

Računarske mreže

(Studijski program: Računari)

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ac.me

mr Slavica Tomović

slavicat@ac.me

Uvod u računarske mreže 1-1

O čemu se radi?

Kurs u računarskim mrežama nudi:

- ❑ Savladavanje **principa** na kojima počivaju računarske mreže
- ❑ upoznavanje Internet arhitekture/protokola na osnovnom nivou
- ❑ Ovladavanje osnovnim analitičkim mehanizmima za opisivanje ključnih pojava na Internetu

Ciljevi

- ❑ Dostići početno znanje iz računarskih mreža
- ❑ Stvaranje uslova za aktivno učešće polaznika u budućem razvoju Interneta

Uvod u računarske mreže 1-2

Informacije o kursu

- **Kome je namijenjen kurs?**
 - Studentima specijalističkih studija smjera Računari
- **Materijali kursa:**
 - Presentacije urađene od strane autora knjige: *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet*, J. Kurose & Keith Ross, Pearson, 7th edition, 2017
 - Umrežavanje računara: Od vrha do dna sa Internetom u fokusu, J. Kurose & Keith Ross, Pearson, prevod trećeg izdanja, CET Computer Equipment and trade, 2005 (**PRONAČI NA INTERNETU**)
 - WWW
 - Zabilježke sa predavanja

Uvod u računarske mreže 1-3

Informacije o kursu (više)

- **Način polaganja:**

<u>Rad</u>	<u>broj</u>	<u>% ocjene</u>
Pitalice	5	20%
Kolokvijum	1	40%
Završni ispit	1	40%
Bonus		10%

Uvod u računarske mreže 1-4

Pregled kursa:

Pripremna nedjelja	Uvod u računarske mreže.
I nedjelja	Kašnjenja u računarskim mrežama
II nedjelja	Principi protokola nivoa aplikacije. HTTP
III nedjelja	Principi protokola nivoa transporta.
IV nedjelja	Nekonektivni transportni servis (UDP). Konektivni transportni servis (TCP).
V nedjelja	Nivo mreže. IP protokol
VI nedjelja	KOLOKVIJUM
VII nedjelja (26.03)	IP adresiranje
VIII nedjelja	IP rutiranje
IX nedjelja USKRS	Principi nivoa linka. Kontrola greške. Višestruki pristup.
X nedjelja	Adresiranje nivoa linka. Ethernet.
XI nedjelja	WiFi
XII nedjelja 01.maj	Principi realizacije multimedijalnih računarskih mreža
XIII nedjelja	Principi zaštite računarskih mreža
XIV nedjelja	Principi menadžmenta računarskih mreža
XV nedjelja 21.maj	Završni ispit
XVI nedjelja JUN	Ovjera semestra i upis ocjena.
Završna nedjelja	Dopunska nastava i popravni ispitni rok.
XVIII-XXI nedjelja	

Uvod u računarske mreže 1-5

Pregled kursa:

Glava 1: Uvod

- ❑ Šta je Internet, šta su protokoli?
- ❑ Ivice mreže, mrežno jezgro, mrežni pristup
- ❑ Fizički medijum
- ❑ Višenivovska mrežna arhitektura, protokoli, modeli servisa
- ❑ Internet okosnica i ISP-i
- ❑ Kratka istorija Internet-a
- ❑ Kašnjenje, gubici i propusnost u računarskim mrežama

Uvod u računarske mreže 1-6

Pregled kursa:

Glava 2: Nivo aplikacije

- Principi protokola nivoa aplikacije
- Web i HTTP

Uvod u računarske mreže 1-7

Pregled kursa :

Glava 3: Nivo transporta

- Principi protokola nivoa transporta
- Nekonektivni transport: UDP
- Konektivni transport: TCP

Uvod u računarske mreže 1-8

Pregled kursa :

Glava 4: Mrežni nivo

- Principi nivoa mreže
- IP (Internet Protocol)
- IP adresiranje
- IP rutiranje

Uvod u računarske mreže 1-9

Pregled kursa :

Glava 5: Nivo linka, LAN-ovi

- Uvod, servisi
- Detekcija i korekcija greške
- Protokoli višestrukog pristupa, LAN-ovi
- LAN adresiranje, ARP
- Ethernet
- WiFi

Uvod u računarske mreže 1-10

Pregled kursa :

Glava 6: Napredna poglavlja

- ❑ Principi realizacije multimedijalnih računarskih mreža
- ❑ Principi zaštite računarskih mreža
- ❑ Principi menadžmenta računarskih mreža

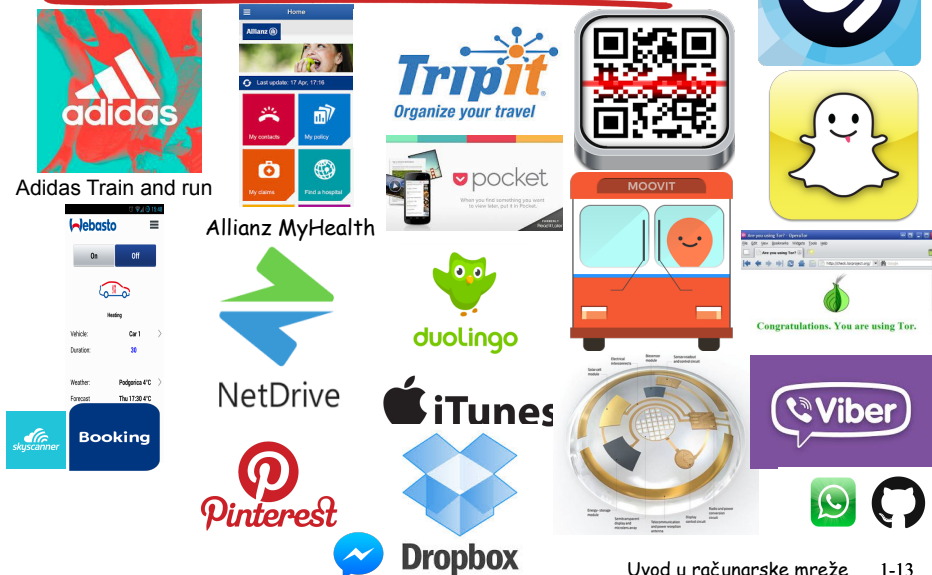
Uvod u računarske mreže 1-11

Informacije o kursu (više)

Pitanja, komentari, ... ???

