

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Jelena Perić**

**ANALIZA FUNKCIJA PROTOKOLA TRANSPORTNOG  
SLOJA TCP/IP SLOŽAJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2019.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**ANALIZA FUNKCIJA PROTOKOLA TRANSPORTNOG  
SLOJA TCP/IP SLOŽAJA**

**ANALYSIS OF TRANSPORT LAYER PROTOCOL  
FUNCTIONS WITHIN TCP/IP PROTOCOL STACK**

Mentor: prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Student: Jelena Perić  
JMBAG: 0135241434

Zagreb, rujan 2019.

## **Sažetak**

Transmission Control Protocol/ Internet Protocol složaj (TCP/IP) je skup Internet protokola koji je razvijen kao nadopuna Open System Interconnection referentnom modelu (OSI RM) i prikazuje kako dva različita sustava mogu komunicirati jedan sa drugim. U radu su prikazane funkcije i razlike između slojeva ranije navedenih modela. Ipak, u završnom radu naglasak je na protokolima transportnog sloja TCP/IP složaja. Transportni sloj zadužen je za siguran i pouzdan prijenos podataka od početne do krajnje točke u mreži, te se za taj prijenos najčešće koriste Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP) i Stream Control Protocol (SCTP). Na samom kraju rada prikazana je komparacija funkcionalnosti protokola transportnog sloja TCP/IP složaja.

KLJUČNE RIJEČI: OSI RM; TCP/IP složaj; TCP ; UDP; SCTP

## **Summary**

TCP/IP model is a set of Internet protocols which is developed as a complement to the Open System Interconnection - Reference Model and it shows communication between two different systems. Functions and differences between the layers of the previously mentioned models are presented in the thesis. However, in the bachelor thesis, the emphasis is on TCP/IP transport layer protocols. The transport layer is responsible for secure and reliable data transmission from point-to-point network. Transmission Control Protocol, User Datagram Protocol i Stream Control Protocol are most commonly used for this transfer. At the end of the thesis is a comparison of the TCP/IP model transport layer protocol functionality.

KEY WORDS: OSI RM; TCP/IP model; TCP; UDP; SCTP

## Sadržaj

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | UVOD .....  | 1  |
| 2.     | FUNKCIJE SLOJEVA TCP/IP SLOŽAJA I USPOREDBA S OSI MODELOM .....                         | 3  |
| 2.1.   | OSI referentni model .....  | 3  |
| 2.1.1. | Niži slojevi .....  | 3  |
| 2.1.2. | Viši slojevi.....   | 4  |
| 2.2.   | Enkapsulacija podataka kod OSI modela i TCP/IP složaja.....                             | 5  |
| 2.3.   | TCP/IP složaj.....  | 6  |
| 2.3.1. | Aplikacijski sloj.....  | 7  |
| 2.3.2. | Transportni sloj .....  | 8  |
| 2.3.3. | Internet sloj.....  | 8  |
| 2.3.4. | Sloj mrežnog pristupa.....  | 9  |
| 3.     | ZNAČAJKE I ULOGA UDP PROTOKOLA.....   | 10 |
| 3.1.   | Karakteristike UDP protokola .....  | 10 |
| 3.2.   | Struktura UDP datagrama .....   | 10 |
| 3.3.   | UDP aplikacije .....  | 11 |
| 4.     | ZNAČAJKE I ULOGA TCP PROTOKOLA .....  | 13 |
| 4.1.   | Karakteristike TCP protokola.....   | 13 |
| 4.2.   | Struktura TCP segmenta.....   | 13 |
| 4.3.   | TCP upravljanje vezom .....   | 15 |
| 4.4.   | TCP mehanizmi.....  | 16 |
| 4.4.1. | Kontrola toka.....  | 16 |
| 4.4.2. | Upravljanje zagušenjima .....   | 17 |
| 4.4.3. | Kontrola greške .....   | 17 |
| 5.     | ZNAČAJKE I ULOGA SCTP PROTOKOLA .....   | 19 |
| 5.1.   | Karakteristike SCTP protokola .....   | 19 |
| 5.2.   | Struktura SCTP paketa .....   | 20 |
| 6.     | KOMPARATIVNI PRIKAZ FUNKCIONALNOSTI PROTOKOLA<br>TRANSPORTNOG SLOJA TCP/IP SLOŽAJA..... | 23 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 7. ZAKLJUČAK .....  | 26 |
| LITERATURA.....     | 27 |
| POPIS KRATICA ..... | 29 |
| POPIS SLIKA .....   | 31 |
| POPIS TABLICA.....  | 32 |

## 1. UVOD

Razvojem telekomunikacija, koje zahtijevaju razmjenu podataka na daljinu, postalo je neophodno razraditi ustrojstvo telekomunikacijske mreže i modele pomoću kojih će se utvrditi točna pravila i protokoli prijenosa tih podataka.

Referentni model povezivanja otvorenih sustava (*eng. Open System Interconnection – Reference Model, OSI-RM*) je teorijski model koji prikazuje način komunikacije između dva otvorena sustava, neovisno o njihovoj temeljnoj arhitekturi. Na temelju OSI modela nastao je Transmission Control Protocol/ Internet Protocol (TCP/IP) složaj koji izvršava sve funkcije koje OSI model prikazuje u teoriji. TCP/IP složaj sastoji se od manjeg broja slojeva, samo četiri sloja. Ipak, ta četiri sloja obuhvaćaju funkcionalnosti svih sedam slojeva OSI modela.

Transportni sloj, jedan od četiri sloja TCP/IP složaja zadužen je za omogućavanje krajnje komunikacije između dva računala prilikom razmijene podataka i osigurava najpovoljnije iskorištenje mrežnih resursa.

Cilj ovog rada je prikazati i detaljnije razraditi funkcionalnosti slojeva OSI RM i TCP/IP složaja, no ono najbitnije, što je predmet, a ujedno i naslov završnog rada, jest prikazati analizu funkcija protokola transportnog sloja TCP/IP složaja. Ovaj rad podijeljen je u sljedećih 7 cjelina:

1. Uvod
2. Funkcije slojeva TCP/IP složaja i usporedba s OSI modelom
3. Značajke i uloga UDP protokola
4. Značajke i uloga TCP protokola
5. Značajke i uloga SCTP protokola
6. Komparativni prikaz funkcionalnosti protokola transportnog sloja TCP/IP složaja
7. Zaključak.

U drugom poglavlju prikazane su i definirane glavne funkcionalnosti sva četiri sloja TCP/IP složaja. Zbog velike sličnosti i povezanosti TCP/IP uspoređen je sa sedam slojeva OSI modela. Svim slojevima složaja pridruženi su protokoli pomoću kojih se određuje način komunikacije između dva uređaja.

Protokol korisničkih datagrama (*eng. User Datagram Protocol, UDP*) je protokol transportnog sloja, koji ne omogućava pouzdan prijenos paketa kroz mrežu. Karakteristike,

uloga i vrste aplikacija koje koriste UDP protokol prikazane su u trećem poglavlju završnog rada.

Protokol za nadzor prijenosa (*eng. Transmission Control Protocol, TCP*) služi za pouzdan prijenos podataka na transportnom sloju. Njegove prednosti i uloga obuhvaćeni su u četvrtom poglavlju.

Unutar petog poglavlja nalazi se protokol upravljanja transmisijskim slijedom (*eng. Stream Control Transmission Protocol, SCTP*) i koji je zadužen za istodobni prijenos višestrukih tokova podataka između krajnjih točaka u mreži. Njegova uloga u transportnom sloju je vrlo važna, stoga je detaljnije objašnjena u ovom poglavlju.

Na samom kraju, u šestom poglavlju, definirane su funkcionalnosti i komparativni prikaz ranije navedenih protokola transportnog sloja TCP/IP složaja, zapravo njihova usporedba.

## 2. FUNKCIJE SLOJEVA TCP/IP SLOŽAJA I USPOREDBA S OSI MODELOM

U svrhu razlikovanja OSI modela i složaja protokola kao što je TCP/IP u nastavku će biti objašnjene razlike u broju slojeva i funkcija navedenih slojeva. Nadalje, postoji razlika između samog modela i protokolnog složaja, koja će isto tako biti objašnjena u daljnjem tekstu.

### 2.1. OSI referentni model

OSI RM predstavlja teoretski model koji prikazuje način komunikacije između dva različita otvorena komunikacijska sustava, neovisno o njihovoj temeljnoj arhitekturi. Zadužen je isto tako za prikaz funkcija i veza između sustava. Model je specificirani skup pravila koji je definirala neka organizacija koja se bavi standardizacijom i služi kao vodič za dizajniranje mreža. OSI model se sastoji od nižih slojeva orijentiranih prema mrežnim funkcijama i viših slojeva zaduženih za aplikacijske funkcije, kao što je vidljivo na slici 1. Svaki sloj navedenog modela obavlja unaprijed definiranu funkciju, a struktura podatka koji se šalju mrežom se isto tako mijenja kroz slojeve. Svaki sloj obavlja zadanu funkciju i pri tome koristi uslugu koju pruža niži sloj, a obavljajući svoju funkciju pruža uslugu višem sloju [1].



