Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

DBBT Digital Broadcasting & Broadband Technologies

MULTIMEDIJALNO INZENJERSTVO - MASTER STRUKOVNIH STUDIJA

INTERNETSKA TELEFONIJA

- predavanje 2 -

PREDMET: MULTIMEDIJALNI INTERNET PRENOS

Visoka skola elektrotehnike

i racunarstva strukovnih studija

- Sadržaj predavanja 2:
  - Pojam Interneta i njegova slojevita struktura
  - Izgled Internetskog paketa
  - Eternet i Internet zaglavlje
  - Postupak Eternet prenosa
  - Protokoli trećeg sloja: TCP, SCTP, UDP
  - RTP protokol
  - Vrste adresa u Internetu i međusobna pretvaranja
  - DNS protokol
  - ARP pretvaranja
  - SLIP i PPP protokol
  - HTTP protokol
  - MPLS protokol

Internet

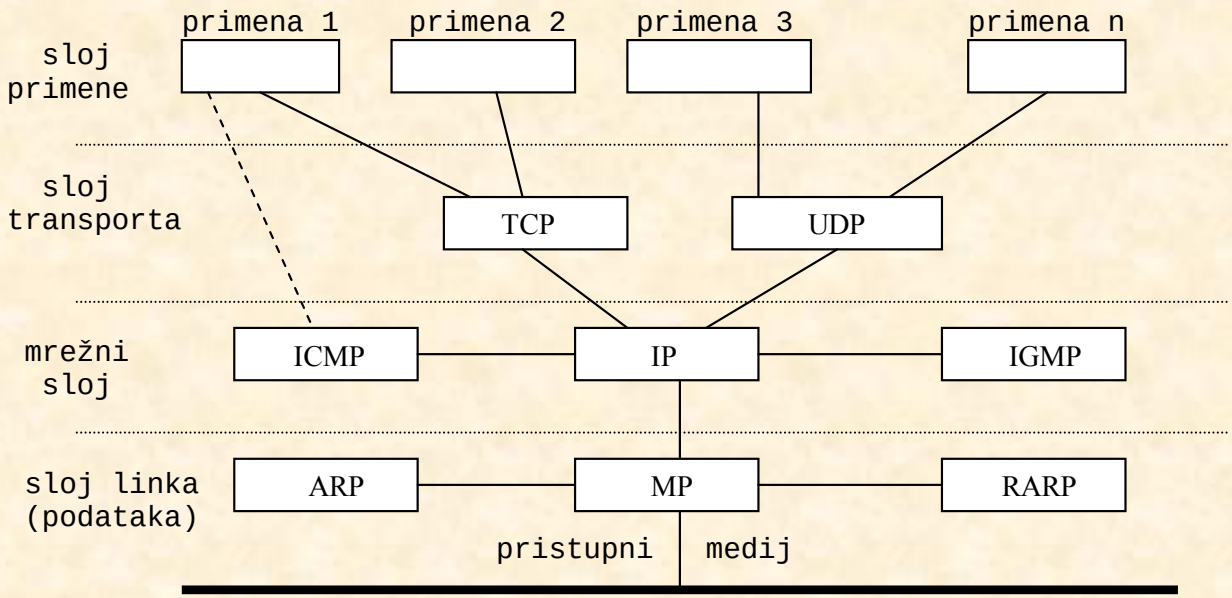
- Internet - paketska mreža koja povezuje lokalne računarske mreže (*Local Area Network* – LAN) u jedinstvenu svetsku mrežu. Jednaka pravila za sve delove Interneta – osnova za povezivanje.

- LAN čini grupa računara (radne stanice – RS) nekog kolektiva, korporacije i sl. koje se povezuju ruterom (*router*) na Internet. RS i ruter se vezuju Eternet (*Ethernet*) kablom, optičkim prstenom (*Fiber Distributed Data Interface* – FDDI) ili prstenom sa propusnicama (*Token Ring*).

- *Virtual* LAN – VLAN: grupa radnih stanica koja funkcioniše kao da čini LAN iako su međusobno udaljene. Primer: organizacije na teritoriji jedne države.

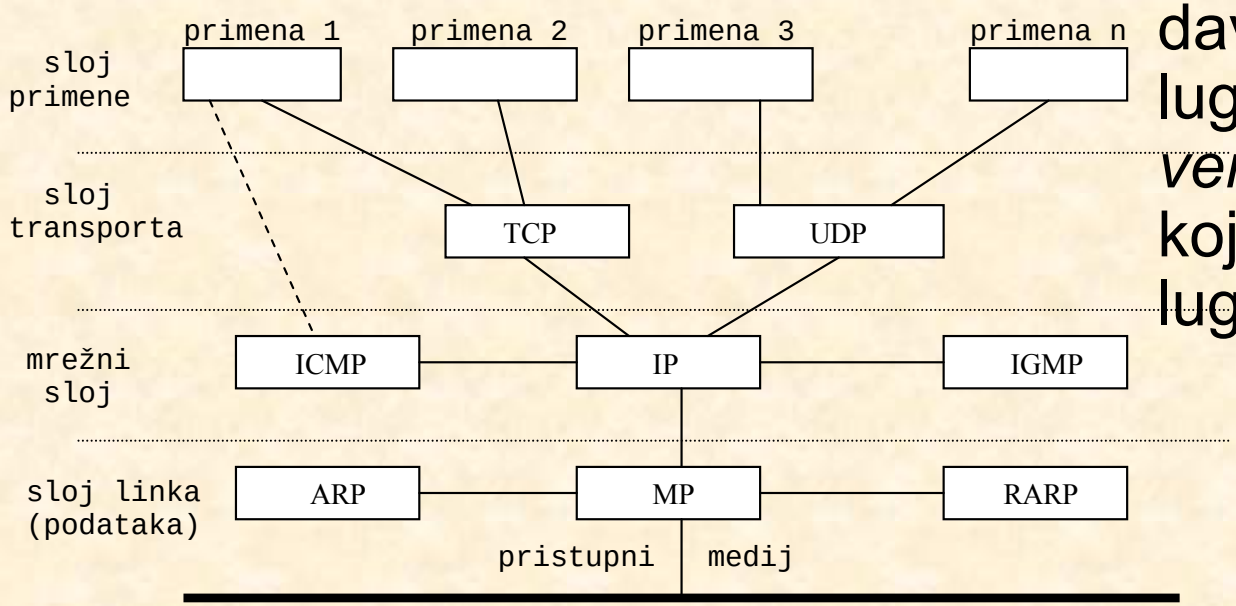
- *Wide Area Network* – WAN: prostire se na velikom prostoru. Primer: mreže korporacija u 1 ili više država. WAN čini više lokalnih mreža. Internet je najveća WAN.

- Elementi Interneta: radne stanice (korisnički uređaji), ruteri (mrežni čvorovi), serveri, softverske celine (protokoli).
- Slojevita struktura Interneta:

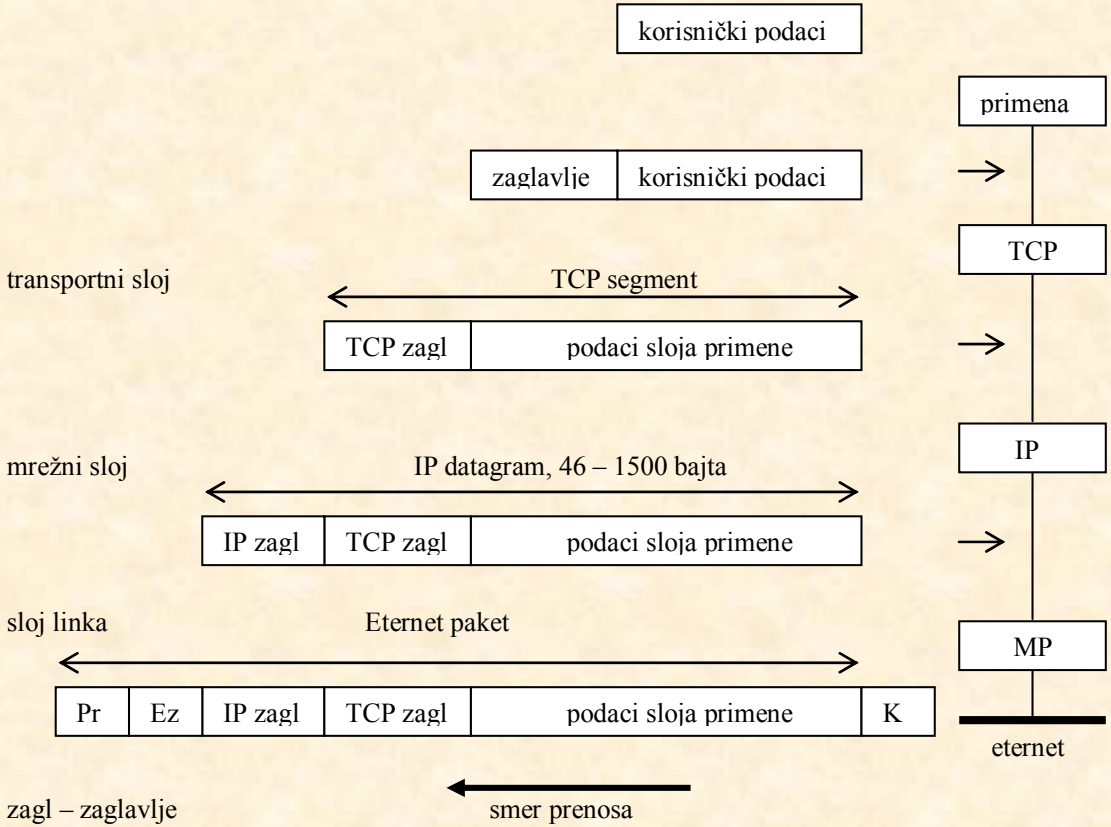


- Sloj linka (ili mrežni interfejs): prilagođava prijem i predaju podataka mediju za prenos (simetrični, koaksijalni kabl, optički kabl, radio prenos). Čini ga mrežna kartica i softverski drajver

- Mrežni (IP) sloj: omogućava upućivanje po Internetu kao mreži: IP (*Internet Protocol*), ICMP (*Internet Control Message Protocol*), IGMP *(Internet Group Message Protocol*).
- Transportni sloj: obezbeđuje prenos preko mreže, vrste preko ostvarene veze (*connection oriented transfer*, TCP – *Transmission Control Protocol*), ili u jednom paketu (*connection-less transfer*, UDP – *User Datagram Protocol*).
- Sloj primene: protokol zavisi od vrste usluge. Podaci između tačaka u mreži: razmena pomoću 3 niža sloja.
- Odnos dva sloja je tipa *client* – *server* (tražilac usluge – davalac usluge). *Server* je softver koji vrši uslugu.



