

Računarske mreže i komunikacije

Doc. dr Enis Kočan
mr Uglješa Urošević
mr Slavica Tomović

Sadržaj kursa:

Glava 1: Uvod

- ❑ Povezivanje u računarskim mrežama
- ❑ Efikasnost računarskih mreža
- ❑ Topologija računarskih mreža
- ❑ Performanse računarskih mreža
- ❑ Istorija računarskih mreža

Sadržaj kursa:

Glava 2: Osnovni principi računarskih komunikacija

- ❑ Osnovni termini i definicije
- ❑ Model sistema za računarske mreže
- ❑ Signali
- ❑ Vrste prenosa
- ❑ Obrada signala
- ❑ Šum

Sadržaj kursa:

Glava 3: Prenosni putevi

- ❑ Klasifikacija
- ❑ Fiksni prenosni putevi
- ❑ Bežični prenosni putevi

I KOLOKVIJUM

Sadržaj kursa:

Glava 4: Arhitekture računarskih mreža - TCP/IP

- ❑ OSI referentni model
- ❑ TCP/IP arhitektura
 - Protokoli nivoa aplikacije
 - User Datagram Protocol (UDP)
 - Transmission Control Protocol (TCP)
 - Internet protokol (IP) verzije 4
 - IP verzija 6
 - IP adresiranje

II kolokvijum

Sadržaj kursa:

Glava 5: Lokalne računarske mreže

- Protokoli višestrukog pristupa
 - Slučajni pristup
 - Kontrola pristupa medijumu
- LAN mreže
 - Arhitektura protokola LAN mreža. Fizički sloj
 - MAC sloj. LLC sloj
 - IEEE 802.3 standardi
 - IEEE 802.11 standardi (WiFi)

Popravni kolokvijum

Završni ispit

Sadržaj kursa:

Laboratorija (2 časa nedjeljno) - OKVIRNI PREGLED

1. MREŽNA KARTIČA. IDENTIFIKACIJA OPERATIVNOG SISTEMA I HARDVERA RAČUNARA. MS-DOS KOMANDE
2. PING I TRACERT. PERFORMANSE MREŽE SA STANOVIŠTA KASNJENJA
3. ANALIZA SIGNALA U FREKVENCIJSKOM DOMENU. IZOBLIČENJA SIGNALA PRI PRENOSU KROZ LINEARNE SISTEME
4. MODULACIJE I KODOVI
5. MREŽNI KABLOVI, KONEKTORI I UTIČNICE
6. UMREŽAVANJE MANJEG BROJA RAČUNARA
7. TEST I (5 poena)
8. MREŽNA OPREMA, BROADCAST I KOLIZIONI DOMEN
9. WIRESHARK - INTRO I HTTP
10. WIRESHARK - TCP
11. WIRESHARK - UDP i IP
12. PACKET TRACER - (MREŽNO ADRESIRANJE)
13. TEST II (5 poena)

Način organizacije ispita:

I kolokvijum - 20 poena

II kolokvijum - 25 poena

2 testa na Laboratorijskim vježbama - $2 \times 5 = 10$ poena

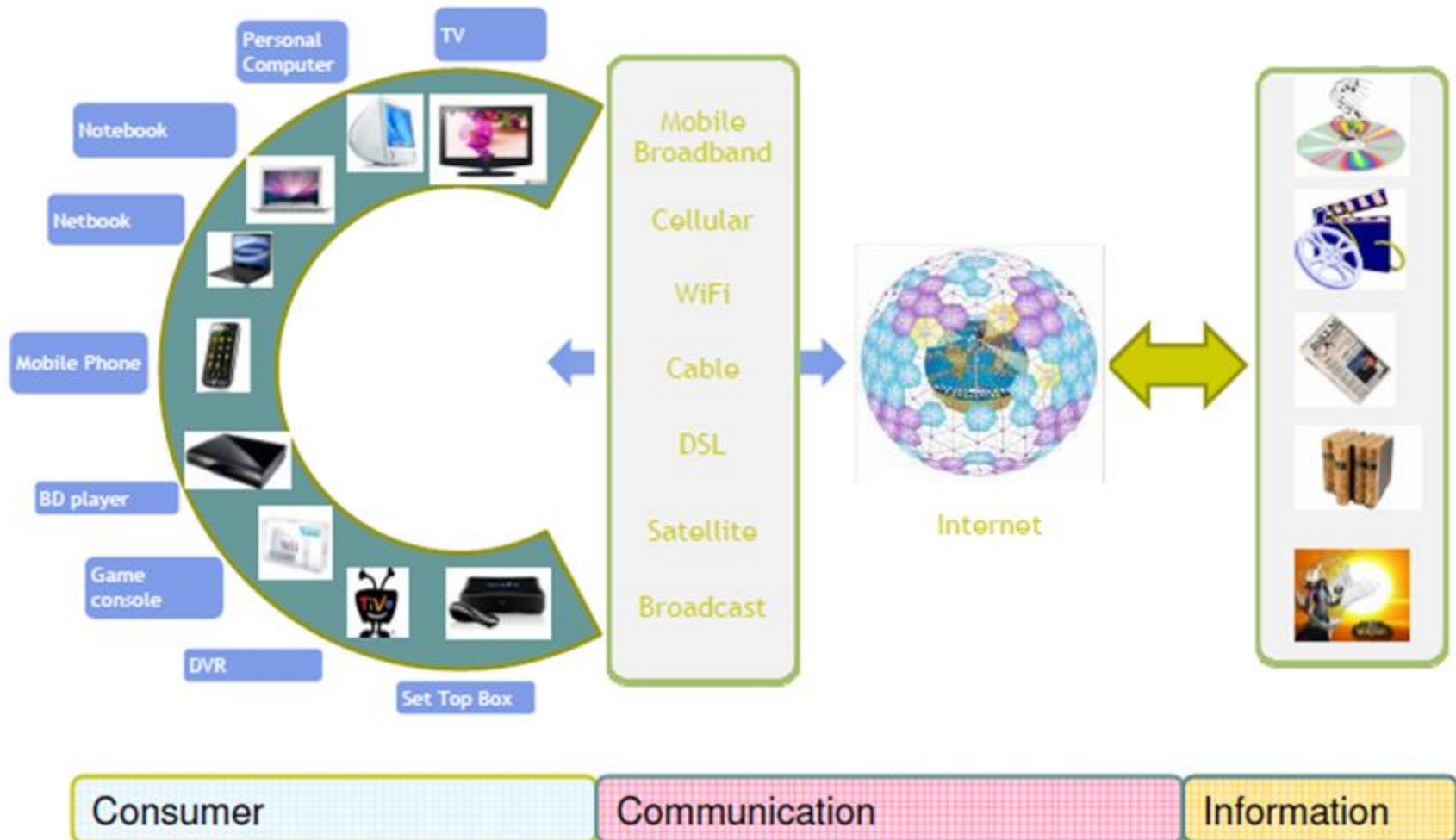
Završni ispit - 45 poena

Uvod

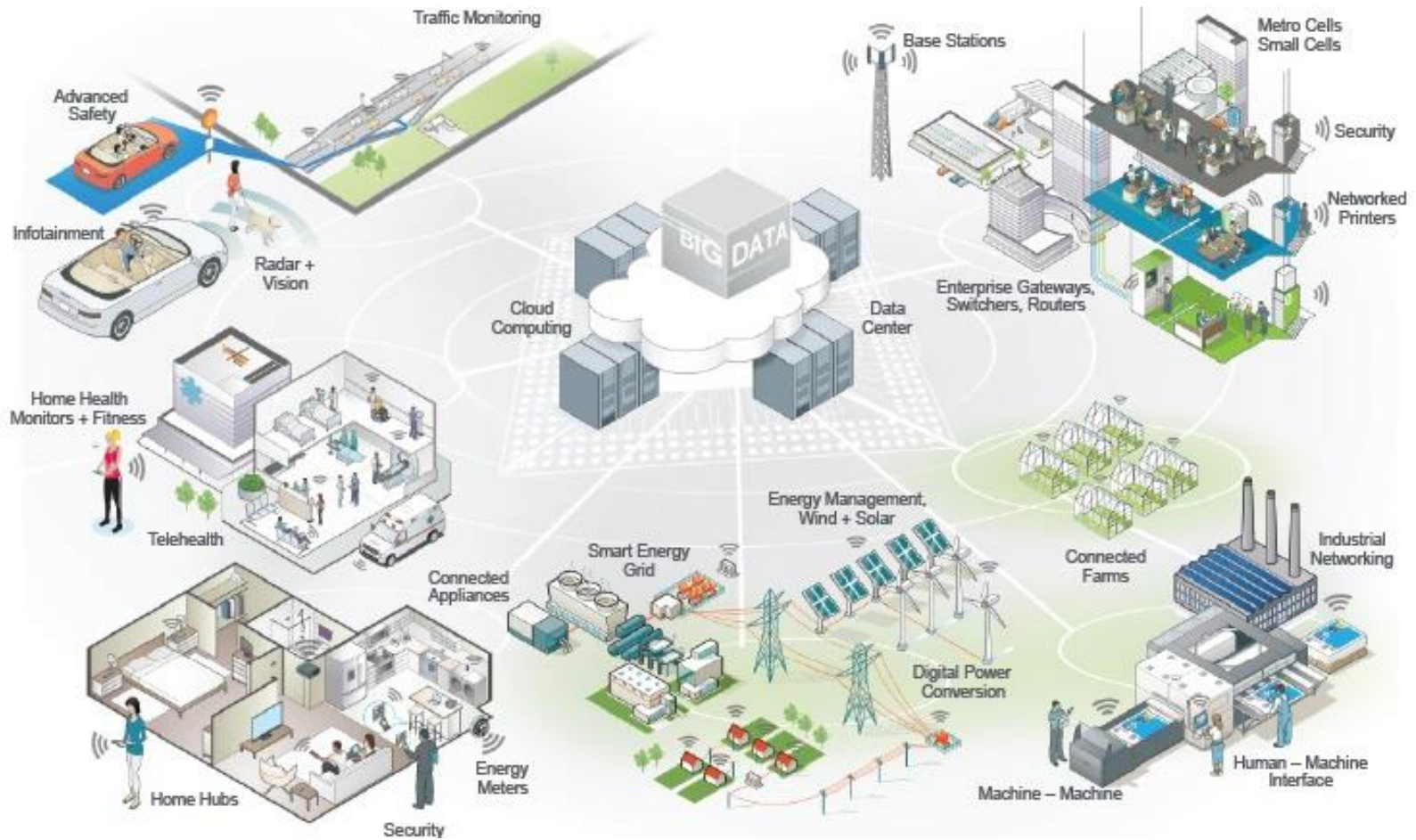
Trendovi u računarskim naukama i telekomunikacijama