Slika 1. Razine OSI modela

Izvor: [2]

#### 2.1.1. Niži slojevi

Nižem sloju OSI modela pripada fizički sloj određen fizičkim medijima, koji su zaduženi za prijenos podataka. Definirane su tri vrste prijenosnih medija: električki (koaksijalni kabel,



kabel sa upletenom paricom), optički kabeli i bežični (radio, infracrveni, mikrovalovi, itd.). Također, definira standarde i procedure na temelju kojih se pristupa određenom fizičkom mediju, odnosno mreži. Ispod fizičkog sloja ne postoji niti jedan drugi sloj, koji mu pruža uslugu, nego samo pasivno okruženja i kao takav se bitno razlikuje od drugih slojeva.

Prilikom prijenosa podataka postoji mogućnost pojavljivanja pogreške. Sloj zadužen za kontrolu, detekciju i korekciju tih greški, naziva se podatkovni sloj. Ovaj sloj je isto tako zadužen da okvire nastale enkapsulacijom proslijedi do fizičkog sloja. Podaci koji se šalju sadrže oznaku odredišta, oznaku pošiljatelja i upravljačke informacije, zapravo informacije o načinu usmjeravanja okvira i vrsti okvira.

Mrežni sloj OSI modela ostvaruje vezu između dva različita računala u mreži i pronalazi najbolji put za prijenos podataka.

### **2.1.2. Viši slojevi**

Transportni sloj predstavlja granicu između viših i nižih slojeva OSI modela. Glavne funkcije ovog sloja su prepoznavanje grešaka i ponovna uspostava veze nakon prestanka rada sustava. Podatci na odredište mogu stići krivim redosljedom, no na ovom sloju se može ispraviti njihov poredak. Primjeri protokola transportnog sloja su UDP i TCP, pomoću kojih se osigurava najpovoljnije korištenje mrežnih resursa i usluga. Nadalje, sloj sesije upravlja komunikacijom aplikacija koje se nalaze na različitim računalima. Ako se na računalima izvršava više od jedne aplikacije, uloga sesijskog sloja je uskladiti funkcionalnosti svih komunikacija i pristigle podatke usmjeravati prema određenoj aplikaciji.

Nakon sesijskog sloja slijedi prezentacijski sloj koji je zadužen za prijenos datoteka i formatiranje podataka prilikom njihove razmijene između računala u mreži. Ovaj sloj je zadužen za transformiranje, formatiranje, strukturiranje, šifriranje i komprimiranje podataka. Pretvara podatke u oblik pogodan za prijenos, pomoću čega je omogućeno povezivanje uređaja koji koriste različite podatkovne formate.

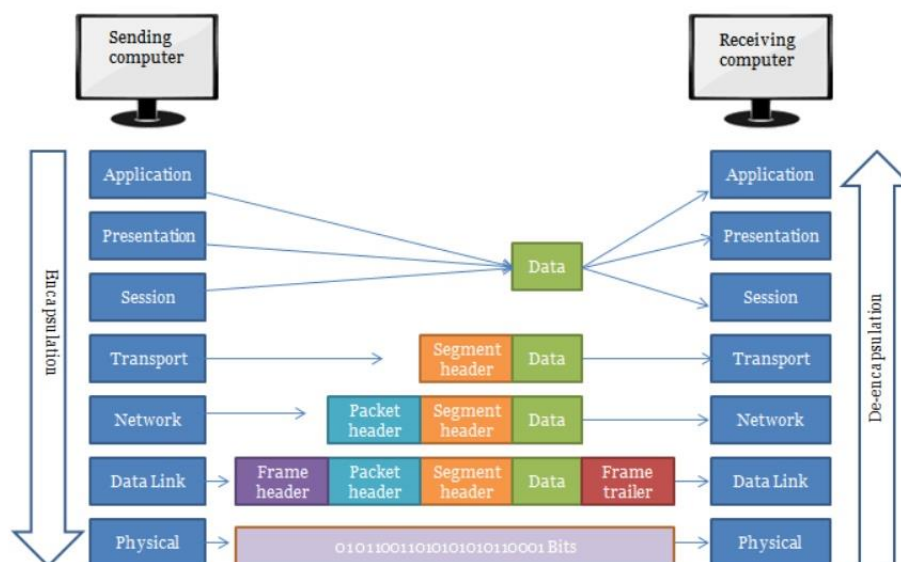
Posljednji, aplikacijski sloj, omogućuje krajnjem korisniku direktno međudjelovanje sa softverskom aplikacijom. Usluge koje pruža aplikacijski sloj povezane su sa korisničkim programima, a to su prijenos poruka, prijenos i pristup datotekama, komunikacija sa terminalnim uređajima te na poslijetku upravljanje mrežom. Ovaj sloj koriste programi za upravljanje bazama podataka, programi za elektronsku poštu, konferencijske aplikacije i *World Wide Web*. Većina funkcija koje se izvode na ovom sloju definirane su od strane korisnika, a

svaki korisnik ima različite zahtjeve za komunikaciju, prema tome je teško definirati opće odredbe o protokolima ovog sloja [3].

## 2.2. Enkapsulacija podataka kod OSI modela i TCP/IP složaja

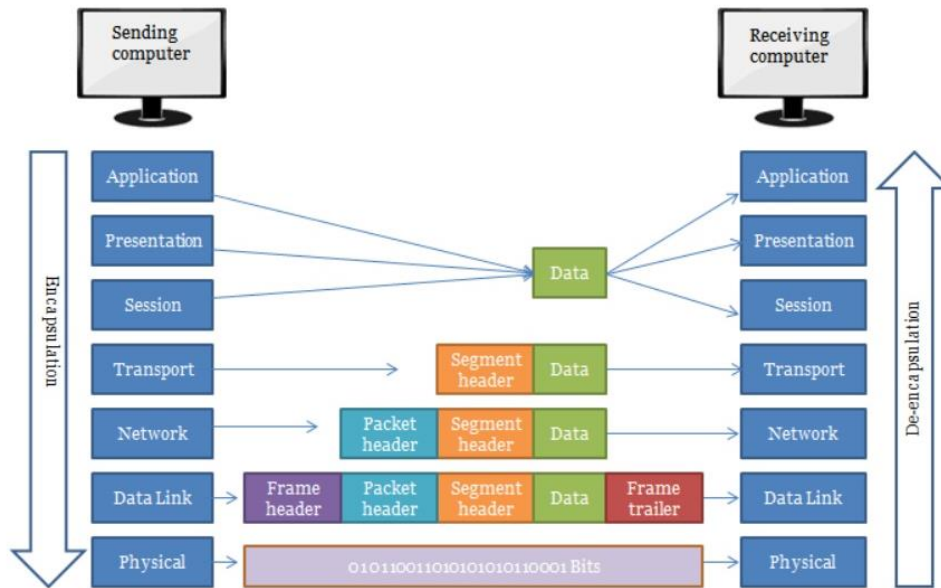
OSI model i TCP/IP složaj opisuju način na koji informacija s jednog računala putuje do drugog. Informacija mijenja format prilikom prelaska na niži nivo. Podaci višeg sloja se enkapsuliraju. Odnosno podacima višeg sloja dodaje se zaglavlje sloja kroz koje prolazi. Enkapsulacija prikazana slikama 2 i 3 na podatak dodaje informacije važne protokolu da bi taj podatak uspješno i u cijelosti stigao do odredišnog računala ili mreže.

Podaci se prvo enkapsuliraju u transportnom sloju OSI modela i TCP/IP složaja. Transportni sloj zaprimljenim informacijama dodaje zaglavlje svog sloja, te se tada podatak naziva segment. Kreirani segment prosljeđuje se mrežnom sloju na daljnju obradu. Mrežni sloj stvara zaglavlje za svaki pristigli segment. Zaglavlje mrežnog sloja sadrži informacije koje su potrebne za adresiranje i usmjeravanje. Zaglavlje mrežnog sloja i segment čine paket. Paket se prosljeđuje podatkovnom sloju. Paket zajedno sa zaglavljem navedenog sloja naziva se okvir. Fizički sloj zaprima okvire podatkovnog sloja te ih formira u oblik pogodan za prijenos određenim prijenosnim medijem. Kada podaci stignu na odredište postupak je obrnut od navedenog. Na svakom sloju im se uklanja zaglavlje tog sloja i tako sve do oblika u kojem su prvotno bili poslani [4].