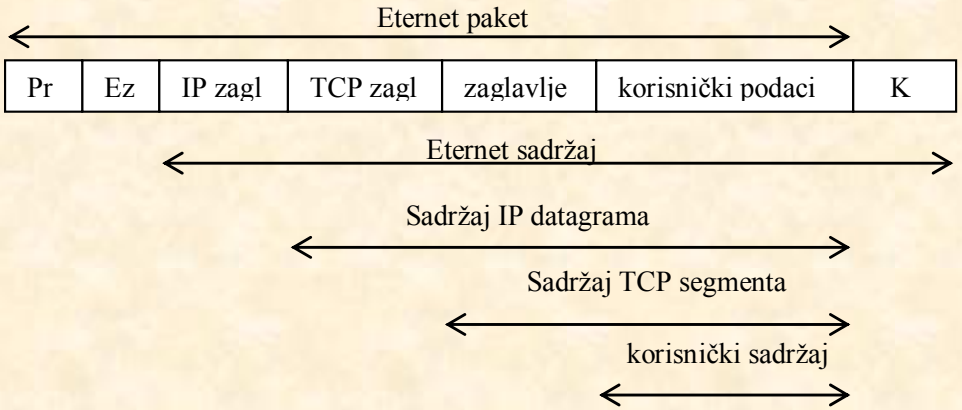
- Protokol: skup pravila koji poštuju učesnici u uspešnoj komunikaciji. Zaglavlja: određuju kome je upućen paket i kako se koristi.
- Promena izgleda paketa pri prolasku kroz slojeve:



zagl – zaglavlje
Ez – Eternet zaglavlje
Pr – Prethodnica (preambula)
K – završni deo Eternet paketa

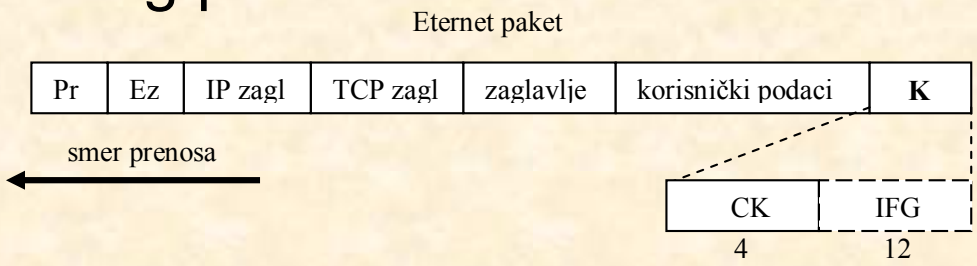
Obrada ako je paket namenjen posmatanoj mrežnoj tački
Postepeno se eliminišu pojedina zaglavlja

- U svakom sloju paket čine zaglavlje i sadržaj (*payload*). Zaglavlje višeg sloja pripada sadržaju prethodnog sloja. Primer: sadržaj Eternet paketa su zaglavlja viših slojeva.

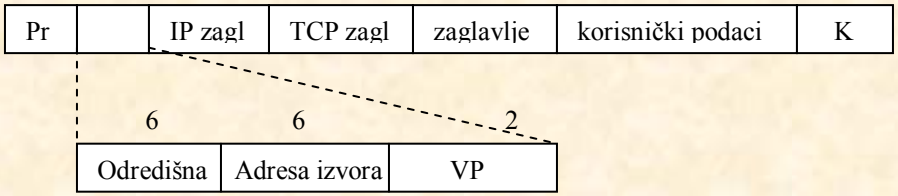


- Prethodnica (*Preamble*, Pr) – 56 bitova, menjaju vrednost, počinju sa 1, posle njih graničnik (*Start Frame Delimiter*) – 10101011. Prijemnicima se najavi paket da se sinhronišu sa predajom.
- Uloga kodovanja – da se prepozna bitski ritam na prijemu kad je puno uzastopnih 0 ili 1. Mančester kôd: “1” – prelaz sa –U na +U, “0” prelaz sa +U na –U.

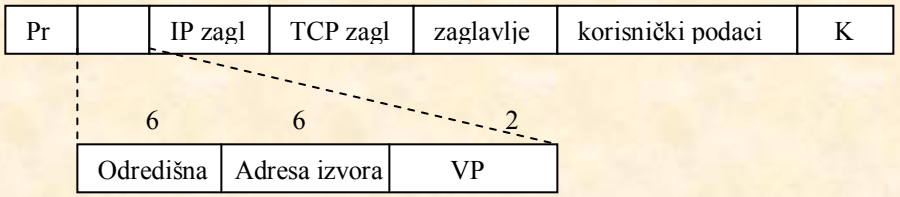
- Završetak Eternet paketa: polje za proveru ispravnosti prenosa (*Frame Check Sequence*) – 4 okteta (4x8 bita) i međupaketski razmak (*InterFrame Gap* – IFG ili *Inter Packet Gap* – IPG) -12 okteta – priprema prijemnika za prijem sledećeg paketa.



- Eternet zaglavlje: odredišna i izvorišna adresa (6 okteta), vrsta poruke (VP) – adresa celine kojoj je namenjen paket: VP=0806 za ARP, VP=8035 za RARP ili VP=0800 za IP



- Oznaka virtuelne lokalne mreže (*VLAN tag*) – ponekad se stavlja između adrese izvora i VP, 4 okteta, identifikacija paketa za pripadnike virtuelne mreže.
- Hardverska (Eternet, MAC, fizička) adresa – 48 bita (12 heksadecimalnih cifara). Prvih 6 cifara kôd proizvođača, drugih 6 serijski broj proizvoda. Nepromenljiva za uređaj. Uređaj prihvata samo pakete sa adresom istom kao njegova i sa *broadcast* adresom (48 “jedinica”).
- Dopuna sadržaja – min.dužina IP datagrama 48 okteta, dopuna (*Padding*) do ove dužine ako je kraći.



- Bitski protoci u Eternet tehnologiji: 10Mb/s, 100Mb/s (FE), 1Gb/s (GE), 10Gb/s (10GbE), 40Gb/s (40GbE), 100Gb/s (100GbE).
- Mediji prenosa: simetrični, koaksijalni kabl, optički kabl, radio prenos.
- Oznake Eterneta: protok+medijum prenosa. Primer: 10BaseT (10Mb/s po simetričnim (*Twisted)* paricama), 100BaseF (100Mb/s po optičkim (*Fiber*) kablovima).
- IEEE 802.3 – standard koji prikazuje Eternet tehniku, ima podvarijante zavisno od medijuma prenosa.
- Načelo pristupa Eternetu: višestruki pristup mediju za prenos sa otkrivanjem nosioca i razrešenjem sudara (*Carrier Sensing MultiAccess with Collision Detection* – CSMA/CD) – više uređaja može da istovremeno traži pristup, ostaje da 1 uređaj predaje, ostali primaju.

- Postupak Eternet prenosa:

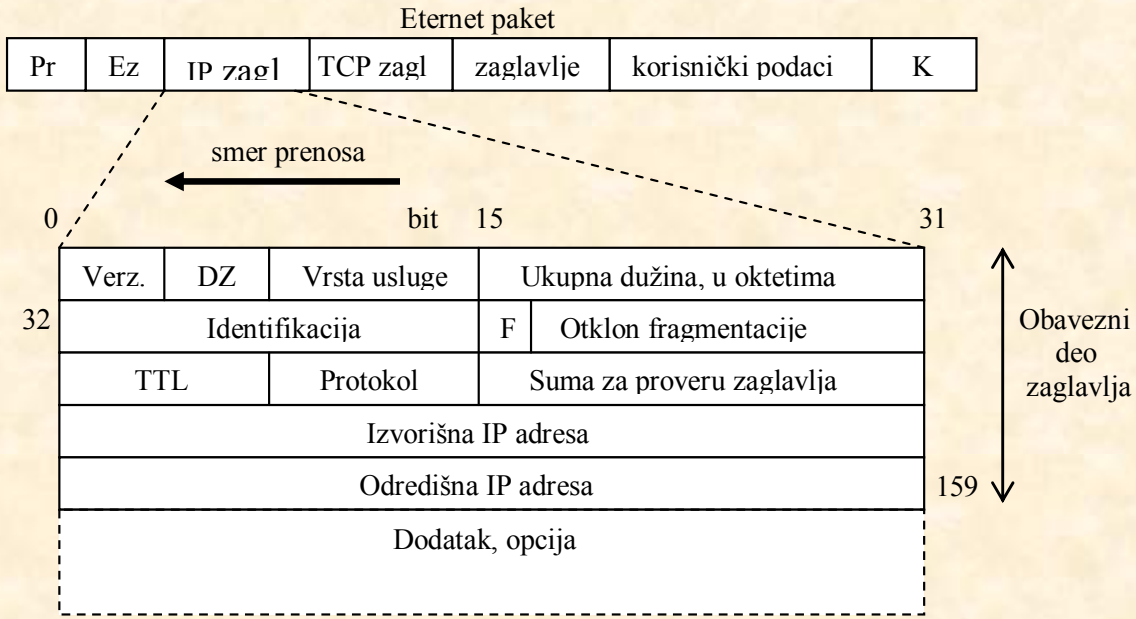
1. Otkrivanje slobodnog medija: svi uređaji, koji imaju pakete za slanje, osluškuju da li na liniji postoji nosilac (*Carrier Sensing*). Trajanje nezauzetosti mora biti veće od razmaka među paketima (IFG).
2. Slanje paketa. Zbog konačne brzine prostiranja više uređaja može početi slanje.
3. Otkrivanje sudara. Svi uređaji u sudaru šalju signal sudara (*jam sequence*). Posle ovoga se slanje ponavlja sa kašnjenjem na osnovu generatora slučajnih brojeva. Ako se sudar ponovi, udvostručuje se vreme čekanja.

- Osnovni interval (*slot time*): dužina izražena u broju bitskih intervala (BI), broj BI zavisi od brzine prenosa. Trajanje paketa mora biti duže od osnovnog intervala, vreme prostiranja kraće od pola osnovnog intervala da bi slanje paketa trajalo dok ne stigne signal sudara→utiče na veličinu mreže.

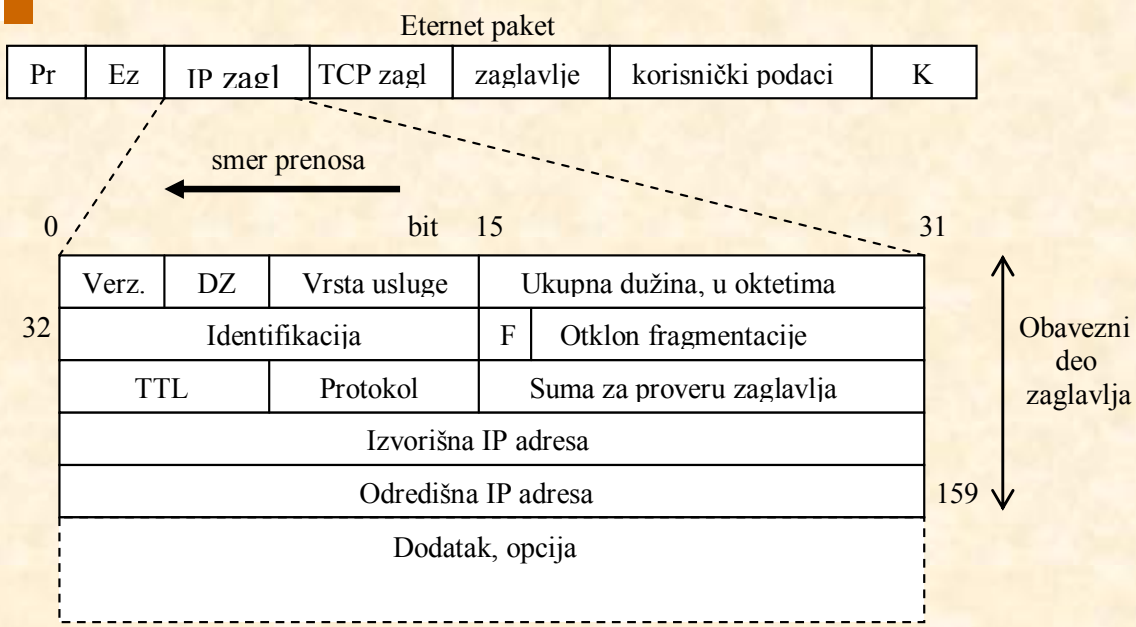
- Poludupleksni Eternet: koristi CSMA/CD postupak, predaja samo iz jednog predajnika, sem kod sudara. Domet nekoliko stotina do nekoliko hiljada metara zbog zahteva da prenos između krajeva mreže bude kraći od pola osnovnog intervala.
- Potpuno dupleksni Eternet: prenos između dve tačke po dva odvojena puta, nema mogućnosti sudara ni potrebe za CSMA/CD. Domet određen snagom predajnika i svojstvima medija prenosa (do 100km).

