

Računarske mreže

Studije primijenjenog računarstva

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

mr Slavica Tomović

slavicat@ucg.ac.me

O čemu se radi?

Kurs Računarske mreže nudi:

- ❑ Stizanje znanja o **principima** na kojima počivaju računarske mreže
- ❑ Upoznavanje Internet arhitekture/protokola na osnovnom nivou
- ❑ Ovladavanje osnovnim analitičkim mehanizmima za opisivanje pojava na Internetu

Ciljevi

- ❑ Steći osnove iz računarskih mreža
- ❑ Stvoriti uslove za aktivno učešće polaznika u budućem razvoju Interneta

Informacije o kursu

- ❑ **Kome je namijenjen kurs?**
 - Studentima druge godine osnovnih studija na SPR
- ❑ **Šta je poželjno znati od ranije?**
 - Matematika
- ❑ **Materijali kursa:**
 - Presentacije su napravljene prilagođavnjem prezentacija autora knjige: *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet*, J. Kurose & Keith Ross, Addison Wesley, 7th edition, 2017.
 - *Communication Networks: A Concise Introduction*, Jean Walrand and Shyam Parekh, Morgan & Claypool, 2nd edition, 2018
 - Zabilješke sa predavanja
 - WWW

Informacije o kursu (više)

□ Način polaganja:

<u>Rad</u>		<u>broj</u>	<u>% ocjene</u>
Kolokvijum		1	50%
Završni ispit		1	50%

Pregled kursa:

Pripremna nedjelja	Priprema i upis semestra
I nedjelja 23.09.	Uvod u računarske mreže.
II nedjelja 30.09.	Performanse računarskih mreža
III nedjelja 07.10	Principi protokola nivoa aplikacije. HTTP
IV nedjelja 14.10	Principi protokola nivoa transporta.
V nedjelja 21.10.	Nekonektivni transportni servis (UDP). Konektivni transportni servis (TCP).
VI nedjelja 28.11.	Nivo mreže. IP protokol. IP adresiranje
VII nedjelja 04.11.	Kolokvijum
VIII nedjelja 11.11.	Rutiranje. Ruter
IX nedjelja 18.11.	Principi nivoa linka. Kontrola greške
X nedjelja 25.11.	Višestruki pristup
XI nedjelja 02.12.	Adresiranje nivoa linka. Ethernet. WiFi
XII nedjelja 09.12.	Switch
XIII nedjelja 16.12.	Principi implementacije multimedijalnih računarskih mreža
XIV nedjelja 23.12.	Osnove zaštite računarskih mreža
XV nedjelja 30.12.	Principi menadžmeta računarskih mreža
XVI nedjelja	<i>Završni ispit</i>
Završna nedjelja	Ovjera semestra i upis ocjena.
XVIII-XXI nedjelja	Dopunska nastava i popravni ispitni rok.

Uvod u računarske mreže

Zadatak:

- ❑ Shvatiti kontekst, pregled, “osjetiti” računarsku mrežu
- ❑ Dublje, detaljnije kasnije
- ❑ Pristup:
 - opisni
 - korišćenje Interneta kao primjera

Pregled:

- ❑ Šta je Internet?
- ❑ Šta je protokol?
- ❑ Iвица mreže (*network edge*)
- ❑ Okosnica mreže (*network core*)
- ❑ Višenivovska arhitektura, mrežni protokoli, modeli servisa

Uvod u računarske mreže

Šta je Internet u fizičkom smislu?



- Milioni povezanih računara:

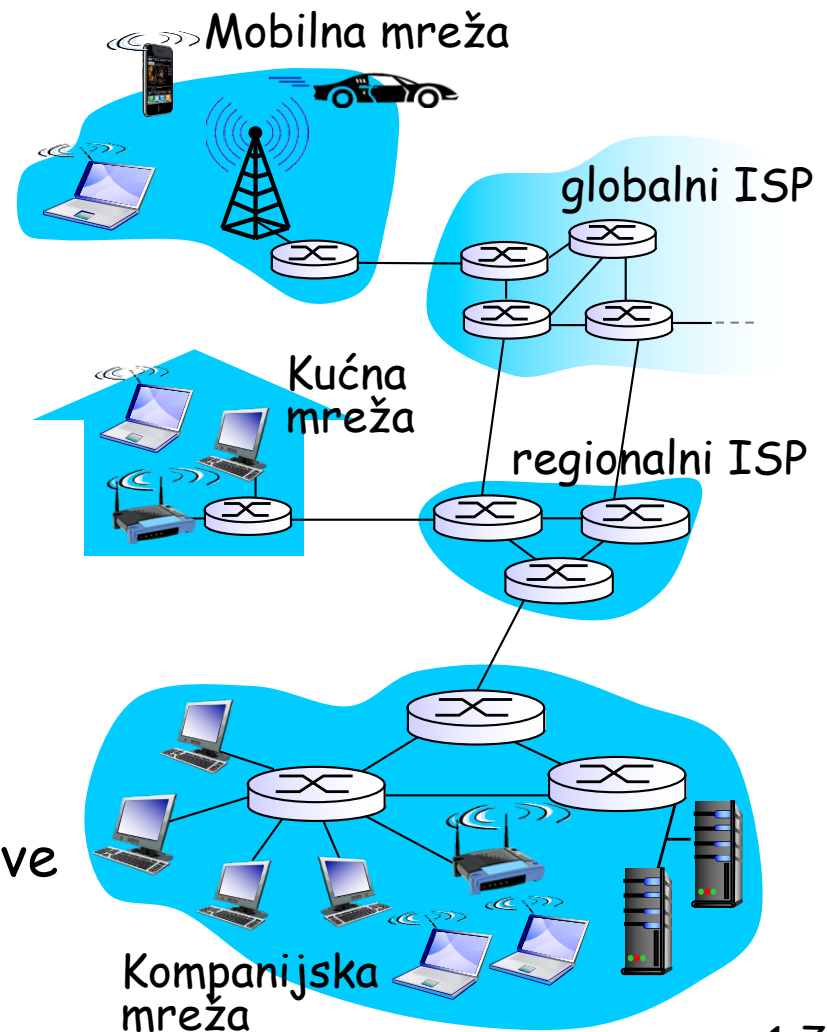
- *Host = krajnji sistem*
- Izvršavaju *mrežne aplikacije*

- *Komunikacioni linkovi*

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

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

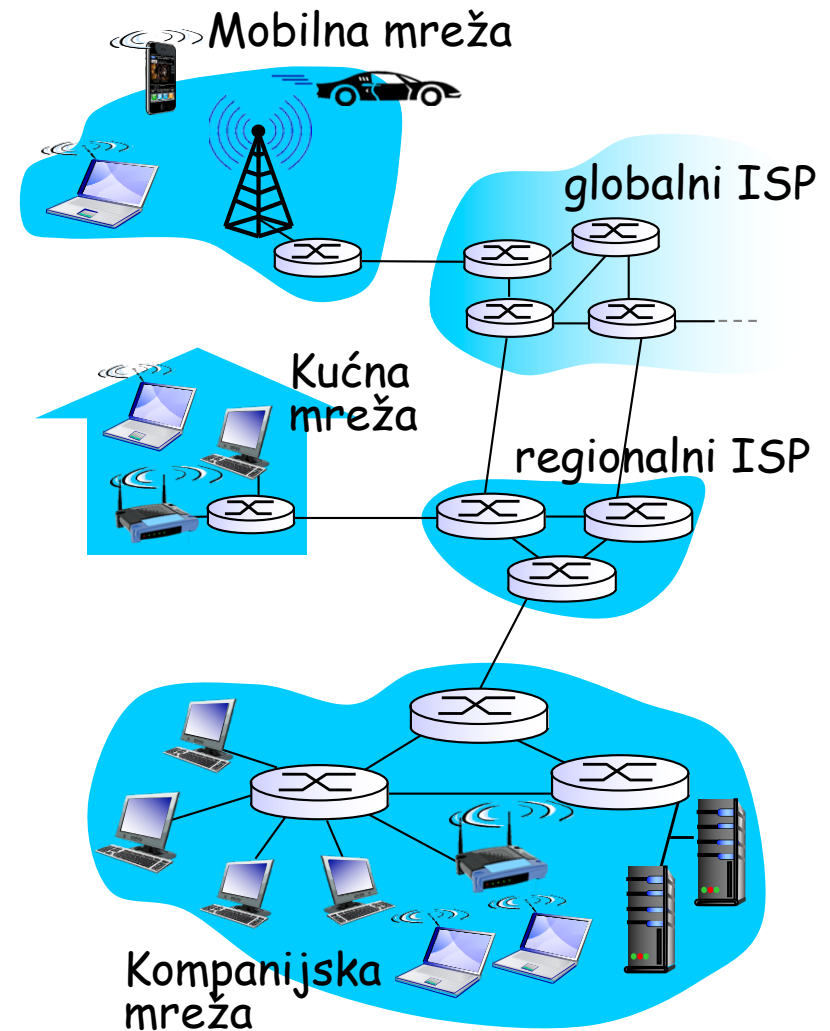
- *ruteri i komutatori*



Uvod u računarske mreže

Šta je Internet u logičkom smislu?

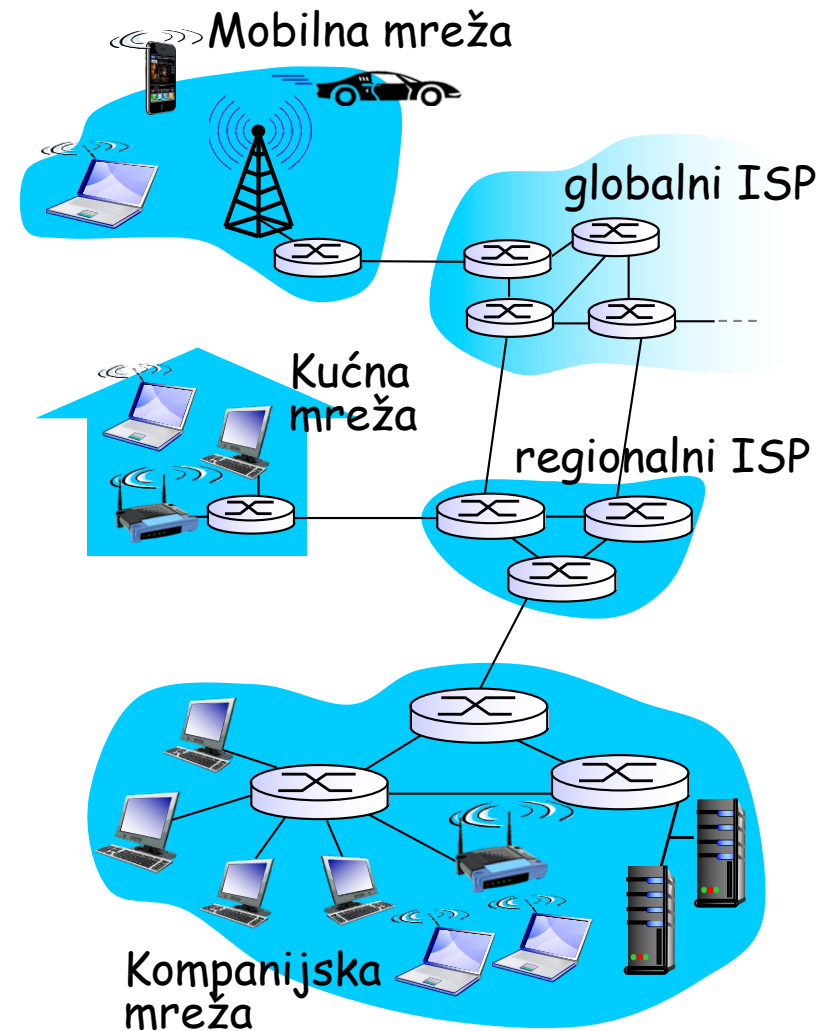
- *Protokoli* kontrolišu slanje i prijem poruka
 - TCP, UDP, IP, HTTP, DNS,...
- *Internet: “mreža svih mreža”*
 - Labava hijerarhija
 - javni Internet
 - privatni intranet
- Internet standardi
 - RFC: *Request for comments*
 - IETF: *Internet Engineering Task Force*



Uvod u računarske mreže

Šta je Internet sa stanovišta usluge?

