

Računarske mreže (napredni kurs) SPR

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ac.me

mr Slavica Tomović

slavicat@ac.me

O čemu se radi?

Kurs Računarske mreže (napredni kurs) nudi:

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

Ciljevi

- ❑ Unaprijediti znanje iz računarskih mreža
- ❑ Stvoriti uslove za aktivno učešće polaznika u budućem razvoju Interneta

Informacije o kursu

- **Kome je namijenjen kurs?**
 - Studentima specijalističkih studija na SPR
- **Šta je poželjno znati od ranije?**
 - Računarske mreže i komunikacije, Poslovne računarske mreže, Internet tehnologije
- **Materijali kursa:**
 - Prezentacije urađene od strane autora knjige: *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet*, J. Kurose & Keith Ross, Addison Wesley, 7th edition, 2017
 - Zabilježke 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 28.09.	Uvod u računarske mreže.
II nedjelja 05.10.	Performanse računarskih mreža
III nedjelja 12.10.	Principi protokola nivoa aplikacije. HTTP
IV nedjelja 19.10.	Principi protokola nivoa transporta.
V nedjelja 26.10.	Nekonektivni transportni servis (UDP). Konektivni transportni servis (TCP).
VI nedjelja 02.11.	Nivo mreže. IP protokol
VII nedjelja 09.11.	IP adresiranje. Rutiranje.
VIII nedjelja 16.11.	Ruter.
IX nedjelja 23.11.	Kolokvijum
X nedjelja 30.11.	Principi nivoa linka. Kontrola greške. Višestruki pristup
XI nedjelja 07.12.	Adresiranje nivoa linka. Ethernet. WiFi
XII nedjelja 14.12.	Switch
XIII nedjelja 21.12.	Principi implementacije multimedijalnih računarskih mreža
XIV nedjelja 28.12.	Osnove zaštite računarskih mreža
XV nedjelja 11.01.	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

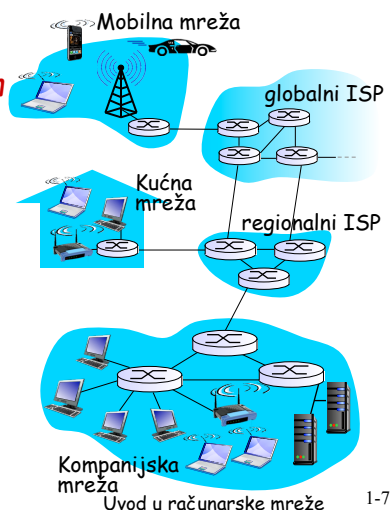
Pregled:

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

Uvod u računarske mreže

Šta je Internet?

- PC
 - server
 - wireless laptop
 - smartphone
 - Bežični linkovi
 - Žični linkovi
 - ruter
- ❑ 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*

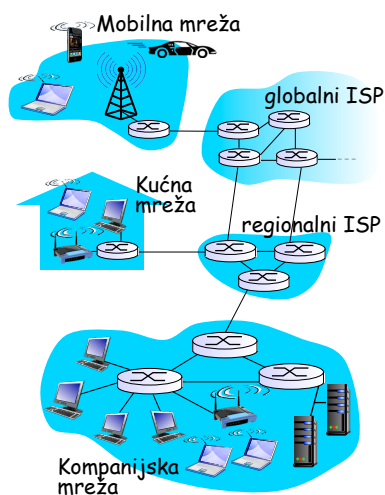


1-7

Uvod u računarske mreže

Iz čega se sastoji Internet u logičkom smislu?

- ❑ *Protokoli* kontrolišu slanje i prijem poruka
 - npr, TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
 - ❑ *Internet: "mreža svih mreža"*
 - Labava hijerarhija
 - Javni Internet
 - privatni intranet
 - ❑ Internet standardi
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force

