

2. Internet

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

dr Slavica Tomović

slavicat@ucg.ac.me

Internet

- Milioni povezanih računara:



- *Host = krajnji sistem*
- Izvršavaju *mrežne aplikacije*

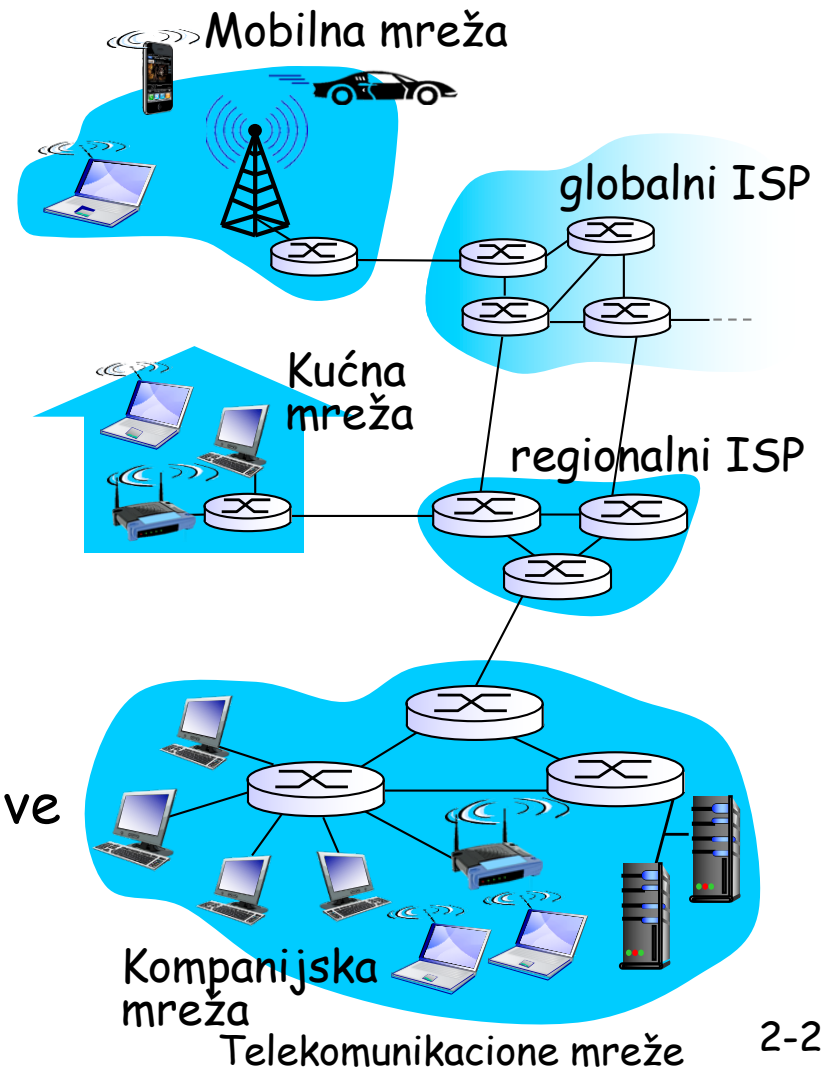
Komunikacioni linkovi



- Optičko vlakno, bakarna žica, radio, satelit
- Brzina prenosa: *bandwidth*

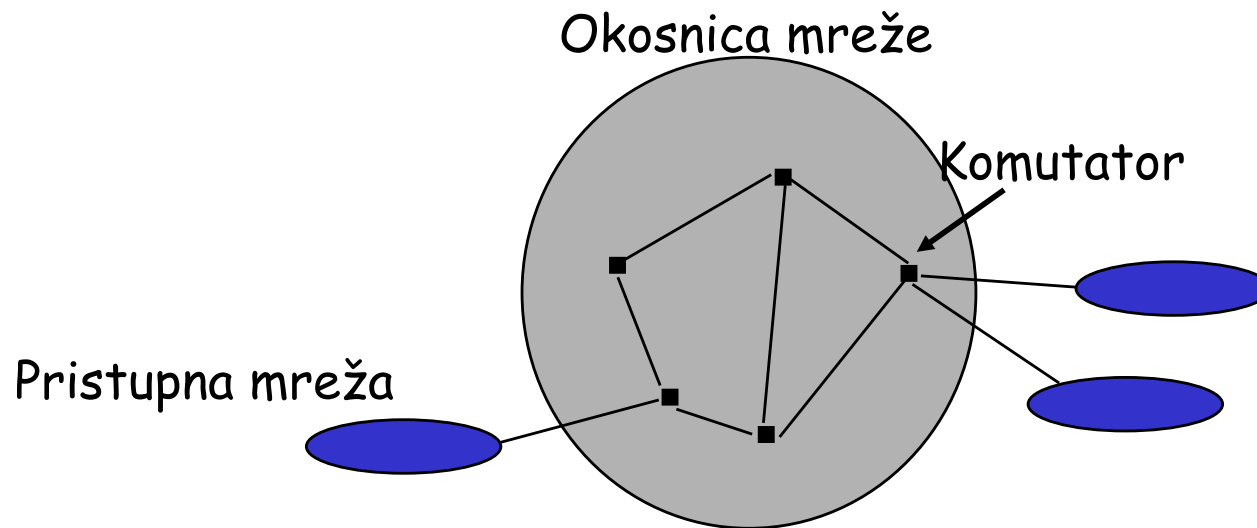
- *Komutatori paketa:* prosleđuju pakete (djelove poruka)

- *ruteri i komutatori*

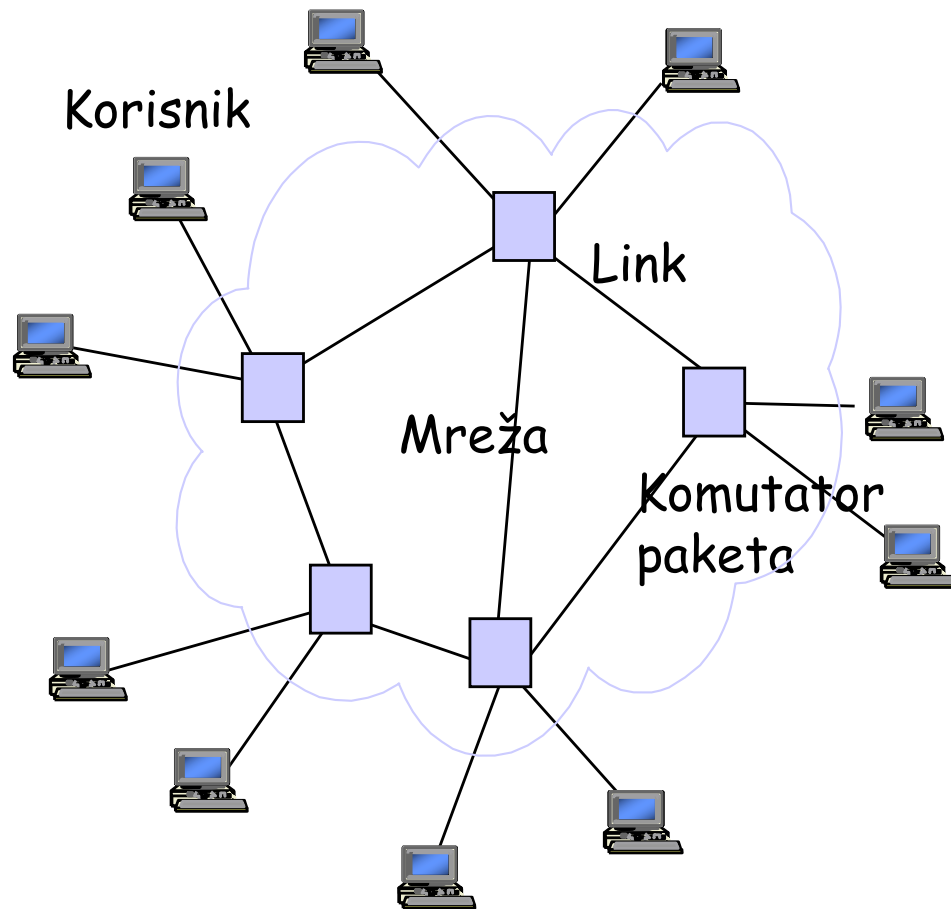


Komutacija

- ❑ Dinamičko međupovezivanje ulaza i izlaza mrežnog čvorišta
- ❑ Omogućava dinamično dijeljenje resursa mreže
- ❑ Dva pristupa:
 - Nekonektivan
 - Konektivan: Uspostavljanje veze, Kontrola veze



Mreža sa komutacijom paketa

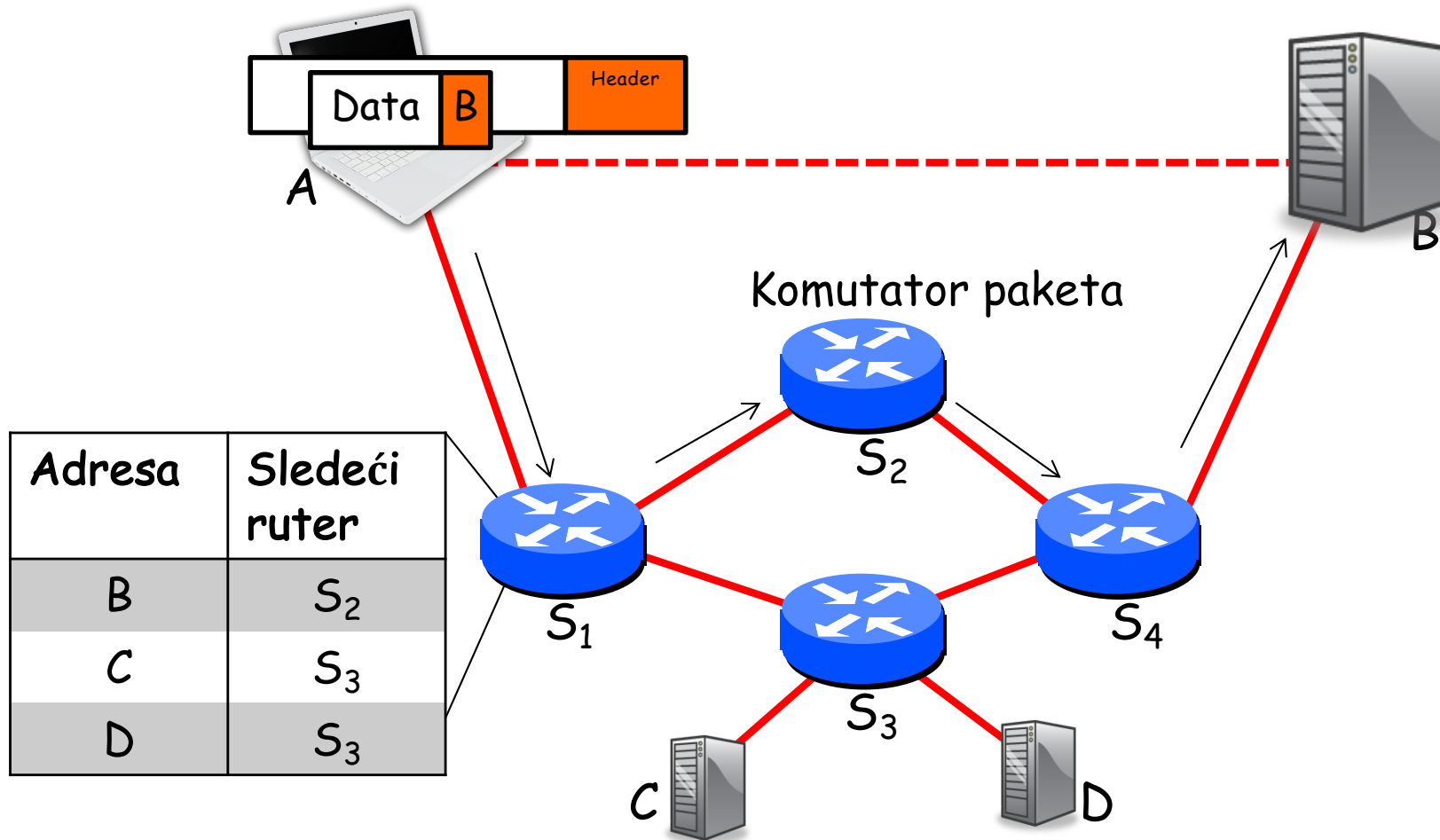


- Prenos paketa između korisnika
- Međupovezani komutatori paketa
- Potiče iz komutacije poruka

