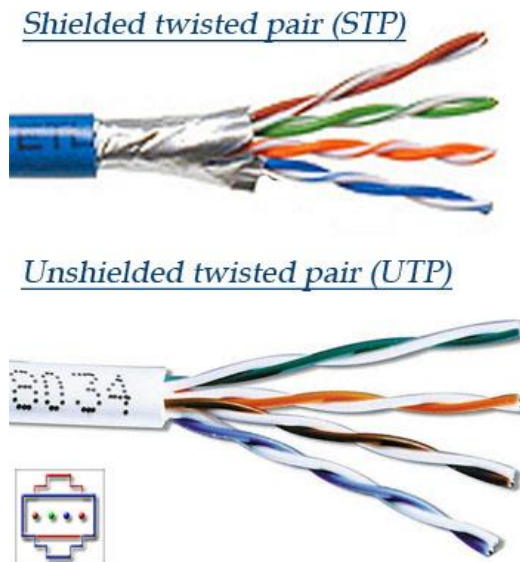
Slika 1. Struktura koaksijalnog kabela⁹

Bakrena parica se sastoji od para bakrenih žica koje su isprepletene te se tako povećava otpornost na elektromagnetske smetnje. Može se koristiti za prijenos analognog i digitalnog signala. Brzine prijenosa signala su od 10 Mbit/s do 100 Mbit/s. Najčešće se koriste u lokalnim mrežama zbog jednostavne instalacije, fleksibilnosti i niske cijene.

Postoje dvije vrste bakrene parice koje su prikazane na slici 2., a to su:

⁹ <http://www.maturski.org/INFORMATIKA/MedijiPrijenosPodatakaMrezama.html>

1. STP (eng. *Shielded Twisted Pair*) – oklopljena bakrena parica,
2. UTP (eng. *Unshielded Twisted Pair*) – neoklopljena bakrena parica.



Slika 2. Struktura STP i UTP kabela¹⁰

STP kabl je kabl s uvijenim bakrenim paricama koje su oklopljene vodičem tako da bi se umanjile elektromagnetske smetnje. Ispod vodljivog omotača nalazi se izolacija koja štiti da se pojedine žice dodiruju. S vanjske strane vodljivog omotača nalazi se sloj izolatora koji služi kao zaštita od vanjskih utjecaja. UTP kabl za razliku od STP kabela nema vodljivi omotač oko bakrenih žica te je on osjetljiviji na elektromagnetske utjecaje.

2.7.2. Optička vlakna

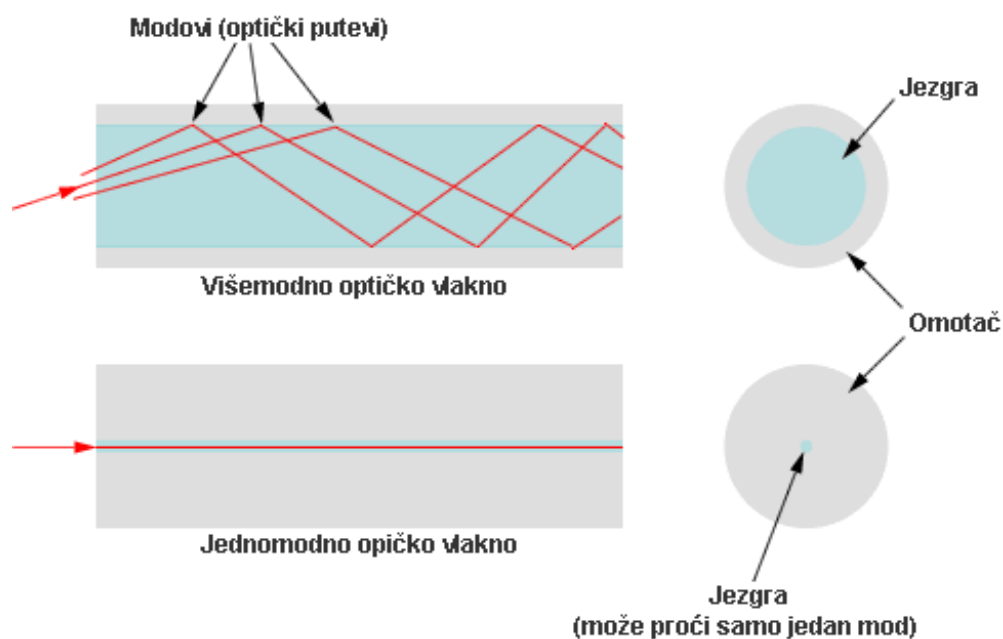
Optičko vlakno je kabl koji prenosi digitalne signale u obliku svjetlosnih zraka te se još naziva i svjetlovod. Napravljen je od stakla ili plastike pa tako ne emitira nikakve elektromagnetske ili električne smetnje u okolinu. Nisu osjetljivi na elektromagnetske smetnje i nema slabljenja signala kao što je slučaj kod koaksijalnog kabla i bakrene parice. Brzina prijenosa podataka je do 1 Gbit/s.

¹⁰ <http://webpage.pace.edu/ms16182p/networking/cables.html>

Kod optičkog vlakna se ne prenosi električni signal nego se prenosi svjetlost, zbog čega je prijenos sigurniji i pouzdaniji. Postoje dvije vrste optičkog vlakna, a to su jednomodno i višemodno.

Jednomodno optičko vlakno je pouzdanije i sigurnije jer se prenosi samo jedan mod svjetlosti, što povećava brzinu prijenosa i udaljenost na koju se mogu prenijeti podaci.

Višemodno optičko vlakno prenosi više modova svjetlosti koji pomoću refleksije putuju kroz vlakno. Jeftinije je od jednomodnog vlakna te se više koristi za manje udaljenosti u lokalnim mrežama. Na slici 3 je prikazana razlika između jednomodnog i višemodnog optičkog vlakna.¹¹



Slika 3. Struktura jednomodnog i višemodnog vlakna¹²

2.7.3. Radio-valovi

Bežični medij podrazumijeva prijenos podataka bez fizičke konekcije između terminalnih uređaja, odnosno prijenos digitalnog signala putem radio-valova. Digitalni signal

¹¹ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Mediji za prijenos podataka, FPZ, listopad, 2013. str. 11

¹² <http://mreze.layer-x.com/s020202-0.html>

su nizovi nula i jedinica koje se šalju od izvora do odredišta. Na pošiljačeljevoj strani postoji pretvarač koji zvučne, slikovne i podatkovne informacije pretvara u digitalni oblik, a isto tako na primateljevoj strani se nalazi pretvarač koji taj digitalni signal pretvara u oblik razumljiv krajnjem korisniku, bilo da se radi o računalu ili čovjeku.

Primjer prijenosa podataka radio-valovima je Wi-Fi (eng. *Wireless-Fidelity*) preko kojeg je moguć prijenos podataka između dva uređaja korištenjem antena i prijemnika. Wi-Fi radi na principu nekoliko standarda kao što su IEEE 802.11 a, b, g i n. Ti standardi određuju pravila prijenosa te pružaju sigurnost i povjerljivost podataka prilikom slanja s jednog na drugi uređaj.

Standard IEEE 802.11 a ima teorijsku brzinu od 54 Mbit/s, no realna brzina iznosi oko 30 Mbit/s. Ovaj standard zahtjeva rad na frekvenciji od 5 GHz te koristi OFDM (eng. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) tehniku kodiranja podataka.

Standard IEEE 802.11 b je standard koji je predstavljen 1999. godine. Brzina prijenosa podataka je do 11 Mbit/s, te radi na frekvenciji od 2,4 GHz. Ovaj standard je ujedno i najjeftiniji standard za Wi-Fi prijenos podataka.

Standard IEEE 802.11 g je predstavljen 2003. godine te je objedinio standarde 802.11 a i 802.11 b. Brzina prijenosa mu je do 54 Mbit/s, a radi na frekvenciji od 2,4 GHz.