- ❑ *Komunikaciona infrastruktura* koja omogućava komunikaciju između distribuiranih aplikacija:
 - Web, email, igrice, e-commerce, baze podataka, društvene mreže, file (MP3) sharing
- ❑ *Omogućava programabilni interfejs do aplikacija*
 - "veza" koja omogućava aplikacijama da šalju i primaju podatke sa Interneta
 - Omogućava opcije servisa, analogne poštanskom servisu



Uvod u računarske mreže

Šta je mrežni protokol?

Ljudski protokoli:

- “Koliko je sati?”
- “Imam pitanje”
- “Mogu li da odgovaram za 10?”
- Ima li skaliranja?
- Upoznavanje

... šalju se posebne poruke

... izvršavaju se različite akcije kada poruka stigne

Mrežni protokoli:

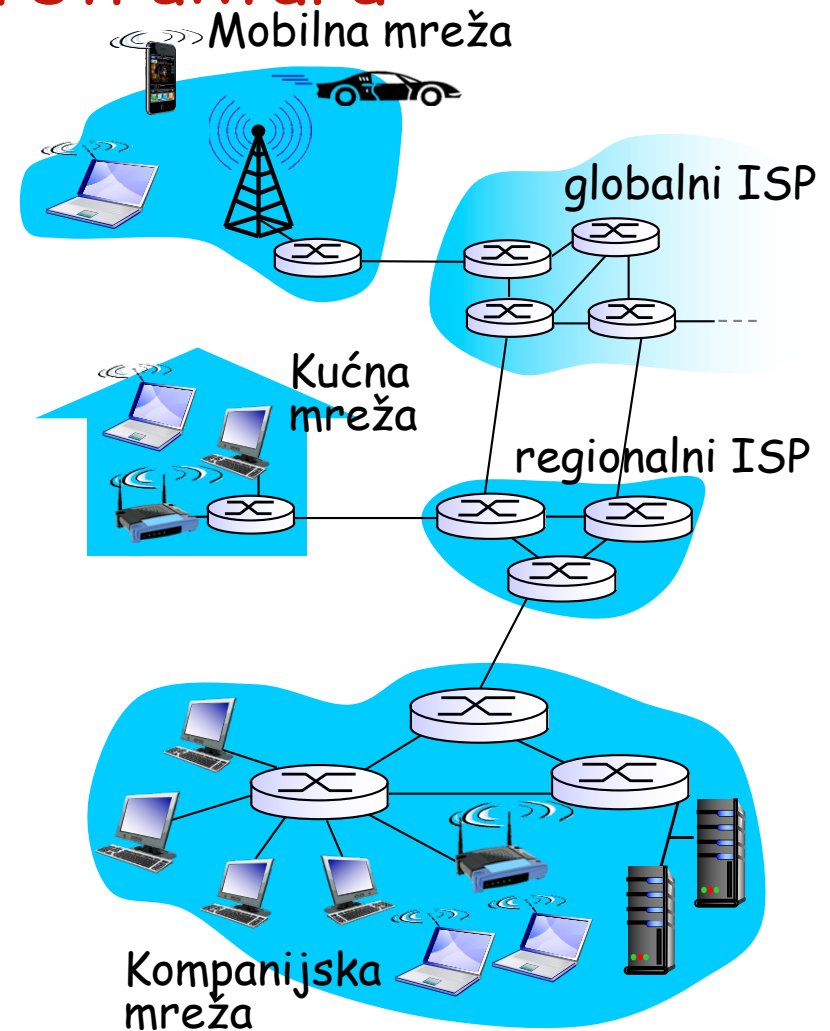
- Između mašina
- Sve komunikacione aktivnosti na Internetu definišu protokoli

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

Uvod u računarske mreže

Detaljniji pogled na mrežnu strukturu

- ❑ **Mrežna ivica:** aplikacije i hostovi (klijenti i serveri)
- ❑ **Mrežna okosnica:**
 - međupovezani ruteri
 - mreža međupovezanih mreža
- ❑ **Pristupna mreža, fizički medijum:** komunikacioni linkovi (žični i bežični)



Uvod u računarske mreže

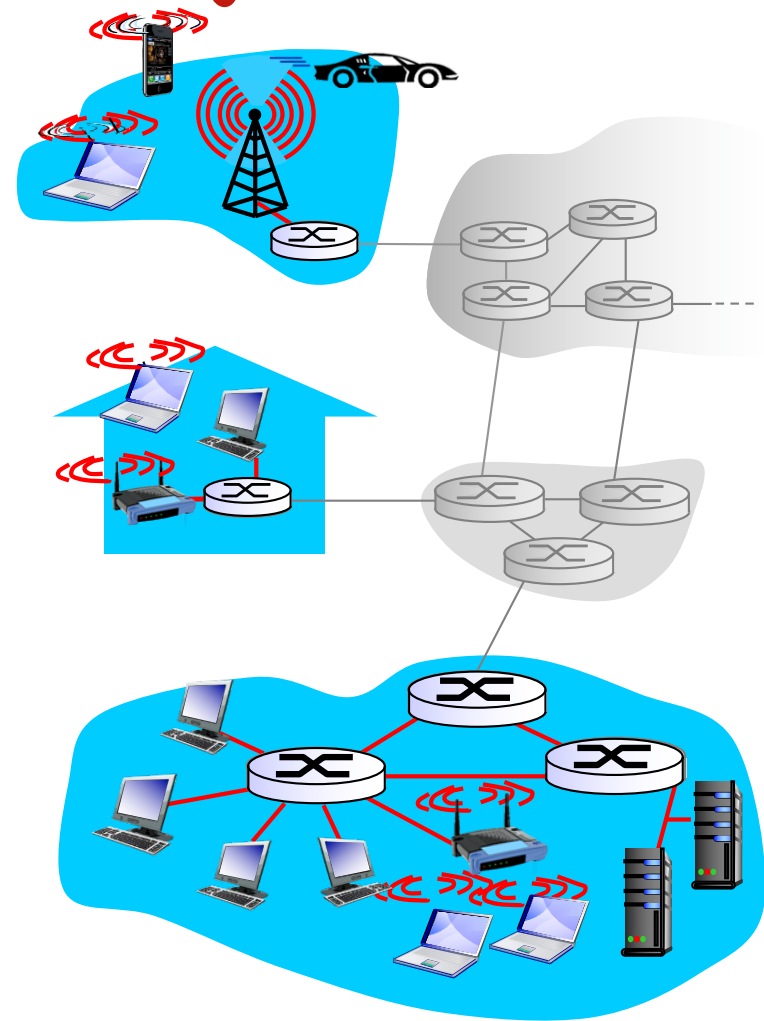
Pristupne mreže i fizički medijum

Kako povezati krajnji sistem na pristupnu mrežu?

- ❑ Rezidencijalne pristupne mreže
- ❑ Institucionalne pristupne mreže (ustanove, kompanije)
- ❑ Mobilne pristupne mreže

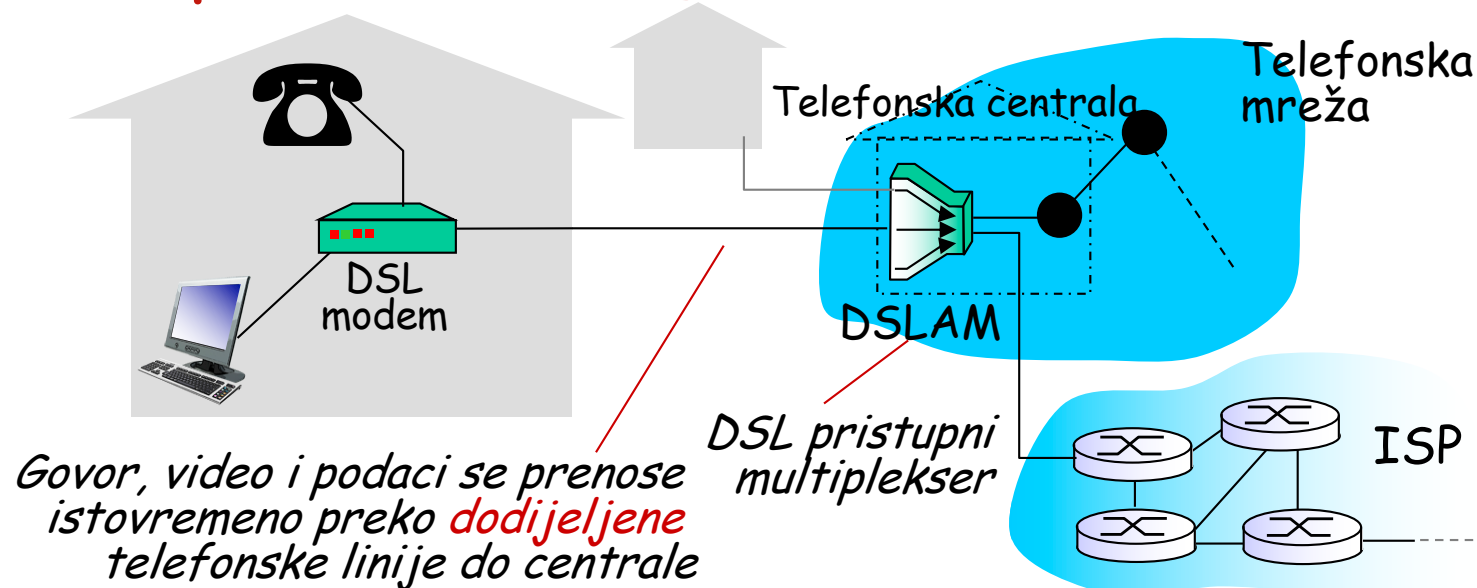
Važno je obratiti pažnju na

- ❑ kapacitet (b/s) pristupne mreže?
- ❑ zajednički ili dodijeljeni?