- Internet zaglavlje: početni deo paketa kad se ukloni Eternet zaglavlje, uloga u upućivanju paketa u Internetu.

- Struktura Internet zaglavlja



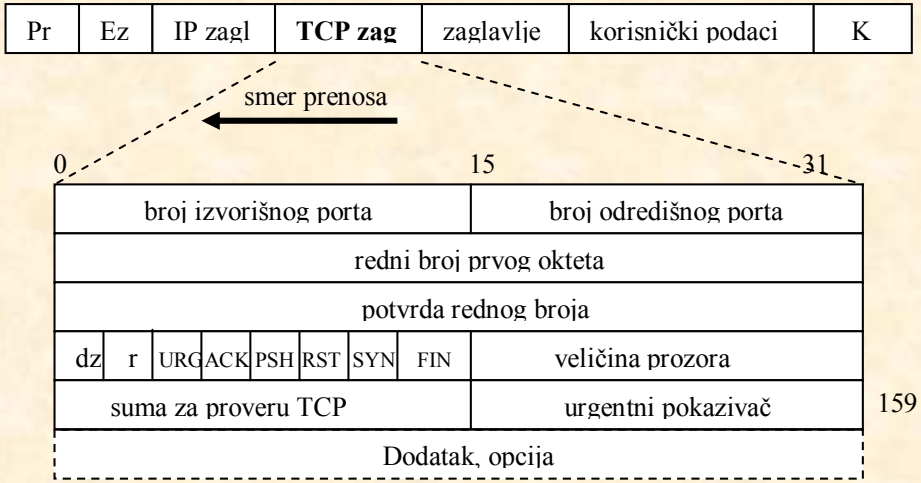
- Verz. IP protokola
- DZ – dužina zagl. (5-60)x32 bita
- Ukupna dužina (*total length*) IP datagrama: 46 do 1500 bajta, u slučaju podele (fragmentacije) dužina datagrama.
- Polje Identifikacija (*identification*) – redni broj datagrama ili fragmenta;
- Preostalo vreme života (*Time To Live* – TTL). Početna vrednost 32 ili 64 ili 128, u svakom ruteru se smanjuje za 1, odbacuje se kad stigne do 0, izvoru se šalje poruka;



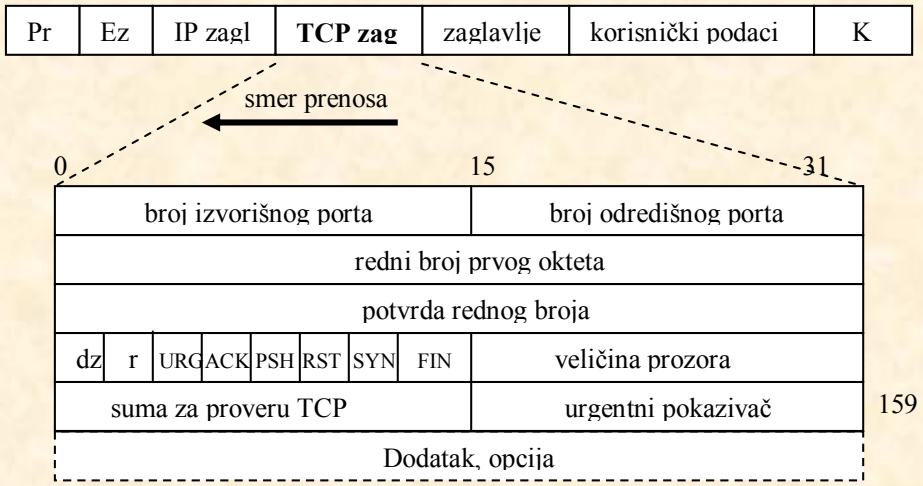
- Datagram se šalje pomoću TCP (polje protokol=6), UDP =17), SCTP (=132); ICMP(=1), HTTP (=80).
- 2 okteta - provera ispravno prenetog IP zaglavlja;
- dva 4-oktetska polja – izvorišna (*source IP address*) i odredišna IP adresa (*destination IP address*) – 1 do 3 okteta za mrežu, 3 do 1 okteta za radnu stanicu, svojstvo mreže, menja se priključenjem na drugu mrežu, RS može imati više IP adresa, hardverska adresa jedinstvena.
- Verzije IP protokola: IPv4 i IPv6. Osnovna razlika: IPv4 ima 4 okteta za adresu, IPv6 16 okteta

- TCP (*Transmission Control Protocol*) – najkorišćeniji transportni protokol, uspostavlja se virtuelna veza između dve tačke (*connection oriented protocol*). Prenos je pouzdan, postoje kontrole, potvrde, retransmisije.
- Broj porta – u zaglavlju TCP-a, nosi adresu višeg sloja. Primeri: DNS (*Domain Name System*) – 53, SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) – 25.
- TCP veza određena je brojem izvorišnog i odredišnog porta (TCP deo) i izvorišne i odredišne IP adrese (IP deo). Sličnost: veza dva pretplatnika kućnih centrala određena brojevima kućnih centrala i lokanih korisnika u centralama.

- TCP zaglavlje



- Broj izvorišnog porta (*source port number*);
- Broj odredišnog porta (*destination port number*); u kom je protokolu stvoren i namenjen TCP
- Redni broj prvog okteta - rbo (*reference number*) u nizu okteta TCP veze
- Potvrda rednog broja – prb (*acknoledgement number*) – redni broj sledećeg TCP segmenta koji se očekuje (ako je ACK =1) – isti mehanizam se koristi pri razmeni No7 (CCS7) signalizacije (FSN, BSN, FIB, BIB), sličnost sa rednim brojevima poslatih i primljenih poruka kod korisničke ISDN signalizacije.

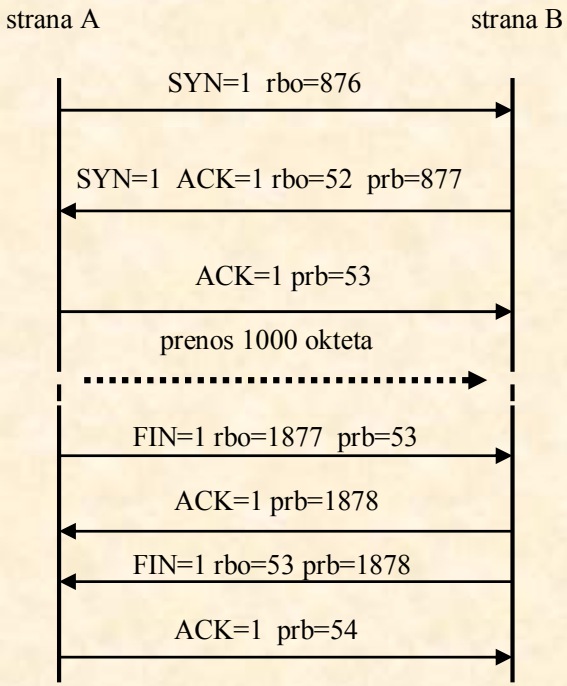


- Dužina zaglavlja (dz) – može postojati dodatno polje zaglavlja, zaglavlje 20 do 60 bajta.

Najvažniji biti: ACK – potvrda rednog broja važi; SYN – početak TCP veze; FIN – kraj TCP veze.

- Veličina prozora – (*Window size*) 2 okteta – koliko se najviše segmenata može poslati bez potvrde, kad se dostigne, slanje se prekida dok se ne dobije neka potvrda.
- Provera TCP segmenta (*TCP checksum*) 2 okteta – provera celog segmenta.

- Uspostava TCP veze

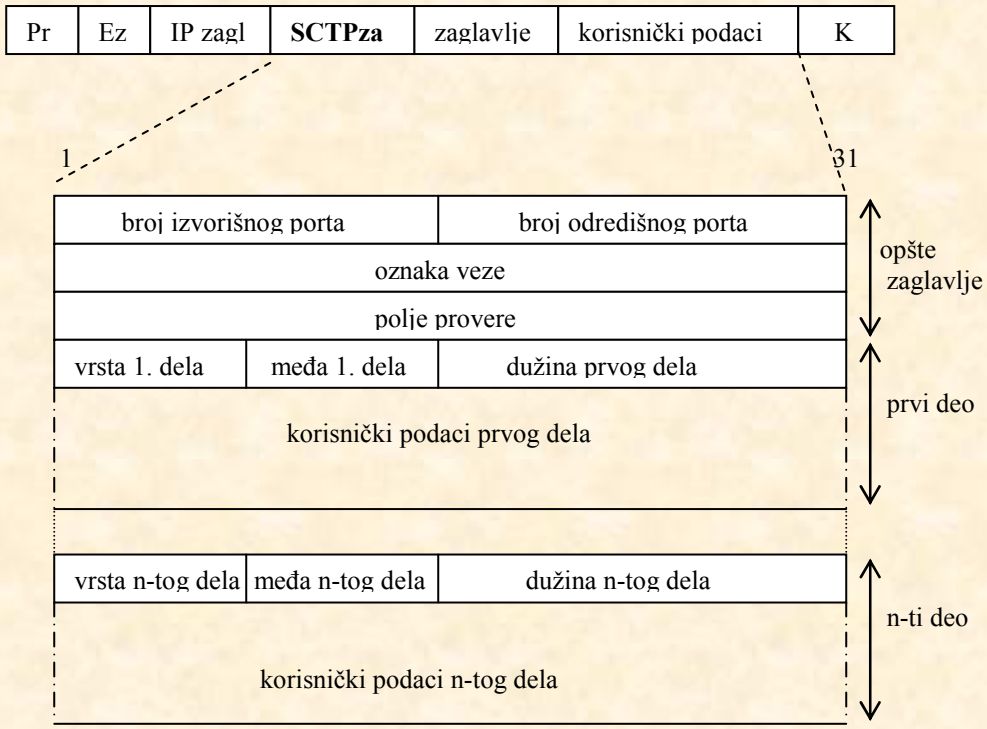


- "Trostruko rukovanje" (*three-way hand-shake*) : A šalje B poruku koja ima SYN= =1, B sinhroniše potvrdu rednog broja (*prb*) sa primljenim rednim brojem okteta (*rbo*): *prb(B→A) = rbo(A→B) + (dužina sadržaja) + 1.* Poruka *B→A* ima SYN=1 i ACK=1. Još *A→B* poruka sa ACK=1