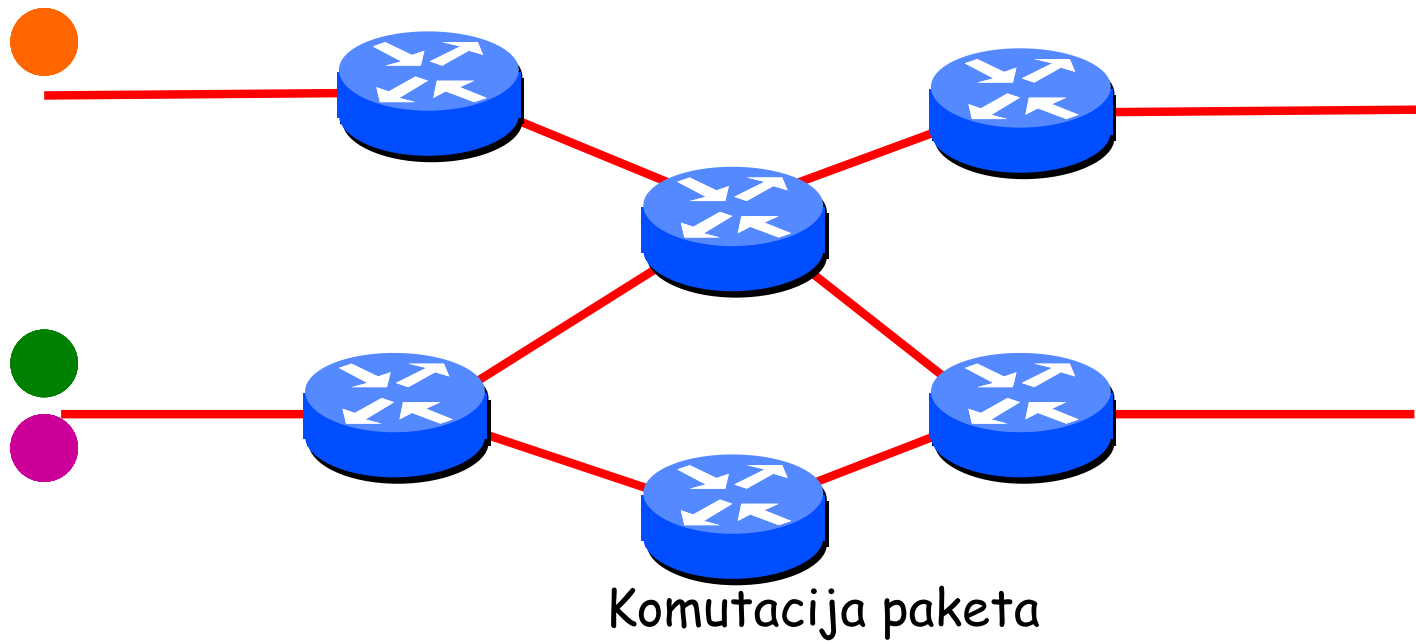
Tipovi:

- Nekonektivni (datagram)
- Konektivni
 - Virtuelno kolo
 - Labela
 - Tok
- Hibrid

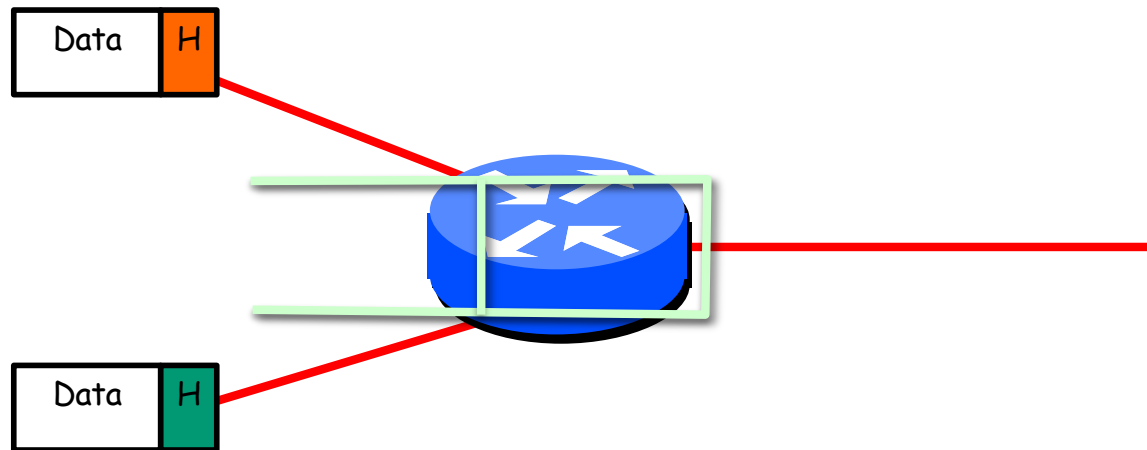
Komutacija paketa



Komutacija paketa



Komutatori paketa imaju bafere

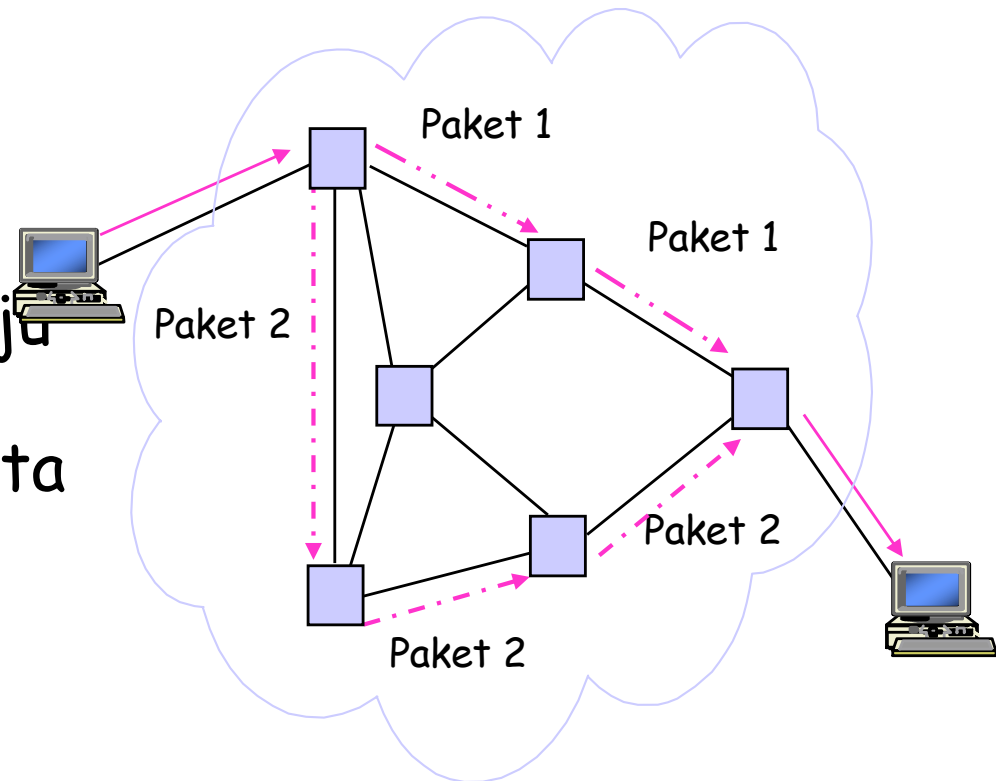


Baferi čuvaju pakete:

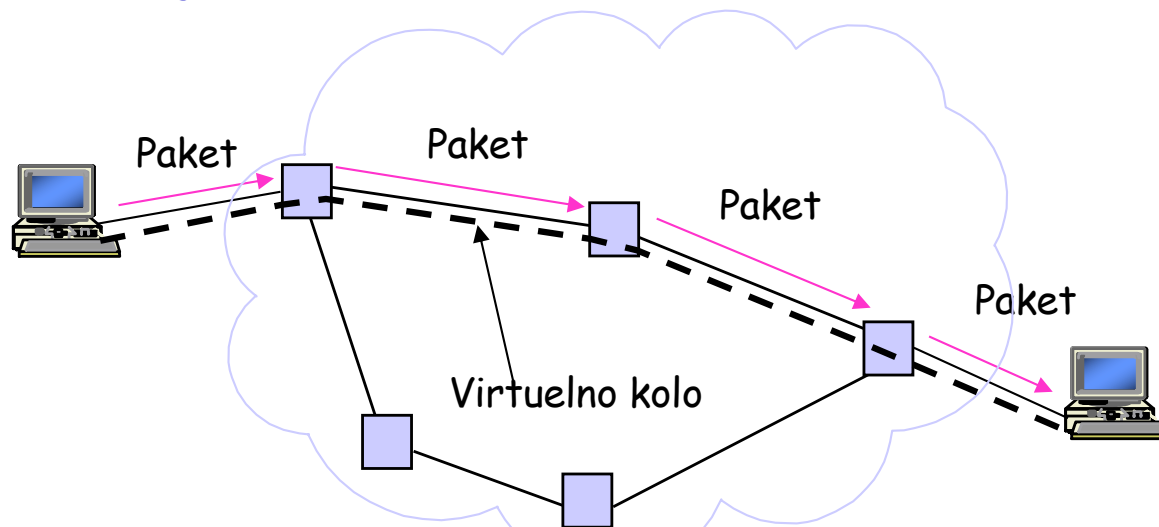
- Kada više paketa stignu istovremeno
- Tokom perioda zagušenja
- Statističko multipleksiranje

Komutacija paketa- Datagram

- ❑ Poruke se dijele na pakete
- ❑ U zaglavlje paketa se upisuju adrese izvorišta i odredišta
- ❑ Paketi se rutiraju nezavisno
- ❑ Paketi mogu na destinaciju stići van redosleda
- ❑ Istovremeni prenos paketa smanjuje kašnjenje i povećava propusnost
- ❑ Unosi manje kašnjenje nego komutacija poruka

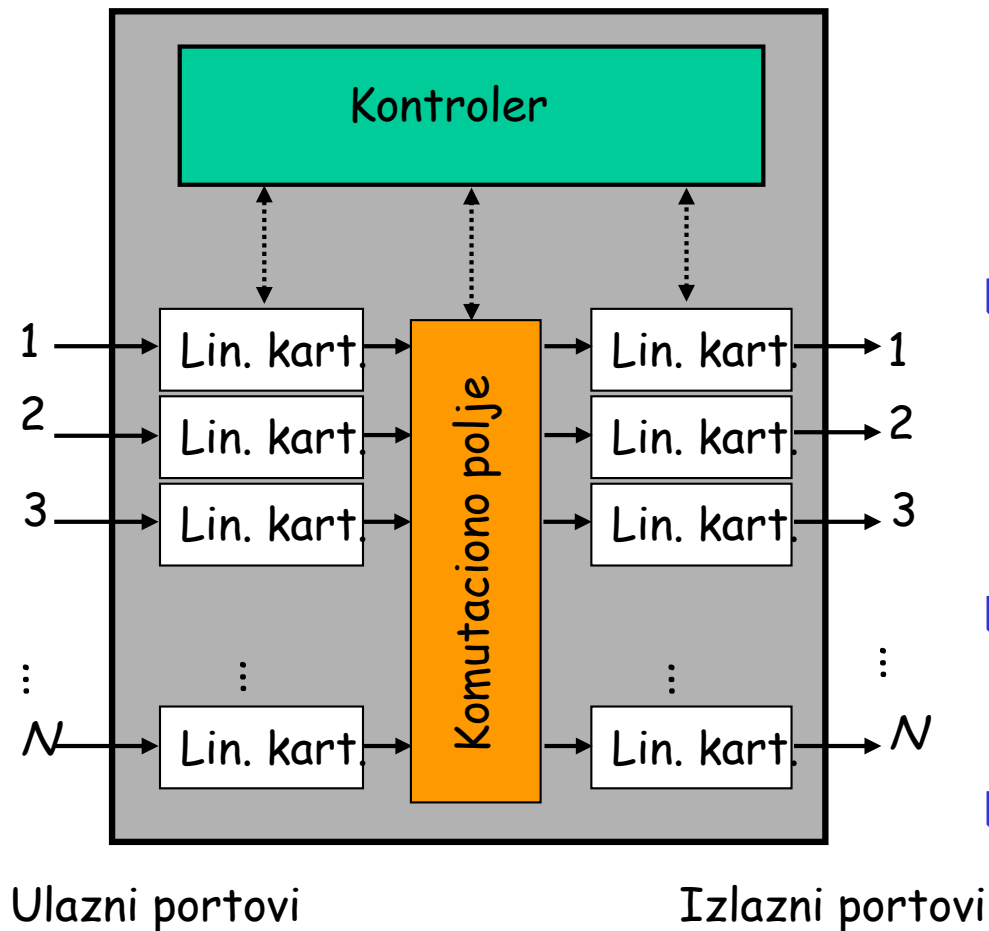


Komutacija paketa - virtuelno kolo



- ❑ Faza uspostavljanja kola rezerviše resurse na fiksnom putu u mreži
- ❑ Svi se paketi prenose jednom putanjom
- ❑ Polje u zaglavlju identifikuje konekciju na svakom linku
- ❑ Paketi se baferuju prije slanja
- ❑ Varijabilne brzine prenosa su moguće, a "ugovaraju" se prilikom uspostavljanja veze
- ❑ Kašnjenje varira i veće je nego kod komutacije kola

