



Preddiplomski studij

Računarstvo

Komunikacijske mreže

5.

Mrežni sloj u Internetu. Internetski protokoli mrežnog sloja.

Ak.g. 2011./2012.

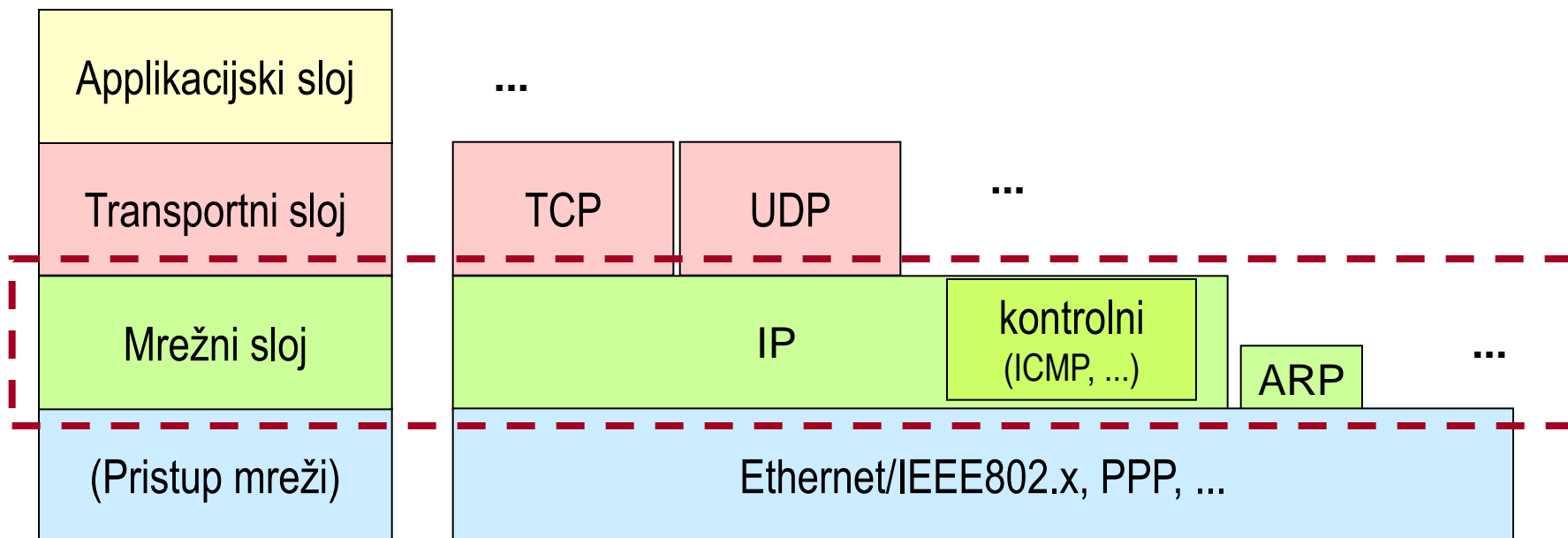
- ◆ Mrežni sloj u TCP/IP-modelu
- ◆ Organizacija i struktura Interneta
- ◆ Protokol *Internet Protocol* (IP)
 - ◆ adresiranje, format datagrama i fragmentiranje
- ◆ Usmjeravanje u Internetu
 - ◆ načela usmjeravanja
 - ◆ protokoli usmjeravanja
 - ◆ dijagnostika problema
- ◆ Ostale funkcije važne za mrežni sloj

4 Aplikacijski sloj, sloj primjene
3 Transportni sloj
2 Mrežni/Internetski sloj
1 Prijenosna mreža

- ◆ Internetski protokol (*Internet Protocol*, IP) i dodatni protokoli za usmjeravanje, kontrolu komunikacije i komunikaciju u skupini
- ◆ Međusobno povezivanje mreža/podmreža (engl. *internetworking*)
- ◆ Mreža s komutacijom paketa, svaki se paket usmjerava zasebno - datagram

Zadaća mrežnog sloja: ostvariti transfer datagrama s jednog kraja mreže na drugi, gdje su krajnje točke mrežna sučelja.

Protokolni složaj TCP/IP – mrežni sloj



IP - Internet Protocol

ICMP - Internet Control Message Protocol

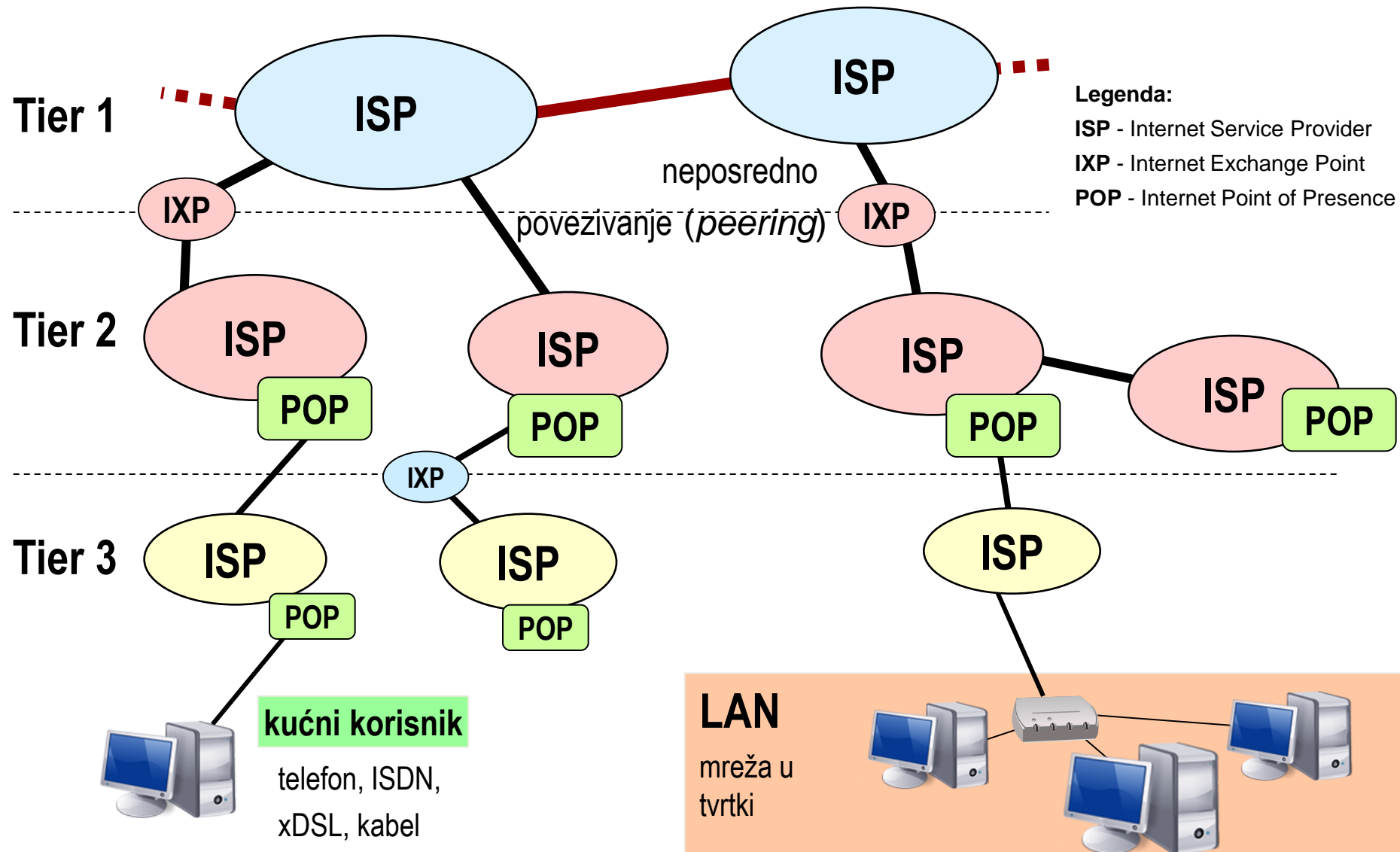
ARP - Address Resolution Protocol

TCP - Transmission Control Protocol

UDP - User Datagram Protocol

- ◆ Internet - mreža međusobno povezanih mreža zasnovanih na TCP/IP arhitekturi i protokolima
- ◆ s obzirom na globalni karakter Interneta, treba riješiti zajednička pitanja:
 - ◆ organizacija Interneta – povezivanje podmreža
 - ◆ fizička i logička slika, pojam autonomnog sustava
 - ◆ globalna koordinacija i normiranje
 - ◆ upravljanje adresama

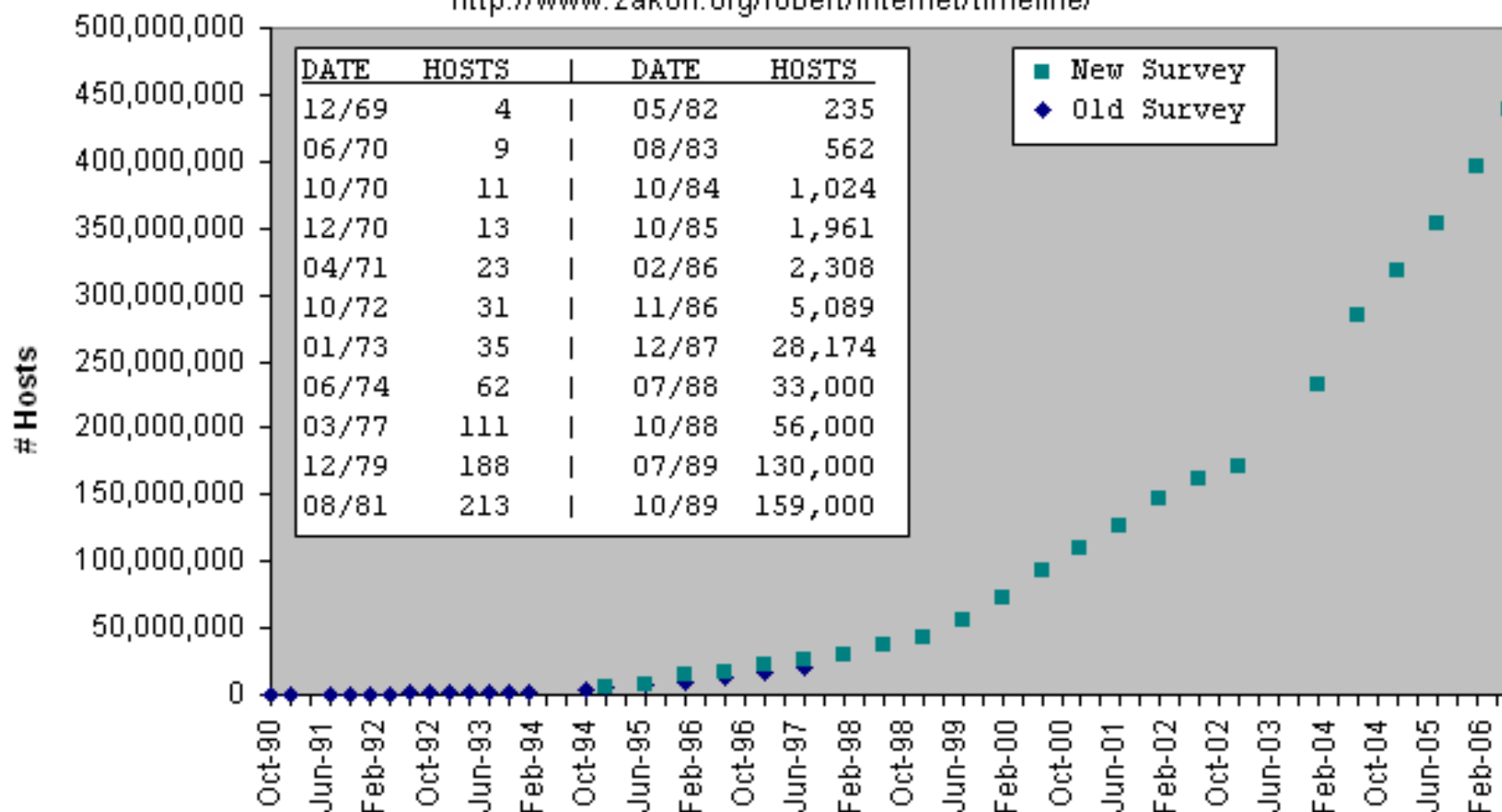
Hijerarhija Interneta



Rast i veličina Interneta

Hobbes' Internet Timeline Copyright ©2006 Robert H Zakon

<http://www.zakon.org/robert/internet/timeline/>



Internet = mreža međusobno povezanih mreža

logički pogled -
jedna mreža i
jedinstveni adresni prostor

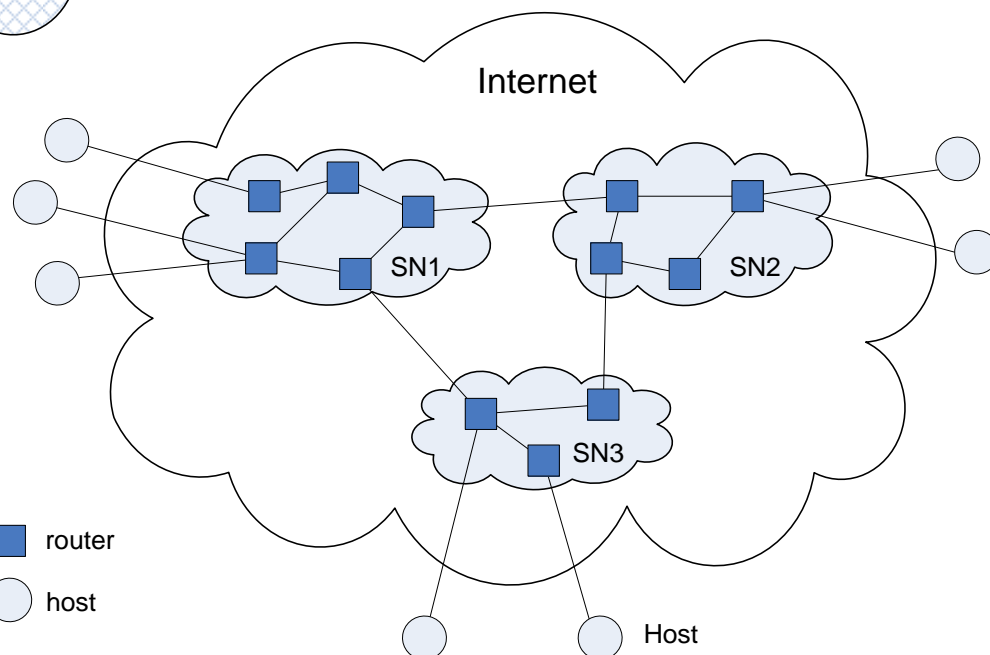
fizikalni pogled -
mreža sastavljena od
međusobno povezanih mreža

