

Uvod u RAČUNARSKE MREŽE

# Lekcija 7: Internet sloj – IP protokol

leto 2019/2020

Prof. dr Branimir M. Trenkić

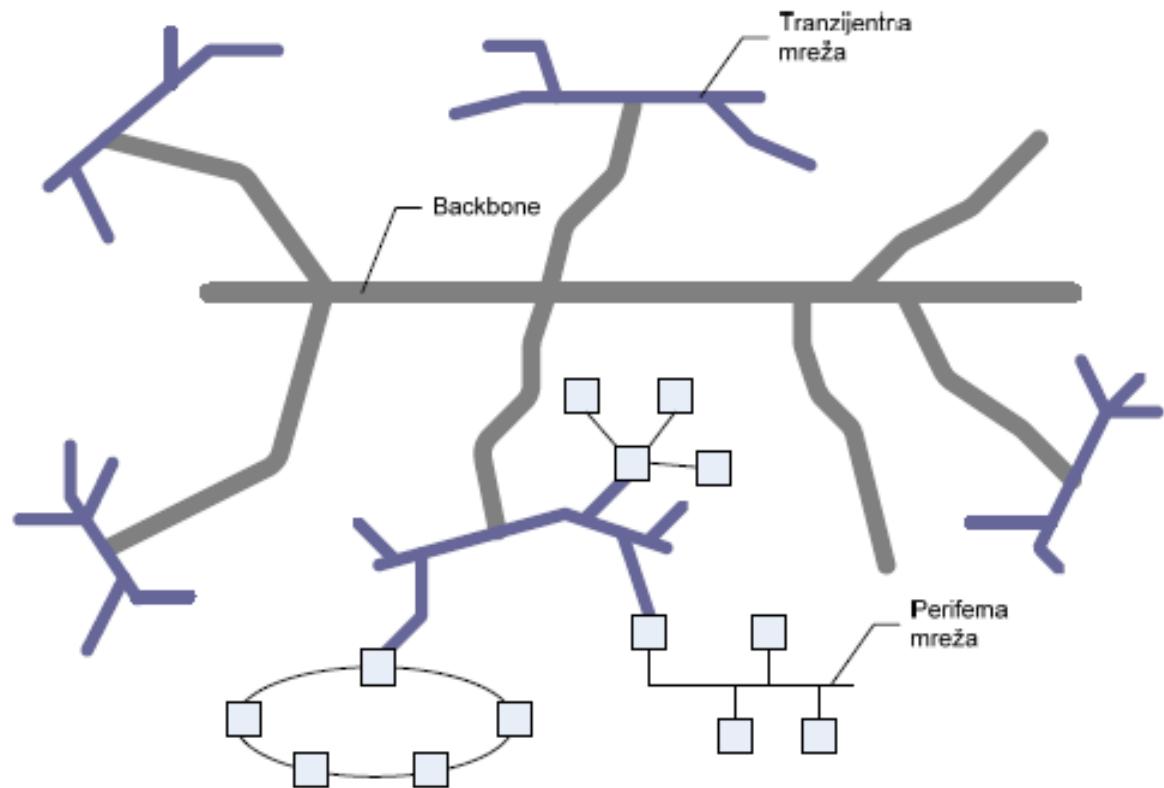
Fakultet za kompjuterske nauke – FKN  
Megatrend Univerzitet

# Internet protokol - Uvod

- **Internet protokol** (IP) je centralni **protokol mrežnog sloja** TCP/IP modela
- **Savremeni Internet** predstavlja kolekciju **međusobno povezanih podmreža**
- **Ne postoji** planska, uniformna, fiksna struktura Interneta
- **Okosnicu Interneta** čine ***nekoliko magistralnih (backbone) mreža*** povezanih pomoću komunikacionih linija **velike propusne moći** i brzih rutera

# Internet protokol - Uvod

- Na *backbone* mreže povezane su *regionalne*, a na regionalne *LAN mreže* mnogih *univerziteta*, *kompanija* i *ISP-ova*



# Internet protokol - Uvod

- **Zadatak Internet protokola** je *da mreže* Internet-a  
*“drži na okupu”*
- Zahvaljujući IP-u, *mnoštvo* fizički raznorodnih *mreža* objedinjeno je *u jednu* ogromnu mrežu
- **IP pravi utisak** kao da su *svi hostovi povezani na tu veliku mrežu, a ne na svoje individualne fizičke mreže*

# Internet protokol - Uvod

- **IP obezbeđuje best-effort** (tj. negarantovani) **servis** za prenos podataka od izvora do odredišta, bez obzira da li se mašine nalaze u istoj, susednim ili udaljenim mrežama
- Best-effort znači da IP **ne obezbeđuje proveru grašaka** i **evidenciju o isporuci podataka**
- IP pretpostavlja da su niži slojevi nepouzdani i **daće sve od sebe** da podatke isporuči na odredište, ali **bez garancija**

# Internet protokol - Uvod

✖ ***U toku prenosa***, podaci mogu biti **uništeni** na fizičkom nivou

+ **Zbog grešaka** u prenosu nastalih usled električnih smetnji

+ Ruter, **zagušen saobraćajem**, može odbaciti paket,

+ **Linija** kojom paket treba da se prenese dalje može privremeno ***biti u prekidu***

✖ Ako je ***pouzdanost bitna***, IP se mora upariti sa pouzdanim **transportnim protokolom** (kao što je **TCP**)

# Internet protokol - Uvod

- IP je **beskonekcioni protokol** za mreže sa komutacijom paketa koje koriste ***datagramski pristup***
- Svaki datagram se ***nezavisno prenosi*** i da svaki datagram može biti prenet do svog odredišta ***različitim putanjama***
- Prenošeni različitim putanjama između istog para izvor-odredište datagrami mogu stići na odredište ***izvan redosleda***
  - IP se oslanja na **protokole višeg nivoa** da reše sve ove probleme

# IP datagram

- *Paketi* koji se prenose na IP nivou nazivaju se ***datagramima***
- Datagram je paket ***promenljive dužine*** (do maksimalno ***65535 bajtova***)
- Sastoji se iz ***dva dela***: ***zaglavlje i podaci***
- **Zaglavlje** je podeljeno na ***polja*** koja sadrže informacije bitne za ***rutiranje i isporuku datagrama***

# IP datagram

- **Format zaglavlja:**
- Kod **TCP/IP protokola** uobičajeno je da se formati zaglavlja **prikazuju podeljeni na 4-bajtne sekcije**
- Datagram se prenosi u **“big-endian” poretku: s leva na desno**, sa krajnjim levim bitom polja VERS na početku
- Sledi kratak opis polja zaglavlja

# IP datagram

- Format zaglavlja:

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH						
IDENTIFICATION		FLAGS	FRAGMENT OFFSET						
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM							
SOURCE IP ADDRESS									
DESTINATION IP ADDRESS									
IP OPTIONS (IF ANY)									

# IP datagram

- **Veličina zaglavlja** je
  - najmanje **20**,
  - najviše **60 bajta**
- **Prvih dvadeset** bajtova u zaglavljiju su **fiksni** (uvek postoje);
- **Opcioni deo** (IP OPTIONS) je promenljive dužine od **0 do 40 bajtova**

# IP datagram

- **VERS (Verzija)** Četvorobitno polje koje definiše *verziju IP protokola*
  - Aktuelna verzija je 4 (**IPv4**), kojoj u ovom polju odgovara binarna vrednost **0100**

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH				
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET			
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM					
SOURCE IP ADDRESS							
DESTINATION IP ADDRESS							
IP OPTIONS (IF ANY)							

# IP datagram

- Postojanje broja verzije u svakom datagramu  
***olakšava prelazak na novu verziju IP protokola***  
(omogućava da neke mašine podržavaju samo staru,  
a druge samo novu ili obe verzije protokola)
- Trenutno je aktuelan prelaz ***sa IPv4 na IPv6***

# IP datagram

- HLEN (Header Length - dužina zaglavlja)
- Pošto *veličina zaglavlja nije konstantna*, u samom zaglavljtu predviđeno je polje HLEN, koje **definiše dužinu zaglavlja** izraženu brojem 32-bitnih reči (4-bajta)

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH							
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET						
TIME TO LIVE		PROTOCOL	HEADER CHECKSUM							
SOURCE IP ADDRESS										
DESTINATION IP ADDRESS										
IP OPTIONS (IF ANY)										

- *Minimalna* vrednost je **5** (opcije ne postoje),
- *Maksimalna* **15** (polje za opcije postoji i maksimalne je dužine)

# IP datagram

- **SERVICE TYPE (Tip servisa)**. Polje veličine *jednog bajta* koje definiše *kako će datagram biti tretiran od strane ruteru*
- **Pojedinačni bitovi** ovog polja:
  - prioritet datograma,
  - nivo pouzdanosti i
  - kašnjenja koje pošiljaoc datograma očekuje od ruteru
- Međutim, u praksi, ruteri najčešće ignoriraju ovo polje

0	4	8	16	18	24	31
VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH			
IDENTIFICATION		FLAGS		FRAGMENT OFFSET		
TIME TO LIVE		PROTOCOL	HEADER CHECKSUM			
SOURCE IP ADDRESS						
DESTINATION IP ADDRESS						
IP OPTIONS (IF ANY)						

# IP datagram

- **TOTAL LENGTH (Ukupna dužina)** Definiše **veličinu IP datagrama** (zaglavlje plus podaci) izraženu **bajtovima**
- **Veličina** ovog **polja je 16 bita**, što znači da veličina datagrama može biti maks. **65535 bajtova ( $2^{16}-1$ )**

0	4	8	16	18	24	31			
VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH						
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET					
TIME TO LIVE		PROTOCOL	HEADER CHECKSUM						
SOURCE IP ADDRESS									
DESTINATION IP ADDRESS									
IP OPTIONS (IF ANY)									

- **Broj bajtova podataka** koji se prenose datagramom može se odrediti tako što će se od TOTAL LENGTH **oduzeti veličina zaglavljia** ( $4 \times \text{HLEN}$ )

# IP datagram

- **TOTAL LENGTH (Ukupna dužina)**
- **Pojedine fizičke mreže ne mogu** enkapsulirati datagram od 65535 bajtova u njihov okvir
- U takvim slučajevim, da bi se ostvario prenos, neophodno je izvršiti **fragmentaciju datagrama**

# IP datagram

- **IDENTIFICATION** (**Identifikacija**) **16-bitno** polje koje se koristi prilikom **fragmentacije datagrama**
  - **FLAGS** (**Polje za markere**). **Trobitno polje** koje se takođe **koristi prilikom fragmentacije datagrama**
  - **FRAGMENT OFFSET** (**Pomeraj fragmenta**) **13-bitno** polje koje se koristi, kao i prethodna dva, **prilikom fragmentacije datagrama**

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH				
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET			
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM					
SOURCE IP ADDRESS							
DESTINATION IP ADDRESS							
IP OPTIONS (IF ANY)							