Komutator paketa



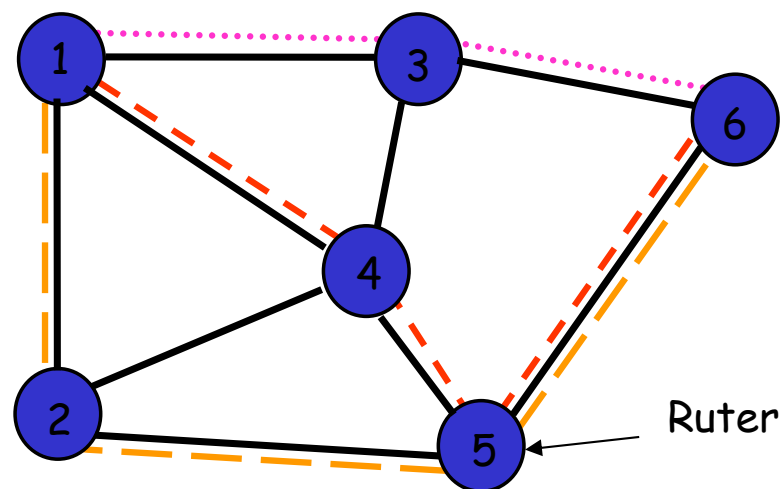
— Putevi podataka
..... Kontrolni putevi (a)

- Ulazne linijske kartice
 - Obrada zaglavlja
 - Demultipleksiranje
 - Rutiranje u velikim komutatorima
- Kontroler
 - Rutiranje u malim komutatorima
 - Signalizacija & alokacija resursa
- Komutaciono polje
 - Prenos paketa između linijskih kartica
- Izlazne linijske kartice
 - Raspoređivanje & prioritet
 - Multipleksiranje

Adresiranje

- ❑ Svaki interfejs na Internetu mora imati adresu
- ❑ IP adresa
 - IPv4 je dugačka 32 bita (192.168.1.0)
 - IPv6 je dugačka 128 bita (fe80::8f3c:fb8b:d5c2:78c2)
- ❑ Manuelna ili dinamička dodjela adresa
- ❑ Statička ili dinamička IP adresa
- ❑ Network ID (prefix) + Host ID
- ❑ Subnetmask (255.255.255.0)

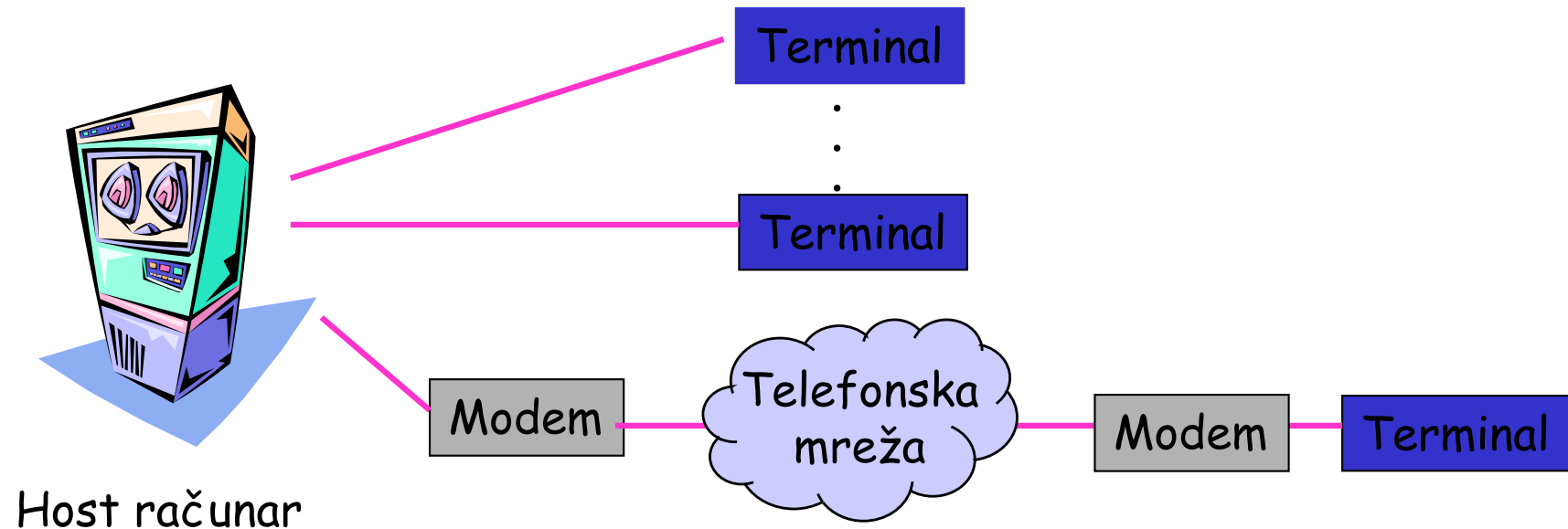
Rutiranje u mrežama sa komutacijom paketa



- Tri moguće rute (bez petlje) između 1 i 6:
 - 1-3-6, 1-4-5-6, 1-2-5-6
- Koja je najbolja?
 - Minimalan broj hopova? Maksimalna propusnost?
Minimalno kašnjenje? Minimalni troškovi?
Maksimalna pouzdanost?

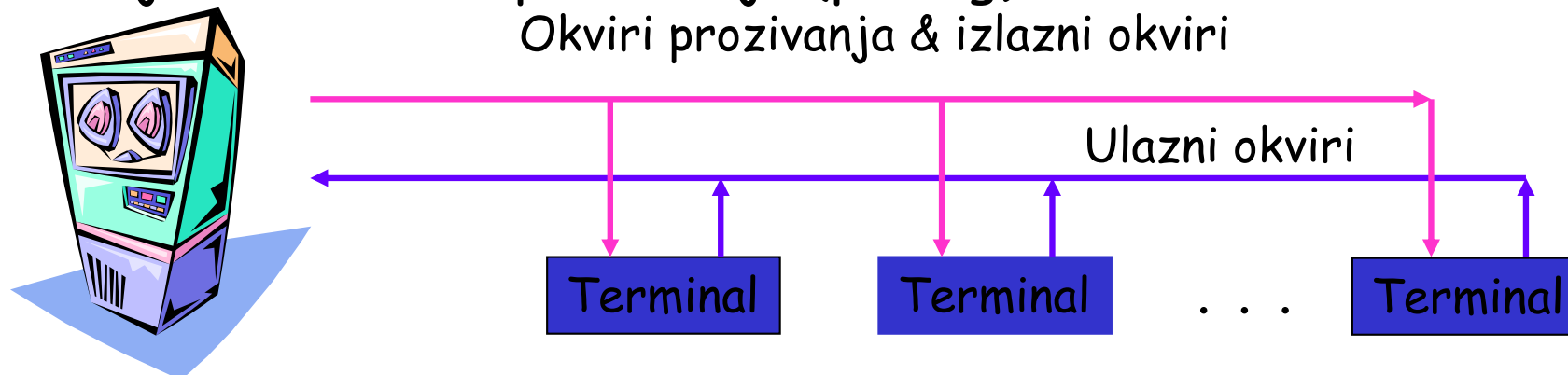
Mreže za prenos podataka orijentisane prema terminalu

- ❑ Prvi računarski sistemi su bili vrlo skupi
- ❑ "Time-sharing" metode su dozvoljavale većem broju terminala da dijele računar
- ❑ Udaljeni pristup preko telefonskih modema



Kontrola pristupa medijumu (MAC)

- ❑ Dodijeljene telekomunikacione linije su bile veoma skupe
- ❑ Terminali sporadično generišu poruke
- ❑ Okviri (frames) nose poruke do/od vezanih terminala
- ❑ Adresa u zaglavlju okvira identifikuje terminal
- ❑ *Razvijene su kontrole pristupa medijumu za zajedničko korišćenje linkova*
- ❑ Primjer: Protokol prozivanja (polling)

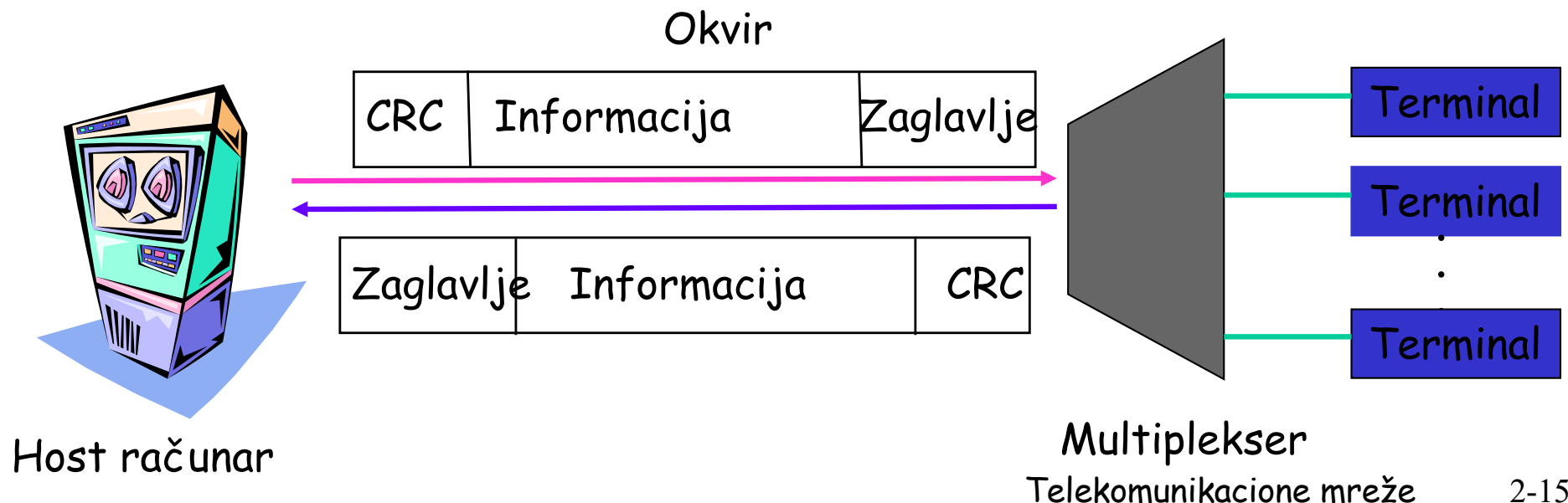


Host računar

Terminali na različitim lokacijama moraju izbjegavati kolizije

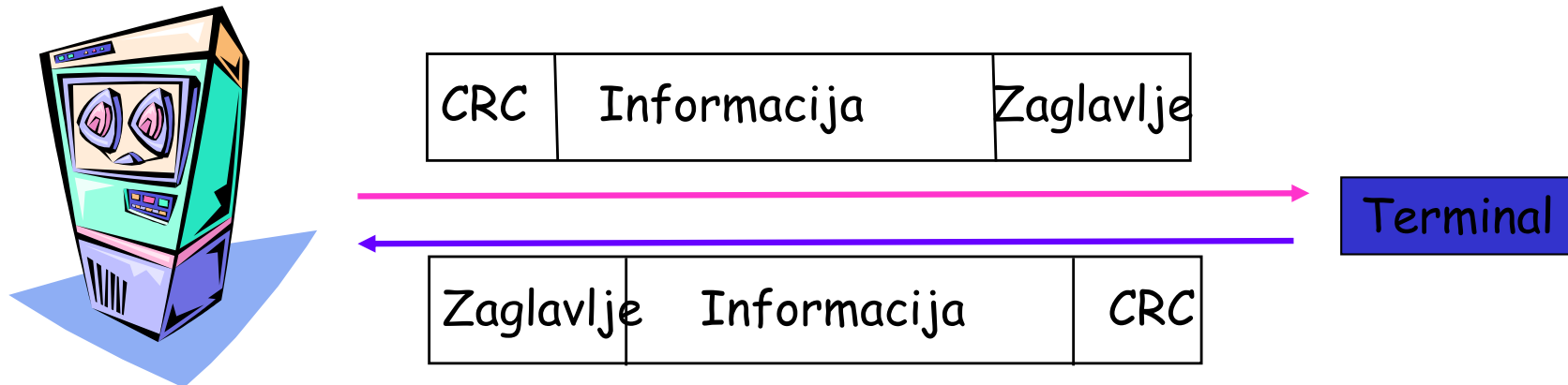
Statističko Multiplexiranje

- ❑ Statistički multiplexer omogućava da linija prenosi *okvire* koji sadrže poruke od/do više terminala
- ❑ Okviri se baferuju u *multiplexeru* dok linija ne postane dostupna,
- ❑ "Store-and-forward" ili "Cut through"
- ❑ *Adresa* u zaglavlju okvira identifikuje terminal
- ❑ Zaglavlje nosi i druge *kontrolne* informacije