Oznake:

SN – podmreža

■ router

○ host

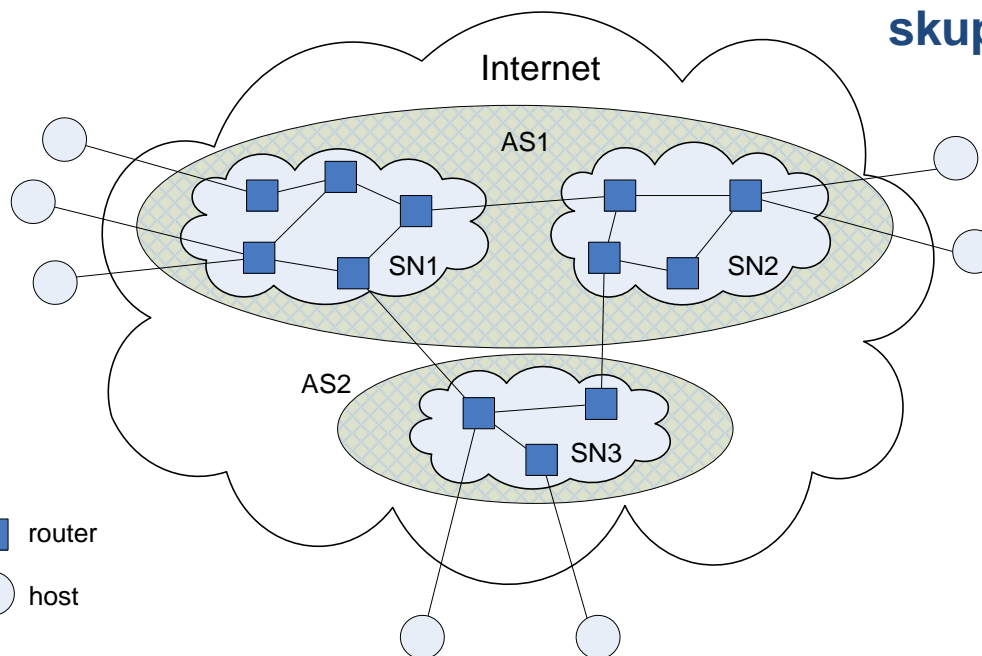


Pojam autonomnog sustava

- ◆ **Autonomni sustav** (engl. Autonomous System, AS)
 - skupina IP mreža i usmjeritelja pod zajedničkom upravom i sa **zajedničkom politikom usmjeravanja** prema Internetu
- ◆ jedinstveni broj AS-a dodjeljuje IANA (npr., CARNet – AS 2108)

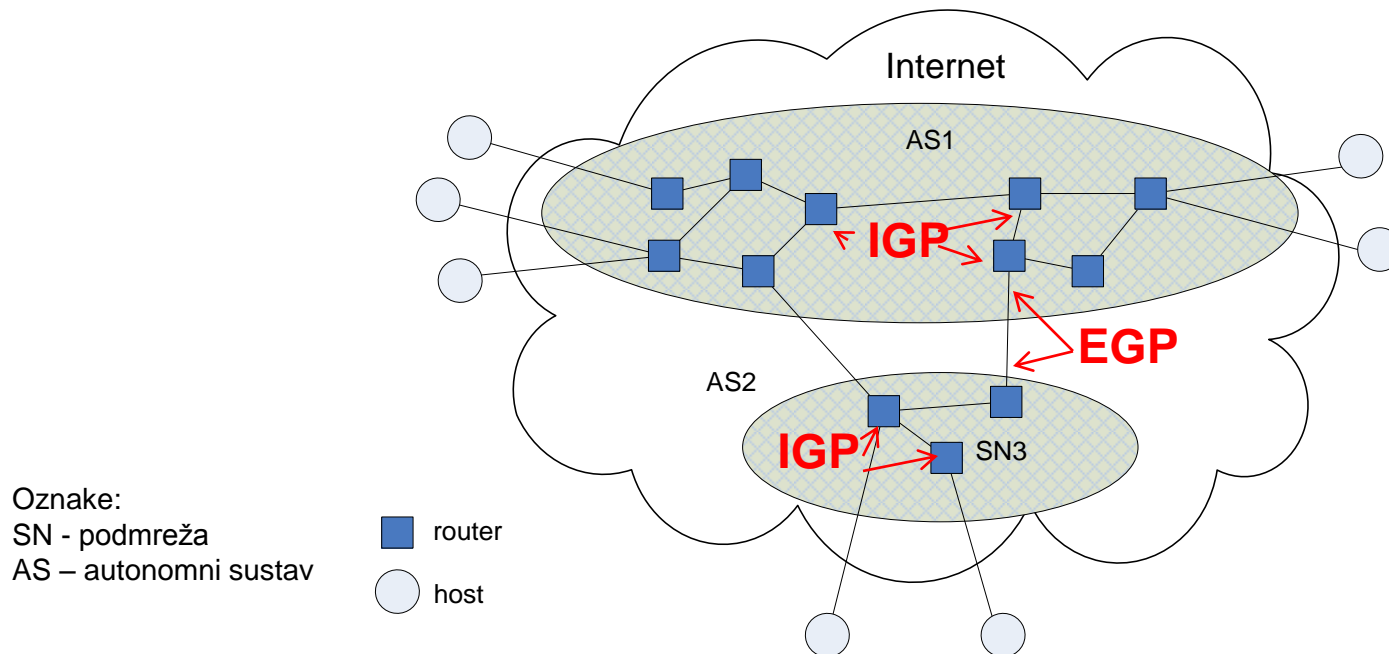
**pogled s motrišta
usmjeravanja –
skup AS-ova**

Oznake:
SN - podmreža
AS – autonomni sustav



Povezanost unutar AS-a i između AS-ova

- ◆ Usmjeravanje **unutar** AS:
protokoli unutrašnjeg usmjeravanja (engl. Interior Gateway Protocol, **IGP**)
 - najčešće: Open Shortest Path First (OSPF), Routing Information Protocol (RIP), Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP), Intermediate system to intermediate system (IS-IS)
- ◆ Usmjeravanje **između** AS:
protokoli vanjskog usmjeravanja (engl. Exterior Gateway Protocol, **EGP**)
 - u praksi samo jedan: Border Gateway Protocol (BGP)



Globalna koordinacija i normiranje u Internetu



Internet Society
ISOC



Internet Corporation
for Assigned Names
and Numbers **ICANN**

(Internet Assigned
Numbers Authority **IANA**
pod ICANN-om)

Internet Architecture
Board **IAB**

Internet Engineering
Steering Group **IESG**

Internet Research
Steering Group **IRSG**

Internet Engineering
Task Force **IETF**

Internet Research
Task Force **IRTF**

RFC Editor

serija dokumenata

Request For Comment (RFC)

<http://www.rfc-editor.org/rfc-index.html>

Količina standardizacije u Internetu je
minimalna tj. najmanja moguća tako da
omogućuje povezivanje



- ◆ engl. *Request for Comments* (RFC)
- ◆ dokumenti objavljeni u seriji RFC obuhvaćaju razne tehničke i administrativne aspekte Interneta
- ◆ RFC Editor (urednički tim) uređuje i objavljuje RFC-ove putem Interneta - RFC Index <http://www.rfc-editor.org/rfc-index.html>
- ◆ svaki RFC ima jedinstveni serijski broj
 - prvi RFC objavljen 1969. godine, do danas objavljeno više od 5500 RFC-ova
 - objavljeni RFC-ovi se nikad ne mijenjaju, ispravci se objavljuju zasebno
- ◆ IESG određuje status RFC-a:
 - standardni “track” (*draft standard, proposed standard, internet standard*)
 - drugi dokumenti: eksperimentalni, informativni, dobra praksa, povijesni
- ◆ važno: RFC-ovi nisu “internetski standardi” - samo 70-tak ih ima status internetskog standarda

- ◆ Mrežni sloj u TCP/IP-modelu
- ◆ Organizacija i struktura Interneta
- ◆ Protokol *Internet Protocol* (IP)
 - ◆ adresiranje, format datagrama i fragmentiranje
- ◆ Usmjeravanje u Internetu
 - ◆ načela usmjeravanja
 - ◆ protokoli usmjeravanja
 - ◆ dijagnostika problema
- ◆ Ostale funkcije važne za mrežni sloj

- ◆ Odlike i funkcionalnost protokola IP
- ◆ IP-adresiranje i imenovanje
- ◆ Format datagrama
- ◆ Fragmentacija i spajanje

◆ Internet Protocol (IP), verzija IPv4 (RFC 791, STD-5)

◆ Glavne odlike:

- neovisan o nižim protokolima
 - Ethernet, IEEE 802.3, PPP, ...

- datagramski način rada

- nespojna usluga

- nepotvrđena usluga

- nema mehanizama kontrole toka

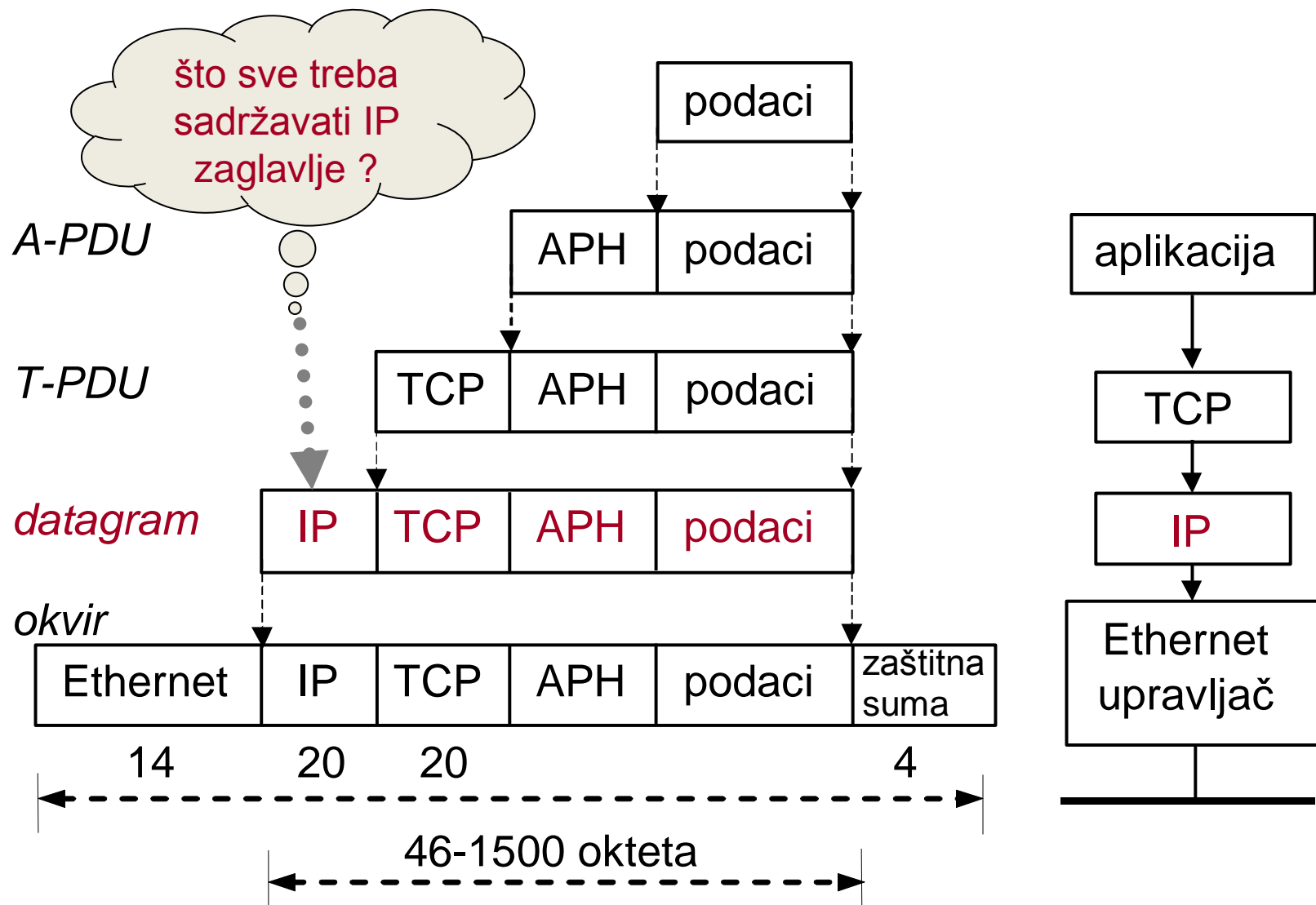
- nema garancije očuvanja redosljeda datagrama

usluga IP-a transportnom sloju:
nepouzdana dostava datagrama

◆ Uloga u protokolnom složaju TCP/IP: omatanje (engl. *encapsulation*)