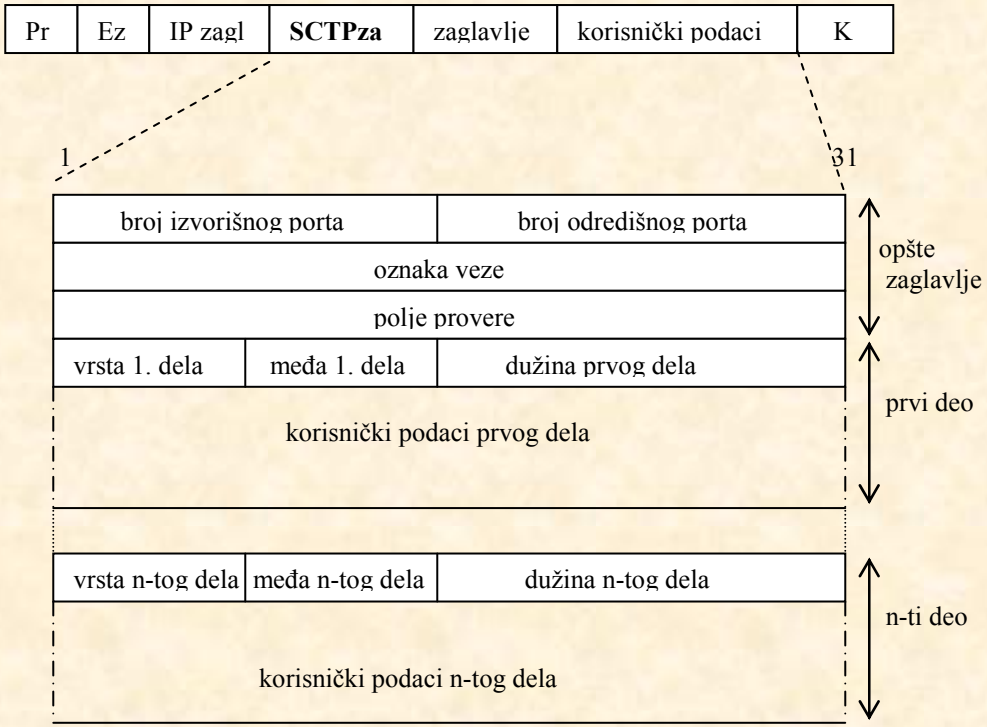
- Raskidanje: dva poluraskidanja (2x "Dvostruko rukovanje" (*two-way hand-shake*), jer je TCP veza dvosmerna po 2 nezavisna virtuel-na kanala koji se nezavisno raskidaju. Može se raskinuti samo jedan smer. (Redni broj se povećava za 1 ako se šalju poruke SYN i FIN).

- 1. TCP pogodan za uspostavu signalne veze u Internet mreži i u klasičnoj telefonskoj mreži kad je između korisnika Internet (*IP trunk*): imunost na greške (ima proveru ispravnosti sadržaja, vremenske kontrole, retransmisiju);
  2. za uspostavljanje virtuelne veze
- Mane TCP-a:
  1. ne postoji alternativni put kao kod No7 (CCS7), tako da zagušenje sprečava razmenu signalizacije;
  2. sporost postupka. Mogući ishodi: stiže potvrda prijema pre isteka vremena čekanja (*retransmission time out* – RTO), ne stiže potvrda u predviđenom vremenu, stiže poruka o prijemu neispravne poruke (negativna potvrda – NACK) – vreme čekanja potvrde predugo za telefoniju, čekanje pri ponovnom slanju veće nego pri prvom→*post dialing* (*post selection*) *delay* veći nego u klasič. telefoniji
  3. nema mehanizma zaštite od zlonamernog upada u komunikaciju

- SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) menja TCP (UDP) u primenama telefonije. Poređenje sa TCP: radi kao niz virtuelnih veza, a ne kao jedna; može se uporediti sa skupom nezavisnih linkova. Veza preko SCTP linka zove se asocijacija.



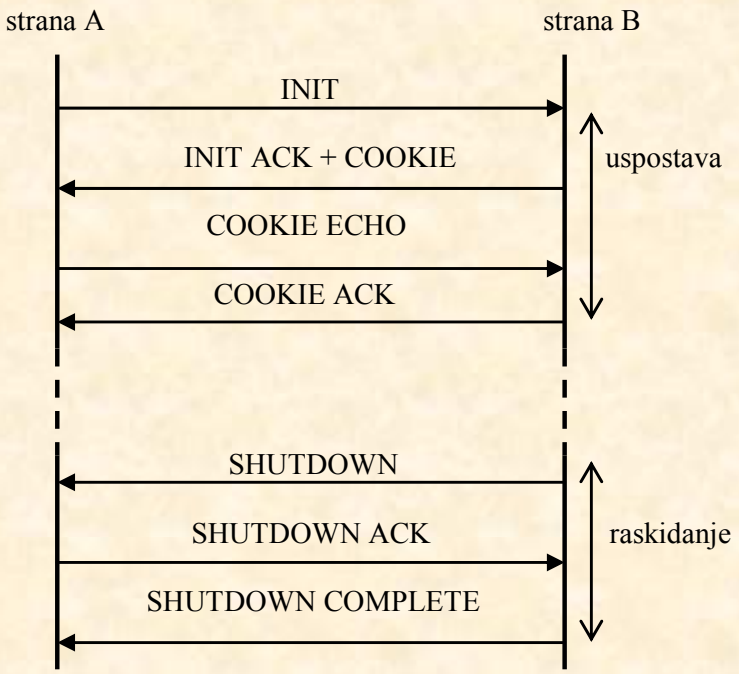
- Struktura SCTP paketa: opšte zaglavlje (*common header*) i delovi (*chunk*). *Chunk*-ovi su nezavisni tokovi.
- Struktura opšteg zaglavlja: adresa izvorišnog i odredišnog porta, identifikacija veze, polje za proveru.



- Struktura *chunk*-ova: vrsta poruke, međa, dužina paketa (zajedno čine zaglavlje dela paketa) i podaci. Najvažniji delovi podataka: identifikator toka (*stream identifier*) i redni broj poruke jednog toka (*stream sequence number*).

- Tok – svi delovi SCTP paketa koji imaju isti identifikator toka.
- Redni br. poruke u toku - uspostavljanje redosleda poruka na prijemu.
- Vrsta poruke: označava smisao poruke - slično polju VP kod ISDN signalizacije i poljima H0 i H1 kod CCS7.

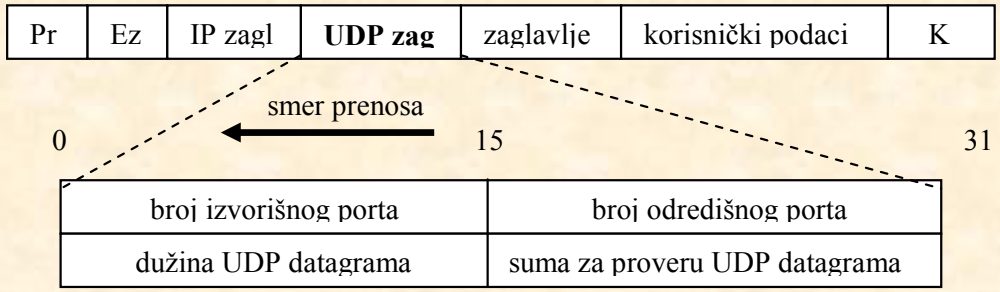
- Prednosti SCTP-a u odnosu na TCP
  - polje za proveru ispravnosti 4 okteta (TCP 2 okteta), zanemarljiva verovatnoća da greška bude neotkrivena
  - vreme čekanja potvrde kraće, uporedivo sa CCS7
  - ako odredište ima više IP adresa, poruke se mogu slati različitim putevima (*multihoming*), što povećava raspoloživost signalizacije
  - mogućnost selektivnog potvđivanja poruka, ne moraju se slati sve poruke posle pogrešno primljene; postoji postupak brze retransmisije
  - Ima ugrađen postupak zaštite od neovlašćenih upada u vezu ("četvorostruko rukovanje" (*four-way handshake*), COOKIE)



- Uspostava veze SCTP-om Podatke (COOKIE) poznaju samo tačke koje komuniciraju, mogu se generisati iz generatora slučajnih brojeva. HEARTBEAT i HEARTBEAT ACK – ispitivanje ispravnosti pojedinih SCTP pravaca, nalaze se aktivni i među njima pravac prvog izbora (*multihoming*).

UDP (*User Datagram Protocol*) – transportni protokol, manje korišćen nego TCP, značajan za paketsku telefoniju.

- UDP zaglavlje



- Broj izvorišnog porta (*source port number*) – izvorišni protokol u kom je nastao UDP datagram
- Broj odrerišnog porta (*destination port number*) – odredišni protokol primene
- Dužina UDP datagrama (*UDP length*) – (zaglavlje + podaci) u bajtima, minimum je 8
- Suma za proveru (*UDP checksum*) – nije obavezna, njenim izostavljanjem ubrzava se prenos govornih paketa

- Karakteristike UDP-a: primena jednokratnih datagrama, zato je UDP čisto paketski protokol; nema uspostave virtuelne veze (*connectionless transfer*), tako da je sličan SCCP-u u CCS7. Jednostavniji, nepouzdaniji i brži od TCP. UDP datagram nema podatke za 2 korisnika niti deli podatke za jedan odsečak na više datagrama.

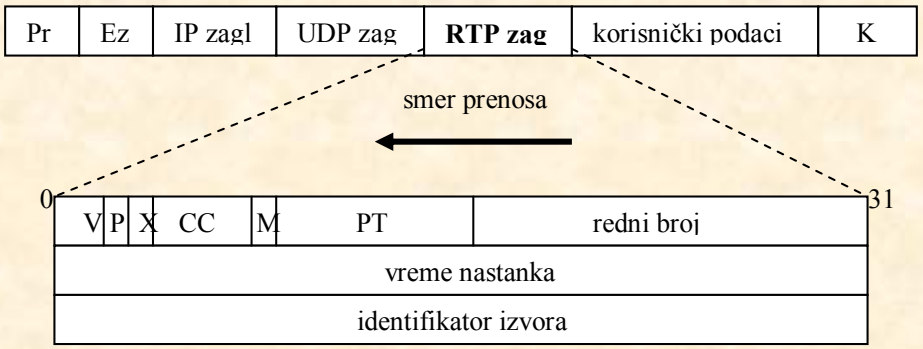
Primer snimljenog zapisa

```
0000  ff  ff  ff  ff  ff  ff  00 0d  61 42 64 ca 08 00 45 00   ........ aBd...E.
0010  01 48 00 a4 00 00 80 11  6b b5 c0 a8 0c a4 ff  ff   .H...... k.......
0020  ff  ff  00 44 00 43 01 34  f8  df 01 01 06 00 60 a6   ...D.C.4 ......`.
0030  1a c1 00 00 00 00 c0 a8  0c a4 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0040  00 00 00 00 00 00 00 0d  61 42 64 ca 00 00 00 00   ........ aBd.....
0050  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0060  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0070  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0080  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0090  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
00a0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
00b0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
00c0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
00d0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
00e0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
00f0  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0100  00 00 00 00 00 00 00 00  00 00 00 00 00 00 00 00   ........ ........
0110  00 00 00 00 00 00 63 82  53 63 35 01 08 3d 07 01   ......c. Sc5..=..
0120  00 0d 61 42 64 ca 0c 06  72 65  6d 6e 69 6e 3c 08   ..aBd... remnin<.
0130  4d 53 46 54 20 35 2e 30  37 0c  01 0f  03 06 2c 2e   MSFT 5.0 7.....,.
0140  2f 1f 21 f9 2b fc 2b 03  dc 01 00  ff  00 00 00 00   /.!.+.+. ........
0150  00 00 00 00 00 00                                    ......
```