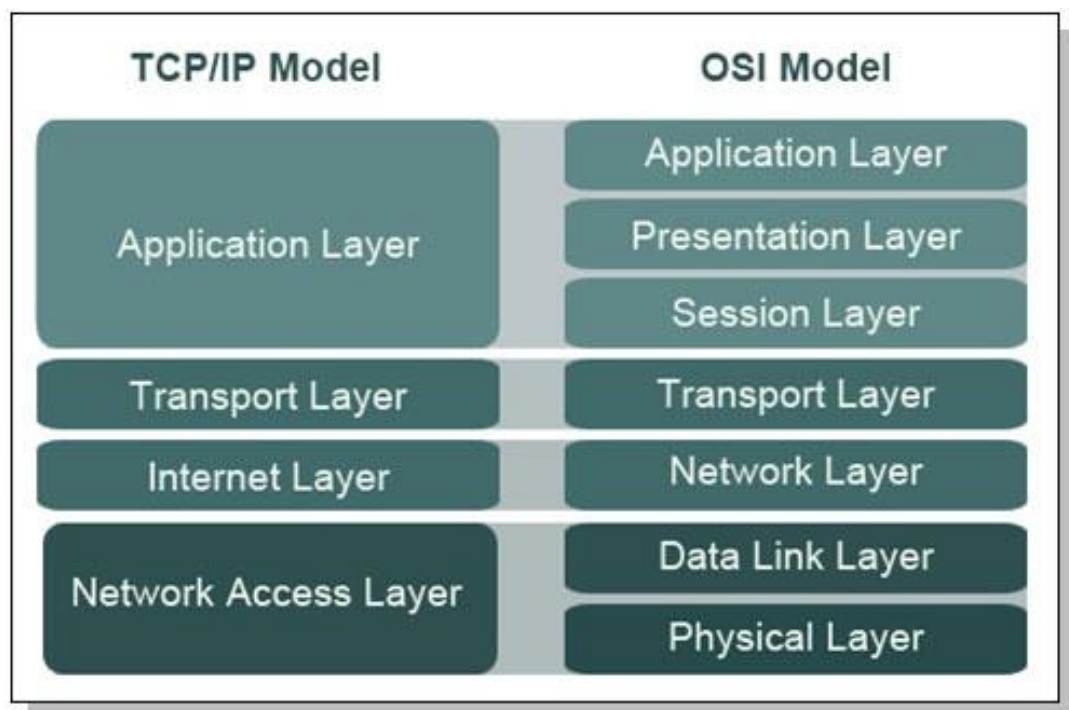
Posljednji standard je IEEE 802.11 n koji je predstavljen 2007. godine. Njegova brzina prijenosa je do 540 Mbit/s, te radi na frekvenciji od 2,4 GHz.¹³

¹³ Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Načini pristupa internetu, FPZ, studeni, 2013, str. 15

3. TCP/IP model i relacija s OSI RM

TCP/IP model je stvoren po uzoru na OSI referentni model s nekim preinakama kao što je broj slojeva, tako da TCP/IP model ima četiri sloja koji obuhvaćaju sve funkcionalnosti OSI modela koji ima sedam slojeva. Usporedba je prikazana na slici 4 te se jasno može vidjeti da određeni slojevi TCP/IP modela imaju ulogu dva odnosno tri sloja u OSI modelu.

TCP/IP model je razvilo Ministarstvo obrane SAD-a tako što su htjeli napraviti sustav koji bi mogao preživjeti napad nuklearne bombe. Sastoji se od dva osnovna protokola, a to su TCP i IP. TCP definiira kako će se odvijati komunikacija između dva računala, a da se pri tom ne izgube podaci. IP se bavi fizičkim i logičkim adresiranjem te rutiranjem podataka kroz mrežu.



Slika 4. Usporedba TCP/IP i OSI RM¹⁴

Oba modela su vrlo slična, te svaki od njih koristi *packed-switched* tehnologiju za prijenos podataka. Ova tehnologija omogućuje slanje podataka koji se dijele u pakete i kao

¹⁴ <http://superuser.com/questions/424436/what-layer-of-the-tcp-ip-network-does-arp-belong-to>

takvi šalju kroz mrežu. Prilikom slanja paketa svaki paket može ići drugačijim putem, ali isto tako svi mogu ići istim putem. To ovisi o stanju poveznica na mreži i o strategiji usmjeravanja, te nije bitno kojim putem određeni paket putuje, bitno je samo da stigne do odredišta.

Slojevi TCP/IP modela su¹⁵:

1. Aplikacijski sloj (Application layer),
2. Transportni sloj (Transport layer),
3. Internet sloj (Internet layer),
4. Sloj mrežnog pristupa (Network Access layer).

3.1. Aplikacijski sloj

Aplikacijski sloj TCP/IP modela ujedinjuje aplikacijski, prezentacijski i sloj sesije OSI referentnog modela, odnosno aplikacijski sloj osigurava mrežne mogućnosti aplikacijama koje to zahtijevaju. Aplikacijski sloj komunicira sa aplikacijama koje zahtijevaju mrežne usluge, odnosno sa aplikacijama koje se baziraju na komunikaciji sa udaljenim korisnikom. Jedni od važnijih protokola aplikacijskog sloja su FTP, HTTP i SMTP (eng. *Simple Mail Transfer Protocol*).

FTP protokol služi za dvosmjerni prijenos datoteka sa servera do klijenta i obrnuto. Funkcionira temeljem TCP protokola za prijenos podataka te koristi dvije TCP konekcije, a to su kontrolna konekcija i konekcija za podatke. Kontrolna konekcija služi za slanje kontrolnih informacija između dva računala, a konekcija za podatke služi za prijenos datoteka.

Razlika između HTTP i SMTP protokola je u tome što SMTP prenosi datoteke od jednog do drugog servera za e-poštu, dok HTTP prenosi datoteke od web servera do web klijenta. HTTP je uglavnom prijemni protokol zbog toga što korisnik prima informacije na njegov zahtjev. SMTP je uglavnom predajni protokol zbog toga što korisnik većinom prima e-poštu na svoj server. SMTP zahtjeva da svaka poruka bude u ASCII (eng. *American Standard Code for Information Interchange*) formatu dok HTTP ne nameće takav zahtjev.¹⁶

¹⁵ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: OSI slojevi i mediji za prijenos podataka, FPZ, listopad, 2013. str. 42

¹⁶ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Aplikacijski sloj, FPZ, listopad, 2013. str. 48

Protokoli aplikacijskog sloja određuju:¹⁷

- Tipove poruka koje se razmjenjuju,
- Sintaksu – tipove podataka,
- Semantiku poruke – značenje poruke,
- Odrađivanje pravila i vremena slanja i primanja poruka.

3.2. Transportni sloj

Transportni sloj je drugi sloj u TCP/IP modelu i njegove dvije osnovne zadaće su kontrola pogreški i kontrola toka. Kontrola pogreški obuhvaća praćenje i identifikaciju potencijalne pogreške. Do pogreške može doći zbog nepovoljnog stanja poveznice i zbog neodgovarajućeg usmejavanja.

Kontrola toka znači praćenje zagušenja u mreži odnosno prati se stanje poveznice. U slučaju pre velikog broja paketa na nekoj poveznici šalje se zahtjev za usporavanje slanja ili kompletna obustava slanja paketa. Dva su osnovna protokola transportnog sloja, a to su TCP i UDP protokol.

TCP protokol je konekcijski orijentiran protokol te se prije slanja podataka uspostavlja veza i određuje optimalna ruta kojom će svi paketi slati. TCP je pouzdaniji, kontrolira zagušenje i kontrolira tok podataka od izvora do odredišta.

UDP protokol je nekonekcijski orijentiran protokol te se odmah počinju slati podaci. Podaci koji se šalju kroz mrežu mogu putovati različitim putevima, stoga postoji veća vjerojatnost da će podaci biti izgubljeni ili ne će doći onim redosljedom kojim su poslani.¹⁸

Multipleksiranje i demultipleksiranje su također zadaci transportnog sloja. Multipleksiranje je zadatak prikupljanja podataka sa priključnica (eng. *socket*), enkapsulacija

¹⁷ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Aplikacijski sloj, FPZ, listopad, 2013.

¹⁸ Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Transportni sloj, FPZ, listopad, 2013. str. 17-20

svakog dijela zaglavljem i prosljeđivanje mrežnom sloju. Demultipleksiranje je zadatak isporučivanja podataka na odgovarajuću priključnicu.

