

2. Internet

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

dr Slavica Tomović








slavicat@ucg.ac.me

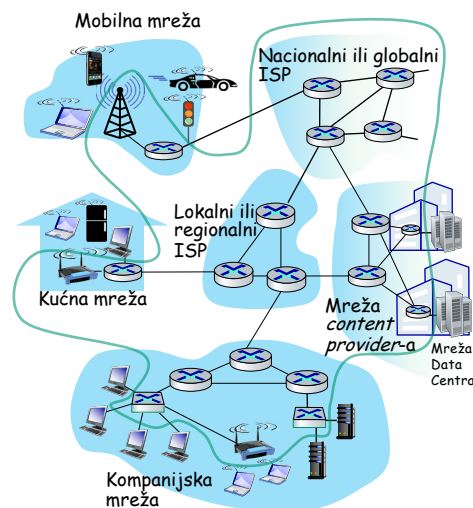
Telekomunikacione mreže

2-1

1

Internet

-  PC
 -  server
 -  wireless laptop
 -  smartphone
 -  Bežični linkovi
 -  Žični linkovi
 -  Access point
 -  Bazna stanica
- Milijarde povezanih računara:
 - *Host = krajnji sistem*
 - Izvršava *mrežne aplikacije*
 - *Komunikacioni linkovi*
 - Optičko vlakno, bakarna upredena parica, koaksijalni kabal, radio, ...
 - Brzina prenosa: *bandwidth*
 - *Komutatori paketa*: prosleđuju pakete (djelove poruka)
 - *ruteri*
 - *komutatori*



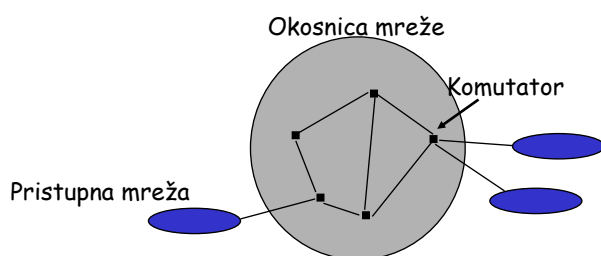
Telekomunikacione mreže

2-2

2

Komutacija

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

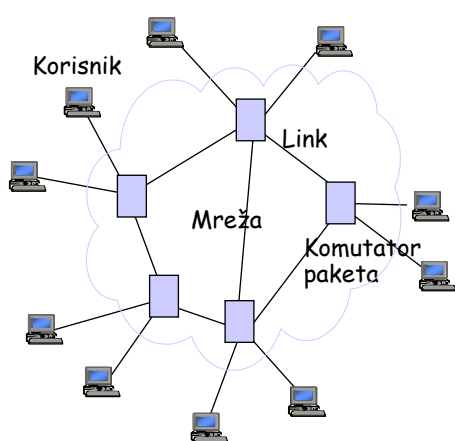


Telekomunikacione mreže

2-3

3

Mreža sa komutacijom paketa



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

Tipovi:

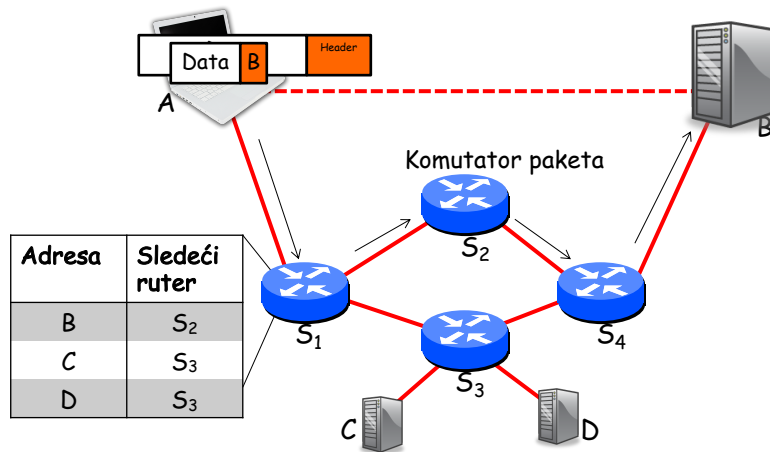
- Nekonektivni (datagram)
- Konektivni
 - Virtuelno kolo
 - Labela
 - Tok
- Hibrid