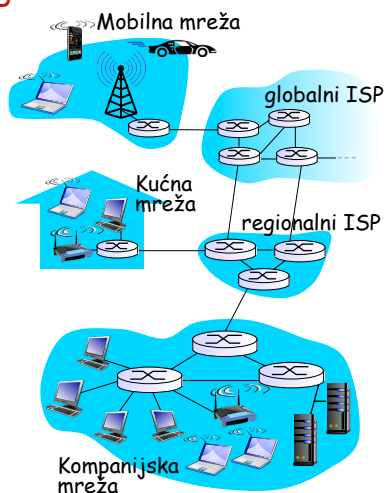


Uvod u računarske mreže 1-8

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 1-9

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

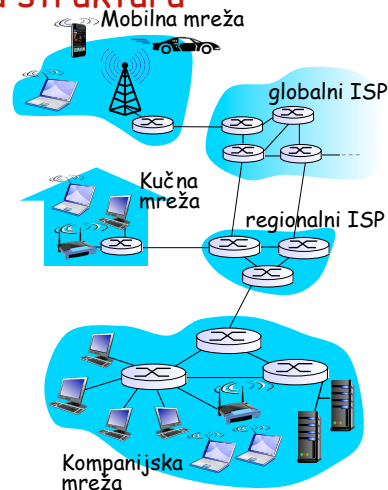
Protokoli definišu format, redosled poslatih i primljenih poruka između mrežnih entiteta, i akcije koje se sprovode nakon prijema poslatih poruka

Uvod u računarske mreže 1-10

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 1-11

Uvod u računarske mreže

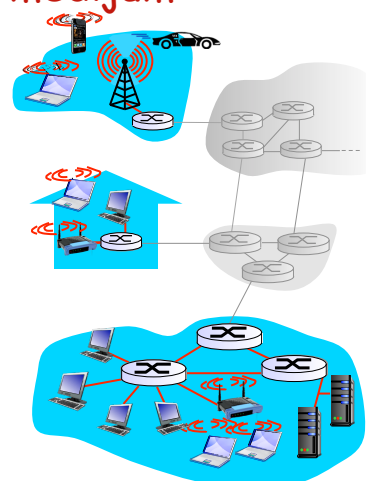
Pristupne mreže i fizički medijum

Pitanje: Kako povezati krajnji sistem na edge ruter?

- Rezidencijalne pristupne mreže
- Institucionalne pristupne mreže (škole, kompanije)
- Mobilne pristupne mreže

Važno je obratiti pažnju na

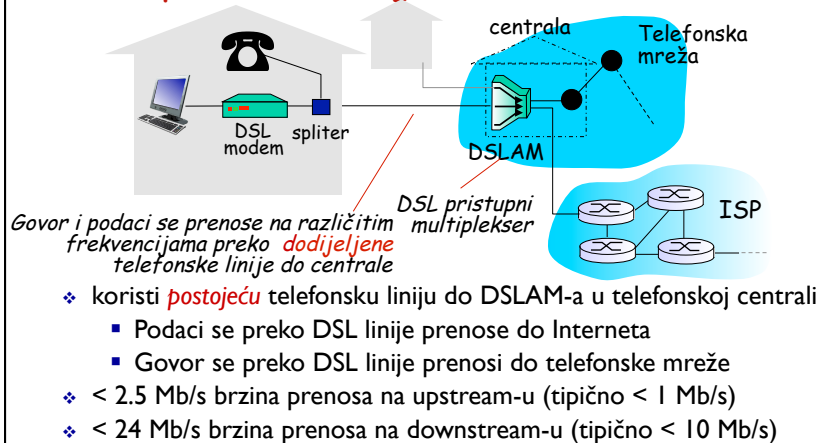
- kapacitet (b/s) pristupne mreže?
- zajednički ili dodijeljeni?