- prihvaća podatke od višeg sloja (npr. transportnog protokola TCP, UDP), smješta ih u podatkovno polje IP datagrama i predaje datagram protokolu sloja podatkovne poveznice (npr., Ethernet)

Uloga protokola IP u TCP/IP protokolnom složaju



◆ definira **shemu adresiranja** u Internetu

- jedinstveni adresni prostor
- svako krajnje računalo ima po jednu IP-adresu za svako mrežno sučelje
- svako krajnje računalo može koristiti i više posebnih adresa (npr., adresa *localhost*, multicast, broadcast ,...)
- ako su izvorišna i odredišna adresa u različitim mrežama, IP datagrami se usmjeravaju preko jednog ili više IP-usmjeritelja

◆ definira kako provesti **fragmentaciju**

- datagram mora “stati” u podatkovno polje okvira sloja podatkovne poveznice
- datagram veći od toga mora se fragmentirati
- na strani primatelja fragmenti se sastavljanju

IP-adresa - 32 bita (IPv4):

- ◆ identifikator koji globalno i jednoznačno određuje mrežno sučelje
 - krajnji sustav (npr. računalo priključeno na mrežu) obično ima jedno sučelje i jednu IP-adresu
 - mrežni čvor (npr. usmjeritelj) priključen na više (pod)mreža ima više sučelja i isto toliko IP-adresa
- ◆ način zapisa:
 - numerički zapis: binarni i dekadski

10100001 00110101 00010011 11001001
└───┬───┬───┬───┘
161 . 53 . 19 . 201

- simbolički zapis: lakše pamtljiv (npr. www.fer.hr) – veza: **Domain Name System (DNS)**

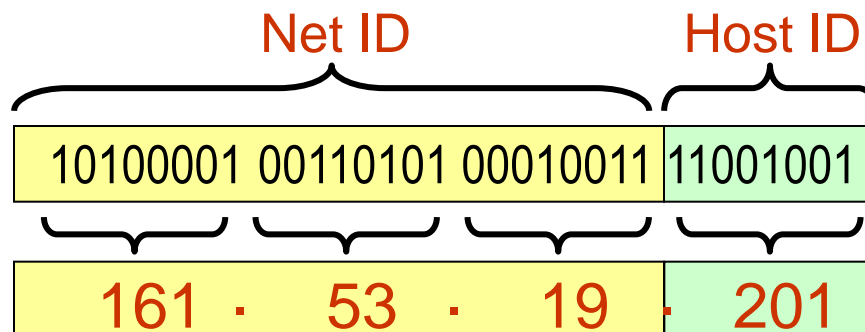
◆ IP-adresa ima dva dijela:

■ identifikator mreže (engl. *Network Identifier, Net ID*)

- određeni broj bitova koji identificira mrežu u kojoj se nalazi mrežno sučelje
- dodjela adrese preko ICANN-a

■ identifikator krajnjeg računala (engl. *Host Identifier, Host ID*)

- ostatak bitova u adresi, koji služe za identifikaciju mrežnog sučelja u mreži zadanoj s NetID
- dodjeljuje lokalni administrator
- može se dodatno podijeliti za uvođenje podmreža (engl. *subnetting*)



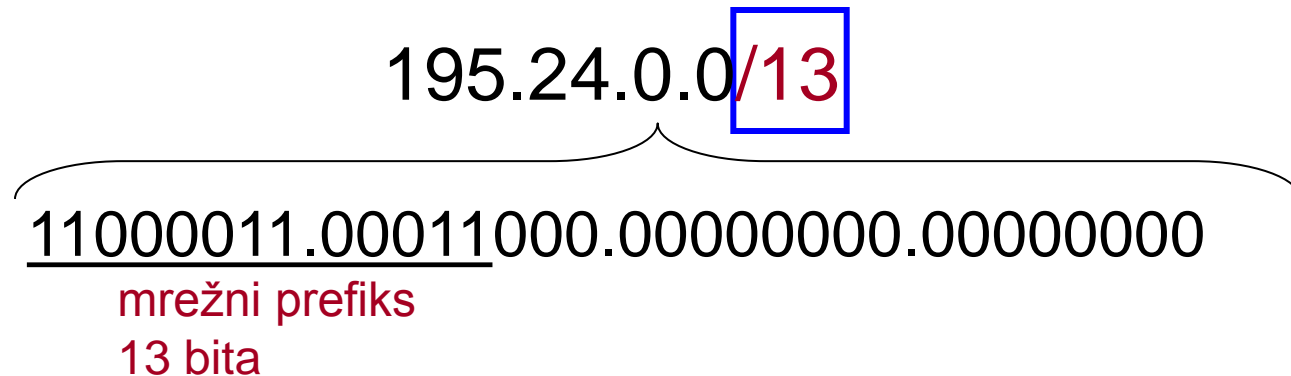
Klase i rasponi IP-adresa



Klasa:	01	7 8	16	31	
A	0	NetID	HostID		0.0.0.0 – 127.255.255.255
B	1 0	NetID	HostID		128.0.0.0 – 191.255.255.255
C	1 1 0	NetID	HostID		192.0.0.0 – 223.255.255.255
D	1 1 1 0	višeodredišna adresa			224.0.0.0 – 239.255.255.255
E	1 1 1 1	rezervirano			240.0.0.0 – 247.255.255.255

Odabrane IP-adrese i blokovi IP-adresa rezervirani i zauzeti za posebne namjene!

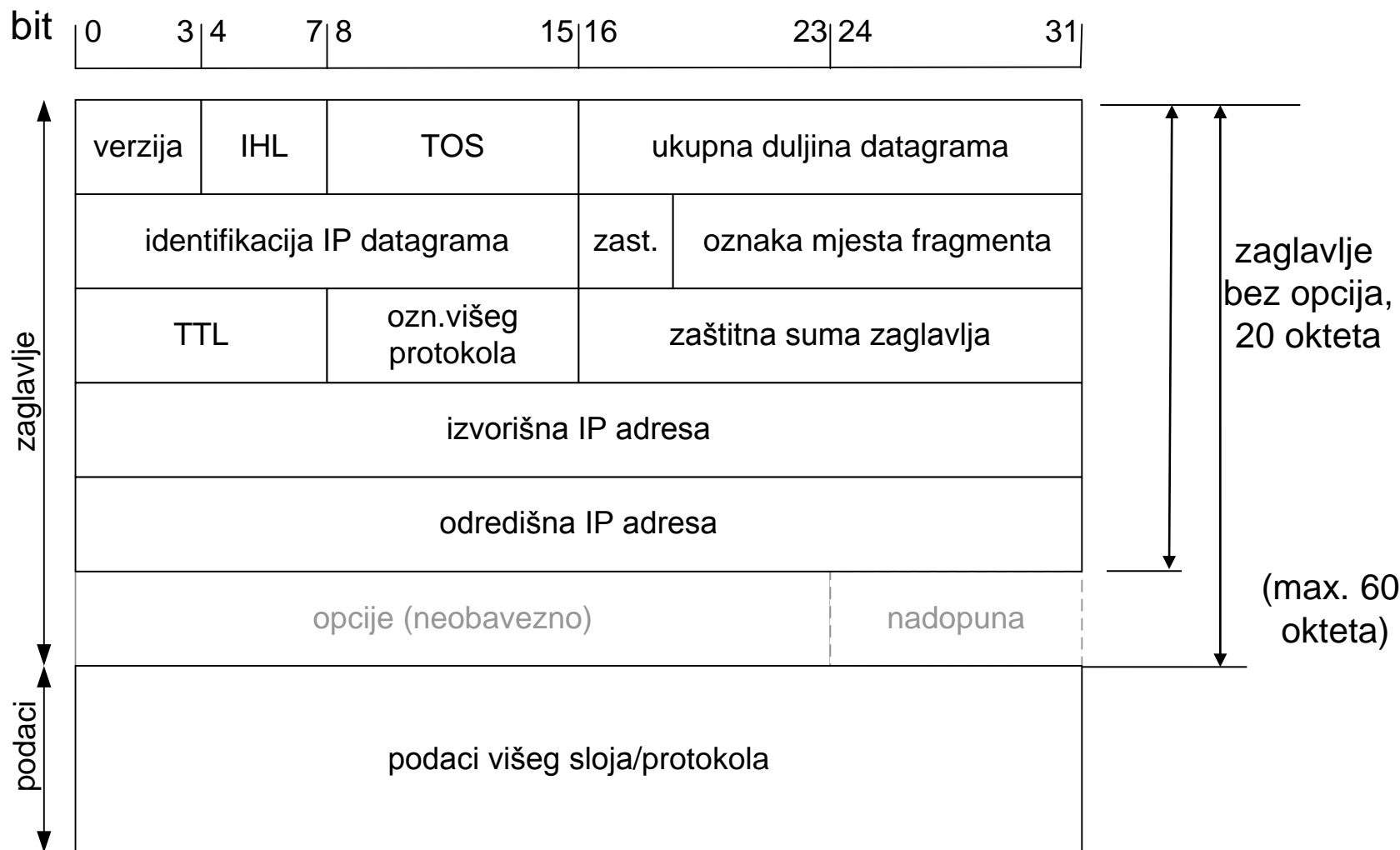
- ◆ **prefiksni zapis** IP-adrese ne uzima u obzir izvorne (“povijesne”) klase A, B i C
- ◆ dioba između mrežnog i računalnog dijela adrese može biti na bilo kojem mjestu unutar adrese (ne samo na granici okteta kao kod klasa!)
- ◆ duljina mrežnog dijela se označava **mrežnim prefiksom** iza adrese