Uvod u računarske mreže 1-12

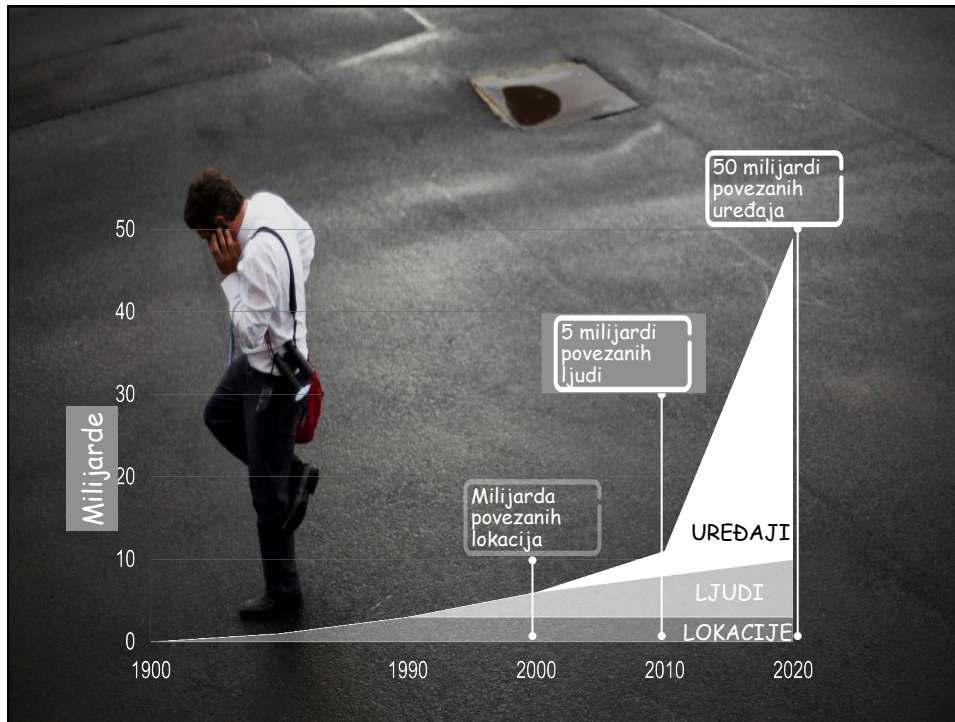
“Cool” primjene Interneta



Predlozi “Cool” primjena Interneta

- 2016/2017
- Whatsup
 - Teddy the guardian
 - Upwork
 - GitHub
 - Skyscanner
 - Slagalica
 - Instagram
 - Pedometer & Fitness Tracker
 - Here we go
 - Tandem
 - Booking
 - GoEuro
 - Skrill
 - AutoCG
 - Postman
 - Facebook Messenger
 - Erste mBanking

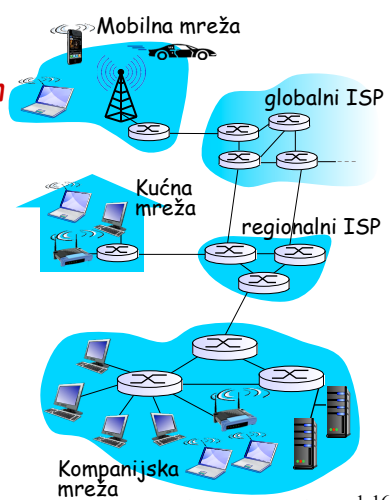
Uvod u računarske mreže 1-14



Uvod u računarske mreže

Šta je Internet?

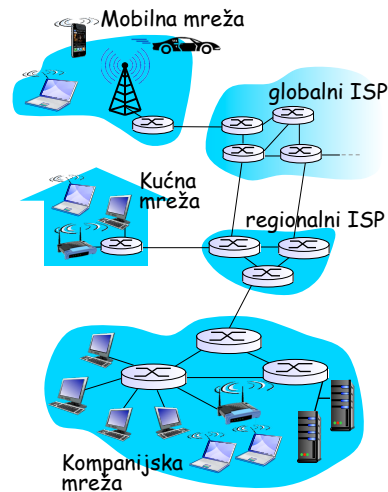
-  PC
  server
  wireless laptop
  smartphone
- ☐ Milioni povezanih računara:
 - *host = krajnji sistem*
 - Izvršavaju *mrežne aplikacije*
-  Bežični linkovi
  Žični linkovi
-  ruter
- ☒ *Komunikacioni linkovi*
 - Optičko vlakno, bakarna žica, radio, satelit
 - Brzina prenosa: *bandwidth*
- ☒ *Komutatori paketa*: prosleđuju pakete (djelove poruka)
 - *ruteri i komutatori*



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

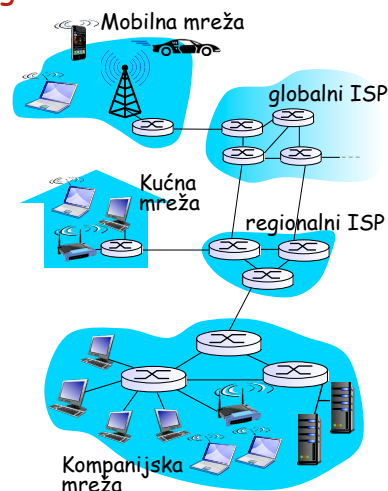


Uvod u računarske mreže 1-17

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 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 1-18

Uvod u računarske mreže

Šta je mrežni protokol?