# IP datagram

- **TIME TO LIVE (Vreme života)** *Brojač* koji se koristi da bi se ograničilo vreme života datagrama
  - Vrednost ovog polja se *umanjuje za 1* u *svakom ruteru* kroz koji datagram prolazi

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH						
IDENTIFICATION		FLAGS	FRAGMENT OFFSET						
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM							
SOURCE IP ADDRESS									
DESTINATION IP ADDRESS									
IP OPTIONS (IF ANY)									

# IP datagram

- **TIME TO LIVE (Vreme života)**
- Ako **Vreme života dostigne 0** pre nego što datagram stigne do odredišta, **datagram se uništava**
- Na ovaj način sprečava se da datagram ostane zarobljen u mreži, lutajući od rutera do rutera, zbog npr. greške u tabelama rutera

# IP datagram

- **PROTOCOL** (8 bita) *ukazuje na protokol višeg nivoa koji koristi usluge IP sloja*
  - IP datagram može da enkapsulira podatke iz više protokola višeg nivoa, kao što su ***UDP, TCP, ICMP*** i ***IGMP***
  - Ovo polje definiše kome se isporučuje sadržaj IP datograma

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH				
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET			
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM					
SOURCE IP ADDRESS							
DESTINATION IP ADDRESS							
IP OPTIONS (IF ANY)							

# IP datagram

- **PROTOCOL (8 bita)**
- ***Vrednosti ovog polja***, za različite protokole višeg nivoa navedene su ***u tabeli:***

Vrednost	Protokol
1	ICMP
2	IGMP
6	TCP
17	UDP
89	OSPF

# IP datagram

- **HEADER CHECKSUM** (Kontrolna suma zaglavlja) je ***16-bitno polje*** koje se koristi za ***verifikaciju zaglavlja*** (ne celog paketa)

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH				
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET			
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM					
SOURCE IP ADDRESS							
DESTINATION IP ADDRESS							
IP OPTIONS (IF ANY)							

# IP datagram

- Polja **SOURCE IP ADDRESS** i **DESTINATION IP ADDRESS** (**Adresa izvora** i **Adresa odredišta**) sadrže 32-bitne mrežne (IP) adrese izvornog hosta (host koji je poslao datagram) i odredišnog hosta (krajnje odredište datagrama)
- Ove adrese ostaju **neizmenjene** u svim fragmentima na koje se datagram eventualno deli u toku prenosa

# Fragmentacija

- Na putu **do** svog **krajnjeg odredišta**, datagram može proći **kroz više različitih mreža**
- **Svaki ruter** izdvaja IP datagram iz primljenog okvira, obrađuje ga i ponovo enkapsulira u okvir kojeg šalje sledećem ruteru ili odredišnom hostu
- **Format i veličina primljenog okvira zavisi od protokola sloja veze** koji se **koristi na** fizičkoj **mreži** preko koje je okvir **stigao u ruter**
- **Format i veličina okvira kojeg ruter šalje zavisi od protokola sloja veze** koji se koristi na fizičkoj mreži preko koje okvir dalje **nastavlja svoj put**

# Fragmentacija

- MTU (Maximum Transfer Unit )
- Svaki *protokol sloja veze* **definiše format svog okvira**
- Ograničenje koje uvek postoji jeste **maksimalna veličina polja za podatke** u okviru, tzv. MTU
- Kada se datagram enkapsulira u okvir, ukupna veličina datograma mora biti manja od ove maksimalne veličine, koja je definisana ograničenjima nametnutim hardverom i softverom koji se koriste u mreži

# Fragmentacija

- MTU (Maximum Transfer Unit )
- Vrednost **MTU parametra** se razlikuje od jedne do druge fizičke mreže:

Protokol	MTU
Hyperchannel	65,535
TokenRing (16 Mbps)	17,914
TokenRing (4 Mbps)	4,464
FDDI	4,352
Ethernet	1,500
X.25	576
PPP	296

# Fragmentacija

- Da bi se *IP protokol* učinio **nezavisnim od fizičke mreže**, projektanti IP protokola su odlučili da maksimalna veličina IP datagrama bude jednaka **65,535 bajta**
- Na taj način, **prenos je efikasniji** ako se koristi **mreža sa MTU ovo veličine**
- Za ostale fizičke mreže, sa manjim MTU, datagram se mora podeliti na manje celine kako bi mogao biti prenet kroz mrežu
- Ova podela se naziva **fragmentacijom**

# Fragmentacija

- Nakon izvršene fragmentacije, ***svaki fragment*** (koji je takođe datagram) ***ima svoje zaglavlje*** u kome su **većina polja** iz prvobitnog datagrama **ponovljena**
- Ali su **neka i promenjena**
- Fragmentirani datagram i sam može biti fragmentiran - ako najde na mrežu sa još manjim MTU-om
- Drugim rečima, datagram može biti fragmentiran ***nekoliko puta*** dok ne stigne na odredište

# Fragmentacija

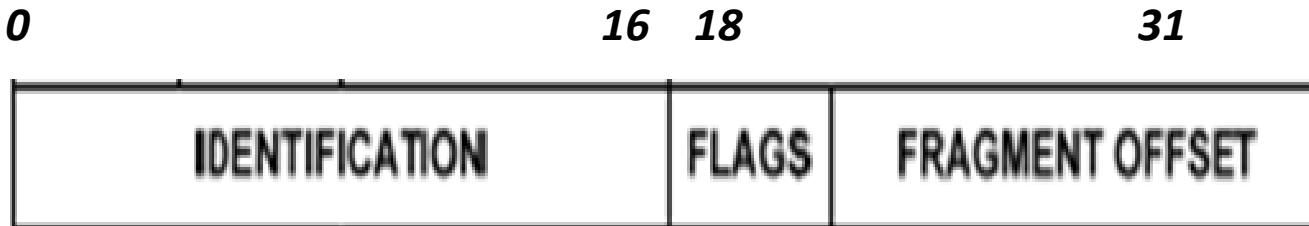
- Datagram može biti **fragmentiran** od strane **bilo kog rутера на путањи**
- **Реконструкцију** првобитног datagrama od fragmentiranih delova obavlja **исkljuчиво одредиšни host**
- Ovo ograničenje je logično, jer se ne može garantovati da će svi fragmenti istog datagrama proći istom putanjom do odredišta

# Fragmentacija

- Kada se datagram fragmentira, **obavezni delovi zaglavlja moraju biti kopirani** u zaglavljia **svih** kreiranih **fragmenata**
- **Polje za opcije može** ali i **ne mora** biti identično onome iz prvobitnog datagrama
- Host ili ruter koji obavlja fragmentaciju, **mora promeniti vrednosti** tri polja: **FLAGS**, **FRAGMENTATION OFFSET** i **TOTAL LENGTH**
- Naravno, vrednost polja za kontrolnu sumu se mora ponovo izračunati, bez obzira da li se datagram fragmentira ili ne

# Fragmentacija

- Sledeća tri polja zaglavlja IP datagrama se koriste u fragmentaciji:
  1. **IDENTIFICATION (Identifikacija)**
  2. **FLAGS (Polje za markere)**
  3. **FRAGMENT OFFSET (Pomeraj fragmenta)**



# Fragmentacija

- **IDENTIFICATION** (Identifikacija) 16-bitno polje koje *identificuje datagrame* koji potiču *iz istog izvora*
- *Izvorna IP adresa* + vrednosti *polja za identifikaciju* = **jedinstveni** način kojim se identificuje datagram kada on napusti izvorni host
- Da bi se obezbedila jedinstvenost, IP protokol **koristi brojač** za označavanje datagrama

# Fragmentacija

- ✖ Ako se datagram fragmentira, **vrednost polja za identifikaciju** se **kopira** u sve fragmente
- ✖ Svi fragmenti nastali podelom nekog datograma imaju **istu vrednost** u polju za identifikaciju kao i taj datagram
- ✖ Na taj način, **odredišnom hostu** je omogućeno da odredi ***kom datagramu prijedaje upravo pristigli fragment***
- ✖ Host zna da sve fragmente sa istom vrednošću za identifikaciju i istom izvornom IP adresom treba da objedini u jedan datagram

# Fragmentacija

- **FLAGS (Polje za markere)** Sadrži ***tri bita***
- ***Prvi bit*** je ***neiskorišćen***
- ***Drugi bit, DF***, postavljen ne vrednost **1** ***znači Don't Fragment*** (ne fragmentiraj) - datagram nije dozvoljeno fragmentirati
  - Postavljajući DF na 1, pošiljalac je siguran da će datagram stići do odredišta "u jednom komadu"
  - Datagram do odredišta može stići nekim zaobilaznim putem, izbegavajući male mreže, koje nisu u mogućnosti da ga prenesu u okviru jednog okvira)

# Fragmentacija

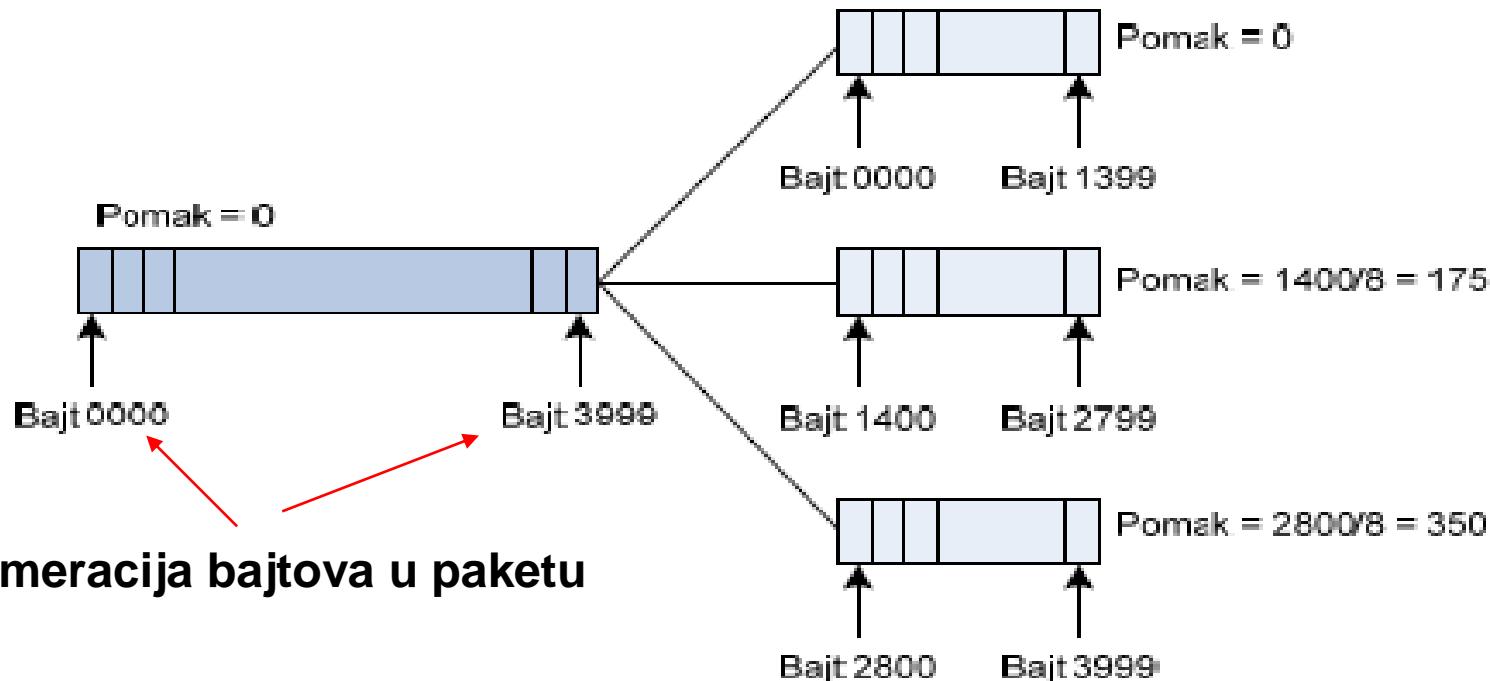
- **Treći bit** polja FLAGS, **MF (*More Fragments*)**
- **Vrednost 1** ukazuje da datagram ***nije poslednji fragment*** nekog većeg datograma - postoji jedan ili više fragmenata koji slede
- Ako bit MF ima **vrednost 0**, to znači da je ovaj datagram ***poslednji fragment nekog većeg datograma*** ili se radi o datagramu koji nije fragmentiran

