

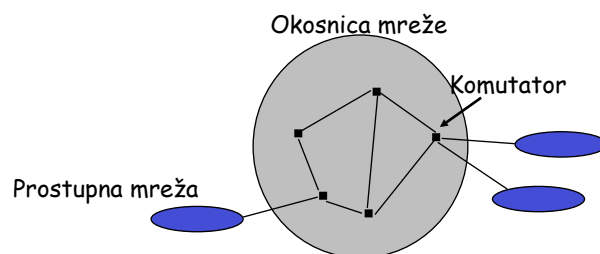
2. Mreže sa komutacijom paketa

Mreže sa komutacijom paketa

2-1

Komutacija

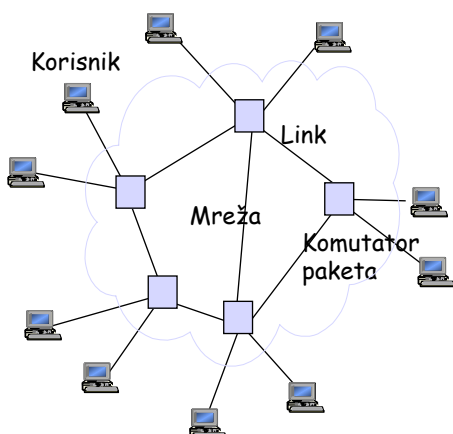
- Dinamičko međupovezivanje ulaza i izlaza mrežnog čvorišta
- Omogućava dinamično dijeljenje resursa mreže
- Dva pristupa:
 - Nekonektivan
 - Konektivan: Uspostavljanje veze, Kontrola veze



Mreže sa komutacijom paketa

2-2

Mreža sa komutacijom paketa



- ☐ Prenos paketa između korisnika
- ☐ Međupovezani komutatori paketa
- ☐ Razvijena iz komutacije poruka

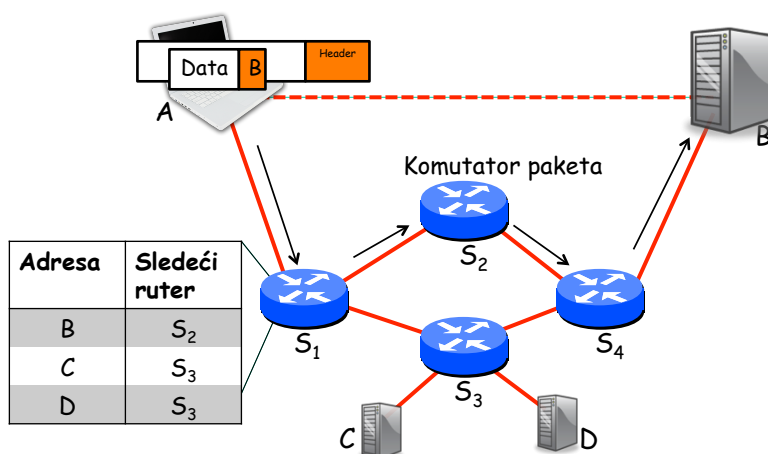
Tri tipa:

- ☐ Nekonektivni (datagram)
- ☐ Virtuelno kolo
- ☐ Hibrid

Mreže sa komutacijom paketa

2-3

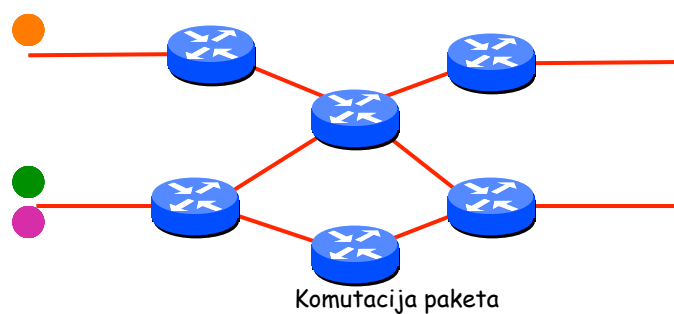
Komutacija paketa



Mreže sa komutacijom paketa

2-4

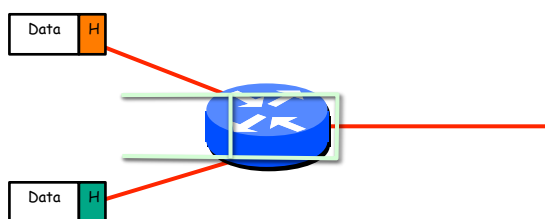
Komutacija paketa



Mreže sa komutacijom paketa

5
2-5

Komutatori paketa imaju bafere



Baferi čuvaju pakete:

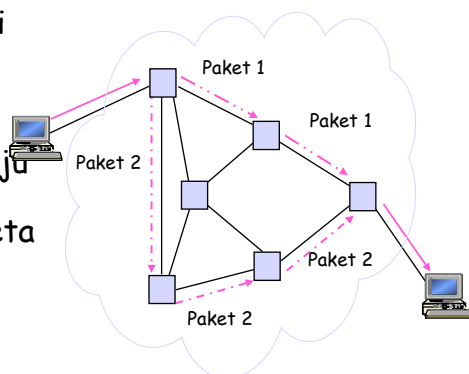
- Kada više paketa stignu istovremeno
- Tokom perioda zagušenja

Mreže sa komutacijom paketa

6
2-6

Komutacija paketa- Datagram

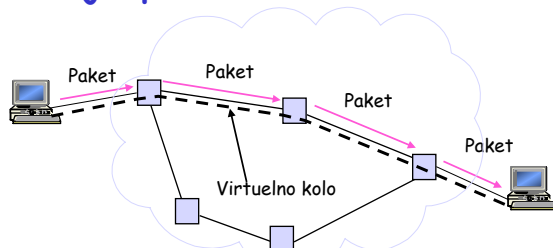
- ❑ Poruke se dijele na pakete
- ❑ U zaglavlje paketa se upisuju adrese izvorišta i odredišta
- ❑ Paketi se rutiraju nezavisno
- ❑ Paketi mogu na destinaciju stići van redosleda
- ❑ Istovremeni prenos paketa smanjuje kašnjenje i povećava propusnost
- ❑ Unosi manje kašnjenje nego komutacija poruka



Mreže sa komutacijom paketa

2-7

Komutacija paketa - virtuelno kolo

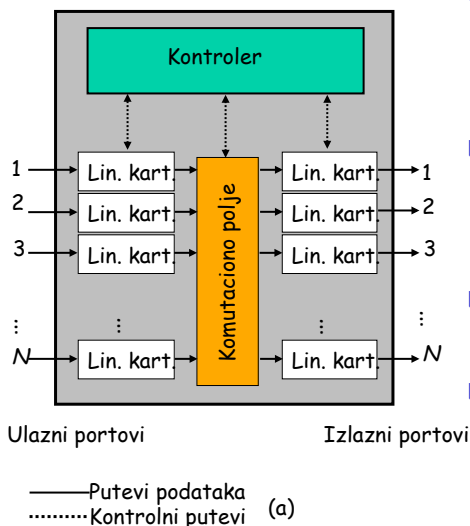


- ❑ Faza uspostavljanja kola rezerviše resurse na fiksnom putu u mreži
- ❑ Svi se paketi prenose jednom putanjom
- ❑ Polje u zaglavlju identifikuje konekciju na svakom linku
- ❑ Paketi se baferuju prije slanja
- ❑ Varijabilne brzine prenosa su moguće, a "ugovaraju" se prilikom uspostavljanja veze
- ❑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