Telekomunikacione mreže

2-4

4

Komutacija paketa

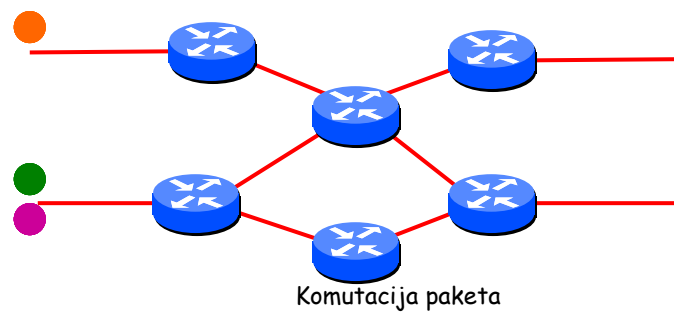


Telekomunikacione mreže

2-5

5

Komutacija paketa

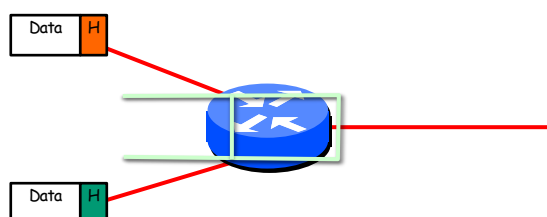


Telekomunikacione mreže

2-6

6

Komutatori paketa imaju bafere



- Baferi čuvaju pakete:
- Kada više paketa stignu istovremeno
 - Tokom perioda zagušenja
 - Statističko multipleksiranje

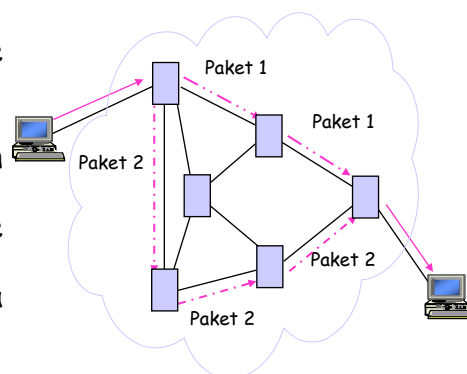
Telekomunikacione mreže

2-7

7

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

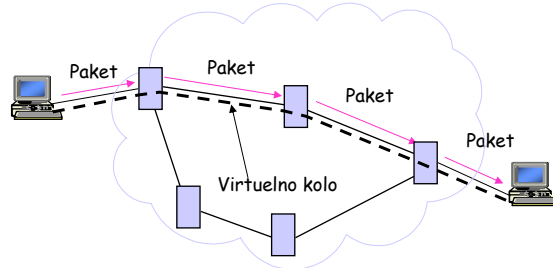


Telekomunikacione mreže

2-8

8

Komutacija paketa - virtuelno kolo



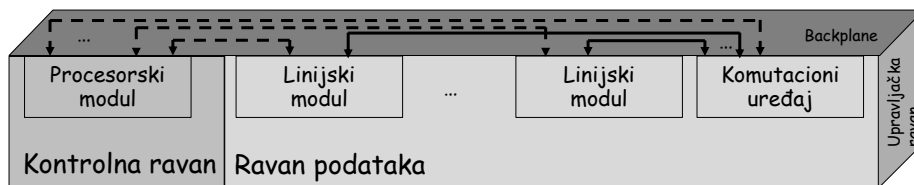
- ❑ Faza uspostavljanja kola rezerviše resurse na fiksnom putu u mreži
- ❑ Svi se paketi prenose jednom putanjom
- ❑ Polje u zaglavlju identifikuje konekciju na svakom linku
- ❑ Paketi se baferuju prije slanja
- ❑ Varijabilne brzine prenosa su moguće, a "ugovaraju" se prilikom uspostavljanja veze
- ❑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

Telekomunikacione mreže

2-9

9

Komutator paketa



- ← → Prenos korisničkih paketa
- ← - - → Prenos kontrolnih i upravljačkih paketa