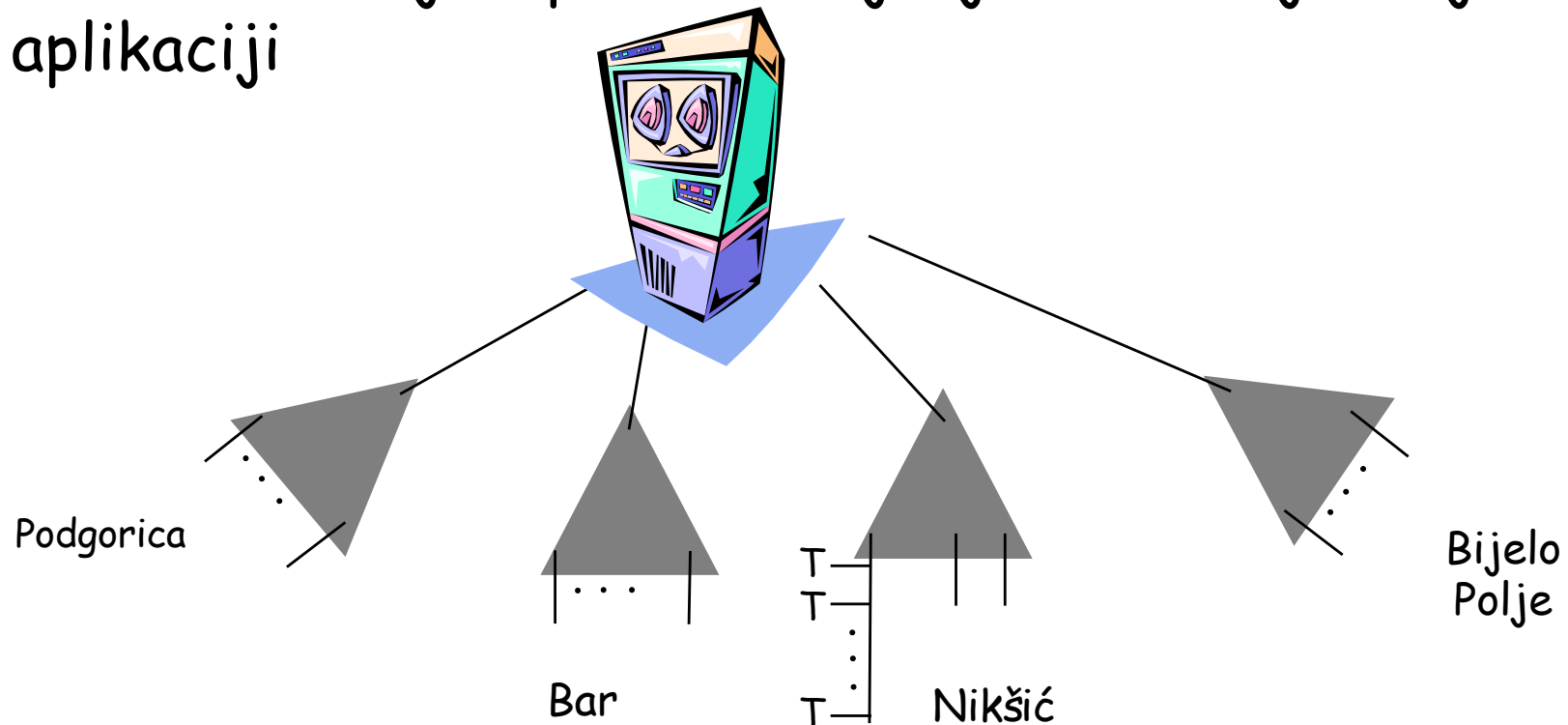
Protokol kontrole greške

- ❑ Telekomunikacione linije unose grešku
- ❑ Kodovi za provjeru greške se koriste u okvirima
 - “Cyclic Redundancy Check” (CRC) se izračunava na bazi zaglavlja okvira i sadržaja informacije
 - Zaglavlje takođe nosi ACK/NAK kontrolnu informaciju
- ❑ Retransmisija se zahtijeva kada se detektuju greške



Mreže sa topologijom drveta

- ❑ Nacionalne & internacionalne mreže koje su terminalski orijentisane
- ❑ Rutiranje je veoma jednostavno (od/prema hostu)
- ❑ Svaka mreža je tipično namijenjena samo jednoj aplikaciji



Moderne računarske mreže

- Kako su cijene računara padale terminalski orijentisane mreže su se pokazale kao skupe i nefleksibilne
- Potreba za razvojem fleksibilnih računarskih mreža
 - Međupovezivanje računare po zahtjevu
 - Podržava mnogo aplikacija
- Primjeri
 - File transfer između proizvoljnih računara
 - Izvršavanje programa na drugom računaru
 - Multiprocesno funkcionisanje preko više računara

Komutacija paketa

- Mreža bi trebala podržavati više aplikacija
 - Prenos poruke proizvoljne veličine
 - Nisko kašnjenje za interaktivne aplikacije
 - Ali u "store-and-forward" varijanti, velike poruke izazivaju velika kašnjenja interaktivnih poruka
- Uvodi se komutacija paketa
 - Mreža prenosi pakete na bazi "store-and-forward"
 - Definisana je maksimalna veličina paketa
 - Velike poruke se segmentiraju u više paketa
- ARPANET je dovela do mnogo inovacija

Internet (ARPANET) komutacija paketa

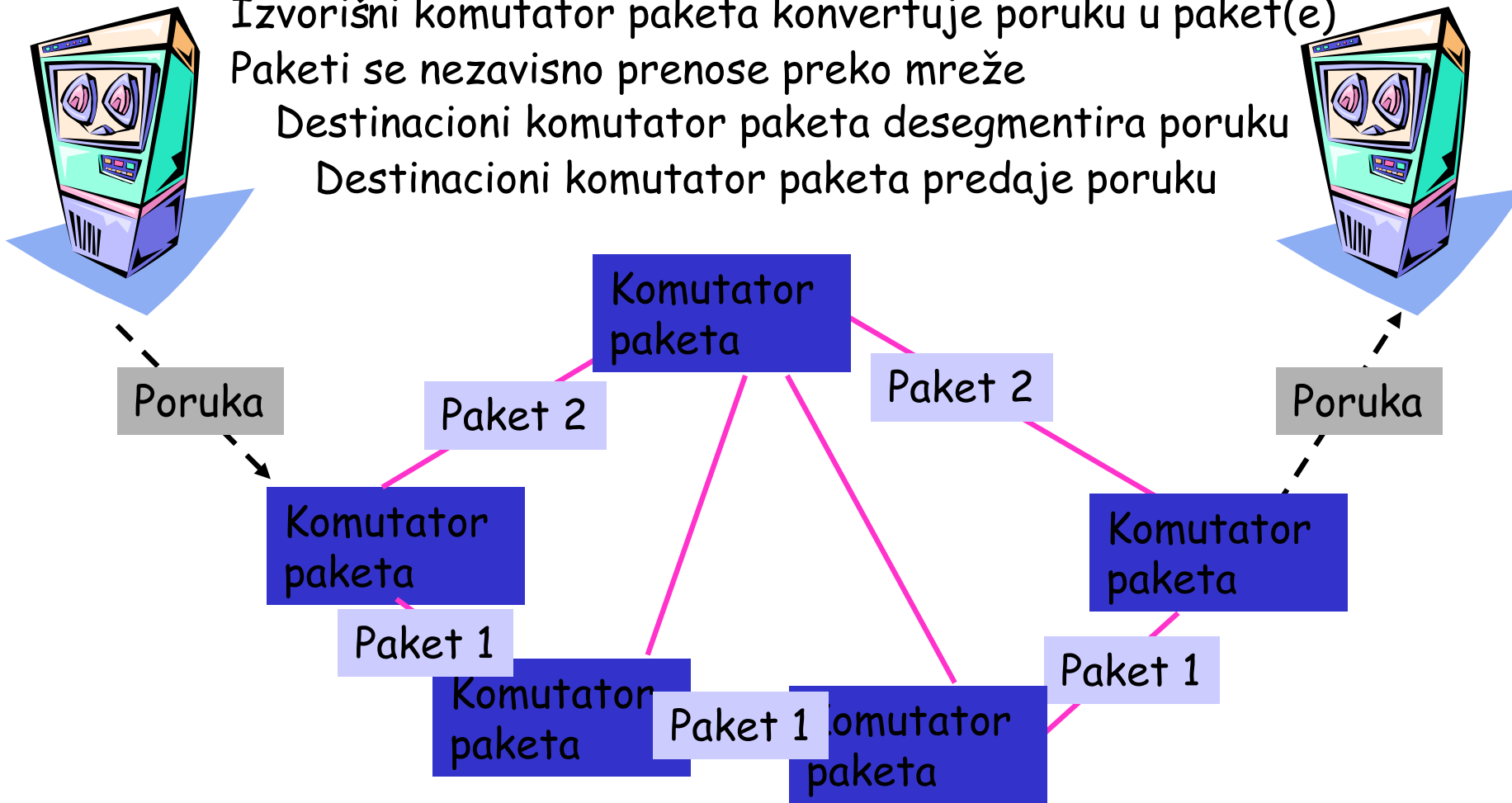
Host generiše poruku

Izvorišni komutator paketa konvertuje poruku u paket(e)

Paketi se nezavisno prenose preko mreže

Destinacioni komutator paketa desegmentira poruku

Destinacioni komutator paketa predaje poruku



Internet rutiranje

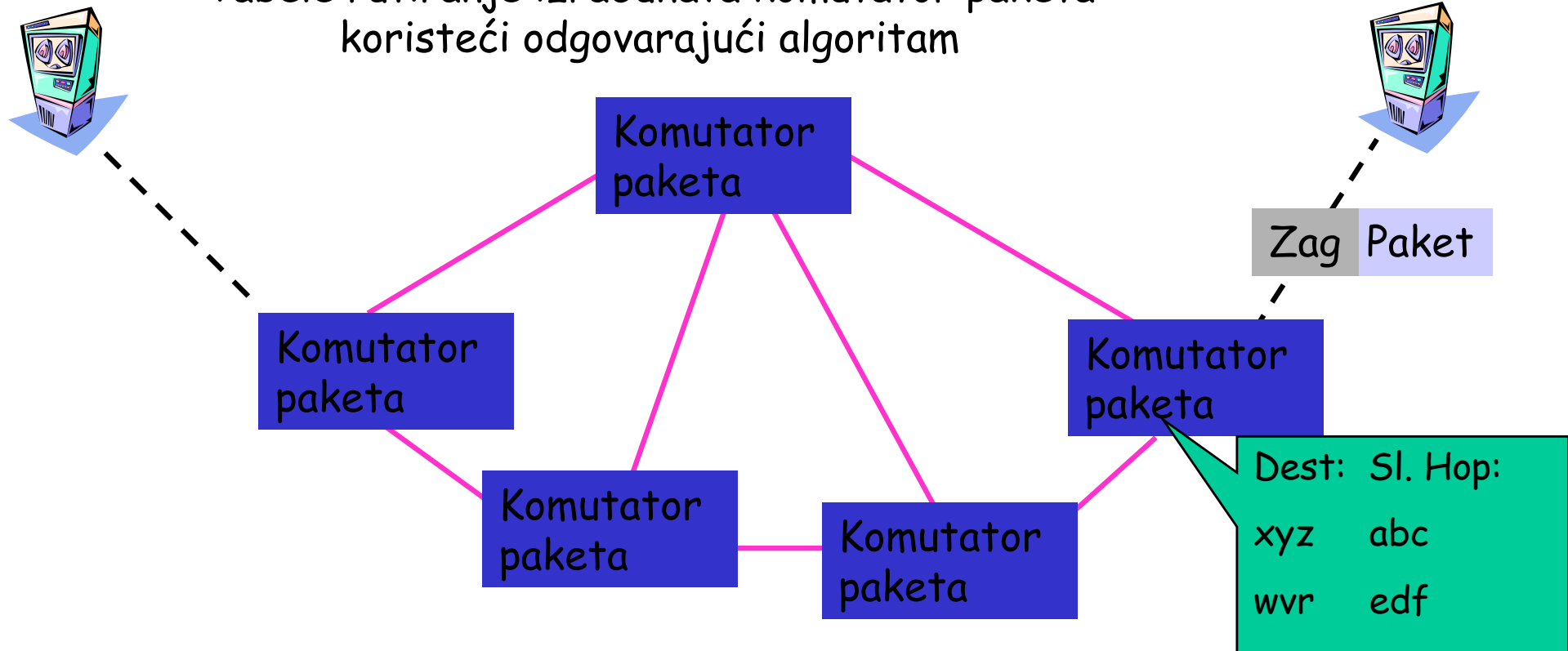
Rutiranje je veoma složeno u nehijerarhijskoj mreži