Ljudski protokoli:

- ☐ “Koliko je sati?”
 - ☐ “Imam pitanje”
 - ☐ “Mogu li da odgovaram za A?”
 - ☐ 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

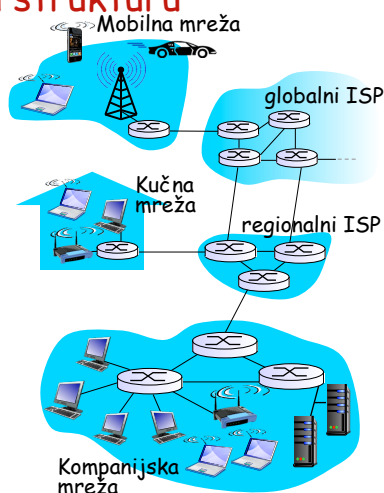
Protokoli definišu format, redosled poslatih i primljenih poruka između mrežnih entiteta, i akcije koje se sprovode nakon prijema poslatih poruka

Uvod u računarske mreže 1-19

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 1-20

Uvod u računarske mreže

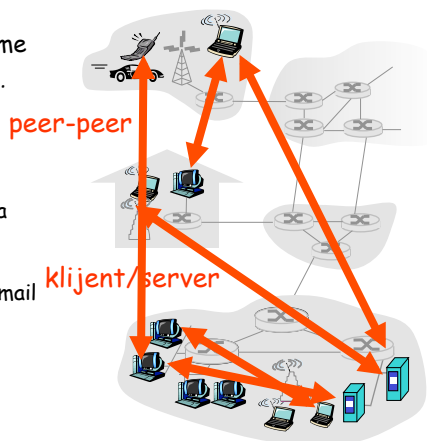
Ivica mreže

□ Krajni sistemi (hostovi):

- izvršavaju aplikativne programe
- npr. Opera, Safari, Outlook,...
- na "ivici mreže"

□ Aplikacije

- **klijent/server model**
 - klijent host zahtijeva, dobija servis od "uvijek dostupnog" servera
 - npr. Web browser/server; email klijent/server
- **peer-peer (P2P) model:**
 - minimalno (ili ne) korišćenje dodijeljenih servera
- **hibrid**
 - Neke funkcije KS, a neke P2P
 - Skype, BitTorrent



Uvod u računarske mreže 1-21

Uvod u računarske mreže

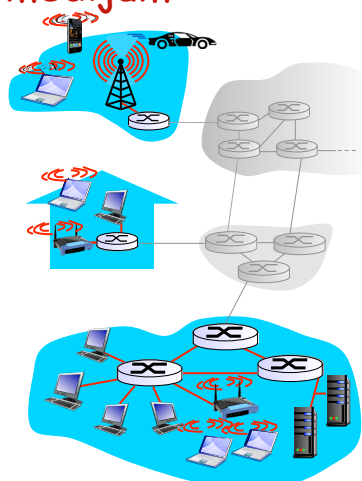
Pristupne mreže i fizički medijum

Pitanje: Kako povezati krajnji sistem na edge ruter?

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

Važno je obratiti pažnju na

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

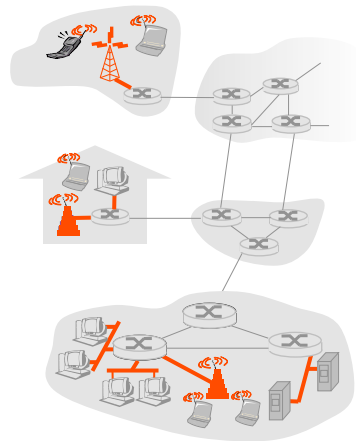


Uvod u računarske mreže 1-22

Uvod u računarske mreže

Popularni pristupi

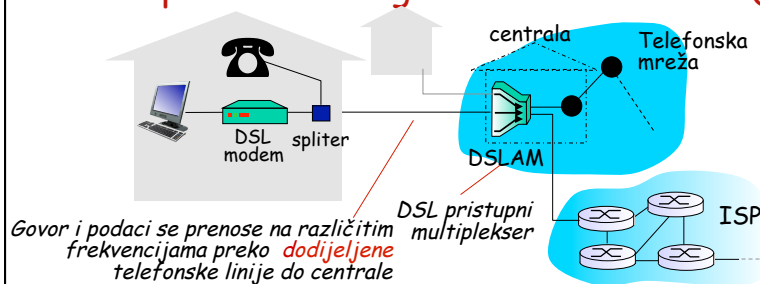
- DSL
- Kablovska
- Optičko vlakno
- Bežični pristup (UMTS, LTE, LTE-A, WiFi, WiMAX,...)



Uvod u računarske mreže 1-23

Uvod u računarske mreže

Pristupna mreža: digital subscriber line (DSL)



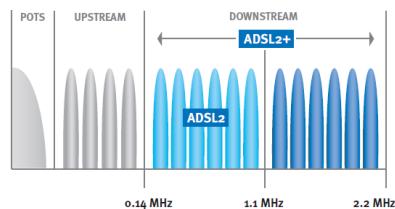
- ❖ koristi **postojeću** telefonsku liniju do DSLAM-a u telefonskoj centrali
 - Podaci se preko DSL linije prenose do Interneta
 - Govor se preko DSL linije prenosi do telefonske mreže

Uvod u računarske mreže 1-24

Uvod u računarske mreže

□ **ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)**

- ADSL2+ (ITU G.992.5 Annex M iz 2008. godine)
- do 3.3Mb/s upstream
- do 24Mb/s downstream
- Granica između opsega upstreama i downstreama na 276kHz
- FDM (DMT - Discrete MultiTone):
 - 276kHz - 2208kHz downstream (512 kanala širine 4.3125kHz)
 - 25kHz - 276kHz upstream (64 kanala širine 4.3125kHz)
 - 0 kHz - 4 kHz za telefon

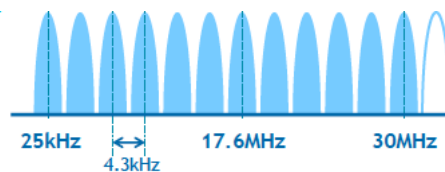


Uvod u računarske mreže 1-25

Uvod u računarske mreže

□ **VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line)**

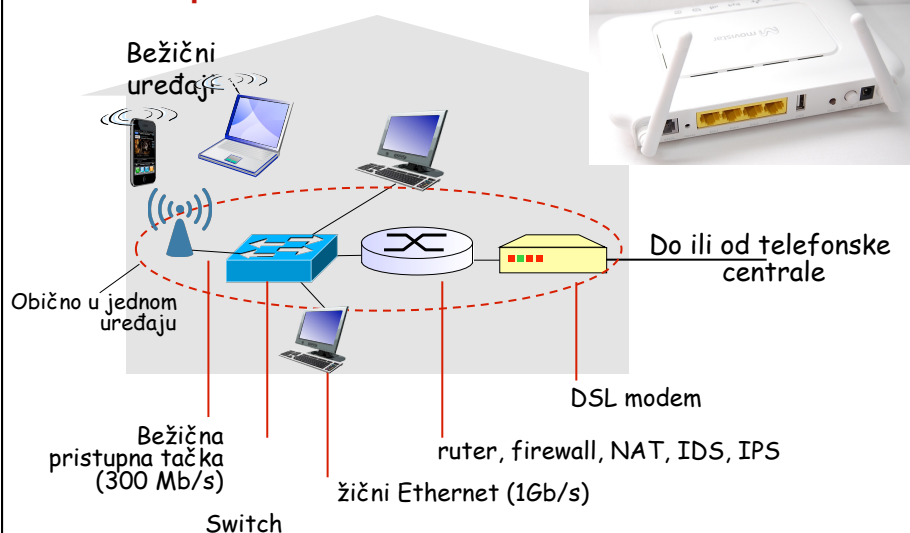
- VDSL2 Annex Q ili Vplus/35b (ITU G.993.2 amandman iz 2015. godine)
- do 100Mb/s upstream
- do 300Mb/s downstream
- 250m
- VDSL2 Vectoring (ITU-T G.993.5)
- FDM (DMT - Discrete MultiTone):
 - 25kHz - 35328kHz downstream (8192 kanala širine 4.3125kHz)