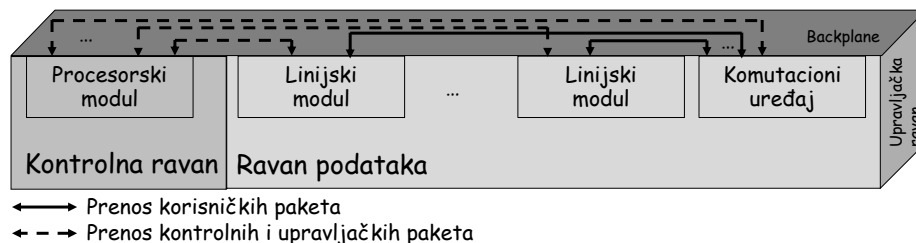
- ❑ Ravan podataka
 - Obrada korisničkih paketa
 - Implementirana u hardveru
- ❑ Kontrolna ravan
 - Obrada kontrolnih paketa
 - Implementirana u softveru
- ❑ Upravljačka ravan
 - Obrada upravljačkih paketa
 - Implementirana u softveru

Telekomunikacione mreže

2-10

10

Komutator paketa



- Linijski modul
 - Sadrži ulazne/izlazne portove
 - Obrađuje pakete
 - Baferuje pakete
- Komutacioni uređaj
 - Prosleđuje korisničke pakete sa ulaznih na izlazne portove
 - Baferuje pakete ako je to predviđeno
- Procesorski modul
 - Upravlja radom linijskog modula i komutacionog uređaja
 - Izvršava funkcije kontrolne i upravljačke ravni
- Backplane
 - Štampana ploča koja povezuje sve module
 - Omogućava razmjenu paketa

Telekomunikacione mreže

2-11

11

Adresiranje

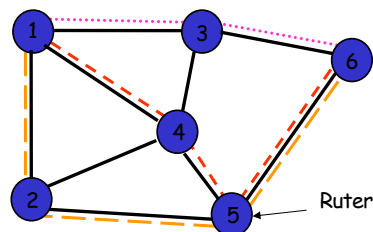
- Svaki interfejs na Internetu mora imati adresu
- IP adresa
 - IPv4 je dugačka 32 bita (192.168.1.0)
 - IPv6 je dugačka 128 bita (fe80::8f3c:fb8b:d5c2:78c2)
- Manuelna ili dinamička dodjela adresa
- Statička ili dinamička IP adresa
- Network ID (prefix) + Host ID
- Subnetmask (255.255.255.0)

Telekomunikacione mreže

2-12

12

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?

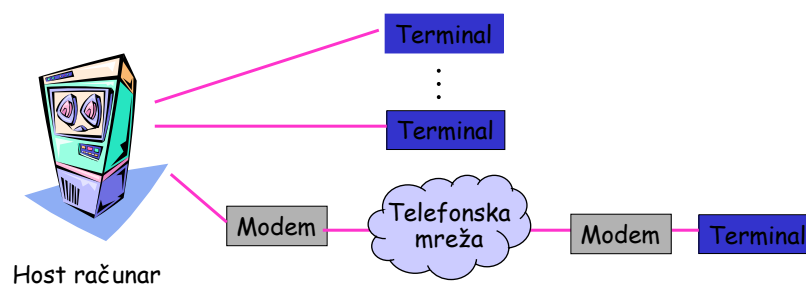
Telekomunikacione mreže

2-13

13

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



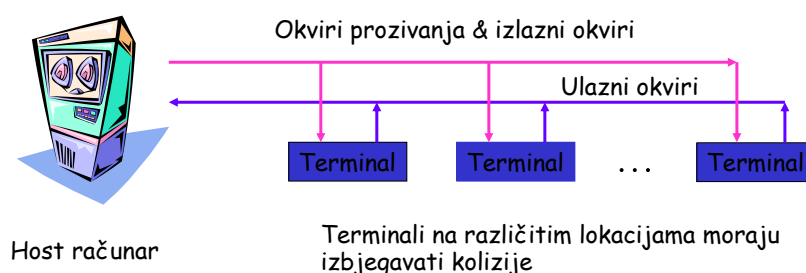
Telekomunikacione mreže

2-14

14

Kontrola pristupa medijumu (MAC)

- ❑ Dodijeljene telekomunikacione linije su 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*)