Nema uspostavljanja veze prije slanja poruke

Zaglavlje paketa uključuje adrese izvora & destinacije

Komutatori paketa imaju tabelu sa sledećim hopom za određenu destinaciju

Tabele rutiranja izračunava komutator paketa koristeći odgovarajući algoritam

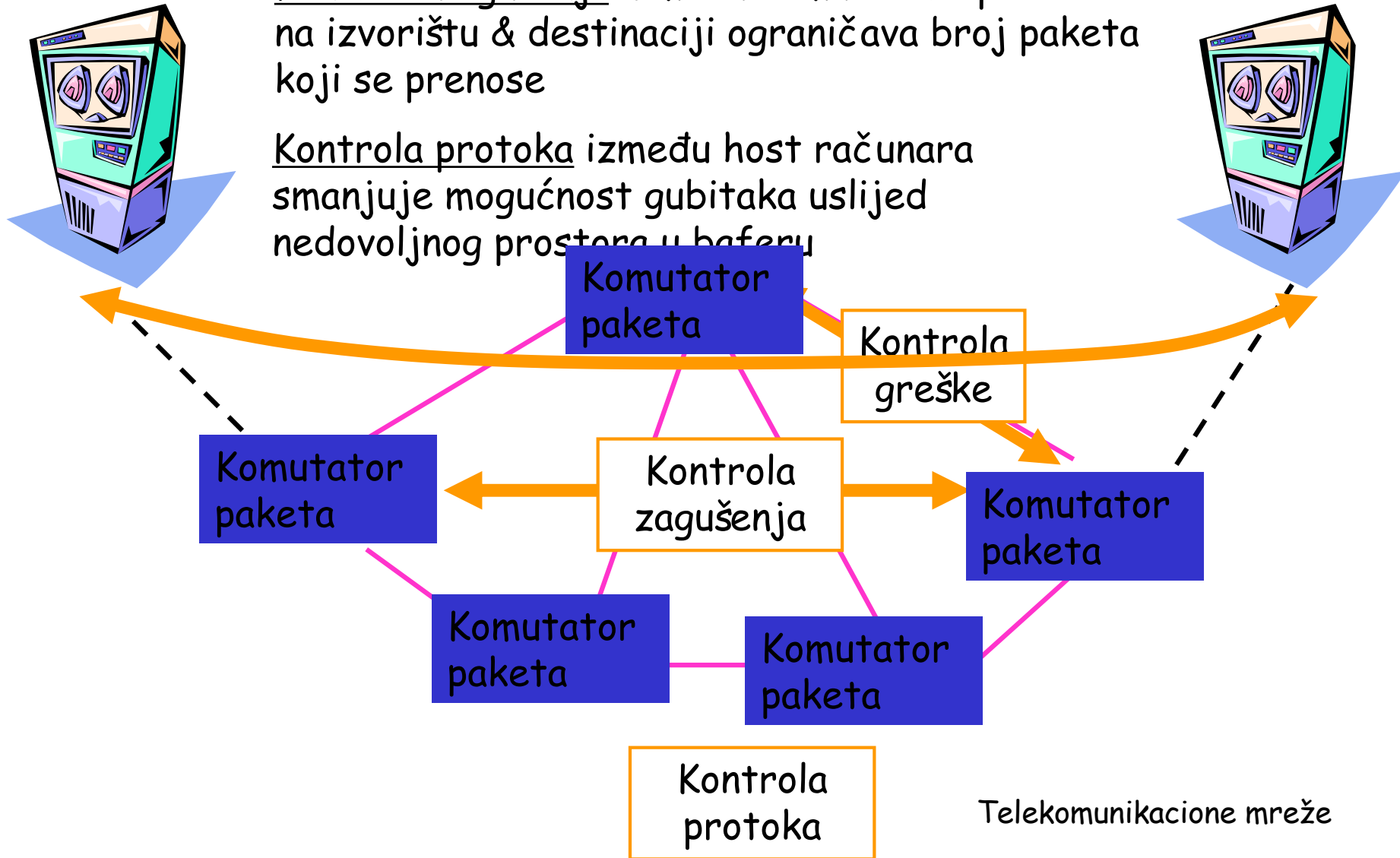


Drugi Internet Protokoli

Kontrola greške između susjednih komutatora paketa

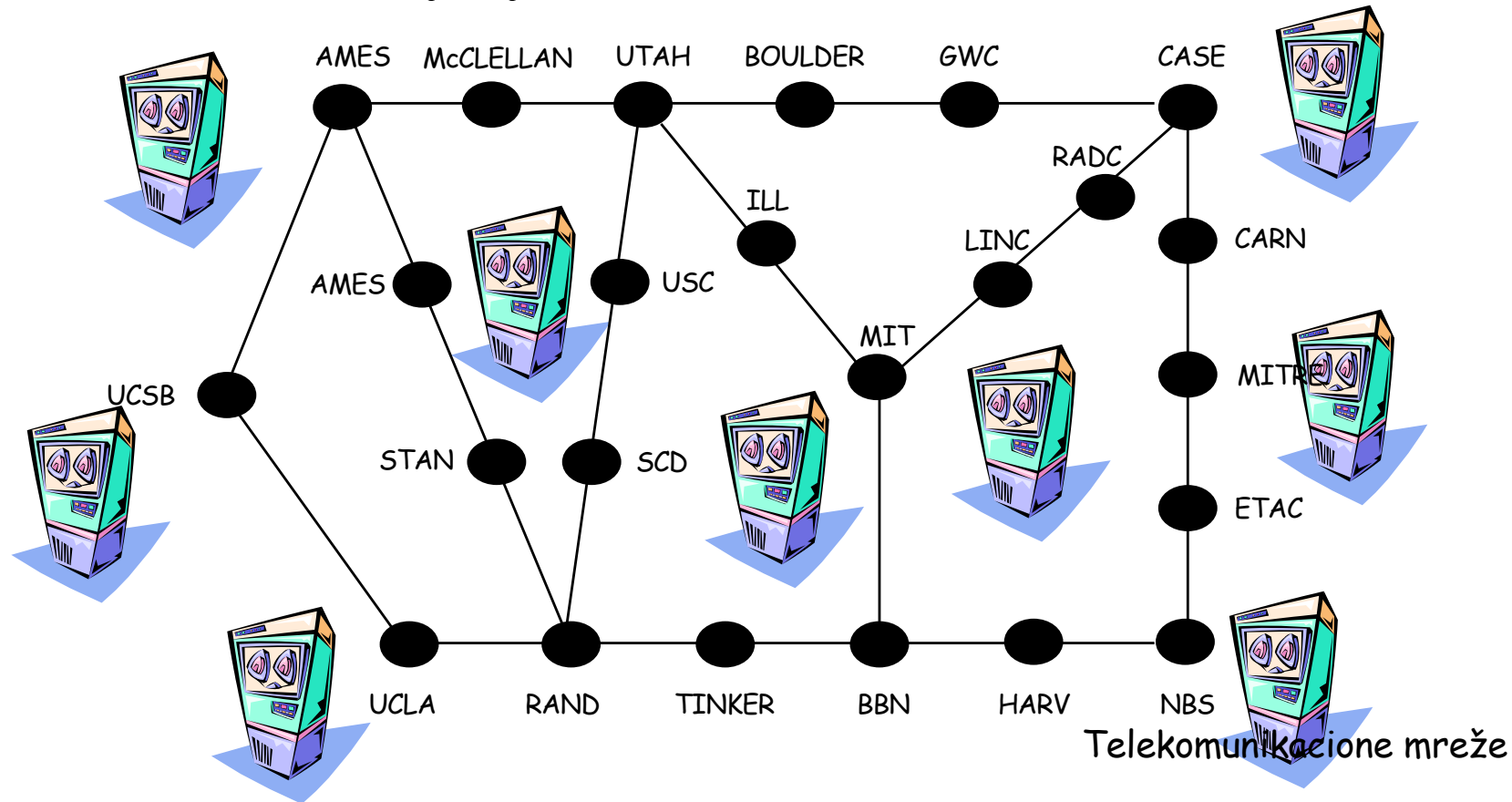
Kontrola zagušenja između komutatora paketa na izvorištu & destinaciji ograničava broj paketa koji se prenose

Kontrola protoka između host računara smanjuje mogućnost gubitaka uslijed nedovoljnog prostora u baferu



Internet Aplikacije

- ARPANET je uveo mnoge nove aplikacije
- Email, remote login, file transfer, ...
- Inteligencija je na ivici mreže



Arhitektura Interneta

- ❑ skup pravila za upravljanje i ostvarivanje interakcije (komunikacije) između sistema mreže
- ❑ sastoji se od:
 - formata podataka koji se prenose,
 - protokola i
 - logičkih struktura.
- ❑ osnovni pojmovi
 - *Entitet* predstavlja sve što može da šalje ili prima podatke (korisnički program, kontroleri baza podataka, i sl.).
 - *Sistem* je fizički određen objekat koji sadrži više entiteta (računar, terminal, upravljački senzori itd.).
 - *Protokol* je skup konvencija koje regulišu razmjenu podataka između entiteta.
 - **Blok** (segment, datagram ili frejm) podataka koji se razmjenjuje između dva entiteta preko protokola se naziva *protokolska jedinica podataka* (Protocol Data Unit).

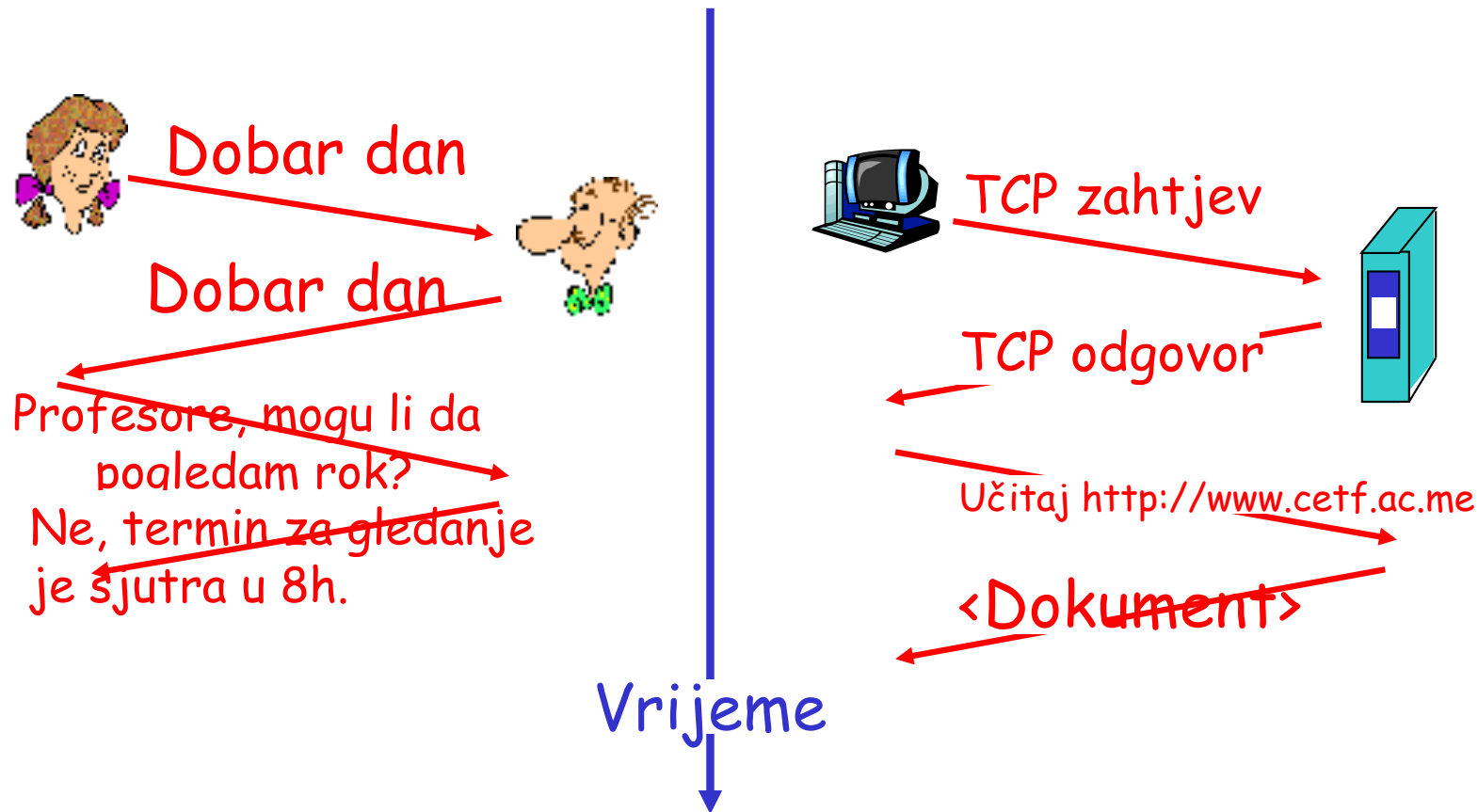
Ključni elementi protokola

- ❑ Sintaksa koja definiše format podataka, tip kodiranja i osobine signalizacionih nivoa,
- ❑ Semantika koja definiše sadržaj pojedinih polja u PDU koji se recimo odnose na kontrolu protoka, otkrivanje i uklanjanje grešaka,
- ❑ Vremenska usklađenost brzina prenosa podataka (usaglašavanje brzine slanja izvorišta i brzine obrade informacija na odredištu) i sekvencionalnost (prijem podataka po redosledu po kome su poslani).
- ❑ Akcije

Protokoli definišu format, redosled poslatih i primljenih poruka između mrežnih entiteta, i akcije koje se sprovode nakon prijema poslatih poruka

Šta je mrežni protokol?

