

# Uvod u računalne mreže i Internet

Predavanje 1 • kolegij Računalne mreže

doc. dr. sc. Sandi Baressi Šegota

Fakultet informatike Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli

# Sadržaj predavanja

- 1 Što je Internet?
- 2 Rub mreže i pristupne mreže
- 3 Jezgra mreže: komutacija
- 4 Kašnjenje, gubitak i propusnost
- 5 Slojeviti model protokola
- 6 Mreže pod napadom
- 7 Kratka povijest Interneta
- 8 Sažetak

# Što je Internet?

---

# Ishodi učenja

Nakon ovog predavanja moći ćete:

- objasniti Internet s tehničkog i uslužnog gledišta;
- razlikovati rub, pristupnu mrežu i jezgru;
- usporediti komutaciju paketa i kanala;
- izračunati kašnjenje i propusnost na jednostavnom putu;
- opisati slojeviti model i enkapsulaciju.

# Internet: pogled „odozdo”

- **Milijarde uređaja** (hostova)
- **Linkovi**: bakar, optika, radio
- **Ruteri** proslijeđuju pakete
- **Mreža mreža** povezanih ISP-ova
- **Protokoli**: TCP, IP, HTTP...



## Internet: pogled „odozgo” (usluge)

- Infrastruktura koja pruža **usluge aplikacijama**: web, e-pošta, streaming, igre
- Nudi **programsko sučelje** (sockete) aplikacijama na rubu

### Dvije definicije

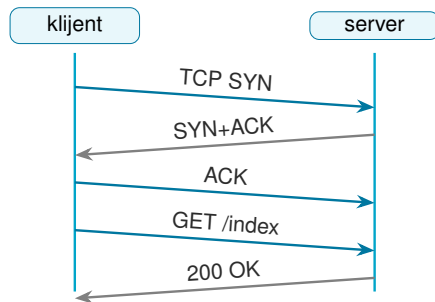
**Tehnička:** hardver, softver i protokoli.    **Uslužna:** platforma za distribuirane aplikacije.

# Što je protokol?

**Protokol** definira *format*, *redoslijed* poruka te *akcije* pri slanju/primanju.

## Ljudska analogija

„Bok” → „Bok” → „Koliko je sati?” → „14:00”.

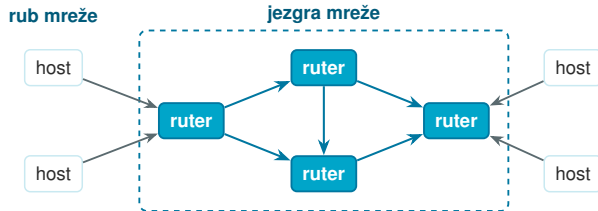


# Rub mreže i pristupne mreže

---

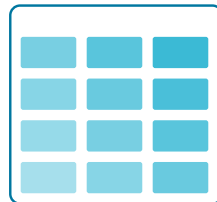
# Rub vs jezgra mreže

- **Rub:** hostovi (klijenti, serveri)
- **Pristup:** veza ruba i prvog rutera
- **Jezgra:** isprepletena mreža rutera



# Krajnji uređaji i podatkovni centri

- **Host** izvodi mrežnu aplikaciju
- **Klijent** traži, **server** pruža uslugu
- Serveri danas žive u **podatkovnim centrima** (cloud)



stalak poslužitelja

# Pristupne mreže: kako se spajamo?

## Kućni

- DSL (telefonska parica)
- kabelski (HFC, dijeljeni)
- FTTH (optika do doma)

## Institucijski / mobilni

- Ethernet, WiFi u zgradi
- 4G / 5G preko operatera

## Ključno

Bitna je **brzina**, je li medij **dijeljen ili posvećen**, te cijena.