# Fragmentacija

- **FRAGMENT OFFSET (Pomeraj fragmenta)** (13 bita)  
*definiše poziciju ovog fragmenta u okviru celokupnog datagrama*
- Predstavlja pomak (offset) podataka u prvobitnom datagramu izražen *u jedinicama od po 8 bajta*

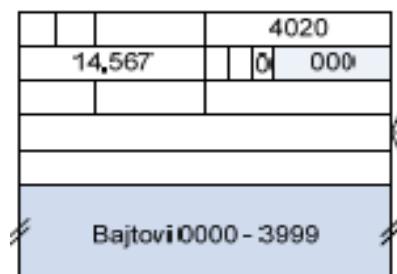
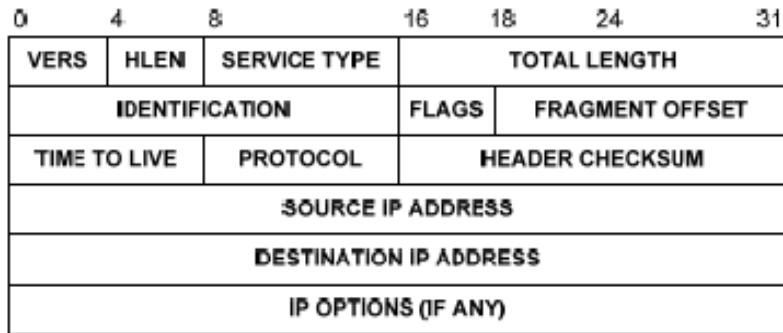
# Fragmentacija

- Prikazan je **datagram** sa podacima **veličine 4000 bajta** podeljen na **tri fragmenta**



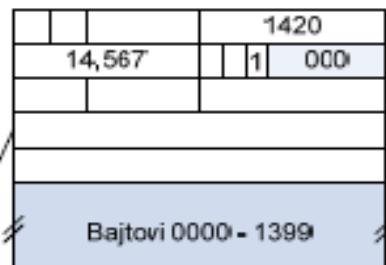
# Fragmentacija

- Detaljniji prikaz:



Polazni datagram

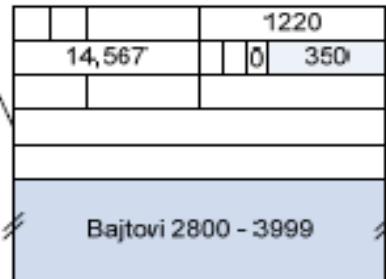
1. MF bit
2. FRAGMENT  
OFFSET



Fragment 1



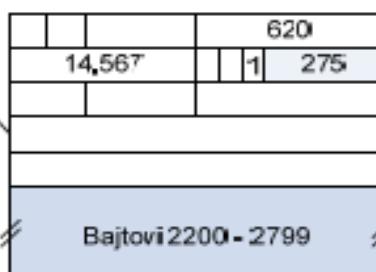
Fragment 2



Fragment 3



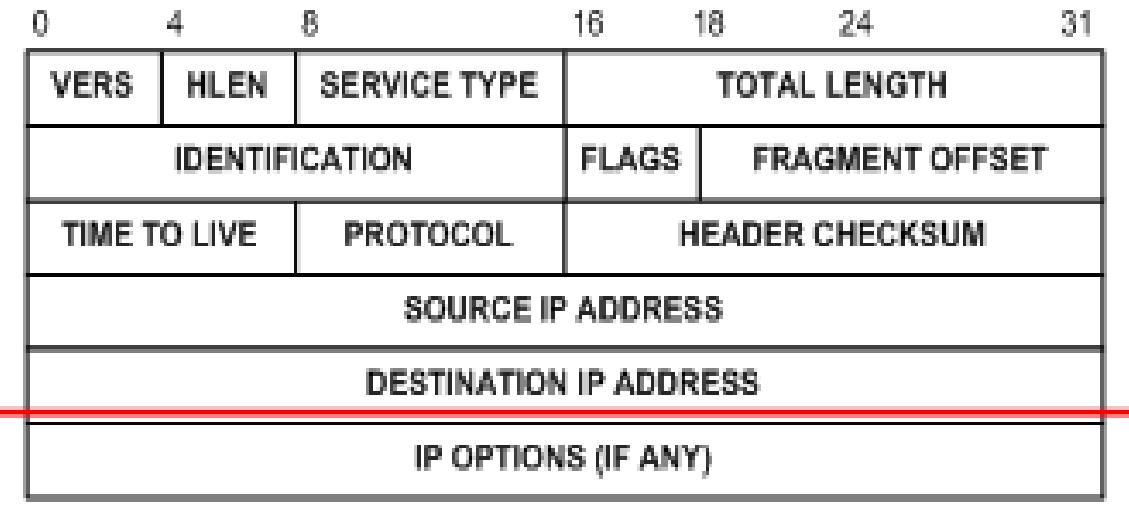
Fragment 2.1



Fragment 2.2

# Opcije

- **Zaglavje IP datagrama** se sastoji iz dva dela: obaveznog (**fiksne dužine**) i opcionog (**promenljive dužine**)
- **Fiksni** deo, dužine **20 bajta**, **promenljivi deo**, maksimalne dužine **40 bajta**, rezervisan je za tzv. opcije

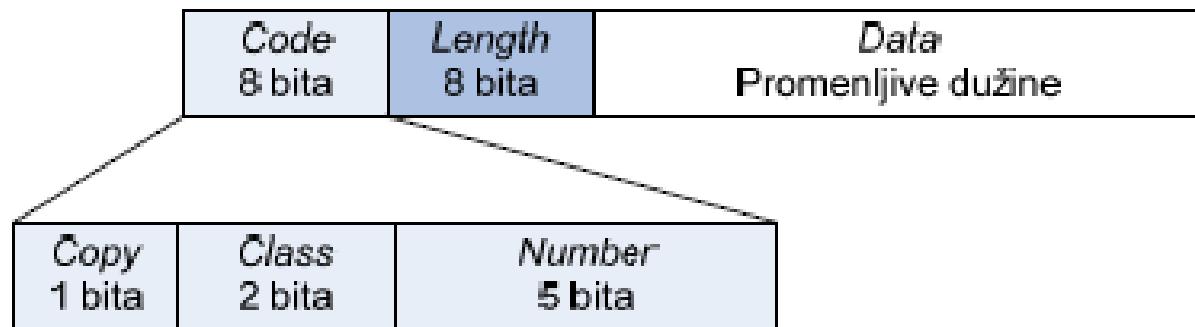


# Opcije

- **Opcije**, kao što i samo ime sugeriše, **nisu obavezne**
- Opcije se koriste **za testiranje** i **debagiranje mreže**
- Pri **normalnom prenosu** podataka, zaglavlje IP datagrama **ne sadrži ovo polje**
- Deo za opcije, ako postoji, može sadržati **jednu ili više opcija**

# Opcije

- Format
- **Sve opcije** imaju identičan format
- Opcija se sastoji iz **tri polja**: 1-bajtno polje za kôd (**Code**), 1-bajtno polje za dužinu (**Length**) i polje za podatke (**Data**) promenljive dužine



**Code.** Polje za kôd opcije sadrži 8 bita i podeljeno je tri podpolja: **Copy**, **Class** i **Number**

# Opcije

- **Copy.** Kontroliše prisustvo opcije u fragmentima
  - Ako je ovaj bit **postavljen na 0** - tada opcija sadržana u polaznom datagramu mora biti **kopirana samo u njegov prvi fragment**
  - Za **vrednost 1** - opcija se **kopira u svim fragmentima**
- **Class.** Definiše opštu **namenu opcije**
  - **Vrednost 00** u ovom polju ukazuje na opciju koja se koristi za **kontrolu datagrama**
  - **Vrednost 10** ukazuje na opciju koja se koristi **za debagiranje i menadžment mreže**

<b>Copy</b> 1bita	<b>Class</b> 2bita	<b>Number</b> 5bita
----------------------	-----------------------	------------------------

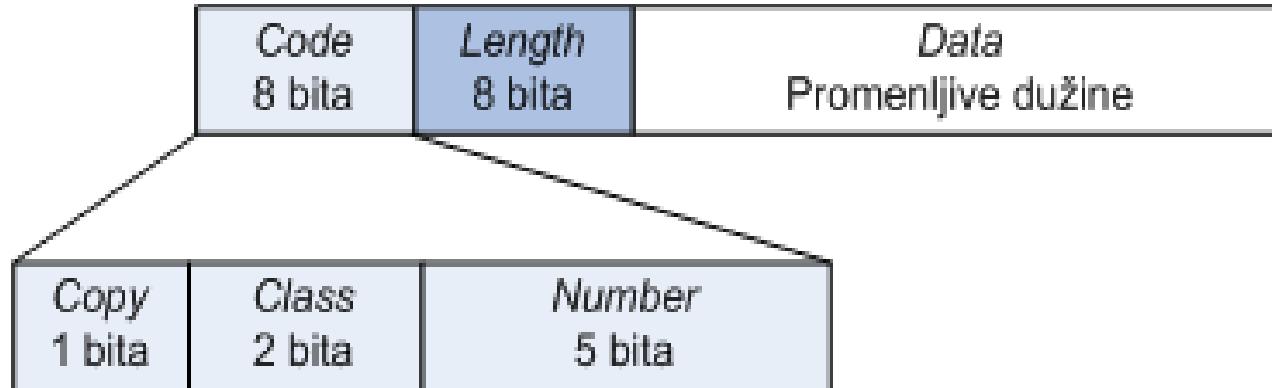
# Opcije

- **Number.** Definiše *tip opcije*
- Mada se sa 5 bita može definisati do 32 različita tipa,  
***u upotrebi su samo 6***