Uvod u računarske mreže

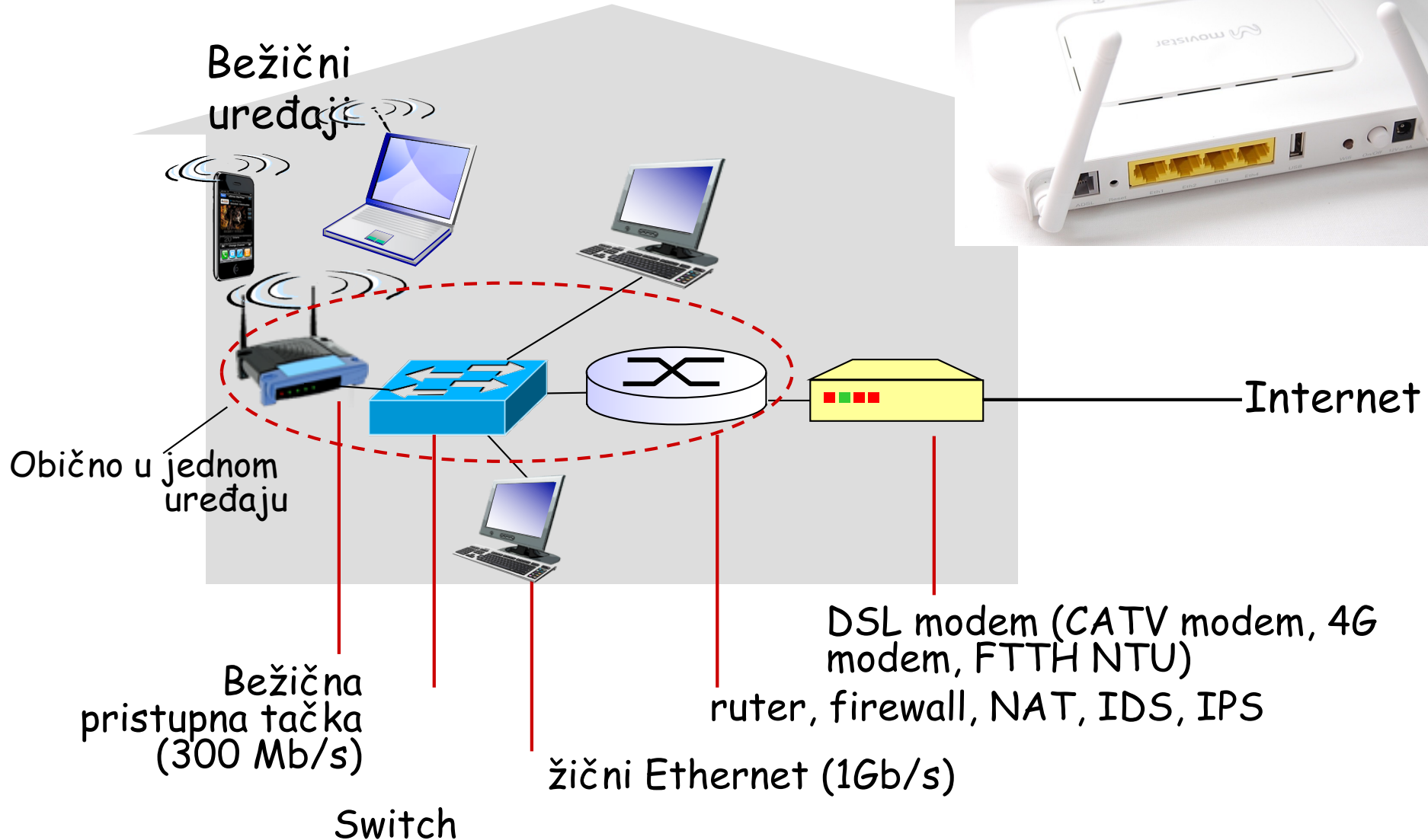
Pristupna mreža: *Digital Subscriber Line (DSL)*



- ❖ koristi *postojeću* telefonsku liniju do DSLAM-a u telefonskoj centrali
 - Podaci se preko DSL linije prenose do Interneta
 - Govor se preko DSL linije prenosi do telefonske mreže
- ❖ < 2.5 Mb/s brzina prenosa na upstream-u (tipično < 1 Mb/s)
- ❖ < 24 Mb/s brzina prenosa na downstream-u (tipično < 10 Mb/s)

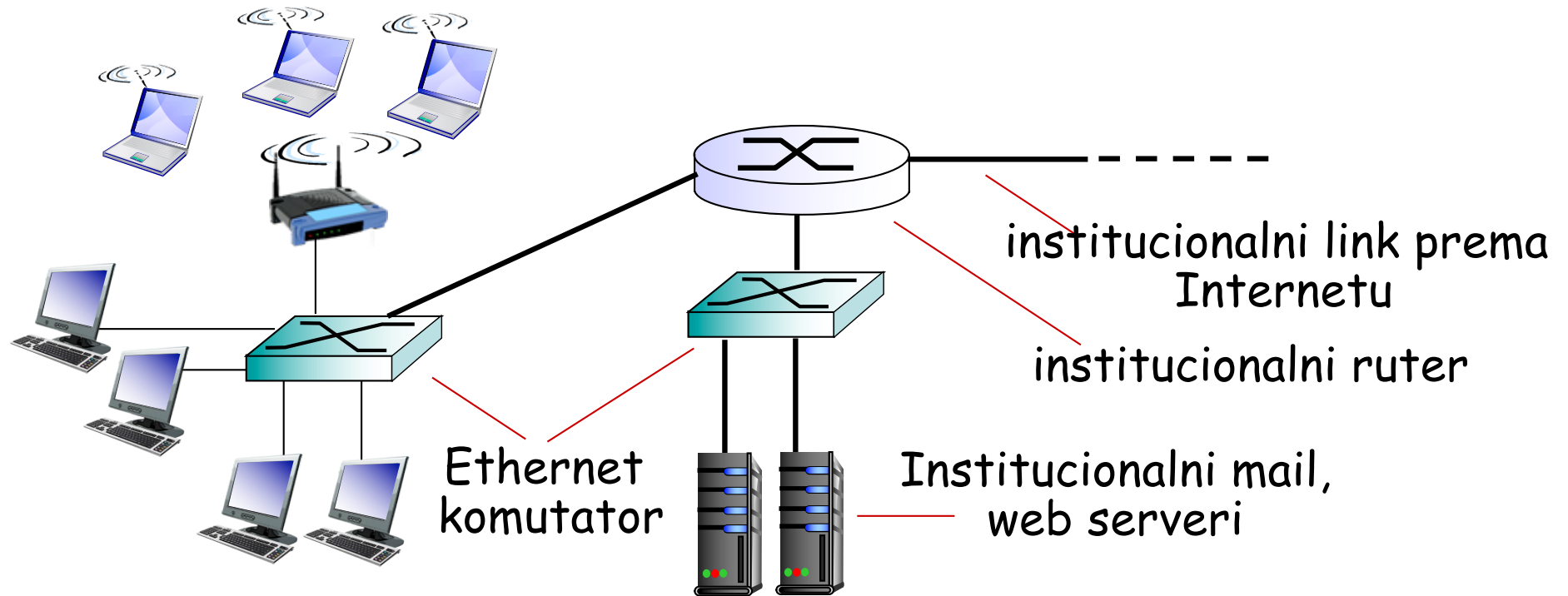
Uvod u računarske mreže

Pristupna mreža: Kućna mreža



Uvod u računarske mreže

Kompanijska pristupna mreža



- Kompanije, ustanove,...
- ❖ 10 Mb/s, 100Mb/s, 1Gb/s, 10Gb/s
- ❖ Danas se krajnji sistemi tipično povezuju na Ethernet komutator ili WLAN *Access Point*

Uvod u računarske mreže

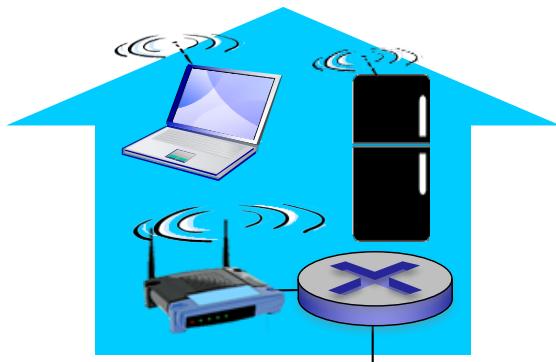
Bežične pristupne mreže

□ Dijeljeni *bežični pristup*

- Preko bazne stanice ili pristupne tačke

wireless LAN:

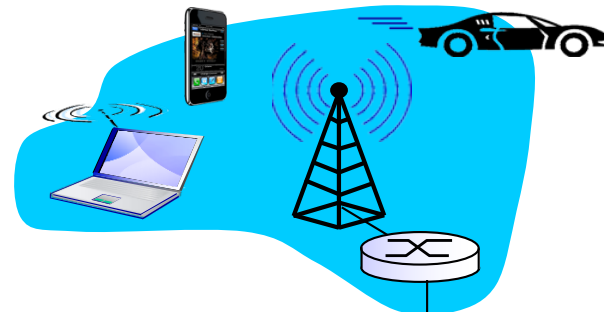
- Unutar objekata (30m)
- 802.11b/g/n/ad/ac/ah (WiFi):
11/54/600/7000/6800/234
Mb/s (brzina prenosa)



prema Internetu

WAN *bežični pristup*

- Celularni pristup koji nudi operator, desetine kilometara
- 3.9G: LTE (DL-100Mb/s, UL-50Mb/s, 5ms)
- 4G: LTE-A (DL-1Gb/s za stacionarne korisnike)



Prema Internetu

Uvod u računarske mreže

Fizički medijum

- ❑ **Bit:** prenosi se preko predajne/prijemne parice
- ❑ **Fizički link:** između predajnika i prijemnika
- ❑ **"Vođeni" medijum:**
 - Signali se prenose preko čvrstog medijuma: bakar, optičko vlakno, koaksijalac
- ❑ **"Ne vođeni" medijum:**
 - Signali se prostiru slobodno, npr., radio

Upredena parica

- ❑ Dvije izolovane bakarne žice
 - Kategorija 5 : 100Mb/s i 1Gb/s Ethernet
 - Kategorija 6: 10Gb/s Ethernet



Uvod u računarske mreže

Koaksijalni kabal:

- ❑ Dva koncentrična bakarna provodnika
- ❑ Bidirekcionni prenos
- ❑ Osnovni opseg:
 - jedan kanal na kablju
 - rani Ethernet
- ❑ Širokopoljasni :
 - više kanala na kablju
 - HFC



Kabal sa optičkim vlaknima:

- ❑ Stakleno vlakno prenosi svjetlosne impulse, svaki impuls jedan bit
- ❑ Rad na visokim brzinama:
 - Brzi tačka-tačka prenosi (npr., nekoliko 100Gb/s)
- ❑ Nizak nivo greške: veće rastojanje između ripitera i imunitet u odnosu na elektromagnetni šum



Uvod u računarske mreže

Radio

□ Signal se prenosi elektromagnetnim talasom

□ Nema fizičke “žice”

□ Bidirekcionni prenos

□ Efekti propagacije:

- refleksija
- difrakcija
- interferencija

□ Zemaljski mikrotalasni linkovi

- 10Gb/s

□ WLAN

- 2Mb/s, 11Mb/s, 54Mb/s, 600Mb/s, 7Gb/s, 6.8Gb/s, 234Mb/s

□ WAN

- 3G(UMTS): stotine kb/s
- 3.5G (HSxPA) nekoliko Mb/s
- 3.9G: LTE (DL-100Mb/s, UL-50Mb/s, 5ms)
- 4G (LTE Advanced i IEEE 802.15m): 1Gb/s (DL), 500Mb/s (UL)
- 5G (1-10Gb/s)!!!!