…. – Eternet zaglavlje
08 00 – sledeći protokol IP
01 48 – dužina IP datagrama
..... – IP zaglavlje
11 - sledeći protokol UDP
..... – UDP zaglavlje
01 34 - dužina UDP datagrama

- RTP (*Real-time Transport Protocol*) – koristi se za multimedijski prenos glasa i slike u realnom vremenu. Pripada sloju primene. Koristi UDP datagrame.
- RTCP (*RTP Control Protocol*) – nadgleda parametre prenosa (kašnjenje, razlika kašnjenja, gubitak datagrama), koji su bitni za prenos u realnom vremenu.
- Vezu po kojoj se prenosi RTP paket određuju: izvorišna IP adresa, izvorišni port, odredišna IP adresa, odredišni port
- Isporuka RTP-om nije potpuno pouzdana zbog prenosa u realnom vremenu, redosled isporučenih poruka ne mora biti isti kao redosled slanja. Na osnovu podataka u zaglavlju može se utvrditi koje su poruke izgubljene i da se uspostavi njihov redosled na prijemu.
- Podatak o vremenu nastanka (*timestamp*) postoji u zaglavlju, omogućava da se odredi kašnjenje i da se obnove vremenski odnosi poruka na prijemu, za to se koristi izglađivački bafer.

Izgled RTP zaglavlja



Najvažnija polja:
- V – verzija protokola,2 bita, sadašnja verzija V=2;
- PT – vrsta korisničkog sadržaja (*payload type*) (7 bita);
- Redni broj (*sequence number*) (16 bita) – kreće od slučajnog broja;
- Vreme nastanka (*time stamp*) (32 bita) – vreme nastanka prvog bajta sadržaja;
- Identifikator izvora (*synchronization source identifier*) (32 bita) – omogućava da se u multimedijalnoj vezi identifikuju svi izvori.

- RTP zaglavlje nema deo za proveru parnosti ni oznaku dužine polja. Obično se RTP poruka, koja sadrži podatke stvorene za 10ms-30ms, smešta u UDP datagram. Time se postiže slanje u realnom vremenu. RTCP poruke (izve-štaji (*report*)) su duže, nisu vezane za slanje u realnom vremenu.

- Zadatak 1: Verovatnoća pogrešnog bita je BER=0,001, a signalna poruka se sastoji od 80 bita. Koliko signalnih poruka treba poslati da verovatnoća da bar jedna stigne ispravna bude 0,99999?

  Rešenje: verovatnoća da je poruka ispravna jednaka je verovatnoći da svih 80 bita bude ispravno:

$$P_1 = (1 - 0{,}0001)^{80} = 0{,}992031518$$

  Verovatnoća da posmatrana poruka bude neispravna:

$$P_{n1} = 1 - P_1 = 0{,}007968482$$

  Verovatnoća da dve uzastopne poruke budu neispravne:

$$P_{n2} = P_{n1}^{\ 2} = 0{,}007968482^2 = 0{,}0000634967$$

  Verovatnoća da je bar jedna od dve poruke ispravna:

$$P_2 = 1 - P_{n2} = 0{,}9999365$$

  Znači, dve poruke nisu dovoljne, potrebno je 3 poruke.

- Zadatak 2: Koliko okteta čini sadržaj paketa koji nosi:
  a) nekomprimovani (G.711) govorni sadržaj;
  b) komprimovani (G.729) govorni sadržaj.
  Pretpostaviti da se u jedan paket smeštaju odsečci duži-ne 10ms, 20ms i 30ms.
  Rešenje:
  a) bitska brzina G.711 kodera je 64kbit/s=8kbyte/s (ili 8byte/ms). Za period paketizacije 10ms, 20ms i 30ms broj bajta u odsečku je 80, 160 i 240, respektivno.
  b) bitska brzina G.729 kompresora je 8kbit/s=1kbyte/s, pa je broj bajta u odsečku 10, 20 i 30 respektivno.

- Zadatak 3: Koliko okteta sadrži paket:
  a) bez kompresije zaglavlja i bez kompresije sadržaja;
  b) sa kompresijom (G.729) zaglavlja i sadržaja.
  Dati rezultate za slučaj da se uzmu u obzir samo IP, UDP i RTP zaglavlje.
  Rešenje: na sadržaj paketa prema zadatku 2 dodaje se:
  a) dužina: IP zaglavlja (20 bajta) + UDP zaglavlja (8 bajta) + RTP zaglavlja (12 bajta) = 40 bajta, uz dodavanje rezultata iz zadatka 2 dobija se ukupno 120, 200, 280 bajta;
  b) dužina komprimovanog zaglavlja 2 bajta, uz dodavanje rezultata iz zadatka 2 dobija se u 12, 22, 32 bajta.

- Zadatak 4: Koliki deo od ukupne dužine paketa otpada na sadržaj kad je period paketizacije 20ms u slučaju:
  a) nekomprimovanog zaglavlja i sadržaja;
  b) nekomprimovanog zaglavlja i komprimovanog sadržaja (G.729);
  c) komprimovanog zaglavlja i nekomprimovanog sadržaja;
  d) komprimovanog zaglavlja i sadržaja.
  Uzeti u obzir dužine IP, UDP i RTP zaglavlja.
  Rešenje: Prema zadacima 2 i 3, sledeće su dužine za-glavlja i sadržaja:
  a) zaglavlje L_z=40 bajta, sadržaj L_s=160 bajta, sadržaj čini $L_s/(L_z+L_s)$=160/(40+160)=0,8=80%;
  b) zaglavlje 40 bajta, sadržaj 20 bajta, sadržaj 33,33%;
  c) zaglavlje 2 bajta, sadržaj 160 bajta, sadržaj 98,76%;
  d) zaglavlje 2 bajta, sadržaj 20 bajta, sadržaj 90,9%.

- Zadatak 5: Govorni signal kodovan korišćenjem G.711 kodera smešta se u Eternet pakete koji se šalju svakih 20ms. Ne koristi se kompresija zaglavlja. Kolika je bitska brzina ovog signala?

  Rešenje: interval paketizacije je 20ms, tako da se šalje 50 paketa/s.

Eternet paket	PR	G	Et. zag	IP zag	UDP zag	RTP zag	odsečak govornog signala	CK	IFG
broj okteta	8		14	20	8	12	160	4	12

238

- Svaki paket ima n_o=238 okteta.
- Bitska brzina:

$$n_b = \frac{238 \cdot 8 \cdot 50b}{s} = 95{,}2kb/s$$

- Zadatak 6: Koliko je algoritamsko kašnjenje paketa koji nosi dva odsečka govora komprimovana kompresorom po G.723.1?

  Rešenje: algoritamsko kašnjenje je zbir vremena obrade odsečka i vremena potrebnog za sagledavanje sledećeg odsečka (*look ahead*). Vreme obrade svakog odsečka je 30ms u slučaju G.723.1, za 2 odsečka to je 60ms. *Look ahead* kašnjenje je 7,5ms, tako da je algoritamsko kašnjenje 67,5ms.

- Zadatak 7: Jedna telefonska centrala ima 240 telefonskih pretplatnika. Svaki od tih pretplatnika u proseku maksimalno obavi 3 razgovora trajanja 2 min u toku jednog sata. Koliko kanala je potrebno obezbediti u ovoj centrali? Koliko E1 sistema je potrebno za ovaj broj kanala? Dozvoljeni gubitak saobraćaja je 1%.
- Rešenje: saobraćaj u centrali je:

Prilog 1 - Deo Erlangovih tablica
Ponuđeni saobraćaj (erl)

Broj organa	Gubitak 0,1%	Gubitak 1%	Gubitak 3%	Gubitak 5%	Gubitak 7%
31	17.4	21.2	24.0	25.8	27.2
32	18.2	22.0	24.9	26.7	28.2
33	19.0	22.9	25.8	27.7	29.3
34	19.7	23.8	26.8	28.7	30.3
35	20.5	24.6	27.7	29.7	31.3
36	21.3	25.5	28.6	30.7	32.3
37	22.1	26.4	29.6	31.6	33.3
38	22.9	27.3	30.5	32.6	34.4
39	23.7	28.1	31.5	33.6	35.4
40	24.4	29.0	32.4	34.6	36.4
41	25.2	29.9	33.4	35.6	37.4

$A = 240 \cdot 3 \cdot 2\text{min}/60\text{min} = 24\text{E}$

Uzimamo najmanji broj organa koji daje A≥24E, to je N=35 organa.

Kako 1 E1 sistem ima 30 govornih kanala, potrebna su 2 E1 sistema.

- Vrste adresa u Internetu:
  - IP adresa: upućivanje paketa – 4 okteta vrednosti 0-255 sa tačkom između njih
  - hardverska adresa – 48 bita ili 12 heksadecimalnih cifara, mrežni interfejs raspoznaje paket preko ove adrese
  - domensko ime – najlakše se pamte: nekoliko alfa-numeričkih zapisa razdvojenih tačkama

  - Korisnici se obraćaju Internetu domenskim imenom, paketi se šalju kroz Internet IP adresama, korisnička radna stanica prihvata pakete hardverskom adresom

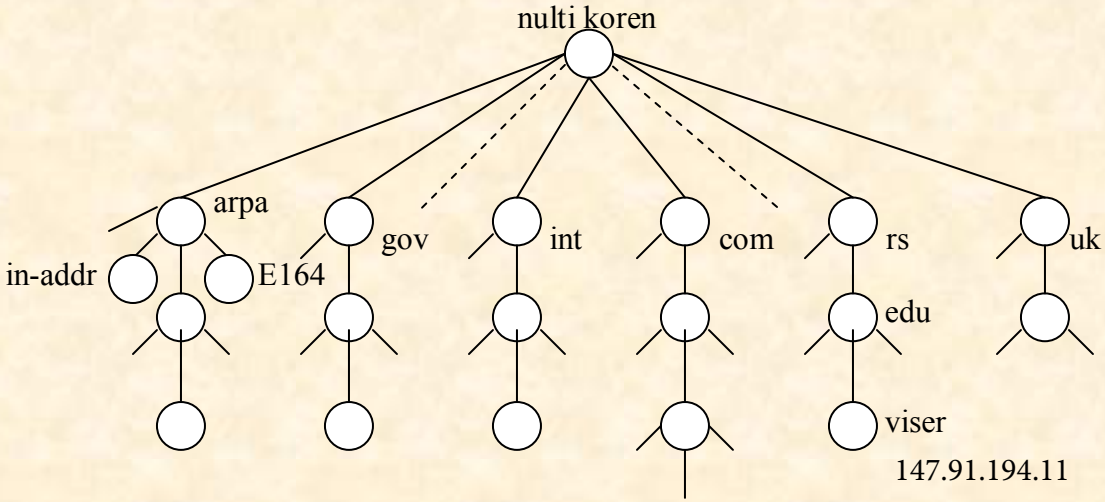
- Potrebna pretvaranja: domensko ime u IP adresu pretvara DNS (*Domain Name System*), IP adresa u hardversku adresu ARP (*Address Resolution Protocol*)
- **Klase IP adresa**: zavise od broja okteta koji se koriste za adresiranje mreže i radne stanice
  - klasa A: 8 bita za mrežu, 24 za radnu stanicu, opseg adresa **0**.0.0.0 do **127**.255.255.255;
  - klasa B: 16 bita za mrežu, 16 za radnu stanicu, opseg adresa **128**.0.0.0 do **191**.255.255.255;
  - klasa C: 24 bita za mrežu, 8 za radnu stanicu, opseg adresa **192**.0.0.0 do **223**.255.255.255.
- U klasama A i B deo bita namenjen za adresiranje radnih stanica može se koristiti za **podmrežu**. Maska podmreže određuje namenu bita: 1 u masci→podmreža, 0 u masci →radna stanica

NAT – pretvarač adresa (*Network Address Translator*) – funkcija rutera lokalne računarske mreže: veći broj radnih stanica lokalne mreže koristi manji broj IP adresa za veze van lokalne mreže. Unutar lokalne mreže – adrese klase A. Komunikacija van lokalne mreže – ruter dodeljuje adresu klase B koja je slobodna.