Uvod u računarske mreže 1-26

Uvod u računarske mreže

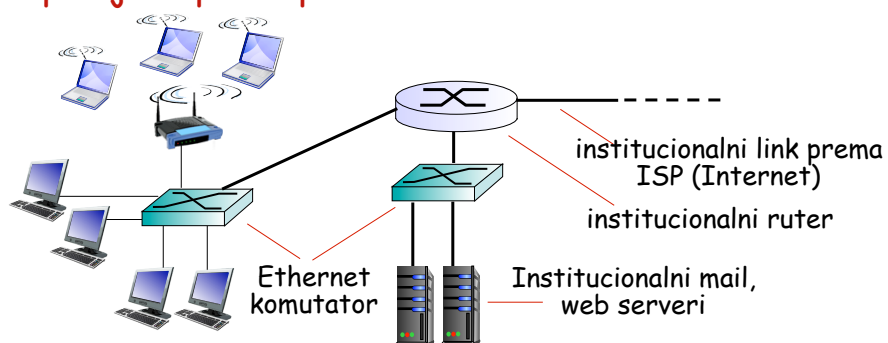
Pristupna mreža: kućna mreža



Uvod u računarske mreže 1-27

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 1-28

Bežične pristupne mreže

□ Dijeljeni *bežični pristup*

- Preko bazne stanice (pristupne tačke) ili adhoc

wireless LAN:

- Unutar objekata (30m)
- Napolju (stotinak metara)
- 802.11b/g/n (WiFi): 11/54/600



prema Internetu

www.ieee802.org/11/

WAN *bežični pristup*

- Celularni pristup koji nudi operator, desetine kilometara
- od nekoliko stotina kb/s do nekoliko storina Mb/s
- 3G: UMTS,
- 4G: LTE Advanced
- 4.5G: LTE Advanced Pro



prema Internetu

<http://www.3gpp.org>

Uvod 1-29

Uvod u računarske mreže

Bežične pristupne mreže

□ Dijeljeni *bežični pristup*

- Preko bazne stanice ili pristupne tačke

wireless LAN:

- Unutar objekata (30m)
- Van objekata (stotinak metara)
- 802.11b/g/n (WiFi): 11/54/600 Mb/s brzina prenosa



prema Internetu

www.ieee802.org/11/

WAN *bežični pristup*

- Celularni pristup koji nudi operator, desetine kilometara
- Do nekoliko desetina Mb/s
- 3G, 4G: LTE, LTE-A



prema Internetu

<http://www.3gpp.org>

Uvod u računarske mreže 1-30

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

<http://www.ansi.org>



Uvod u računarske mreže 1-31

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 1-32

Uvod u rač. mreže

- signal se prenosi elektromagnetnim talasom
- nema fizičke “žice”
- bidirekcion
- Efekti propagacije:
 - refleksija
 - difrakcija
 - Interferencija
 - Fading
 - ...

Radio link:

- **Zemaljski mikrotalasni**
 - npr. kanali do 45 Mb/s
- **WLAN**
 - 2Mb/s, 11Mb/s, 54Mb/s, 600Mb/s
- **WPAN**
 - ZigBee(IEEE.802.15), Bluetooth
 - 10-100m, 2,4GHZ, 10Mb/s
- **WAN**
 - 3G: stotine kb/s
 - 3.5G nekoliko Mb/s
 - 4G (LTE Advanced i IEEE 802.15m): 1Gb/s (DL), 0.5Gb/s (UL), 10ms
 - 4.5G (LTE Advanced Pro) : 3Gb/s (DL), 1.5Gb/s (UL), 2ms
- **satelitski**
 - do 50Mb/s kanal (ili više užih kanala), RTT= 270 ms, GEO ili LEO?

Uvod u računarne mreže 1-33

Fizički medijum: radio

Celularni sistemi: Teorijske i stvarne brzine prenosa!

Throughput Format	Occupied Bandwidth	Peak (Single user)	Average (10 users/cell)	Cell Edge (10 users/cell)	Raw Peak/ edge ratio*
GSM (1 slot) (10 users, freq. reuse = 4)	1 MHz	9.6 kbps	9.6 kbps	9.6 kbps	1
GPRS (4 slot)	4 MHz	81.6 kbps	50 kbps	36.2 kbps	2.3
EDGE (4 slot)	4 MHz	236.8 kbps	70 kbps	36.2 kbps	6.5
UMTS (Rel-99)	5 MHz	384 kbps	100 kbps	30 kbps	12.8
HSDPA (Rel-5)	5 MHz	3.6 Mbps	250 kbps	80 kbps	45
HSDPA (Rel-7)	5 MHz	42 Mbps	350 kbps	120 kbps	350
HSDPA (Rel-8)	10 MHz	84 Mbps	800 kbps	240 kbps	350
LTE (Rel-8) 4x4	20 MHz	300 Mbps	5.34 Mbps	1.6 Mbps	187
LTE-A (Rel-10) 4x4	20 MHz	600 Mbps	7.4 Mbps	2.4 Mbps	250

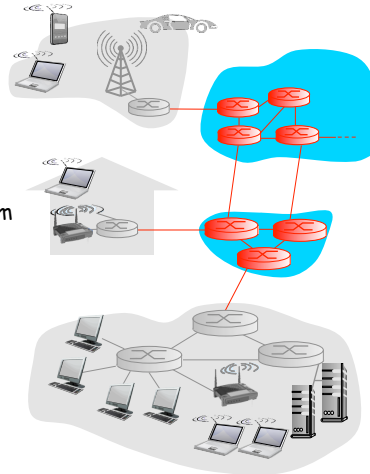
* Ratio can be reduced at expense of cell capacity with proportional fair scheduling and fractional frequency reuse