<i>Copy 1 bita</i>	<i>Class 2 bita</i>	<i>Number 5 bita</i>
------------------------	-------------------------	--------------------------

- **Length.** Definiše *ukupnu dužinu opcije* uključujući i polja kôd i dužinu. (Nije prisutno kod svih opcija)
- **Data.** Sadrži *podatke specifične za konkretnu opciju*. (Nije prisutno kod svih opcija)

# Opcije



## Copy

0 – kopiraj samo u prvi fragment

1 – kopiraj u sve fragmente

## Class

00 – kontrola datagrama

01 – rezervisano

10 – debagiranje i menadžment mreže

11 - rezervisano

## Number

00000 – kraj opcija

00001 – “prazna” opcija

00011 - približno rutiranje na izvoru

00100 – vremenski zapis

00111 – snimanje putanje

01001 – striktno rutiranje na izvoru

# Opcije

- Tipovi opcija
- Trenutno su u upotrebi **šest opcija**.
  - **Dve** opcije su **1-bajtne** (sastoje se samo od polja za kôd)
  - Preostale **četiri više-bajtne** (sadrže sva tri polja)
- No Operation. Ovo je 1-bajtna opcija koja se koristi za **popunu nepotpunjenih bajtova** između opcija, kada datagram **sadrži više od dve opcije** - može se koristiti za **poravnanje sledeće opcije**, tako da ona počne od naredne **16-bitne ili 32-bitne reči**

# Opcije

- Tipovi opcija
- End of Options (Kraj opcija). Ovo je takođe 1-bajtna opcija koja se koristi za **dopunu polja za opcije**, kako bi ono zauzimalo celi broj **16-bitnih ili 32-bitnih reči**
- U polju za opcije se može nalaziti **samo jedna end of operation** opcija, a može se koristiti sam **kao poslednja opcija**

# Opcije

- Tipovi opcija
- Record route (*snimanje putanje*). Koristi se za *snimanje putanje kojom se datagram prenosi* kroz Internet
- U polju za podatke ove opcije može se smestiti do devet IP adresa rutera kroz koje je datagram prošao (najviše devet zbog ograničenja dužine polja za opcije na 40 bajta)
- *Izvorni host rezerviše mesta* (stavke) u polju za opcije koja će popunjavati ruteri koje datagram poseti

# Opcije

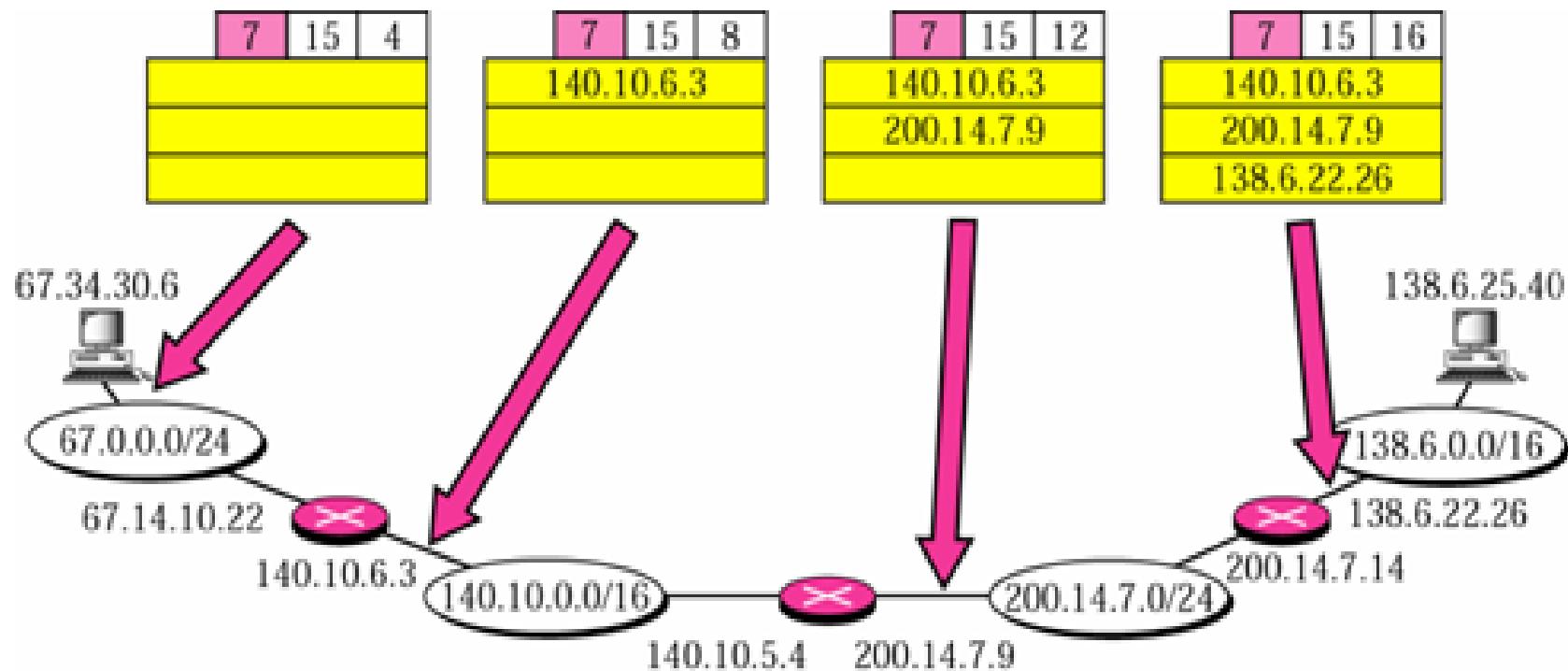
- Tipovi opcija

Code 00000111	Length (Ukupna dužina)	Pointer
	Prva IP adresa (prazno na početku)	
	Druga IP adresa (prazno na početku)	
	▪ ▪ ▪	
	Poslednja IP adresa (prazno na početku)	

Polje **pointer** ukazuje na **prvu slobodnu stavku**, tj. sadrži redni broj prvog slobodnog bajta (brojano od početka polja za opcije)  
Kada **datagram napusti izvorni host**, sve stavke su prazne,  
a **pointer** ima vrednost 4

# Opcije

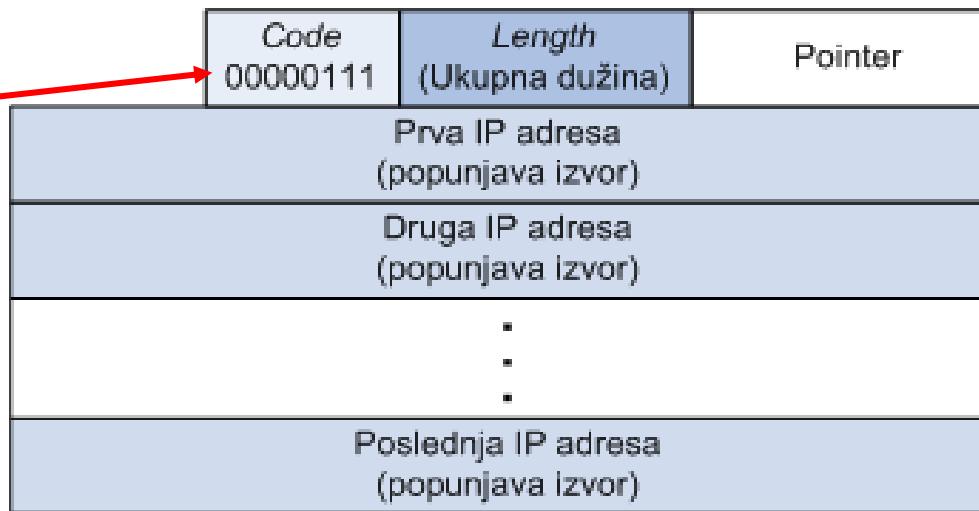
- Tipovi opcija - snimanje putanje



# Opcije

- Tipovi opcija
- Striktno rutiranje na izvoru (*Strict Source Route*). Koristi **izvorni host** kako bi **unapred odredio putanju datagrama** kroz Internet, navodeći IP adrese ruteru koje datagram mora da poseti

137



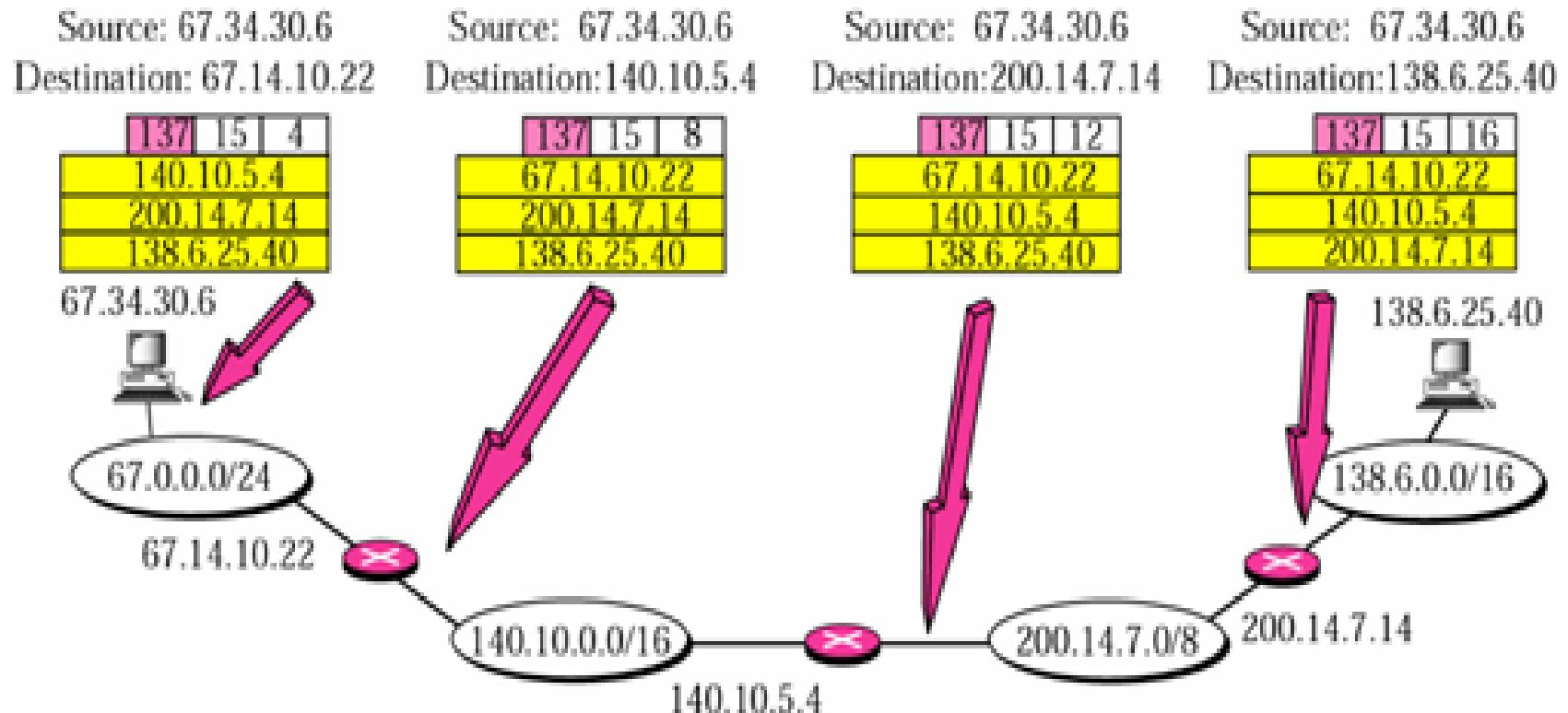
IP adrese ruteru  
kroz koje  
datagram mora da  
prođe

