

Glava 5: Mrežni nivo

5.1 Uvod

5.2 IP (*Internet Protocol*)

- Format datagrama
- IP adresiranje

5.3 Rutiranje

- *Link state*
- *Distance Vector*
- Hijerarhijsko rutiranje
- Protokoli rutiranja

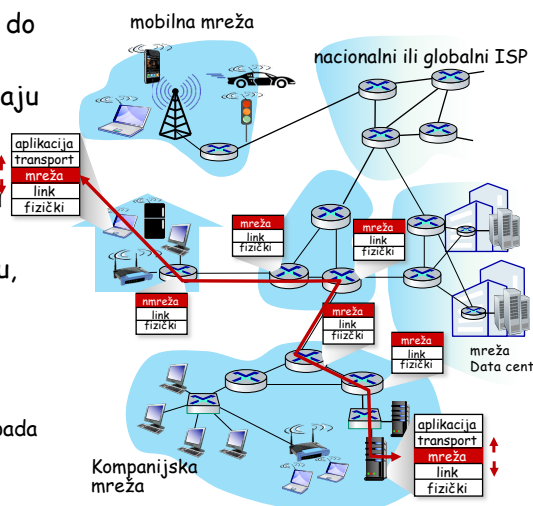
5.4 Ruter

Mrežni nivo 5-1

1

Mrežni nivo

- Prenos segmenta od pošiljaoca do odredišta
- Na strani koja šalje enkapsuliraju se segmenti u datagrame
- Na strani prijema predaja segmenata transportnom nivou
- Protokoli mrežnog nivoa su implementirani u *svakom* hostu, ruteru
- Ruter
 - ispituje polja zaglavlja svakog IP datagrama kojeg prosleđuje
 - prosleđuje paket na izlaz koji pripada odgovarajućoj ruti od izvora do destinacije



Mrežni nivo 5-2

2

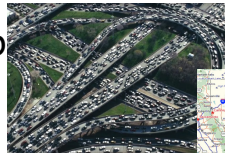
Ključne funkcije mrežnog nivoa

- *prosleđivanje*: prenos paketa sa ulaza rutera na odgovarajući izlaz
- *rutiranje*: izbor rute kojom se paketi prenose od izvora do destinacije.

- *Algoritmi rutiranja*

analogija:

- *rutiranje*: proces planiranja putovanja
- *prosleđivanje*: proces prolaska kroz jednu raskrsnicu



prosleđivanje



rutiranje

Mrežni nivo 5-3

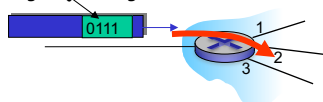
3

Mrežni nivo: ravan podataka, ravan kontrole

Ravan podataka

- Lokalna funkcija rutera
- Determiniše kako se datagram koji dolazi na ulazni port rutera prosleđuje na izlazni port
- Funkcija prosleđivanja

Destinaciona adresa u zaglavlju datagrama



Kontrolna ravan

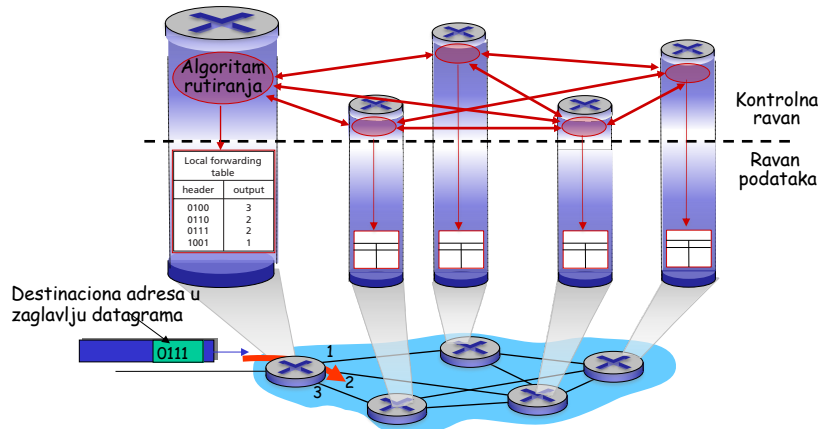
- Mrežna logika
- Određuje kako se datagram rutira duž putanje od kraja do kraja od izvorišnog do odredišnog hosta
- Dva pristupa:
 - *Tradicionalni algoritmi rutiranja*: implementirani u ruterima
 - *Software Defined Networking (SDN)*: implementirani u udaljenim serverima