Ljudski protokol i mrežni protokol:



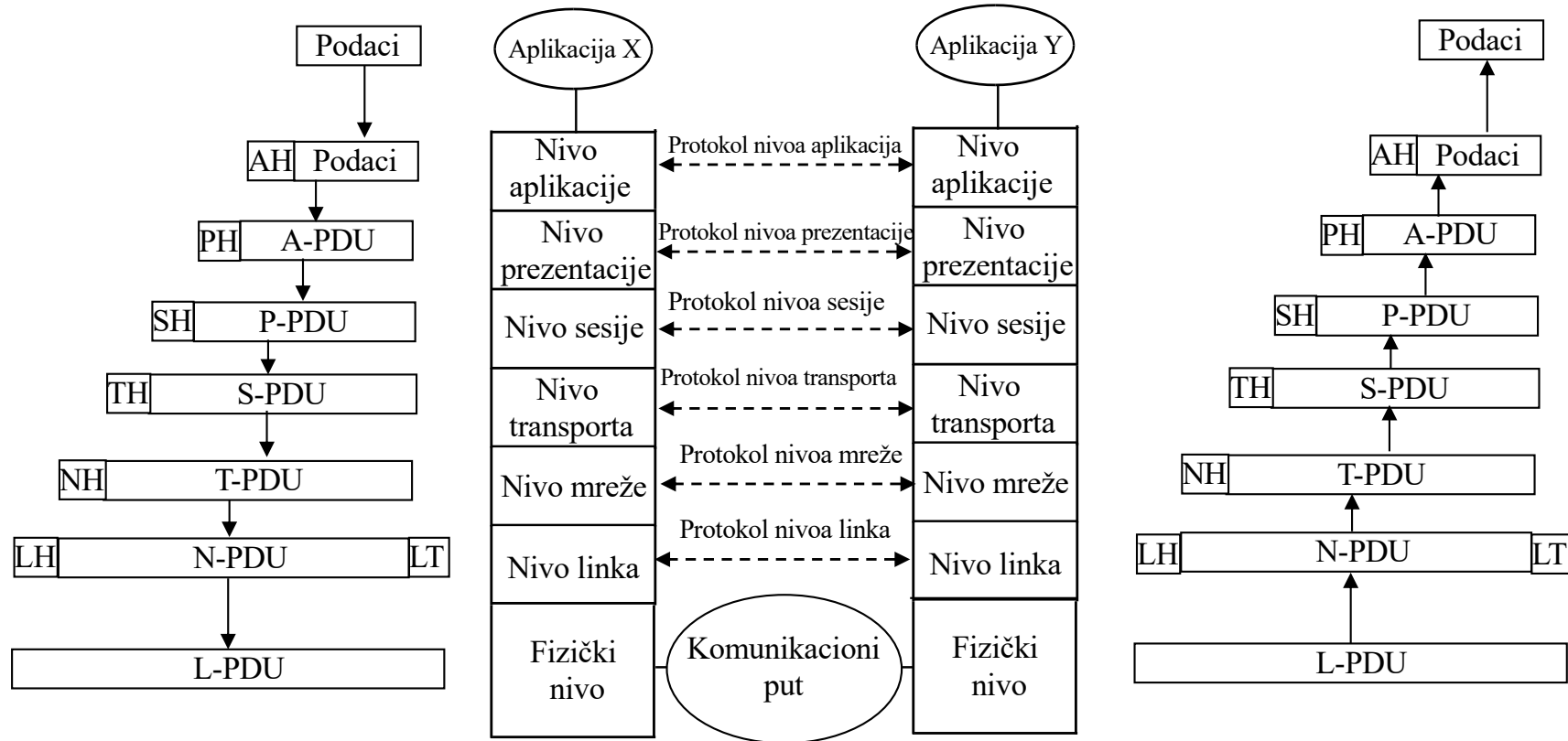
Najvažnije funkcije protokola su:

- ❑ **segmentiranje/ulančavanje** (osigurava da se sadržaj i veličina poruka koje entiteti razmjenjuju prilagode karakteristikama mreže),
- ❑ **formiranje protokolskih jedinica podataka PDU od podataka i potrebnih kontrolnih informacija** (adresa, kodova za detekciju greške i sinhronizaciju),
- ❑ **kontrola zagušenja** (podešavanje količine i brzine podataka koje šalje entitet zavisno od stanja odnosno saobraćajnog opterećenja u kojem se nalazi mreža),
- ❑ **kontrola protoka** (podešavanje količine i brzine podataka koje šalje entitet zavisno od stanja odnosno saobraćajnog opterećenja u kojem se nalazi entitet sa kojim komunicira),
- ❑ **kontrola greške** (zaštita podataka od greške ili oštećenja),
- ❑ **adresiranje** (jedinствена globalna adresa za sve sisteme u mreži),
- ❑ **multipleksiranje** više sesija unutar jednog sistema,
- ❑ **transmisioni servisi** (prioritet, sigurnost podataka, itd.).

OSI (Open Systems Interconnection) referentni model

- ISO referentni model za arhitekturu telekomunikacione mreže.
- Objavljen je 1983. godine.
- OSI referentni model uspostavlja osnovni okvir za usaglašavanje standarda za međusobno povezivanje otvorenih sistema (sistemi koji koriste standardizovane postupke i metod iz OSI referentnog modela).
- Ovaj teorijski sistem je došao suviše kasno!
- Danas je TCP/IP de facto standard!
- Višenivovski model
- Svaki nivo obavlja dio funkcija telekomunikacione mreže
- Svaki nivo se “oslanja” na nivo ispod sebe
- Svaki nivo nudi servis nivou iznad sebe
- Promjene na jednom nivou u principu ne treba da znače promjene na drugim nivoima

OSI referentni model



OSI referentni model

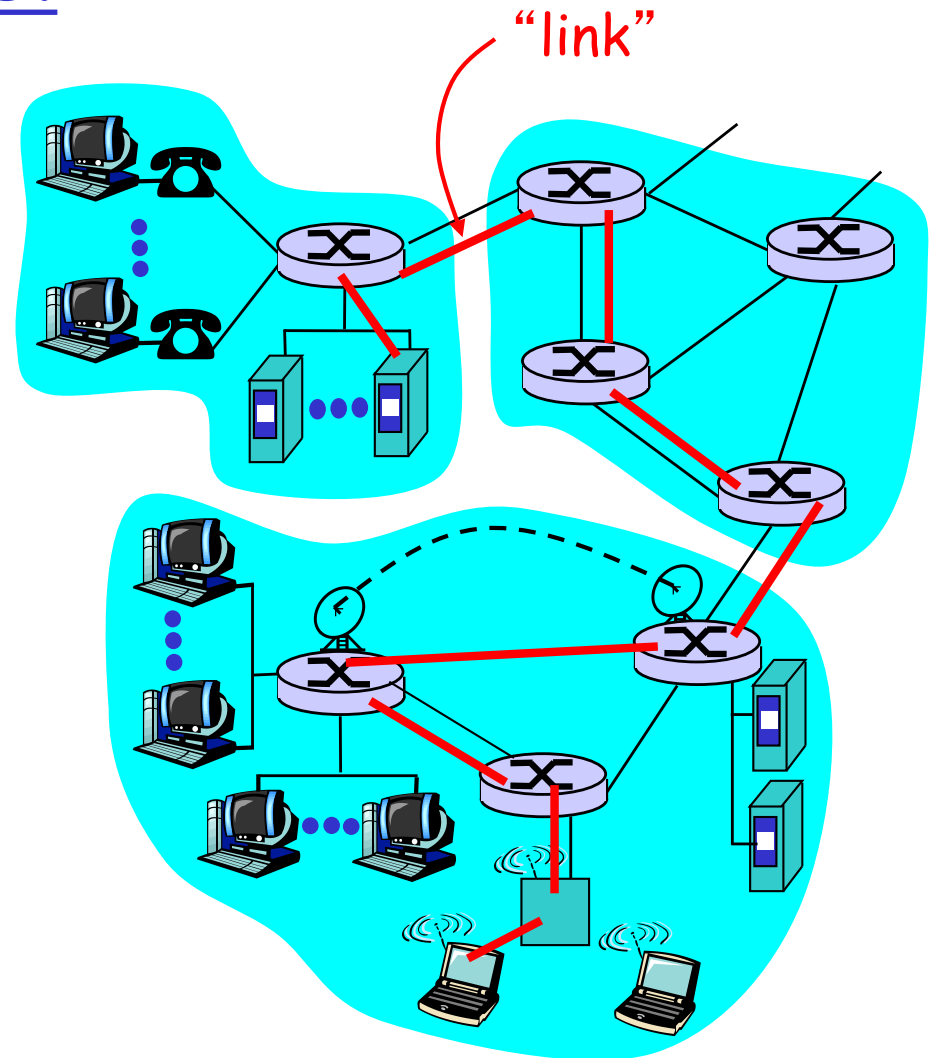
Fizički nivo

- Fizički nivo je zadužen za prenos toka bita između mrežnih sistema.
- Definiše nivoe napona, brzinu prenosa i karakteristike konektora.
- Primjeri standarda za ovaj nivo su dio Ethernet i WiFi protokola.

OSI referentni model

Nivo linka

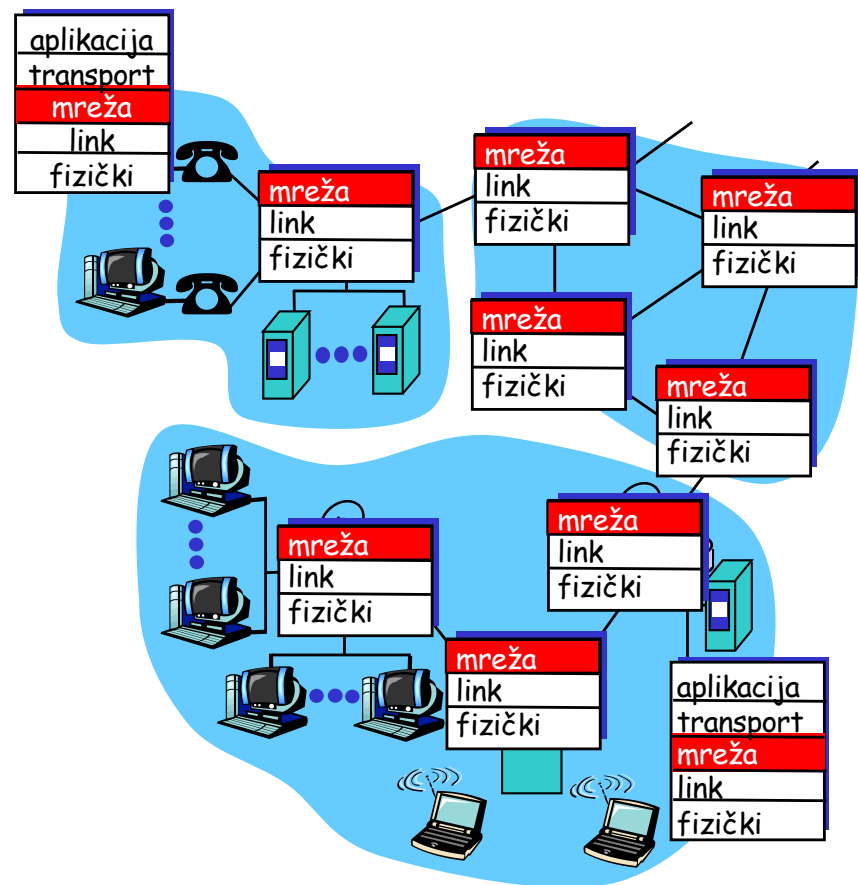
- kako fizički nivo obezbeđuje samo prenos toka bita, nivo linka čini fizičku vezu pouzdanom (kontrola protoka, detekcija greške, korekcija greške, retransmisija oštećenih informacija),
- daje mogućnosti za uspostavljanje, nadgledanje i deaktiviranje veze (kontrola pristupa), kombinujući bite u bajte, bajte u **frejmove** (formiranje frejmova i sinhronizacija).
- primjeri standarda ovog sloja su: dio Ethernet i WiFi protokola.