- **DNS** (*Domain Name System* ili *Domain Name Service*) – skup programa, protokola i baza podataka, koji omogućava da se iz domenskog imena dobije IP adresa i obrnuto.
- **Serveri imena (*name servers*)** pamte adrese. Sadrže tabele kojima se vezuju imena i IP adrese.

- Ako server ne može da prevede domensko ime u IP adresu, daje IP adresu servera koji može da pomogne. Povezivanje je takvo da uvek postoji zamena za neispravni server. Na vrhu hijerarhije DNS servera je korenski server, preko koga se menjaju DNS podaci. Jedan primarni korenski server je povezan sa sekundarnim korenskim serverima (2013 – ima ih 13), koji primaju podatke od primarnog korenskog servera.
- Prostor DNS imena: nulti koren i nekoliko grana. Nulti koren povezan sa tačkama prvog sloja, sledi drugi sloj, itd.

- Grupe grana u DNS domenu

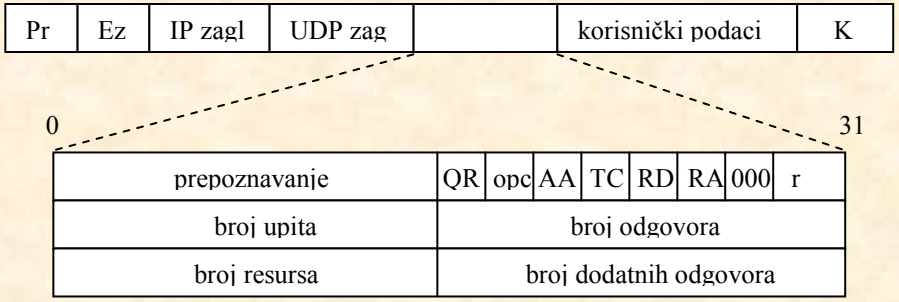


1. *arpa* – baza, koja povezuje IP adrese sa imenima tačaka i baza E.164 resursa koje poseduje vlasnik telefonskog broja (na osnovu telefonskog broja) (ENUM)
2. organizacioni domeni: *com* – komercijalne organizacije
3. geografski domeni: kodovi zemalja (*country code*).

Niz oznaka, koje čine ime, predstavljaju put od najnižeg nivoa do nultog korena.

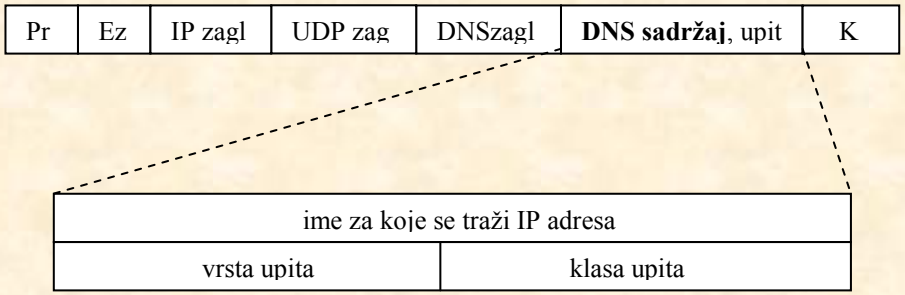
DNS pretvaranje se obavlja upitima (*Queary*) i odgovorima (*resource record*). Komunikacija – koristi se UDP.

- DNS zaglavlje



- 12 bajta, najvažnija polja:
- Polje prepoznavanje popunjava klijent, DNS vraća istu vrednost;
- QR (1 bit): razlikovanje upita (QR=0) i odgovora (QR=1);
- *opcode* (4 bita): vrsta upita;
- broj upita i broj odgovora u DNS upitu (odgovoru), najčešće 1.

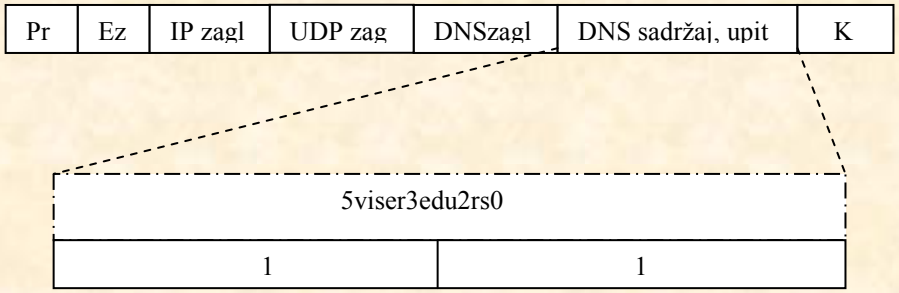
- DNS upit (sadržaj)



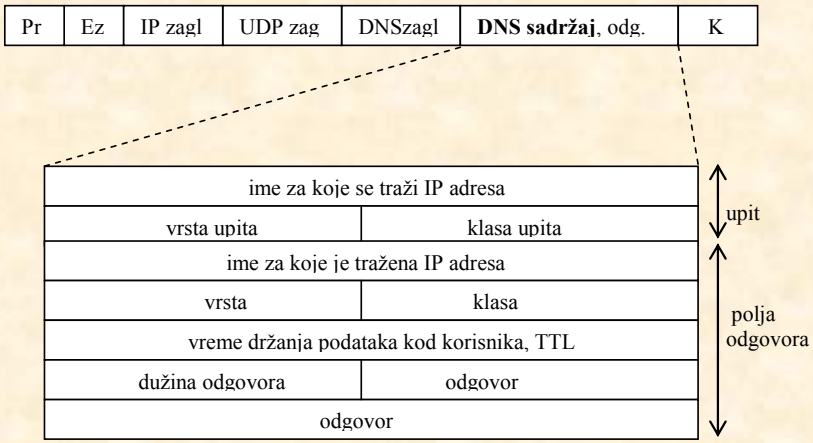
Polje upita:

- Ime se unosi brojevima mesto tačaka: (5viser3edu2rs0)
- Vrsta upita (*query type*), primer: 1 – traženje IP adrese, 2 – ime servera
- Klasa upita (*query class*)

Primer:



- DNS odgovor



- Ponavlja se sadržaj upita, odgovor:
- Ime domena (*domain name*) na koji se odnosi odgovor
- Vrsta (*type*) i klasa (*class*) isti kao u upitu
- Vreme držanja podataka odgovora kod korisnika (TTL) u sekundama
- Dužina odgovora (*resource data lenth*)
- Odgovor: IP adresa

Svojstva DNS-a: on pripada sloju primene, za prenos se koriste UDP datagrami, DNS odgovor uvek sadrži i upit, DNS odgovor može sadržati nekoliko IP adresa, jer radna stanica može biti vezana na više mreža

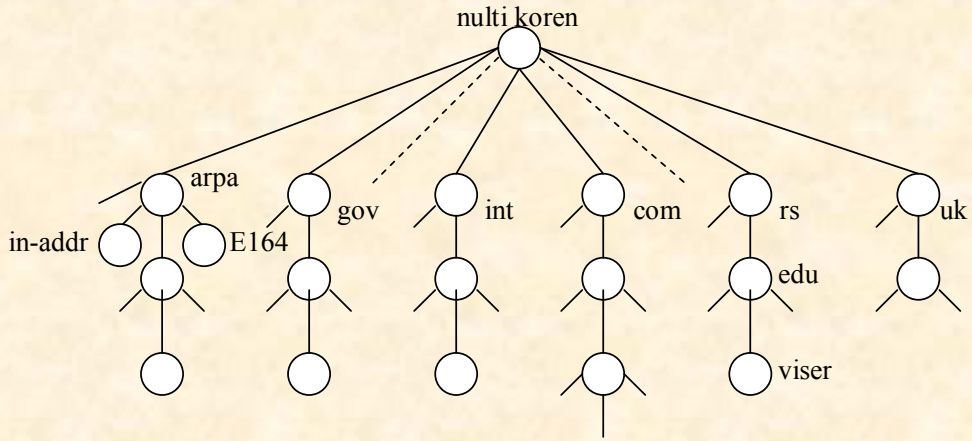
- Primer DNS odgovora

Pr	Ez	IP zagl	UDP zag	DNSzagl	DNS sadržaj, odg.	K

5viser3edu2rs0	
1	1
domensko ime ili ptr=12	
1	1
vreme držanja podataka kod korisnika, TTL	
4	193.203.18.1

- *ptr* (pointer) – posle koliko okteta od početka DNS zaglavlja je domensko ime)
- dužina polja za domensko ime zavisi od dužine imena i odgovora

- Primer DNS pretvaranja

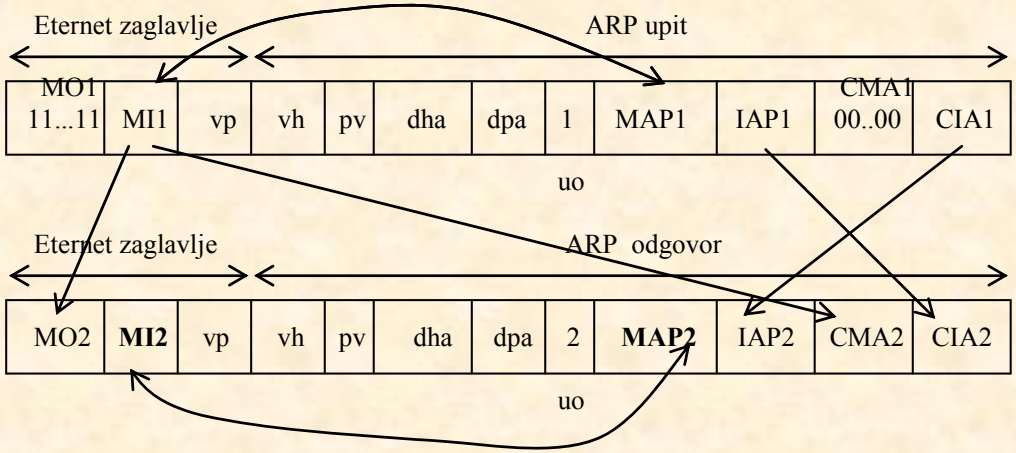


- traži se IP adresa za viser.edu.rs
- radna stanica se obraća lokalnom DNS serveru
- prvo obraćanje, u kešu (*cache*) ne postoji domensko ime
- lokalni server se obraća korenskom serveru, gde su podaci za domen .rs. Korenski server vraća adresu servera drugog nivoa, gde su podaci za edu.rs
- lokalni server se obraća DNS serveru drugog nivoa i dobija IP adresu. Lokalni server pamti IP adresu u svom kešu, tako će da radna stanica u sledećem pokušaju dobiti IP adresu za viser.edu.rs u jednom koraku.