Mrežni nivo 5-4

4

Distribuirana kontrolna ravan

Individualni algoritmi rutiranja se izvršavaju samostalno *u svakom ruteru* i interaguju u kontrolnoj ravni

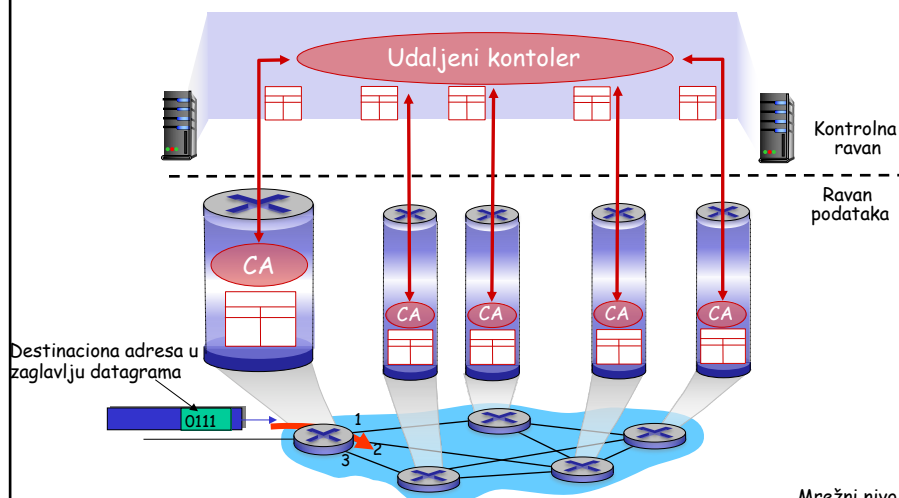


Mrežni nivo 5-5

5

Centralizovana kontrolna ravan

Udaljeni kontroler interaguje sa lokalnim kontrolnim agentima (CAs)



Mrežni nivo 5-6

6

Mrežni servisni model

Pitanje: Koji *servisni model* nudi “kanal” koji transportuje datagrame od pošiljaoca do prijemnika?

Primjer servisa za individualne datagrame:

- ☐ Garantovana predaja
- ☐ Garantovana predaja sa kašnjenjem manjim od određene vrijednosti (npr 100ms)

Primjer servisa za tok datagrama:

- ☐ Redosledna predaja datagrama
- ☐ Garantovani minimalni protok toka
- ☐ Ograničene promjene u međupaketskim intervalima
- ☐ Nivo zaštite

Mrežni nivo 5-7

7

Modeli servisa mrežnog nivoa:

Mrežna Arhitektura	Model Servisa	Garantovani QoS				"Congestion Feedback"
		Brzina	Gub.	Red.	Tajm.	
Internet	<i>best effort</i>	bez	ne	ne	ne	ne (preko gubitaka)
ATM	CBR	konstantna brzina	da	da	da	nema zagušenja
ATM	VBR	garantov. brzina	da	da	da	nema zagušenja
Internet	Intserv	da	da	da	da	ne
Internet	Diffserv	moгуće	mog.	mog.	ne	

Mrežni nivo 5-8

8

Glava 5: Mrežni nivo

5.1 Uvod

5.2 IP (*Internet Protocol*)

- Format datagrama
- IP adresiranje

5.3 Rutiranje

- *Link state*
- *Distance Vector*
- Hijerarhijsko rutiranje
- Protokoli rutiranja