Mreže sa komutacijom paketa

2-8

Komutator paketa

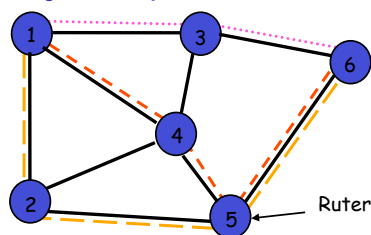


- Ulazne linijske kartice
 - Obrada zaglavlja
 - Demultipleksiranje
 - Rutiranje u velikim komutatorima
- Kontroler
 - Rutiranje u malim komutatorima
 - Signalizacija & alokacija resursa
- Komutaciono polje
 - Prenos paketa između linijskih kartica
- Izlazne linijske kartice
 - Raspoređivanje & prioritet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

Mreže sa komutacijom paketa

2-9

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?
 - Minimalno kašnjenje? Minimalna broj hopova?
 - Maksimalna propusnost? Minimalni troškovi?
 - Maksimalna pouzdanost?

Mreže sa komutacijom paketa

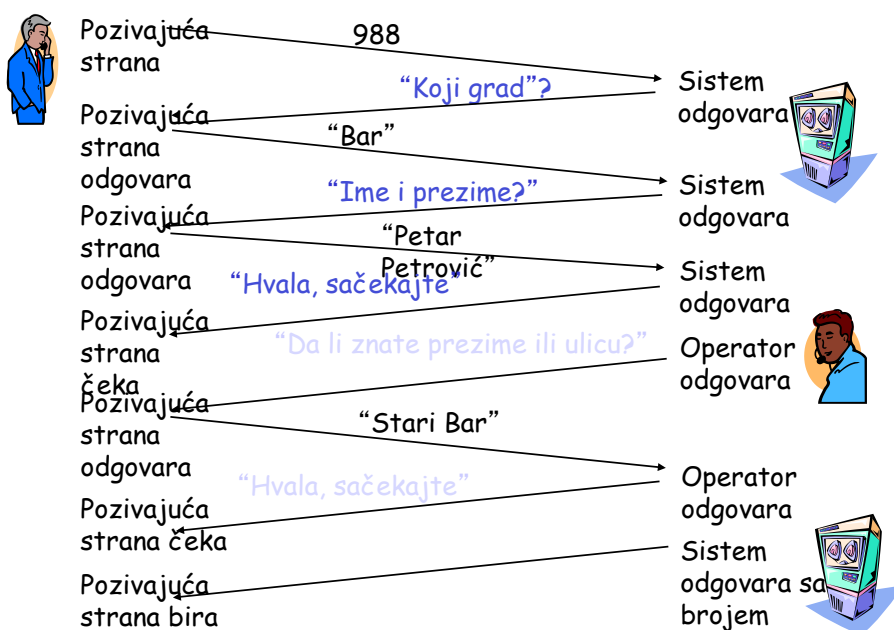
2-10

Šta je protokol?

- ❑ Komunikacija između računara i mrežnih uređaja počiva na veoma specifičnim pravilima
- ❑ Protokol je skup pravila koja upravljaju interakcijom strana u komunikaciji
 - Sintaksa poruka
 - Semantika poruka
 - Redosled poruka
 - Akcija poslije razmjene poruka