- ❑ Nema više fundamentalne razlike između
 - procesiranja podataka (računari) i prenosa podataka (telekomunikaciona-prenosna i komutaciona- oprema);
 - prenosa podataka, prenosa govora i prenosa slike.
- ❑ Globalni trend je stvaranje jedinstvenog tehnološkog sistema kojim će se ostvarivati integracija svih telekomunikacionih servisa i omogućiti jednostavan i univerzalan pristup svim raspoloživim izvorima podataka i informacija bilo kada i bilo gdje.

Uvod



Uvod - Internet of Things (IoT)



Uvod

Računarske komunikacije

Prenos poruka, odnosno informacija, prije i/ili poslije obrade u računaru uz potrebnu kontrolu, ispitivanje i upravljanje podacima.

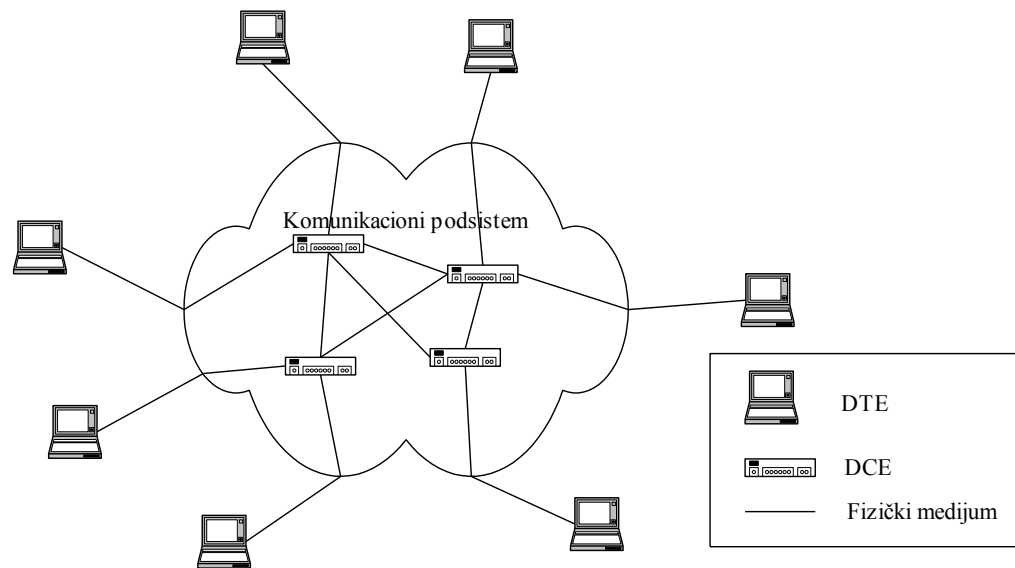
Računarska mreža

Skup međusobno povezanih računara i svih drugih potrebnih uređaja, koji omogućavaju razmjenu informacija i zajedničko (distribuirano) korišćenje računarskih resursa u cilju obezbjeđenja različitih usluga korisnicima.

Uvod

Računarska mreža se sastoji od:

- DTE (Data Terminal Equipment) podsistem koji predstavlja skup uređaja čije povezivanje treba ostvariti računarskom mrežom (računari i računarski terminali);
- Komunikacionog podsistema koji čine: fizički medijumi za prenos poruka, DCE (Data Communication Equipment) uređaji kojima se ostvaruje efikasno korišćenje raspoloživih fizičkih medijuma i ostali uređaji kojima se realizuje povezivanje računara i/ili računarskih terminala u cilju razmjene i korišćenja poruka.