Uvod u računarske mreže 1-12

Uvod u računarske mreže

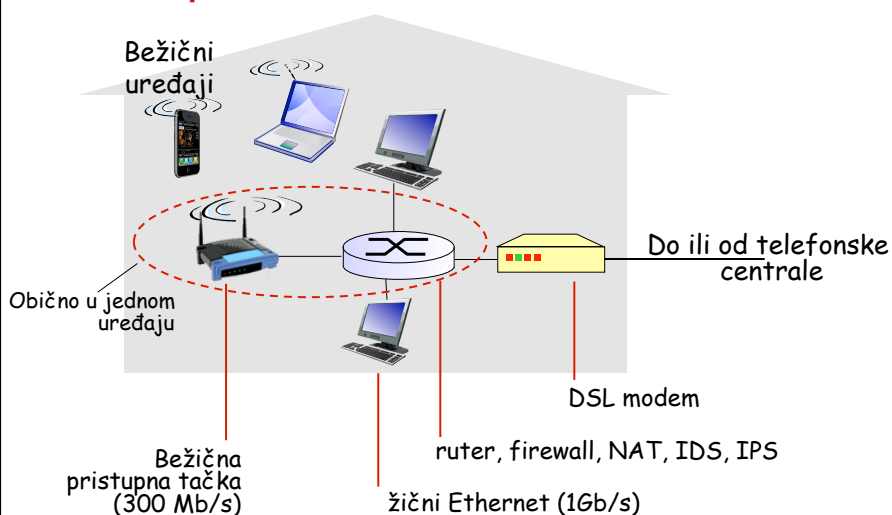
Pristupna mreža: digital subscriber line (DSL)



Uvod u računarske mreže 1-13

Uvod u računarske mreže

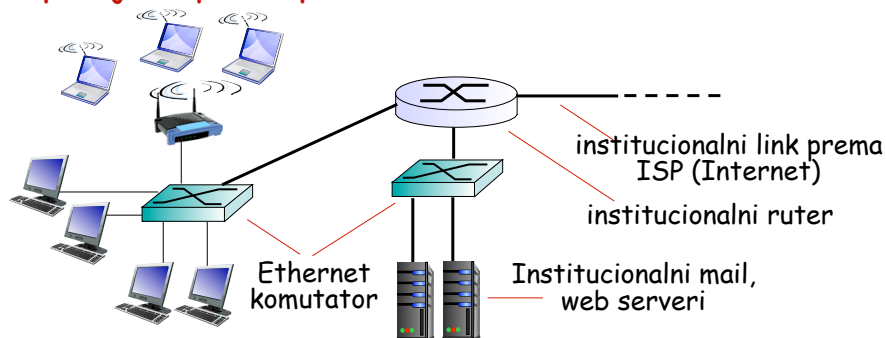
Pristupna mreža: kućna mreža



Uvod u računarske mreže 1-14

Uvod u računarske mreže

Kompanijska pristupna mreža



- Kompanije, univerziteti,...
- ❖ 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 1-15

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 (WiFi): 11/54/600 Mb/s brzina prenosa



prema Internetu

WAN bežični pristup

- Celularni pristup koji nudi operator, desetine kilometara
- Između 1 i 10 Mb/s
- 3G, 4G: LTE



prema Internetu

Uvod u računarske mreže 1-16

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 1-17

Uvod u računarske mreže

Koaksijalni kabal:

- Dva koncentrična bakarna provodnika
- bidirekcion
- Osnovni opseg:
 - jedan kanal na kabl
 - rani Ethernet
- Širokopojasni :
 - više kanala na kabl
 - 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 1-18

Uvod u računarske mreže

RADIO

- signal se prenosi elektromagnetnim talasom
- nema fizičke “žice”
- bidirekcionni
- Efekti propagacije:
 - refleksija
 - difrakcija
 - interferencija

□ Zemaljski mikrotalasni linkovi

- npr. kanali do 45 Mb/s

□ WLAN

- 2Mb/s, 11Mb/s, 54Mb/s, 600Mb/s

□ WAN

- 3G: stotine kb/s
- 3.5G nekoliko Mb/s
- 4G (LTE Advanced i IEEE 802.15m): 1Gb/s (DL), 500Mb/s (UL)

□ Satelitski linkovi

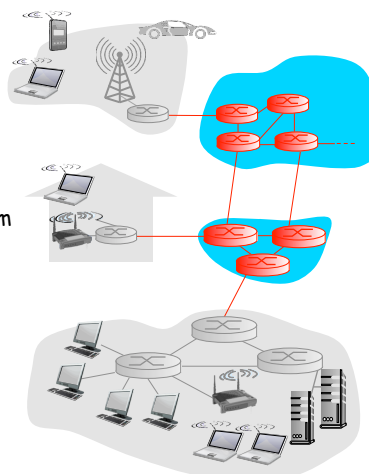
- Kanal kapaciteta 45Mb/s (ili više užih kanala)
- 270 ms kašnjenje od kraja do kraja
- geostacionarni (GEO) vs. niskoorbitni (LEO)?