3.3. Internet sloj

Internet sloj je treći sloj u TCP/IP modelu i on određuje optimalan put kojim će paketi putovati kroz mrežu te slanje paketa s mreže na međumrežje i njegov dolazak na odredište.

Usmjeravanje paketa se može izvesti na dva načina, a to su upotrebom virtualnog kanala i datagramski. Virtuani kanal znači da se prije prijenosa podataka uspostavlja konekcija izvorišta i odredišta, te se prilikom uspostave konekcije određuje put kojim će putovati svi paketi. Usmjeravanje izvedeno datagramski ne zahtjeva uspostavu konekcije nego se datagrami zasebno šalju kroz mrežu, pa je tako moguće da svaki datagram ide svojim putem. Važniji protokoli ovog sloja su IP protokol i ICMP protokol.

IP protokol je zadužen za slanje paketa od izvora do odredišta. On se ne brine o tome je li paket stigao na odredište i je li taj isti paket stigao u cijelosti bez pogreške. IP protokol nema mogućnost identifikacije i korekcije pogrešaka, zbog toga je osmišljen ICMP protokol koji se koristi u tu svrhu.

Jedina zadaća ICMP protokola je identifikacija pogreške. On ima mogućnost detekcije ali nema mogućnost ispravljanja te pogreške. ICMP protokol javlja pošiljaocu da je došlo do pogreške te da se traži ponovno slanje paketa odnosno retransmisija. ICMP otkriva da paket nije stigao kada TTL (eng. *Time To Live*) odnosno vrijeme života paketa istekne i dođe do nule. Tada se paket smatra izgubljenim i traži se retransmisija paketa.

3.4. Sloj mrežnog pristupa

Sloj mrežnog pristupa je najniži sloj u TCP/IP modelu. Ovaj sloj sadrži sve funkcije koje su spomenute u podatkovnom i fizičkom sloju OSI referentnog modela. Uspostavlja komunikaciju između dva terminalna uređaja u mreži te prilagođava pakete za prijenos preko fizičkog medija.

Ukoliko format paketa ne odgovara formatu koji podržava taj medij on ima zadaću konvertirati taj paket u oblik pogodan za prijenos.

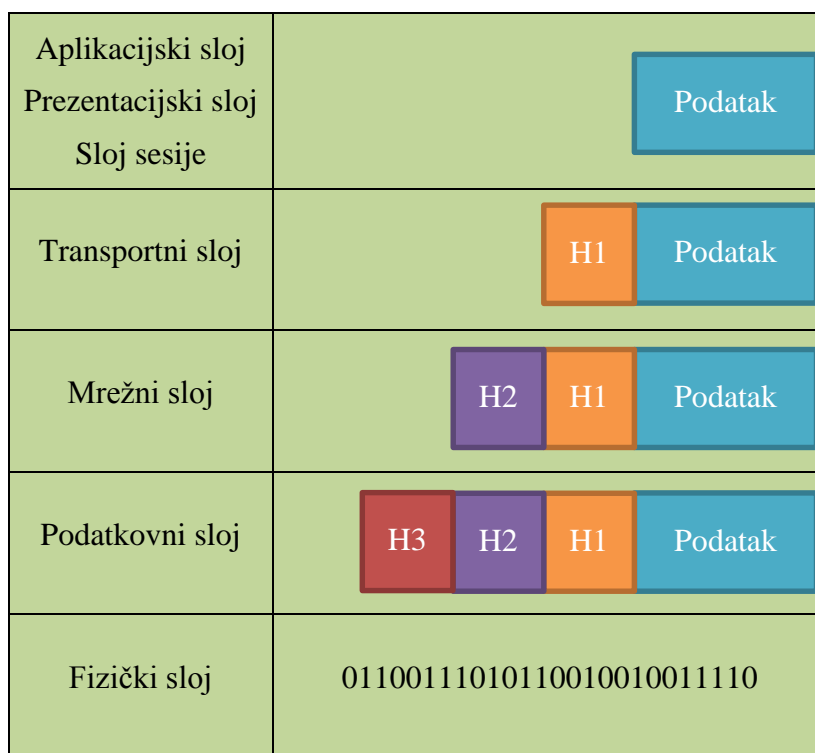
Njegova zadaća je enkapsulacija podataka u okvire (eng. *framing*) koji se tada dalje pretvaraju u oblik pogodan za prijenos kroz mrežu. Taj oblik najviše ovisi o tome kroz koju vrstu medija se šalje taj podatak od izvora do odredišta. Također on postavlja adrese izvora i odredišta koje su najčešće izvedene kao MAC adrese.¹⁹

¹⁹ [https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc786900\(v=ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc786900(v=ws.10).aspx)

4. Enkapsulacija podataka

Enkapsulacija podataka je dodavanje zaglavlja podatku koji prolazi kroz slojeve OSI referentnog modela. Proces prijenosa korisničkih informacija započinje od aplikacijskog sloja te se odvija sve do fizičkog sloja, a na tom putu se podaci enkapsuliraju. Tablicom 1 prikazana je enkapsulacija podataka u OSI referentnom modelu, gdje H1 označava zaglavlje transportnog sloja, H2 označava zaglavlje mrežnog sloja i H3 označava zaglavlje podatkovnog sloja.

Tablica 1. Prikaz enkapsulacije podataka.

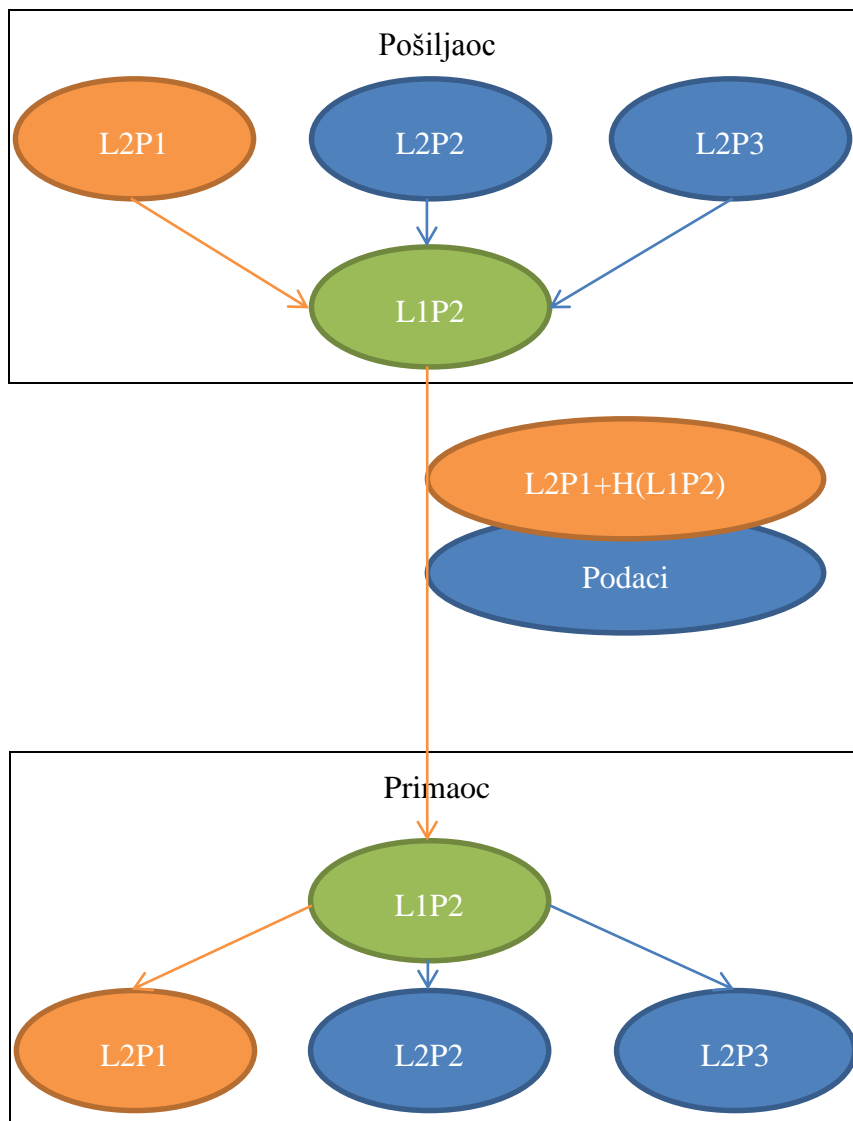


Izvor: http://fotovic.tripod.com/Enkapsulacija_podataka.html

Korisnički podaci kreću s aplikacijskog sloja, spuštaju se po slojevima kroz prezentacijski sloj i sloj sesije te se na tim slojevima ne vrši enkapsulacija jer u ovim slojevima podaci nemaju zaglavlje. Podaci se prvo enkapsuliraju u transportnom sloju gdje se dodaje zaglavlje transportnog sloja, pa se tada podatak naziva segment. Nakon transportnog sloja

podatak odnosno segment se spušta do mrežnog sloja gdje također dobiva zaglavlje mrežnog sloja te se na ovom sloju segment s zaglavljem naziva paket.²⁰