- Razlika u postupku upućivanja u Internetu i telefonskoj mreži: postojanje traženog u Internetskoj mreži na početku veze, neće ni početi ako ne postoji, jer neće biti IP adrese u DNS odgovoru; u tel. mreži upućivanje počinje na osnovu koda zemlje, oblasti, tek na kraju se traži postojanje pozvanog.
- Koraci u ostvarenju Internetske veze:

  1. nalaženje IP adrese pomoću DNS-a
  2. upućivanje paketa kroz mrežu na osnovu IP adrese
  3. u odredišnoj lokalnoj mreži nalaženje hardverske (fizičke, Eternet, MAC) adrese na osnovu IP adrese, paket se prihvata na osnovu harderske adrese
- Ovaj treći korak obavlja ARP (*Address Resolution Protocol*): IP→MAC, ili RARP (*Reverse ARP*): MAC→IP

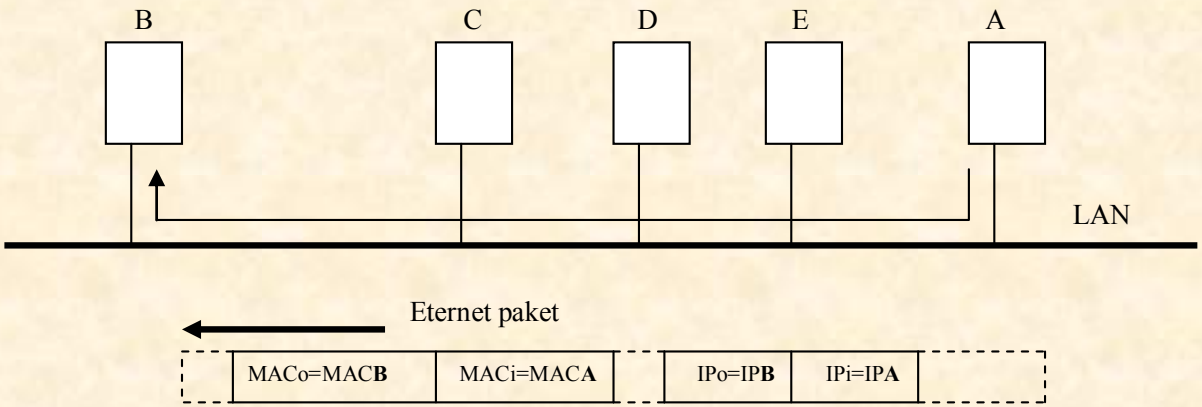
- Otkrivanje hardverske adrese je u prvom, fizičkom sloju.
- Radna stanica (ako je paket iz lokalne mreže) ili ruter (ako dolazi spolja) šalje ARP upit (*ARP request*) svim ostalim radnim stanicama. U upitu se nalazi IP adresa (uzeta iz IP zaglavlja), za upućivanje se koristi *broadcast* adresa (48 jedinica).
- Radna stanica koja ima usklađenu IP adresu sa traženom IP adresom šalje ARP odgovor (*ARP reply*) sa hardverskom (MAC) adresom.



- vp=0806 za ARP
- vh=1 za Eternet
- pv=0800 za IP adresu
- dha=6, dpa=4
- uo=1 za ARP upit
- uo=2 za ARP odgovor
- vp=8035 za RARP
- uo=3 za RARP upit
- uo=4 za RARP odgovor

MO, MI – MAC adresa odredišta i izvora, MAP, IAP – MAC i IP adresa pošiljaoca paketa, CMA, CIA – ciljna MAC i IP adresa; MAP, CMA – 6 okteta, IAP, CIA – 4 okteta, vp – vrsta poruke, vh – vrsta hardverske adrese, pv – vrsta protokola, dha – dužina hardverske adrese, dpa – dužina logičke adrese, vp, vh, pv – po 2 okteta, dha, dpa – po 1 oktet

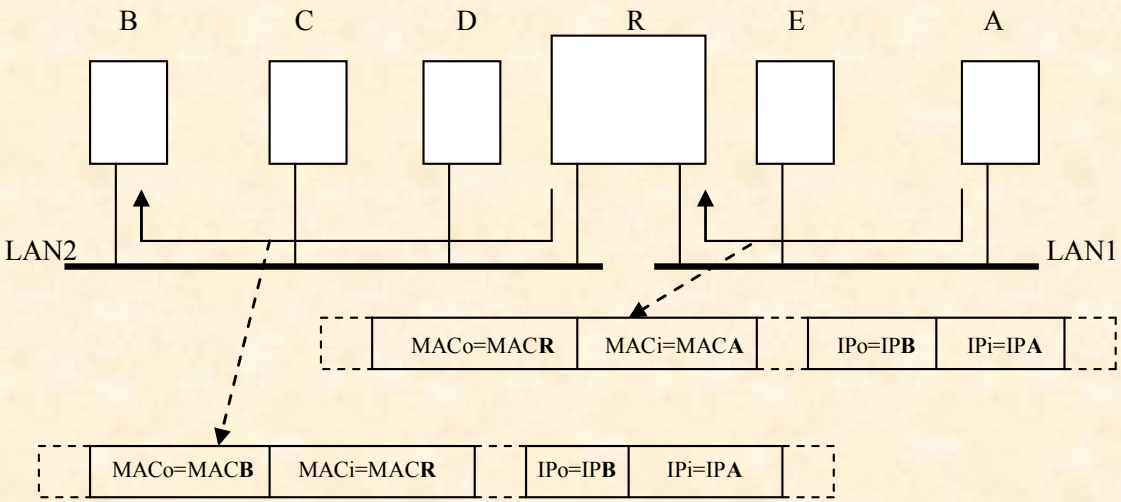
- Upućivanje (*routing*) je skup pravila i postupaka koji Internet paket vode od izvora do odredišta – na osnovu odredišne IP adrese. Paketi se razmenjuju između radnih stanica ili rutera. IP sloj dobija pakete od višeg, transportnog sloja (za slanje) ili od nižeg, fizičkog sloja (kod prijema). Radna stanica šalje i prima pakete, ruter šalje, prima i šalje primljene (*forward*-ovanje).
- Direktno upućivanje: obavlja se između radnih stanica iste lokalne mreže.



Primer: paket se šalje od stanice A (izvorište) ka stanici B (odredište)

MACo, MACi – hardverska odredišna i izvorišna adresa
IPo, IPi – IP odredišna i izvorišna adresa

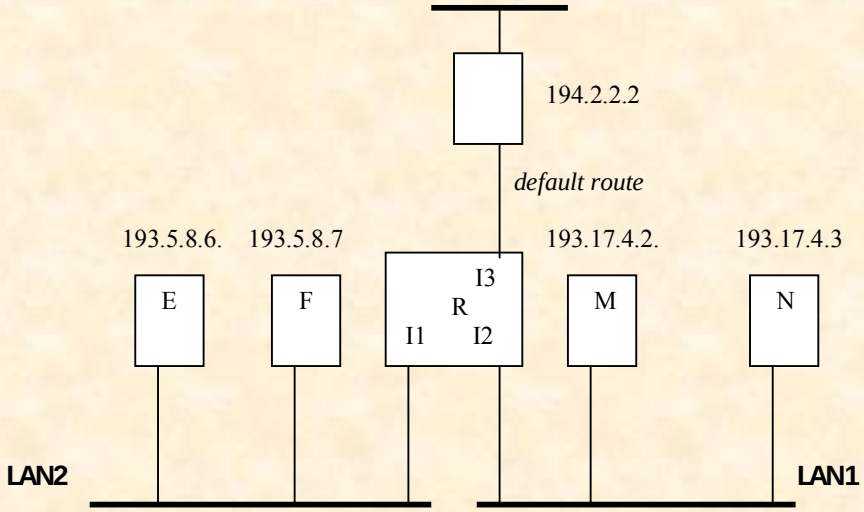
- Indirektno upućivanje – između radnih stanica različitih lokalnih mreža, koristi se bar jedan ruter (R).



MACo, MACi – hardverska odredišna i izvorišna adresa
IPo, IPi – IP odredišna i izvorišna adresa

- Izvorišna radna stanica (A) u LAN1, odredišna (B) u LAN2
- A nalazi da IP adresa za B nije u istoj LAN, šalje ARP upit sa MAC adresom rutera (MACR). Na osnovu odredišne IP adrese ruter nalazi da je B u LAN2, pa ARP postupkom dobija MAC adresu B.
- Karakteristično: IP adrese izvora i odredišta se ne menjaju pri slanju, MAC adrese se menjaju u svakoj deonici

- Tabela upućivanja – prikazuje povezanost odredišnih IP adresa i mrežnih interfejsa radne stanice ili rutera kojima se može poslati paket sa tom IP adresom.



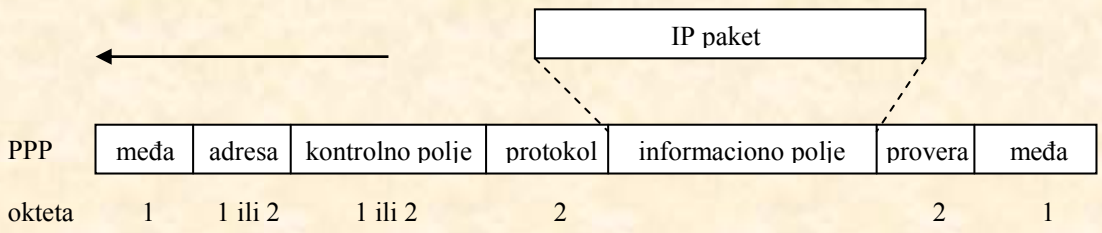
kolona 1	2	3	4
193.5.8.6	I1	H	193.5.8.6
193.5.8.7	I1	H	193.5.8.7
193.17.4.2	I2	H	193.17.4.2
193.17.4.3	I2	H	193.17.4.3
default route	I3	G	194.2.2.2

- Zapisi: odredišna IP adresa i mrežni interfejs. Ukoliko se ne nađe IP adresa, poruka se upućuje drugom ruteru (*next hop router*) preko *default route*-a (put ka nadređenom ruteru). U tabeli: H (*host*) – direktno, G (*gate*) – indirektno upućivanje. Ako odredišna IP adresa nije u tabeli upućivanja, poruka se šalje nadređenom ruteru.

- Ruter može da ima svoj *default route* ka ruteru višeg nivoa. Da poruka ne bi mogla da beskonačno luta, uvodi se preostalo vreme (TTL). TTL se smanjuje za 1 pri prolasku kroz svaki ruter, poruka se odbacuje pri TTL=0.
- Dinamička promena tabela upućivanja – ruter pored podataka o upućivanju do susednih rutera sadrži i podatke o upućivanju do sledećih susednih rutera – značajno za ubrzanje upućivanja paketizovanog govora. Koriste se protokoli za upućivanje (*routing protocol*).
- Protokoli za razmenu planova upućivanja, razmenjuju se: cele tabele upućivanja; samo promene u tabelama upućivanja, pravila upućivanja između susednih oblasti.