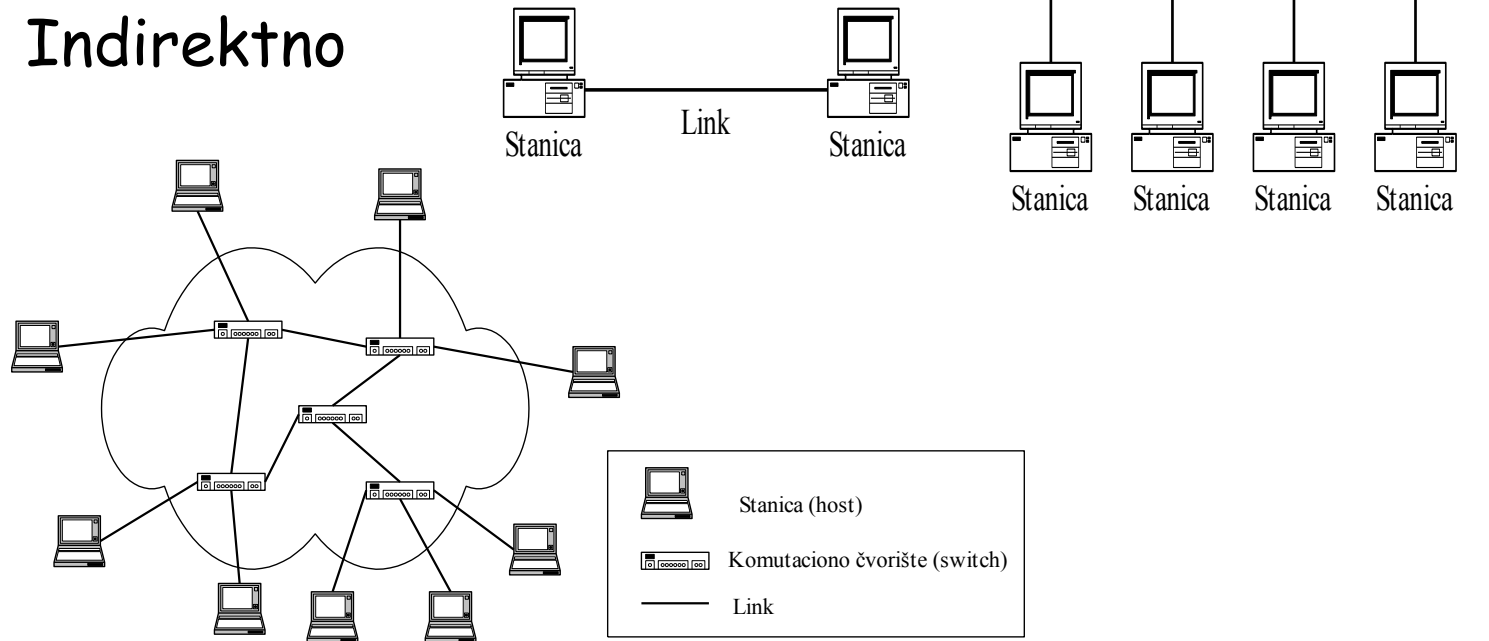


Uvod

Povezivanje računara

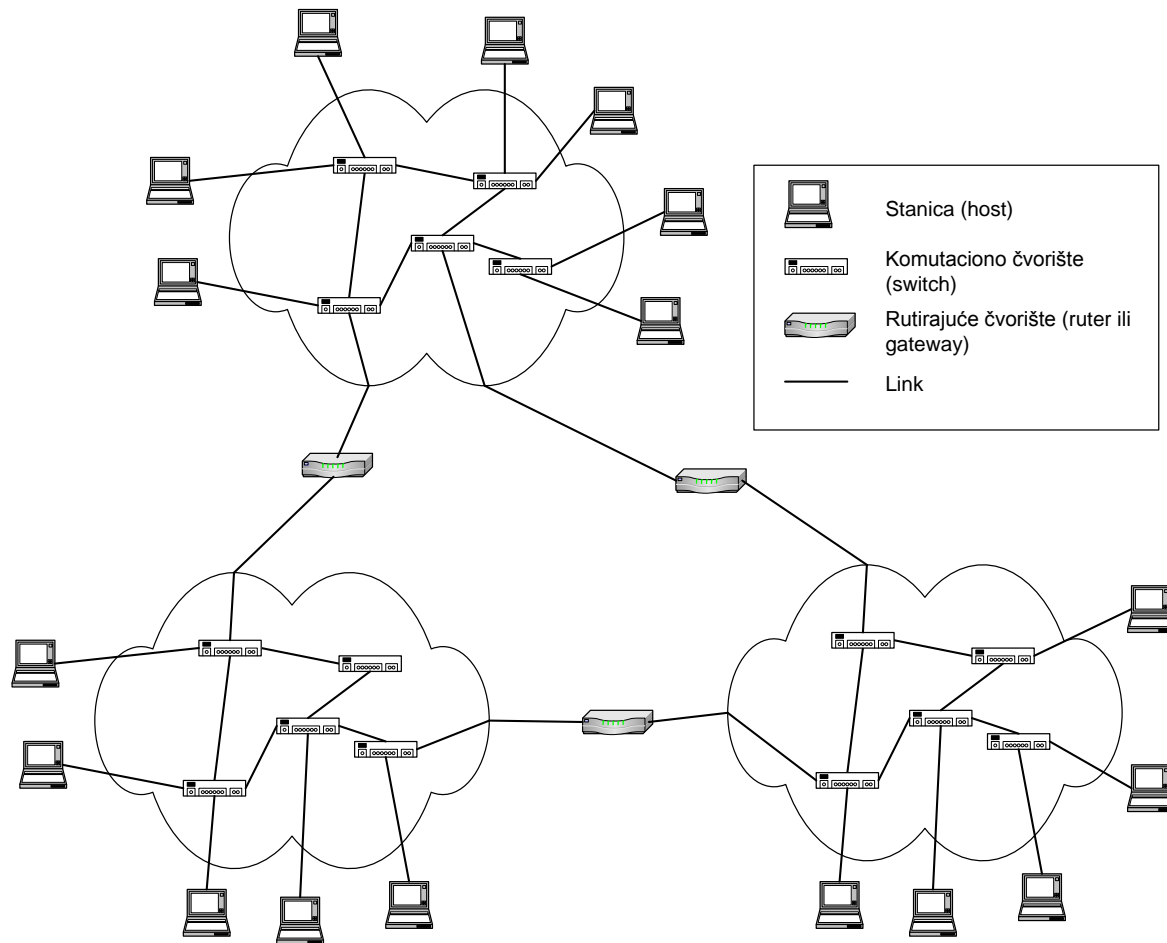
- Internet i intranet
- Direktno
 - pojedinačni parovi računara su neposredno povezani linkovima od tačke-do-tačke,
 - dva ili više računara koriste isti link čime se ostvaruje koncept višestrukog pristupa.

- Indirektno



Uvod

Međusobno povezivanje računarskih mreža (internet)



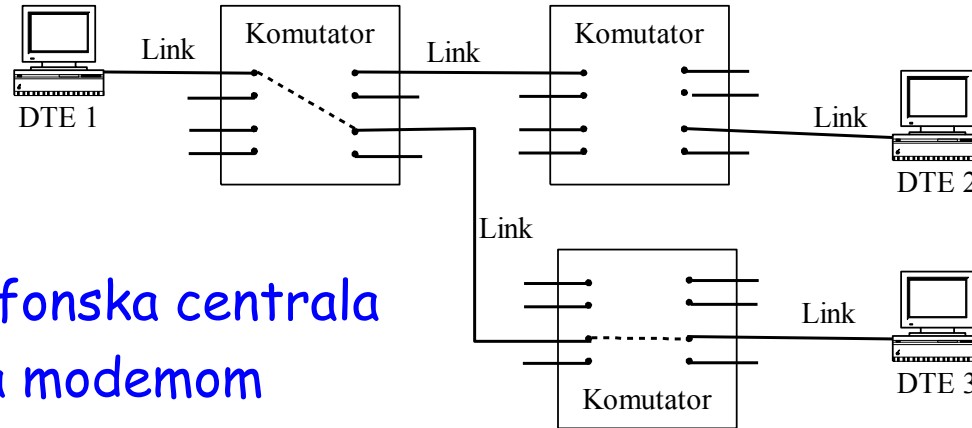
Uvod

Podjela računarskih mreža u odnosu na način prosleđivanja poruka:

- ❑ mreže sa komutacijom kola,
- ❑ mreže sa komutacijom poruka,
- ❑ mreže sa komutacijom paketa:
 - Datagram
 - Virtuelno kolo

Uvod

Mreža sa komutacijom kanala (kola)



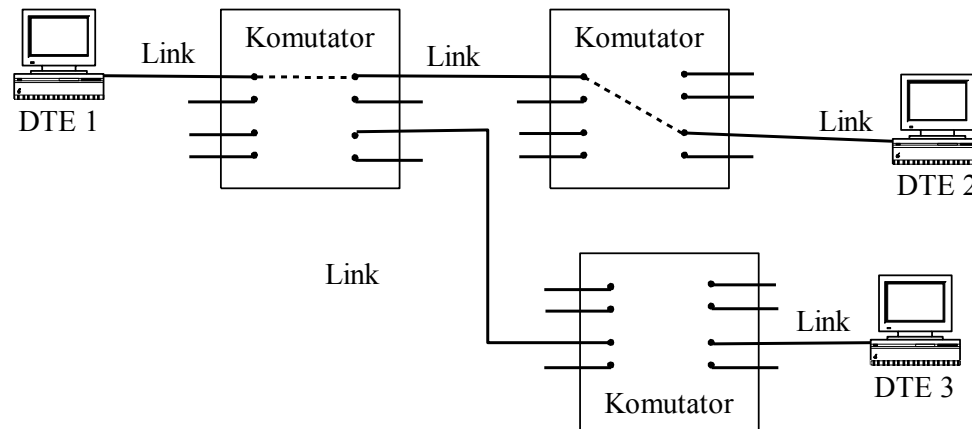
a)

Komutator = telefonska centrala

DTE = računar sa modemom

ili

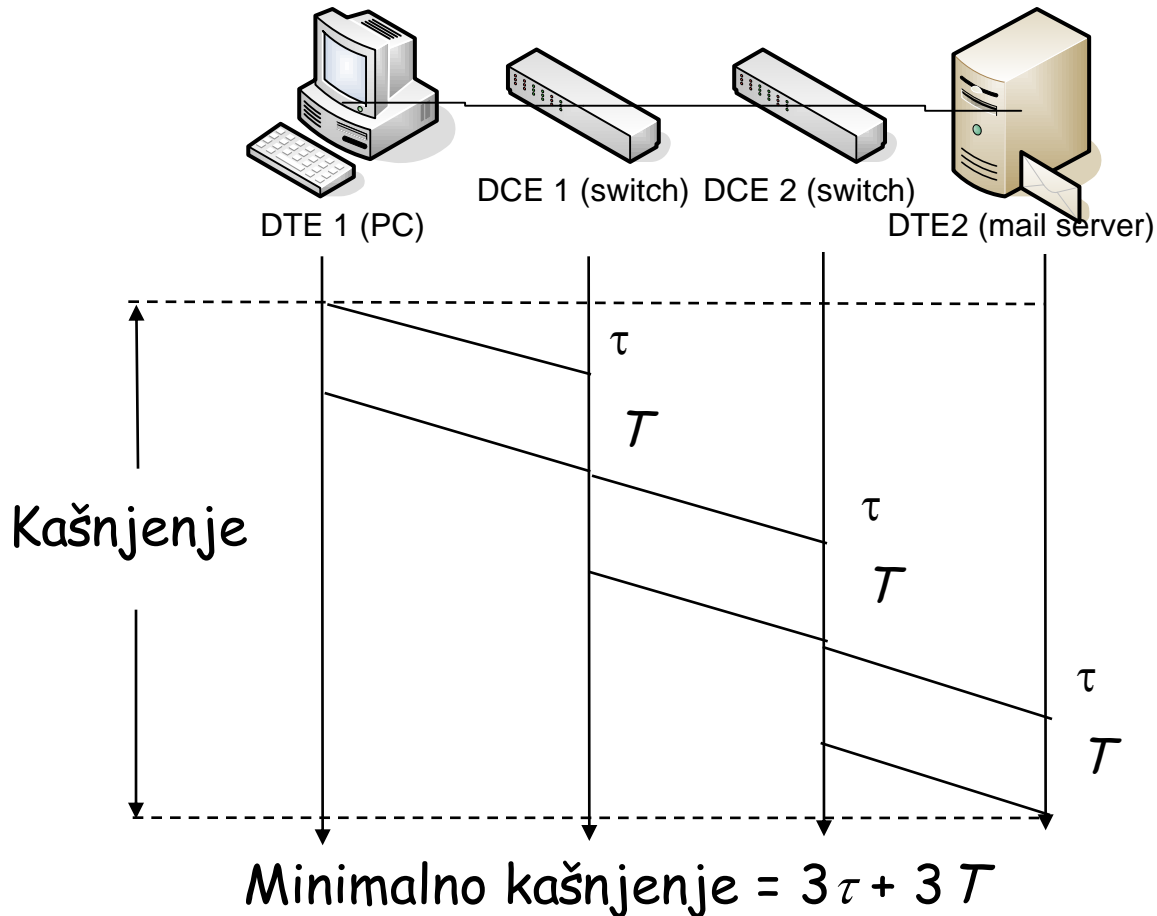
DTE=access server sa modemom



b)