# DSL i kabelski pristup

## DSL

- postojeća telefonska parica
- asimetričan (veći download)
- brzina pada s udaljenošću

## Kabelski (HFC)

- optika + koaksijalni
- **dijeljeni** medij u susjedstvu
- frekvencijsko multipleksiranje

# Fizički mediji

## Vođeni (kabeli)

- bakrena parica (UTP)
- koaksijalni
- **optičko vlakno** (jezgra)

## Nevođeni (radio)

- WiFi, ćelijski, satelit
- **dijeljeni**, osjetljiv na smetnje

# **Jezgra mreže: komutacija**

---

# Dva načina prijenosa kroz jezgru

## Komutacija paketa

Poruka se dijeli na **pakete**; svaki putuje neovisno; ruteri „spremi-i-proslijedi”.

## Komutacija kanala

Resursi se **rezerviraju** za cijelu vezu (klasična telefonija).

# Komutacija paketa: spremi-i-proslijedi



paket veličine  $L \Rightarrow$  transmisijsko kašnjenje =  $L/R$

- Ruter prima **cijeli paket** prije prosljeđivanja
- Transmisijsko kašnjenje po linku:  $L/R$

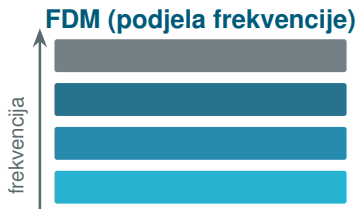
## Redovi čekanja i gubitak paketa

- Ako paketi stižu brže nego što link šalje  $\Rightarrow$  **čekaju u redu**
- Red (buffer) je **konačan**; kad se napuni  $\Rightarrow$  **gubitak**

### Poanta

Gubitak i kašnjenje nisu kvarovi nego **posljedica dijeljenja** resursa; viši slojevi (TCP) se s njima nose.

# Komutacija kanala: FDM i TDM



**FDM** — posvećen frekv. pojas

**TDM (podjela vremena)**



**TDM** — posvećen vremenski utor

# Zašto Internet koristi pakete?

## Statističko multipleksiranje

- promet je „rafalan” — rijetko svi odjednom
- resursi se dodjeljuju **na zahtjev**
- isti link podnosi **puno više** korisnika



# Paketi vs kanali

| Paketi                 | Kanali                 |
|------------------------|------------------------|
| dijeljenje na zahtjev  | rezervacija resursa    |
| odlična iskoristivost  | moguća neiskorištenost |
| moguće čekanje/gubitak | zajamčena kvaliteta    |
| jednostavno, jeftino   | složeno postavljanje   |

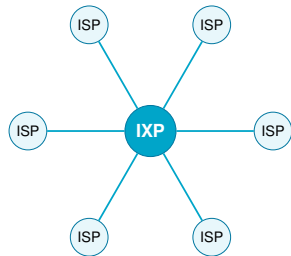
# Struktura Interneta: mreža mreža

- Hostovi → **pristupni ISP** → regionalni → **tier-1**
- **IXP** i **peering**: mjesta izravne razmjene prometa
- **CDN**-ovi grade infrastrukturu bliže korisniku

# IXP, peering i tranzit

- **Tranzit:** manji ISP plaća većem
- **Peering:** izravna razmjena (često besplatno)
- **IXP:** mjesto gdje se mnogi ISP-ovi spajaju

Put paketa određuju i **poslovni odnosi** (BGP, 7. pred.).



# **Kašnjenje, gubitak i propusnost**

---

# Četiri izvora kašnjenja u čvoru



1. **obradbeno**  $d_{proc}$ : provjera zaglavlja
2. **čekanje**  $d_{queue}$ : čekanje u redu
3. **transmisijsko**  $d_{trans} = L/R$
4. **propagacijsko**  $d_{prop} = d/s$

$$d_{nodal} = d_{proc} + d_{queue} + d_{trans} + d_{prop}$$

# Transmisijsko vs propagacijsko

**Transmisijsko**  $d_{trans} = L/R$  — „guranje” bitova na link

**Propagacijsko**  $d_{prop} = d/s$  — putovanje bita kroz medij

## Analogija: kolona auta

Naplata =  $d_{trans}$ ; vožnja među kućicama =  $d_{prop}$ . Oboje se zbraja.

