

Mrežni sloj: podatkovna ravnina

Predavanje 6 • kolegij Računalne mreže

doc. dr. sc. Sandi Baressi Šegota

Fakultet informatike Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli

Sadržaj predavanja

- 1 Uloga mrežnog sloja
- 2 IP: internetski protokol
- 3 DHCP i NAT
- 4 IPv6
- 5 Generalizirano prosljeđivanje i SDN
- 6 Sažetak

Uloga mrežnog sloja

Ishodi učenja

Nakon ovog predavanja moći ćete:

- razlikovati **podatkovnu** i **upravljačku** ravninu;
- opisati IPv4 datagram i **IP adresiranje** (podmreže, CIDR);
- objasniti **DHCP** i **NAT**;
- objasniti motivaciju i format **IPv6**;
- opisati **generalizirano prosljeđivanje** i SDN.

Dvije ravnine mrežnog sloja

- **Podatkovna**: prosljeđuje pakete, *po paketu*, vrlo brzo
- **Upravljačka**: računa *tablice* prosljeđivanja (usmjeravanje)

upravljačka ravnina: računa *tablice* (usmjeravanje) raznoliki "razmak"

↕
tablica prosljeđivanja

podatkovna ravnina: prosljeđuje pakete (po tablici) brzo po paketu

Ovo predavanje

Fokus je na **podatkovnoj** ravnini; upravljačka slijedi u 7. predavanju.

Usluga mrežnog sloja

- prenosi pakete od **hosta do hosta**
- na Internetu: **best-effort** (bez jamstava)
- glavne funkcije: **prosljeđivanje** (lokalno) i **usmjeravanje** (globalno)

Prosljeđivanje vs usmjeravanje

Prosljeđivanje

Lokalna akcija: premjesti paket s ulaza na pravi **izlaz** rutera.

Usmjeravanje

Globalni proces: odredi **put** paketa kroz mrežu.

Unutrašnjost rutera

- **ulazni portovi**: pretraga tablice
- **sklopna mreža**: prebacivanje
- **izlazni portovi**: redovi, slanje



pretraga tablice, provjera

redovi, raspoređivanje

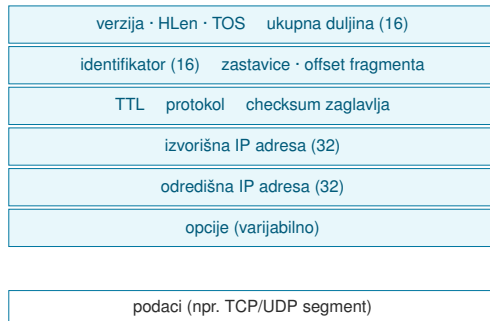
Redovi i gubici u ruteru

- ako promet premašuje kapacitet izlaza $\Rightarrow$ **redovi**
- pun međuspremnik $\Rightarrow$ **gubitak** paketa
- **HOL blokiranje**: paket na čelu ulaznog reda koči ostale

IP: internetski protokol

IPv4 datagram

- **TTL**: ograničava životni vijek
- **protokol**: TCP/UDP iznad
- izvorišna i odredišna **IP adresa**



Fragmentacija

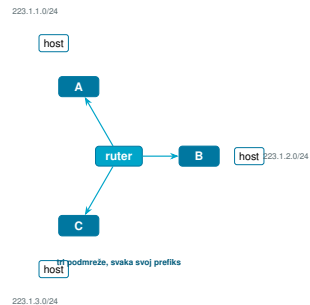
- svaki link ima **MTU** (najveća veličina okvira)
- veći datagram se **fragmentira** i ponovno sastavlja na odredištu
- polja **ID, zastavice, offset** upravljaju sastavljanjem

IP adrese i sučelja

- IP adresa pripada **sučelju**, ne uređaju
- ruter ima **više** adresa (jednu po sučelju)
- adresa: 32 bita, zapis $a.b.c.d$

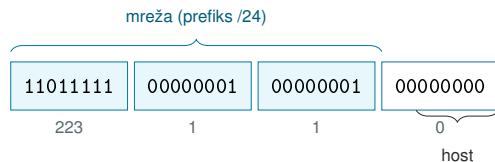
Podmreže (subneti)

- **podmreža**: sučelja koja se dosežu *bez* rutera
- svaka podmreža ima **prefiks**
- host i podmreža dijele **mrežni dio** adrese



CIDR i maska

- 223.1.1.0/24 → **24 bita** su mreža
- ostatak identificira **host**
- maska 255.255.255.0



Primjer: podjela na podmreže

- mreža 192.168.1.0/24 $\Rightarrow$ 256 adresa
- podijeli na /26 $\Rightarrow$ **4 podmreže** po 64 adrese
- .0/26, .64/26, .128/26, .192/26

Zašto?

Podjela na podmreže olakšava **upravljanje** i **agregaciju** ruta.

Posebne adrese

- 127.0.0.1 — lokalna povratna (loopback)
- 10/8, 172.16/12, 192.168/16 — **privatne** adrese
- 255.255.255.255 — broadcast na podmreži
- 0.0.0.0 — „ova” adresa/mreža

Pretraga tablice: longest prefix match

- ruter bira **najduži** prefiks koji odgovara odredišnoj adresi
- primjer: 200.23.16.0/20 vs 200.23.18.0/23
- specifičnija ruta (/23) ima **prednost**

Zašto

Omogućuje **agregaciju** ruta i finu kontrolu prosljeđivanja.

Kako se dobiva blok adresa?

- **ICANN** dodjeljuje regionalnim registrima (**RIR**)
- RIR dodjeljuje **ISP**-ovima
- ISP dijeli blokove organizacijama (npr. /24)

DHCP i NAT

Kako host dobiva adresu?