Paket se šalje prema podatkovnom sloju gdje poprima zaglavlje podatkovnog sloja i skupa s paketom se naziva okvir. Fizički sloj nema ulogu dodavanja zaglavlja okviru, nego je njegova zadaća konvertiranje podataka u oblik pogodan za prijenos kroz medij. Kada podaci stignu na odredište vrši se obrnuti proces koji se zove deenkapsulacija te je taj postupak prikazan na primjeru slikom 5 nastavku.



Slika 5. Primjer enkapsulacije podataka²¹

²⁰ Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Slojevite arhitekture i norme umrežavanja otvorenih sustava, FPZ, studeni, 2013, str. 24

²¹ http://www.tcpipguide.com/TCPIPGuide_2-0_s2.pdf

Na slici 5 prikazan je primjer enkapsulacije podatka. U segmentu „pošiljaoc“ i „primaoc“ nalazi se tri protkola na drugom sloju te jedan protokol na prvom sloju modela. U segmentu „pošiljaoc“ nalazi se protokol 1 na sloju 2 (označen narančasto) koji šalje podatak prema protokolu 2 na sloju 1 (označen zeleno) koji dodaje svoje zaglavlje „H“ te prosljeđuje protokol L2P1, zaglavlje i podatke prema primaocu. U segmentu „primaoc“ protokol 2 na sloju 1 (označen zeleno) dobiva informaciju da je taj podatak namjenjen protokolu 1 na sloju 2 (označen narančasto) te briše zaglavlje „H“ i prosljeđuje podatak prema protokolu 1 na sloju 2.

5. Protokoli transportnog sloja TCP/IP modela

Protokoli su pravila i uvjeti koji određuju prijenos podataka od izvora do odredišta. Njihova zadaća nije samo određivanje pravila za prijenos podataka nego se oni brinu o sigurnosti, kvaliteti i brzini prijenosa podataka. Postoji više protokola na svakom od slojeva OSI referentnog modela.

Počevši od aplikacijskog sloja, na kojemu se nalaze protokoli za elektroničku poštu, prijenos podataka te protokoli za video i audio konferencije, to su protokoli SMTP, POP (eng. *Post Office Protocol*), IMAP (eng. *Internet Message Access Protocol*), FTP i HTTP. Od protokola za elektroničku poštu, najviše se koristi IMAP jer omogućuje pristup pošti i s udaljenog računala.

Na transportnom sloju TCP/IP modela se nalaze protokoli koji će biti detaljnije objašnjeni u nastavku, a to su TCP i UDP protokol. Ti protokoli omogućuju pouzdan prijenos podataka od jednog do drugog računala koje komuniciraju.

Internet sloj ima svoj najpoznatiji i najrašireniji protokol, a to je IP protokol. IP protokol je protokol koji omogućuje slanje podataka s jednog na drugo računalo i on samo određuje put kojim će paketi ići od izvora do odredišta. On nema mogućnost provjere je li paket stigao i ako je stigao je li se dogodila pogreška. Zbog toga je osmišljen ICMP protokol koji pomaže IP protokolu u detekciji pogreške. Također niti on nema mogućnost ispravljanja pogrešaka nego samo detekciju. Ispravljanje pogrešaka se ostavlja višim slojevima kao što je transportni sloj.

Na sloju mrežnog pristupa se nalaze dvije osnovne grupe protokola, a to su:²²

1. Protokoli s čekanjem,
 - 1.1. Jednosmjerni protokol s čekanjem,
 - 1.2. Jednosmjerni protokol s čekanjem za kanal sa smetnjama,
2. Protokoli s prozorom,
 - 2.1. Protokol s vraćanjem,
 - 2.2. Protokol sa selektivnim ponavljanjem.

²² Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Sloj veze podataka, FPZ, listopad, 2013. str. 33-34

Protokoli s čekanjem su najkorišteniji protokoli, koji su ujedno i najsigurniji jer se šalje samo jedan okvir za kojeg se čeka potvrda da je stigao na odredište. Kada stigne potvrda da je okvir stigao tek tada se šalje sljedeći.

Protokoli s prozorom su protokoli kod kojih se šalje nekoliko okvira bez čekanja potvrde. Potvrda da su svi okviri stigli na odredište se šalje s zadnjim okvirom te se tada potvrđuje da su svi okviri stigli.

5.1. TCP protokol

Prva inačica TCP protokola predložena je 1974. godine. TCP protokol je najčešće korišten protokol za prijenos podataka od izvora do odredišta. To je protokol koji je spojno orijentiran i pruža pouzdan prijenos okteta podataka s kraja na kraj, u kojem mu pomažu mehanizmi potvrde i retransmisije da se očuva redoslijed i smanji zagušenje u mreži.²³

TCP protokol komunicira sa aplikacijskim slojem koji je iznad njega te sa internet slojem koji je ispod njega. Aplikacijski sloj šalje oktete podataka koje TCP mora pripremiti za slanje, uspostaviti vezu sa odredištem te ih proslijediti internet sloju.

5.1.1. Zadaci i funkcije

Zadaci i funkcije TCP protokola su sljedeći:²⁴

1. Prijenos podataka – dvosmjerni (eng. *duplex*) prijenos okteta podataka pakiranjem u segmente te prosljeđivanje internet sloju,
2. Adresiranje i multipleksiranje – mogućnost da više aplikacija koristi TCP protokol u istom trenutku upotrebom broja vrata (eng. *port number*),
3. Pružanje pouzdanosti prijensa – sposobnost otklona gubitka, udvostručenja i pogrešnog redoslijeda podataka upotrebom potvrde prijema svakog paketa,
4. Upravljanje tokom podatka – regulacija toka odnosno sprječavanje zagušenja u mreži regulacijom brzine slanja podataka,

²³ http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/ramr/poglavlje_3.pdf

²⁴ Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Promet u internet mreži, FPZ, studeni, 2013, str. 5-7

5. Upravljanje vezom – proces uspostave, upravljanja i raskidanja veze između dva računala koja komuniciraju,
6. Pružanje sigurnosti – obrada posebnih zahtjeva za sigurnošću, protokom, pouzdanosti.

Uspostavljanjem logičke veze između dva računala šalju se podaci, ti podaci ne moraju ići istim putem nego je moguće da svaki paket ide različitim putem. O tome se brine mrežni uređaj koji se zove usmjernik (eng. *router*). On usmjerava pakete od jednog do drugog čvora u mreži da bi svaki od njih stigao do odredišta.

Tablica 2. Prikaz najkorištenijih usluga koje koriste TCP protokol

| Broj vrata | Transportni protokol | Usluga | Opis usluge |
|------------|----------------------|--------|--|
| 20 | TCP/UDP | FTP | Prijenos datoteka |
| 25 | TCP | SMTP | Pristup e-pošti |
| 53 | TCP/UDP | DNS | Pridruživanje informacija imenu domene |
| 80 | TCP | HTTP | Protokol za korištenje internetskih usluga |
| 143 | TCP | IMAP | Pristup e-pošti s udaljenog računala |

Izvor: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/TCPminic.pdf

Kao što je prikazano tablicom 2 većina usluga koristi TCP protokol zbog toga što je pouzdaniji i sigurniji, dok neke usluge koriste UDP protokol koji je bespoini protokol i manje je pouzdan od TCP protokola. Usluge koje koriste UDP protokol su usluge prijenosa podataka

u realnom vremenu kao što je multimedija ili video konferencije kojima je bitno da paketi stignu bez kašnjenja.