Uvod

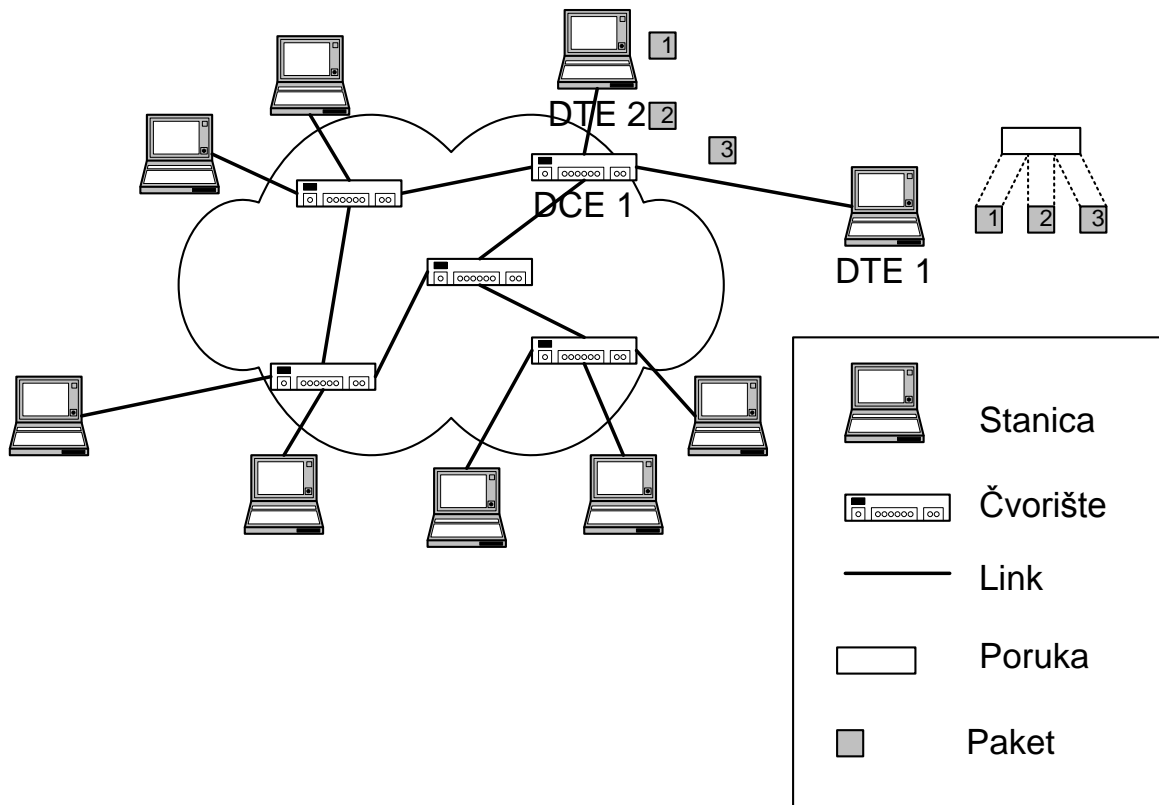
Kašnjenje uslijed komutacije poruka



Dodatna kašnjenja u redovima čekanja su moguća na svakom linku!

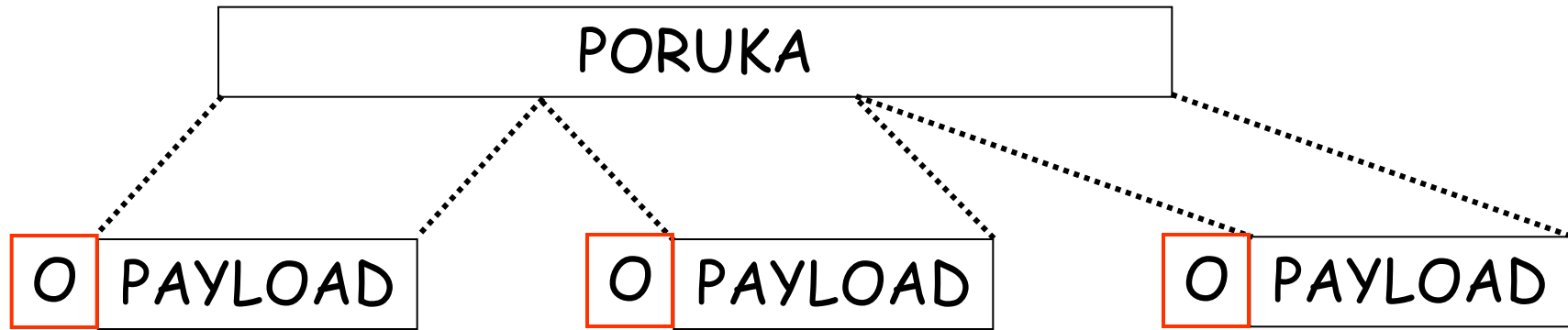
Uvod

Princip funkcionisanja mreža sa komutacijom paketa:



Uvod

Princip funkcionisanja mreža sa komutacijom paketa



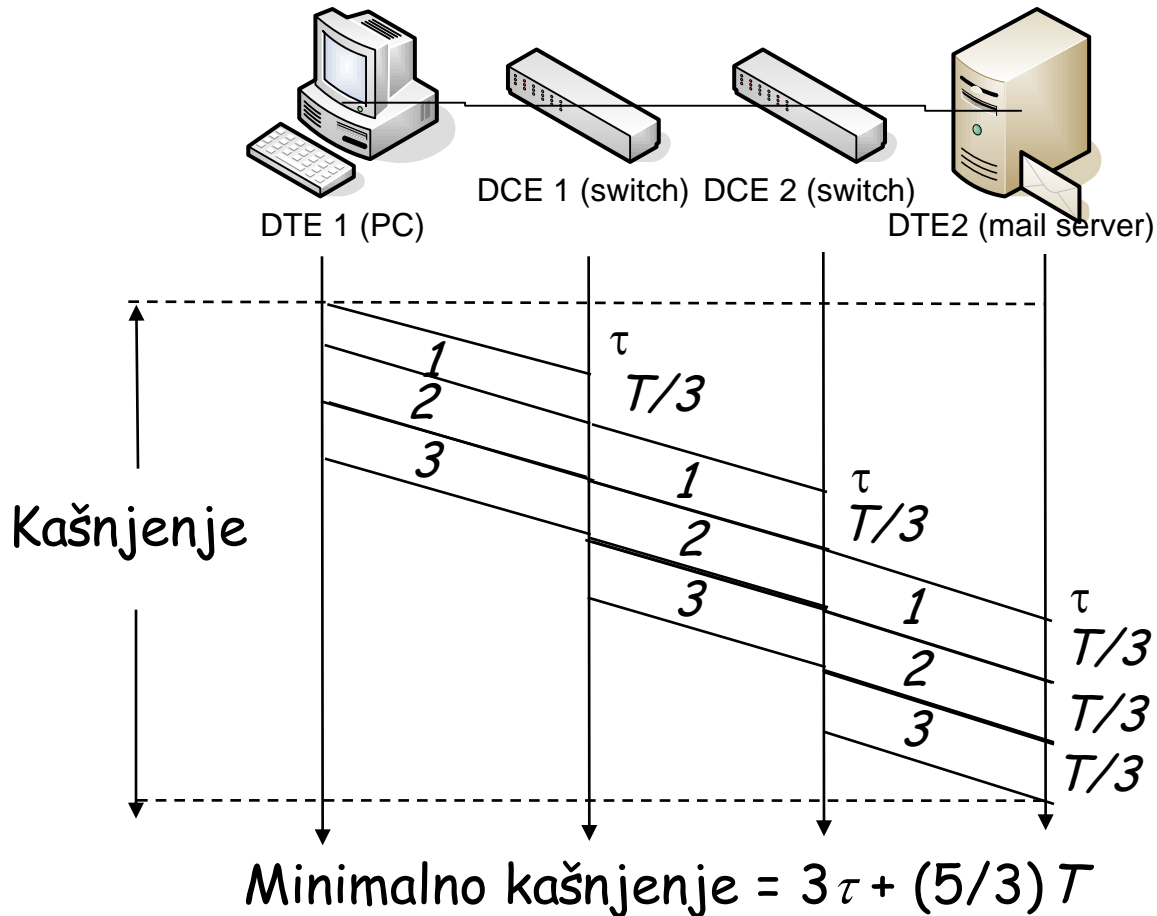
PAYLOAD - korisni dio paketa

OVERHEAD ili **ZAGLAVLJE** - nosi razne kontrolne informacije

(adresu pošiljaoca, adresu primaoca, broj segmenta poruke, kod za pronalaženje greške,...)