**Slika 2.** Enkapsulacija podataka kod OSI modela

Izvor: [4]

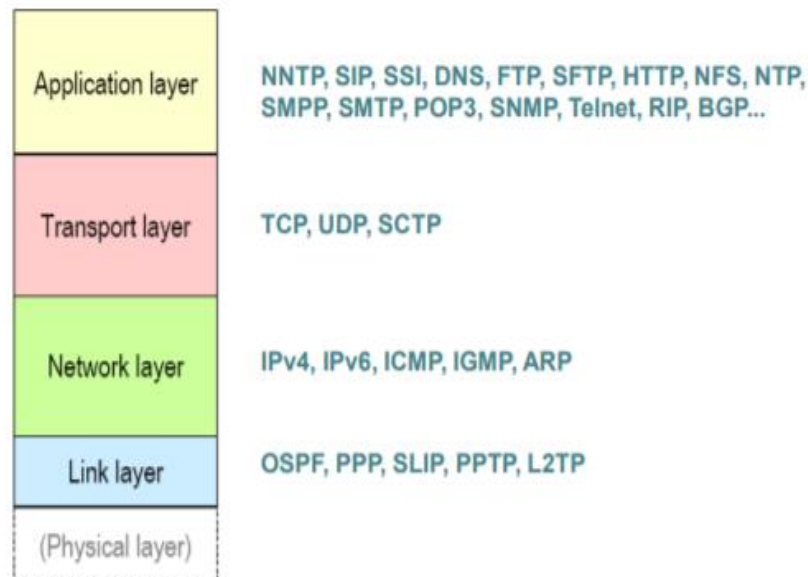


Slika 3. Enkapsulacija podataka kod TCP/IP složaja

Izvor: [4]

### 2.3. TCP/IP složaj

Kombinacija više vrsta protokola čini protokolni složaj. Primjer takve kombinacije protokola je TCP/IP protokolni složaj čiji naziv potječe od dva najkorištenija protokola, a to su: TCP (*eng. Transmission Control Protocol*) i IP (*eng. Internet Protocol*). Navedeni model prihvaćen je kao standard jer omogućuje povezivanje računala neovisno o tipu računalne opreme i operacijskih sustava koje koriste. Primjenom jednostavnog načina adresiranja, TCP/IP složaj omogućuje povezivanje i komunikaciju svih uređaja neovisnost o tipu mrežne opreme na fizičkoj razini i prijenosnog medija. Ovaj skup protokola jedan je od najraširenijih mrežnih složaja jer omogućuje povezivanje mreža sa različitim arhitekturama. TCP/IP složaj sastavljen je od četiri sloja, kao što je vidljivo na slici 4, za razliku od OSI modela koji je objašnjen u sedam slojeva.



**Slika 4.** Arhitektura TCP/IP modela

Izvor: [5]

### 2.3.1. Aplikacijski sloj

Najviši sloj TCP/IP modela je aplikacijski sloj koji je sastavljen od programa i procesa. Na ovom sloju su definirani protokoli čija je uloga ostvarenje određenih korisničkih aplikacija. Obuhvaća tri sloja OSI modela, s to su aplikacijski, prezentacijski i sesijski sloj. Protokoli ovog sloja su zaduženi za komunikacije od čvora do čvora, a primjeri tih protokola su:

- protokol za prijenos informacija na Internetu (*eng. Hypertext Transfer Protocol, HTTP*)
- protokol za prijenos informacija na Internetu (*eng. Hypertext Transfer Protocol Secure, HTTPS*)
- protokol za preuzimanje i postavljanje datoteka na poslužitelj (*eng. File Transfer Protocol, FTP*)
- protokol namijenjen za povezivanje na udaljeni uređaj, te izvršavanje naredba i funkcija preko mreže (*eng. Secure Shell, SSH*)
- protokol zadužen za doznavanje IP adresa iz imena računala i obratno (*eng. Domain Name System, DNS*)
- protokol zadužen za upravljanje aktivnim mrežnim uređajima (*eng. Simple Network Managment Protocol, SNMP*)
- protokol za slanje elektroničke pošte (*eng. Simple Mail Transfer Protocol, SMTP*)
- protokol za sinkronizaciju satova na mrežnim uređajima i računalima (*eng. Network Time Protocol, NTP*).

### 2.3.2. Transportni sloj

Transportni sloj TCP/IP modela se podudara sa transportnim slojem OSI modela. Navedeni sloj je zadužen da se podaci prenose bez greške od kraja do kraja i omogućuje da dva uređaja budu povezana, bez obzira gdje se u mreži nalaze. S obzirom na vrstu aplikacije koja se koristi, programeri sami mogu odabrati protokol koji u najvišoj mjeri odgovara njihovoj aplikaciji. Glavna zadaća transportnog sloja je podjela poruka na segmente i prosljeđivanje tih segmenata procesima na aplikacijskom sloju. Proces podjele poruka na manje dijelove naziva se segmentacija.

Transportni sloj podatke zaprima od aplikacijskog sloja, segmentira ih, enkapsulira sa zaglavljem protokola transportnog sloja i dalje prosljeđuje kroz mrežu do internetskog sloja.

Protokoli koji se nalaze na ovom sloju bit će detaljno definirani i uspoređeni u sljedećim poglavljima ovoga rada. Primjeri protokola su:

- TCP
- UDP
- SCTP.

### 2.3.3. Internet sloj

Internet sloj TCP/IP modela se podudara sa mrežnim slojem OSI modela. Mod prijenosa ovog sloja je paket, stoga je navedeni sloj zadužen za prijenos paketa od kraja do kraja mreže, rutiranje te uspostavljanje, održavanje i prekidanje veze. Za uspješno izvršavanje navedenih funkcija, internet sloj mora znati topologiju podmreže te rute kroz istu podmrežu.

Glavni protokoli koji se nalaze na internet sloju su:

- standardni internetski protokol, čije su osnovne funkcije adresiranje i usmjeravanje (*eng. Internet Protocol, IP*)
- protokol koji djeluje kada u mreži dođe do neočekivanih događaja (*eng. Internet Control Message Protocol, ICMP*)
- protokoli koji pronalaze vezu između IP adrese i fizikalne veze (*eng. Address Resolution Protocol, ARP*) i (*eng. Reverse Address Resolution Protocol, RARP*)
- protokol koji omogućava grupno adresiranje (*eng. Internet Protocol Management Group, IGMP*).

### 2.3.4. Sloj mrežnog pristupa

Najniži sloj TCP/IP modela je sloj mrežnog pristupa, a izvršava funkcije fizičkog i podatkovnog sloja OSI modela. Protokoli koji se nalaze na ovom sloju omogućuju fizički prijenos informacija i zaduženi su za realizaciju komunikacije između dva uređaja u mreži. Podatke koji su pristigli s drugog sloja prilagođava fizičkom mediju te vodi računa o svojstvima uređaja prijavljenih na mrežu. Protokoli koji izvršavaju navedene funkcije, a nalaze se na sloju mrežnog pristupa su [6]:

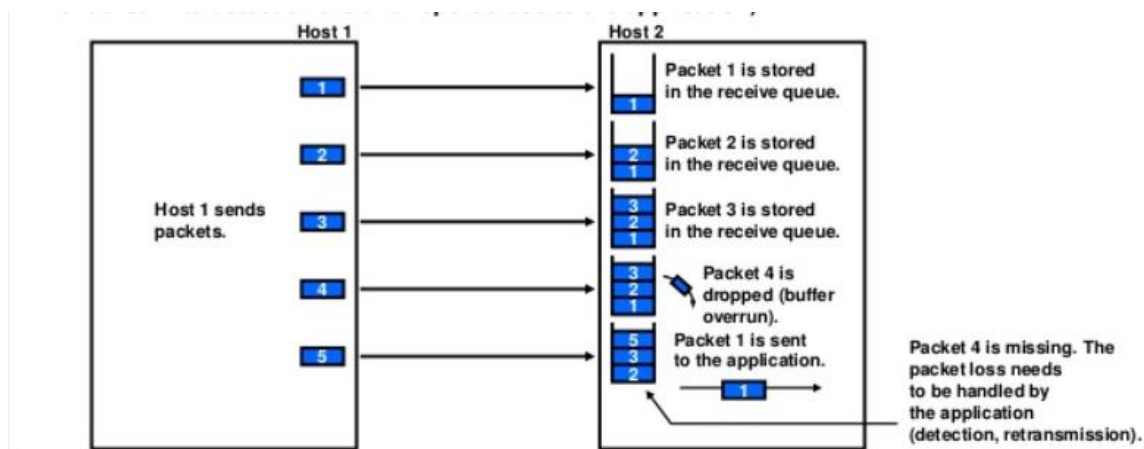
- protokol koji je omogućio povezivanje različitih vrsta mreža bez obzira na njihovu temeljnu arhitekturu i različite brzine prijenosa koje podržavaju (*eng. Ethernet Protocol*)
- protokol koji formira *point-to-point* konekciju (*eng. Serial Line Internet Protocol, SLIP*)
- protokol, odnosno standard za prijenos podataka od točke do točke (*eng. Point to Point Protocol, PPP*).

### 3. ZNAČAJKE I ULOGA UDP PROTOKOLA

#### 3.1. Karakteristike UDP protokola

UDP je primjer jednostavnijeg protokola koji pruža osnovne funkcionalnosti na transportnom sloju TCP/IP modela i ujedno protokol korisničkih datagrama. UDP omogućuje udaljenim aplikacijama razmjenu korisničkih datagrama bez uspostave konekcije i ne garantira isporuku istih. UDP se koristi kada je brzina poželjna i ispravljanje pogrešaka nije potrebno. Pomoću navedenih funkcionalnosti može se zaključiti da UDP protokol ne omogućuje pouzdan prijenos, kao što je prikazano na slici 5, stoga se ne koristi u aplikacijama kojima je bitna sigurna i pouzdana isporuka [7].