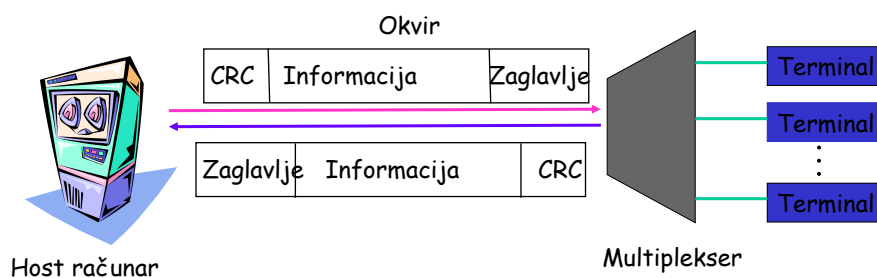
Telekomunikacione mreže

2-15

15

Statističko Multipleksiranje

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



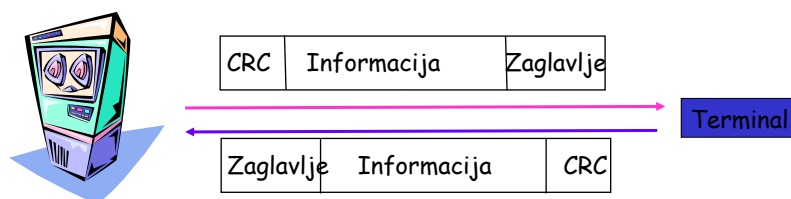
Telekomunikacione mreže

2-16

16

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



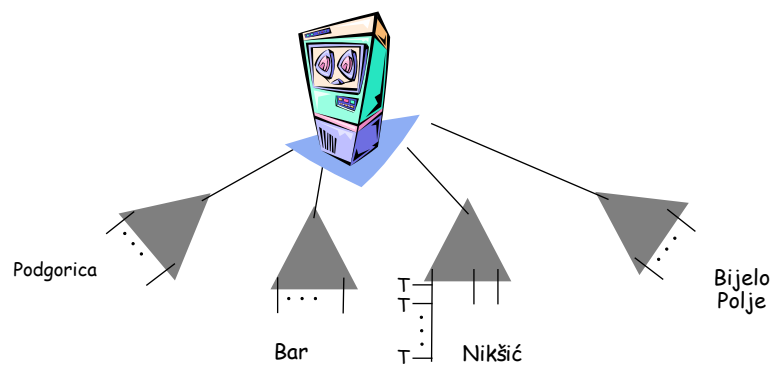
Telekomunikacione mreže

2-17

17

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



Telekomunikacione mreže

2-18

18

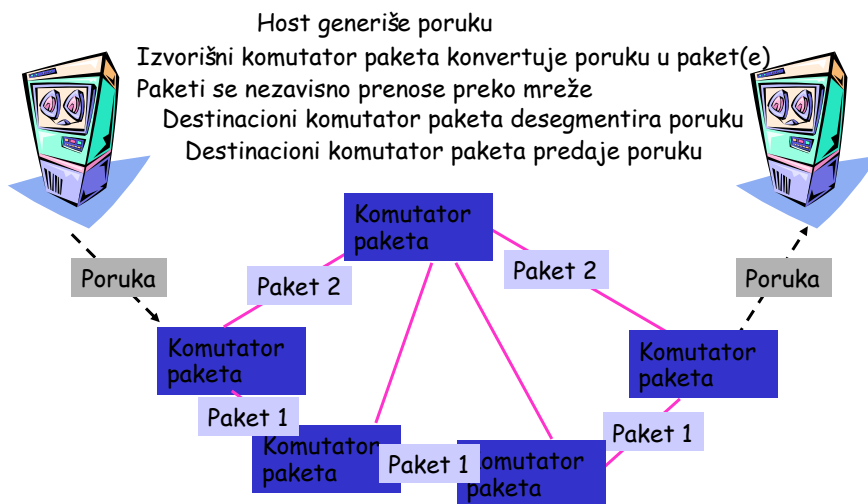
Moderne računarske mreže

- ❑ 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



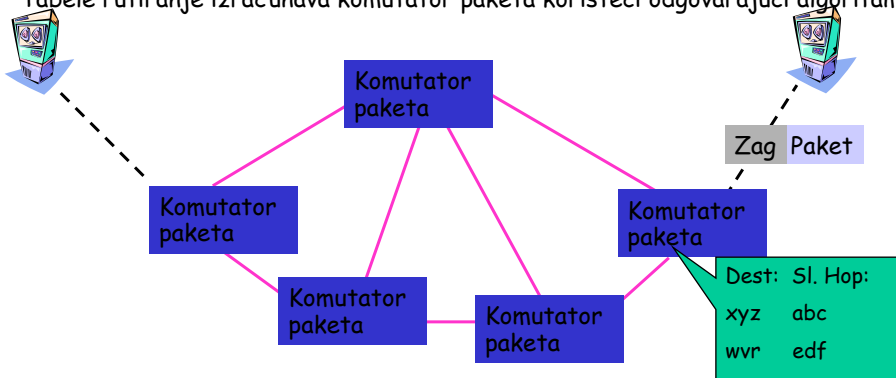
Telekomunikacione mreže

2-21

21

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