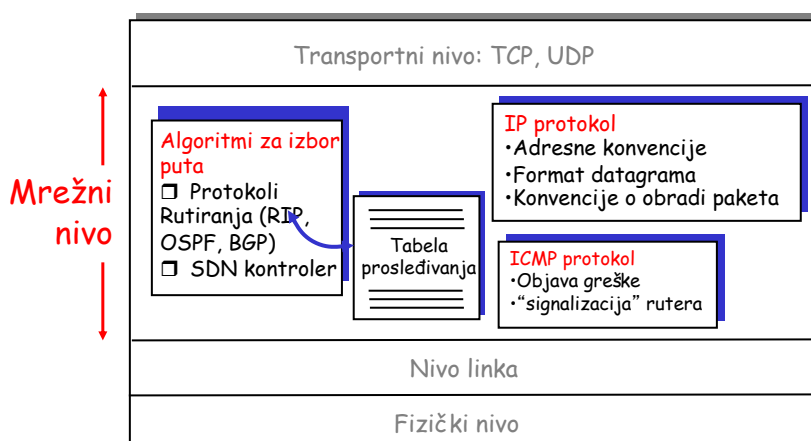
5.4 Ruter

Mrežni nivo 5-9

9

Internet mrežni nivo

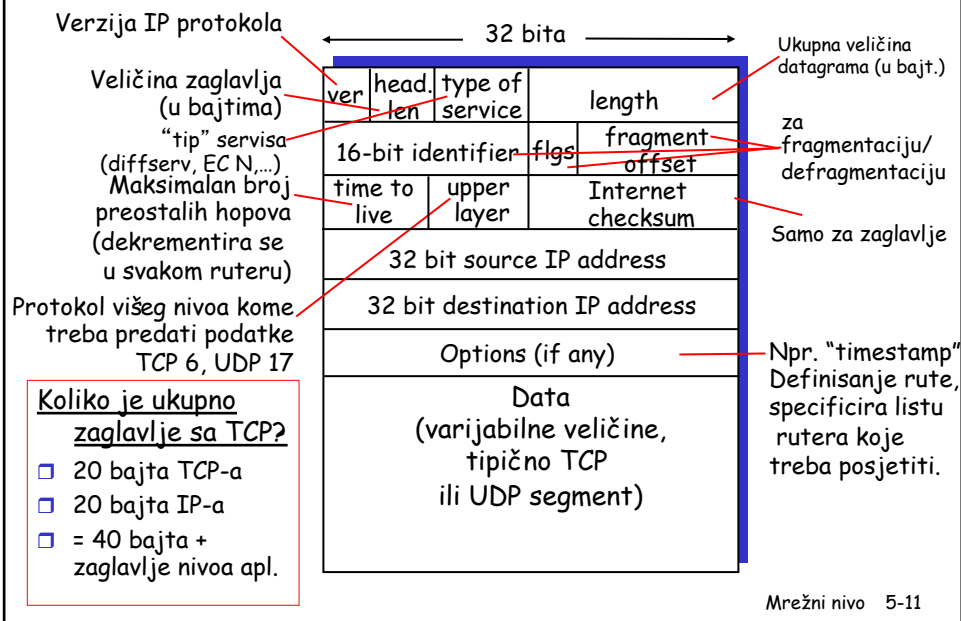
Host, ruter funkcije mrežnog nivoa:



Mrežni nivo 5-10

10

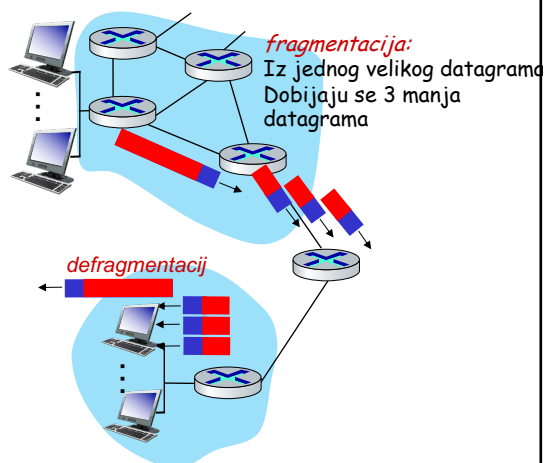
Format IP datagrama



11

IP Fragmentacija & Defragmentacija

- ☐ Mrežni linkovi imaju MTU (max.transfer size) ili najveći mogući okvir nivoa linka.
 - Različiti tipovi linkova, različiti MTU-ovi
- ☐ veliki IP datagram se dijeli ("fragmentira") u okviru mreže
 - jedan datagram postaje više datagrama
 - "defragmentira" se samo na konačnoj destinaciji
 - IP biti zaglavlja se koriste za identifikaciju redosleda vezanog za fragment