Uvod

Kašnjenje uslijed komutacije paketa

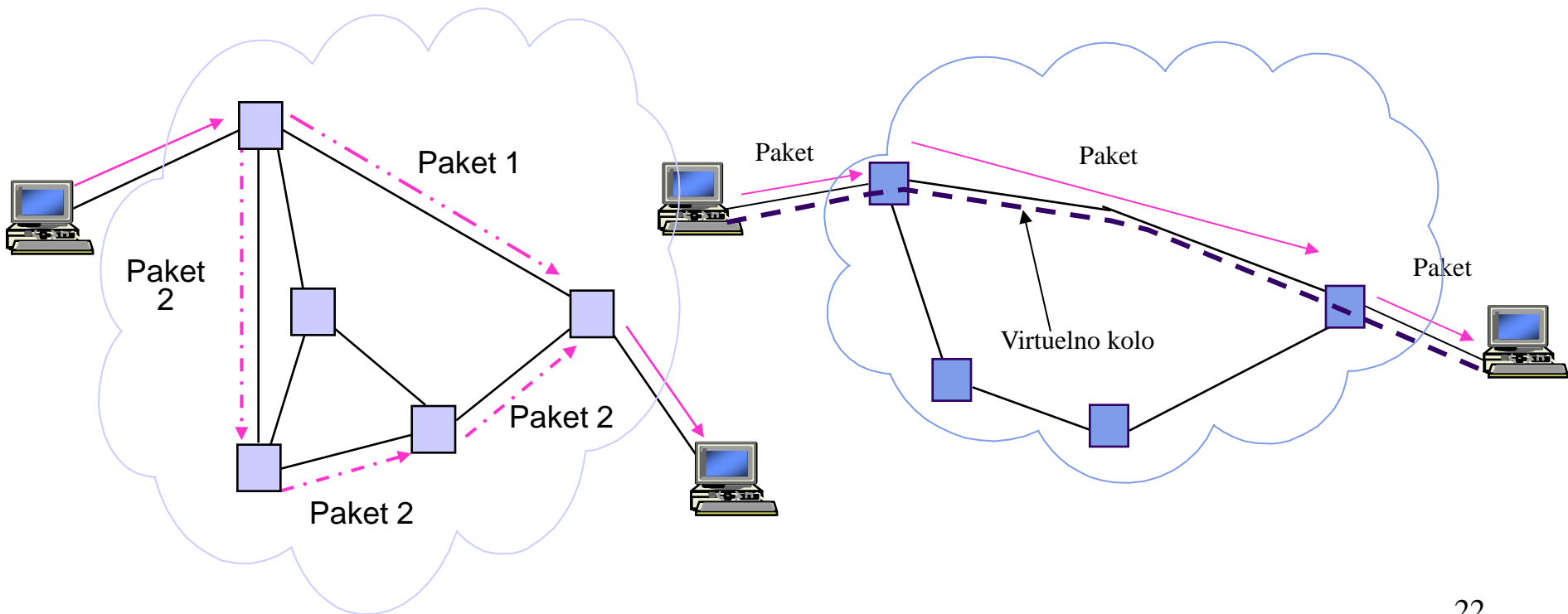


Dodatna kašnjenja u redovima čekanja su moguća na svakom linku!

Uvod

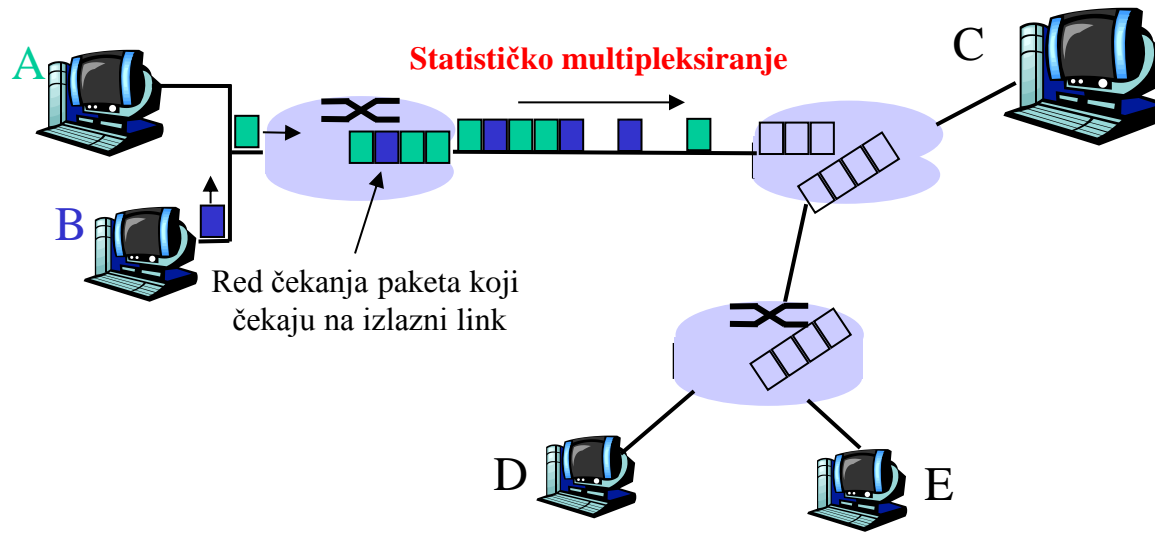
Podjela mreža sa komutacijom paketa u odnosu na način prosleđivanja paketa:

- ❑ Datagram - Internet
- ❑ Virtuelni kanal (kolo) - X.25, ATM, MPLS



Uvod

Statističko multipleksiranje

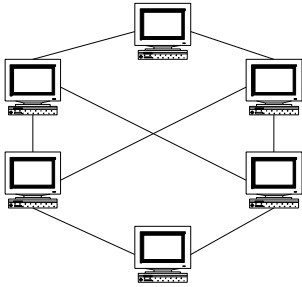


Uvod

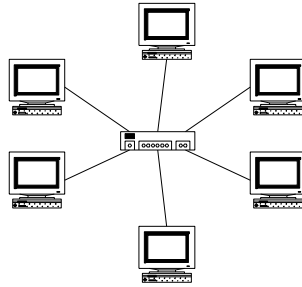
Topologije računarskih mreža

- ❑ rešetka (mesh) mreže,
- ❑ zvijezda mreže,
- ❑ mreže sa zajedničkom magistralom (bus mreže),
- ❑ stablo mreže,
- ❑ prsten mreže,
- ❑ modifikovane prsten mreže
- ❑ hijerarhijske mreže.

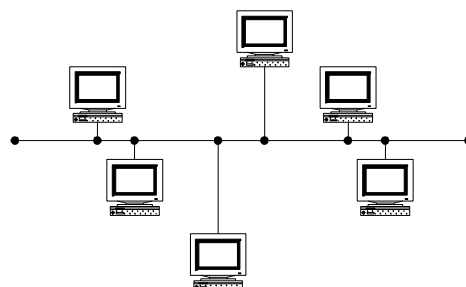
Uvod



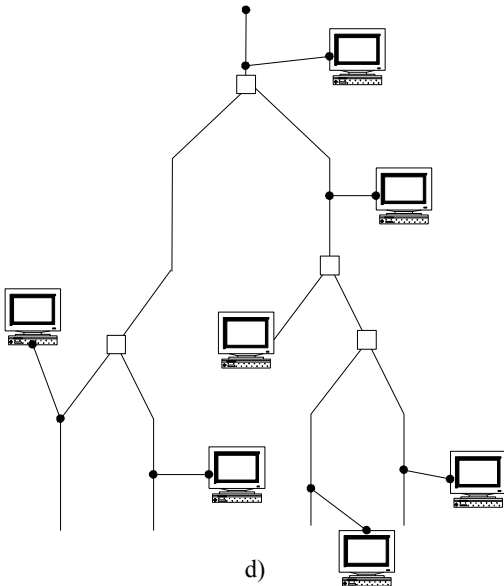
a)



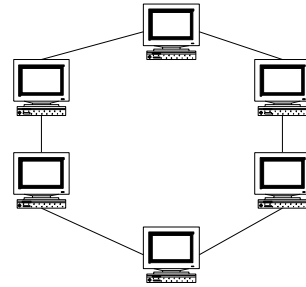
b)



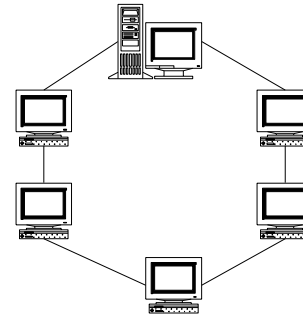
c)



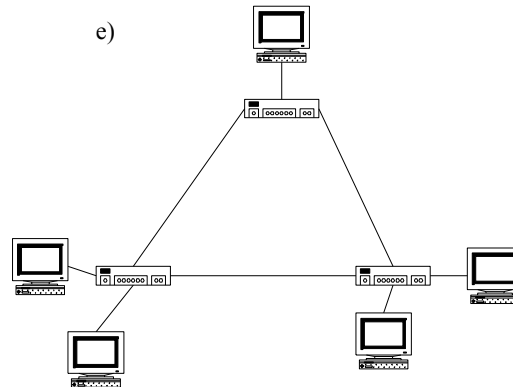
d)



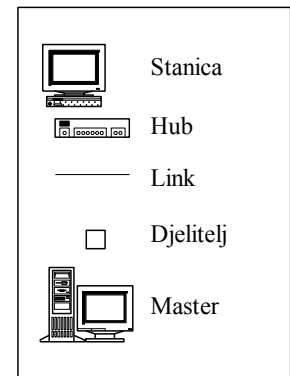
e)



f)



g)