Uvod 1-34

Uvod u računarske mreže

Okosnica mreže

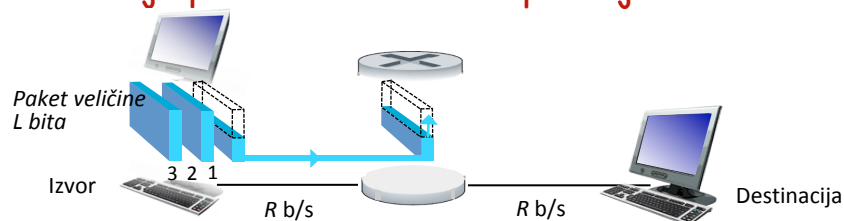
- Skup međupovezanih rutera
- Komutacija paketa (packet switching):
 - Poruke se šalju preko mreže u djelovima (paketima) iz kojih se na destinaciji rekonstruiše poruka
 - Poruke se prosleđuju od rutera do rutera
 - Svaki paket se prenosi maksimalnom brzinom prenosa koju obezbeđuje link



Uvod u računarske mreže 1-35

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)

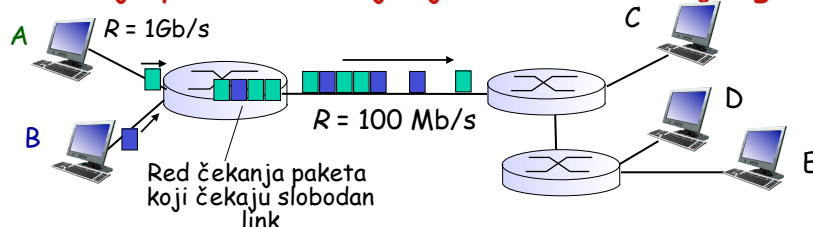
Primjer:

- $L = 7.5 \text{ Mb}$
- $R = 1.5 \text{ Mb/s}$
- Kašnjenje uslijed prenosa = 5 s

Uvod u računarske mreže 1-36

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 i čekaju na oslobađanje linka
 - Paketi se odbacuju ako nema dovoljno memorijskog prostora u baferu

Uvod u računarske mreže 1-37

Uvod u računarske mreže

Mreže sa komutacijom paketa: prosleđivanje

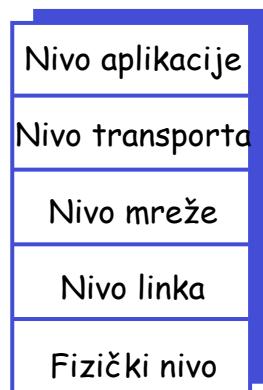
- ❑ **Cilj:** prenos paketa pomoću rutera od izvora do destinacije
 - Razmatraće se kasnije više algoritama za selekciju puta (rutirajućih algoritama)
- ❑ **Datagram mreža:**
 - *adresa destinacije* u paketu određuje naredni hop (skok)
 - rute se mogu mijenjati tokom sesije
 - analogija: vožnja, traženje informacije o željenom pravcu
- ❑ **Mreža virtuelnih kola:**
 - Svaki paket nosi "etiketu" tzv. tag (ID virtuelnog kola), tag određuje naredni hop
 - Fiksna putanja se određuje prilikom *uspostavljanja poziva*, i ostaje nepromijenjena do kraja sesije
 - *ruteri održavaju "per-call" stanje*

Uvod u računarske mreže 1-38

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 1-39

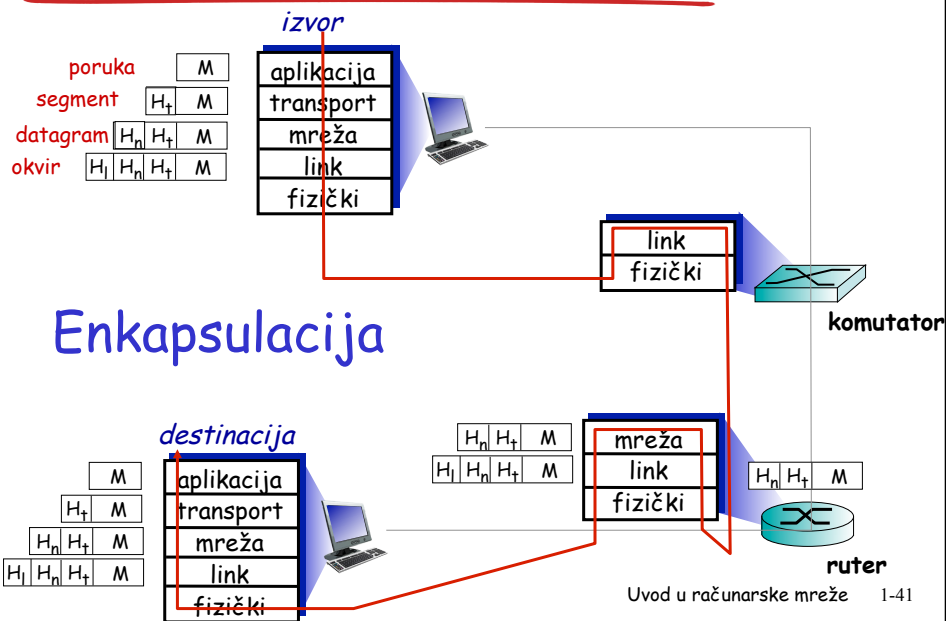
Uvod u računarske mreže

Rad sa kompleksnim sistemima:

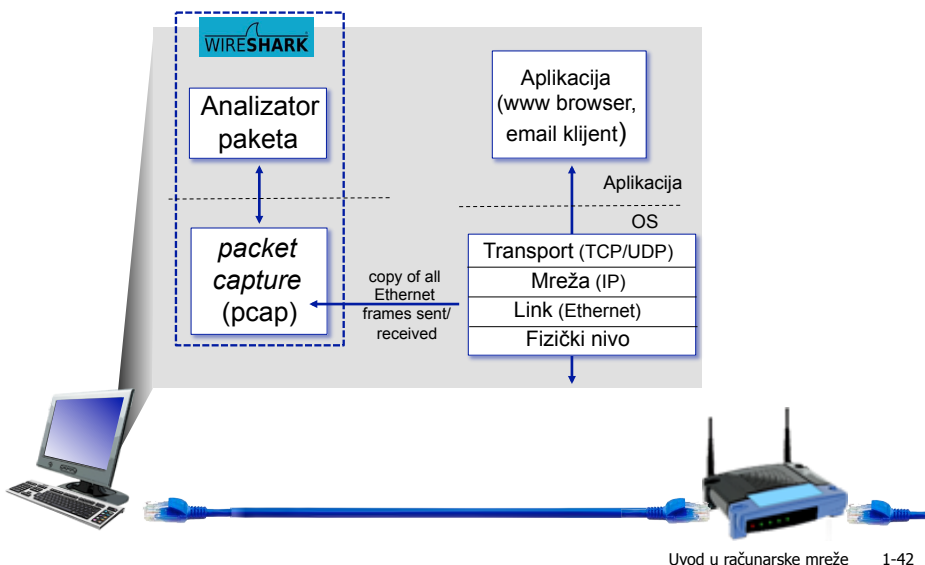
- ❑ eksplicitna struktura dozvoljava identifikaciju, vezu između elemenata kompleksnih sistema
 - Nivovski (višeslojni) **referentni model**
- ❑ Modularizacija olakšava nadzor, nadogradnju sistema
 - Promjena implementacije višenivovskog servisa je transparentna ostatku sistema
 - npr., promjena procedure ukrcavanja ne utiče na ostatak sistema

Uvod u računarske mreže 1-40

Uvod u računarske mreže



Uvod u računarske mreže



Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

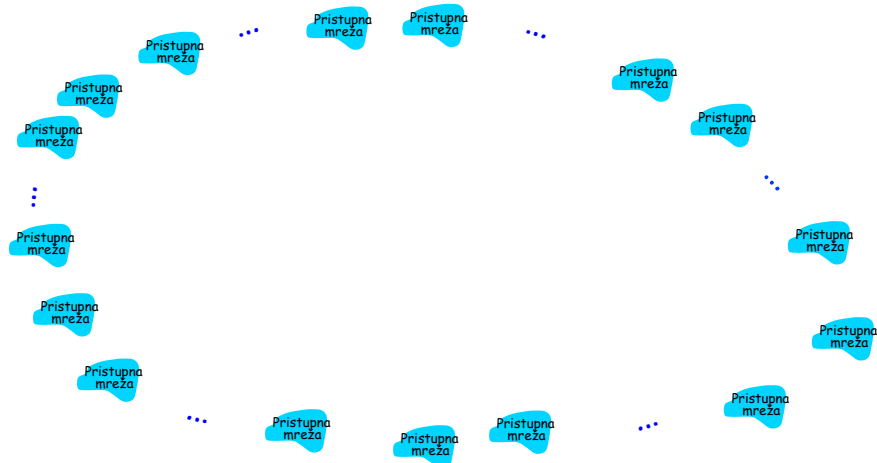
- ❖ Krajnji sistemi se povezuju na Internet preko **ISP-ova** (Internet Service Provider)
 - Rezidencijalni, kompanijski i univerzitetski ISP-ovi
- ❖ Pristupni ISP-ovi moraju biti međupovezani.
 - ❖ Tako da se između bilo koja dva hosta mogu razmjenjivati podaci
- ❖ Veoma kompleksna mreža svih mreža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

Uvod u računarske mreže 1-43

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

Pitanja: kako povezati milione postojećih pristupnih mreža?

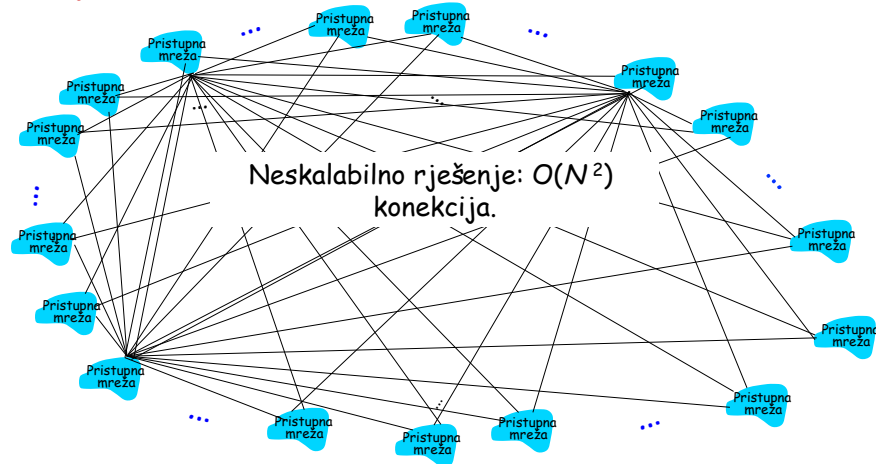


Uvod u računarske mreže 1-44

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

Opcija 1: Povezati svakog sa svakim!?

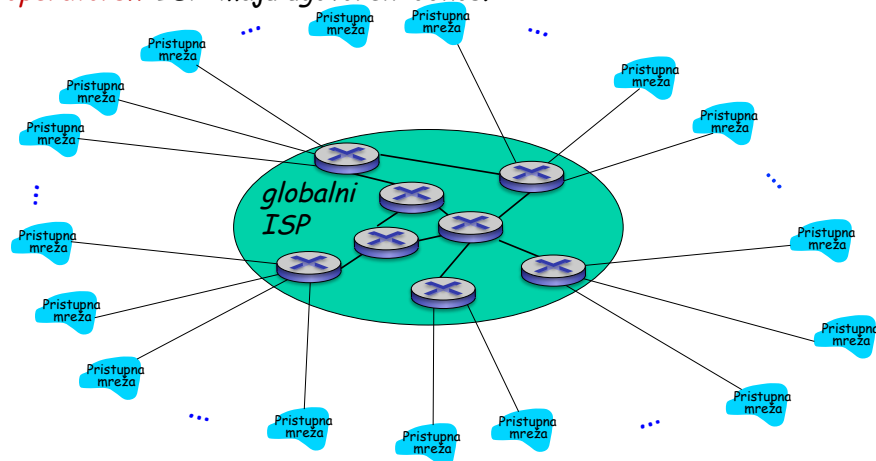


Uvod u računarske mreže 1-45

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.