Telekomunikacione mreže

2-22

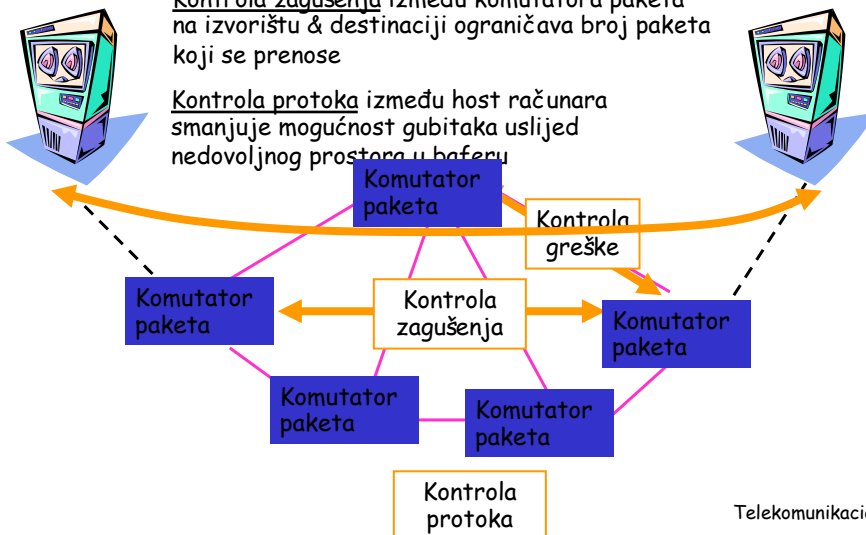
22

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



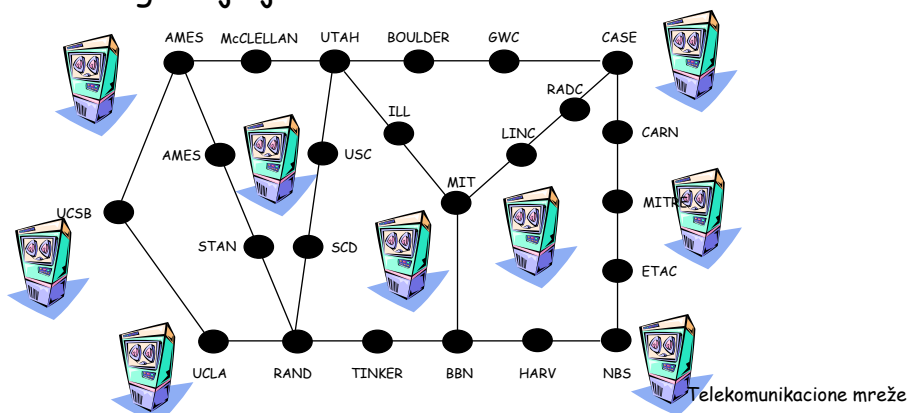
Telekomunikacione mreže

2-23

23

Internet Aplikacije

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



Telekomunikacione mreže

2-24

24

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).

Telekomunikacione mreže 2-25

25

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

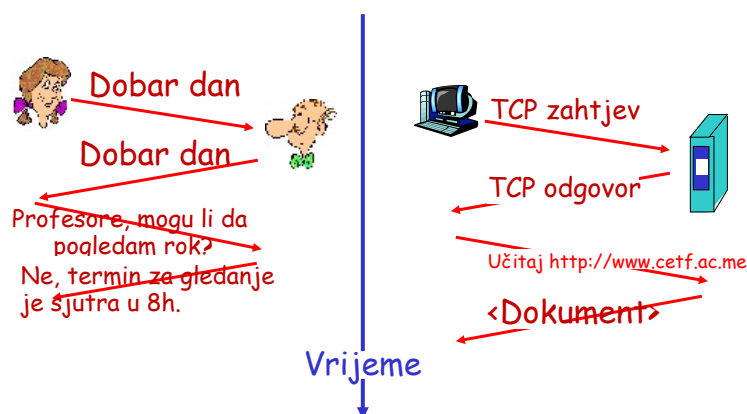
Protokoli definišu format, redosled poslatih i primljenih poruka između mrežnih entiteta, i akcije koje se sprovode nakon prijema poslatih poruka

Telekomunikacione mreže 2-26

26

Šta je mrežni protokol?