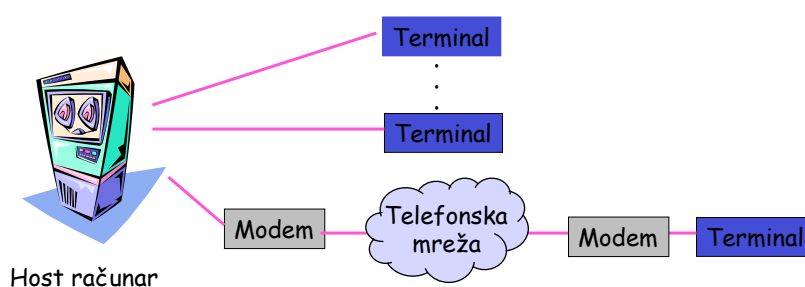
Mreže sa komutacijom paketa 2-11

Familijarni protokol



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

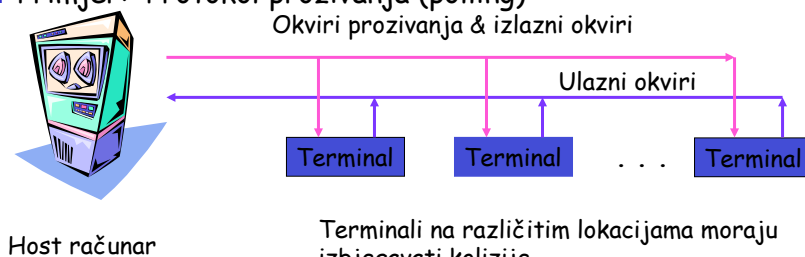


Mreže sa komutacijom paketa

2-13

Kontrola pristupa medijumu

- ❑ 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)



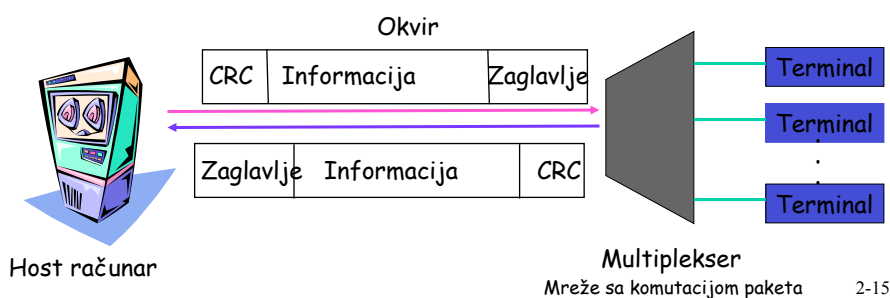
Terminali na različitim lokacijama moraju
izbjegavati kolizije

Mreže sa komutacijom paketa

2-14

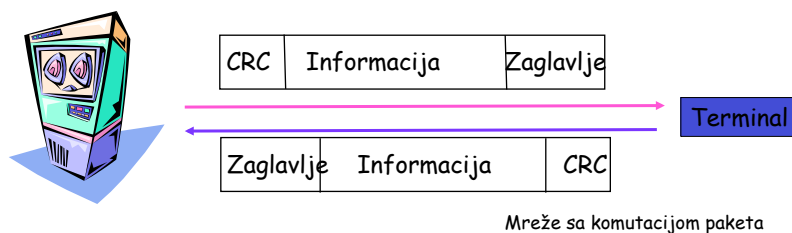
Statističko Multipleksiranje

- ❑ Statistički multiplekser omogućava da linija prenosi *okvire* koji sadrže poruke od 7 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



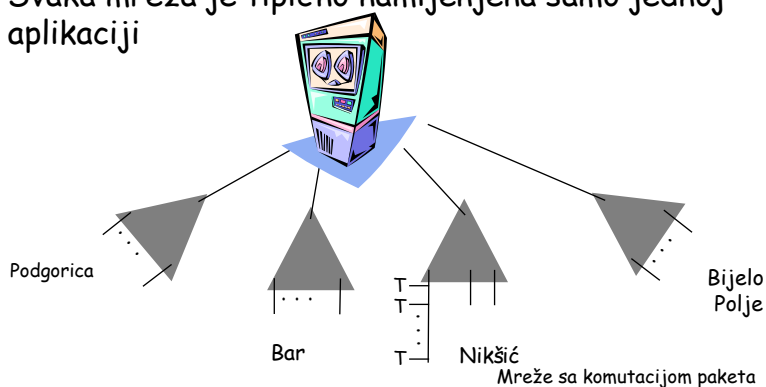
Protokol kontrole greške

- ❑ 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 terminalske orijentisane
- ❑ Rutiranje je veoma jednostavno (od/prema hostu)
- ❑ Svaka mreža je tipično namijenjena samo jednoj aplikaciji