UDP ne upotrebljava mehanizme za kontrolu toka, što znači da u samom protokolu ne postoji zaštita od zagušenja prijemnika velikim brojem poruka. Također, UDP ne koristi ni druge mehanizme za kontrolu grešaka. Pošiljalac ne može znati da je poruka koju je poslao uspješno poslana ili je možda izgubljena i ponovljena u prijenosu.

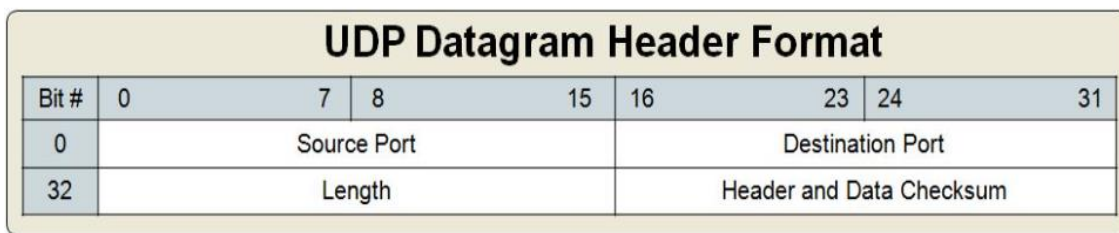


Slika 5. Prijenos datagrama pomoću UDP-a

Izvor: [7]

#### 3.2. Struktura UDP datagrama

UDP datagram sastoji se od zaglavlja veličine 8-Byta, a zatim slijede podaci. Slika 6 prikazuje, da se u samom IP zaglavlju nalaze izvorišni i odredišni port i ovisno o vrsti IP protokola velike su 16 bita, te polje za provjeru ispravnog prijenosa.



**Slika 6.** Struktura zaglavlja UDP datagrama

Izvor: [8]

Uloge pojedinih vrijednosti zapisanih u poljima zaglavlja su detaljno objašnjena u nastavku. *Source port* koji predstavlja broj izvorišnog porta i kada se koristi označava priključnu točku procesa koji šalje podatke. Ako se polje ne koristi popuni se nulama. Zatim slijedi *Destination port*, koji predstavlja broj odredišnog porta tj. odredišnu priključnu točku usluge.

Duljina UDP datagrama u oktetima zajedno sa zaglavljem i podacima izražena je pomoću *Length-a*. Minimalna duljina UDP datagrama iznosi 8 okteta.

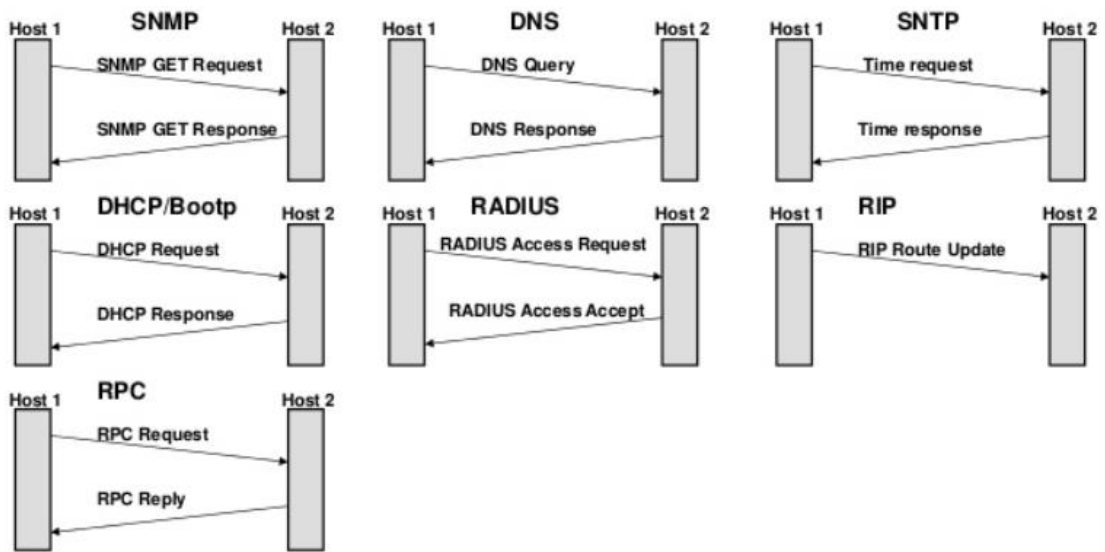
*Header and Data Checksum* je kontrolni zbroj zaglavlja, računa se na osnovu pseudo zaglavlja iz IP i UDP zaglavlja i podataka. Ako je polje ispunjeno nulama znači da predajnik nije računao zbroj, a ako je zbroj jednak nuli, prenosi se kao niz jedinica [8].

### 3.3. UDP aplikacije

Kada aplikacija upotrebljava UDP, paketi se direktno šalju primatelju. Pošiljalatelj ne čeka na potvrdu prijama paketa od primatelja, nego nastavlja slanjem sljedećih paketa. Ako primatelju nedostaje nekoliko UDP paketa pošiljalatelj ih neće ponovno poslati. Gubitak svega toga omogućuje bržu komunikaciju uređaja. Bez obzira na nedostatke, postoje slučajevi kada je potrebno koristiti ovaj protokol, a to su:

- Prijenos podataka aplikacija koje same osiguravaju pouzdan prijenos ili kada aplikacije podnose određene gubitke. Primjer takvih aplikacija je prikazan na slici 7, to su: videoprijenos uživo, internetska telefonija, audio/video konferencije i sl.
- *Broadcast* komunikacija je način komunikacije gdje jedno računalo šalje informacije svim ostalim uređajima u svojoj mreži. Uporabom UDP protokola, zaobilazi se uspostavljanje komunikacijske veze sa svakim uređajem u mreži.
- Kada je potrebno poslati manji blok podataka, pa je jednostavnije i brže poslati samo podatke, bez dodatnih kontrola koje usporavaju proces slanja.





Slika 7. Aplikacije koje koriste UDP protokol

Izvor: [7]

## 4. ZNAČAJKE I ULOGA TCP PROTOKOLA

### 4.1. Karakteristike TCP protokola

TCP protokol konekcijski je orijentiran i najčešće korišten na transportnom sloju. Glavna zadaća navedenog protokola jest uspostava krajnje komunikacije između aplikacija. TCP može uspostaviti komunikaciju sa slojevima iznad i ispod sebe, a to su aplikacijski i internet sloj.

Njegovoj popularnosti doprinijele su brojne funkcionalnosti koje omogućuje:

1. Pouzdan prijenos podataka koji je uvijek dvosmjernan (*eng. duplex*), što znači da komunikacija može teći u oba smjera u isto vrijeme.
2. Kontrola toka (*eng. Flow Control*) – mehanizam koji se koristi u računalnim mrežama za kontrolu toka podataka između primatelja i pošiljatelja. Primatelj pomoću ove metode može kontrolirati brzinu pristizanja podataka od pošiljatelja.
3. Upravljanje zagušenjima (*eng. Congestion Control*) – mehanizam je koji koristi mreža, kako bi mogla kontrolirati zagušenja u mreži. Navedeni mehanizam je zadužen da donosi odluke o tome može li mreža upravljati prometom koji pristiže u tu mrežu.
4. Segmentacija – sadržaj se dijeli na manje dijelove, zbog lakšeg prijenosa.
5. Multipleksiranje/demultipleksiranje – predstavlja mogućnost da veći broj aplikacija može istovremeno koristiti TCP protokol.
6. Sigurnost i prioriteti – zahtjevi koje određuju sudionici u komunikaciji.

### 4.2. Struktura TCP segmenta

TCP segment predstavlja 32-bitnu adresu koja sadrži korisničke podatke i podatke potrebne za isporuku do odredišta. Podatkovna jedinica TCP protokola naziva se segment, a svaki dio tog segmenta detaljno je objašnjen u nastavku poglavlja i prikazan slikom 8. Veličina segmenta uključujući i TCP zaglavje mora stati u 65536 bytova IP paketa. Ako je segment ipak prevelik za mrežu, usmjernik ga dijeli u više manjih segmenata i svakom dodaje IP zaglavje.

| TCP Segment Header Format |                          |     |       |                  |             |    |    |    |
|---------------------------|--------------------------|-----|-------|------------------|-------------|----|----|----|
| Bit #                     | 0                        | 7   | 8     | 15               | 16          | 23 | 24 | 31 |
| 0                         | Source Port              |     |       | Destination Port |             |    |    |    |
| 32                        | Sequence Number          |     |       |                  |             |    |    |    |
| 64                        | Acknowledgment Number    |     |       |                  |             |    |    |    |
| 96                        | Data Offset              | Res | Flags |                  | Window Size |    |    |    |
| 128                       | Header and Data Checksum |     |       | Urgent Pointer   |             |    |    |    |
| 160...                    | Options                  |     |       |                  |             |    |    |    |

**Slika 8.** Struktura zaglavlja TCP segmenta

Izvor: [8]

Uloge pojedinih vrijednosti zapisanih u poljima zaglavlja su [8]:

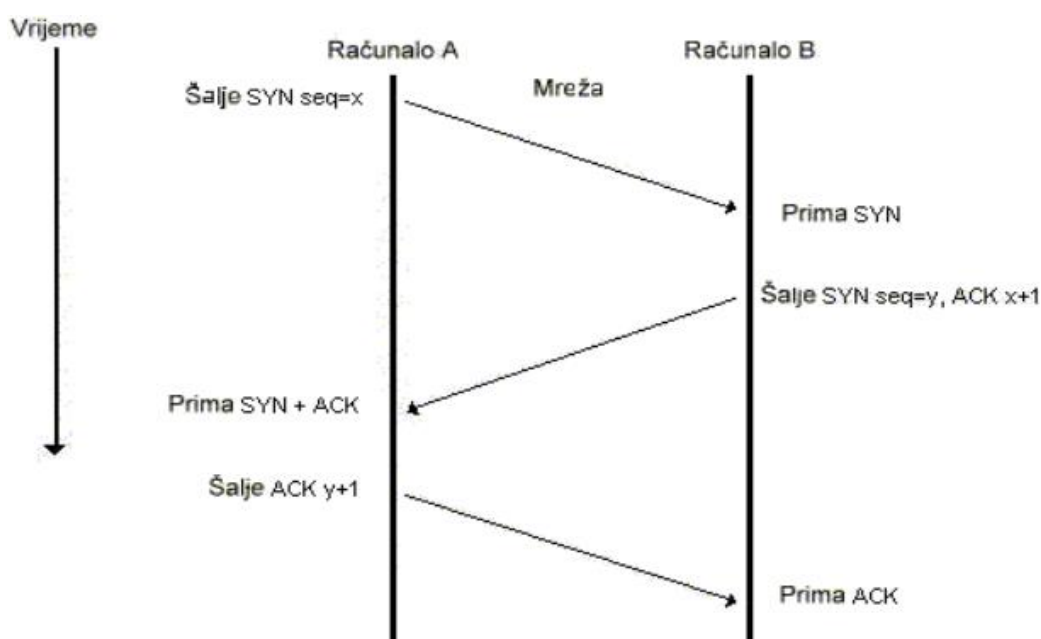
- *Source Port* predstavlja izvorišnu priključnu točku, odnosno identificira proces koji šalje podatke.
- *Destination Port* predstavlja odredišnu priključnu točku, te omogućuje proces koji prima podatke.
- *Sequence Number* označava poredak paket u nizu sadržaja koji je poslan.
- *Acknowledgment Number* odnosi se na broj potvrde. Ako je postavljen ACK bit, polje sadrži redni broj sljedećeg okteta kojeg primatelj očekuje.
- *Data Offset* predstavlja pomak, tj. određuje smještaj fragmenta u datagramu. Pomak fragmenta mjeri se u jedinicama od 8 Byta, a prvi fragment nema pomak te je vrijednost nula.
- *Res* odnosi se na rezervirano polje za buduće uporabe, a ispunjeno je nulama.
- *Flags* označava stanja veze ili donosi neke dodatne korisne informacije, vrste šest jednobitnih zastavica su:
  - *ACK (Acknowledgment)* označava potvrdni broj koji je ispravan.
  - *PSH (Push Function)* mogućnost da se podaci mogu odmah isporučiti korisniku.
  - *URG (Urgent Pointer)* segment sadrži hitne podatke.
  - *RST (Rest Connection)* zahtjev za reinicijalizacijom veze, najčešće rezultat raskida veze.
  - *FIN (Finish)* zahtjev za raskid veze.
  - *SYN (Synchronize)* zahtjev za uspostavu veze.
- *Window Size* predstavlja prozor i označava koliko okteta prijemnik može primiti.
- *Header and Dana Checksum* služi kao kontrolni zbroj.
- *Urgent Pointer* odnosi se na pokazivač rednih brojeva okteta gdje se nalaze hitni podaci.

- *Options* predstavlja polje koje može i ne mora biti uključeno, a služi za realizaciju dodatnih pogodnosti.

### 4.3. TCP upravljanje vezom

Prilikom prijenosa podataka TCP podatkovne jedinice prolaze kroz tri faze, a to su - uspostava veze, razmjena podataka i na samom kraju prekid veze. TCP osigurava logičku vezu između dva krajnja uređaja u mreži. Kako bi uspostava veze bila uspješna, navedena dva uređaja moraju razmijeniti upravljačke informacije, prije samog procesa prijenosa podataka. Segment koji sadrži upravljačke informacije se razlikuje od segmenta sa korisničkim podacima. TCP protokol uspostavlja vezu pomoću trostrukog rukovanja, odnosno razmjenom tri vrste segmenta koji sadrže potrebne upravljačke informacije.

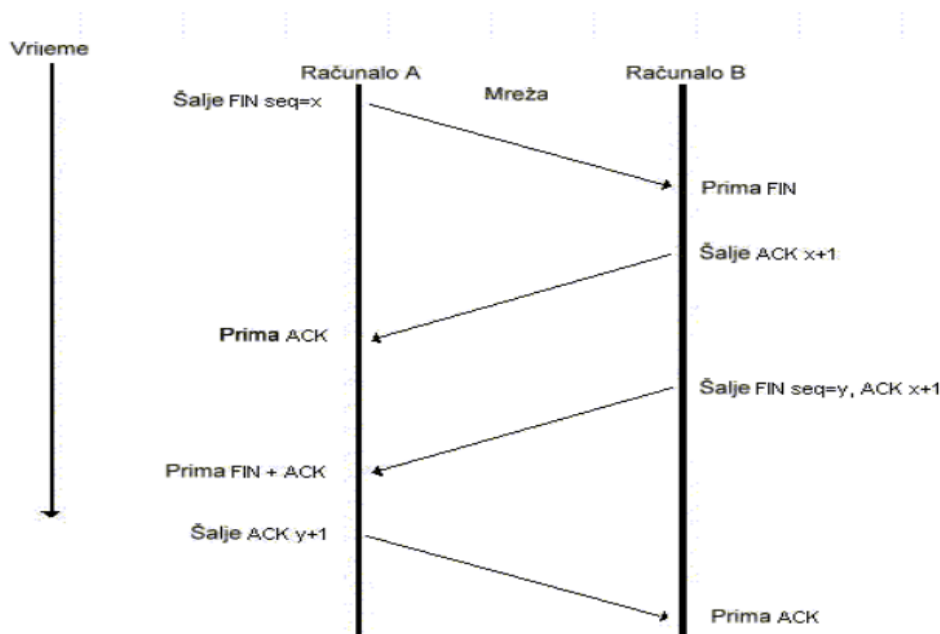
Način uspostave veze između pošiljatelja i primatelja prikazan je slikom 9 i opisan u nastavku. Izvorišni uređaj pomoću sinkronizirane poruke SYN obavještava odredišni uređaj da želi uspostaviti komunikacijsku vezu sa njim. Izvor odredištu šalje slijedni broj (*eng. Sequence Number*) pomoću kojeg odredište broji segmente koji se šalju. Slijedni broj se koristi pri održavanju ispravnog redosljeda podataka. Zatim odredište izvoru šalje potvrdu prijema, odnosno ACK bit postavljen na vrijednost 1 i SYN postavljen na vrijednost 1, te šalje svoj slijedni broj. Nakon što izvor zaprimi te podatke započinje slanje korisničkih informacija [9].



Slika 9. Način uspostave veze

Izvor: [9]

Nakon uspostavljene veze, slijedi čisti prijenos podataka. Izvor očekuje potvrdu prijema od odredišta za sve prenesene podatke. Ipak, u slučaju gubitka segmenta, TCP koristi mehanizam retransmisije, odnosno segment se ponovno šalje. Način prekida veze prikazan je slikom 10. Pri završetku prijenosa podataka potrebna su četiri TCP segmenta za prekid uspostavljene veze.



Slika 10. Način prekida veze

Izvor: [9]

## 4.4. TCP mehanizmi

### 4.4.1. Kontrola toka

Kontrola toka predstavlja mehanizam koji TCP nudi svojim aplikacijama. Koristi se za kontrolu toka podataka između primatelja i pošiljatelja. Primatelj pomoću ove metode može kontrolirati brzinu pristizanja podataka od pošiljatelja. Svaki put kada TCP prihvati paket mora poslati potvrdnu poruku pošiljatelju o pristiglom paketu. S tom porukom šalje i veličinu preostalog prostora u međuspremniku pa pošiljatelj zna može li nastaviti slati podatke.

TCP za kontrolu toka koristi protokol pomičnih prozora (*eng. sliding window*) koji kontrolira količinu podataka koju TCP može poslati. Tim protokolom kontrolira broj bitova koji mogu biti poslani u jednom paketu. Drugim riječima, broj bitova koji je poslan, ali nije još potvrđen.

#### 4.4.2. Upravljanje zagušenjima

Upravljanje zagušenjem koristi mreža, kako bi mogla kontrolirati zagušenja u mreži. Do zagušenja može doći kada čvor prima ili šalje toliku količinu podataka da se javljaju gubici paketa, blokiranje novih veza ili pak stvaranje velikog reda čekanja. TCP se brine o tome da do ovakvih situacija ne dođe time što ima ugrađenu kontrolu zagušenja. Kontrola zagušenja će u slučaju zagušenja primijeti potrebne mjere da se zagušenje smanji ili otkloni.