Ljudski protokol i mrežni protokol:



Telekomunikacione mreže 2-27

27

Najvažnije funkcije protokola su:

- **segmentiranje/ulančavanje** (obezbjeđuje 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.).

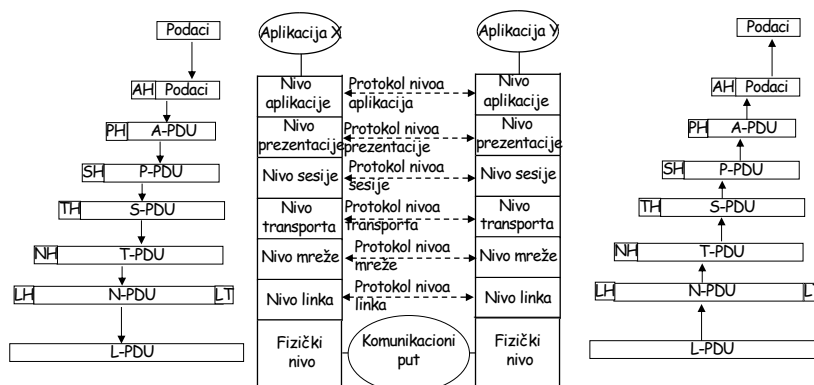
28

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

29

OSI referentni model



30

OSI referentni model

Fizički nivo

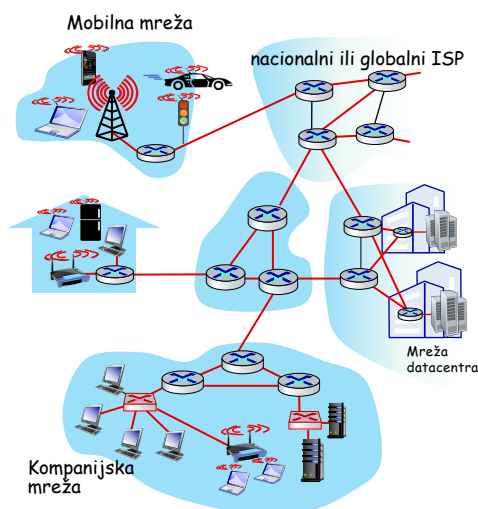
- Fizički nivo je zadužen za **prenos toka bita** između mrežnih sistema.
- Definiše nivoe napona, brzinu prenosa i karakteristike konektora.
- Primjeri standarda za ovaj nivo su djeovi Ethernet, WiFi i 4G/5G protokola.

31

OSI referentni model

Nivo linka

- kako fizički nivo obezbjeđuje samo prenos toka bita, nivo linka čini **fizičku vezu** pouzdanom (kontrola protoka, detekcija greške, korekcija greške, retransmisija oštećenih informacija),
- pruža 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 djelovi Ethernet, WiFi i 4G/5G protokola.



32

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*),...

33

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*), UDP (*User Datagram Protocol*),...

34

OSI referentni model

Nivo sesije

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

Nivo prezentacije

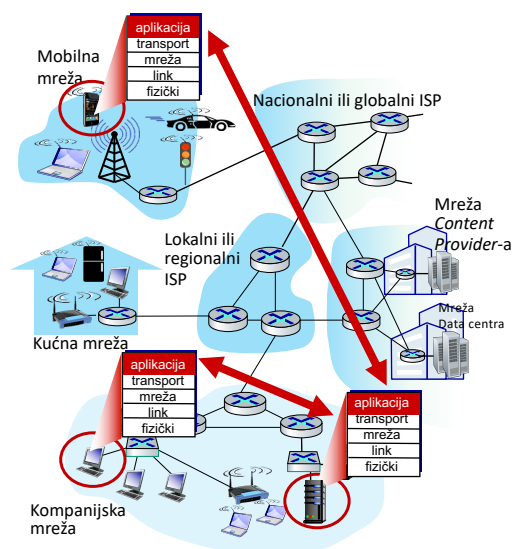
- Nivo prezentacije omogućava definisanje formata podataka, način kodiranja i kompresije (ASCII, JPEG, TIFF, MPEG...).
- Ovaj nivo obavlja i ekripciju (zaštitu) podataka ako to od njega aplikativni nivo zahtijeva.
- Na Internetu integrisan u nivo aplikacije.