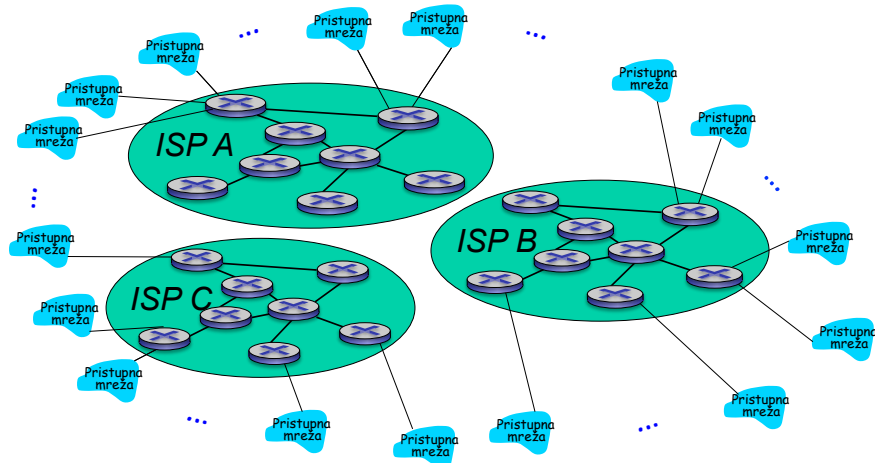


Uvod u računarske mreže 1-46

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

ISP je primamljiv biznis koji privlači konkurenciju....

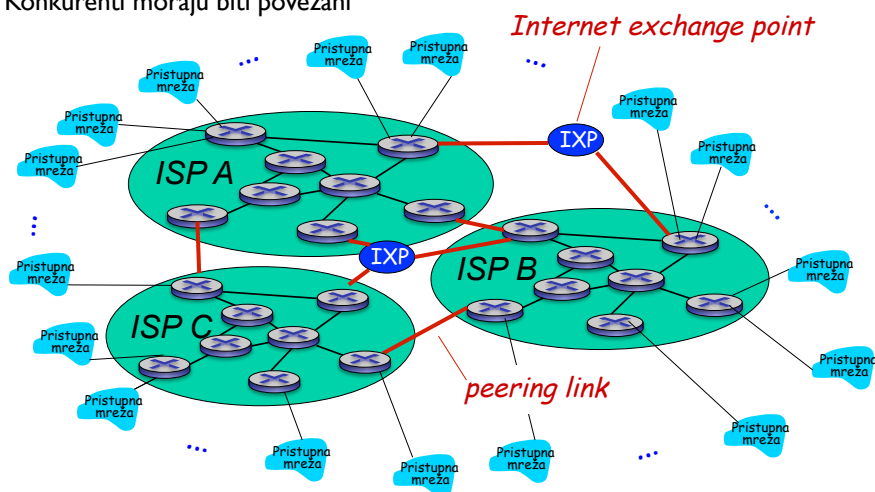


Uvod u računarske mreže 1-47

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

Konkurenti moraju biti povezani

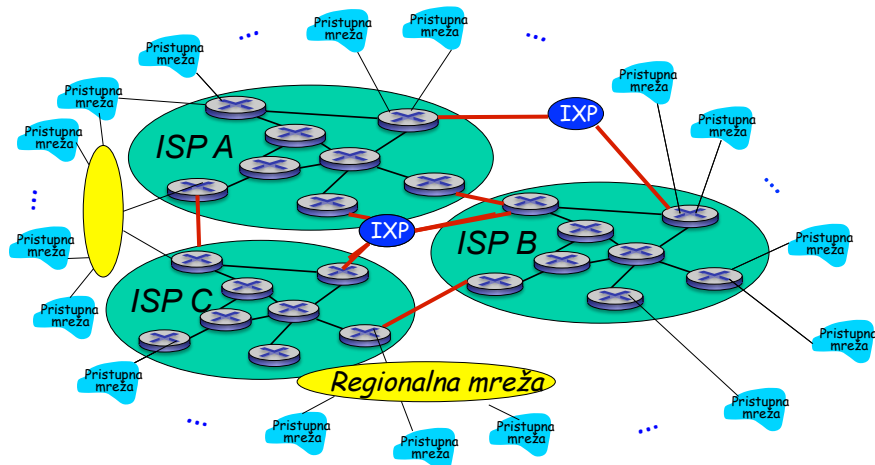


Uvod u računarske mreže 1-48

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

... pojavljuju se i regionalni ISP-ovi

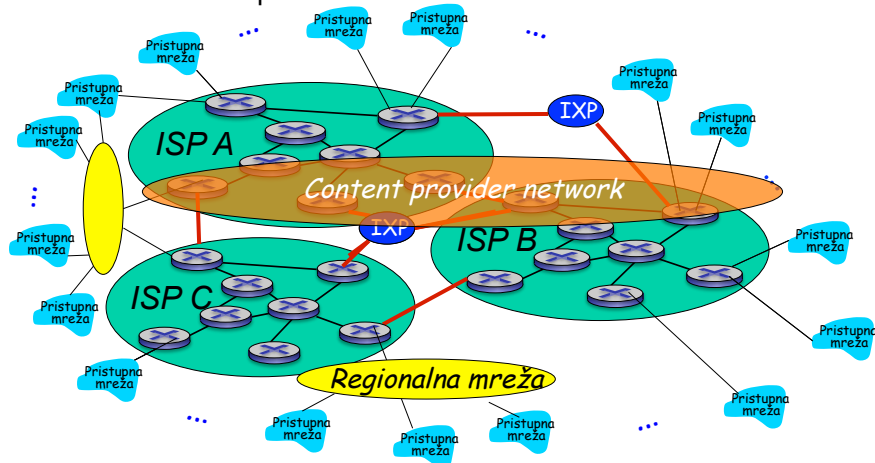


Uvod u računarske mreže 1-49

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

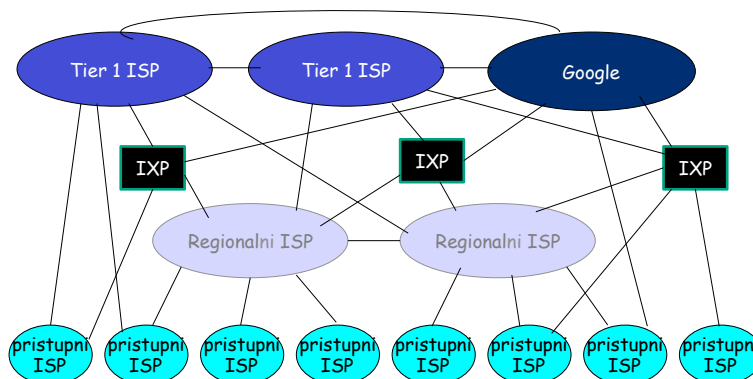
... i content provider mreže (Google, Microsoft, Akamai,...) grade sopstvene mreže kako bi servise "primakle" korisnicima