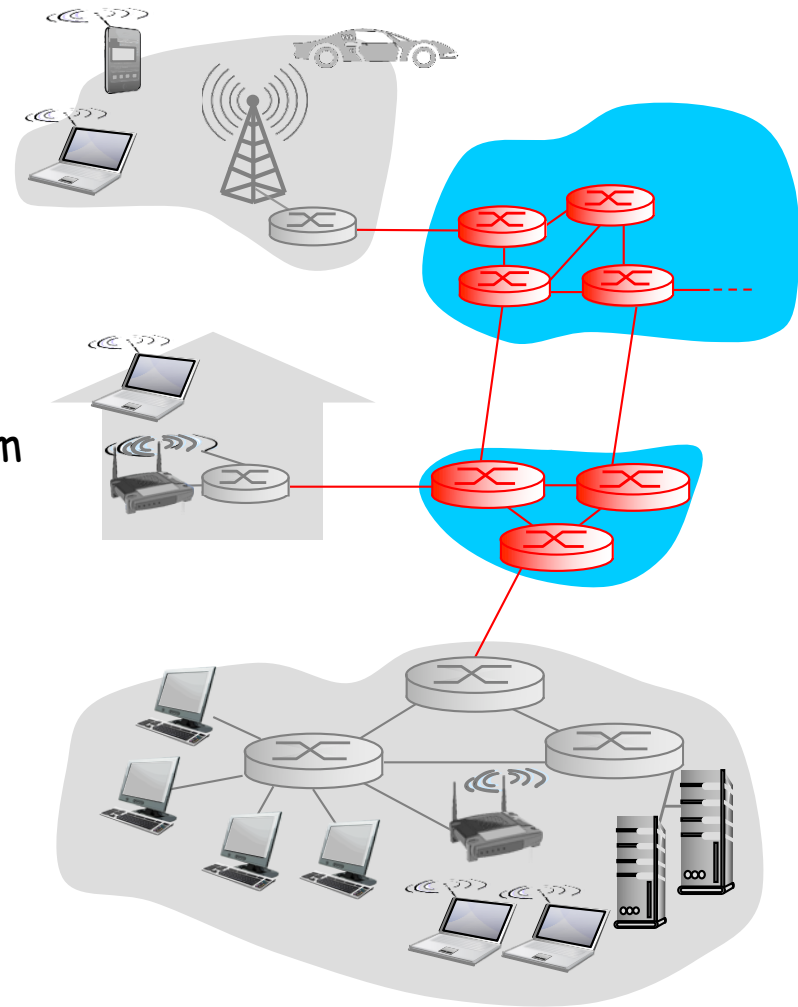
□ Satelitski linkovi

- Od nekoliko desetina Mb/s do 1Gb/s
- 270 ms kašnjenje od kraja do kraja
- geostacionarni (GEO) vs. niskoorbitni (LEO)?

Uvod u računarske mreže

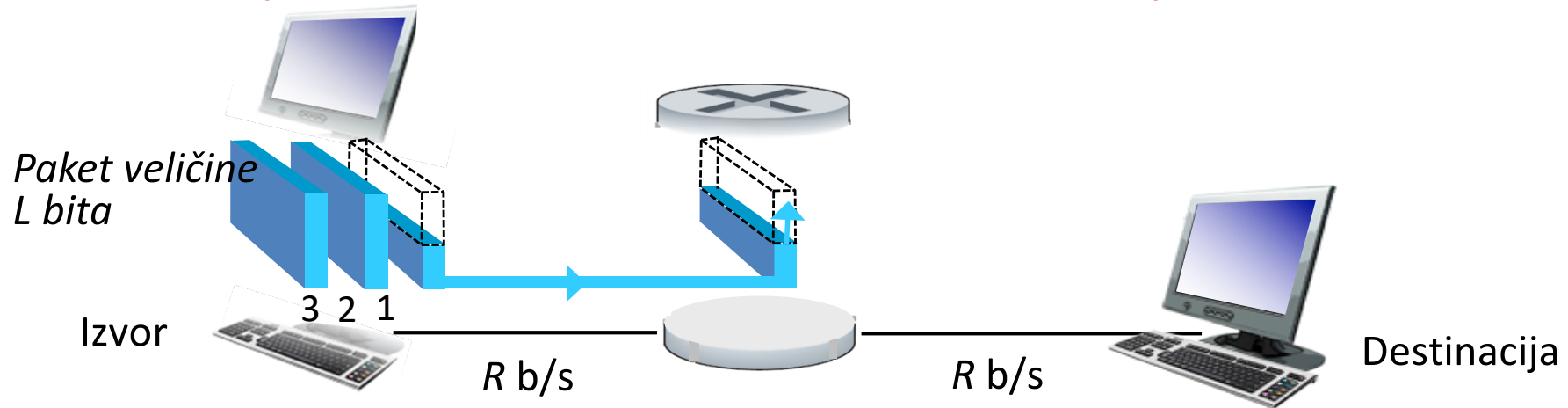
Okosnica mreže

- ❑ Skup međupovezanih rutera
- ❑ Komutacija paketa (*packet switching*):
 - Poruke se šalju preko mreže u djelovima (paketima) iz kojih se na destinaciji rekonstruiše poruka
 - Poruke se prosleđuju od rutera do rutera
 - Svaki paket se prenosi maksimalnom brzinom prenosa koju obezbeđuje link



Uvod u računarske mreže

Komutacija paketa: uskladišti i proslijedi



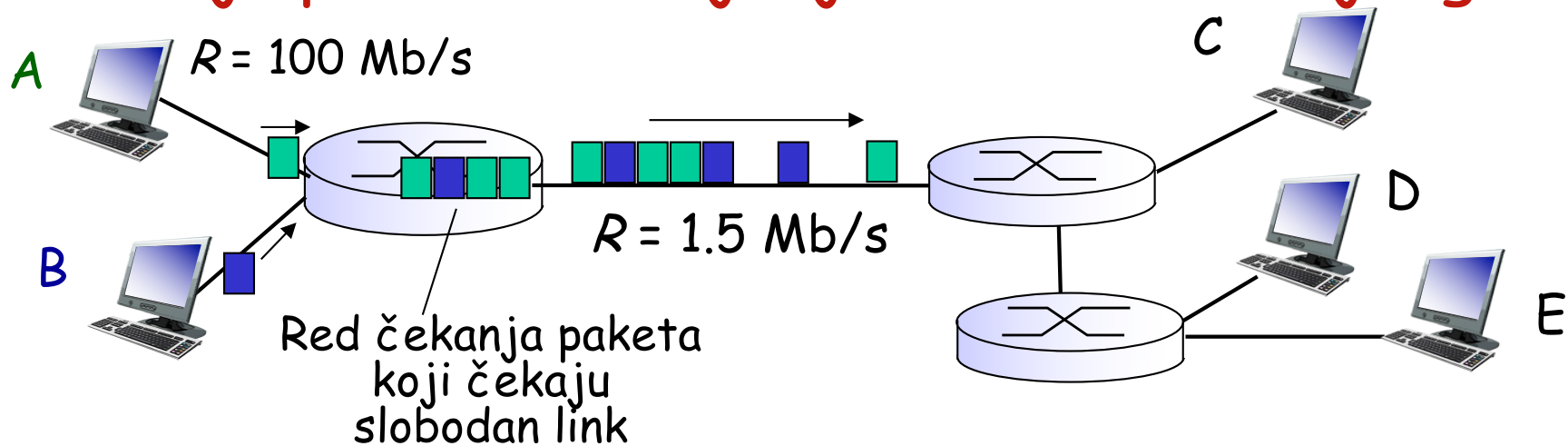
- Potrebno je L/R sekundi da bi se paket veličine L bita "iznio" na link brzine R b/s
- **Uskladišti i proslijedi:** kompletan paket mora doći do rutera prije nego što se on proslijedi na naredni link
- Kašnjenje od kraja do kraja = $2L/R$ (ako se zanemari kašnjenje uslijed propagacije)

Primjer:

- $L = 7.5$ Mb
- $R = 1.5$ Mb/s
- Kašnjenje uslijed prenosa = 5 s

Uvod u računarske mreže

Komutacija paketa: kašnjenje u redu čekanja, gubici



Red čekanja i gubici:

- ❖ Ako je dolazna brzina paketa približna brzini prenosa na linku u određenom intervalu vremena:
 - Paketi se smještaju u red čekanja, čekaju na oslobađanje linka
 - Paketi se odbacuju ako nema dovoljno memorijskog prostora u baferu

Uvod u računarske mreže

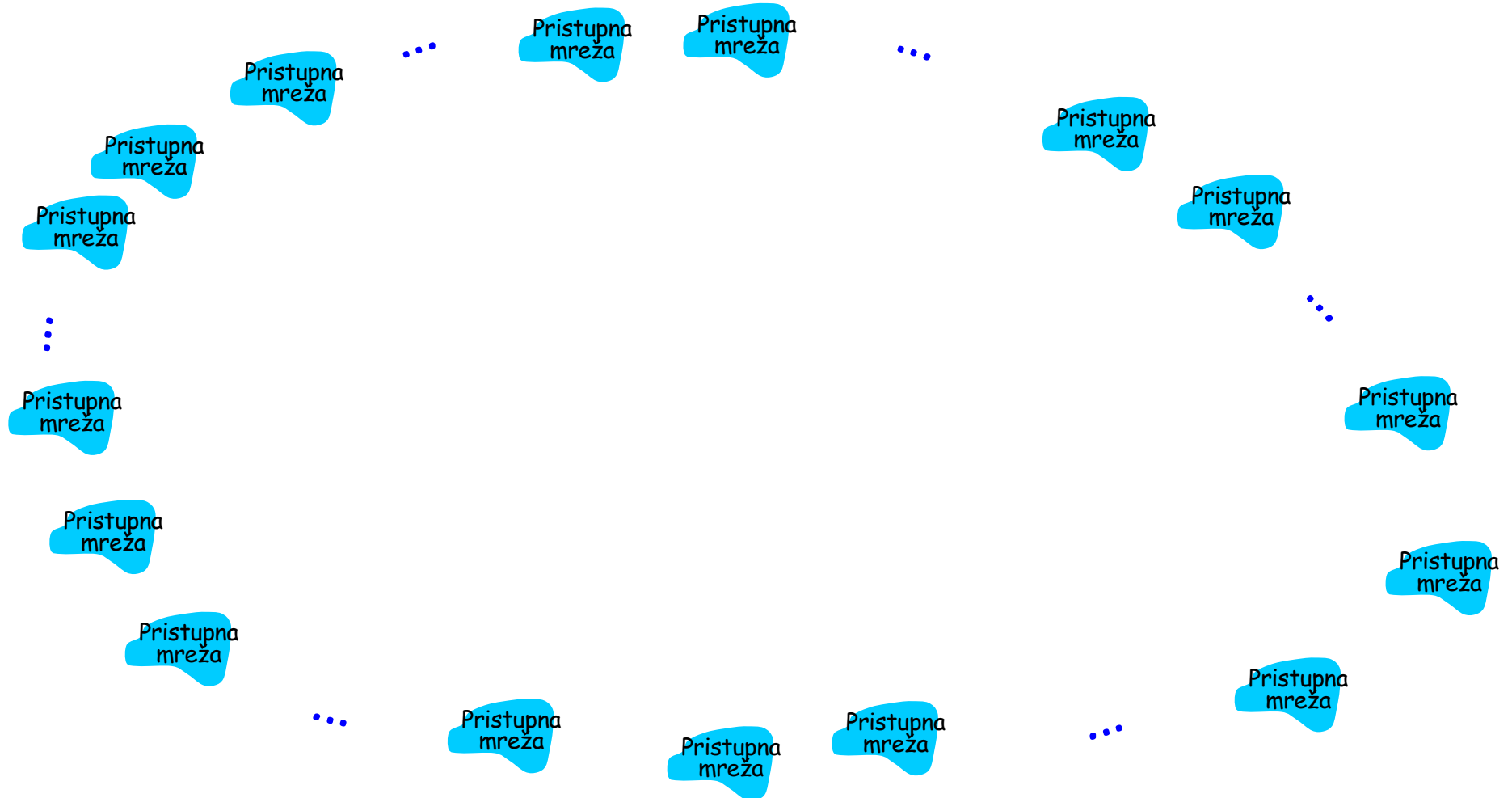
Internet struktura: mreža svih mreža

- ❖ Krajnji sistemi se povezuju na Internet preko **preko ISP-ova** (Internet Service Provider)
 - Rezidencijalni, kompanijski i univerzitetski ISP-ovi
- ❖ Pristupni ISP-ovi moraju biti međupovezani, tako da se između bilo koja dva hosta mogu razmjenjivati podaci
- ❖ Veoma kompleksna mreža svih mreža
 - ❖ Evolucija je uzrokovana **ekonomskim razlozima i nacionalnim politikama**