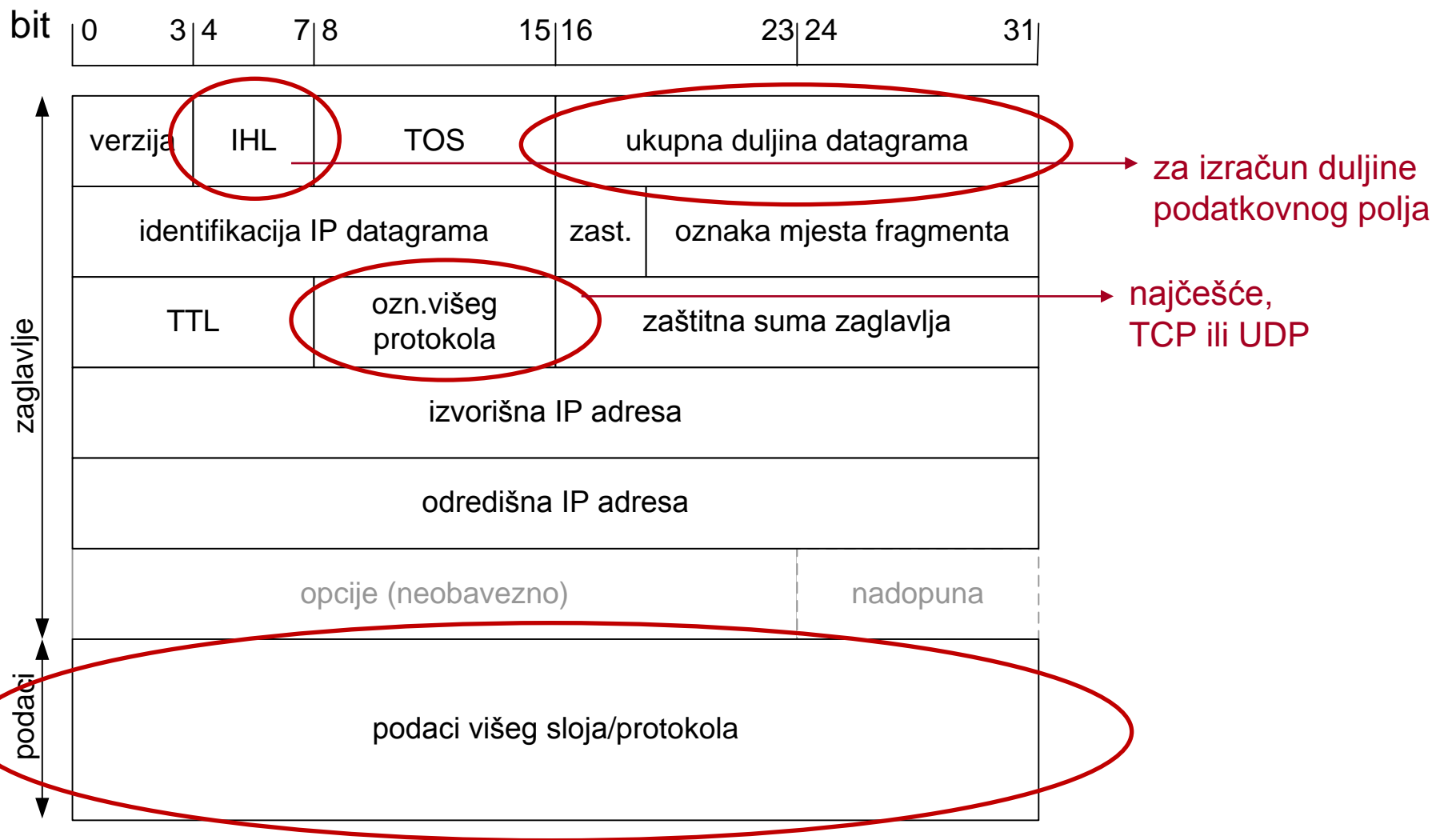
- ◆ besklasno usmjeravanje – Classless Inter-Domain Routing (CIDR): putevi usmjeravanja više ne agregiraju prema klasama adresa, već prema mrežnom prefiksu

- Povratna (engl. *loopback*) adresa
 - virtualno mrežno sučelje, adresa “ovo računalo”
 - koristi se za testiranje implementacije TCP/IP-a na računalu
 - IP datagrami poslani na povratnu adresu se ne predaju na daljnji prijenos sloju podatkovne poveznice, već se “vraćaju natrag” unutar mrežnog sloja
 - raspon od 127.0.0.0 do 127.255.255.255 (127.0.0.0/8), najčešće se koristi 127.0.0.1
- Razašiljanje svima (engl. *broadcast*)
 - adresa “svima” 255.255.255.255
 - sva sučelja prihvataju takve datagrame
 - samo u lokalnoj mreži!
- Identifikacija vlastite mreže
 - adresa “ova mreža”, raspon 0.0.0.0/8
- ...
- podjela adresnog prostora : <http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space/>

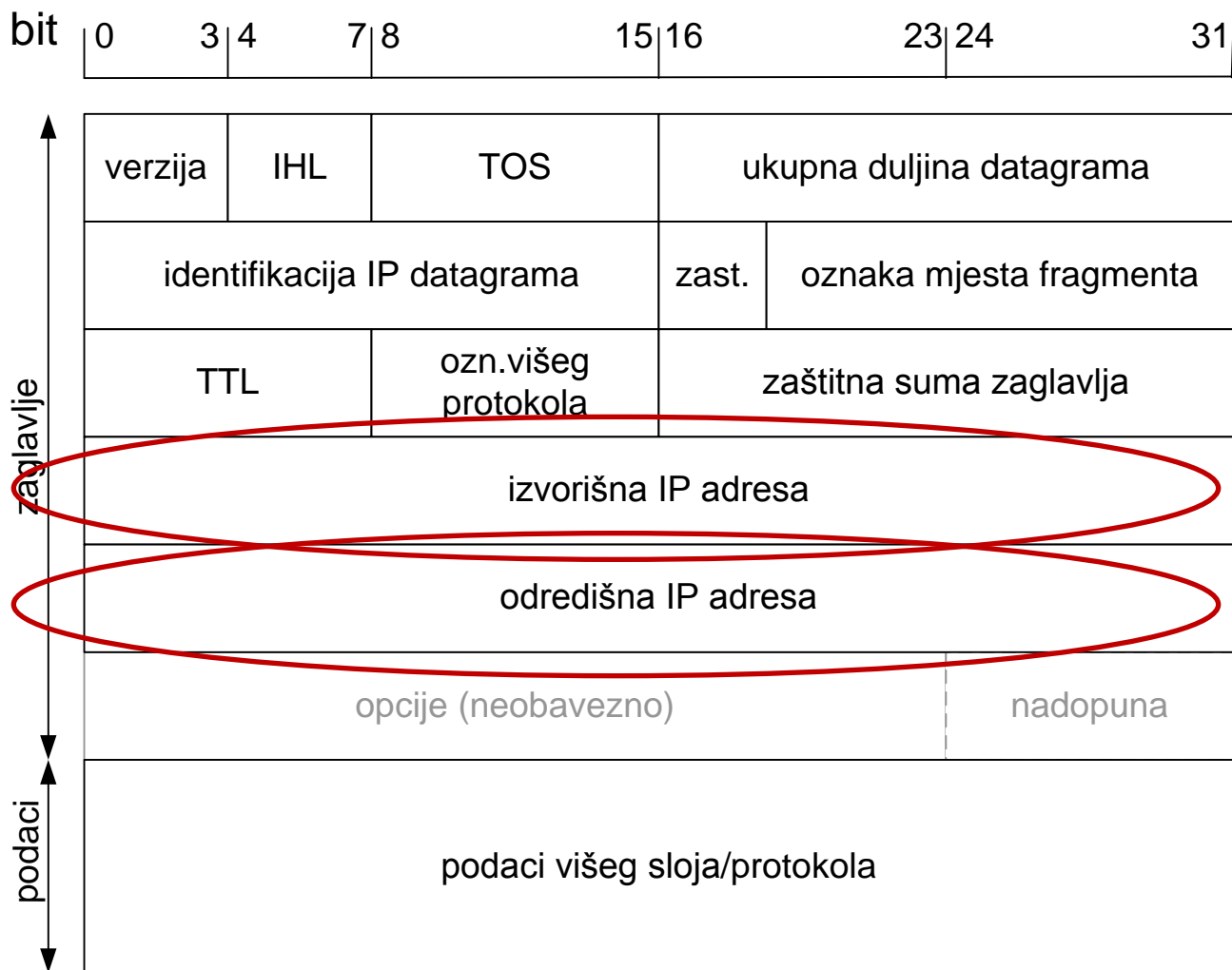
Format IP-zaglavlja



IP-zaglavlje – polja vezana uz ulogu omatanja



IP-zaglavlje – polja za adresiranje

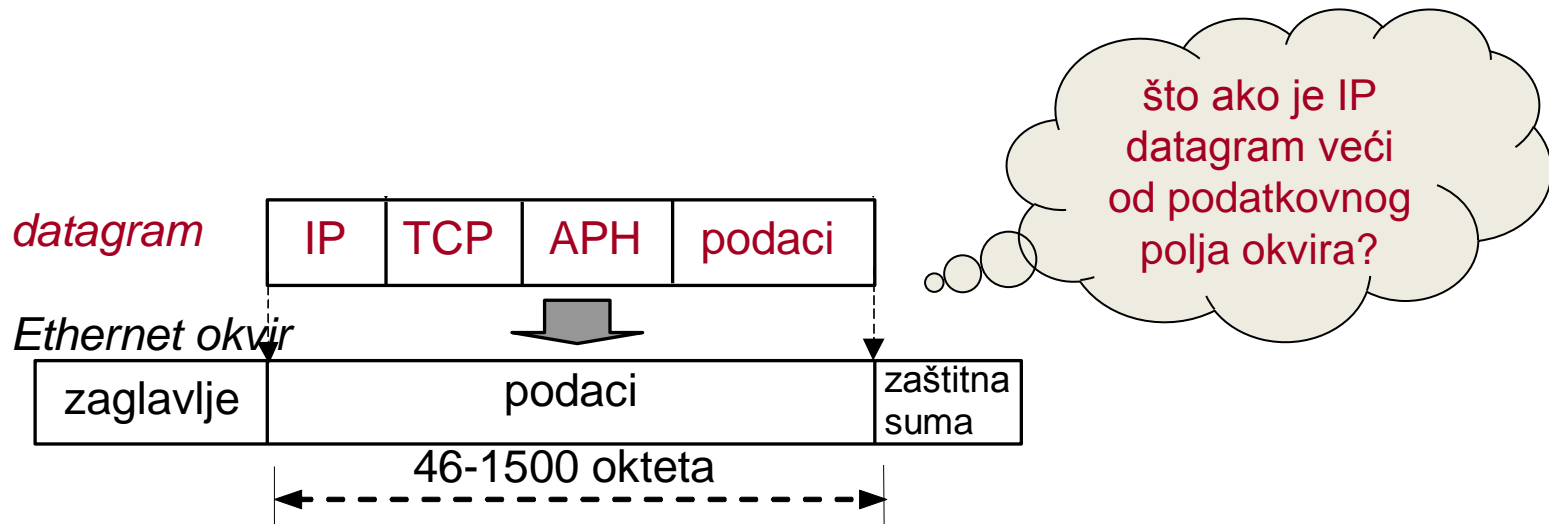


Fragmentacija i sastavljanje IP-datagrama (1/2)

- ◆ IP datagram mora stati u podatkovno polje okvira sloja podatkovne poveznice – konkretna veličina ovisi o tehnologiji mreže

- **pojam MTU - Maximum Transmission Unit**

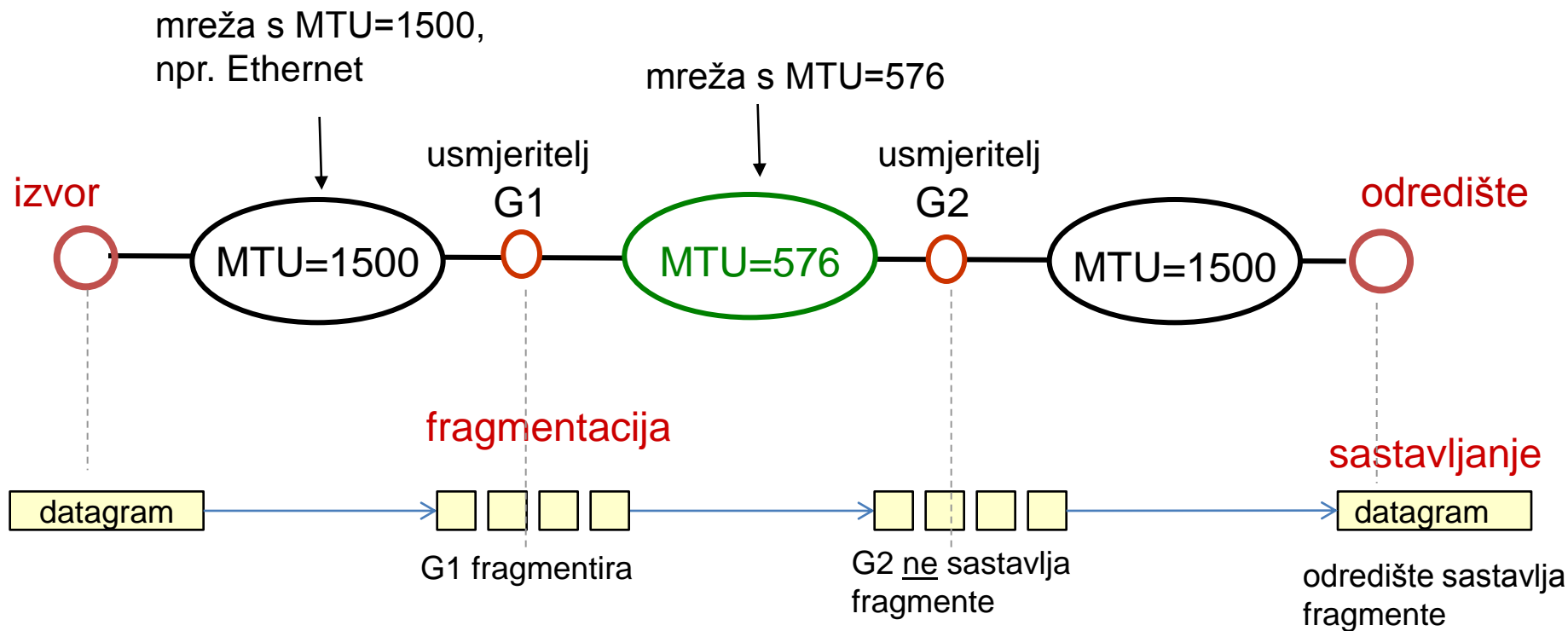
- primjer: Ethernet/IEEE 802.3: MTU=1500 byte