Algoritmi koje TCP koristi za upravljanje zagušenjem su: spori početak (*eng. slow-start*), izbjegavanje zagušenja (*eng. congestion avoidance*), brzo ponovno slanje (*eng. fast retransmit*) te brzi oporavak (*eng. fast recovery*, koristi ga samo TCP Reno).

#### 4.4.3. Kontrola greške

TCP protokol koristi metode za pronalaženje oštećenih segmenata, nedostajućih dijelova, segmenta koji nisu u ispravnom poretku i ponovljene segmente. Kontrola pogrešaka u TCP-u se izvršava pomoću tri jednostavne tehnike i objašnjene su u nastavku.

1. Svaki segment sadrži *checksum* polje koje se koristi za pronalaženje oštećenog segmenta. Ako je segment oštećen, onda je odbačena od strane odredišta i smatra se izgubljenim.
2. Mehanizam koji služi za potvrdu da su svi segmenti isporučeni.
3. Kada segment nedostaje ili kada je odgođeno njegovo slanje TCP koristi mehanizam retransmisije, odnosno proces ponovnog slanja segmenta.

Retransmisija segmenata se pokreće na temelju kontrole greške. Svaki segment koji je stigao na odredište sa greškom, izgubljen ili ponovljen u prijenosu se ponovo šalje. Retransmisiji su podložni segmenti podataka i pojedini kontrolni segmenti, tj. oni koji zahtijevaju potvrdu isporuke. Segment se ponovo šalje u dva slučaja: kad je vrijeme retransmisijskog brojila isteklo (*eng. Retransmission time-out, RTO*) ili kada prijemnik primi tri duplicirana ACK segmenta. Kad god se pošalje segment, TCP pokreće retransmisijsko brojilo ako potvrda prijema segmenta stigne prije nego što vrijeme brojila istekne, brojilo se zaustavlja. Međutim, ako RTO vrijeme istekne prije nego što stigne potvrda, odgovarajući segment se smatra izgubljenim i ponovo se šalje. RTO vrijednost dinamički se konfigurira na osnovu procjene vremena prijenosa segmenta od predajnika do prijemnika i nazad (*eng. round trip time, RTT*). RTT je vrijeme potrebno da segment stigne do prijemnika plus vrijeme potrebno da se potvrda vrati nazad do predajnika. Prethodno pravilo za retransmisiju je dovoljno ako RTO vrijeme nije postavljeno na malu vrijednost. Međutim, ponekad se može dogoditi da predajnik prije isteka RTO vremena izgubljenog segmenta pošalje veći broj slijedećih segmenata, toliko da sve njih prijemnik ne

može prihvatiti, zbog ograničenog prostora u svom međuspremniku. Da bi se ovakva situacija izbjegla, primjenjuje se pravilo tri duplicirana ACK-a, prema kojem predajnik bez obzira na RTO vrijeme koje još uvijek nije isteklo, ponovno šalje segment nakon što primi tri dupla ACK segmenta [10].

## 5. ZNAČAJKE I ULOGA SCTP PROTOKOLA

### 5.1. Karakteristike SCTP protokola

SCTP je protokol transportnog sloja TCP/IP modela, koji se koristi u IP mrežama. Definiran je od strane IETF Signaling Transport (SIGTRAN) radne skupine 2000. godine. Navedeni protokol se smatra nadopunom protokola kontrole prijenosa, ali sadrži i neke značajke protokola korisničkih datagrama. Kako je ranije navedeno da svaka aplikacija ne može biti prilagođena samo za TCP ili UDP, SCTP se smatra rješenjem za takve aplikacije [11].

Protokol upravljanja transmisijskim slijedom konekcijski je orijentiran protokol koji omogućava pouzdan prijenos informacija, te ispravan poredak poslanih paketa.

SCTP protokolu su dodana nova dva koncepta višepristupnost (*eng. Multi-homing*) i više istodobnih tokova podataka između točaka prijenosa (*eng. Multi-streaming*). Koncept višepristupnosti omogućuje da jedna krajnja točka može imati više IP adresa za istu konekciju. Pomoću ovog koncepta smanjuje se mogućnost čekanja i kašnjenja. Koncept *multi-streaming* dopušta više istodobnih tokova podataka između točaka prijenosa. Prilikom greške na jednom od tokova ostali nastavljaju nesmetano prenositi podatke do odredišta.

Osim navedenih novih mehanizama SCTP omogućuje prijenos korisničkih podataka sa mehanizmom potvrde, bez greške u prijenosu i ponavljanja. Kako bi se uspješno izbjeglo preopterećenje linkova SCTP protokol provodi proces kontrole zagušenja, odnosno prije slanja podataka kroz mrežu provjerava stanje mreže.

Za uspješno slanje i primanje veće količine podataka, SCTP koristi dvosmjerni prijenos (*eng. full-duplex*). *Full-duplex* predstavlja prijenos podataka u oba smjera istovremeno. Sa ciljem izbjegavanja fragmentacije paketa, SCTP ima funkcionalnost otkrivanja puta za transportne jedinice (*eng. Path Maximum transmission unit Discovery*). Zapravo to je tehnika za određivanje maksimalne veličine paketa u mreži između dva IP hosta [12].

Uobičajene aplikacije SCTP-a uključuju podršku prijenosa poruka sljedećih protokola preko IP mreže:

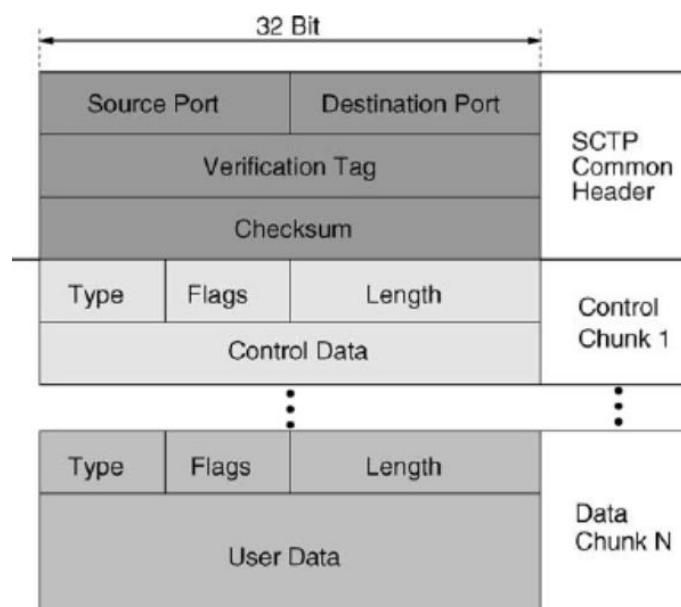
- protokoli koji se koriste u 3G i 4G/LTE mrežama
- Signalizacijski sustav 7 (*Signaling System 7, SS7*) preko IP-a, na primjer za 3G mobilne mreže
- SIP protokol



- signalizacijske poruke javne komunikacijske telefonske mreže (eng. *Public Switched Telephone Network, PSTN*).

## 5.2. Struktura SCTP paketa

Svi podatci koji se prenose između portova su enkapsulirani u SCTP paketima. SCTP paket se sastoji od zajedničkog zaglavlja i niza blokova podataka poznatih pod nazivom *chunks*, kao što je prikazano slikom 11. Zajedničko zaglavlje se sastoji od izvorišnog i odredišnog broja porta, kako bi se omogućilo multipleksiranje različitih SCTP tokova na istoj adresi. U zaglavlju se nalazi i *Verification Tag*, koji predstavlja 32-bitnu adresu koja blokira *out-of-date* umetanje, odnosno lažnih poruka koje ne pripadaju trenutnoj konekciji. *Checksum* je 32-bitna adresa koja služi za otkrivanje grešaka u komunikacijama od kraja do kraja. Nakon zaglavlja slijedi kontrolni ili podatkovni blok. Za poboljšanje učinkovitosti prometa, SCTP protokol omogućava povezivanje više podatkovnih blokova, kao što je prikazano na slici 12 i kontrolnih blokova, vidljivih na slici 11, u jedan paket. Svaki kontrolni blok sadrži naziv tipa, *chunk* zastavice, duljinu i veličinu *chunk*-a.



**Slika 11.** Izgled SCTP paketa

Izvor: [13]

|            |             |              |
|------------|-------------|--------------|
| Chunk type | Chunk flags | Chunk length |
| Chunk data |             |              |

**Slika 12.** Kontrolni Chunk

Izvor: [14]

Podatkovni blok predstavlja spremnik korisničkih podataka koji se prenose pomoću SCTP protokola. Na slici 13 je vidljivo da se podatkovni blok sastoji od kontrolnih zastavica, bloka za provjeru dužine paketa, transmisijskog rednog broja (*eng. Transmission sequence number*, TSN), identifikator toka (*eng. Stream ID*), rednog broja toka (*eng. Stream sequence number*, SSN) i identifikatora aplikacijskog protokola (*eng. Payload protocol identifier*) [14].