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

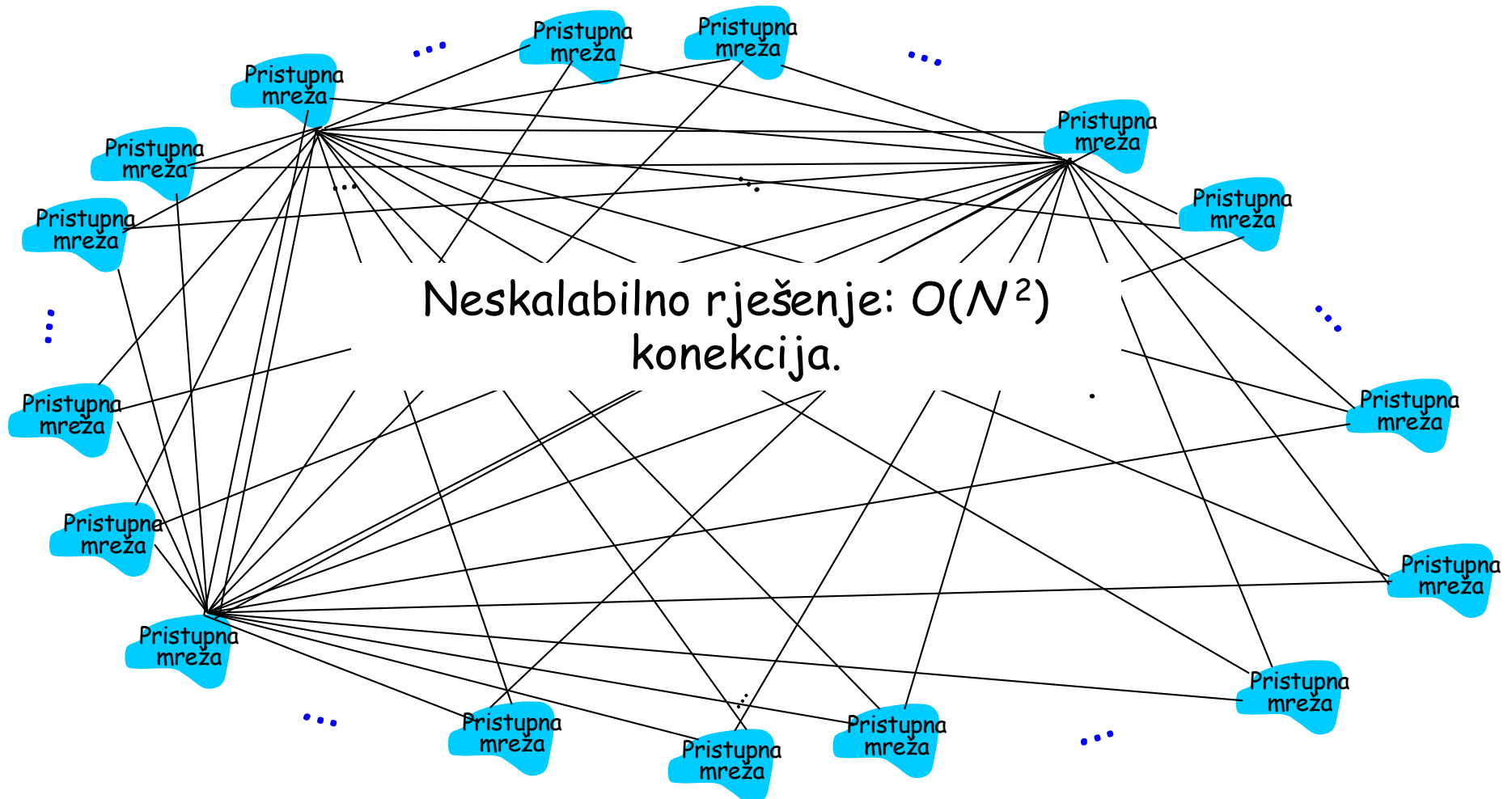
Pitanja: kako povezati milione postojećih pristupnih mreža?



Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

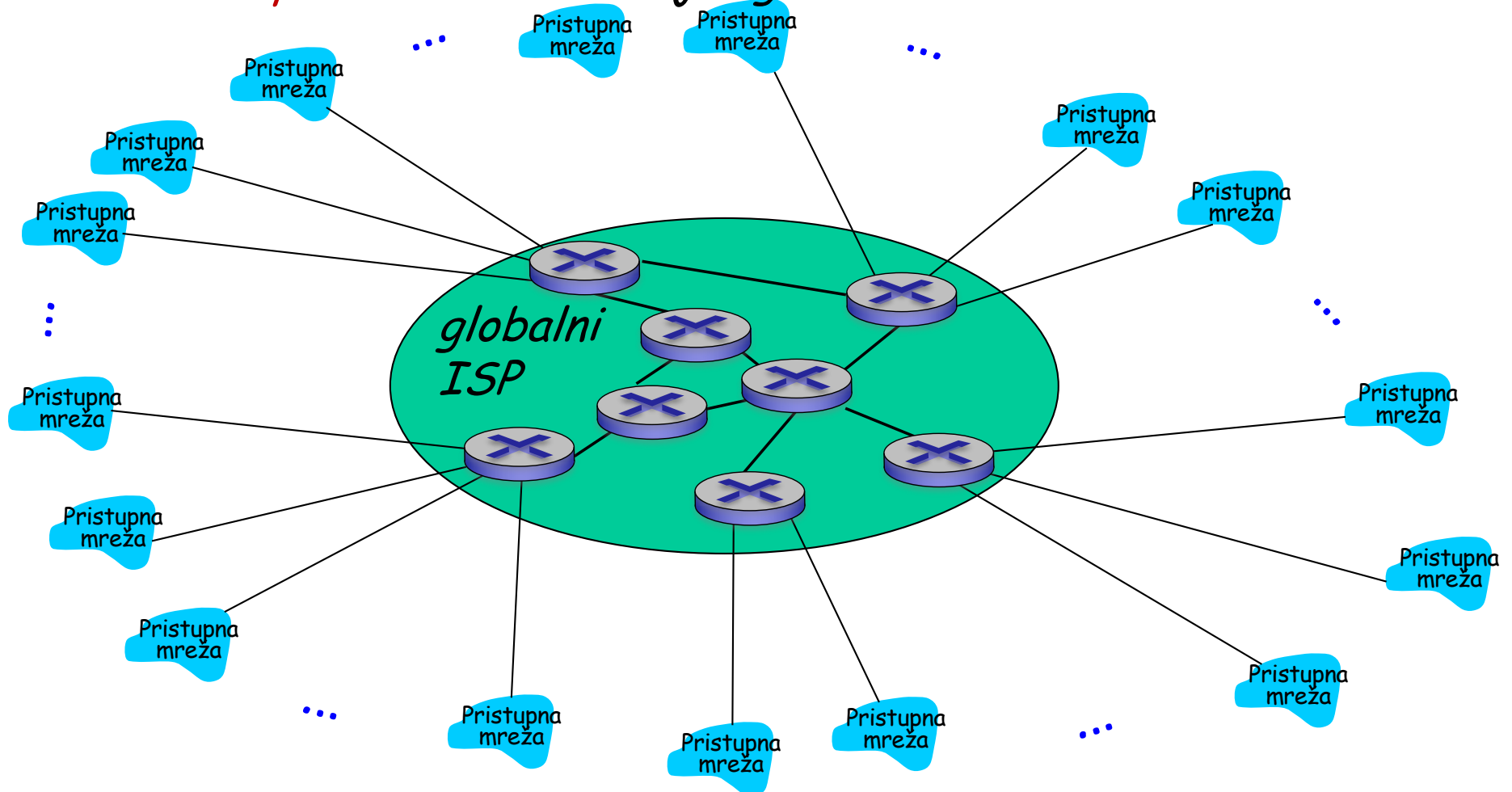
Opcija 1: povezati svakog sa svakim?



Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

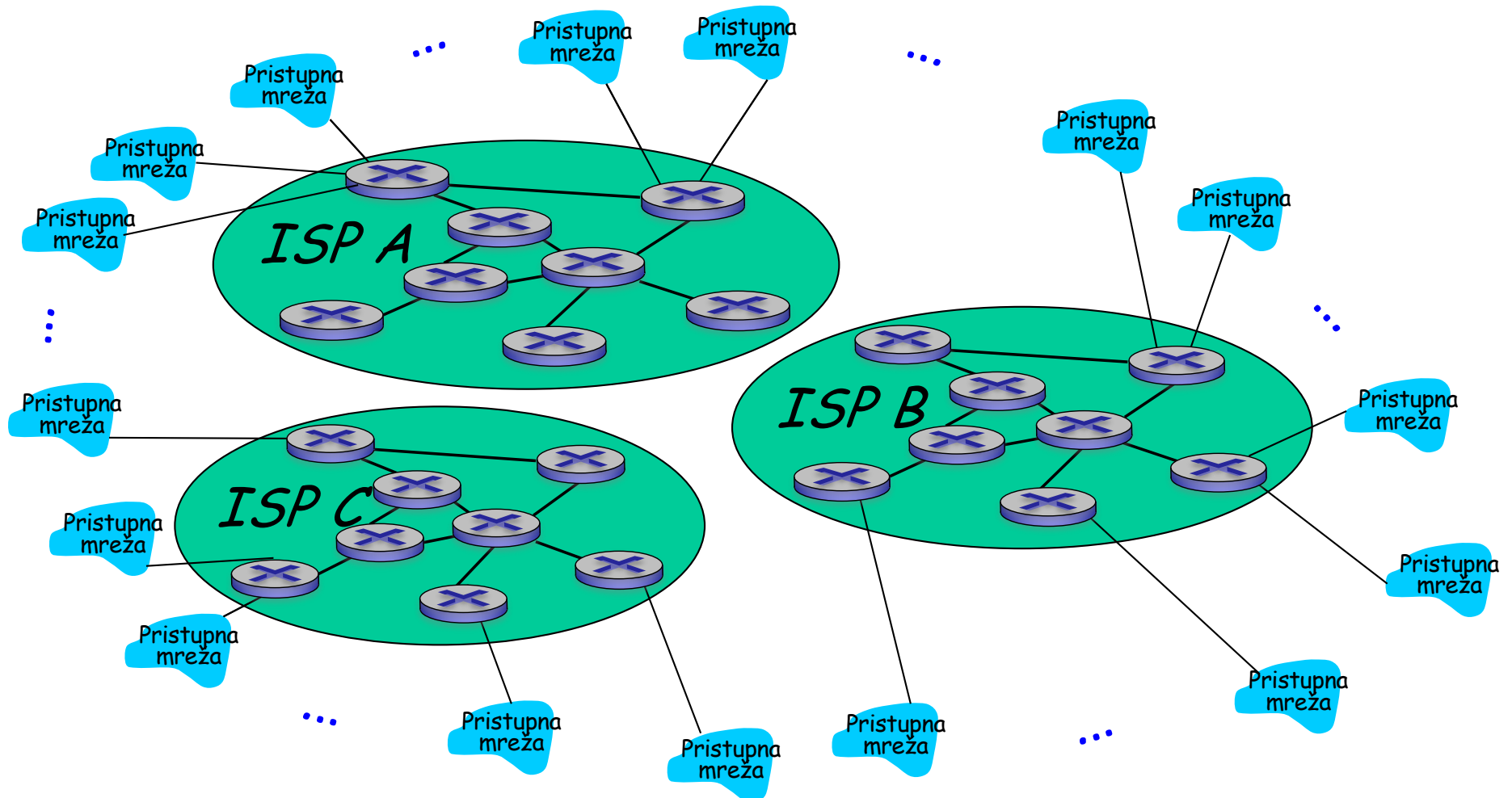
*Opcija 2: povezati sve pristupne ISP na globalni tranzitni ISP?
Korisnički i operatorski ISP imaju ugovoreni odnos.*



Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

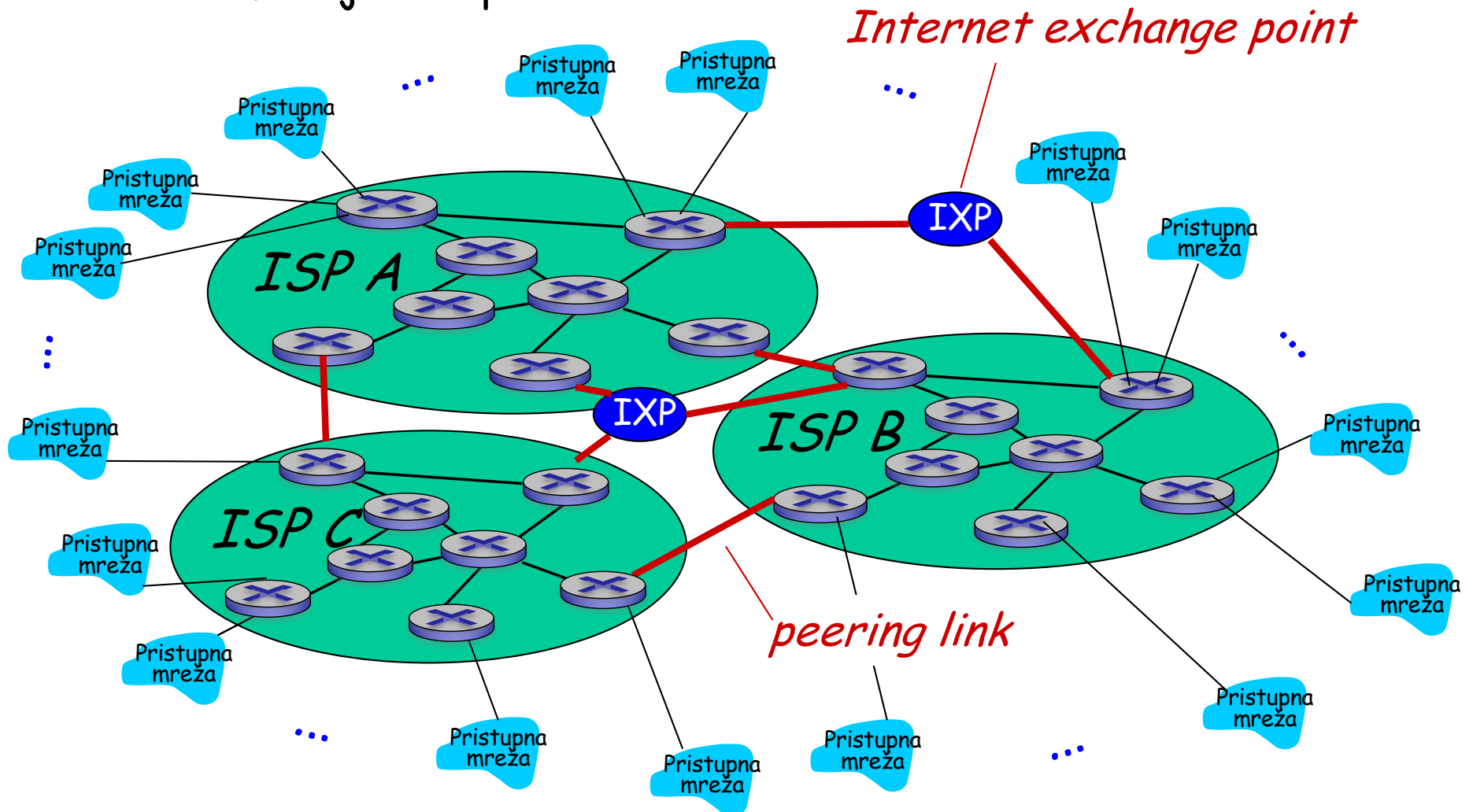
ISP je primamljiv biznis koji privlači konkurenciju....



Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

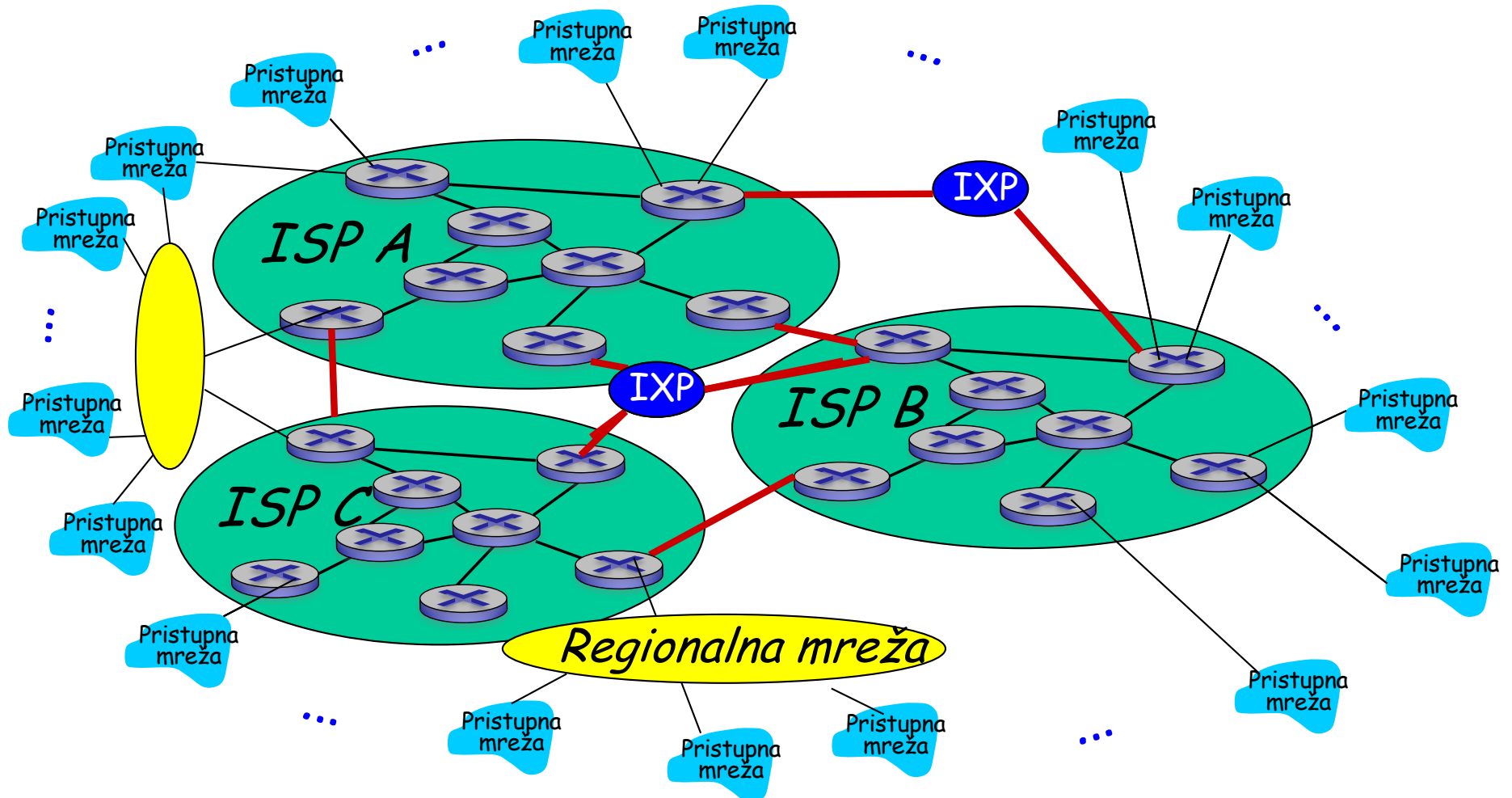
Konkurenti moraju biti povezani



Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

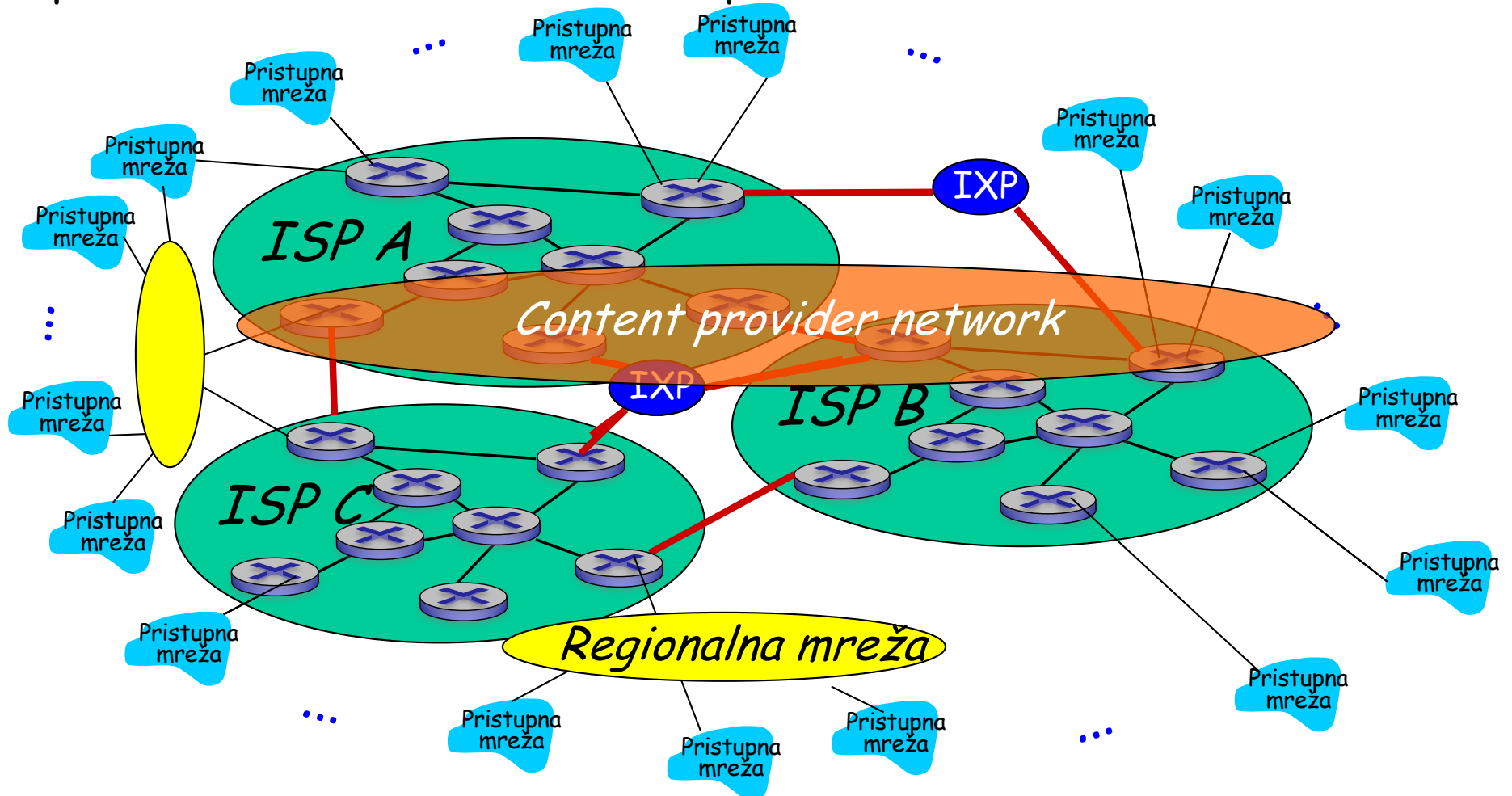
... pojavljuju se i regionalni ISP-ovi



Uvod u računarske mreže

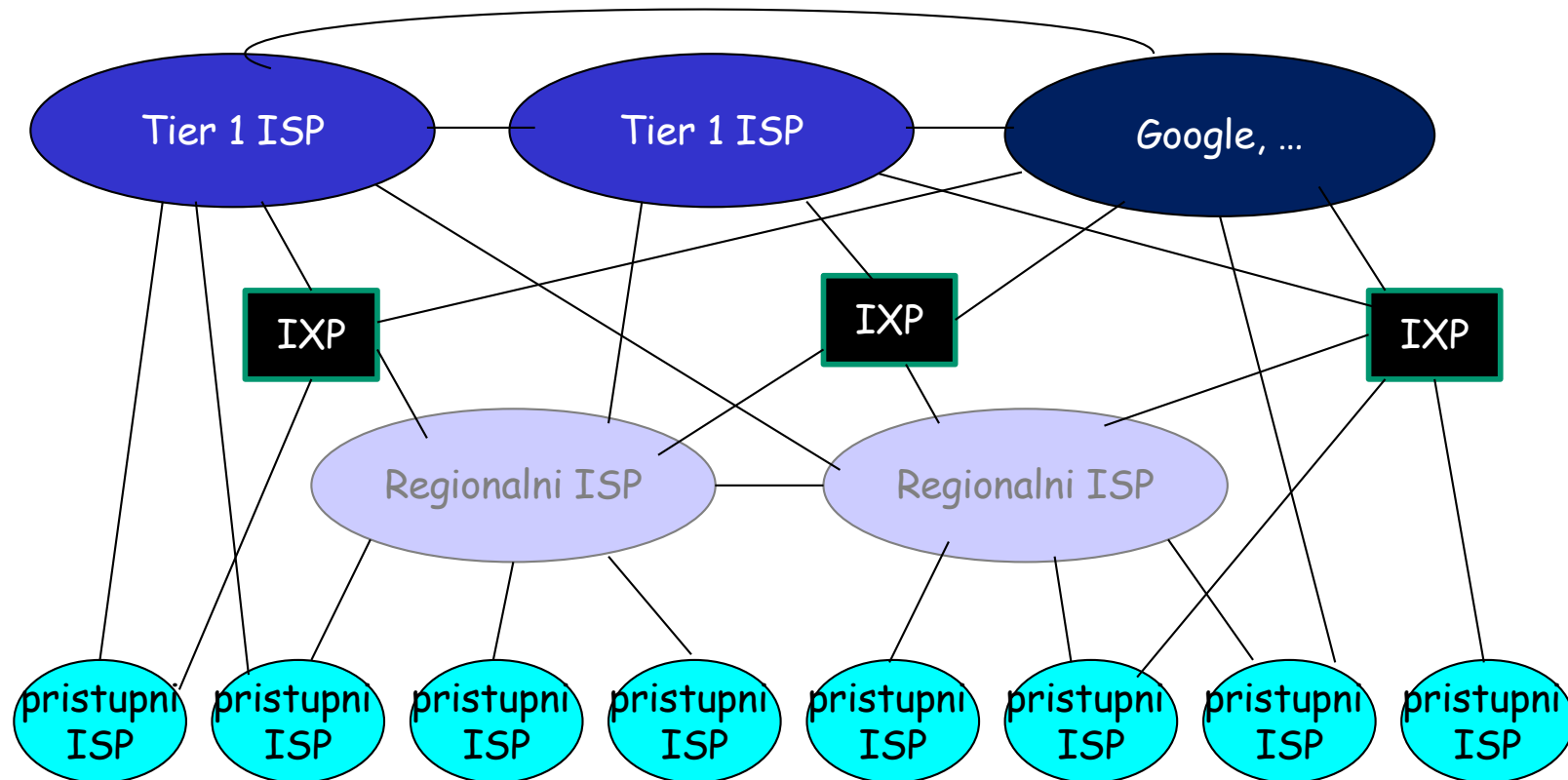
Internet struktura: mreža svih mreža

... i content provider mreže (Google, Microsoft, Akamai,...) grade sopstvene mreže kako bi servise "primakle" korisnicima



Uvod u računarske mreže

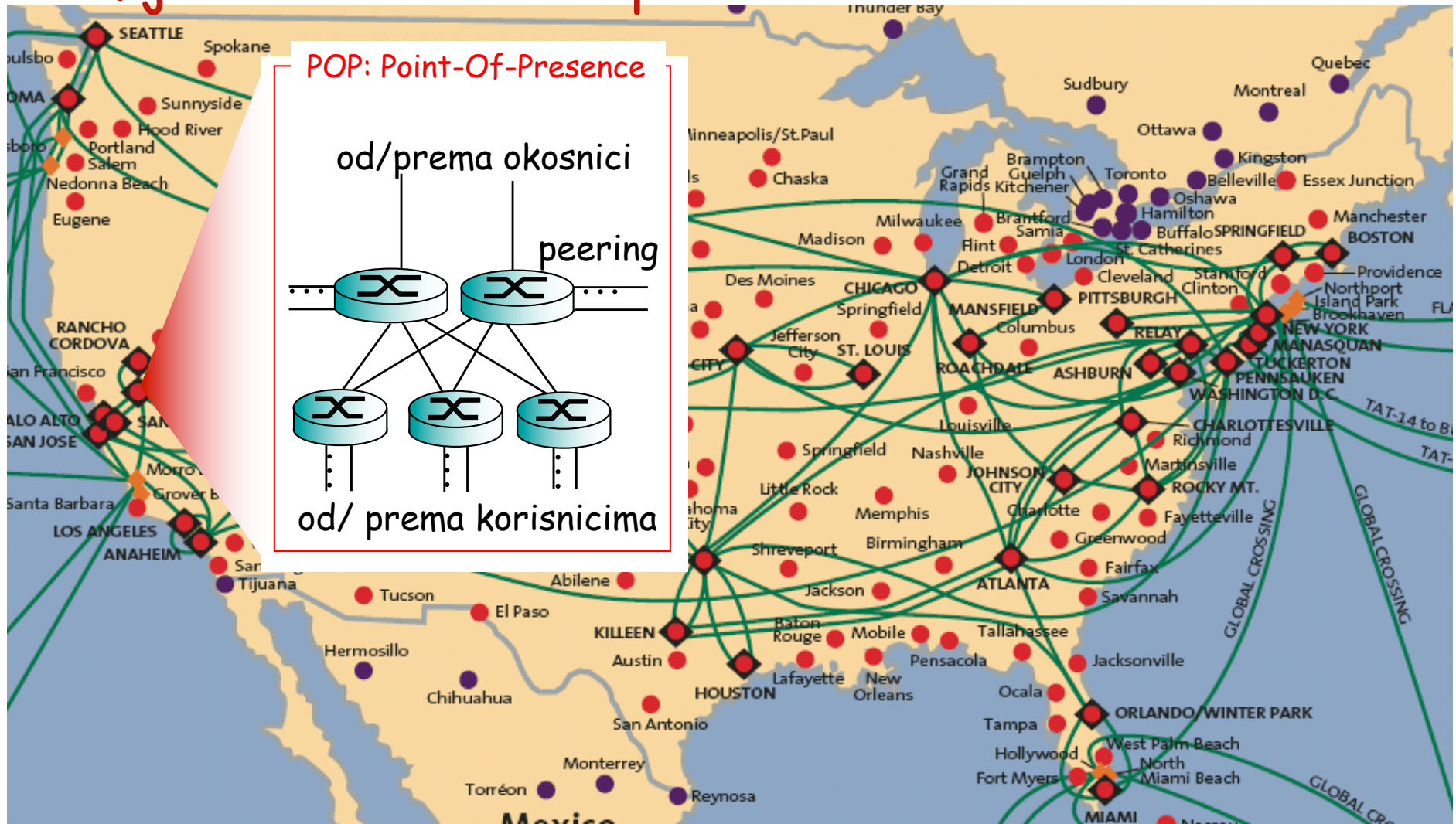
Internet struktura: mreža svih mreža



- U centru: mali broj veoma dobro povezanih velikih mreža
 - “Tier-1” komercijalni ISP-ovi (npr. Level 3, Sprint, AT&T, NTT, Deutsche Telekom,...), nacionalno i međunarodno pokrivanje
 - *Content provider mreža* (Google, Microsoft,...): privatna mreža koja povezuje data centre na Internet, obično zaobilazeći tier-1 i regionalne ISP-ove