## Riješeni primjer: kašnjenje

### Zadano

- $L = 10\,000$  bita
- $R = 100$  Mb/s
- 3 linka (2 rutera)

$$d_{trans} = \frac{L}{R} = \frac{10^4}{10^8} = 0,1 \text{ ms}$$

### Rezultat

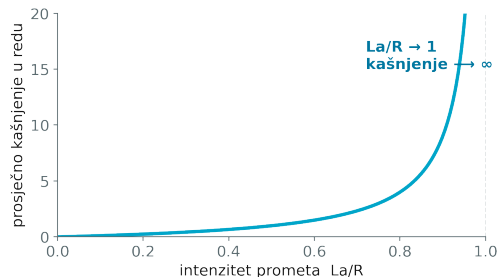
Prazna mreža, 3 linka:

$$3 \cdot 0,1 = \mathbf{0,3 \text{ ms}}$$

# Kašnjenje u redu čekanja

Ovisi o intenzitetu prometa  $\lambda a/R$ :

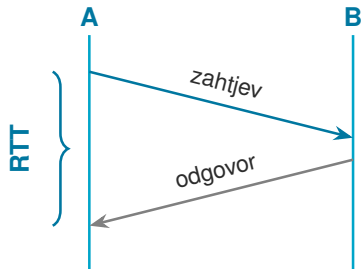
- $\rightarrow 0$ : malo čekanja
- $\rightarrow 1$ : kašnjenje **eksplodira**
- $> 1$ : gubitak



# RTT: vrijeme povratnog puta

- vrijeme do odredišta *i natrag*
- ključno za uspostavu veze i „osjećaj brzine”
- ograničeno **brzinom svjetlosti**

Deblji kabel *ne* smanjuje RTT.



# Propusnost (throughput)

- brzina (bit/s) stvarne dostave
- ograničava je **usko grlo**



$$\text{propusnost} = \min(R_s, R_c) = 20 \text{ Mb/s}$$

## Više tokova

Kad mnogo veza dijeli link, propusnost po toku pada.

## Riješeni primjer: propusnost

**Zadano**  $R_s = 100$ ,  $R_c = 20$  Mb/s,  $F = 100$  Mbit

$$\min(R_s, R_c) = \mathbf{20\ Mb/s}$$

### Vrijeme

$$T = \frac{F}{20} = \mathbf{5\ s}$$

5 klijenata na istom grlu  $\Rightarrow$  svaki manje.

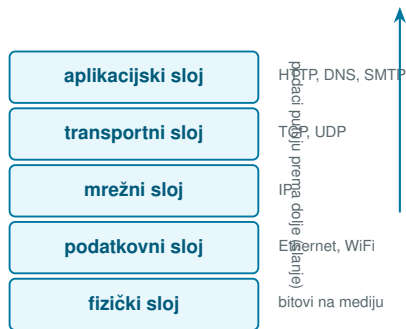
# Slojeviti model protokola

---

# Zašto slojevi?

- mreže su **složene** — mnogo dijelova
- slojevi daju **modularnost**: svaki nudi uslugu iznad, koristi ispod
- promjena jednog sloja **ne ruši** ostale

# Internetski stog protokola



- **Aplikacijski** — HTTP, DNS, SMTP
- **Transportni** — TCP, UDP
- **Mrežni** — IP
- **Podatkovni** — Ethernet, WiFi
- **Fizički** — bitovi na mediju

# Dva referentna modela

## OSI (7 slojeva)

Referentni model ISO-a; precizno razgraničava uloge i služi kao **zajednički rječnik**.