Uvod u računarske mreže 1-50

Uvod u računarske mreže

Internet struktura: mreža svih mreža

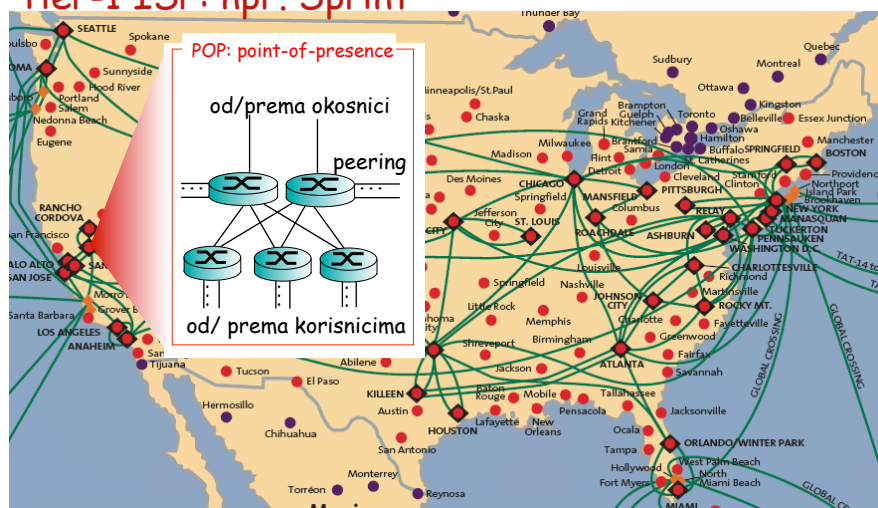


- U centru: mali broj veoma dobro povezanih velikih mreža
 - "tier-1" komercijalni ISP-ovi (npr. Level 3, Sprint, AT&T, NTT), nacionalno & međunarodno pokrivanje
 - content provider mreža (npr. Google): privatna mreža koja povezuje data centre na Internet, obično zaobilazeći tier-1 i regionalne ISPove

Uvod u računarske mreže 1-51

Uvod u računarske mreže

Tier-1 ISP: npr. Sprint

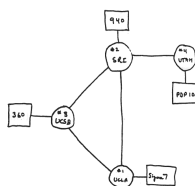


Uvod u računarske mreže 1-52

Uvod u računarske mreže

1961-1972: Prvi principi komutacije paketa

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



Uvod u računarske mreže 1-53

Uvod u računarske mreže

1972-1980: Međupovezivanje, nove i privatne mreže

- 1970: ALOHAnet satelitska mreža na Havajima
- 1973: Metcalfe u doktorskoj tezi predlaže Ethernet
- 1974: Cerf i Kahn - arhitektura za međupovezivanje mreža
- Kasne 70-te: sopstvene arhitekture: DECnet, SNA, XNA
- Kasne 70-te : komutacija paketa fiksne dužine (preteča ATM tehnologije)
- 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

U osnovi definiše današnju Internet arhitekturu

Uvod u računarske mreže 1-54

Uvod u računarske mreže

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
- nove nacionalne mreže: Cset, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100,000 hostova povezanih u "konfederaciju" mreža

Uvod u računarske mreže 1-55

Uvod u računarske mreže

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

- Rane 1990-te: gašenje ARPAneta
- 1991: NSF skida restrikcije na komercijalno korišćenje NSFnet (ugašena, 1995)
- rane 1990-te: Web
 - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, kasnije Netscape
 - kasne 1990-te: komercijalizacija Web-a
- Kasne 90-te - 2000-te:
 - 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

Uvod u računarske mreže 1-56

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 1-57

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 Interneta:* “grupa uzajamno pouzdanih korisnika povezanih na transparentnu mrežu” ☺
 - Dizajneri Internet protokola pokušavaju da prestignu bezbjedonosne izazove
 - Zaštita na svim nivoima!

Uvod u računarske mreže 1-58

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

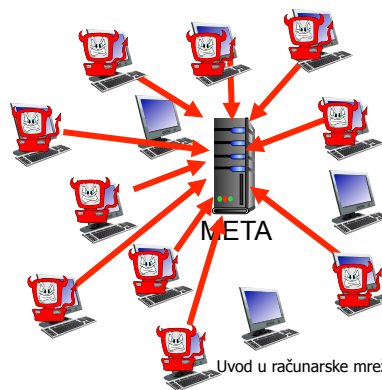
Uvod u računarske mreže 1-59

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

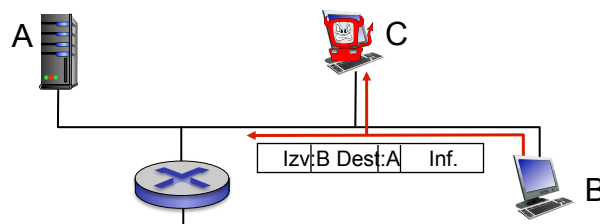
1. Izbor mete
2. Upad u hostove oko mete (botnet)
3. Slanje paketa meti od strane kompromitovanih hostova



Uvod u računarske mreže

Packet “sniffing”:

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

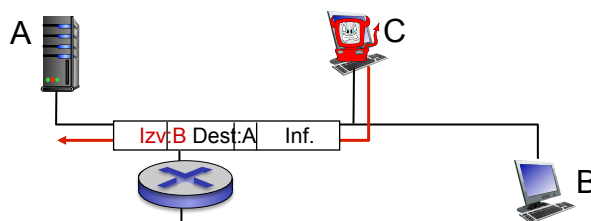


- Wireshark software je primjer bezplatnog packet-sniffera

Uvod u računarske mreže 1-61

Uvod u računarske mreže

IP spoofing: slanje paketa sa netačnom izvorišnom adresom



Uvod u računarske mreže 1-62