Mrežni nivo 5-12

12

IP fragmentacija, defragmentacija

Primjer:

- Datagram od 4000B
- MTU = 1500B

1480 B u polju podataka

offset =
1480/8

dužina	ID	fragflag	offset
=4000	=x	=0	=0

Jedan veliki datagram se dijeli na više manjih datagrama

dužina	ID	fragflag	offset
=1500	=x	=1	=0

dužina	ID	fragflag	offset
=1500	=x	=1	=185

dužina	ID	fragflag	offset
=1040	=x	=0	=370

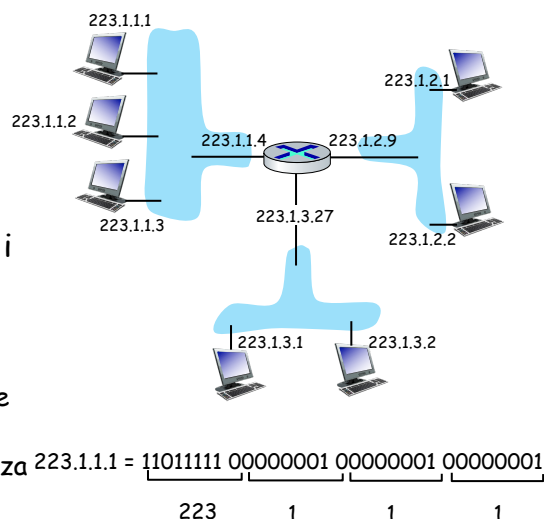
Mrežni nivo 5-13

13

IP Adresiranje: uvod

- **IP adresa:** 32-bitni identifikator interfejsa hosta ili rutera
- **interfejs:** veza između host/rutera i fizičkog linka

- ruteri tipično imaju više interfejsa
- i host može imati više interfejsa
- IP adrese su vezane za 223.1.1.1 = $\underbrace{1011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$ svaki interfejs



Mrežni nivo 5-14

14

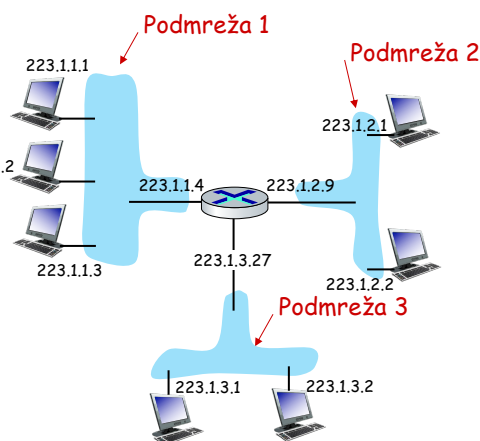
IP Adresiranje

□ IP adresiranje:

- Mrežni dio (biti višeg reda)
- Dio hosta (biti nižeg reda)

□ Šta je mreža? (iz perspektive IP adrese)

- Interfejsi uređaja sa istim mrežnim dijelom IP adrese
- mogu fizički dosegnuti jedni druge bez učešća rutera



Mreža se sastoji od 3 IP podmreže (prvih 24 bita su mrežna adresa)

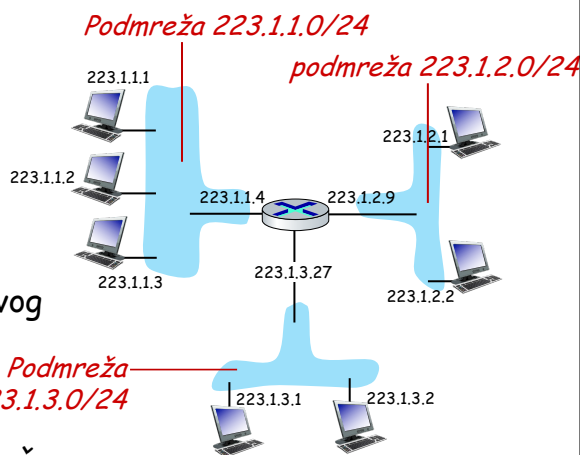
Mrežni nivo 5-15

15

Podmreža

Napomena

- Da bi odredili podmreže, treba razdvojiti svaki interfejs od njegovog hosta ili rutera, kreirajući ostrva izolovanih mreža.
- Svaka izolovana mreža se zove **podmreža**.