## TCP/IP (4 sloja)

**Praktični** model na kojem Internet stvarno radi.

Internetski „stog od 5 slojeva” je zapravo TCP/IP kojemu je *pristup mreži* razdvojen na *podatkovni* i *fizički* sloj.

# OSI model: sedam slojeva



- referentni model ISO-a (1984.)
- **sedam** slojeva s jasno odvojenim ulogama
- svaki sloj ima svoju **jedinicu podatka** (PDU)
- danas ponajviše **didaktički** okvir — stvarne mreže koriste TCP/IP

# OSI slojevi 1–3: prijenos kroz mrežu

- **1 · Fizički** (*bit*) — prijenos sirovih bitova preko medija: naponi, konektori, brzine, modulacija. Uređaji: repetitor, hub.
- **2 · Podatkovni** (*okvir*) — prijenos okvira između susjednih čvorova; MAC adresiranje, detekcija grešaka, pristup mediju. Uređaji: preklopnik, most. Npr. Ethernet, WiFi, PPP.
- **3 · Mrežni** (*paket*) — logičko adresiranje i usmjeravanje kroz više mreža. Uređaj: ruter. Npr. IP, ICMP.

## OSI slojevi 4–7: od procesa do aplikacije

- **4 · Transportni** (*segment*) — end-to-end dostava između procesa; segmentacija, pouzdanost, kontrola toka. Npr. TCP, UDP; adresira portovima.
- **5 · Sesijski** — uspostava, sinkronizacija i upravljanje dijalogom; kontrolne točke za oporavak. Npr. RPC, NetBIOS.
- **6 · Prezentacijski** — prijevod formata podataka: kodiranje, kompresija, enkripcija. Npr. TLS, JPEG, ASCII/Unicode.
- **7 · Aplikacijski** — sučelje prema korisničkim aplikacijama i mrežnim uslugama. Npr. HTTP, FTP, SMTP, DNS.

# TCP/IP model: četiri sloja

**Aplikacijski**

HTTP, DNS, SMTP, FTP

**Transportni**

TCP, UDP

**Internetski**

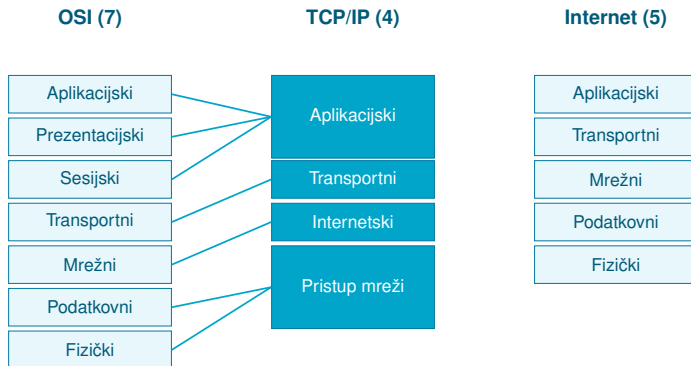
IP, ICMP, ARP

**Pristup mreži**

Ethernet, WiFi

- **Aplikacijski** — objedinjuje OSI 5–7; poruke aplikacija. Npr. HTTP, DNS, SMTP, FTP.
- **Transportni** — end-to-end dostava između procesa. Npr. TCP, UDP.
- **Internetski** — logičko adresiranje i usmjeravanje datagrama. Npr. IP, ICMP, ARP.
- **Pristup mreži** — objedinjuje OSI 1–2; slanje okvira na lokalnoj mreži. Npr. Ethernet, WiFi.