5.1.2. Struktura TCP segmenta

Struktura TCP segmenta je 32-bitna adresa koja u sebi osim podataka korisnika nosi i ostale podatke potrebne da bi paket stigao do odredišta. U nastavku teksta biti će slikovito prikazana i objašnjena struktura TCP segmenta kao i njegova pojedinačna polja. Tablica 5 prikazuje strukturu TCP segmenta te nazive pojedinih njegovih polja.²⁵

Tablica 3. Prikaz dijelova i duljine TCP segmenta.

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|----------|---|---|---|---|---|----------------------------|---|-------------------|--|----------|--|--|--|
| 0 | | | | | | | | 31 | | | | | | | |
| Izvorišna priključna točka | | | | | | | | Odredišna priključna točka | | | | | | | |
| Redni broj | | | | | | | | | | | | | | | |
| Potvrđni broj | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pomak podataka | | Reserved | | U | A | P | R | S | F | Prozor prijemnika | | | | | |
| | | R | C | S | S | Y | I | | | | | | | | |
| | | G | K | H | T | N | N | | | | | | | | |
| Kontrolna suma | | | | | | | | Pokazivač hitnih podataka | | | | | | | |
| Opcije | | | | | | | | | | | | Nadopuna | | | |
| Podaci | | | | | | | | | | | | | | | |

Izvor: Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Transportni sloj, FPZ, listopad, 2013.

TCP segment prikazan tablicom 3 je detaljnije objašnjen u tablici 4 u kojoj je naveden svaki element TCP segmenta, objašnjena njegova funkcija kao i engleski naziv tog elementa. Svaki element koji se nalazi u TCP segmentu ima svoju definiranu duljinu, jedino polje koje nema definiranu duljinu je polje *Opcije* koje je varjabilne duljine.

²⁵ <https://www.fer.unizg.hr/download/repository/TCPminic.pdf> str. 7

Tablica 4. Funkcije elemenata TCP segmenta

| | |
|--|--|
| Izvorišna priključna točka (eng. <i>Source Port</i>) | 16-bitni broj koji označava proces koji šalje podatke. |
| Odredišna priključna točka (eng. <i>Destination Port</i>) | 16-bitni broj koji označava proces koji prima podatke. |
| Redni broj (eng. <i>Sequence Number</i>) | 32-bitni broj koji označava broj trenutnog okteta segmenta, te kada broj dosegne $2^{32}-1$ vraća se na nulu. |
| Potvrđni broj (eng. <i>Acknowledgment Number</i>) | 32-bitni broj koji označava broj sljedećeg okteta korisnikove poruke. |
| Pomak podataka (eng. <i>Data Offset</i>) | 4-bitni broj koji označava duljinu TCP zaglavlja u 32-bitnim riječima. |
| URG (eng. <i>Urgent Pointer</i>) | Označava da segment sadrži hitne podatke. |
| ACK (eng. <i>Acknowledgment</i>) | Označava da je potvrđni broj ispravan. |
| PSH (eng. <i>Push Function</i>) | Funkcija da se podaci odmah isporuče korisniku. |
| RST (eng. <i>Reset Connection</i>) | Zahtjev za reinicijalizacijom veze. |
| SYN (eng. <i>Synchronize</i>) | Zahtjev za uspostavom veze. |
| FIN (eng. <i>Finish</i>) | Zahtjev za raskid veze. |
| Prozor prijemnika (eng. <i>Window</i>) | Prozor prijemnika (eng. <i>Window</i>) je 16-bitni broj koji se koristi za kontrolu toka i označuje veličinu prozora. Broj govori predajniku koliko podataka može prijemnik |

| | |
|---|---|
| | primiti. Maksimalna veličina ovog polja je ograničena na 65535 okteta podataka. |
| Kontrolna suma (eng. <i>Checksum</i>) | 16-bitna vrijednost koju računa predajnik na osnovu TCP zaglavlja i podataka. Prijamnik računa istu tu vrijednost i uspoređuje je ju s vrijednosti na predajniku te u slučaju da se vrijednosti ne podudaraju traži se retransmisija. |
| Pokazivač hitnih podataka (eng. <i>Urgent Pointer</i>) | Pokazuje na kojem se mjestu unutar segmenta nalaze hitni podaci. |
| Opcije (eng. <i>Options</i>) | Omogućuju da se postave dodatni zahtjevi koji pružaju dodatne funkcionalnosti protokolu TCP te je ovo polje varijabilne veličine. Ti zahtjevi se ugovaraju prilikom uspostave konekcije. |
| Nadopuna (eng. <i>Padding</i>) | Popunjava nulama zaglavlje do 32-bitne riječi s obzirom da je polje Opcije varijabilne veličine. |

Izvor: Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Transportni sloj, FPZ, listopad, 2013.

5.1.3. Uspostavljanje i prekid veze

TCP protokol pruža spojnu uslugu odnosno stvara se virtualna veza između izvora i odredišta. Ta virtualna veza ne znači da svi paketi nužno idu istim putem, nego je moguće da svaki paket ide svojim putem. Tri su glavne faze u virtualne veze, a to su uspostavljanje veze, prijenos podataka i prekid veze.²⁶

²⁶ <https://www.fer.unizg.hr/download/repository/TCPminic.pdf> str. 9

Uspostavljanje veze kreće od rukovanja (eng. *handshaking*) što znači da se šalje niz poruka koje sadrže informacije potrebne za uspostavu konekcije.

Prijenos podataka kreće odmah nakon uspostave veze, šalju se podaci te nakon svakog poslanog okteta podataka se čeka potvrda da je taj oktet stigao. Nakon primljene pozitivne potvrde šalje se sljedeći oktet podataka. U slučaju da potvrda koju predajnik čeka bude negativna, odnosno paket nije stigao na odredište vrši se retransmisija okteta podataka.

5.1.4. Prijenos podataka

Nakon što se uspostavi veza počinje slanje podataka preko logičke veze. TCP protokol puni pakete s podacima do one veličine koju taj prijenosni kanal može podnijeti, ti podaci se prosljeđuju IP protokolu odnosno mrežnom sloju koji će ih dalje proslijediti prema prijemniku kroz mrežu koji se nalazi na fizičkom sloju.²⁷

Kada prijemnik na odredišnoj strani primi paket šalje potvrdu predajniku, te u slučaju da je paket nepotpun ili nije došao, tražit će se retransmisija. TCP najčešće funkcionira na način da se potvrda ne šalje za svaki paket već se šalje za oktete podataka do nekog broja, odnosno kada prijemnik primi određeni broj okteta podataka šalje redni broj do kojeg je primio oktete podataka.

Ta metoda se zove kumulativna potvrda (eng. *cumulative acknowledgment*). U slučaju da predajnik ne primi nikakvu potvrdu neće slati sljedeći oktet podataka nego će čekati istek brojila, te se u tom slučaju pretpostavlja da je paket izgubljen i vrši se retransmisija paketa.

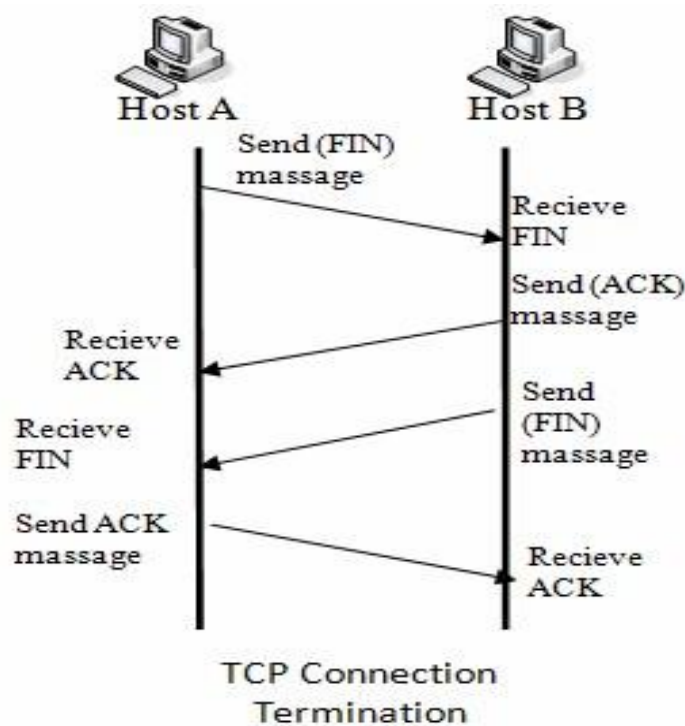
5.1.5. Raskidanje veze

Da bi se veza raskinula potrebna su četiri TCP segmenta, zbog toga što je TCP *full-duplex* protokol odnosno to znači da se koriste dva kanala za primanje i slanje paketa. Svaki od tih završetaka se mora zatvoriti neovisno o drugom.