35

OSI referentni model

Nivo aplikacije

- Pruža komunikacione mogućnosti aplikacijama.
- Primjeri protokola nivoa aplikacije su: Telnet, HTTP, FTP, SMTP,...
- Na Internetu u okviru njega su integrisani nivoi sesije i prezentacije.



36

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

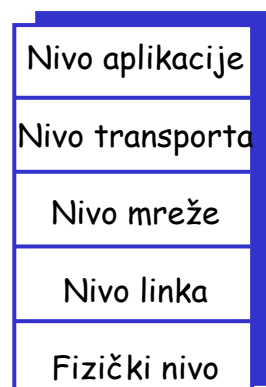
- ❑ Razvoj TCP/IP arhitekture počinje ranih '70-tih godina kada je DARPA (*The USA Department of Defense Advanced Research Projects Agency*) prihvatila kao standard mrežnu arhitekturu prisutnu u američkim državnim mrežama (ARPANET).
- ❑ TCP/IP je bio prisutan u Berklijevoj drugoj verziji UNIX operativnog sistema za lokalne mreže.
- ❑ Tokom '80-tih godina TCP/IP je postao osnova razvoja Interneta, čija ekspanzija je TCP/IP arhitekturi 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.

37

TCP/IP arhitektura

Najčešće se TCP/IP protokol razmatra kroz 5 nivoa, 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, UDP...) koji obezbeđuje prenos podataka u formi segmenta od kraja do kraja,
5. Nivo aplikacija (FTP, SMTP, TELNET,...), koji omogućava komunikaciju između procesa ili aplikacija na odvojenim hostovima.



38

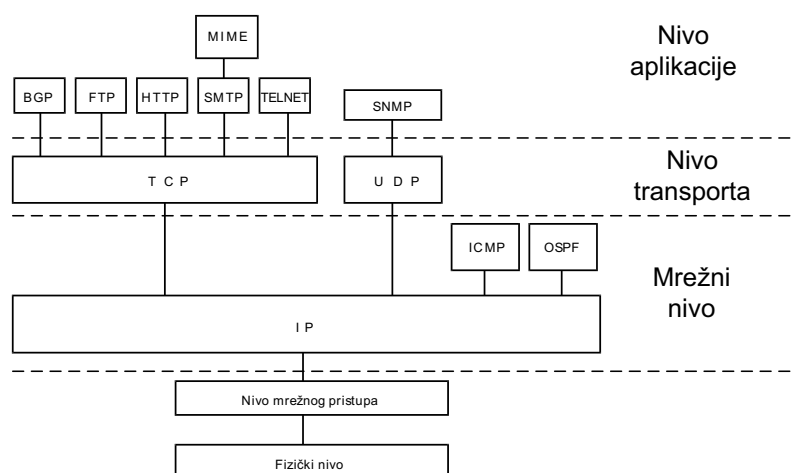
TCP/IP arhitektura

- 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,
- Protokoli transportnog nivoa su implementirani u operativnom sistemu.
- 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, WiFi NIC (*Network Interface Card*), 5G/4G), koja je povezana sa datim linkom.



39

TCP/IP arhitektura

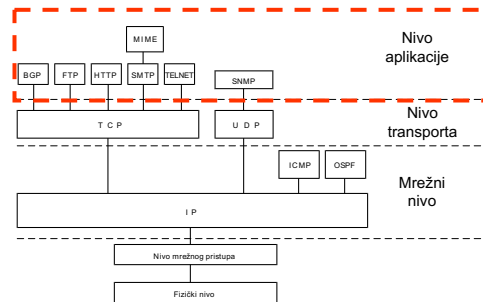


40

TCP/IP arhitektura

Nivo aplikacije

- mrežne aplikacije i njihovi protokoli nivoa aplikacije.
- Primjeri:
 - HTTP (podrška za pretraživanje 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 je lako napraviti i implementirati novesopstvene protokole nivoa aplikacije.

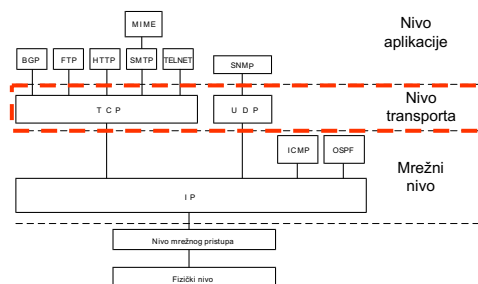


41

TCP/IP arhitektura

Nivo transporta

- Na usluzi protokolima nivoa aplikacije
- Dva transportna protokola dominiraju:
 - 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**.