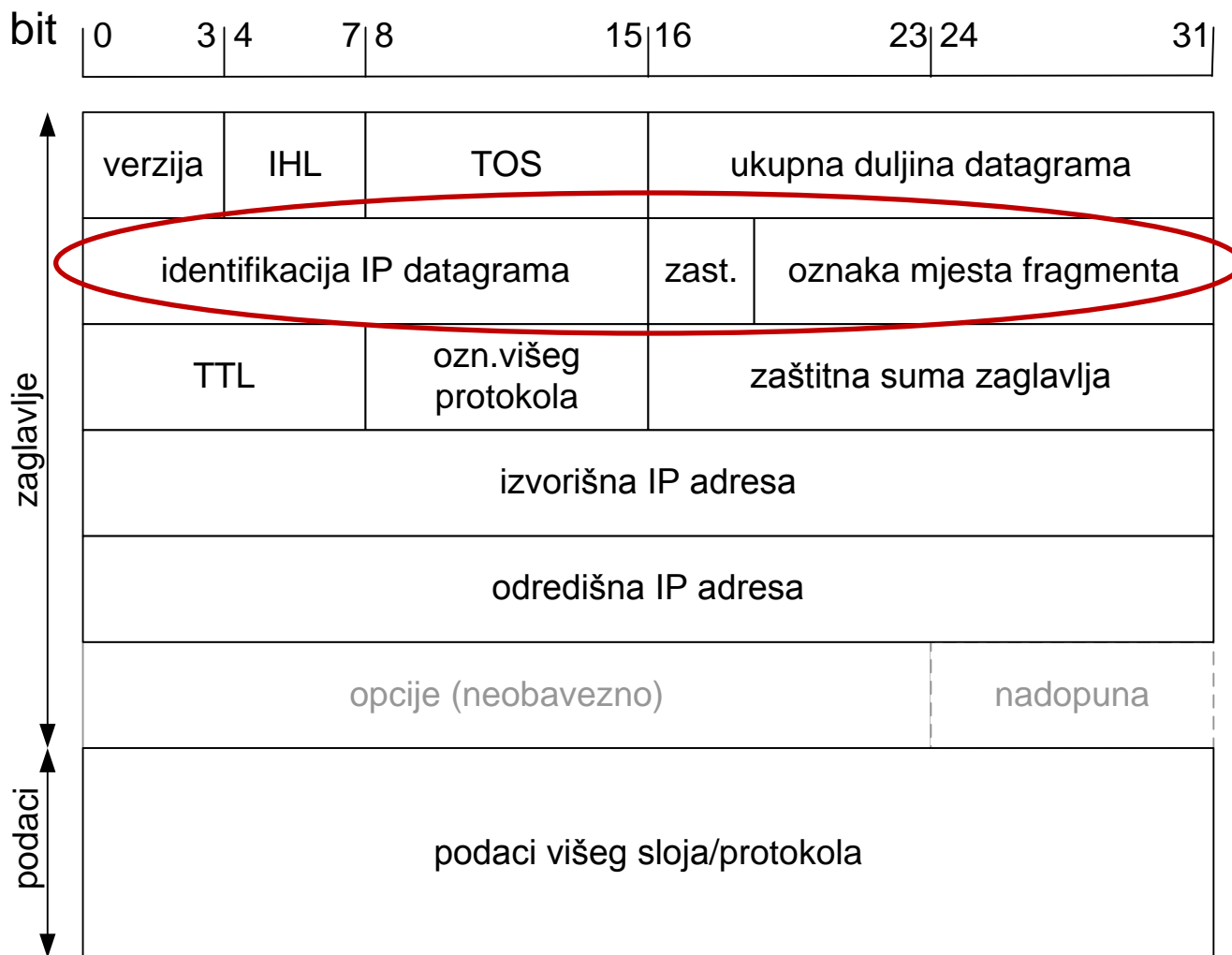
- ◆ u Internetu se provodi **netransparentna fragmentacija**

Fragmentacija i sastavljanje IP-datagrama (2/2)

- ♦ tko: **usmjeritelj**
- ♦ gdje: fragmenti se šalju u novim, međusobno neovisnim datagramima i sastavljaju u originalni datagram (tek!) **na odredištu**
- ♦ **primjer:**



IP-zaglavlje – polja za fragmentaciju



zastavice za fragmentaciju



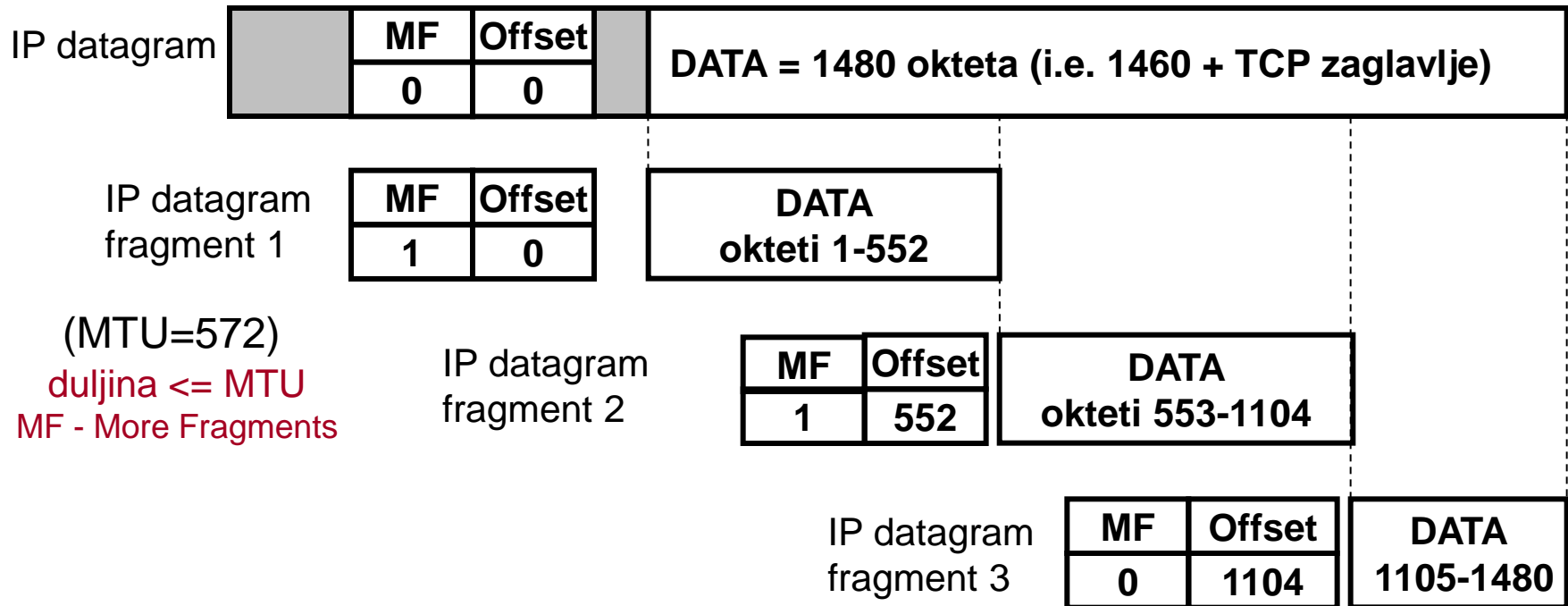
R – rezervirano
DF – Don't Fragment
MF – More Fragments

Primjer fragmentacije



(IP zaglavlje, 20 okteta)

istaknuta samo polja zastavica MF i oznaka mjesta fragmenta



Fragmentacija je nepoželjna - zašto?

- u slučaju gubitka fragmenta, cijeli IP datagram je uništen
- prenosi se više kontrolnih podataka, a za istu korisnu informaciju (problem *overheada!*)

- ◆ Mrežni sloj u TCP/IP-modelu
- ◆ Organizacija i struktura Interneta
- ◆ Protokol *Internet Protocol* (IP)
 - ◆ adresiranje, format datagrama i fragmentiranje
- ◆ Usmjeravanje u Internetu
 - ◆ načela usmjeravanja
 - ◆ protokoli usmjeravanja
 - ◆ dijagnostika problema
- ◆ Ostale funkcije važne za mrežni sloj

- Internet je mreža s komutacijom paketa
- usmjeravanje u Internetu = određivanje puta i prosljeđivanje paketa od izvorišnog do odredišnog čvora, izravno ili preko niza usmjeritelja i podmreža
 - **usmjeravanje** (u užem smislu) – postupak pronalaženja puta od izvorišnog do odredišnog čvora, izravno ili preko niza usmjeritelja i podmreža (primjena algoritma usmjeravanja!)
 - **prosljeđivanje** (engl. *forwarding*) – odluka unutar usmjeritelja: određivanje na koje odlazno sučelje proslijediti paket
 - obje funkcije obavlja mrežni uređaj kojeg nazivamo **usmjeritelj ili usmjernik** (engl. router)

Postupak usmjeravanja kreće od odredišne IP-adrese – dva su moguća slučaja:

- ◆ slučaj 1: ako su izvorišni i odredišni čvor u istoj podmreži s dijeljenim medijem, tada komuniciraju izravno, ili
- ◆ slučaj 2: ako su izvorišni i odredišni čvor u različitim (pod)mrežama, tada komuniciraju preko jednog ili više usmjeritelja.

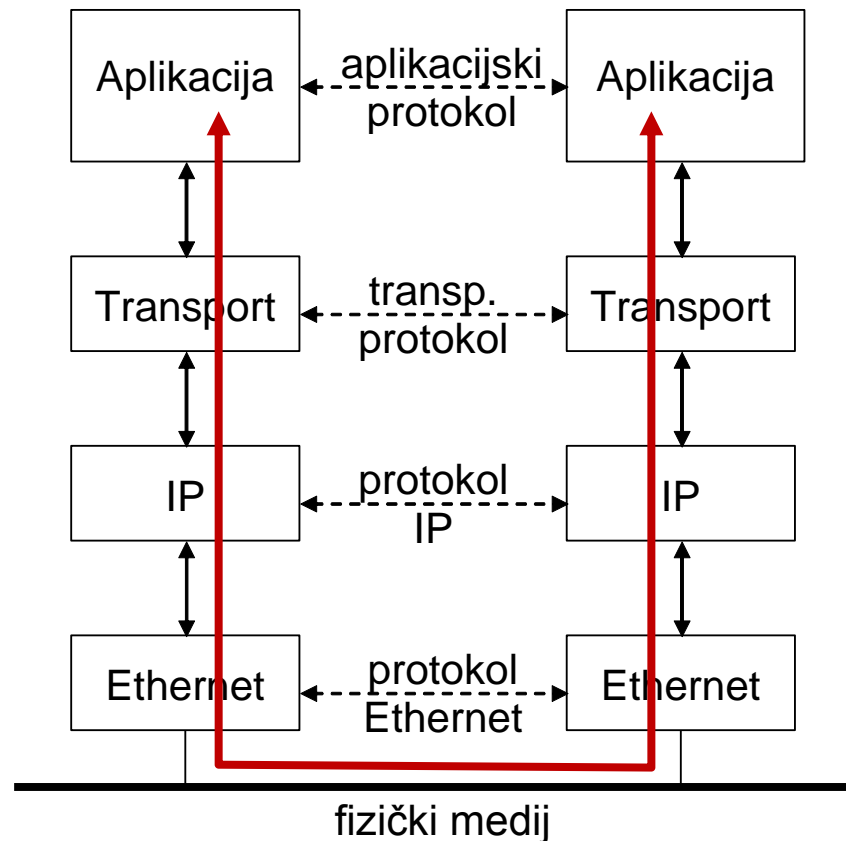
Pitanje:

Kako se usmjeravaju paketi u usmjeritelju?