Tako se šalje zahtjev za raskidom veze od jedne strane te druga strana odgovara na taj zahtjev i veza se prekida isto tako i s obrnute strane.

²⁷ <https://www.fer.unizg.hr/download/repository/TCPminic.pdf> str. 10

Slika 6 prikazuje raskid veze između dva računala koja komuniciraju. Host „A“ prvi šalje zahtjev za raskidom veze, te host „B“ odgovara i šalje potvrdu. Nakon toga host „B“ šalje zahtjev za raskidom veze, te host „A“ odgovara i šalje potvrdu. Tek nakon toga je veza prekinuta i više nije moguće slati pakete.²⁸



Slika 6. Prikaz raskida veze TCP protokola²⁹

5.1.6. Kontrola toka

Kontrola toka je tehnika za usklađivanje brzine slanja paketa na predajniku i brzine obrade paketa na prijemniku. Brzina slanja ne smije biti premala jer bi se u protivnom smanjila brzina pristizanja paketa odnosno protokol bi imao lošije performanse, opet s druge strane brzina slanja ne smije biti prevelika jer bi došlo do zagušenja te prijemnik ne bi stigao obraditi sve pakete koje predajnik šalje. Kontrola toka je različita od kontrole zagušenja jer kontrola zagušenja je koncentrirana na zagušenja u mreži te na mrežne komponente.

²⁸ http://marjan.fesb.hr/~julije/mrt/mrt_lv7.pdf str. 31

²⁹ [http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Connection_oriented_communication_\(TCP/IP\)](http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Connection_oriented_communication_(TCP/IP))

5.2. UDP protokol

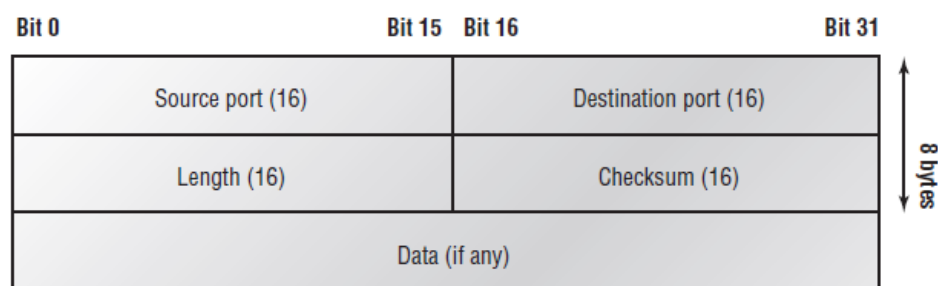
UDP protokol je osmislio David P. Reed 1980. godine. UDP protokol je ne-konekcijski protokol transportnog sloja TCP/IP modela koji se bazira na IP protokolu. Za razliku od TCP protokola, UDP protokol ne omogućava pouzdan prijenos paketa.

UDP protokol ne uspostavlja konekciju prije slanja paketa nego odmah kreće sa slanjem paketa. UDP koristi datagramski prijenos podataka što znači da svaki paket odnosno datagram putuje putem koji je u tom trenutku najpogodniji tako da svaki datagram može ali i ne mora ići različitim putem. Paketi se usmjeravaju od čvora do čvora te se u svakom čvoru obavlja usmjeravanje neovisno o prethodnom. Takav prijenos je nepouzdan iz razloga što paketi mogu biti izgubljeni ili mogu doći drugačijim redosljedom od onoga kojim su poslani. To je razlog zbog kojeg se UDP protokol ne koristi za aplikacije koje su osjetljive na gubitak paketa.

Da bi ovakav prijenos mogao funkcionirati ugrađeni su mehanizmi koji povećavaju pouzdanost te se nalaze na višim slojevima modela. Mehanizmi koji spriječavaju da dođe do pogreške su IP i ICMP protokol koji se brinu da je paket primljen i da nije došlo do gubitka paketa.

UDP protokol se najčešće koristi za prijenos podataka koji zahtijevaju prijenos u stvarnom vremenu.³⁰ To su aplikacije koje se koriste za video i audio konferencije ili strujanje u stvarnom vremenu. Takve aplikacije zahtijevaju minimalno kašnjenje paketa, te su do neke mjere otporne na gubitak paketa, tako da je UDP protokol puno bolji za takav prijenos jer je puno brži od TCP protokola.

Zaglavlje UDP protokola sastoji se od osam Byte-a, kako je prikazano na slici 7.



Slika 7. Struktura UDP segmenta³¹

³⁰ Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Promet u internet mreži, FPZ, studeni, 2013, str. 4

³¹ <https://quasarsyncopation.wordpress.com/2012/10/03/user-datagram-protocol/>

U nastavku teksta su navedeni i ukratko opisani elementi zaglavlja UDP protokola, a to su:

- Izvorišni port (eng. *Source port*) – port s kojeg se šalju paketi
- Odredišni port (eng. *Destination port*) – port na kojeg se šalju paketi
- Duljina (eng. *Length*) – duljina paketa s zaglavljem
- Kontrolna suma (eng. *Checksum*) – detekcija pogrešaka

Kontrolna suma se koristi za detekciju pogrešaka, a radi tako da se cijeli sadržaj tretira kao cijeli brojevi te se zbrajaju. Zbroj koji ostane se upisuje u polje kontrolna suma te se takav paket šalje do odredišta. Na odredištu se računa kontrolna suma i uspoređuje se s brojem koji je upisan u to polje, ako su oni isti nije došlo do pogreške, a ako su različiti došlo je do pogreške i traži se retransmisija.

UDP protokol za razliku od TCP protokola ne segmentira podatke u pakete, nego zasebno šalje svaki podatak prema odredištu. Ti podaci mogu biti veći od MTU te u tom slučaju IP protokol fragmentira podatke na manje fragmente.

U standardnim Internet mrežama prevladava TCP protokol iz razloga što on ima ugrađene mehanizme kontrole toka, za razliku od UDP protokola koji nema mehanizme kontrole toka. Primjerice ukoliko dođe do zagušenja u mreži TCP automatski usporava slanje paketa kako bi se smanjilo zagušenje, UDP protokol iskorištava taj višak kapaciteta sa slanjem novih paketa u mrežu.

Primjer aplikacija koje koriste UDP protokol su VoIP (eng. *Voice over Internet Protocol*) IP telefonija i IP TV. Zahtjevi ovih aplikacija su:

- Malo kašnjenje (eng. *Delay*)
- Mala varijacija kašnjenja (eng. *Jitter*)

Ove aplikacije su osjetljive na kašnjenje, ali mogu tolerirati manji gubitak paketa. Taj gubitak paketa se može nadomjestiti tišinom ili šumom, ali isto tako može se nadomjestiti nekom rečenicom jer kod prijena govora sudjeluju dva čovjeka koji imaju sposobnost improvizacije.

Nadalje kašnjenje paketa ne toleriraju jer bi u tom slučaju govor koji je poslan s jedne strane mogao stići kasnije, odnosno druga strana već može započeti prijenos govora na prvu stranu. U tom slučaju bi se dogodio nesporazum u komunikaciji.

6. Analiza prijenosa videosadržaja TCP i UDP protokolom

Zadatak ovog završnog rada je usporedba značajki TCP i UDP protokola. Usporedba je napravljena tako da se isti video sadržaj prenosio između dva računala koristeći TCP protokol, a nakon toga UDP protokol radi usporedbe performansi prijenosa.