2-17

Računarske mreže

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

Mreže sa komutacijom paketa

2-18

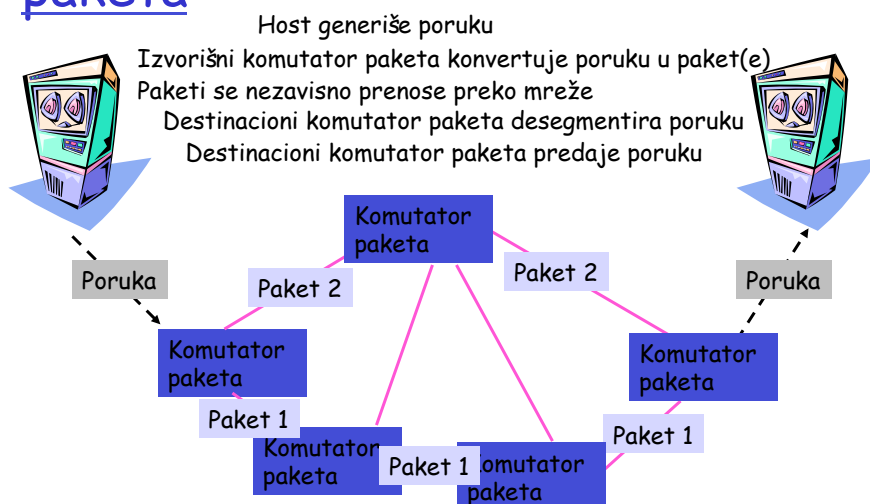
Komutacija paketa

- ❑ 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

Mreže sa komutacijom paketa

2-19

Internet (ARPANET) komutacija paketa



Mreže sa komutacijom paketa

2-20

Internet rutiranje

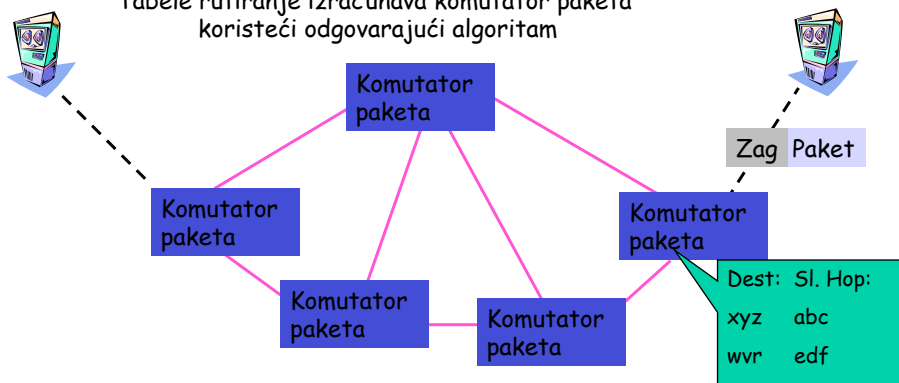
Rutiranje je veoma složeno u nehijerarhijskoj mreži