# Opcije

- Tipovi opcija
- Ako ova opcija postoji u datagramu, **svi navedeni ruteri moraju biti posećeni**
- Ako datagram dospe **u ruter koji nije na listi**, datagram se **uništava**, a **izvornom hostu** se šalje **ICMP poruka o grešci**
- Striktno rutiranje **koriste** isključivo **administratori mreže** za testiranje i debagiranje mreže

# Opcije

- Tipovi opcija - Striktno rutiranje na izvoru



# Opcije

- Tipovi opcija
- Približno rutiranje na izvoru (Loose Source Route)  
Ova opcija je **slična opciji striktnog rutiranja na izvoru** ali sa nešto blažim zahtevima
- **Svaki ruter u listi mora biti posećen**, ali datagram može posetiti i neke druge ruterne
- Format i način korišćenja je sličan kao kod prethodne opcije

# Opcije

- Tipovi opcija
- Vremenski zapis (Timestamp). Koristi se za **beleženje vremena kada su ruteri procesirali datagram**
- Vreme se izražava **u milisekundama** počev **od ponoći**
- Poznavanje ovog vremena pomaže administratorima mreže da **prate ponašanje ruta** na Internetu

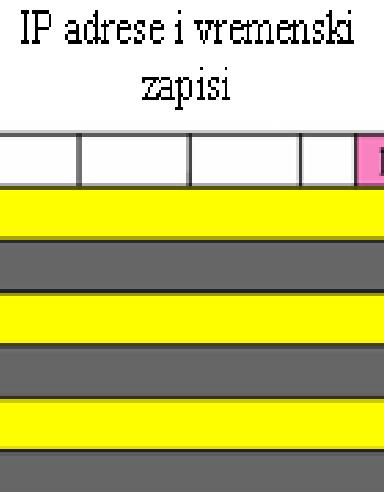
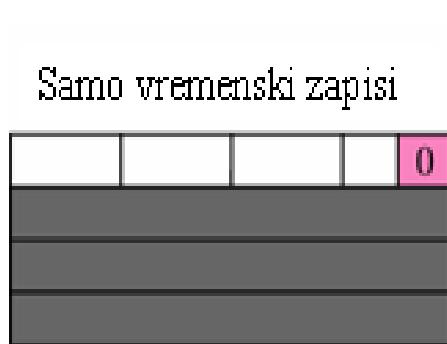
# Opcije

- Tipovi opcija
- Uz pomoć ovih informacija moguće je **proceniti vreme** koje je bilo potrebno da datagram pređe **iz jednog u drugi ruter**

Code 00000111	Length (Ukupna dužina)	Pointer	Overflow 4 bita	Flags 4 bita
		Prva IP adresa		
		Prvi vremenski zapis		
		Druga IP adresa		
		Drugi vremenski zapis		
		⋮		
		⋮		
		⋮		
		Poslednja IP adresa		
		Poslednji vremenski zapis		

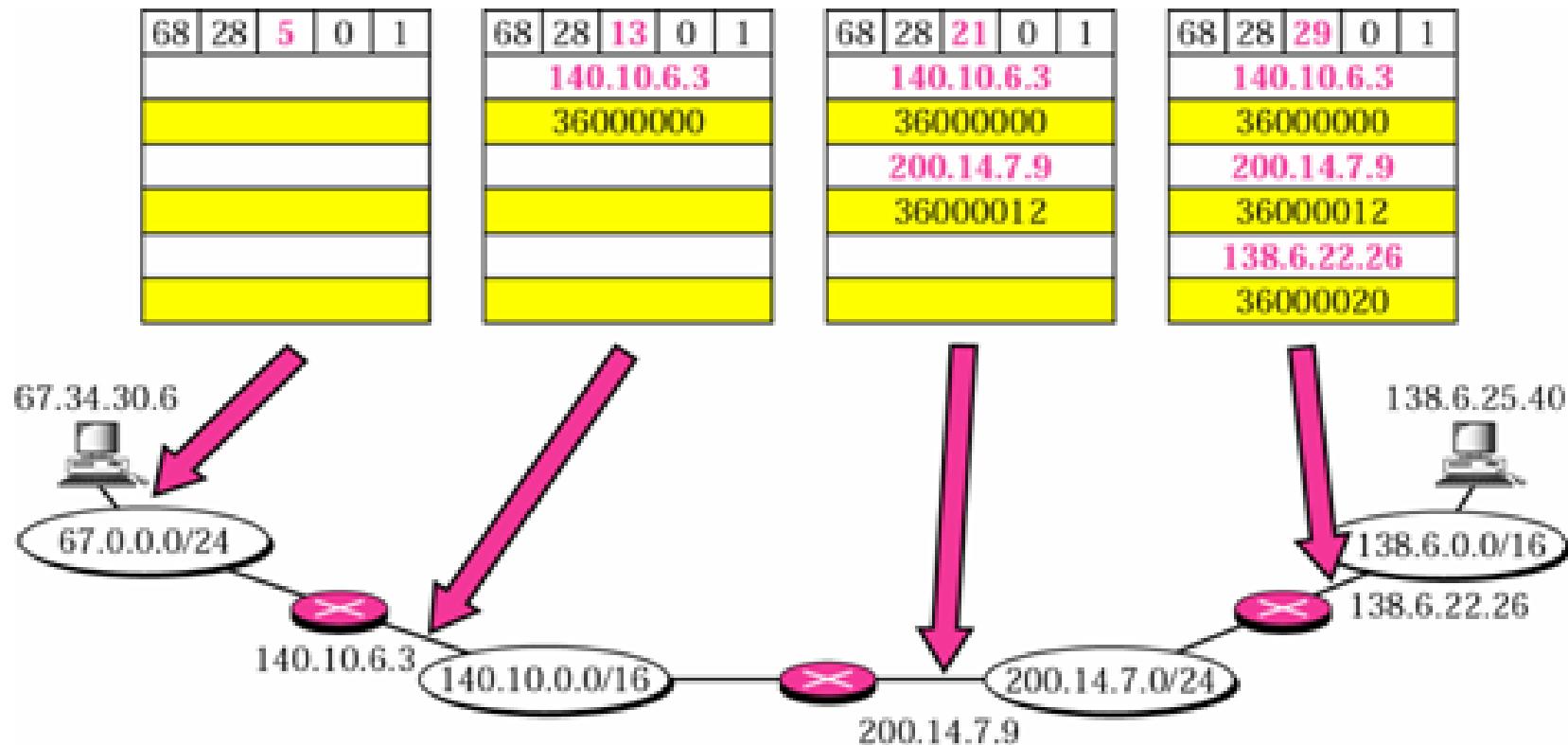
# Opcije

- Tipovi opcija
- Overflow pamti se **broj ruteru koji nisu uspeli da upisu svoj vremenski zapis** zato što više **nije bilo slobodnog prostora** u polju za opcije
- U polju Flags definisane su odgovornosti rutera (definisano je šta se očekuje od rutera)



# Opcije

- Tipovi opcija – Vremenski zapisi



# Kontrolna suma

- ***Kod većine TCP/IP protokola za kontrolu grešaka*** se koristi metod koji se naziva ***kontrolnom sumom (checksum)***
- Kontrolna suma predstavlja ***redundantnu informaciju*** koja se dodaje paketu ***radi zaštite od grešaka*** koje mogu nastati u toku prenosa paketa
- Kontrolna suma se ***izračunava na strani pošiljaoca paketa***, a dobijena vrednost se šalje zajedno sa paketom

## Kontrolna suma

- **Prijemnik ponavlja** isto **izračunavanje** nad podacima koje pokriva kontrolna suma, uključujući i polje za kontrolnu sumu
  - Ako je **rezultat zadovoljavajući**, paket se **prihvata**; ako nije, pakete se odbacuje

VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH						
IDENTIFICATION		FLAGS	FRAGMENT OFFSET						
TIME TO LIVE	PROTOCOL	HEADER CHECKSUM							
SOURCE IP ADDRESS									
DESTINATION IP ADDRESS									
IP OPTIONS (IF ANY)									