OSI referentni model

Nivo mreže

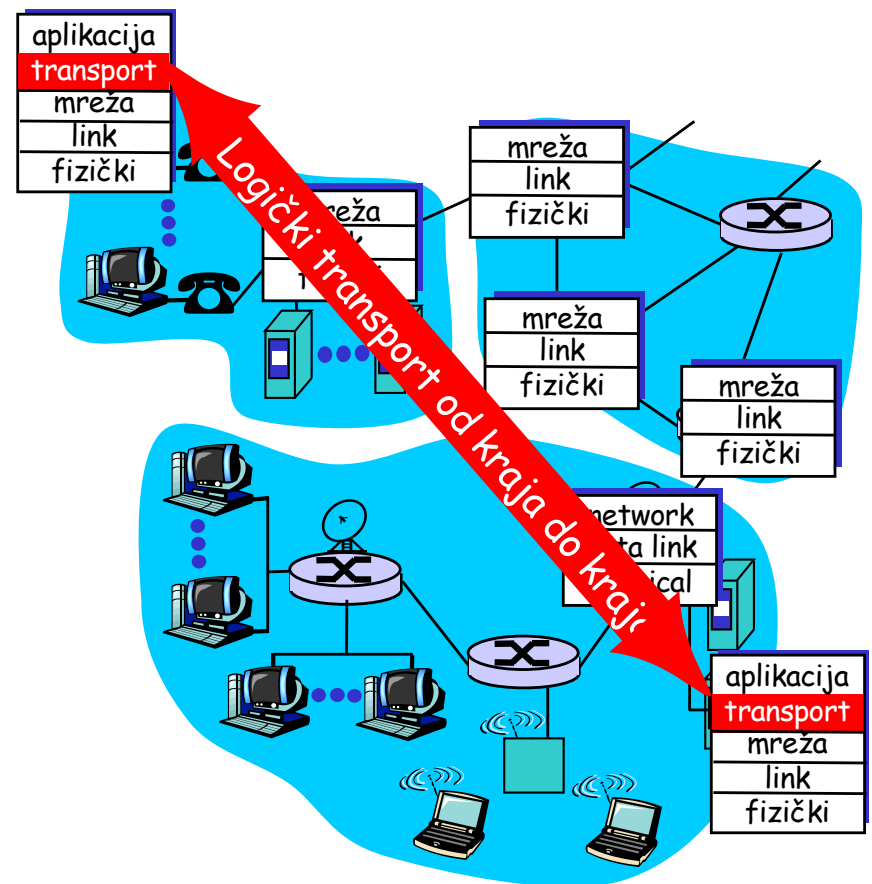
- obezbeđuje prenos informacije u vidu paketa preko različitih mreža izborom primarnog i sekundarnog (alternativnog) puta ili uspostavljanjem virtuelnog kola.
- na taj način slojevima iznad transportnog mreža je transparentna, odnosno oni ne moraju da imaju uvid u tehnologije prenosa i komutacije koje su primijenjene u mreži.
- primjeri standarda ovog sloja su: IP (Internet Protocol), ICMP (Internet Control Message Protocol),...



OSI referentni model

Transportni nivo

- Transportni nivo može da pruži pouzdani mehanizam razmjene podataka između **krajnjih sistema**, oslobođenih greške, gubitka sekvence, gubitka i dupliranja podataka.
- Transportni nivo obavlja funkciju optimizacije mrežnog servisa i pružanje odgovarajućeg kvaliteta servisa.
- Kontrola protoka.
- Segmentacija.
- Multipleksiranje aplikacija.
- Kvalitet servisa
- Primjeri standarda ovog sloja su: TCP (Transmission Control Protocol) ili UDP (User Datagram Protocol).



OSI referentni model

Nivo sesije

- Nivo sesije obezbjeđuje mehanizam za kontrolu dijaloga između dva sistema.
- Primjeri standarda ovog sloja su: RPC, SQL ili NFS.
- Na Internetu integrisan u nivo aplikacije.

OSI referentni model

Nivo prezentacije

- Nivo prezentacije omogućava definisanje formata podataka, način kodiranja i kompresije (ASCII, JPEG, TIFF ili MPEG).
- Ovaj nivo obavlja i ekripciju (zaštitu) podataka ako to od njega aplikativni nivo zahtijeva.
- Na Internetu integrisan u nivo aplikacije.

OSI referentni model

Nivo aplikacije

- Pruža komunikacione mogućnosti aplikacijama.
- Primjeri vezani za ovaj sloj su: Telnet, HTTP, FTP, WWW itd.
- Na Internetu u okviru njega su integrisani nivoi sesije i prezentacije.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) arhitektura

- Razvoj TCP/IP počinje ranih '70-tih godina kada je DARPA (The USA Department of Defense Advanced Research Projects Agency) prihvatila kao standard mrežnu arhitekturu prisutnu u američkim državnim mrežama (ARPANET).
- TCP/IP je bio prisutan u Berklijevoj UNIX verziji u 2. operativnog sistema za lokalne mreže.
- Tokom '80-tih godina TCP/IP je postao osnova razvoja Interneta, čija ekspanzija je TCP/IP dala značajno veću popularnost od OSI-ja.
- Zvanično usvojeni TCP/IP model protokola ne postoji. Razlog za to je što je TCP/IP nastao iz prakse a ne iz procesa standardizacije koji je započeo mnogo kasnije nego što je TCP/IP zaživio u praksi.
- Specifikacije pojedinih Internet protokola su javno dostupne u vidu RFC (Request For Comments) dokumenata koji se mogu naći na www.ietf.org/rfc.html.

TCP/IP arhitektura

Najčešće se TCP/IP protokol razmatra kroz 5nivoa, i to:

1. fizički nivo, koji definiše karakteristike prenosnog medijuma, brzinu signalizacije i šemu kodiranja signala,
2. nivo linka ili nivo mrežnog pristupa, koji se bavi interfejsom između krajnjeg sistema i mreže, i omogućava prenos **okvira (frejmova)** na bazi odgovarajućih protokola nivoa linka između dva rutera (**Ethernet**, PPP, ATM,...)
3. internet nivo (IP) ili nivo mreže, koji izvršava rutiranje podataka u formi **datagrama** od izvorišnog do destinacionog hosta,
4. transportni (host-host) nivo (TCP ili UDP) koji obezbjeđuje prenos podataka u formi **segmenta** od kraja do kraja,
5. aplikacioni nivo (FTP, SMTP, TELNET,...), koji omogućava komunikaciju između procesa ili aplikacija na odvojenim hostovima.

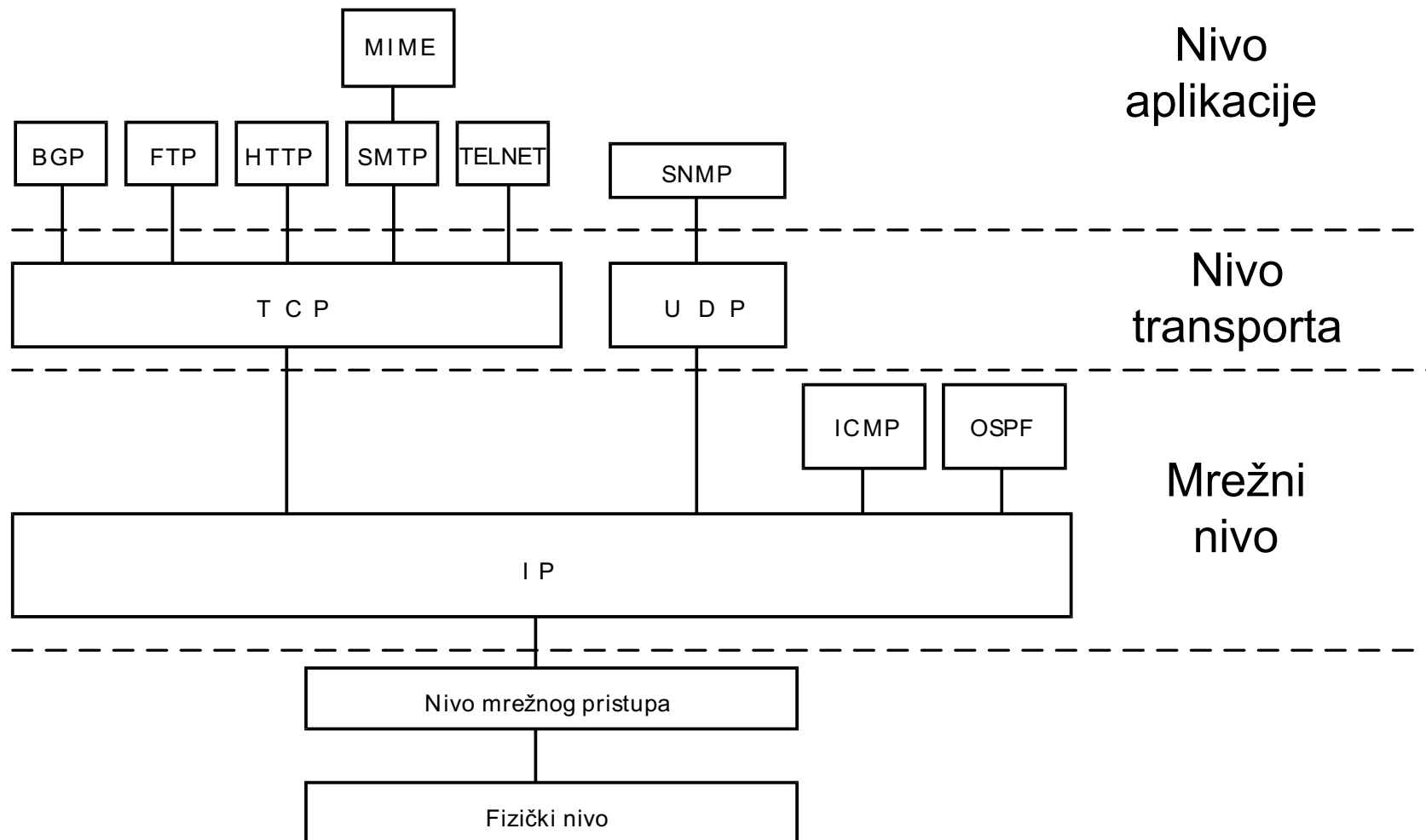


TCP/IP arhitektura

- Protokol određenog sloja može biti implementiran u softveru, hardveru ili kombinaciji ova dva okruženja.
- Protokoli sloja aplikacije, na primjer HTTP (HyperText Transfer Protocol) i SMTP (Simple Message Transfer Protocol), su uvijek implementirani u softveru krajnjih sistema,
- Isto važi i za slučaj protokola transportnog nivoa.
- Mrežni nivo se obično implementira kombinovano, i u hardveru i u softveru.
- Kako su fizički nivo i nivo linka odgovorni za komunikaciju preko konkretnog linka, oni se obično implementiraju u kartici mrežnog interfejsa (Ethernet ili WiFi NIC (*Network Interface Card*)), koja je povezana sa datim linkom.