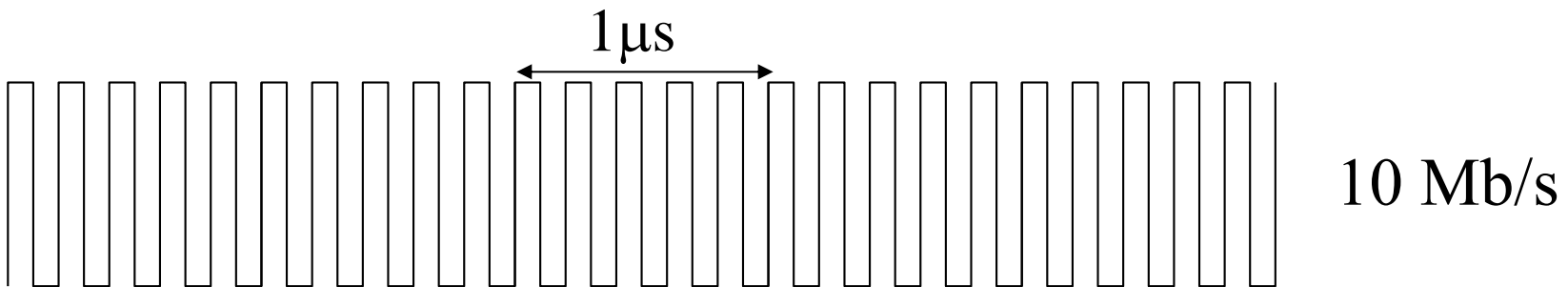
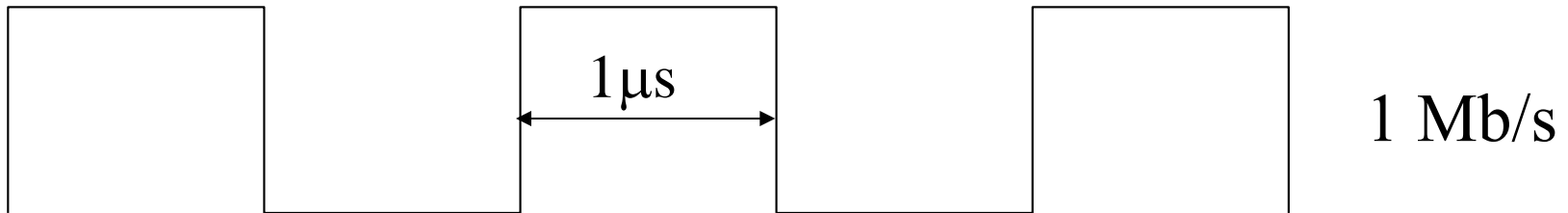
Uvod

Performanse računarskih mreža

- ❑ Propusni opseg (bandwidth) ili propusnost (throughput)
 - Propusni opseg ili kapacitet se definiše broj bita (bit je najmanja količina informacije) koji se mrežom mogu prenijeti u nekom posmatranom vremenu.
 - Propusnost se definiše kao broj bita koji se bez greške mogu prenijeti mrežom u nekom posmatranom vremenu.
- ❑ Kašnjenje (delay)
 - Kašnjenje predstavlja vrijeme koje je potrebno da se poruka prenese sa jednog na drugi kraj mreže.
 - Striktno se izražava u jedinici vremena.
 - Osim ovog kašnjenja koje se odnosi na jedan smjer prenosa postoji i dvosmjerno kašnjenje RTT (round-trip time) ili vrijeme obilaska koje se definiše kao vrijeme prenosa poruke od jednog kraja mreže do drugog kraja i obratno.

Uvod

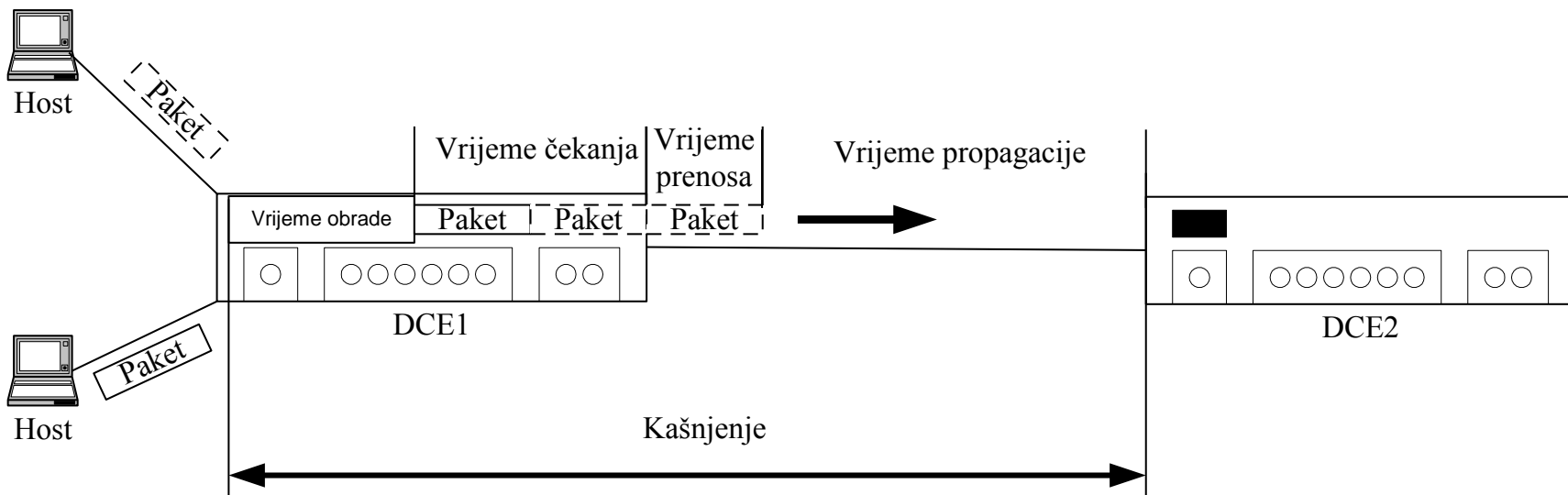
Biti koji se prenose preko mreže određenog kapaciteta



Uvod

Kašnjenje sadrži četiri komponente :

- Kašnjenje uslijed obrade u čvorištu,
- Kašnjenje u redu čekanja,
- Kašnjenje uslijed prenosa,
- Kašnjenje uslijed propagacije.



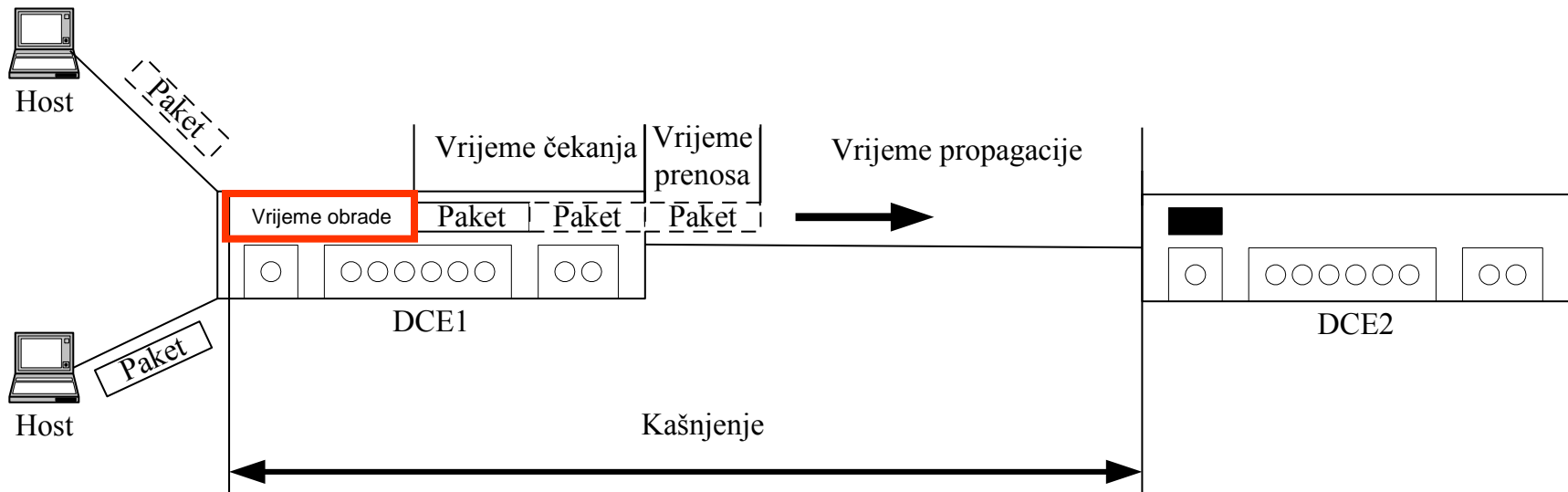
Uvod

Kašnjenje uslijed obrade u čvorištu

- vrijeme potrebno da se izanalizira zaglavlje paketa i odredi na koji ga izlaz treba proslijediti,
- može uključiti i vrijeme potrebno da se izvrši detekcija i otklanjanje grešaka reda nekoliko bita,

Reda je nekoliko μs ,

Nakon obrade paket se smješta u red čekanja za dobijanje potrebnog izlaza.