# Kontrolna suma

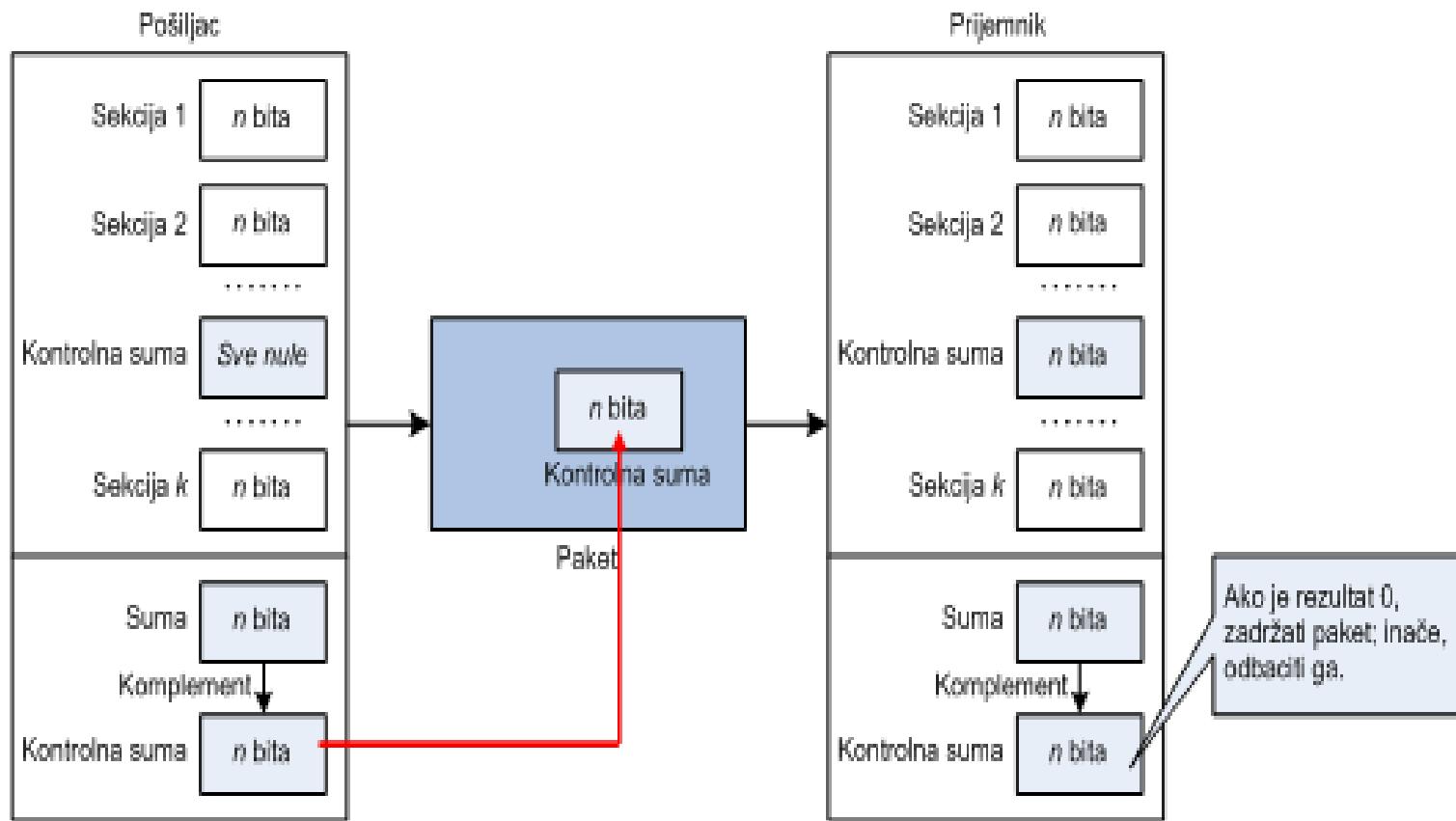
- Izračunavanje kontrolne sume na strani pošiljaoca
- Paket (zaglavlje) se **deli na n-bitne sekcije**
  - $n$  je obično **16 bita**
- Sve sekcije se sabiraju korišćenjem pravila **sabiranja binarnih brojeva u jediničnom komplementu** - rezultat je  $n$ -to bitna suma
- Nakon toga, **suma se komplementira** i upisuje u polje za kontrolnu sumu

# Kontrolna suma

- Izračunavanje kontrolne sume na strani primaoca
- Primalac **deli primljeni paket** na  $n$ -bitne sekcije
- Sve sekcije se **sabiraju**, a dobijeni **rezultat komplementira**
- Ako je konačni **rezultat 0**, paket se prihvata kao **ispravan**
- Ako se dobije vrednost **različita od 0**, paket se odbacuje, kao **neispravan**

# Kontrolna suma

- Kontrolna suma - koncept



# Kontrolna suma

- Kontrolna suma u IP datagramu
- Kontrolna suma za IP datagram se izračunava **shodno prethodno opisanoj proceduri**
- Prvo, **polje u zaglavlju** datograma predviđeno **za kontrolnu sumu** se postavlja na "**sve nule**"
- Zatim se celokupno zaglavljje **deli na 16-bitne** sekcije, koje se potom sabiraju
- Rezultujuća suma se **komplementira** i umeće u polje za kontrolnu sumu

# Kontrolna suma

- Kontrolna suma u IP datagramu
- **Kontrolna suma** kod IP datagrama **pokriva samo zaglavlje**, a ne i podatke
- **Svi protokoli** višeg nivoa koje se prenose IP datagramom **poseduju svoje polje za kontrolnu sumu** koja pokriva celokupan paket
- Zahvaljujući tome, nema potreba da se kontrolnom sumom IP datagrama proveravaju i enkapsulirani podaci

# Kontrolna suma

- *Kontrolna suma u IP datagramu*
- Drugo, prolaskom kroz svaki ruter, ***zaglavlje IP datagrama se modifikuje, ali ne i podaci***
- Dakle, kontrolna suma uključuje samo one delove datagrama koji se menjaju u prenosu

# Kontrolna suma

- Kontrolna suma u IP datagramu

4	5	0	28			
1		0	0			
4	17		0			
10.12.14.5				↑		
12.6.7.9						

4, 5 i 0	→	01000101	00000000
28	→	00000000	00011100
1	→	00000000	00000001
0 i 0	→	00000000	00000000
4 i 17	→	00000100	00010001
0	→	00000000	00000000
10, 12	→	00001010	00001100
14, 5	→	00001110	00000101
12, 6	→	00001100	00000110
7, 9	→	00000111	00001001
<hr/>			
Suma	→	01110100	01001110
Kontrolna suma	→	10001011	10110001

# NAT

- **Privatne mreže** su mreže koje **koriste TCP/IP** - ali su **izolovane od Interneta**
- Privatna mreža može sadržati od nekoliko do nekoliko stotina računara
  - Deoba zajedničkih resursa unutar jedne organizacije, kao što su baze podataka, štampači i dr.
- Čak iako je ***privatna mreža ruterom povezana sa globalnim Internetom***, ona će ostati izolovana jer će **ruter onemogućiti izlazak** datagrama koji nose privatne IP adrese izvan mreže

# NAT

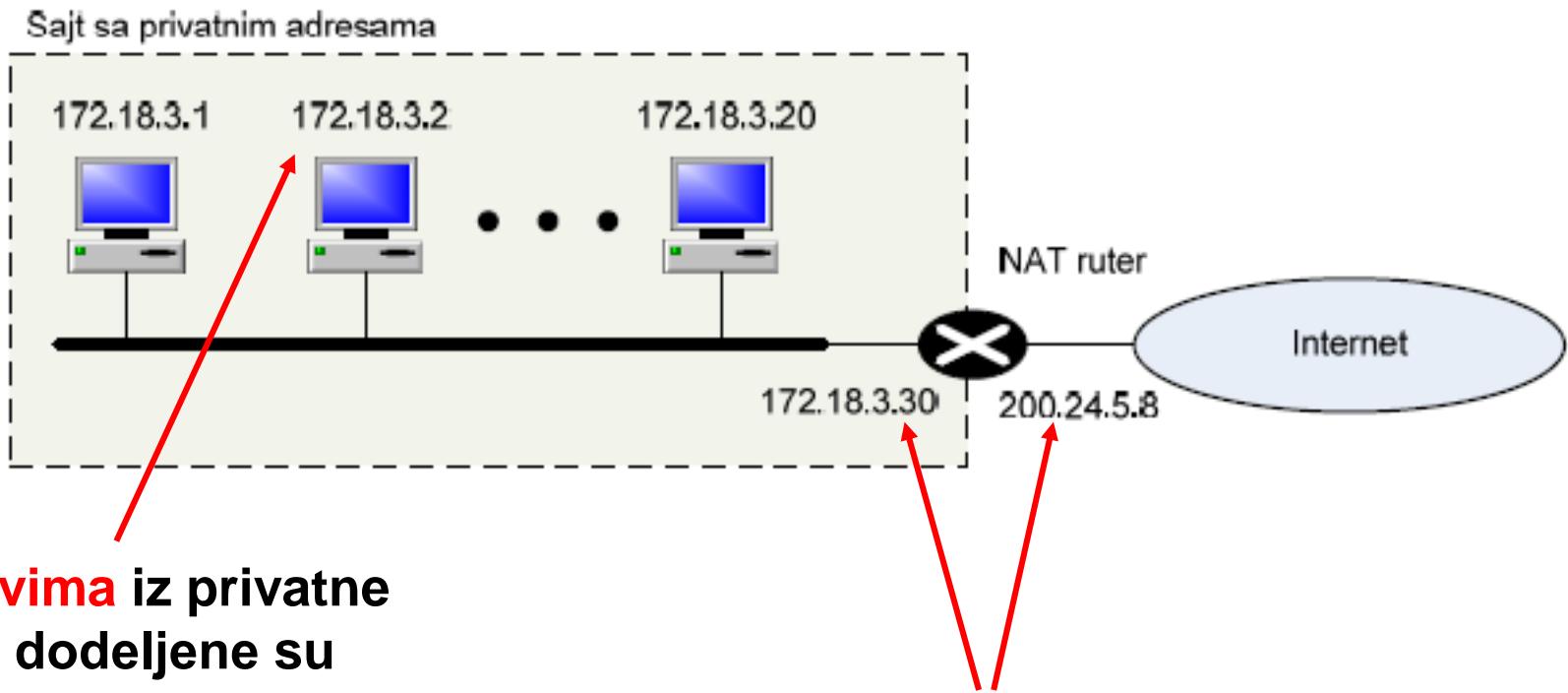
- Hostovima u privatnim mrežama **dodeljuju se IP adrese** iz nekoliko za tu namenu **rezervisanih blokova** (tzv. **privatne IP adrese**)

Klasa	Netid	Broj blokova
A	10.0.0	1
B	172.16 – 172.31	16
C	192.168.0 – 192.168.255	256

# NAT

- **Tehnika prevodenja mrežnih adresa** (*Network Address Translation - NAT*) omogućava hostovima iz privatne mreže da **komuniciraju** sa sajтовима **na globalnom Internetu**
- **Preduslov je** da privatna mreža mora imati **jednu konekciju** ka globalnom Interentu **posredstvom rутера** na kome se **izvršava NAT softver**