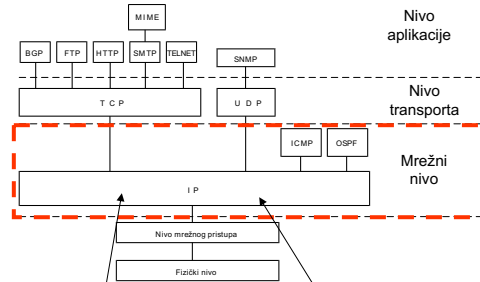


42

TCP/IP arhitektura

Nivo mreže

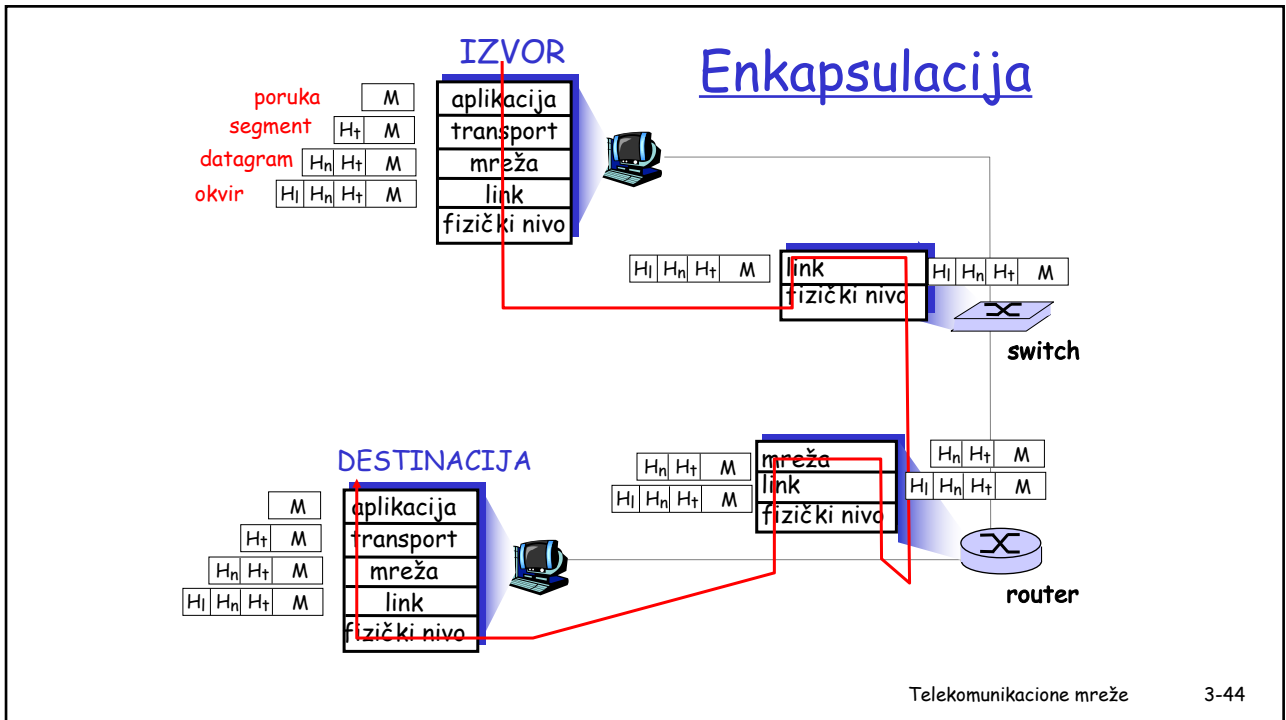
- Je zadužen za rutiranje paketa mrežnog nivoa (datagrama) od jednog računara do drugog.
- Mrežni sloj Interneta ima dvije osnovne komponente.
 - IP (*Internet Protocol*) protokol koji definiše polja u *datagramima*, kao i način reagovanja krajnjih sistema i rutera na sadržaj ovih polja.
 - Mrežni nivo 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 po pravilu svi sistemi na Internetu moraju da ga koriste. IoT je izuzetak.

IP protokol cijelu Internet familiju protokola drži na okupu.

43



44

Evencija Interneta

- *1950-tih*: Telegrafska 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 & 1990-tih*: 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, IoT,...

Telekomunikacione mreže

2-45