Uvod u računarske mreže 1-19

Uvod u računarske mreže

Okosnica mreže

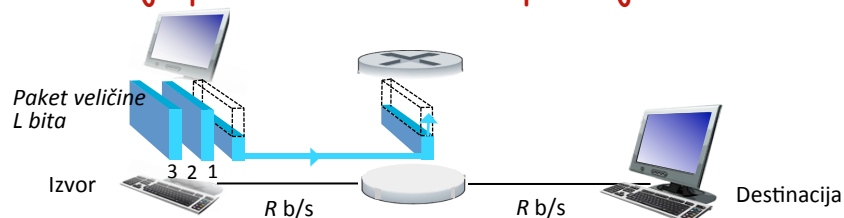
- Skup međupovezanih rutera
- Komutacija paketa (packet switching):
 - Poruke se šalju preko mreže u djelovima (paketima) iz kojih se na destinaciji rekonstruiše poruka
 - Poruke se prosleđuju od rutera do rutera
 - Svaki paket se prenosi maksimalnom brzinom prenosa koju obezbeđuje link



Uvod u računarske mreže 1-20

Uvod u računarske mreže

Komutacija paketa: uskladišti i proslijedi



- Potrebno je L/R sekundi da bi se paket veličine L bita prenio 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)

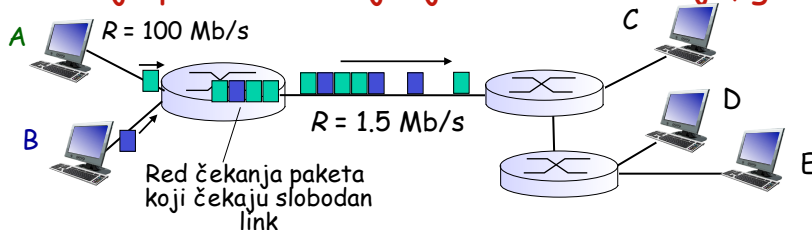
Primjer:

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

Uvod u računarske mreže 1-21

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 1-22

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

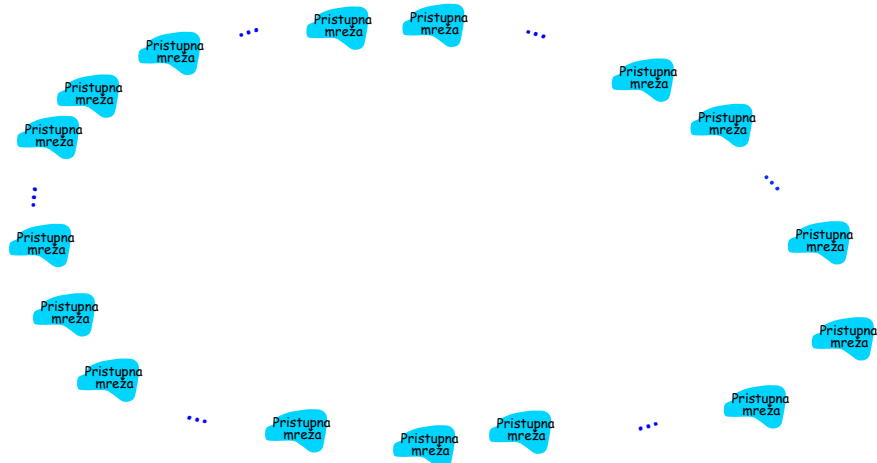
- ❖ Krajnji sistemi se povezuju na Internet preko **preko ISP-ova** (Internet Service Provider)
 - Rezidencijalni, kompanijski i univerzitetski ISP-ovi
- ❖ Pristupni ISP-ovi moraju biti međupovezani.
 - ❖ Tako da se između bilo koja dva hosta mogu razmjenjivati podaci
- ❖ Veoma kompleksna mreža svih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

Uvod u računarske mreže 1-23

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

Pitanja: kako povezati milione postojećih pristupnih mreža?