Kada su podatkovni blokovi pristigli na odredište, njihova isporuka se potvrđuje SCTP paketom koji sadrži SACK kontrolni blok. Struktura SACK kontrolnog bloka prikazana je na slici 14.

|                             |                  |                         |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|
| Type                        | Chunk Flags =UBE | Chunk Length = Variable |
| ASN                         |                  |                         |
| Stream Identifier           |                  | Stream Sequence Number  |
| Payload Protocol Identifier |                  |                         |
| User data                   |                  |                         |

**Slika 13.** Podatkovni Chunk

Izvor: [14]

|  |                |                                  |
|--|----------------|----------------------------------|
| Type                                       | Chunk flags =0 | Chunk length = Variable          |
| Cumulative TSN acknowledgement             |                |                                  |
| Advertised receiver window credit (a_rwnd) |                |                                  |
| Number of Gap ACK Blocks = N               |                | Number of duplicates = X         |
| Gap Ack block # 1 start TSN offset         |                | Gap Ack block # 1 end TSN offset |
| .....                                      |                |                                  |
| Gap Ack block # N start TSN offset         |                | Gap Ack block # N end TSN offset |
| Duplicate TSN 1                            |                |                                  |
| .....                                      |                |                                  |
| Duplicate TSN X                            |                |                                  |

**Slika 14.** SACK kontrolni blok

Izvor: [14]

## 6. KOMPARATIVNI PRIKAZ FUNKCIONALNOSTI PROTOKOLA TRANSPORTNOG SLOJA TCP/IP SLOŽAJA

SCTP protokol dizajniran je kombinacijom značajki TCP-a i UDP-a, a glavni razlog njegovog razvitka jest popunjavanje nedostataka TCP protokola pomoću novih mehanizama. Mehanizmi koji su implementirani samo kod SCTP protokola su *multi-streaming* koji omogućuje istodobni prijenos većeg broja podatkovnih tokova i *multi-homing*, koji omogućuje da jedna krajnja točka može imati više IP adresa za istu konekciju. SCTP i UDP prijenos se temelji na nizu poruka (*eng. message-oriented*), a TCP prijenos na cjelovitom bloku bitova (*eng. stream-oriented*).

SCTP i TCP protokoli su konekcijski orijentirani i omogućuju pouzdan prijenos podataka te isporuku paketa u odgovarajućem poretku, što nije slučaj kod UDP protokola koji ne uspostavlja vezu za prijenos podataka, kao što je vidljivo u tablici 1. UDP prenosi podatke odnosno datagrame putem koji je u tom trenutku najpogodniji za prijenos 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. Za razliku od UDP-a, SCTP i TCP imaju funkciju detekcije konekcije i mogu detektirati ispuštene i duple pakete.

Većina aplikacija zahtjeva provjeru ispravnosti prenesenog sadržaja, a tu mogućnost aplikacijama pružaju TCP protokol sa dodatnih 16 bita za provjeru i SCTP protokol sa 32 bitnim poljem za provjeru (*eng. Cyclic Redundancy Check, CRC*). UDP protokol ne nudi navedene mogućnosti, stoga se često koristi u aplikacijama koje prenose podatke u realnom vremenu i koje mogu podnijeti određene gubitke i kašnjenja, a te aplikacije su navedene i opisane u poglavlju 3.3.

Kako bi se uspješno isporučili svi poslani podaci, SCTP i TCP prilikom prijema podataka šalju potvrdu isporuke. Ako ipak neki od podataka ne stignu, zahtijevaju retransmisiju, odnosno ponovno slanje podataka koji se nisu isporučili. UDP ne nudi takvu vrstu usluge, jer aplikacije koje koriste ovaj protokol otporne su na gubitak dijela podataka..

Kontrola zagušenja koja se temelji na prilagodbi brzine i kontrola toka je vrlo značajna usluga koju protokol može ponuditi, a detaljno su objašnjeni u poglavljima 4.4.1. i 4.4.2.

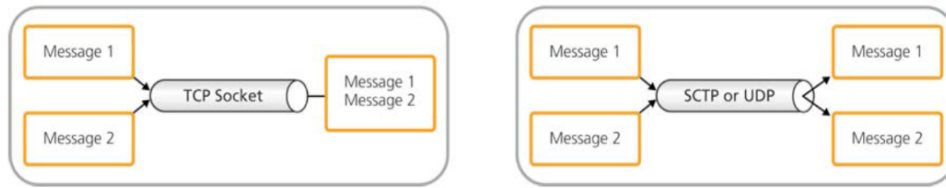
Navedeni mehanizmi preventivno djeluju kako ne bi došlo do gubitka paketa te sprječavaju zagušenje i preopterećenje mreže. STCP i TCP pružaju navedene usluge.

**Tablica 1.** Usporedba UDP, TCP i SCTP protokola

| USLUGE                             | UDP     | TCP      | SCTP     |
|------------------------------------|---------|----------|----------|
| Connection-oriented                | ne      | da       | da       |
| Message-oriented                   | ne      | da       | ne       |
| Stream-oriented                    | ne      | da       | ne       |
| Multistreaming                     | ne      | ne       | da       |
| Multihoming                        | ne      | ne       | da       |
| Full-duplex                        | ne      | da       | da       |
| Pouzdan prijenos podataka          | ne      | da       | da       |
| Veličina zaglavlja                 | 8 Bytea | 20 Bytea | 12 Bytea |
| Retransmisija podataka             | ne      | da       | da       |
| Kontrola toka                      | ne      | da       | da       |
| Kontrola zagušenja                 | ne      | da       | da       |
| Fregmentacija podatkovnih jedinica | ne      | da       | da       |
| Potvrda prijema podataka           | ne      | da       | da       |

Izvor: [15]

Ako pošiljalatelj šalje poruku od 100 Byta, a potom 50 Byta, informacije se prikazuju poslužitelju sa sačuvanim granicama poruke. SCTP i UDP poruke šalju u obliku 100 Byta i 50 Byta odvojeno, dok se pomoću TCP-a poruke mogu slati / primiti u obliku 150 Byta. Koristeći TCP, na slici 15 u nastavku je prikazano kako su dvije poruke na određitu prezentirane kao jedna poruka. Uz SCTP i UDP, granice poruke se održavaju i aplikacija ne mora dijeliti poruke [12].



**Slika 15.** Oblik prijenosa podataka kod UDP i SCTP protokola u odnosu na TCP

Izvor: [12]

Računalo ili uređaj na Internetu se prepoznaje pomoću jedinstvene IP adrese. Aplikacijski protokoli se pokreću na definiranom portu pomoću određenog protokola. Kada je informacija poslana preko Interneta na određeno računalo, ono prihvaća tu informaciju koristeći TCP ili UDP port. U tablici 2 su prikazani aplikacijski protokoli koje koriste TCP i UDP za različite portove. Kako bi informacija stigla na ispravan određeni port, svaki aplikacijski protokol svoje informacije šalje na određeni broj porta [16].

**Tablica 2.** UDP i TCP brojevi portova za određene aplikacijske protokole

| APLIKACIJSKI PROTOKOLI | BROJ PORTA | PROTOKOL |
|------------------------|------------|----------|
| HTTP                   | 80         | TCP      |
| FTP                    | 20-21      | TCP      |
| SSH                    | 22         | TCP      |
| Telnet                 | 23         | TCP      |
| DNS                    | 53         | TCP/UDP  |
| SMTP                   | 25         | TCP/UDP  |
| POP3                   | 110        | TCP      |
| IMAP3                  | 220        | TCP/UDP  |
| HTTPS                  | 443        | TCP      |
| MSP                    | 18         | TCP/UDP  |

Izvor: [17]

## 7. ZAKLJUČAK

Razvojem paketnih i računalnih višeslužnih mreža, bilo je potrebno razraditi model u kojem su prikazane sve funkcionalnosti mreže. Zbog toga je 1977. godine International Organization for Standardization (ISO) definirao OSI model pomoću sedam slojeva, gdje svaki sloj opisuje skup povezanih funkcionalnosti i tok podataka od izvora do odredišta, sa pripadajućim protokolima. Na temelju navedenog modela razvijen je TCP/IP model u četiri sloja, koji će izvršavati sve definirane funkcionalnosti OSI modela. U tom modelu definirani su skupovi protokola po razinama, koji odgovaraju grupama razina OSI modela. TCP/IP model je model temeljen na internet protokolu i danas najkorišteniji za prijenos korisničkih podataka.

Temeljni zadatak ovog rada bio je definirati značenje protokola transportnog sloja TCP/IP modela. Bez protokola dva uređaja mogu biti povezana ali ne mogu komunicirati i razmjenjivati podatke. Protokol je zapravo sporazum između sudionika u komunikaciji o tome na koji način bi komunikacija trebala teći.

Transportni sloj je zadužen za pouzdan prijenos podataka između uređaja. Osigurava uspostavu logičke veze i kontrolu toka s kraja na kraj. Dva najznačajnija protokola ovog sloja su TCP i UDP. TCP je dizajniran za pružanje pouzdane isporuke podataka između dva udaljena uređaja u mreži. Osigurava pouzdanost jer je vrsta protokola koji se temelji na uspostavi logičke veze između aplikacija na uređajima koji komuniciraju. No, ako aplikacije zahtijevaju brzi prijenos podataka, bez uspostave veze, koristit će protokol kao što je UDP. Zbog toga se TCP ne koristi za aplikacije u stvarnom vremenu, odnosno za one koje su vremenski osjetljive. Primjer takvih aplikacija je glasovna komunikacija ili *online* igre.