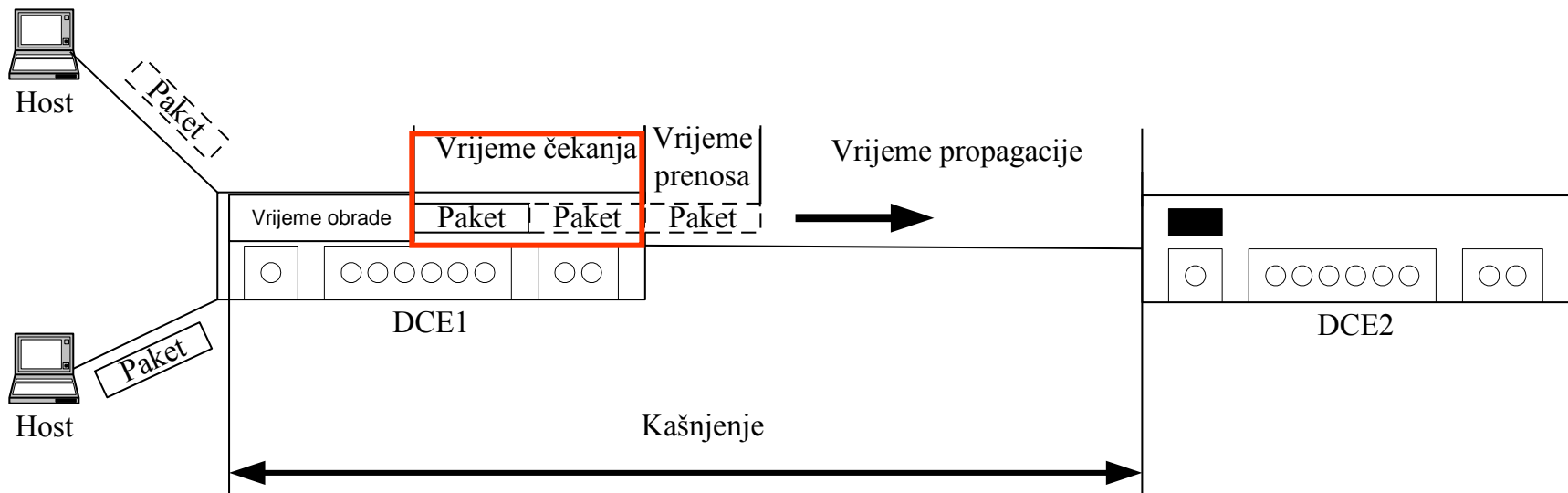
Uvod

Kašnjenje u redu čekanja

- u redu čekanja paket čeka da dobije mogućnost slanja preko odgovarajućeg izlaza čvorišta,
- zavisi od broja ranije pristiglih paketa koji se nalaze u redu čekanja ispred posmatranog paketa,

Varira od paketa do paketa i reda je od μs do ms ,

Ako paket naiđe na prazan red čekanja, on se odmah prosleđuje na odgovarajući izlaz tako da je u ovom slučaju kašnjenje u redu čekanja jednako 0.

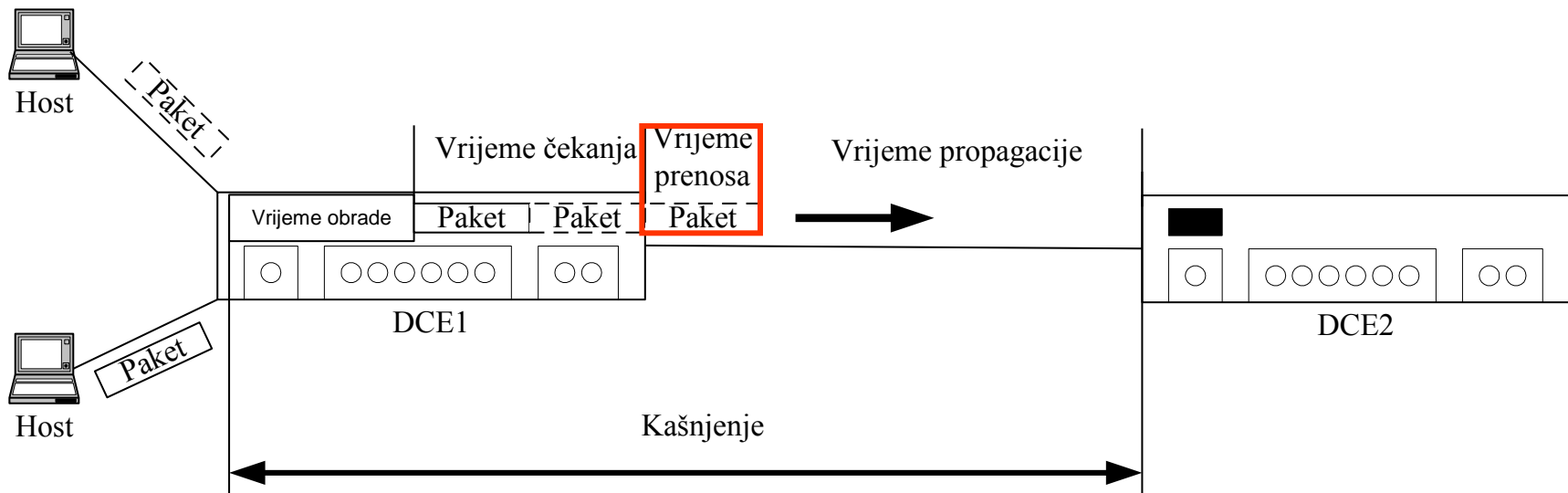


Uvod

Kašnjenje uslijed prenosa

- vrijeme potrebno da se svi biti paketa prenesu ("uguraju") na link ,
Reda od μs do ms ,

Ako je dužina posmatranog paketa L bita i ako je propusnost linka između DCE1 i DCE2 R b/s (bita u sekundi) tada je kašnjenje uslijed prenosa (kašnjenje uskladišti i proslijedi) posmatranog paketa jednaka L/R .



Uvod

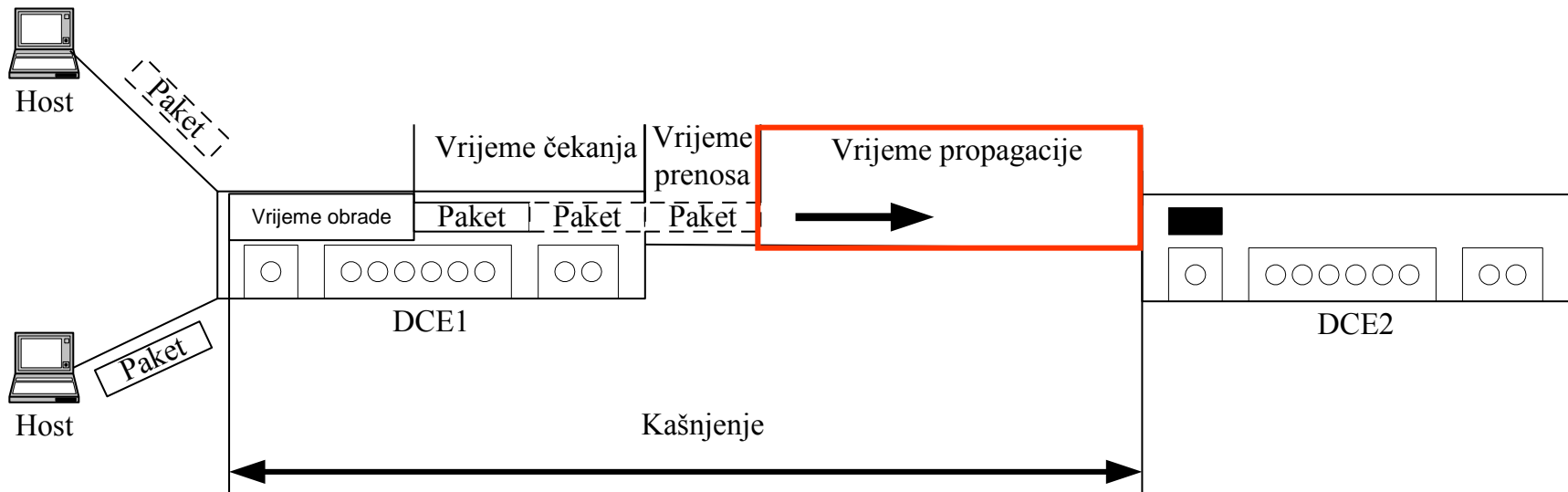
Kašnjenje uslijed propagacije

- jednom kada je bit "uguran" na link, on mora biti prenešen preko njega. Vrijeme potrebno da se to uradi je kašnjenje uslijed propagacije,

Reda od μs do ms ,

Ovo kašnjenje je jednako odnosu rastojanja između dva DCE-a (l) i brzine prostiranja svjetlosti (c) l/c .

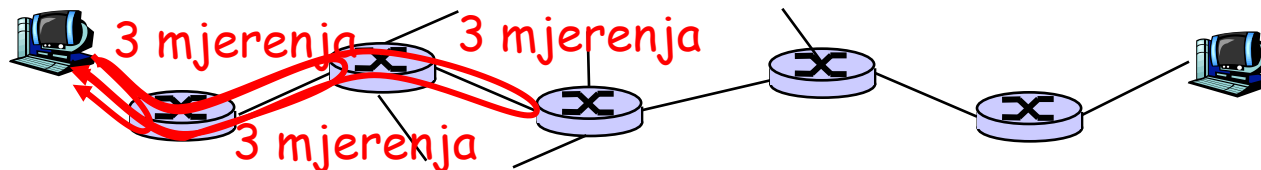
Ranije definisano kašnjenje $RTT=2l/c$.