- Sličnost upućivanja u Internetu i telefonskoj mreži:
  - postupak obrade IP paketa u svakom ruteru ~ signalizacija deonica po deonica (*link by link*)
  - promena MAC adresa u ruterima pri prosleđivanju ~ promena polja OPC i DPC signalne jedinice u svakoj tački mreže
  - nepromenljivost ciljne IP adrese u IP paketu ~ nepromenljivost broja pozvanog pretplatnika u CCS7 TUP ili ISUP poruci
- Prenos po serijskim linkovima (odnosi se na prenos samo jedne veze, tj. nepostojanje multipleksa) – primena u slučaju prenosa po liniji male propusnosti. Primenjeni su protokoli najnižeg, fizičkog sloja, na primer SLIP i PP. Povezuju se samo dve tačke, pa nije potreban prenos Eternet adrese.

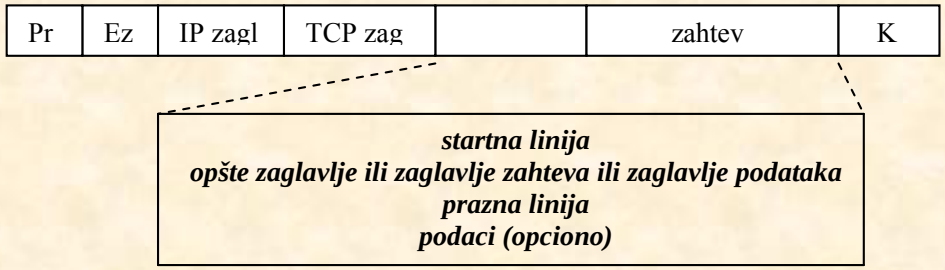
- SLIP (*Serial Line IP*) – IP paket se učauruje u jednobajt-ske međe. Ne postoji polje vrsta poruke, jer nema Eternet zaglavlja, tj. prenose se samo IP datagrami. Ne postoji provera ispravnosti prenosa.
- PPP (*Point to Point Protocol*)



- Malo zaglavlje: omogućava prenos poruka o uspostavi i raskidanju paketske veze i prenos učaurenih paketa. Polje protokol govori šta je učaureno u informaciono polje.

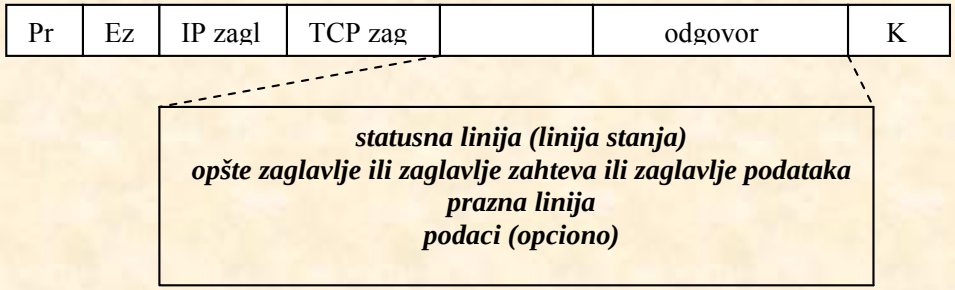
- HTTP (*HyperText Transport Protocol*) – prenos sadržaja *web* stranica. Koristi se programski jezik HTML (*HyperText Markup Language*). HTTP pripada sloju primene, a za transport se koristi TCP.
- Prva verzija HTTP 1.0: jednostruka razmena poruka, ne uspostavlja se virtuelna (tzv. perzistentna) veza. Korisnik (pretraživač, *client, web browser*) postavlja zahtev (*requ-est*), čime se veza otvara, davaoc usluge (softver koji kon-troliše podatke (resurse)) šalje odgovor (*response*), čime se veza zatvara. Veza više ne postoji (*stateless*).
- Kad je veći obim resursa, u HTTP 1.1 resursi se šalju pre-ko perzistentne (otvorene, a ne zatvorene) veze, dok god ih ima. Za telefonske veze samo HTTP 1.1 dolazi u obzir.

- HTTP zahtev



- Tekstualne linije, između CRLF (*Carriage Return, Line Feed*). Startna linija: ime signalne poruke (najčešće GET), lokalna adresa traženih resursa, verzija HTTP, između ova tri dela SP (*SPace*). Sledeće linije: zaglavlje i podaci.

- HTTP odgovor



- Linija stanja: kôd (šifra) stanja, opis stanja (na engleskom), verzija HTTP

- HTTP je osnova za razvoj signalnog protokola SIP (*Session Initiation Protocol*) u IP telefoniji.

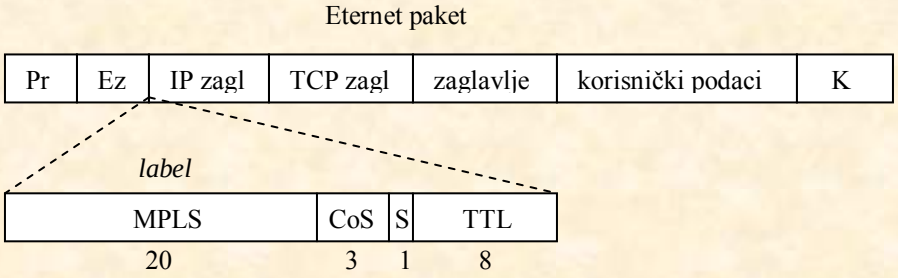
- Primer snimljenog zapisa sa HTTP protokolom

```
0000  01 00 5e 7f  ff   fa  00 14  78 51 01 a2  08 00 45 00   ..^..... xQ....E.
0010  00 a1 5d 63 00 00 01 11  9f 1d  c0 a8  0c 29  ef  ff   ..]c.... .....)..
0020   ff  fa  c9 6d 07 6c 00 8d  cb 44  4d 2d 53 45 41 52   ...m.l.. .DM-SEAR
0030  43 48 20 2a 20 48 54 54  50 2f  31  2e 31 0d 0a 48   CH * HTT P/1.1..H
0040  6f 73  74 3a 32 33 39 2e  32 35 35 2e  32 35 35 2e   ost:239. 255.255.
0050  32 35 30 3a 31 39 30 30  0d 0a 53 54  3a 75 72 6e   250:1900 ..ST:urn
0060  3a 73 63 68 65 6d 61 73  2d 75 70 6e  70 2d 6f 72   :schemas -upnp-or
0070  67 3a 64 65 76 69 63 65  3a 49 6e 74  65 72 6e 65   g:device :Interne
0080  74 47 61 74 65 77 61 79  44 65 76 69  63 65 3a 31   tGateway Device:1
0090  0d 0a 4d 61 6e 3a 22 73  73 64 70 3a  64 69 73 63   ..Man:"s sdp:disc
00a0  6f  76 65 72 22 0d 0a 4d  58 3a 33 0d  0a 0d 0a      over"..M X:3....
```

…. – Eternet zaglavlje
08 00 – sledeći protokol IP
00 a1 – dužina IP datagrama
..... – IP zaglavlje
11 - sledeći protokol UDP
..... – UDP zaglavlje
00 8d - dužina UDP datagrama
..... – HTTP zaglavlje

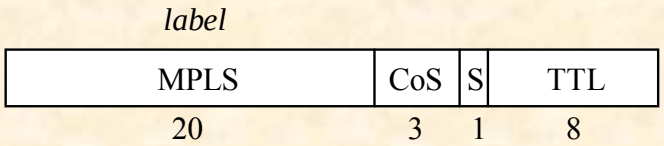
- Dobra svojstva Interneta za telefoniju: univerzalnost (jeftinoća), moćni resursi i globalna rasprostranjenost.
- Loša svojstva: ne može se upravljati opterećenjem u pojedinim čvorovima → čvorovi mogu biti opterećeni različitim saobraćajem; nema hijerarhijske organizacije → paketi se obrađuju u mnogim mrežnim čvorovima → veliko kašnjenje govornih paketa → povećan uticaj odjeka; različito kašnjenje paketa, gubitak paketa, primena kodera – kompresora → smanjuje se kvalitet govornog signala

- MPLS (*MultiProtocol Label Switching*) – tehnika brzog prosleđivanja paketa kroz mrežne čvorove, rutere, zasnovana na prepoznavanju jednostavnog zaglavlja, uz garantovani stepen usluge. Prenos telefonskog signala je osetljiv na kašnjenje i promenljivo kašnjenje veće od nekoliko 100ms (*delay sensitive*), za prenos datoteka nije bitno kašnjenje → govornim paketima se daje prednost. Ideja: upućivati govorne pakete na neki jednostavniji način od primene IP adrese pregledom tabela upućivanja.



- MPLS domen – deo mreže sa ugrađenim MPLS alatima. Na ulazu u domen paketu se dodaje zaglavlje (*label*) ispred IP zaglavlja – uložak (*shim header*)
- U ruteru paket sa MPLS zaglavljem se direktno šalje sledećem ruteru, IP adresa se koristi samo na odredištu.

- Delovi MPLS zaglavlja



- Paket može imati jedno ili više 4-oktetskih MPLS zaglavlja: polje MPLS vrednosti (*label*) (20 bita), polje klasa usluge (3 bita), polje S=1 ako je ovo poslednje ili jedino MPLS zaglavlje, TTL (*Time To Live*) – kroz koliko rutera još paket može da prođe pre nego što se odbaci.

- Osnovni elementi MPLS domena
  - Ivični ili periferijski ruter (*Label Edge Router* – LER) – prepoznaje dolazak paketa iz ne-MPLS okruženja, ugrađuje im MPLS zaglavlje na osnovu koga se paket upućuje do prvog centralnog MPLS rutera, u obrnutom smeru skida poslednje MPLS zaglavlje.

- Magistralni ruter (*Label Switching Router*, LSR) – prihvata paket i na osnovu MPLS zaglavlja i svoje baze upućuje paket ka sledećem magistralnom ruteru (menja se vrednost MPLS zaglavlja) ili izlaznom ivičnom ruteru (paket se oslobađa MPLS zaglavlja) – MPLS zaglavlje se menja od tačke do tačke, tj. ima lokalni karakter

- Baza MPLS zaglavlja (*Label Information Base* – LIB) – veza MPLS vrednosti i sledeće deonice ili rutera.

- Distribucioni protokol – komunikacija između LSR-ova: svaki prethodni LSR obaveštava sledeće rutere o dodeljenim MPLS zaglavljima u pojedinim paketima

- Ulazni ivični ruter, centralni ruteri i izlazni ivični ruter čine MPLS put (*Label Switch Part* – LSP). U IP telefoniji obrazuju se dva nezavisna MPLS puta.

- MPLS obezbeđuje brzinu kao FR ili ATM mreža, garantuje veličinu protoka, kašnjenje paketa, džiter paketa, tj. garantuje kvalitet usluge (*Quality of Service* – QoS). Polje CoS sadrži podatke o zahtevanoj usluzi, tako da ivični ruter obrazuje klase paketa sa istim izvorom, odredištem i uslugom, tj. sa istim zaglavljem (koje se posle menja u sledećem ruteru).