UDP je primjer nepouzdanog protokola jer datagrami mogu izaći iz reda, ponoviti se ili nestati, bez ikakvog mehanizma za njihovu provjeru.

Zatim, zbog prevelikih korisničkih zahtjeva uveden je i noviji SCTP protokol, koji objedinjuje značajke UDP-a i TCP-a sa još par dodatnih mogućnosti. Ovaj protokol je učinkovitiji kao prometni protokol za aplikacije koje zahtijevaju nadgledanje protoka podataka i otkrivanje gubitka istih u sesiji. SCTP je dopunska verzija TCP-a jer za razliku od njega ima mogućnost *multi-hominga* na jednom ili oba kraja i mogućnost većeg broja tokova podataka unutar veze.

Bez obzira na sve prednosti i nedostatke, svaki definirani protokol, na svoj način doprinosi radu određenih aplikacija. Svaki od njih pogodan je za prijenos različitih tipova podataka.

## LITERATURA

- [1.] Mrvelj Š. *Slojevite arhitekture i norme umrežavanja slojevitih sustava*. [Predavanje] Fakultet Prometnih Znanosti. Kolovoz 2019.
- [2.] Mreže layer-x. Preuzeto sa: <http://mreze.layer-x.com/s010100-0.html> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [3.] Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu. Preuzeto sa: [http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/ramr/poglavlje\\_2.pdf](http://www.phy.pmf.unizg.hr/~dandroic/nastava/ramr/poglavlje_2.pdf) [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [4.] ComputerNetworkingNotes. Preuzeto sa: <https://www.computernetworkingnotes.com/ccna-study-guide/data-encapsulation-and-de-encapsulation-explained.html> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [5.] Filozofski fakultet Split. Preuzeto sa: <https://marul.ffst.hr/~lmales/rm/pf-rm-pog9.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [6.] Tripod. Preuzeto sa: [http://tfotovic.tripod.com/ni\\_protokoli.htm](http://tfotovic.tripod.com/ni_protokoli.htm) [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [7.] Slideshare.net. Preuzeto sa: <https://www.slideshare.net/search/slideshow?searchfrom=header&q=udp> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [8.] IT Tips for Systems and Network Administrators. Preuzeto sa: <https://skminhaj.wordpress.com/2016/02/15/tcp-segment-vs-udp-datagram-header-format/> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [9.] Mreže layer-x. Preuzeto sa: <http://mreze.layer-x.com/s040100-0.html> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [10.] GeeksForGeeks. Preuzeto sa: <https://www.geeksforgeeks.org/error-control-in-tcp/> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [11.] Mrvelj Š. *SIP, RTP, RTCP*. [Predavanje] Fakultet Prometnih Znanosti. Kolovoz 2019.
- [12.] F5. Preuzeto sa: <https://www.f5.com/services/resources/white-papers/introduction-to-the-stream-control-transmission-protocol-sctp-the-next-generation-of-the-transmission-control-protocol-tcp> [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [13.] Researchgate. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/figure/SCTP-packet-format-with-common-header-and-chunks\\_fig1\\_220144818](https://www.researchgate.net/figure/SCTP-packet-format-with-common-header-and-chunks_fig1_220144818) [Pristupljeno: kolovoz 2019.].



- [14.] Academia. Preuzeto sa: [https://www.academia.edu/32187498/LS-SCTP\\_a\\_bandwidth\\_aggregation\\_technique\\_for\\_stream\\_control\\_transmission\\_protocol](https://www.academia.edu/32187498/LS-SCTP_a_bandwidth_aggregation_technique_for_stream_control_transmission_protocol)  
[Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [15.] Leung V, Parente Riberio E, Wangner A, Iyengar J. *Multihomed Communication with SCTP*. CRC Press; 2012. Preuzeto sa: [https://books.google.hr/books?id=E0LyOVsXp1UC&printsec=frontcover&hl=hr&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hr/books?id=E0LyOVsXp1UC&printsec=frontcover&hl=hr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) [Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [16.] IPv6. Preuzeto sa: <https://www.ipv6.com/general/udp-user-datagram-protocol/>  
[Pristupljeno: kolovoz 2019.].
- [17.] Martin P. Clark. *Data Networks, IP and the Internet Protocols, Design and Operation*. Telecommunications Consultant, Germany; 2003. Preuzeto sa: <http://www.unhas.ac.id/tahir/BAHAN-KULIAH/KOMDAT/John.Wiley-Data.Networks.IP.and.the.Internet.pdf>

## POPIS KRATICA

|       |   |
|-------|---|
| TCP   | (Transmission Control Protocol) protokol za nadzor prijenosa  |
| UDP   | (User Datagram Protocol) protokol korisničkih datagrama   |
| SCTP  | (Stream Control Protocol) protokol koji upravlja prijenosom podataka  |
| HTTP  | (Hypertext Transfer Protocol) protokol za prijenos informacija na Internetu   |
| HTTPS | (Hypertext Transfer Protocol Secure) protokol za prijenos informacija na Internetu  |
| FTP   | (File Transfer Protocol) protokol za preuzimanje i postavljanje datoteka na poslužitelj   |
| SSH   | (Secure Shell) rad na udaljenom računalu Telnet, protokol namijenjen za povezivanje na udaljeni uređaj, te izvršavanje naredba i funkcija preko mreže |
| DNS   | (Domain Name System) protokol zadužen za doznavanje IP adresa iz imena računala i obratno   |
| SNMP  | (Simple Network Management Protocol) protokol zadužen za upravljanje aktivnim mrežnim uređajima   |
| SMTP  | (Simple Mail Transfer Protocol) protokol za slanje elektroničke pošte   |
| NTP   | (Network Time Protocol) protokol za sinkronizaciju satova na mrežnim uređajima i računalima   |
| IP    | (Internet Protocol) standardni internetski protokol, čije su osnovne funkcije adresiranje i usmjeravanje  |
| ICMP  | (Internet Control Message Protocol) djeluje kada u mreži dođe do neočekivanih događaja  |
| ARP   | (Address Resolution Protocol) pronalazi vezu između IP adrese i fizikalne veze  |
| RARP  | (Reverse Address Resolution Protocol) pronalazi vezu između IP adrese i fizikalne veze  |
| IGMP  | (Internet Protocol Management Group) omogućava grupno adresiranje   |
| SLIP  | (Serial Line Internet Protocol)   |
| PPP   | (Point to Point Protocol) standard za prijenos od točke do točke  |
| POP   | (Post Office Protocol) protokol za primanje elektroničke pošte, provjerava login i password korisnika   |
| MSP   | (MultiWii Serial Protocol)  |
| MTU   | (Maximum Transmission Unit) najveća dopuštena jedinica za prijenos  |

|     |   |
|-----|---|
| ACK | (Acknowledgment) označava potvrdni broj koji je ispravan                              |
| PSH | (Push Function) mogućnost da se podaci mogu odmah isporučiti korisniku                |
| URG | (Urgent Pointer) segment sadrži hitne podatke   |
| RST | (Reset Connection) zahtjev za reinicijalizacijom veze, najčešće rezultat raskida veze |
| FIN | (Finish) zahtjev za raskid veze   |
| SYN | (Synchronize) zahtjev za uspostavu veze   |

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 1.</b> Razine OSI modela .....  | 3  |
| <b>Slika 2.</b> Enkapsulacija podataka kod OSI modela .....                              | 5  |
| <b>Slika 3.</b> Enkapsulacija podataka kod TCP/IP složaja .....                          | 6  |
| <b>Slika 4.</b> Arhitektura TCP/IP modela .....  | 7  |
| <b>Slika 5.</b> Prijenos datagrama pomoću UDP-a .....                                    | 10 |
| <b>Slika 6.</b> Struktura zaglavlja UDP datagrama .....                                  | 11 |
| <b>Slika 7.</b> Aplikacije koje koriste UDP protokol .....                               | 12 |
| <b>Slika 8.</b> Struktura zaglavlja TCP segmenta .....                                   | 14 |
| <b>Slika 9.</b> Način uspostave veze.....  | 15 |
| <b>Slika 10.</b> Način prekida veze .....  | 16 |
| <b>Slika 11.</b> Izgled SCTP paketa .....  | 20 |
| <b>Slika 12.</b> Kontrolni Chunk .....   | 21 |
| <b>Slika 13.</b> Podatkovni Chunk .....  | 21 |
| <b>Slika 14.</b> SACK kontrolni blok.....  | 22 |
| <b>Slika 15.</b> Oblik prijenosa podataka kod UDP i SCTP protokola u odnosu na TCP ..... | 25 |

## **POPIS TABLICA**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablica 1.</b> Usporedba UDP, TCP i SCTP protokola .....                          | 24 |
| <b>Tablica 2.</b> UDP i TCP brojevi portova za određene aplikacijske protokole ..... | 25 |



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 \_\_\_\_\_

### **Analiza funkcija protokola transportnog sloja TCP/IP složaja**

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

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 6.9.2019 \_\_\_\_\_

Student/ica:

Jelena Perić  
(potpis)