Slučaj 1: Izravno usmjeravanje paketa

Primjer: Izvorišni i odredišni čvor u istoj lokalnoj mreži (npr. Ethernet)

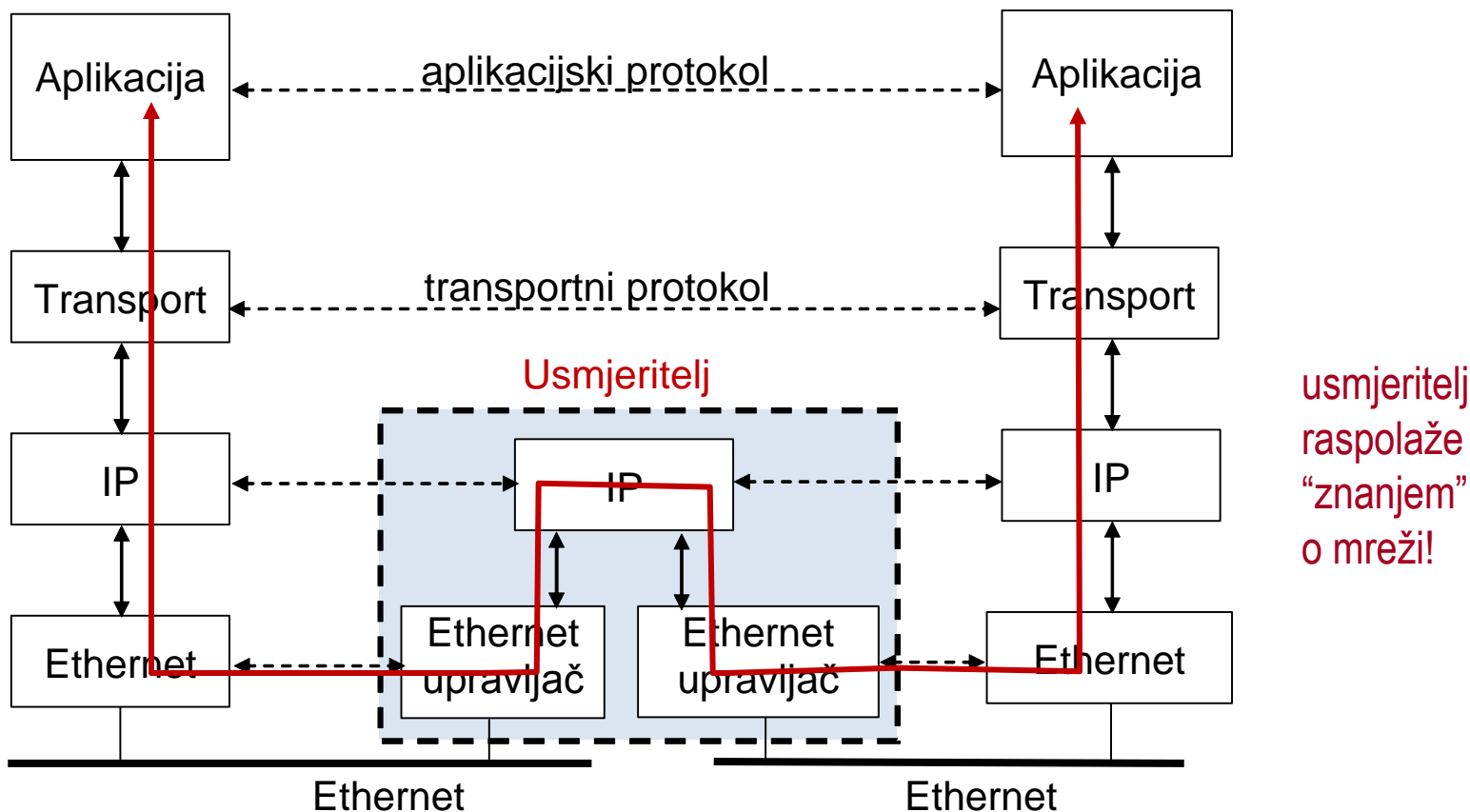
mora se
riješiti veza
između IP
adrese i
MAC
adrese!



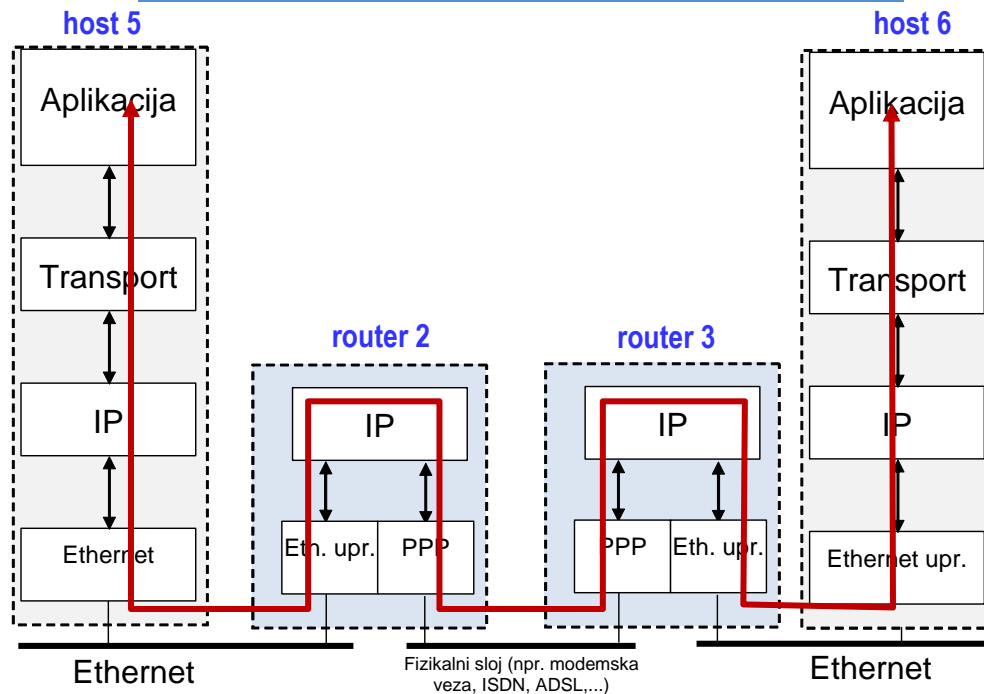
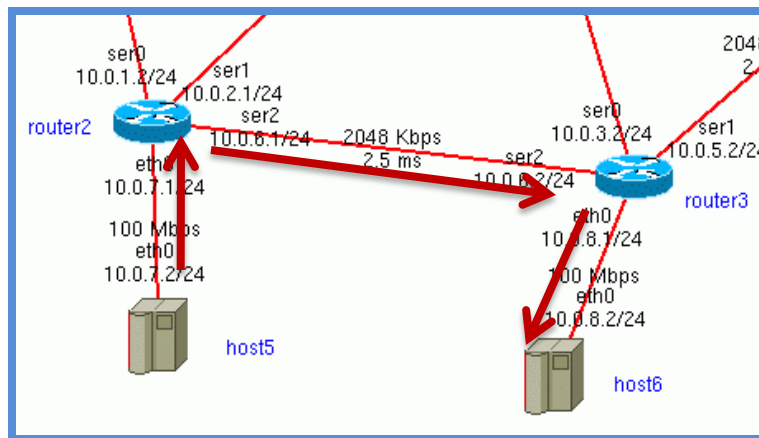
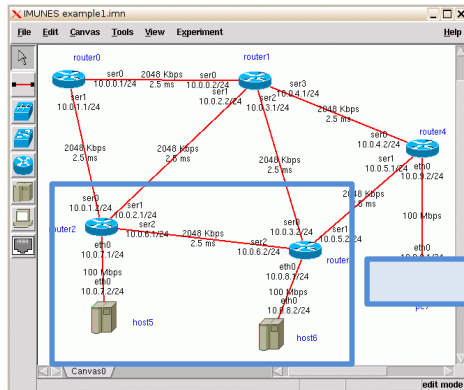
nema potrebe
za usmjeriteljem!

Slučaj 2: Usmjeravanje paketa preko usmjeritelja

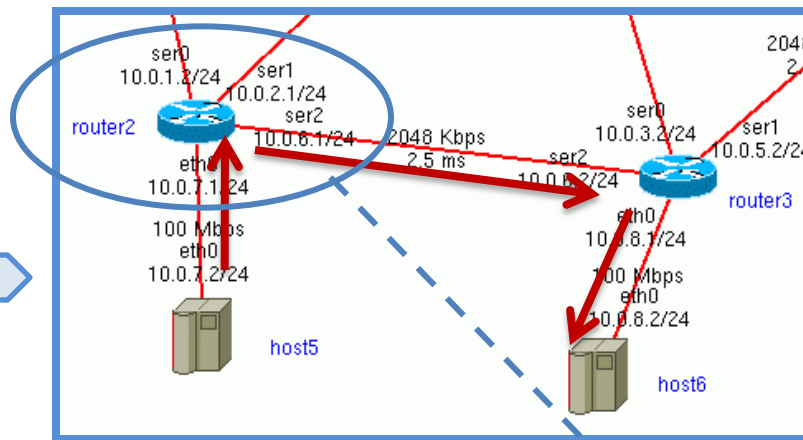
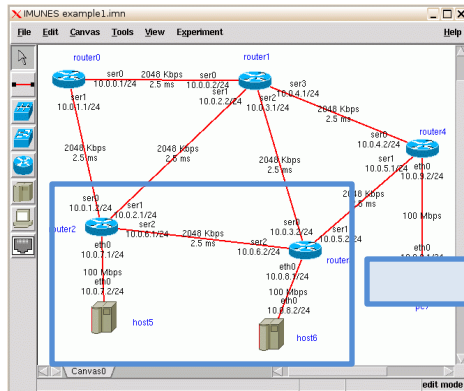
Primjer: Izvorišni i odredišni čvor u odvojenim mrežama (npr. lokalne mreže, koje općenito mogu biti izvedene istim ili različitim tehnologijama)



Primjer – usmjeravanje paketa s kraja na kraj mreže (1/2)



Primjer – usmjeravanje paketa s kraja na kraj mreže (2/2)

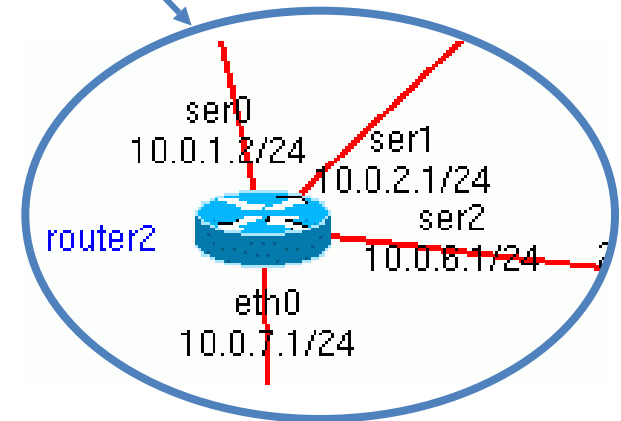


(host5 šalje datagram na host6)

Pitanje: Što “zna” usmjeritelj *router2*?

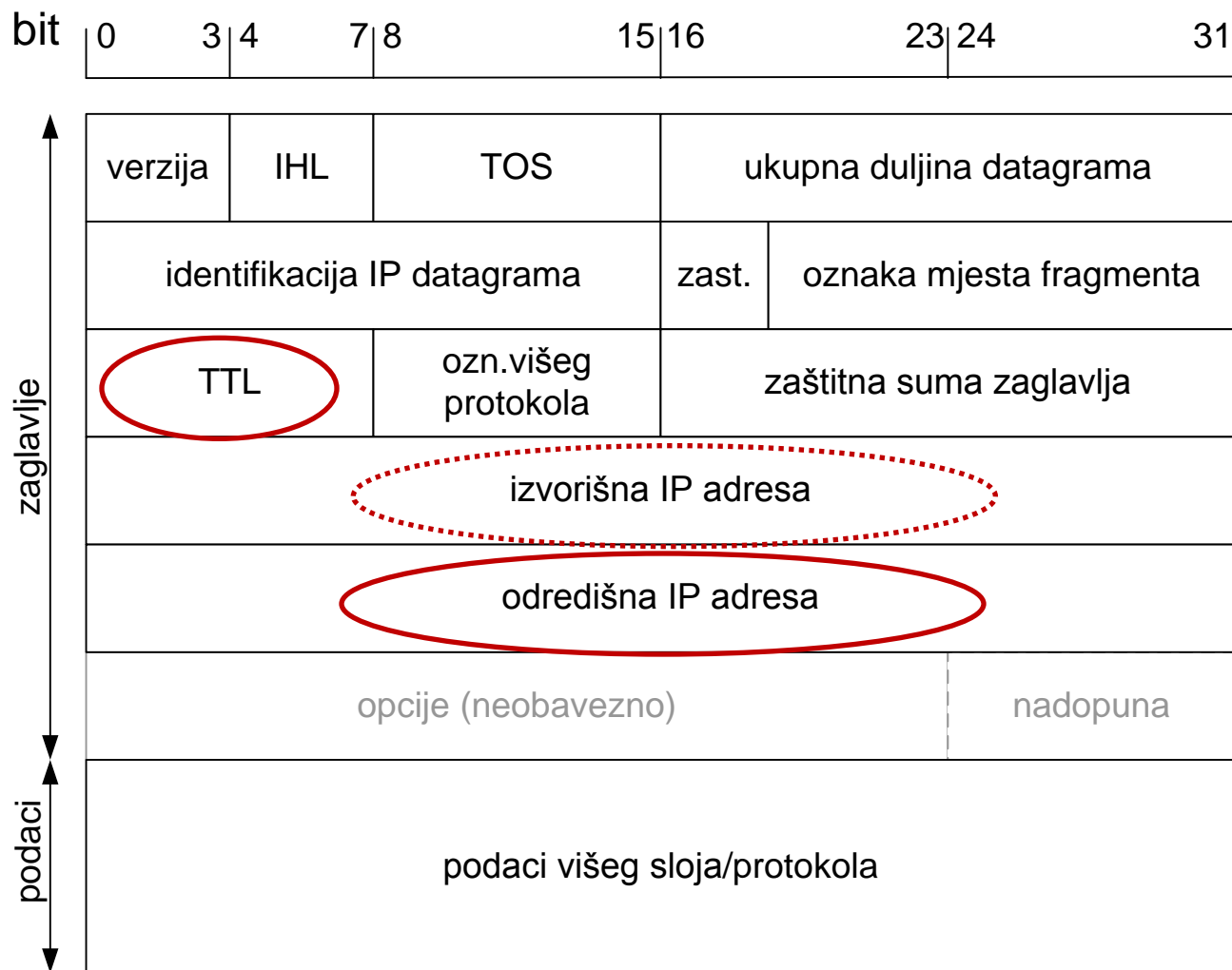
1. Datagram treba poslati prema usmjeritelju *router3*
→ *pronalažak puta*
(za to služe algoritmi usmjeravanja)
2. Put prema usmjeritelju *router3* je preko odlaznog sučelja *ser2* → *prosljeđivanje datagrama*