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



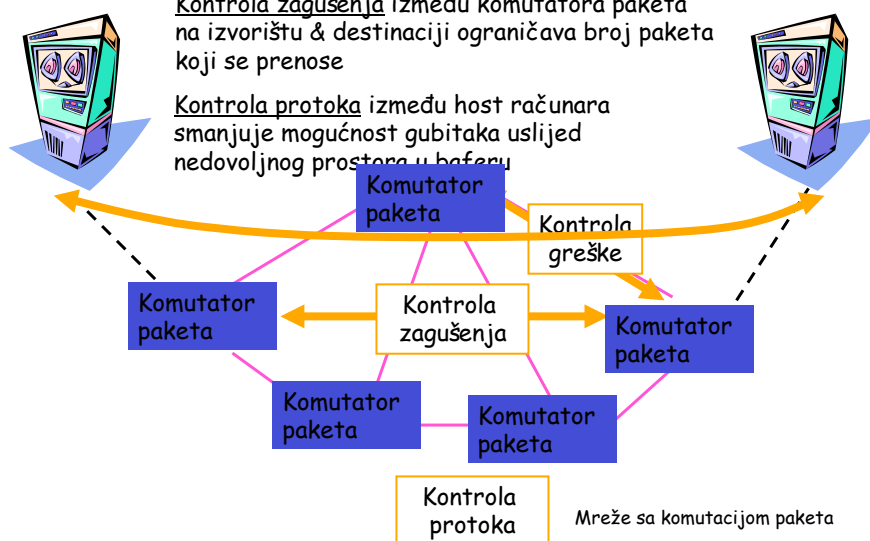
Mreže sa komutacijom paketa 2-21

Drugi Internet Protokoli

Kontrola greške između susjednih komutatora paketa

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

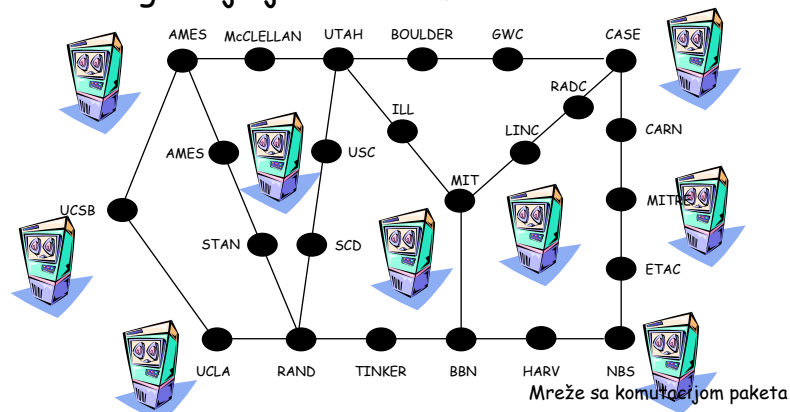
Kontrola protoka između host računara smanjuje mogućnost gubitaka uslijed nedovoljnog prostora u baferu



Mreže sa komutacijom paketa 2-22

Internet Aplikacije

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



2-23

Elementi arhitekture računarske mreže!!!!!!

- *Digitalni prenos*
- Razmjena *okvira* između susjedne opreme
 - kreiranje okvira i kontrola greške
- *Kontrola pristupa medijumu* reguliše zajedničko korišćenje zajedničkog medijuma.
- *Adrese* identifikuju povezivanje na mrežu ili internet.
- *Prenos paketa* preko mreže sa komutacijom paketa
- Izračunavanje *tabela rutiranja*

Mreže sa komutacijom paketa

2-24

Elementi arhitekture računarske mreže (nastavak)!!!!

- ❑ *Kontrola zagušenja unutar mreže*
- ❑ *Međumrežni rad više mreža korišćenjem rutera*
- ❑ *Segmentacija i desegmentacija poruka u pakete na ulazima i izlazima mreže ili međumreže*
- ❑ *Transportni protokoli od kraja do kraja*
- ❑ *Aplikacije koje su bazirane na prenosu poruka između računara*
- ❑ *Inteligencija je na ivici mreže*

Mreže sa komutacijom paketa

2-25

Evolucija računarske mreže

- ❑ *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
 - Data centri
 - Virtuelizacija (NFV)
 - Softverizacija (Software Defined Network)

Mreže sa komutacijom paketa

2-26

Evolucija računarske mreže

1. The Early History of Data Networks
G. J. Holzmann, B. Pehrson, IEEE Press 1994.
2. The Design Philosophy of the
DARPA Internet Protocols.
D. Clark, ACM Sigcomm 1988
3. Brief History of the Internet
B. M. Leiner, V. Cerf, D. D. Clark et al.
<http://www.internetsociety.org/internet/internet-51/history-internet/brief-history-internet>