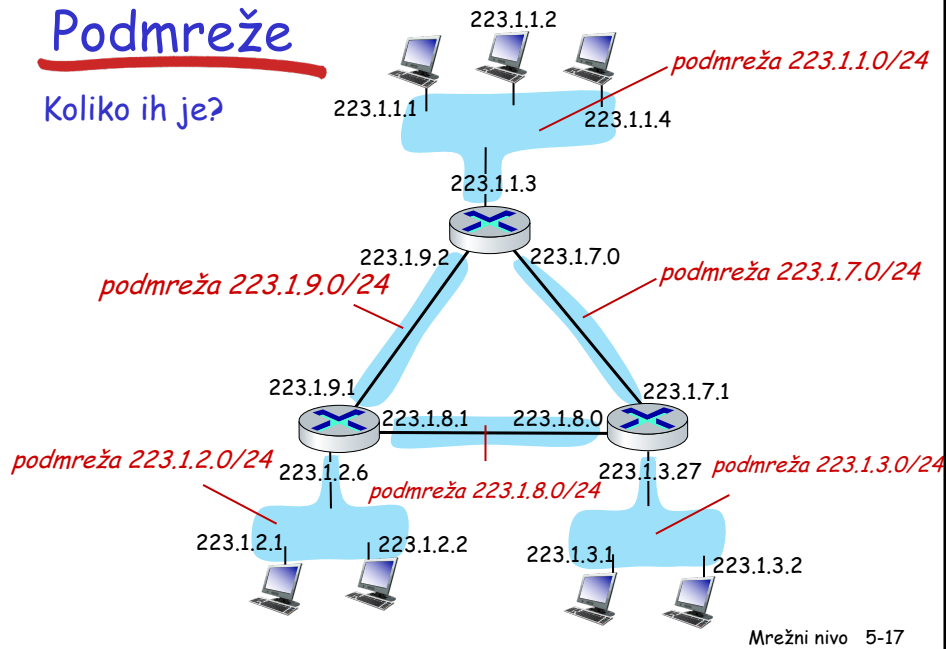
Maska podmreže: /24

Mrežni nivo 5-16

16

Podmreže

Koliko ih je?



17

IP adresiranje: CIDR

□ CIDR: Classless InterDomain Routing

- Podmrežni dio adrese je proizvoljne veličine
- Format adrese: **a.b.c.d/x**, gdje je x broj bita u mrežnom dijelu adrese

← Podmrežni dio → Host dio →
 11001000 00010111 00010000 00000000
 200.23.16.0/23

Mrežni nivo 5-18

18

IP adrese: kako dobiti IP adresu?

P: Kako *host* dobija IP adresu?

- od strane sistem administratora
 - Winl: control-panel->network->configuration->tcp/ip->properties
 - UNIX: /etc/rc.config
- dinamički od DHCP servera
 - DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
 - *plug-and-play*

Mrežni nivo 5-19

19

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

Cilj: omogućiti hostu dinamičko dobijanje adresa, prilikom povezivanja na mreću, od DHCP servera

- Može obnoviti adresu koju je već koristio
- Omogućava "reuse" adresa (host zadržava adresu dok je uključen)
- Olakšava pristup mobilnim korisnicima koji se pridružuju mreži

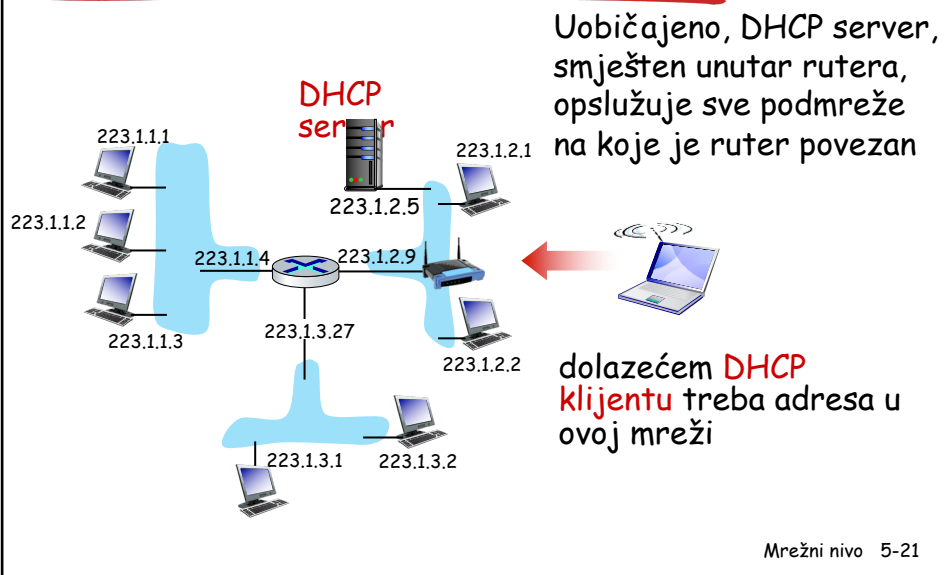
Pregled DHCP:

- host svima šalje "DHCP discover" poruku (UDP segment na port 67)
- DHCP server odgovara "DHCP offer" porukom
- host zahtijeva IP adresu "DHCP request" porukom
- DHCP server šalje adresu "DHCP ack" porukom

Mrežni nivo 5-20

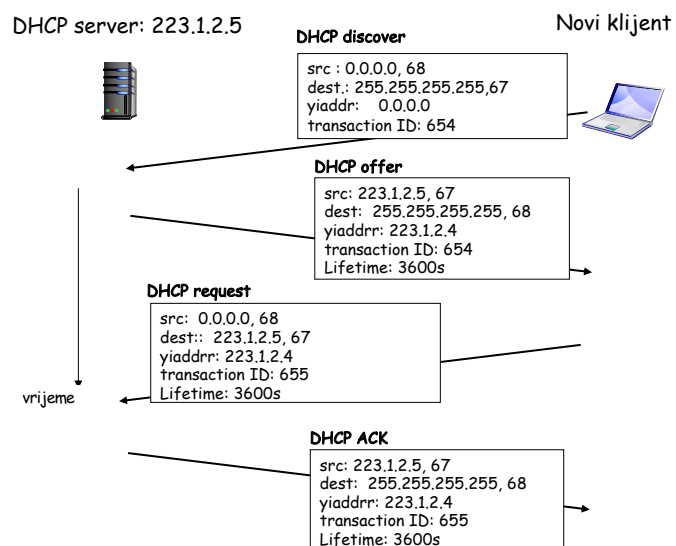
20

DHCP klijent-server scenario



21

DHCP klijent-server scenario



22

DHCP nudi više od IP adrese

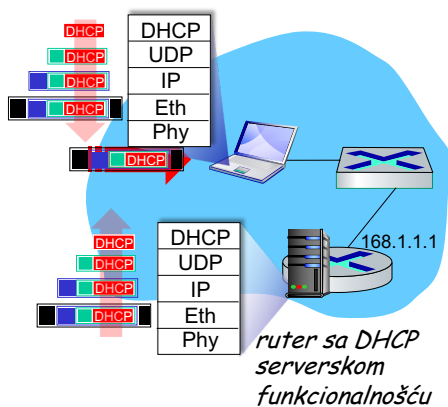
DHCP obezbeđuje više od same alokacije IP adrese u podmreži:

- Adresu *gateway* rutera podmreže
- Ime i IP adresu DNS servera
- *Subnet* masku (indicira mrežni dio adrese)

Mrežni nivo 5-23

23

DHCP: primjer

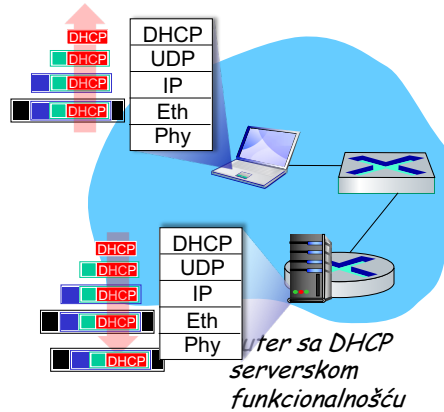


- Laptopu je potrebna IP adresa, adresa gateway-a i adresa DNS servera
- koristi DHCP
- DHCP zahtjev se enkapsulira u UDP segment, pa u IPdatagram, a zatim u IEEE802.3 Ethernet frejm
- Ethernet fejm se šalje svim interfejsima u LAN-u i prima od strane DHCP servera
- Obavlja se suprotan proces enkapsulaciji