Prije same usporedbe značajki protokola trebalo je definirati uvjete na mreži, sadržaj koji će se prenositi i način na koji će se prenositi. Video isječak čije su karakteristike opisane u tablici 5 preuzet je s Interneta te pohranjen na računalu „A“. Računala „A“ i „B“ su povezana direktno UTP kabelom.

Tablica 5. Karakteristike video isječka

| Podaci o datoteci: | | |
|--------------------|-----------------------|-----------------|
| Opći | Tip datoteke | MP4 File (.mp4) |
| | Veličina [MB] | 188 |
| | Trajanje [s] | 120 |
| Slika | Veličina slike u pix. | 1920x1080 |
| | Data rate [kb/s] | 13001 |
| | Total bitrate [kb/s] | 13192 |
| | Frame rate [f/s] | 25 |
| Video | Bit rate [kb/s] | 190 |
| | Kanala | 2 (stereo) |
| | Sample rate [kHz] | 48 |

Na računalu „A“ napravljena je mapa u kojem je pohranjen video sadržaj. U postavkama mape omogućeno je dijeljenje te mape putem mreže, pa je s računala „B“ bilo moguće pristupiti toj mapi i pokrenuti video sadržaj. Na oba računala se koristila aplikacija *VLC media player* jer je na njemu moguće postaviti protokol kojim će se paketi prenositi. Na računalu „B“ se koristio program *Network Emulator for Windows Toolkit* (NEWT) pomoću kojeg je moguće stvoriti realne uvijete na linku između dva računala.

Prvo se analizirao prijenos video sadržaja UDP protokolom, a međuspremnik (eng. *buffer*) je namješten na 1000ms. U *VLC media playeru* otvorena je *streaming* sesija gdje se trebao definirati protokol pomoću kojega će se video sadržaj prenositi te je izabran RTSP protokol (eng. *Real Time Streaming Protocol*). Za potrebe prijenosa UDP protokolom propusnost (eng. *bandwidth*) je postavljena na vrijednost koja iznosi 13 Mbps. Rezultati analize UDP protokola su prikazani tablicom 6.

Tablica 6. Analiza prijenosa video sadržaja putem UDP protokola

| Buffer postavljen na 1000ms, a propusnost postavljena na 13 Mbps | |
|--|--|
| Gubitak paketa (random loss) | Pogreške u prijenosu |
| 0,0001 | Nema znakova pojavljivanja pogrešaka odnosno prekida u prijenosu, buffer uspjeva spremiti nadolazeći promet. |
| 0,0005 | Pojavljuju se minimalni znakovi nesinkronizacije slike i gubljenja boje. |
| 0,001 | Pri pojavljivanju brzih scena dolazi do nesinkronizacije slike i pojavljivanje kvadratića. |
| 0,0015 | Povećanje smetnji, pri pojavljivanju brzih scena gubi se struktura slike. |
| 0,002 | Nema velikih smetnji do pojavljivanja brzih promjena scena, u tom trenutku pojavljuje se gubljenje boje i strukture slike. |

| | |
|-------|--|
| 0,003 | Konstantne smetnje, u nekoliko intervala od 2-4 sekunde se pojavljuje gubljenje strukture slike i gubljenje boje. |
| 0,004 | U nekoliko intervala od 2-5 sekunde se pojavljuje opće gubljenje strukture slike, te u tim trenucima je video ne gledljiv. |
| 0,005 | Problemi s gubljenjem strukture se nastavljaju ali u češćim intervalima. |
| 0,006 | Video gledljiv samo u trenucima kada nema promjena scena, ostatak ne gledljiv. |
| 0,007 | Video općenito ne gledljiv, potpuno izobličena slika. |

Kod upotrebe UDP protokola nema zastajkivanja slike, nego slika postaje izobličena te se pojavljuju kvadratići drugačijih boja. To se događa iz razloga što UDP protokol nema mehanizme kojima bi ispravio pogrešku u prijenosu pa se tako paketi šalju bez obzira da li je svaki od njih stigao i po kojem je poretku stigao.



Slika 8. Izgled slike korištenjem UDP protokola kada je gubitak paketa 0,006

Slika 8 prikazuje da scene koje se mijenjaju nisu gledljive, a neki dijelovi slike koji ostaju nepromijenjeni su gledljivi primjerice prikaz rezultata u lijevom gornjem kutu slike i prikaz programa u desnom gornjem kutu slike. Razlog tome je što svaka promjena zahtjeva slanje novog paketa, a ostatak slike koji je ne promijenjen, takav i ostaje i ne šalje se novi paket.

Nakon UDP protokola analiziran je TCP protokol ali za njega nije bilo potrebno konfigurirati protokol koji će se koristiti za prijenos video sadržaja, jer operativni sustav *Microsoft Windows* sam prepoznaje TCP kao definirani protkol.

Da bi bio moguć prikaz videa na računalu „A“ potrebno je samo otvoriti mapu kojoj je moguće pristupiti putem mreže i pokrenuti video isječak u nekoj od aplikacija za reprodukciju video sadržaja. *Buffer* je također bio namješten na 1000ms, a rezultati analize su prikazani tablicom 7. Za potrebe prijenosa TCP protokolom propusnost je postavljena na 13 Mbps.

Predefinirani protokol u VLC media player-u za prijenos ovog video sadržaja je TCP protokol TCP protokol ima mehanizme kojima sprečava narušavanje slike i zvuka, a isto tako osigurava da će svaki paket stići na odredište bez greške. U praksi se TCP protkol ne koristi za prijenos video sadržaja u realnom vremenu jer je puno sporiji zbog toga jer za svaki poslani paket čeka potvrdu da je on stigao i tek tada šalje sljedeći. Tablicom 6 prikazane su pogreške kako se povećava gubitak paketa koristeći TCP protokol.

Tablica 7. Analiza prijenosa video sadržaja putem TCP protokola

| Buffer postavljen na 1000ms, a propusnost postavljena na 13 Mbps | |
|--|--|
| Gubitak paketa (random loss) | Pogreške u prijneosu |
| 0,00005 | Minimalni znakovi gubitka paketa koji se izražavaju kao zastajkivanje slike i zvuka. |
| 0,0001 | Zastajkivanje slike i zvuka u cijelom periodu trajanja videa, ali gledljivo. |
| 0,0005 | Isto kao i u prethodnom mjerenju |

| | |
|-------|--|
| 0,001 | Značajnije gubljenje paketa, zastajkivanje određenih scena, te zastajkivanje videa na 4-5 sekundi. |
| 0,002 | Nesinkronizacija slike i zvuka, prekidanje slike i zvuka od polovice filma kada se buffer kompletno ispraznio. |
| 0,003 | Ne gledljivo, ali je moguće raspoznavanje nekih kraćih scena. |
| 0,004 | Isto kao i u prethodnom mjerenju. |
| 0,005 | Ne gledljivo, slika konstantno stoji, zvuk povremeno krene. |

Prema podacima iz tablice vidljivo je da je TCP protokol sigurniji i pouzdaniji što se tiče same dostave paketa od izvora do odredišta ali u slučaju prijenosa video i audio sadržaja u realnom vremenu TCP protokol je daleko lošiji te je već i na manjim gubicima video ne gledljiv, zato što TCP protokol pokušava isporučiti sve pakete. Nema distorzije slike nego slika u određenim trenucima stane. Kod UDP protokola slika ne stane nego se događa distorzija slike.

7. Zaključak

OSI model ima sedam slojeva koji svaki od njih opisuje funkcije koje mora obaviti. OSI model je referentni model pa pomoću njega možemo lakše opisati funkcije pojedinih protokola kod primjerice TCP/IP modela koji je ujedno i najkorišteniji model koji se koristi za prijenos korisničkih podataka. Razlika između OSI modela i TCP modela je ta što OSI model ima sedam, a TCP model četiri sloja. Pa tako aplikacijski sloj kod TCP/IP modela obuhvaća aplikacijski, prezentacijski i sloj sesije OSI referentnog modela, a sloj mrežnog pristupa kod TCP/IP obuhvaća fizički i podatkovni sloj OSI RM. Usporedbom ta dva modela vidi se da TCP/IP model ima tri sloja manje od OSI modela ali da su sve funkcije sadržane i nema gubljenja funkcija koje posjeduje OSI model.