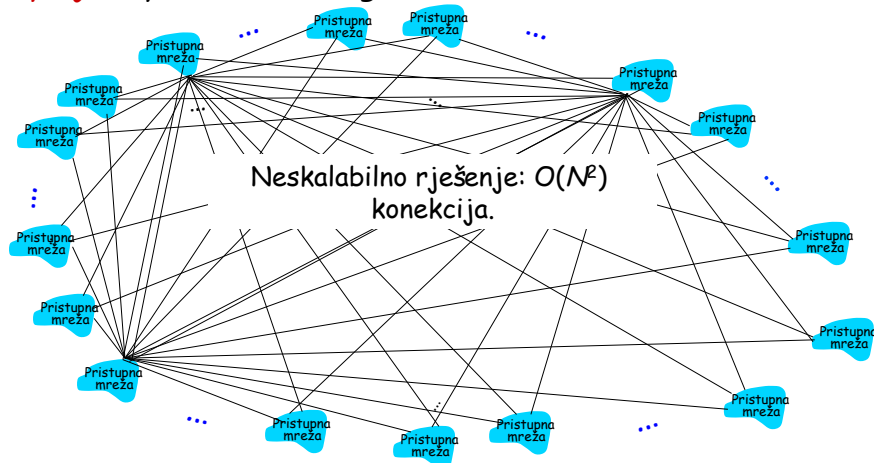


Uvod u računarske mreže 1-24

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

Opcija 1: povezati svakog sa svakim?

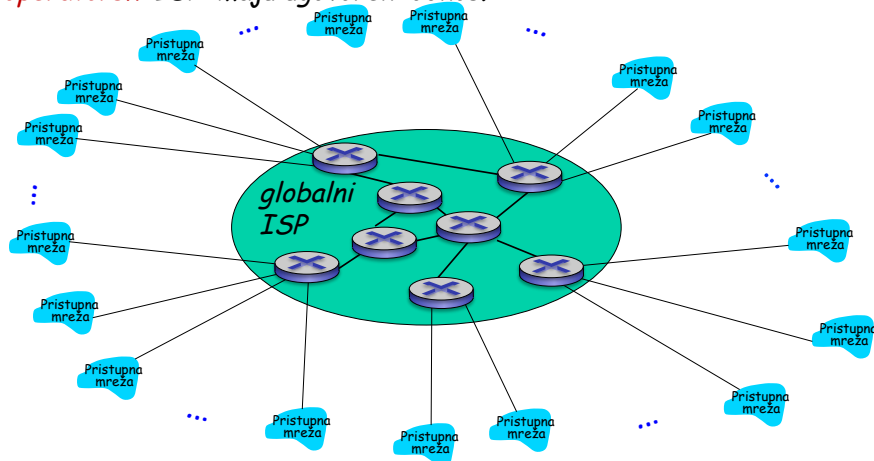


Uvod u računarske mreže 1-25

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.

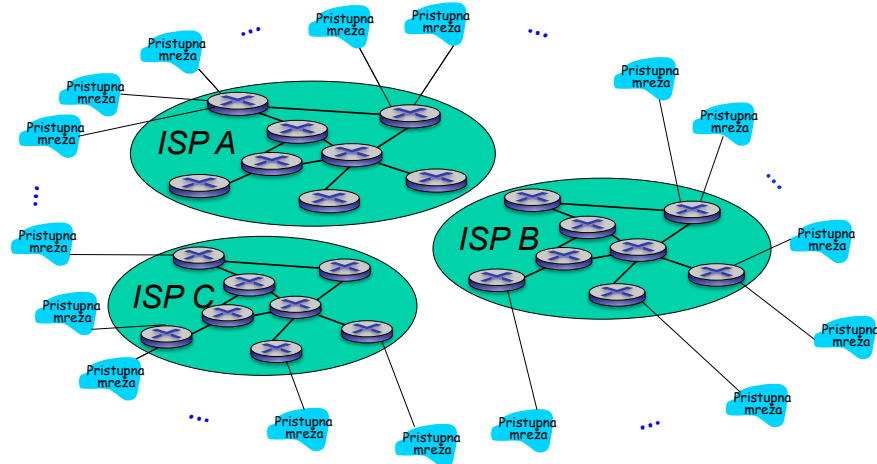


Uvod u računarske mreže 1-26

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

ISP je primamljiv biznis koji privlači konkurenciju....