Uvod u računarske mreže

Primjer Tier-1 ISP: Sprint



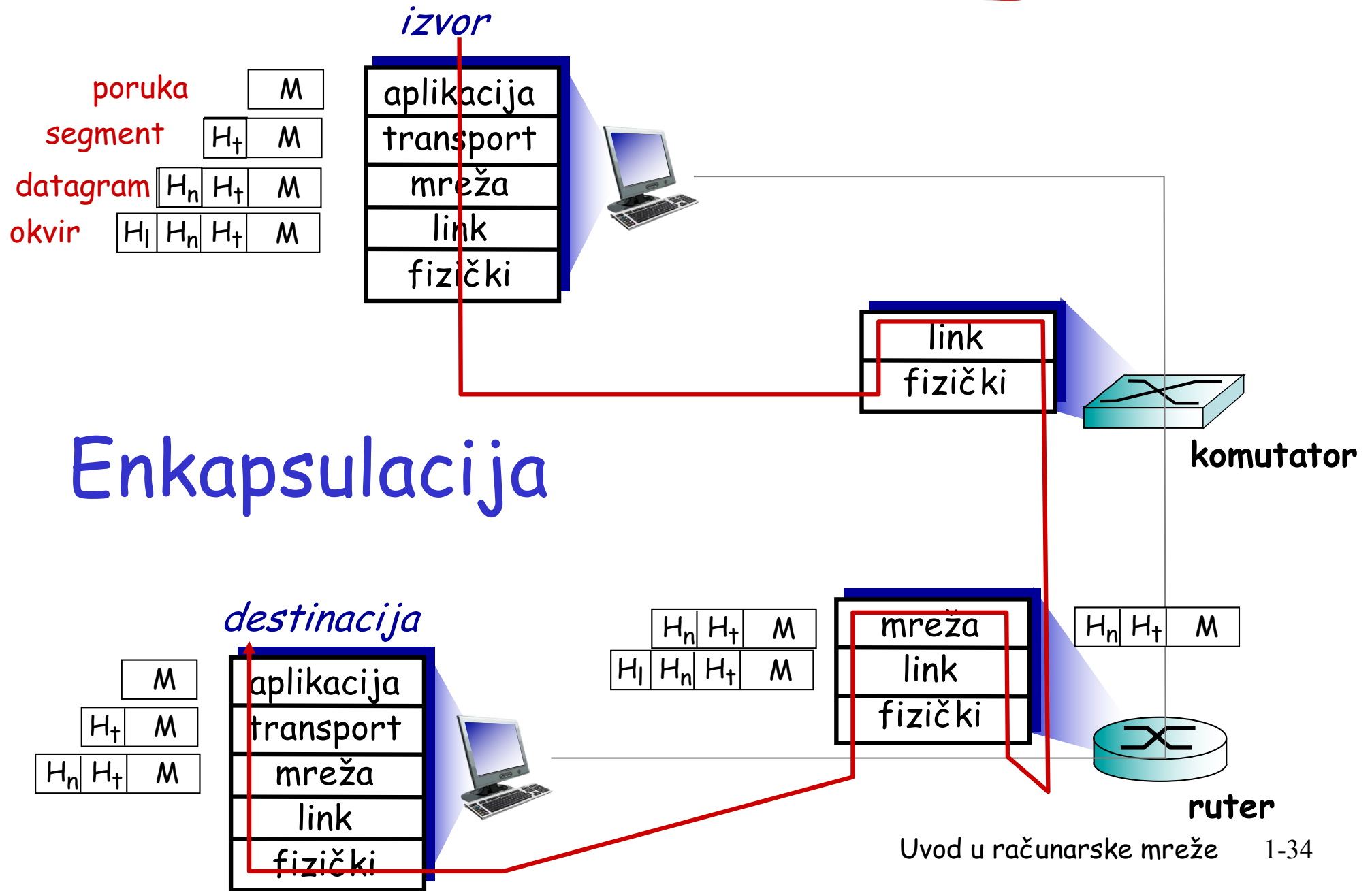
Uvod u računarske mreže

Internet arhitektura

- ❑ **Aplikacija:** podržava mrežne aplikacije
 - FTP, SMTP, STTP
- ❑ **Transport:** host-host prenos podataka
 - TCP, UDP
- ❑ **Mreža:** rutiranje datagrama od izvora do destinacije
 - Internet Protocol (IP), rutirajući protokoli
- ❑ **Link :** prenos podataka između susjednih mrežnih elemenata
 - PPP, Ethernet
- ❑ **Fizički:** biti “po žici”



Uvod u računarske mreže



Uvod u računarske mreže

Internet danas

2005-danas

- ❑ ~ 5 milijardi povezanih hostova
 - Pametni telefoni i tableti
- ❑ Agresivna implementacija širokopojasnog pristupa
- ❑ Povećanje sveprisutnosti veoma brzog bežičnog pristupa
- ❑ Ekspanzija društvenih mreža:
 - Facebook: milijarde korisnika
- ❑ Provajderi servisa (Google, Microsoft,...) kreiraju sopstvene mreže
 - zaobilaze Internet, obezbjeđuju “trenutni” pristup pretraživanju, email,...
- ❑ E-commerce, univerziteti, kompanije implementiraju sopstvene servise u “cloud” (npr, Amazon EC2)
- ❑ Sve izraženiji sigurnosni problemi!!!!!!!

Uvod u računarske mreže

Zaštita računarskih mreža

- **Oblasti zaštite:**
 - Kako se mreža napada?
 - Kako se mreža može odbraniti?
 - Kako napraviti mrežu imunu na napade?
- **Na početku Internet nije dizajniran sa zaštitom u fokusu**
 - *Originalna vizija:* “grupa uzajamno pouzdanih korisnika povezanih na transparentnu mrežu” 😊
 - Dizajneri Internet protokola pokušavaju da prestignu bezbjedonosne izazove
 - Zaštita na svim nivoima!

Uvod u računarske mreže

Malware

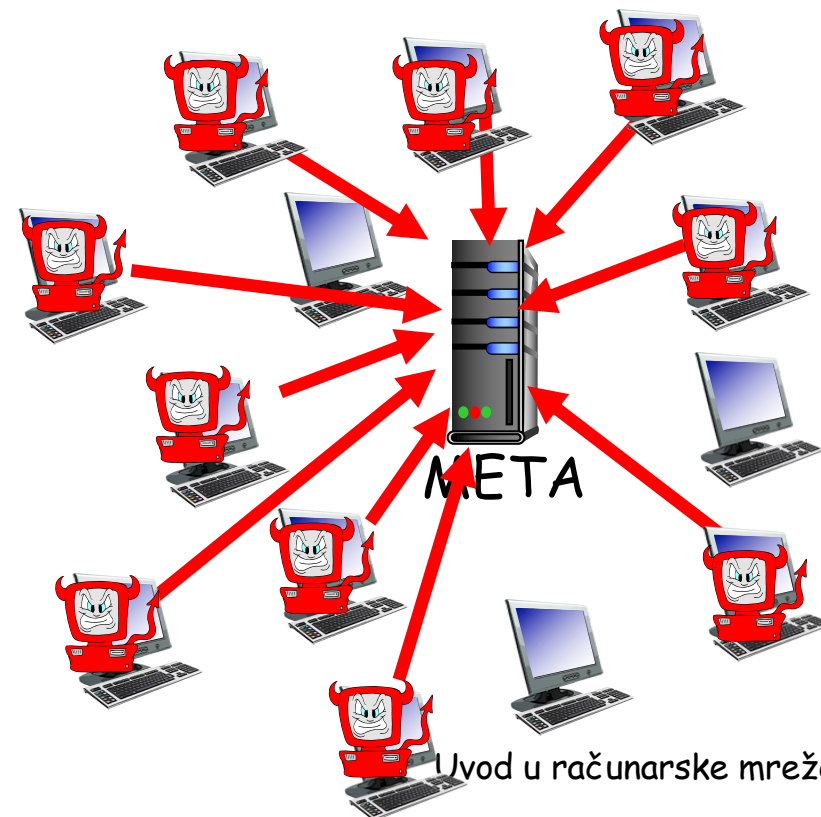
- Može sa Interneta dospjeti u host pomoću:
 - *virusa*: samo-replicirajuća "zaraza" prijemom/izvršavanjem programa (npr. *e-mail attachment*)
 - *worm*: samo-replicirajuća "zaraza" pasivnim prijemom objekta koji se samoizvršava
- *Spyware malware* može
 - evidentirati unos sa tastature,
 - evidentirati posjećene web sajtove,
 - slati prikupljene informacije,...
- Inficirani host može postati **botnet**, koji se koristi za spamovanje ili DDoS napade

Uvod u računarske mreže

Napad na server ili mrežnu infrastrukturu

Denial of Service (DoS): napadači resurse mreže (serveri ili mrežni kapaciteti) čine nedostupnim legitimnim korisnicima preopterećenjem vještački generisanim saobraćajem

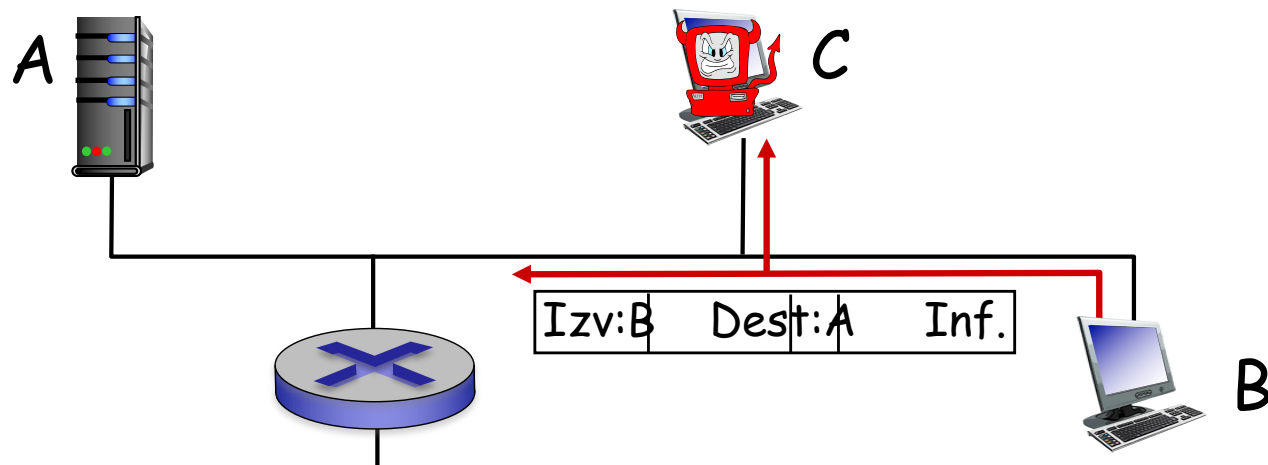
1. Izbor mete
2. Upad u hostove oko mete (botnet)
3. Slanje paketa meti od strane kompromitovanih hostova



Uvod u računarske mreže

Packet “sniffing”:

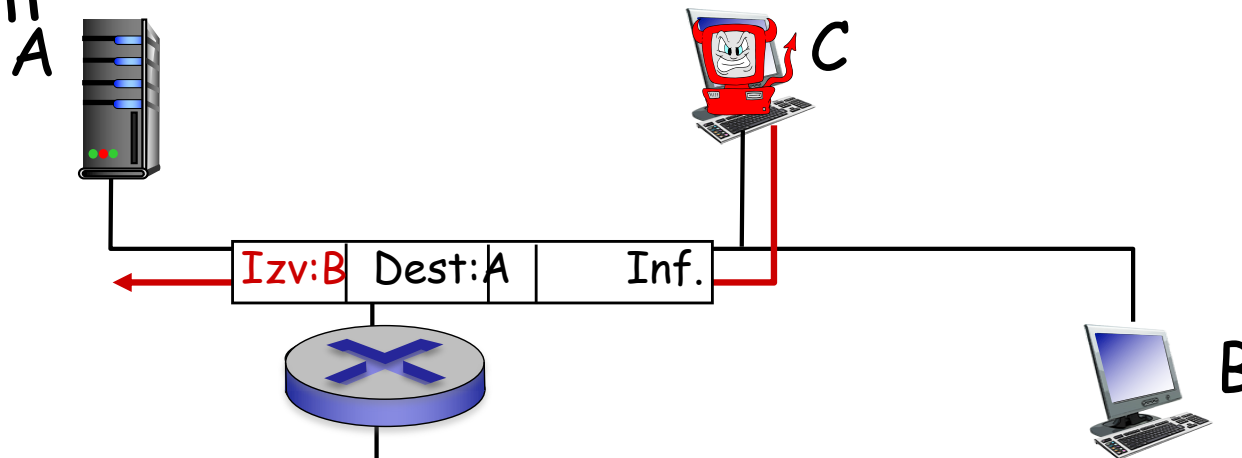
- Zajednički medijum za prenos (dijeljeni Ethernet, bežični link)
- Promiskuitetni mrežni interfejs analizira sve pakete koji se prenose



- Wireshark software je primjer bezplatnog *packet sniffer* programa

Uvod u računarske mreže

IP spoofing: slanje paketa sa netačnom izvorišnom adresom



Uvod u računarske mreže