# NAT

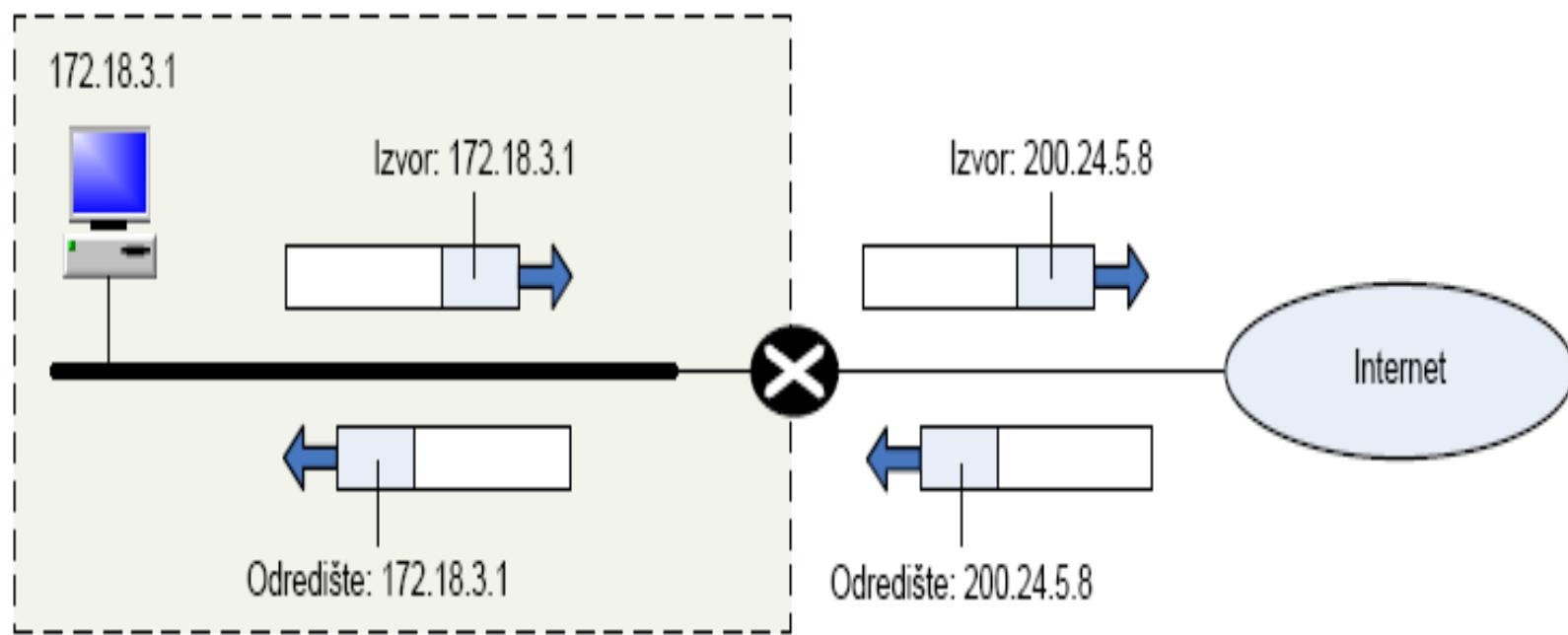


**Hostovima iz privatne mreže dodeljene su privatne adrese**

**Ruter poseduje jednu privatnu adresu ka privatnoj mreži, i jednu globalnu adresu, ka ostatku Internetu**

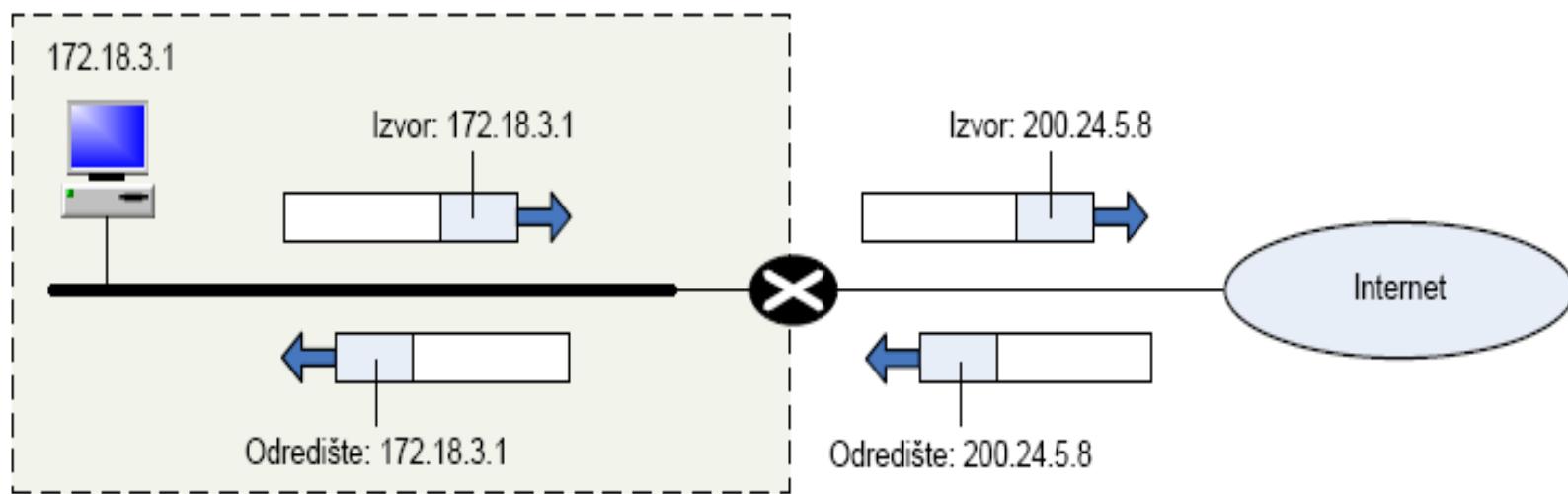
# NAT

- Prevođenje adresa
- **NAT ruter** modifikuje svaki paket koji napušta privatnu mrežu, tako što **izvornu adresu** u paketu **zamenjuje svojom NAT adresom (200.24.5.8)**



# NAT

- **Prevodenje adresa**
- Svaki paket koji iz Interneta **dolazi u privatnu mrežu**, takođe prolazi **kroz NAT ruter**, koji sada **odredišnu adresu** u paketu (a to je globalna adresa NAT ruter) **zamenjuje** odgovarajućom odredišnom **privatnom adresom**



# NAT

- **Prevođenje** adresa **za odlazne pakete** je **trivijalno**
- Postavlja se **pitanje** - **Kako NAT ruter zna kom privatnom hostu je namenjen paket koji dolazi sa Interneta?**
- Da bi shodno tome **u polju za odredišnu adresu** dolaznog paketa **upisao baš njegovu privatnu adresu**
- Ovaj problem se rešava tako što NAT ruter kreira **tabelu prevođenja** koja uspostavlja **vezu** između **privatnih i eksternih** adresa

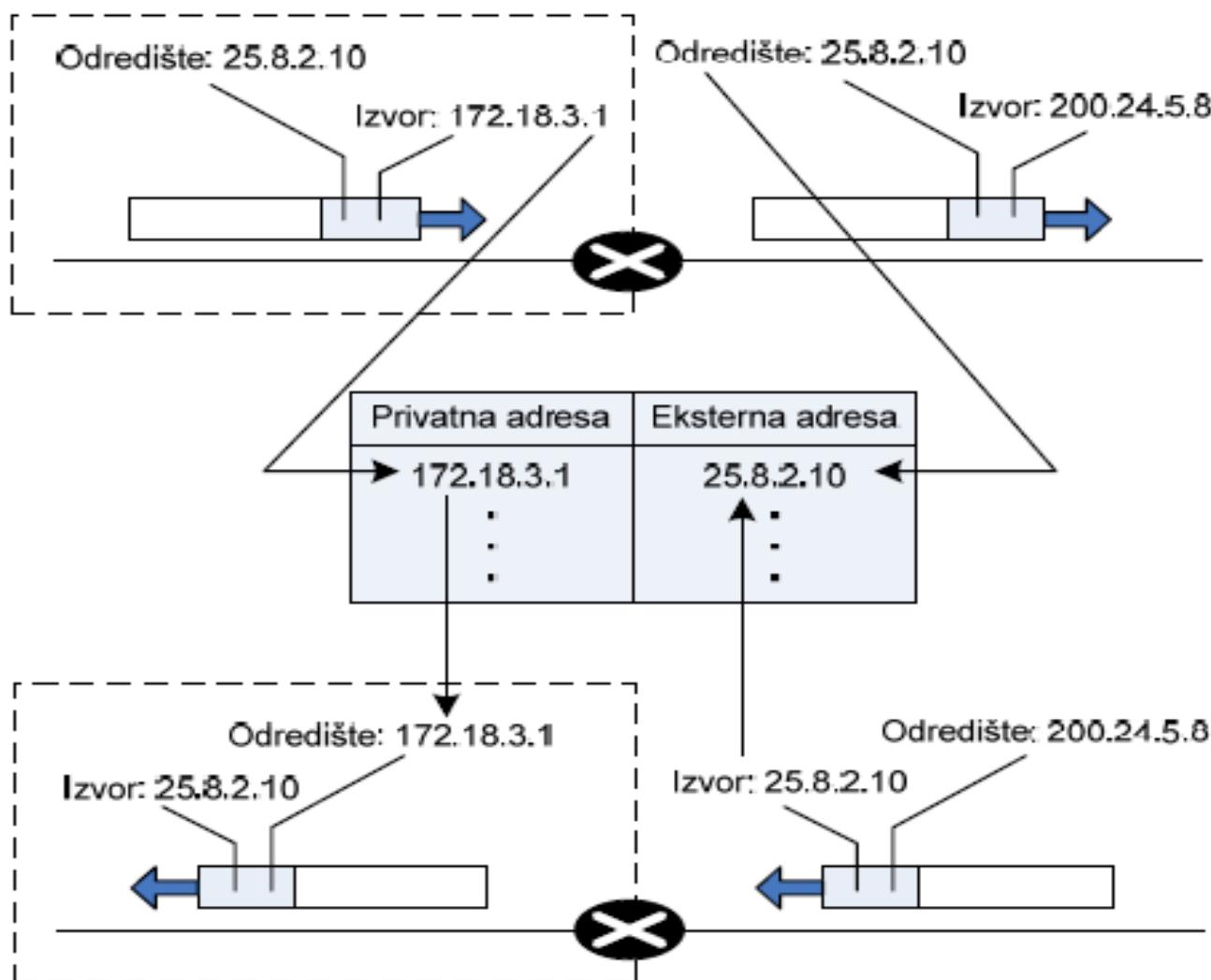
# NAT

- Korišćenje jedne IP adrese
- U najjednostavnijem obliku, tabela prevodenja ima samo dve kolone:
  - *privatnu adresu* i
  - *eksternu adresu* (odredišne adrese paketa)
- Kada ruter **zamenjuje izvornu adresu** odlaznog paketa svojom adresom, on takođe upisuju u tabelu prevodenja **na koju odredišnu** (eksternu) **adresu** je paket upućen

# NAT

- Korišćenje jedne IP adrese
- Kada kasnije **od odredišta stigne odziv**, ruter, **na osnovu** izvorne adrese paketa (**eksterna adresa**) u tabeli prevođenja pronalazi privatnu adresu hosta koji se prethodno obratio tom eksternom odredištu

# NAT



# NAT

- Uočimo da NAT tehnika prepostavlja da ***komunikaciju*** prema Internetu ***uvek inicira host iz privatne mreže***
- ***Korisnici iz privatne mreže*** u komunikaciji prema Internetu mogu imati isključivo ***ulogu klijenta***
- Na primer, korisnici ***iz privatne mreže*** mogu koristiti ***Web preko Web pretraživača*** (program kao što je Internet Explorer) jer je pretraživač klijentski program koji obraća Web serveru tražeći od njega Web stranicu