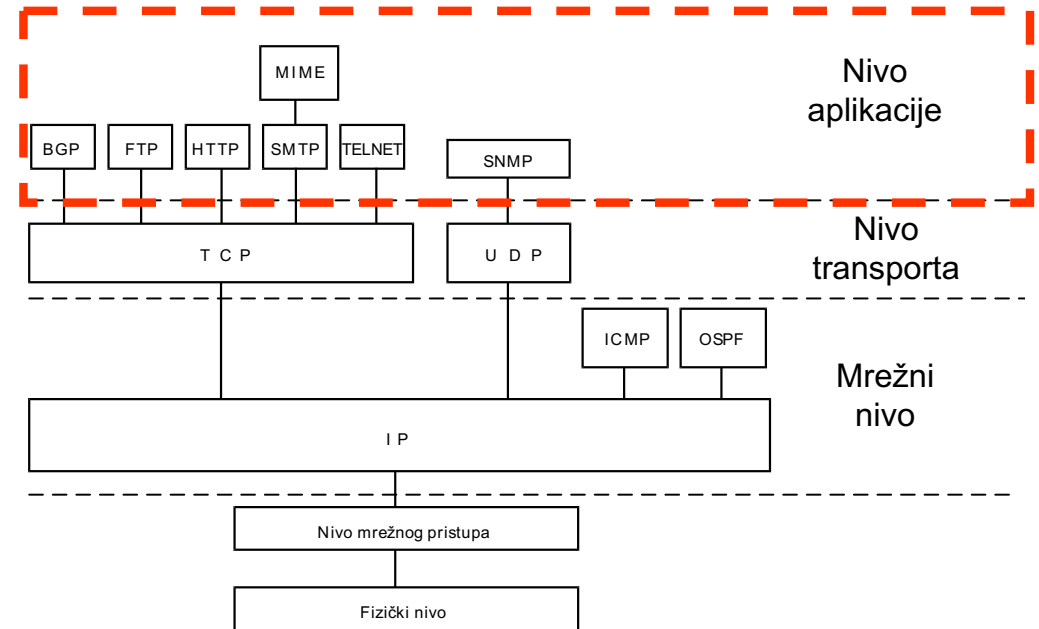
TCP/IP arhitektura



TCP/IP arhitektura (!)

Nivo aplikacije

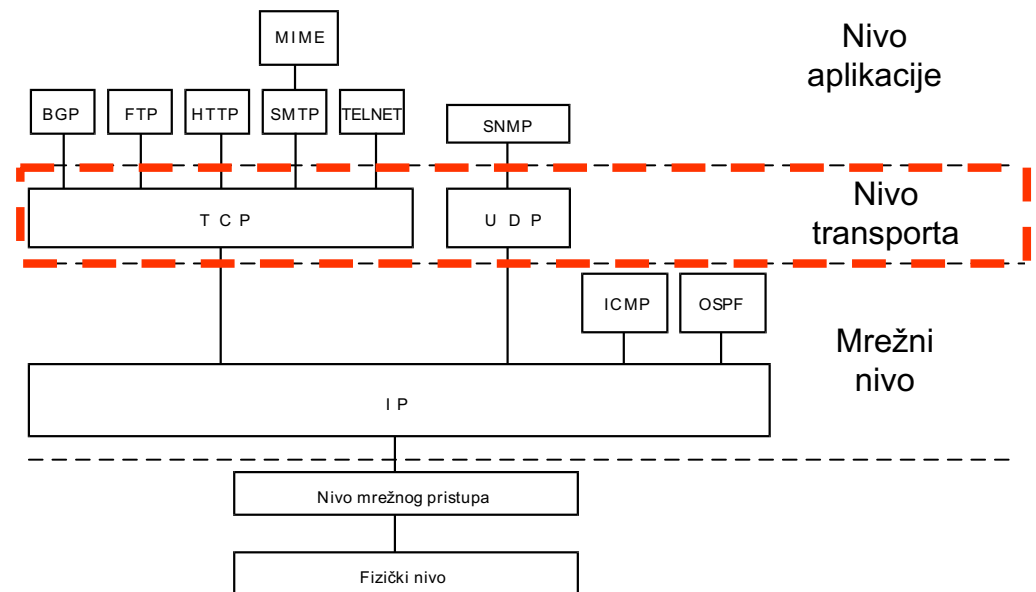
- mrežne aplikacije i njihovi protokoli nivoa aplikacije.
- Primjeri:
 - HTTP (podrška za zahtijevanje i transfer web strana),
 - SMTP (podrška za transfer elektronske pošte)
 - DNS (Domain Name System, prevođenje ljudima razumljivih Internet imena krajnjih sistema u 32 bitne mrežne adrese).
- veoma lako napraviti i implementirati sopstvene nove protokole nivoa aplikacije.



TCP/IP arhitektura

Nivo transporta

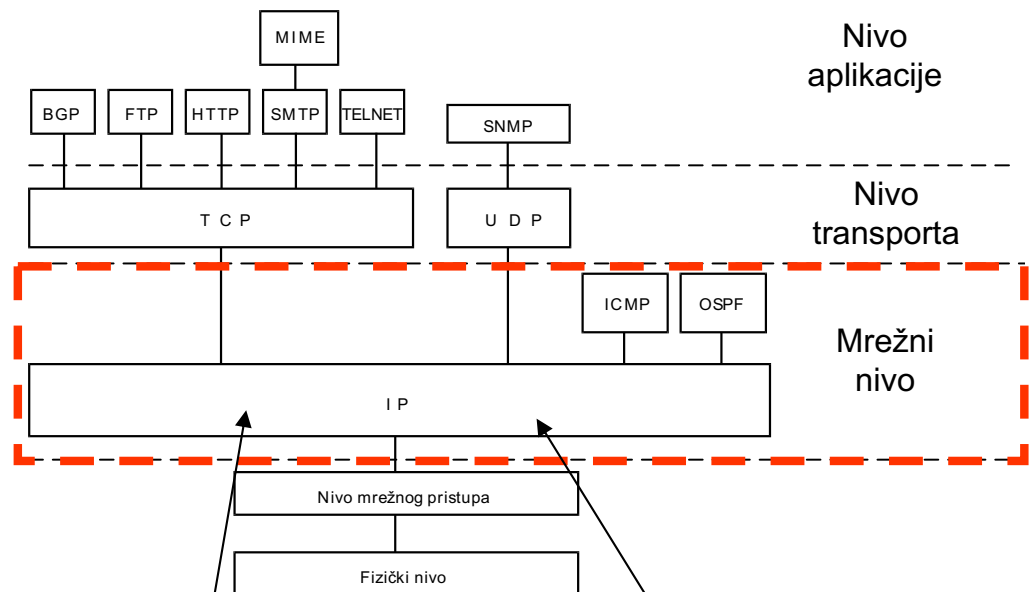
- Na usluzi protokolima nivoa aplikacije
- Dva transportna protokola:
 - TCP (Transmission Control Protocol)
 - UDP (User Datagram Protocol)
- TCP svojim aplikacijama nudi
 - konektivni servis (*connection oriented*).
 - kontrolu protoka (usaglašavanje brzina komuniciranja pošiljaoca i primaoca).
 - segmentaciju dugih poruke na kraće segmente
 - mehanizme za kontrolu zagušenja
- UDP svojim aplikacijama obezbeđuje
 - nekonektivni servis (*connectionless*) bez ikakvih garancija.
- Paketi transportnog nivoa se zovu **segmenti**.



TCP/IP arhitektura

Nivo mreže

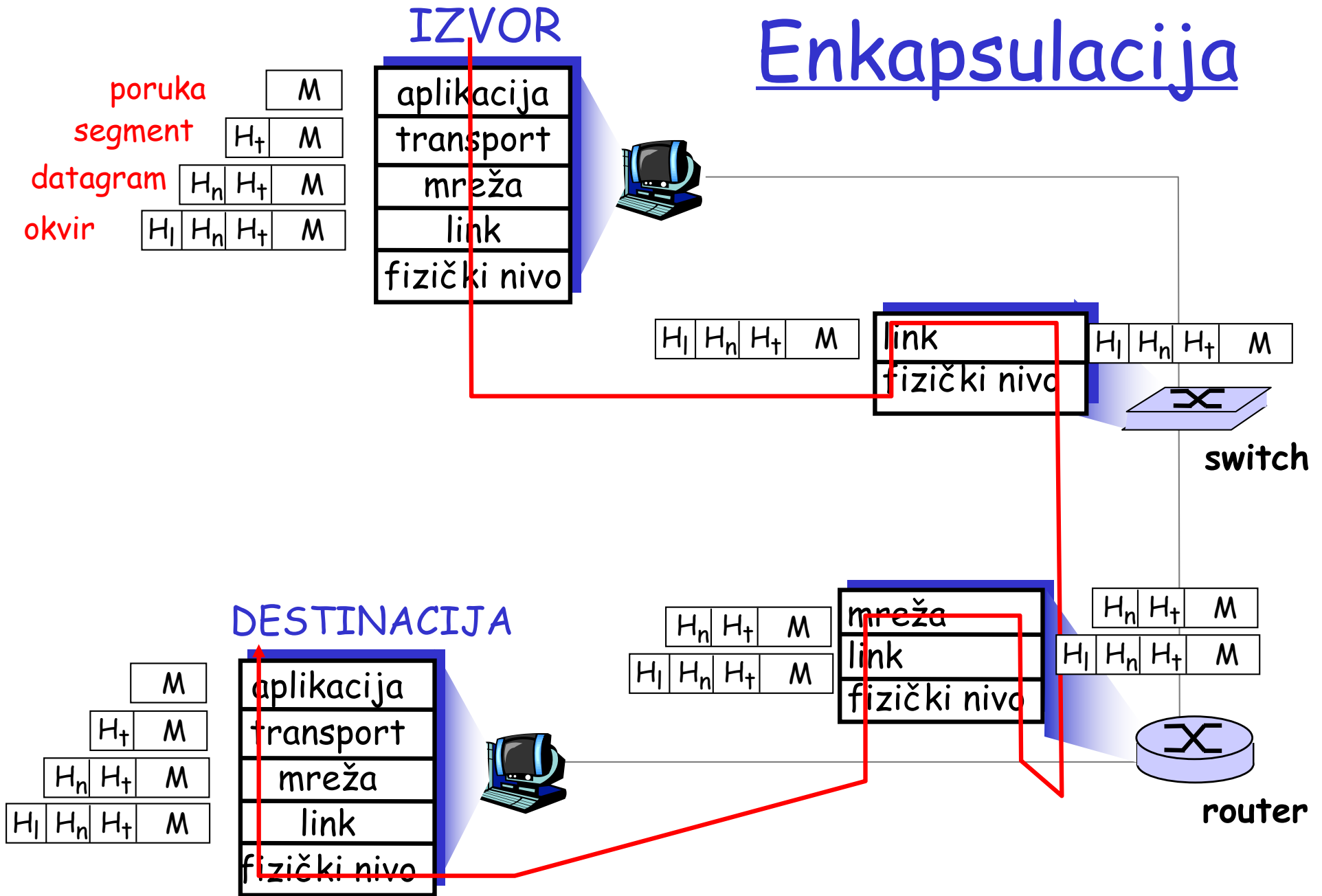
- zadužen za rutiranje paketa mrežnog nivoa (**datagrama**) od jednog računara do drugog.
- Mrežni sloj Interneta ima dvije osnovne komponente.
 - IP (*Internet Protocol*) protokol koji definiše polja u **datagramima**, kao i način reagovanja krajnjih sistema i rutera na sadržaj ovih polja.
 - Mrežni nivo takođe sadrži **protokole rutiranja**, koji određuju rute kojima se datagrami kreću od izvora do odredišta. Na Internetu postoji veliki broj protokola za rutiranje, jer administrator mreže ima slobodu korišćenja bilo kojeg od njih.
- Internet mrežni nivo se često naziva IP nivo.



Postoji samo jedan IP
i svi sistemi na Internetu
moraju da ga koriste.

IP protokol cijelu
Internet familiju
protokola drži na okupu.

Enkapsulacija



Evolucija Interneta

- ❑ *1950-tih*: Telegrafaska tehnologija je adaptirana za računare
- ❑ *1960-tih*: Tastaturni terminali pristupaju zajedničkom host računaru
 - SABRE avio rezervacioni sistem
- ❑ *1970-tih*: Računari se direktno povezuju
 - ARPANET mreža sa komutacijom paketa
 - TCP/IP internet protokoli
 - Ethernet LAN
- ❑ *1980-tih & 1990tih*: Nove aplikacije i ekspanzija Interneta
 - Komercijalizacija Interneta
 - E-mail, file transfer, web, . . .
 - Internet saobraćaj prevazilazi govorni saobraćaj
- ❑ 2000-te
 - P2P, skype, Youtube, društvene mreže
 - Bežične pristupne mreže
- ❑ 2010-te
 - Internet "apsorbuje" ostale telekomunikacione mreže
 - Cloud computing i Data centri
 - Virtuelizacija (NFV)
 - Softverizacija (Software Defined Network)
- ❑ 2020-te
 - 5G