Korisnički podatak koji polazi od aplikacijskog sloja ne bi mogao biti poslan kroz mrežu jer nema sve potrebne podatke kao što su izvorišna adresa, put kojim će ići kroz mrežu te svoj broj kako bi se moglo pratiti da li je došao na odredište, pa se tako podacima dodaju zaglavlja kako prolaze kroz slojeve, a taj proces se zove enkapsulacija. Podaci koji se šalju se nazivaju paketi, a svaki taj paket ima svoje dodatne podatke koji se nazivaju zaglavlje podatka i sadrže informacije potrebne da podatak stigne na odredište.

Tema ovoga rada su protokoli transportnog sloja TCP/IP modela, ti protokoli su TCP i UDP. Usporedbom ta dva protokola vidljivo je da je svaki od njih pogodan za prijenos različitih tipova podataka. Primjerice TCP protokol se koristi u slučajevima kada je bitna cjelovitost, točnost i sigurnost podataka koji se šalju, a primjeri za aplikacije koje koriste TCP protokol su e-mail, internet pretraživači i u nekim slučajevima prijenos podataka. TCP protokol pruža spojnu i potvrđenu uslugu što znači da se prije slanja podataka šalju informacije kako bi se stvorila pouzdana veza između izvorišta i odredišta. Kada je konekcija uspostavljena kreće prijenos podataka, odnosno paketa. Da bi TCP bio siguran da je paket stigao on traži povratnu informaciju od odredišta i ako je potvrda pozitivna tek se tada šalje sljedeći paket. Ta potvrda također može biti i negativna pa tada TCP protokol traži retransmisiju. UDP protokol se koristi u slučajevima kada je bitna brzina prijenosa podataka, a primjer za aplikacije koje koriste UDP protokol su multimedijske aplikacije kao što je *Skype*. Multimedijskim aplikacijama nije bitno da svaki podatak stigne ali ono što je bitno da nema kašnjenja odnosno da je brzina prijenosa velika. Može se reći da UDP protokol pruža bespojnu i nepotvrđenu uslugu. Nespojna usluga označava da se podaci odmah kreću slati, nema uspostave konekcije s odredištem, tako da

podaci mogu ići različitim putevima kroz mrežu te se ne garantira da će podaci doći onim redosljedom kojim su i poslani. Isto tako UDP protokol ne može garantirati da će paket uopće stići, a takva usluga se naziva *Best-effort* isporuka. Nepotvrđena usluga označava da nije potrebno potvrditi da je paket stigao na odredište.

Iz analize u šestom poglavlju rada može se zaključiti da je UDP protokol efikasniji u prijenosu video ili audio sadržaja strujanjem, zbog toga što je puno brži od TCP protokola i ne zahtijeva potvrdu o primitku svakog paketa. To je bitno prilikom prijenosa u realnom vremenu jer se ne bi smjelo dogoditi da strana kojoj se šalje sadržaj čeka da se sadržaj uskladišti u buffer pa tek tada da se nastavi reprodukcija. Najveći problem zbog kojeg *buffer* ne stigne uskladištiti pakete je taj što TCP traži potvrdu za svaki paket, a ako on nije stigao šalje se ponovno. Taj problem je riješen s UDP protokolom koji konstantno šalje pakete, pa tako i *buffer* ne mora čekati retransmisiju paketa ako on nije uspio stići u prvom pokušaju zbog zagušenosti u mreži ili gubitku paketa uslijed usmjeravanja.

Literatura

1. Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Aplikacijski sloj, FPZ, listopad, 2013.
2. Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Mediji za prijenos podataka, FPZ, listopad, 2013.
3. Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Mrežni sloj, FPZ, listopad, 2013.
4. Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: OSI slojevi i mediji za prijenos podataka, FPZ, listopad, 2013.
5. Kavran, Z. Predavanja iz predmeta Računalne mreže: Transportni sloj, FPZ, listopad, 2013.
6. Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Promet u internet mreži, FPZ, studeni, 2013.
7. Mrvelj, Š. Predavanja iz predmeta Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1: Slojevite arhitekture i norme umrežavanja otvorenih sustava, FPZ, studeni, 2013.
8. http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/ramr/poglavlje_3.pdf (12.08.2015)
9. <http://www.maturski.org/INFORMATIKA/MedijiPrijenosPodatakaMrezama.html> (06.06.2015)
10. <http://superuser.com/questions/424436/what-layer-of-the-tcp-ip-network-does-arp-belong-to> (25.05.2015)
11. [http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Connection_oriented_communication_\(TCP/IP\)](http://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Connection_oriented_communication_(TCP/IP)) (28.06.2015)
12. <https://quasarsyncopation.wordpress.com/2012/10/03/user-datagram-protocol/> (01.08.2015)
13. <http://mreze.layer-x.com/s020202-0.html> (06.06.2015)
14. <http://sistemac.carnet.hr/node/352> (14.06.2015)
15. <http://www.carnet.hr/tematski/ipv6/uvod.html> (12.08.2015)
16. http://marjan.fesb.hr/~julije/mrt/mrt_lv7.pdf (12.08.2015)
17. <https://www.fer.unizg.hr/download/repository/TCPminic.pdf> (12.08.2015)
18. <http://webpage.pace.edu/ms16182p/networking/cables.html> (19.05.2015)

Popis kratica

ACK (eng. *Acknowledgment*)

ASCII (eng. *American Standard Code for Information Interchange*)

ASP (eng. *AppleTalk Session Protocol*)

EBCDIC (eng. *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*)

FIN (eng. *Finish*)

FTP (eng. *File Transport Protocol*)

HTTP (eng. *Hyper Tekst Transfer Protocol*)

ICMP (eng. *Internet Control Message Protocol*)

IEEE (eng. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*)

IMAP (eng. *Internet Message Access Protocol*)

IP (eng. *Internet Protocol*)

IPv4 (eng. *Internet Protocol version four*)

IPv6 (eng. *Internet Protocol version six*)

MAC (eng. *Media Access Control*)

MTU (eng. *Maximum Transmission Unit*)

NFS (eng. *Network File System*)

OSI (eng. *Open Systems Interconnection*)

POP (eng. *Post Office Protocol*)

PSH (eng. *Push Function*)

RST (eng. *Reset Connection*)

RTSP (eng. *Real Time Streaming Protocol*)

SMTP (eng. *Simple Mail Trasfer Protocol*)

SQL (eng. *Structured Query Language*)

STP (eng. *Shielded Twisted Pair*)

SYN (eng. *Synchronize*)

TCP (eng. *Transmission Control Protocol*)

TCP/IP (eng. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)

TTL (eng. *Time To Live*)

UDP (eng. *User Datagram Protocol*)

URG (eng. *Urgent Pointer*)

UTP (eng. *Unshielded Twisted Pair*)

VoIP (eng. *Voice over Internet Protocol*)

Wi-Fi (eng. *Wireless-Fidelity*)

Popis slika

| | |
|--|---------|
| Slika 1. Struktura koaksijalnog kabela | str. 8 |
| Slika 2. Struktura STP i UTP kabela | str. 9 |
| Slika 3. Struktura jednomodnog i višemodnog vlakna | str. 10 |
| Slika 4. Usporedba TCP/IP i OSI RM | str. 12 |
| Slika 5. Primjer enkapsulacije podataka | str. 18 |
| Slika 6. Prikaz raskida veze TCP protokola | str. 27 |
| Slika 7. Struktura UDP segmenta | str. 28 |
| Slika 8. Izgled slike korištenjem UDP protokola kada je gubitak paketa 0,006 | str. 32 |

Popis tablica

| | |
|--|---------|
| Tablica 1. Prikaz enkapsulacije podataka | str. 17 |
| Tablica 2. Prikaz najkorištenijih usluga koje koriste TCP protokol | str. 22 |
| Tablica 3. Prikaz dijelova i duljine TCP segmenta | str. 23 |
| Tablica 4. Funkcije elemenata TCP segmenta | str. 24 |
| Tablica 5. Karakteristike video isječka | str. 30 |
| Tablica 6. Analiza prijenosa video sadržaja putem UDP protokola | str. 31 |
| Tablica 7. Analiza prijenosa video sadržaja putem TCP protokola | str. 33 |