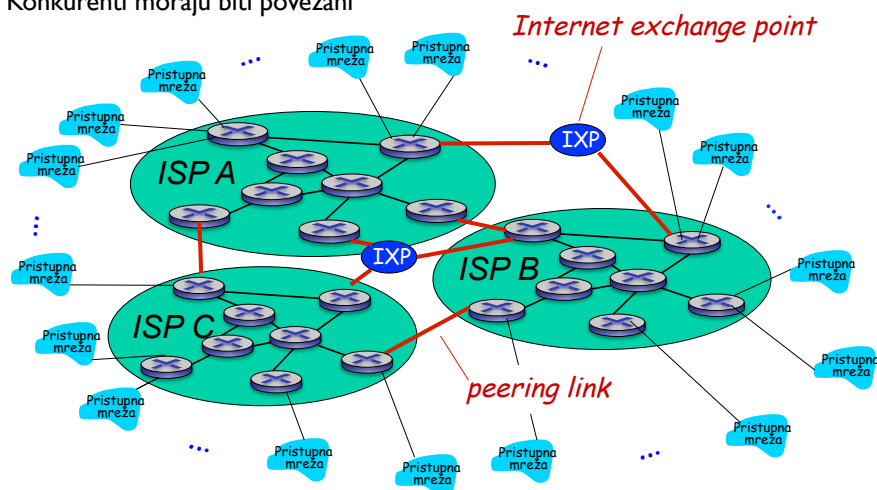


Uvod u računarske mreže 1-27

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

Konkurenti moraju biti povezani

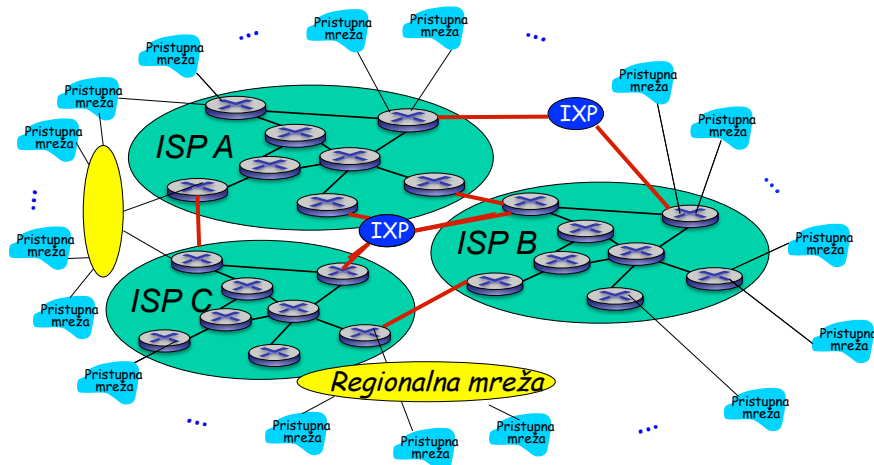


Uvod u računarske mreže 1-28

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

... pojavljuju se i regionalni ISP-ovi

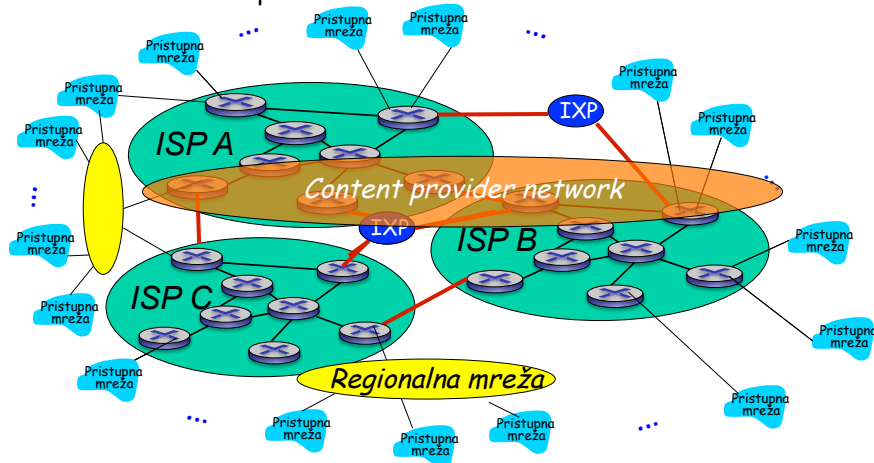


Uvod u računarske mreže 1-29

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

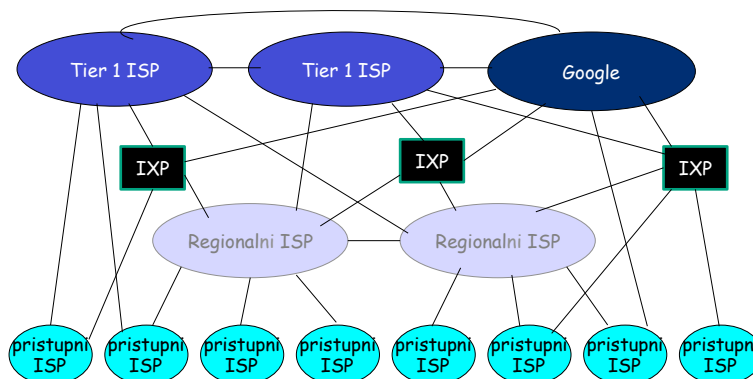