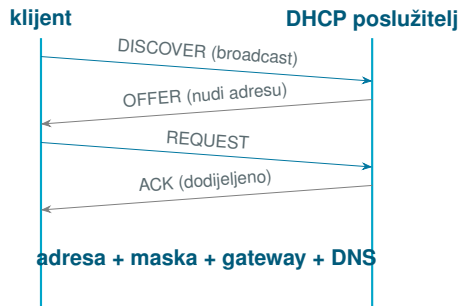
- **ručno** (statička konfiguracija), ili
- **automatski** preko **DHCP**-a (dinamički)

DHCP daje

IP adresu, masku, **gateway** i adrese DNS poslužitelja.

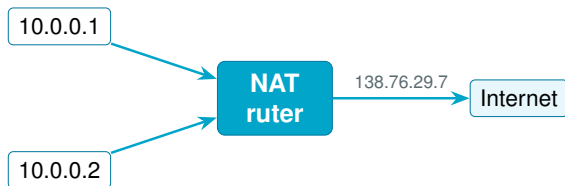
DHCP: dodjela adrese

- 1 DISCOVER
- 2 OFFER
- 3 REQUEST
- 4 ACK



NAT: prijevod adresa

- privatne adrese iza **jedne** javne
- ruter mijenja adresu i **port**
- vodi **tablicu prijevoda**



```
tablica NAT:  
10.0.0.1:3345 ↔ 138.76.29.7:5001  
10.0.0.2:2560 ↔ 138.76.29.7:5002
```

NAT: za i protiv

Prednosti

- štedi javne adrese
- skriva unutaraju mrežu

Kritike

- krši načelo kraj-do-kraja
- otežava dolazne veze (P2P)

Prolaz kroz NAT

- **prosljeđivanje porta** (port forwarding): ručno otvaranje dolazne veze
- **STUN/TURN**: otkrivanje javne adrese i posredovanje
- **UPnP**: automatsko postavljanje pravila

IPv6

Zašto IPv6?

- IPv4 ima „samo” $2^{32} \approx 4,3$ milijarde adresa
- **iscrpljene** zbog rasta uređaja (IoT, mobilni)
- IPv6: **128 bita** $\Rightarrow$ praktički neograničeno

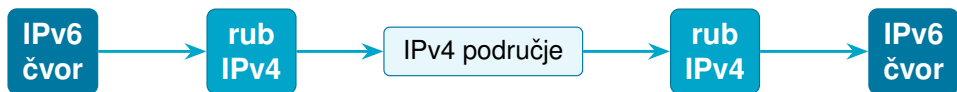
IPv6 datagram

- fiksno zaglavlje **40 B**
- bez checksuma i fragmentacije u ruterima
- **flow label** za tokove

verzija · klasa prometa · oznaka toka (flow label)		
duljina korisnog tereta	sljedeće zaglavlje	hop limit
izvorišna adresa (128 bita)		
odredišna adresa (128 bita)		

fiksno zaglavlje 40 B; nema checksuma ni fragmentacije u ruterima

Prijelaz IPv4 → IPv6: tuneliranje



IPv6 paket „umotan” u IPv4 (tuneliranje)

- IPv6 paket se **umota** u IPv4 kroz IPv4 područja
- omogućuje postupni prijelaz bez „velikog praska”

IPv6 notacija

- 8 skupina po 16 bita, heksadecimalno, odvojeno :
- 2001:0db8:0000:0000:0000:ff00:0042:8329
- skraćivanje nula: 2001:db8::ff00:42:8329
- :: zamjenjuje **jedan** niz nula

IPv6 danas

- usvajanje **postupno** raste (mobilni operateri, veliki servisi)
- često **dvostruki stog** (IPv4 i IPv6 istodobno)
- NAT je odgodio, ali ne uklonio potrebu za IPv6

Generalizirano prosljeđivanje i SDN

Match + action

- pravilo: **uvjet** → **akcija**
- gleda više polja (IP, TCP/UDP, MAC)
- akcije: proslijedi, odbaci, preusmjeri, prepisi

uvjet (match)	akcija (action)
dst=10.0.0.0/24	proslijedi na izlaz 2
tcp dport=22	odbaci (drop)
src=1.2.3.4	preusmjeri kontroleru

jedna apstrakcija: firewall, NAT, ruter, preklopnik...

SDN i OpenFlow

- **SDN**: logički **centraliziran** upravljač postavlja tablice
- **OpenFlow**: protokol za tablice „uvjet+akcija”
- jedna apstrakcija umjesto mnogo namjenskih uređaja

Što sve postaje „uvjet+akcija”

- **ruter**: proslijedi po odredišnoj IP adresi
- **vatrozid**: odbaci po portu/izvoru
- **NAT**: prepishi adresu i port
- **balanser**: preusmjeri na poslužitelj

Sažetak

Ključne poruke

- mrežni sloj ima **podatkovnu** i **upravljačku** ravninu
- **IP** nudi best-effort prijenos; adresa pripada **sučelju**
- **CIDR** i podmreže organiziraju adresni prostor
- **DHCP** dodjeljuje adrese, **NAT** štedi javne adrese
- **IPv6** rješava iscrpljenje; **SDN** generalizira prosljeđivanje

Sljedeće predavanje

Mrežni sloj — upravljačka ravnina: usmjeravanje, OSPF, BGP, SDN.

Pitanja za provjeru

- Koja je razlika između prosljeđivanja i usmjeravanja?
- Što znači zapis /24 u CIDR notaciji?
- Koje korake ima DHCP i što host dobiva?
- Koje su prednosti i mane NAT-a?
- Zašto je uveden IPv6 i kako se prelazi s IPv4?

Hvala na pažnji!

Pitanja i rasprava

doc. dr. sc. Sandi Baressi Šegota • FIPU