Uvod

Traceroute

- jednostavan program (aktivira se naredbom `tracert` sa MSDOS komandne linije) koji kada korisnik specificira ime destinacionog hosta šalje više malih specijalnih paketa prema destinaciji,
- Koristi poruke ICMP (Internet Control Message Protocol) protokola
- kada ruter primi jedan od ovih paketa on izvoru šalje kratku poruku koja sadrži ime i adresu rutera,
- RFC 1393 (www.ietf.org) detaljno opisuje Traceroute,
- Sve se rjeđe može koristiti zbog administrativne zabrane ove vrste saobraćaja iz bezbjedonosnih razloga.
- Izlaz ima šest kolona: prva kolona predstavlja broj rutera na ruti, peta kolona je ime rutera, šesta kolona je IP adresa rutera, dok druga, treća i četvrta predstavljaju RTT za po tri eksperimenta za svaki ruter.



Uvod

Traceroute (nastavak)

```
C:\> Command Prompt
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Igor>tracert www.yahoo.com

Tracing route to www.yahoo.akadns.net [216.109.118.76]
over a maximum of 30 hops:

  0  119 ms  109 ms  108 ms  10.30.0.2
  1  114 ms  108 ms  109 ms  10.30.0.1
  2  111 ms  101 ms  102 ms  10.27.0.51
  3  111 ms  111 ms  104 ms  CG-I0.telekom.yu [195.178.34.13]
  4  113 ms  113 ms  109 ms  212.200.13.69
  5  137 ms  135 ms  139 ms  bcr1-so-6-1-1.Frankfurt.cw.net [166.63.195.169]
  6  236 ms  235 ms  240 ms  dcr1-loopback.Washington.cw.net [206.24.226.99]
  7  230 ms  228 ms  226 ms  bhr1-pos-10-0.Sterling2dc3.cw.net [206.24.238.38]
  8  235 ms  232 ms  230 ms  csr12-ve242.Sterling2dc3.cw.net [216.109.66.98]
  9  245 ms  246 ms  240 ms  216.109.84.166
 10  243 ms  240 ms  237 ms  UNKNOWN-216-109-120-222.yahoo.com [216.109.120.222]
 11  246 ms  242 ms  251 ms  p13.www.dcn.yahoo.com [216.109.118.76]

Trace complete.

C:\Documents and Settings\Igor>
```

Internet Istorija

1961-1972: Prvi principi komutacije paketa

- **1961:** Kleinrock - teorija redova čekanja je pokazala efikasnost komutacije paketa u odnosu na komutaciju kola
- **1964:** Baran - komutacija paketa u vojnim mrežama
- **1967:** ARPAnet je koncipirana od strane Advanced Research Projects Agency
- **1969:** prvi ARPAnet čvor je pušten u rad (UCLA)
- **1972:**
 - ARPAnet je javno prezentovan na ICC (Robert Kahn)
 - NCP (Network Control Protocol) je prvi host-host protokol
 - prvi e-mail program
 - ARPAnet ima 15 čvorišta

Internet Istorija

1972-1980: Međupovezivanje, nove i privatne mreže

- ❑ 1970: ALOHAnet mikrotalasna mreža na Havajima
- ❑ 1973: Metcalfe u doktorskoj tezi predlaže Ethernet
- ❑ 1974: Cerf i Kahn - arhitektura za međupovezivanje mreža (TCP/IP)
- ❑ Kasne 70-te: sopstvene arhitekture: DECnet, SNA, XNA
- ❑ Kasne 70-te : komutacija paketa fiksne dužine (ATM preteča)
- ❑ 1979: ARPAnet ima 200 čvorišta

Cerf and Kahn principi međupovezivanja:

- minimalizam, autonomija - nikakve interne promjene nijesu potrebne za međupovezivanje mreža
- "best effort" model servisa
- "stateless" ruteri
- decentralizovana kontrola

Definiše današnju Internet arhitekturu

Internet Istorija

1980-1990: novi protokoli, umnožavanje mreža

- ❑ 1983: primjena TCP/IP
- ❑ 1982: definisan SMTP e-mail protokol
- ❑ 1983: definisan DNS za ime-u-IP-adresu translaciju
- ❑ 1985: definisan FTP protokol
- ❑ 1988: TCP kontrola zagušenja i protoka
- ❑ nove nacionalne mreže: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel (20% populacije, 10000 radnih mjesta)
- ❑ 100,000 hostova povezanih u "konfederaciju" mreža

Internet Istorija

1990, 2000's: komercijalizacija, Web, nove aplikacije

- ❑ Rane 1990-te: gašenje ARPAneta
- ❑ 1991: NSF skida restrikcije na komercijalno korišćenje NSFnet (ugašena 1995, nakon čega se pojavljuju komercijalni ISP)
- ❑ rane 1990-te: Web
 - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP, Web server i Web browser: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, kasnije Netscape
 - kasne 1990-te: komercijalizacija Web-a

Kasne 90-te - 2000te:

- ❑ više "killer" aplikacija: instant messaging (ICQ), peer2peer file sharing (npr., Napster)
- ❑ Zaštita
- ❑ oko 50 miliona hostova, preko 100 miliona korisnika
- ❑ linkovi okosnice funkcionišu na Gb/s

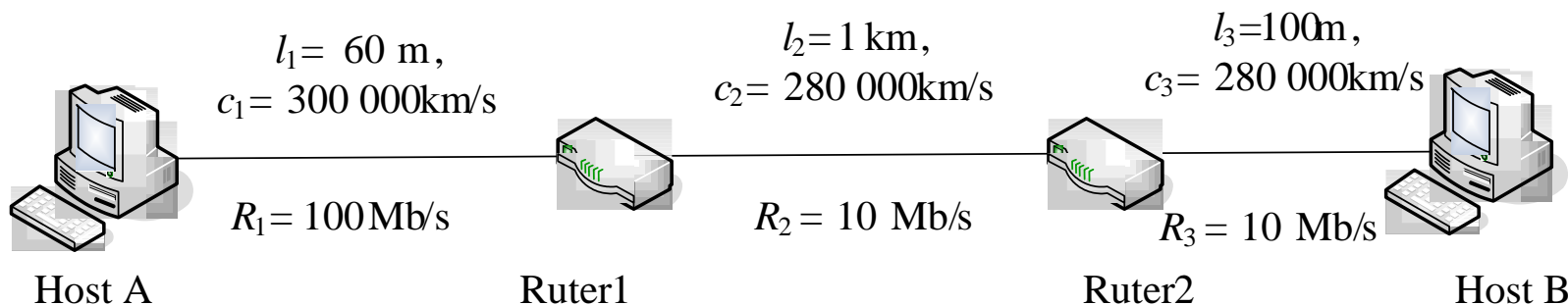
Internet Istorija

Poslije 2000te:

- ❑ Espanzija instant messaging-a, P2P file sharing (e-Mule,...), VoIP,...
- ❑ Problemi zaštite
- ❑ Konvergencija WLAN i mobilnih mreža
- ❑ Pojava novih tehnologija (WiMAX,...)
- ❑ Linkovi okosnice funkcionišu na Tb/s
- ❑ Kapaciteti rutera nekoliko Pb/s
- ❑ Menadžment mrežom postaje sve složeniji i sofisticiraniji
- ❑ Problemi regulative i autorskih prava
- ❑ **Danas** ima oko 15 milijardi uređaja konektovanih na Internet
- ❑ Do 2020 će biti skoro 50 milijardi konektovanih uređaja (**IoT - Internet of Things**)

Zadaci za pripremu kolokvijuma

1. Na slici je prikazan način povezivanja dva hosta, posredstvom dva *store and forward* komutatora. Prenosi se fajl veličine $F=300$ kB, a komutator može da počne slanje podataka nakon prijema prvog bita. Zanimarljive su komponente kašnjenja uslijed obrade u komutatorima i u redu čekanja. Za podatke kao na slici, izračunati:
- Kašnjenje uslijed propagacije na prvom linku,
 - Kašnjenje uslijed prenosa na drugom linku,
 - Ukupno kašnjenje potrebno za prenos fajla F od hosta A do hosta B,
 - Efektivnu brzinu prenosa fajla od hosta A do hosta B,
 - Da li je izračunata efektivna brzina prenosa dovoljna za prenos HDCD audia visoke definicije sa 24-bitnim odbircima, uzetih sa učestanošću odabiranja od 88,2 kHz.



Zadaci za pripremu kolokvijuma

2. Izračunati ukupno vrijeme potrebno za prenos $F=1$ MB fajla između dva hosta, pretpostavljajući da je $RTT=50$ ms, veličina paketa 40 kB i da je potrebno inicijalno usaglašavanje od 2 RTT prije početka slanja. Opseg linka je 100 Mb/s i:
- Podaci se šalju kontinualno;
 - Pošto se završi slanje do 30 paketa potrebno je sačekati vrijeme od jednog RTT-a;
 - Efektivnu brzinu prenosa fajla za slučaj pod b);
 - Da li je izračunata efektivna brzina prenosa dovoljna za prenos GSM audia sa 260-bitnim odbircima, uzetih sa učestanošću odabiranja od 50 Hz?