... i content provider mreže (Google, Microsoft, Akamai,...) grade sopstvene mreže kako bi servise "primakle" korisnicima



Uvod u računarske mreže 1-30

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

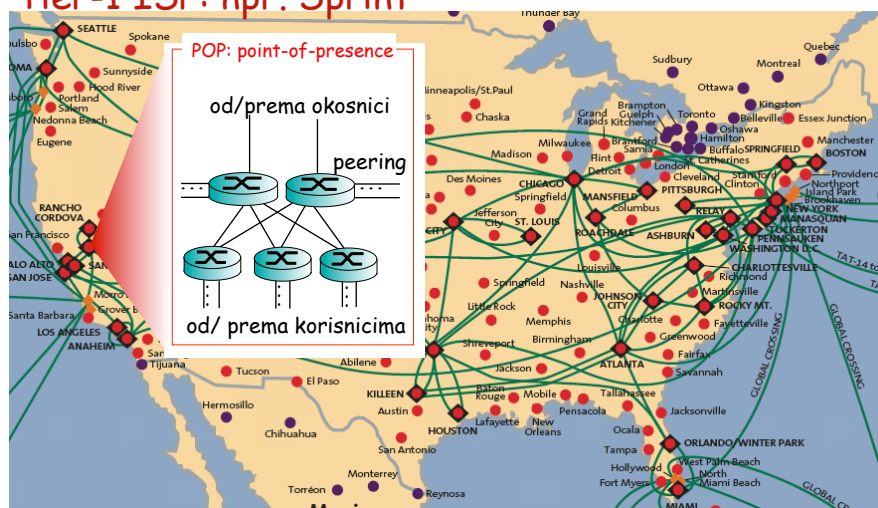


- U centru: mali broj veoma dobro povezanih velikih mreža
 - "tier-1" komercijalni ISP-ovi (npr. Level 3, Sprint, AT&T, NTT), nacionalno & međunarodno pokrivanje
 - content provider mreža (npr. Google): privatna mreža koja povezuje data centre na Internet, obično zaobilazeći tier-1 i regionalne ISPove