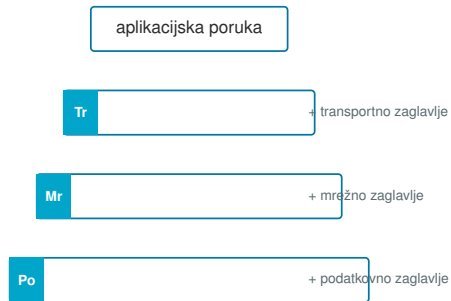
# Preslikavanje OSI i TCP/IP



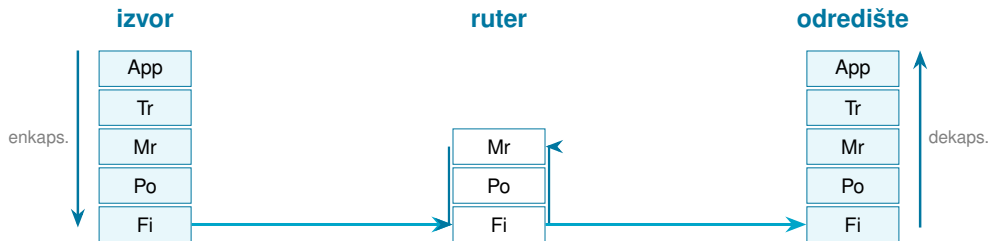
Tri gornja OSI sloja stapaju se u **aplikacijski**, a dva donja u **pristup mreži**.

# Enkapsulacija

- svaki sloj dodaje **svoje zaglavlje**
- poruka → segment → datagram → okvir
- primatelj skida zaglavlja obrnuto



# Put poruke: host → ruter → host



Ruter obrađuje samo **do mrežnog sloja** — ne treba mu transportni ni aplikacijski.

# Mreže pod napadom

---

# Sigurnosne prijetnje

- **Malware** — crvi, virusi, trojanci
- **DoS/DDoS** — preplavljanje resursa
- **Sniffing** — čitanje paketa
- **Spoofing** — lažna izvorišna adresa

## Malware

crvi, virusi, trojanci

## DoS / DDoS

preopterećenje resursa

## Prisluškivanje

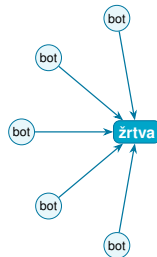
sniffing paketa

## Lažiranje (spoofing)

krivotvoreni izvor

# Botnet i DDoS

- napadač zarazi tisuće uređaja → **botnet**
- svi šalju promet žrtvi → **DDoS**
- obrana: filtriranje, CDN, zaštitne usluge



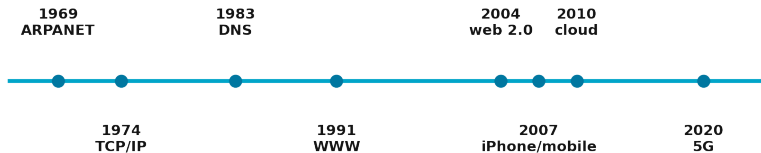
# Zašto je Internet ranjiv?

- izvorno dizajniran za **povjerljivu skupinu** istraživača
- otvorenost koja ga je učinila uspješnim otvara napadačke površine
- obrana se **dograđuje**: enkripcija, autentikacija, vatrozidi (10. pred.)

# Kratka povijest Interneta

---

# Od ARPANET-a do danas



**1960-e–70-e:** komutacija paketa, TCP/IP

**1990-e–danas:** WWW, mobilni, cloud, 5G

# Sažetak

---

# Ključne poruke

- Internet je **mreža mreža** — rub, pristup, jezgra
- jezgra koristi **komutaciju paketa** i statističko multipleksiranje
- kašnjenje ima **četiri izvora**; gubitak u punim redovima
- propusnost ograničava **usko grlo**
- **slojeviti model** + enkapsulacija

## Sljedeće predavanje

Aplikacijski sloj: web, **HTTP** i **REST API**.

# Pitanja za provjeru

- Zašto Internet koristi pakete, a ne kanale?
- Koja su četiri izvora kašnjenja?
- Što je usko grlo i kako utječe na propusnost?
- Čemu služe slojevi i što je enkapsulacija?

# Hvala na pažnji!

Pitanja i rasprava

doc. dr. sc. Sandi Baressi Šegota • FIPU