Mrežni nivo 5-24

24

DHCP: primjer



- DHCP server kreira DHCP potvrdu koja sadrži klijentsku IP adresu, IP adresu *gateway* rutera, ime i IP adresu DNS servera
- Frejm se prosleđuje do klijenta koji ga otvara
- Klijentu je poznata IP adresa, ime i IP adresa DNS servera, IP adresa *gateway* rutera

Mrežni nivo 5-25

25

IP adrese: kako dobiti IP adresu?

P: Kako mreža dobija podmrežni dio IP adrese?

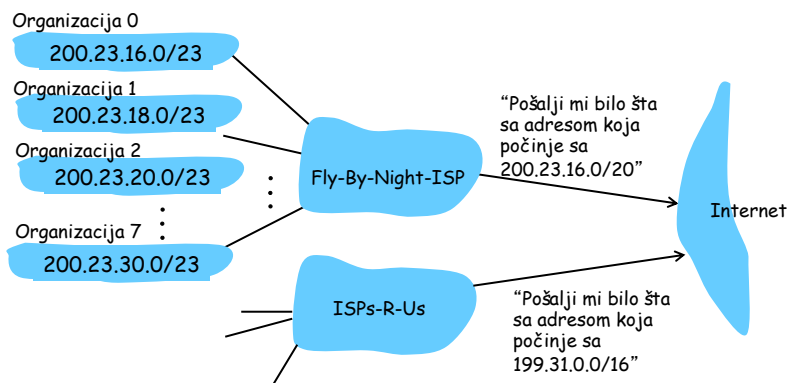
ISP-ov blok	<u>11001000 00010111 00010000 00000000</u>	200.23.16.0/20
Organizacija 0	<u>11001000 00010111 00010000 00000000</u>	200.23.16.0/23
Organizacija 1	<u>11001000 00010111 00010010 00000000</u>	200.23.18.0/23
Organizacija 2	<u>11001000 00010111 00010100 00000000</u>	200.23.20.0/23
...		
Organizacija 7	<u>11001000 00010111 00011110 00000000</u>	200.23.30.0/23

Mrežni nivo 5-26

26

Hijerarhijsko adresiranje: agregacija ruta

Hijerarhijsko adresiranje dozvoljava efikasno oglašavanje informacije potrebne za rutiranje:

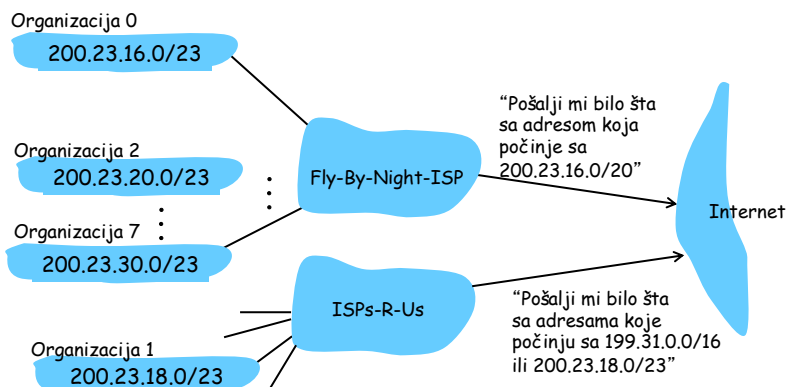


Mrežni nivo 5-27

27

Hijerarhijsko adresiranje: specifičnije rute

ISPs-R-Us ima više specifičnih ruta do Organizacije 1



Mrežni nivo 5-28

28

ICANN

P: Kako ISP dobija svoj blok adresa?

O: **ICANN**: Internet **C**orporation for **A**ssigned
Names and **N**umbers

- Alocira IP adrese preko 5 regionalnih registara (ARIN, RIPE, APNIC, LACNIC i AFRINIC)
- Upravlja DNS root serverima
- Dodjeljuje imena domena
- Razrešava sporove
- Poslednje IPv4 adrese je dodijelila 2011. godine

Mrežni nivo 5-29