Uvod u računarske mreže 1-31

Uvod u računarske mreže

Tier-1 ISP: npr. Sprint

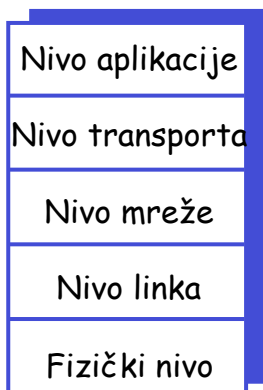


Uvod u računarske mreže 1-32

Uvod u računarske mreže

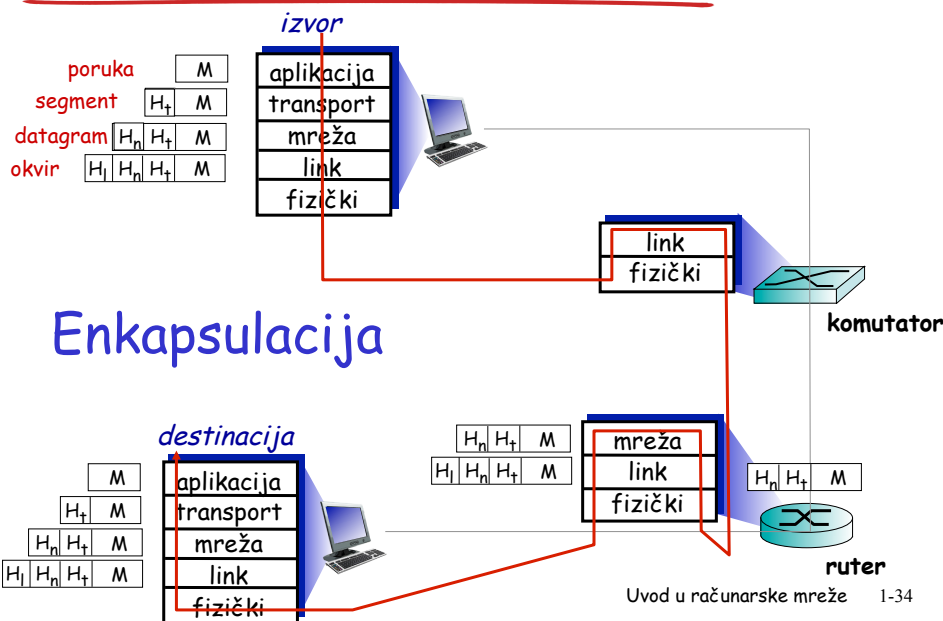
Internet arhitektura

- ❑ **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 1-33

Uvod u računarske mreže



Uvod u računarske mreže

Internet danas

2005-danas

- ❑ ~ 5 milijardi povezanih hostova
 - Pametni telefoni i tableti
- ❑ Agresivna implementacija širokopojsnog pristupa
- ❑ Povećanje sveprisutnosti veoma brzog bežičnog pristupa
- ❑ Ekspanzija društvenih mreža:
 - Facebook: milijarda 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 1-35

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 1-36

Uvod u računarske mreže

Malware

- ❑ Može sa Internetu 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, posjećene web sajtove, slati prikupljene informacije
- ❑ inficirani host može postati **botnet**, koji se koristi za spamovanje ili DDoS napade

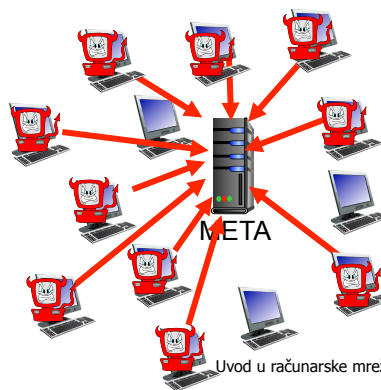
Uvod u računarske mreže 1-37

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

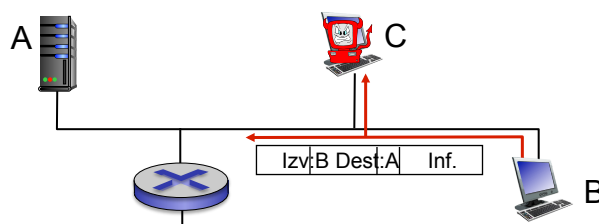


Uvod u računarske mreže 1-38

Uvod u računarske mreže

Packet “sniffing”:

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

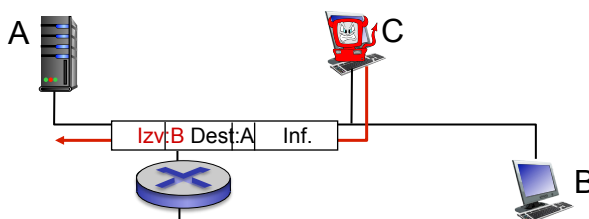


- Wireshark software je primjer bezplatnog packet-sniffera

Uvod u računarske mreže 1-39

Uvod u računarske mreže

IP spoofing: slanje paketa sa netačnom izvorišnom adresom



Uvod u računarske mreže 1-40

Uvod u računarske mreže