# NAT

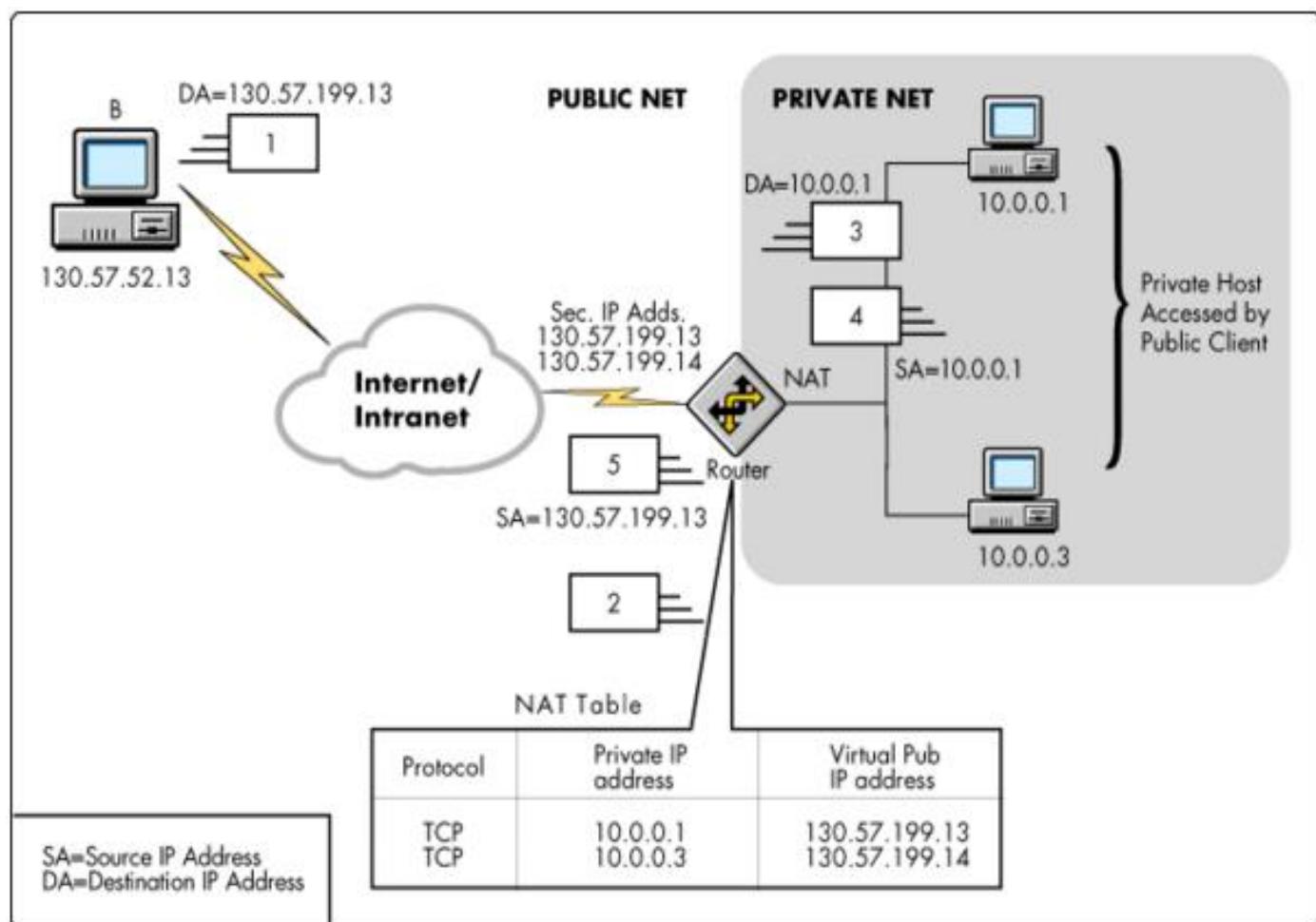
- Korišćenje više IP adresa (**statički mod**)
- Prevođenje adresa koje se oslanja na koršćenju samo **jedne globalne adrese onemogućava** da **sa istim eksternim hostom**, u isto vreme, komuniciraju dva ili **više internih hostova**
- Da bi se ovo ograničenje otklonilo **NAT ruter**, može **koristiti više globalnih adresa (pool- adresa)**
- Na primer, umesto da koristi samo jednu globalnu adresu (**200.24.5.8**) NAT ruter može koristiti četiri (**200.24.5.8, 200.24.5.9, 200.24.5.10 i 200.24.5.11**)

# NAT

- Korišćenje više IP adresa (**statički mod**)
- **Četiri privatna hosta** mogu u *isto vreme komunicirati sa istim eksternim hostom*
- Međutim, izvesna ograničenja i dalje postoje
  - Prema *istom eksternom hostu* iz privatne mreže **nije moguće** uspostaviti **više od četiri veze**
  - **Host** iz privatne mreže ne može u isto vreme da komunicira sa **dva serverska programa** (npr. **FTP** i **TELNET**) pokrenuta na istom eksternom hostu

# NAT

- Korišćenje više IP adresa (**statički mod**)
- **Primer:**



# NAT

- Korišćenje IP adresa *i* adresa portova
- Radi uspostavljanja **relacije više-ka-više** između hostova iz privatne mreže, s jedne i hostova na Internetu, s druge strane, neophodno je u tabelu prevođenja **uvrstiti dodatne informacije**
- Pretpostavimo da **dva interna hosta**, sa privatnim adresama **10.0.0.1** i **10.0.0.3**, žele da pristupe **istom Web serveru** na eksternom hostu sa adresom **130.57.52.13**

# NAT

- Korišćenje IP adresa i adresa portova
- Za komunikaciju sa Web serverom se koristi **aplikacioni protokol HTTP** koji se oslanja na transportni **protokol TCP** i dostupan je preko **adrese porta 80**
- Ako **tabela prevodenja** umesto dve sadrži pet kolona sa dodatnim kolonama (**I**) za izvorne i odredišne adrese portova i (**II**) oznaku protokola transportnog protokola koji se koristi u komunikaciji, **nejednoznačnost** u prevodenju adresa **biće eliminisana**

# NAT

- Korišćenje IP adresa i adresa portova

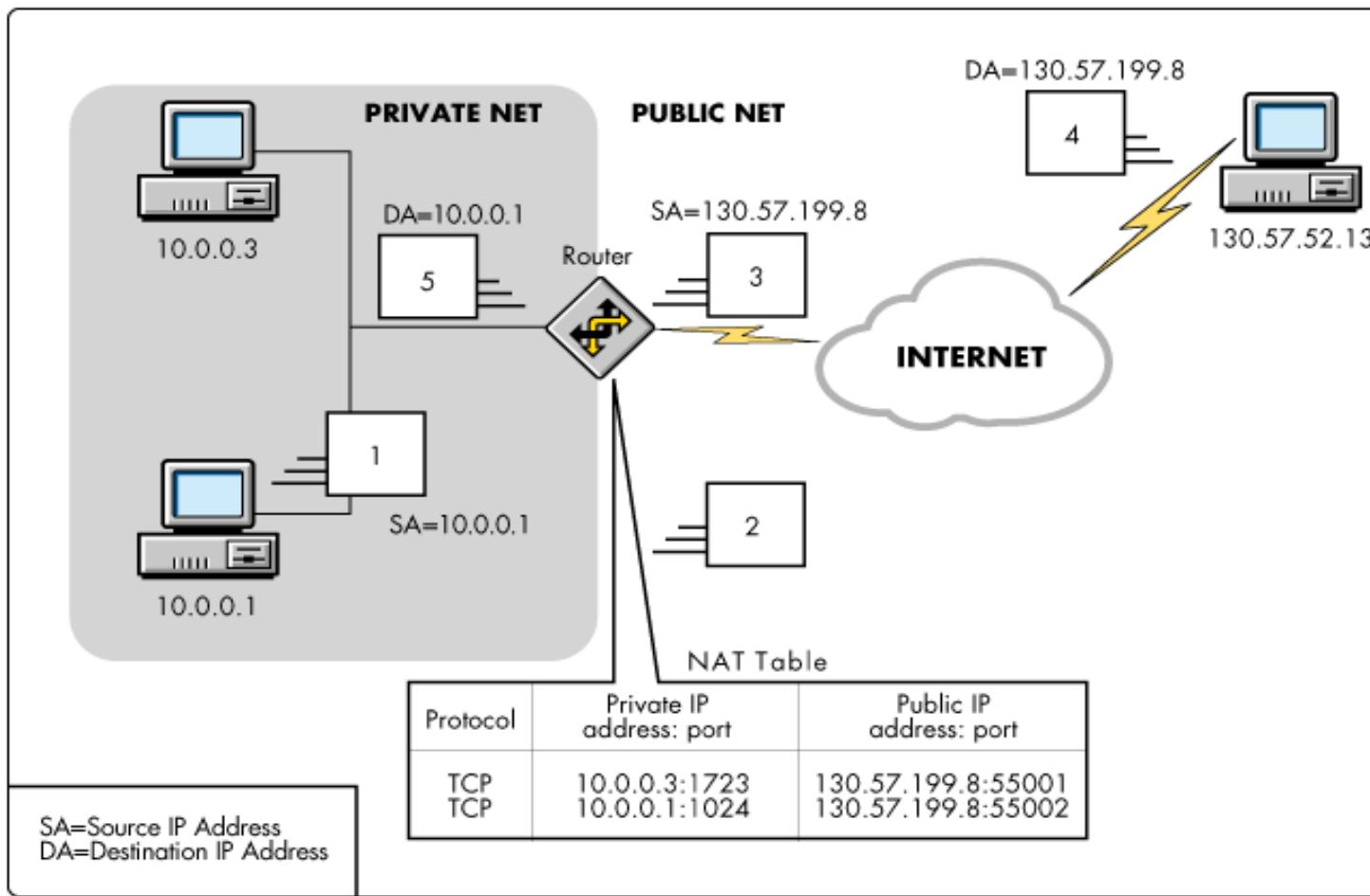
Protocol	Private IP address: port	Public IP address: port
TCP	10.0.0.3:1723	130.57.199.8:55001
TCP	10.0.0.1:1024	130.57.199.8:55002

Uočimo da **kada se NAT ruteru vradi odziv** od Web servera, kombinacija **izvorne adrese** (**130.57.199.8**) i **izvornog porta porta** (**55001**) jednoznačno definiše host u privatnoj mreži kome odziv treba biti isporučen (+ aplikacija na hostu)

# NAT

- Korišćenje IP adresa i adresa portova

**Primer:**



# NAT

- *NAT i ISP*
- **ISP** koji pruža usluge Internet pristupa *dail-up* korisnicima **može koristiti NAT** radi **racionalnijeg korišćenja svojih IP adresa**
- Na primer, pretpostavimo da neki ISP poseduje **1000 IP adresa** (globalnih) i opslužuje **100,000 korisnika**
- Svakom korisniku je dodeljena jedna privatna adresa

# NAT

- *NAT i ISP*
- ***ISP prevodi***
- Svaku od ***100,000 izvornih adresa*** u odlaznim paketima ***u jednu od 1000 globalnih*** adresa, odnosno
- ***Globalnu odredišnu adresu*** u dolaznim paketima u ***odgovarajuću privatnu adresu***

# NAT

- NAT i ISP