→ *tablica usmjeravanja!*



- ◆ Osnovna upravljačka informacija (u zaglavlju IP-datagrama):
 - ◆ **izvorišna adresa** (*source address*)
 - ◆ ne koristi se za usmjeravanje već (po potrebi) za povratnu informaciju o problemima (ICMP poruke)
 - ◆ **odredišna adresa** (*destination address*)
 - ◆ služi za usmjeravanje
 - ◆ **ograničenje broja skokova na putu** (*TTL*)
 - ◆ služi za sprečavanje beskonačnih petlji
- ◆ Informacija o topologiji i uvjetima u mreži (u usmjeritelju)
 - ◆ **tablica usmjeravanja** (detaljnije kasnije)
- ◆ Područje usmjeravanja
 - ◆ usmjeravanje **unutar** autonomnog sustava
 - ◆ usmjeravanje **između** autonomnih sustava

Format IP-zaglavlja – polja važna za usmjeravanje



- ◆ tablica usmjeravanja = podaci koje usmjeritelji imaju o topologiji mreže
 - ◆ služi za odluku o odlaznom mrežnom sučelju za zadanu odredišnu IP-adresu, odn. mrežni prefiks
- ◆ unosi u tablici sadrže:
 - ◆ odredišnu adresu (prefiks), adresu sljedećeg usmjeritelja na putu ka odredištu, odlazno sučelje
 - *pretpostavljeni put* (eng. default) – poseban unos koji se primjenjuje ako nema određenijeg puta

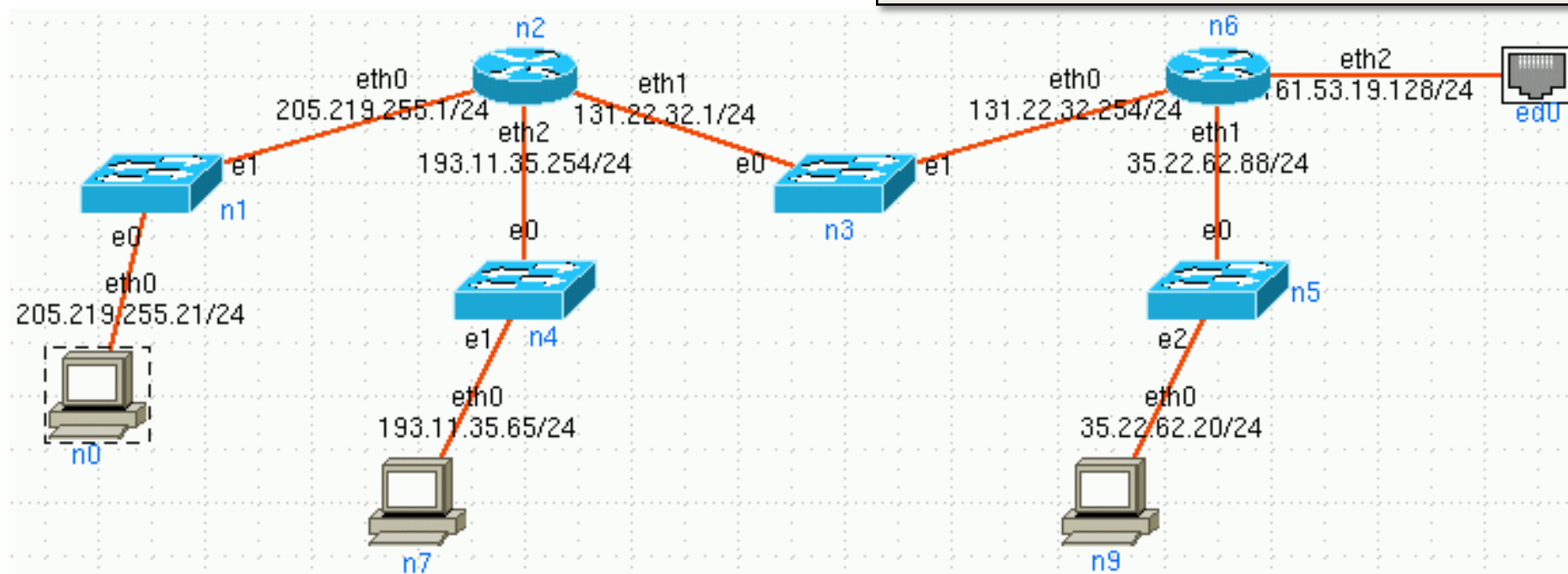
Destination	Gateway	Netif
default	131.22.32.254	eth1
127.0.0.1	127.0.0.1	lo0
131.22.32.0/24	link#3	eth1
131.22.32.254	40:00:aa:aa:00:04	eth1
193.11.35.0/24	link#4	eth2
205.219.255.0/24	link#2	eth0
224.0.0.0/4	127.0.0.1	lo0

Primjer tablice usmjeravanja

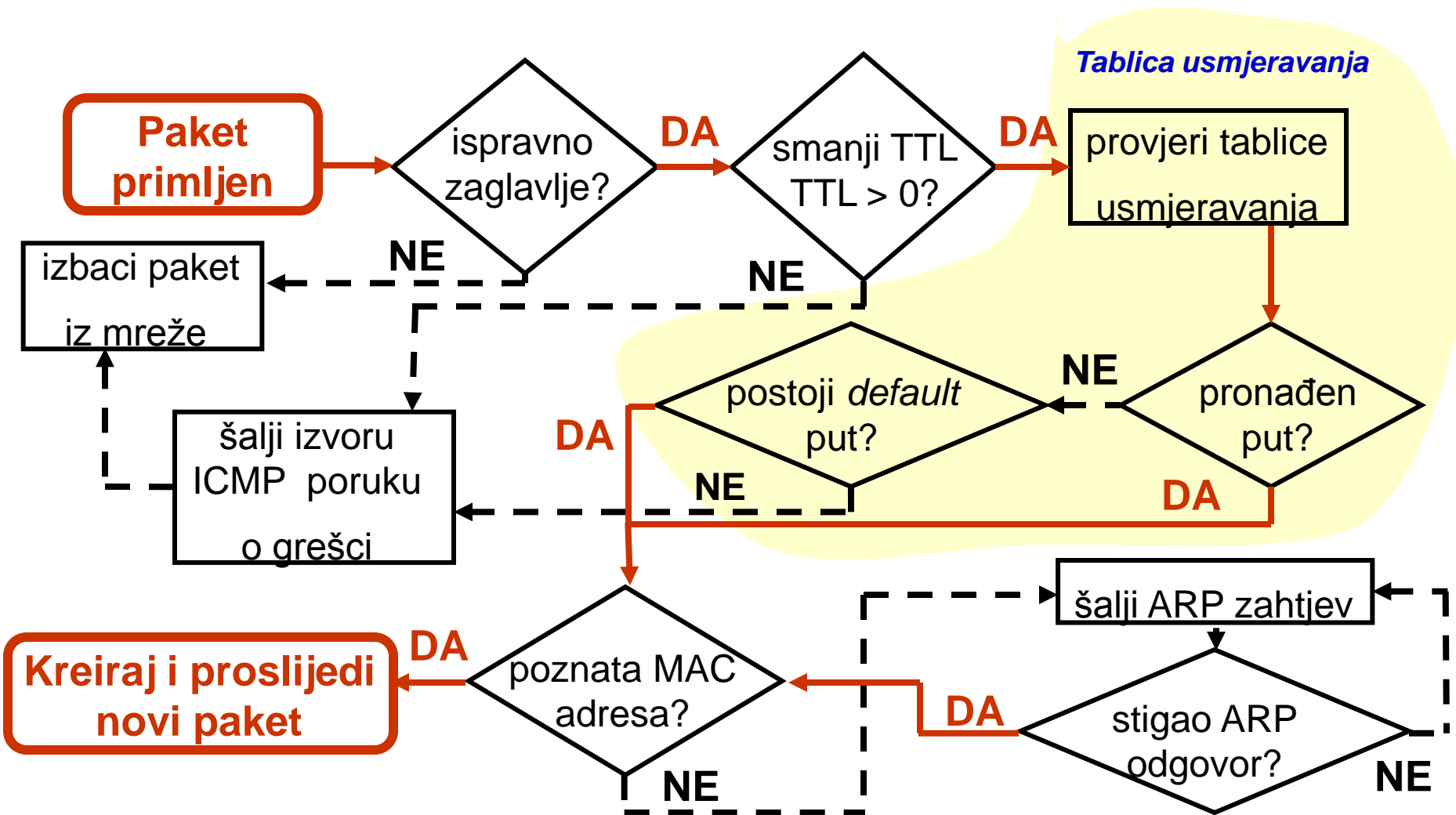


Destination	Gateway	Netif
default	131.22.32.254	eth1
127.0.0.1	127.0.0.1	lo0
131.22.32.0/24	link#3	eth1
131.22.32.254	40:00:aa:aa:00:04	eth1
193.11.35.0/24	link#4	eth2
205.219.255.0/24	link#2	eth0
224.0.0.0/4	127.0.0.1	lo0

Destination	Gateway	Netif
default	161.53.19.1	eth2
35.22.62.0/24	link#3	eth1
127.0.0.1	127.0.0.1	lo0
131.22.32.0/24	link#2	eth0
131.22.32.1	link#2	eth0
161.53.19.0/24	link#4	eth2
161.53.19.1	00:09:b7:6a:c2:ff	eth2
193.11.35.0/24	131.22.32.1	eth0
205.219.255.0/24	131.22.32.1	eth0
224.0.0.0/4	127.0.0.1	lo0



Proces usmjeravanja paketa



TTL – polje Time to Live u IP-zaglavlju

- ◆ **protokoli usmjeravanja** izvedeni su u usmjeriteljima, a uključuju strategiju usmjeravanja i algoritme usmjeravanja
- ◆ svaki usmjeritelj održava svoju tablicu usmjeravanja
 - čuva popis mreža na koje je izravno spojen preko svojih sučelja
 - razmjenjuje informacije o usmjeravanju s drugim usmjeriteljima (odredišta za koja oni znaju put)
 - ažurira tablicu usmjeravanja na temelju:
 - informacija prikupljenih s vlastitih sučelja
 - znanja skupljenog razmjenom informacija s drugim usmjeriteljima putem poruka
 - protokol usmjeravanja definira oblik i sadržaj poruka koje se razmjenjuju
- na osnovu podataka u tablici usmjeravanja i odredišne adrese, usmjeritelj za svaki datagram bira put i prosljeđuje datagram po odabranom putu prema sljedećem usmjeritelju

◆ Classless Inter-Domain Routing – CIDR (RFC 4632)

- odredišna IP-adresa se određuje na temelju mrežnog prefiksa
 - putevi usmjeravanja ne agregiraju prema klasama adresa, već prema mrežnom prefiksu
- duljina mrežnog dijela (Net ID) se označava **mrežnim prefiksom** iza adrese
 - primjer: 195.24.0.0/**13** – prvih 13 bitova određuju adresu podmreže
- veličina mrežnog dijela adrese može biti proizvoljna
 - dopušta agregiranje prefiksa kod usmjeravanja (*“supernetting”*)

◆ prednosti:

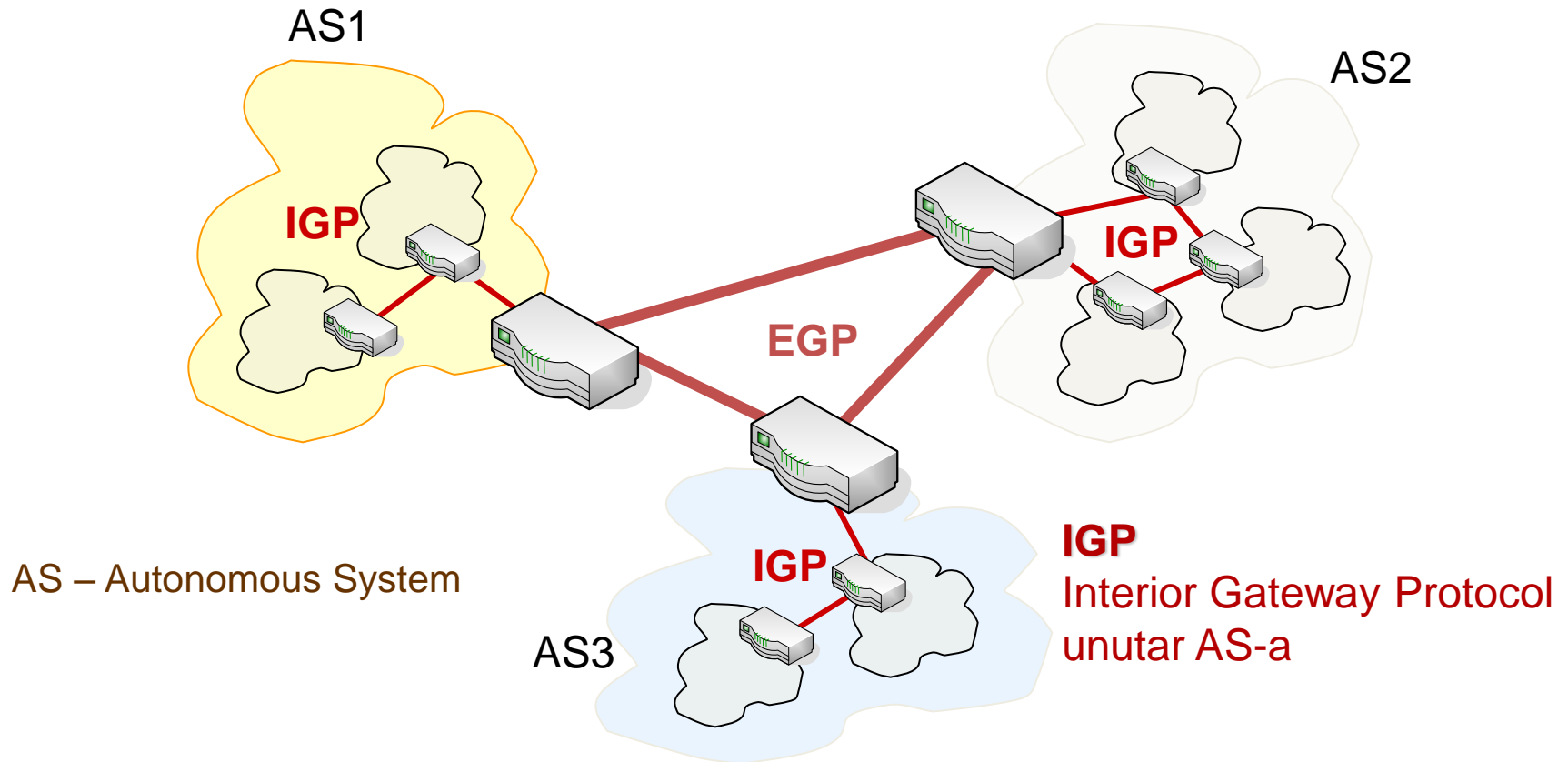
- efikasnije iskorištenje adresnog prostora
- unapređenje upravljanja tablicom usmjeravanja (manje tablice usmjeravanja)

◆ nedostatak:

- složenost

EGP

Exterior Gateway Protocol
između AS-ova



IGP-protokoli:

- ◆ **Routing Information Protocol (RIPv2)**
 - ◆ temelji se na (dinamičkom) algoritmu vektora udaljenosti
- **Open Shortest Path First Protocol (OSPFv2)**
 - ◆ temelji se na (dinamičkom) algoritmu stanja poveznice

EGP-protokol (u praksi, samo jedan!):

- ◆ **Border Gateway Protocol (BGPv4)**
 - ◆ algoritam vektora staza (engl. *vector path*)
 - ◆ sličan algoritmu vektora udaljenosti, ali uzima u obzir “staze” kao niz AS-ova na putu do odredišta

- ◆ ICMP služi za “dijagnostiku”!
- ◆ podsjetimo se: IP je jednostavan protokol
 - ◆ nepouzdan; nepotvrđena, bespojna usluga
 - ◆ sam nema mogućnost dojava pogreške – to za njega radi ICMP
- ◆ ICMP definira mehanizam kojim se prenose dvije vrste kontrolnih poruka
 1. dojava o grešci – povratna informacija pošiljatelju o nekom problemu u mreži
 2. zahtjevi za informacijom – traži se informacija vezana za stanje u mreži
- ◆ ICMP ne ispravlja problem niti djeluje na temelju tih poruka, samo javlja stanje
- ◆ ICMP je proširiv - i drugi internetski protokoli osim IP-a mogu definirati svoje kontrolne poruke

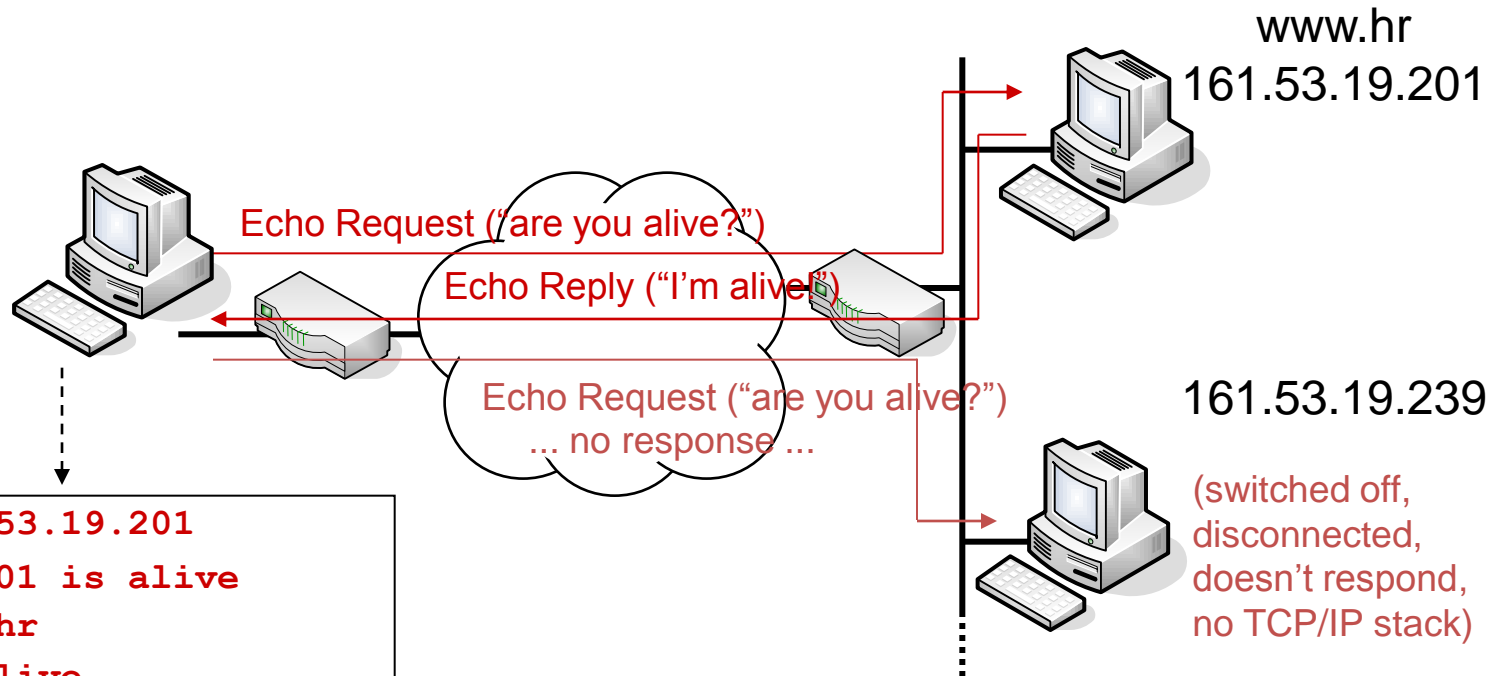
■ Echo Request/Echo Reply – `ping` (1)

- provjera je li odredište dohvatno putem IP-a

■ Time-to-Live (TTL) mehanizam – `traceroute` (1)

- utvrđuje niz usmjeritelja kojim paket prolazi od izvora do odredišta

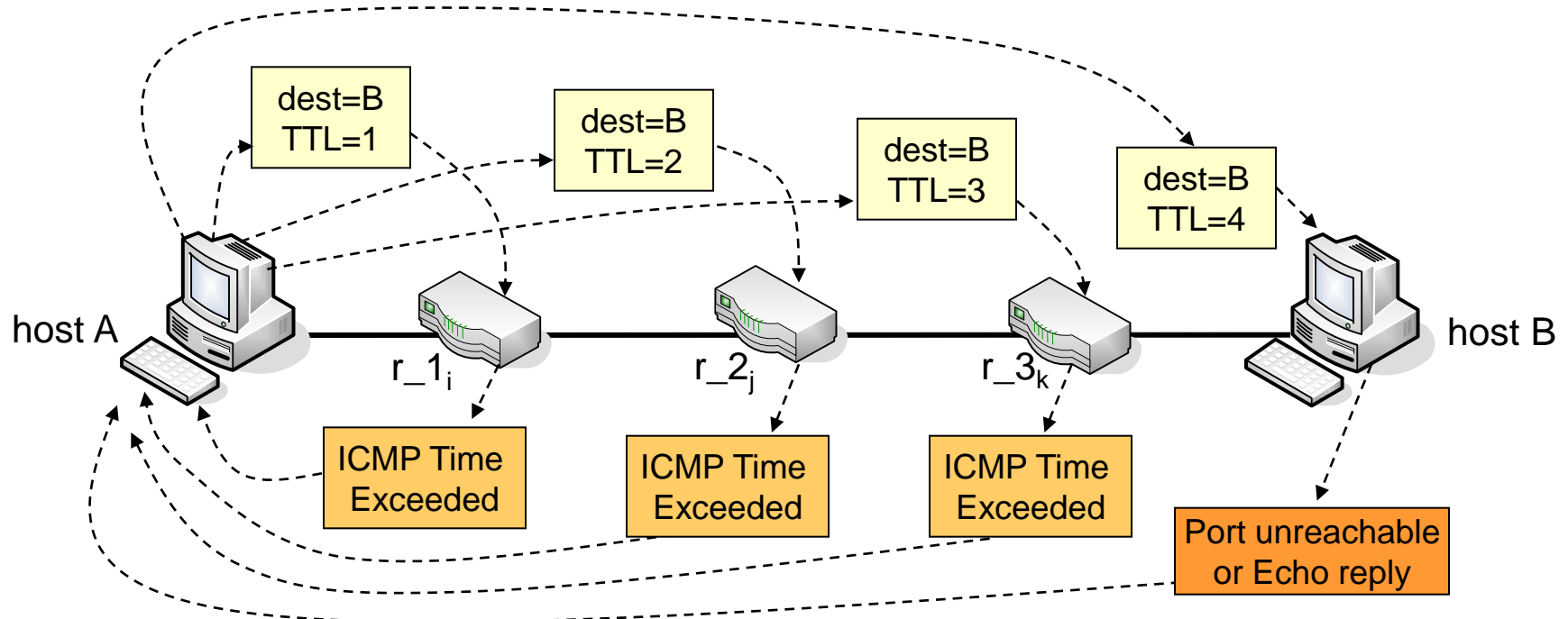
ICMP – primjer: ping



```
> ping 161.53.19.201
161.53.19.201 is alive
> ping www.hr
www.hr is alive

> ping 161.53.19.239
no answer from 161.53.19.239
```


ICMP – primjer: traceroute



```
> traceroute www.ericsson.hr
traceroute to as412.tel.hr (205.219.255.33), 30 hops max, 40 byte packets
 1  etfigs1.tel.fer.hr (161.53.19.1)    2.578 ms    2.199 ms    2.231 ms
 2  161.53.113.65 (161.53.113.65)       1.399 ms    1.475 ms    1.342 ms
 3  trnje.tel.hr (193.198.151.2)        13.468 ms   3.482 ms    3.293 ms
 4  194.152.222.5 (194.152.222.5)       13.778 ms   *           10.835 ms
 5  as412.tel.hr (205.219.255.33)       13.224 ms   11.465 ms   18.238 ms
```

- ◆ Mrežni sloj u TCP/IP-modelu
- ◆ Organizacija i struktura Interneta
- ◆ Protokol *Internet Protocol* (IP)
- ◆ Usmeravanje u Internetu
 - ◆ načela usmjeravanja
 - ◆ protokoli usmjeravanja
 - ◆ dijagnostika problema
- ◆ Ostale funkcije važne za mrežni sloj
 - ◆ upravljanje adresnim prostorom
 - ◆ dinamička dodjela adresa
 - ◆ razlučivanje adresa

- ◆ na razini globalnog Interneta:

ICANN – Internet Corporation for Assigned Names and Numbers

- ◆ upravljanje dodjelom blokova adresa i DNS sustavom
- ◆ danas se koristi CIDR – Classless Inter-Domain Routing
- ◆ dodjela adresa se delegira RIR-ovima – Regional Internet Registry
APNIC, ARIN, LACNIC, **RIPE NCC** (za Europu), AFRINIC



- ◆ RIR-ovi delegiraju odgovornost nacionalnim (NIR) i lokalnim (LIR) registrima
u Hrvatskoj – **CARNet!**

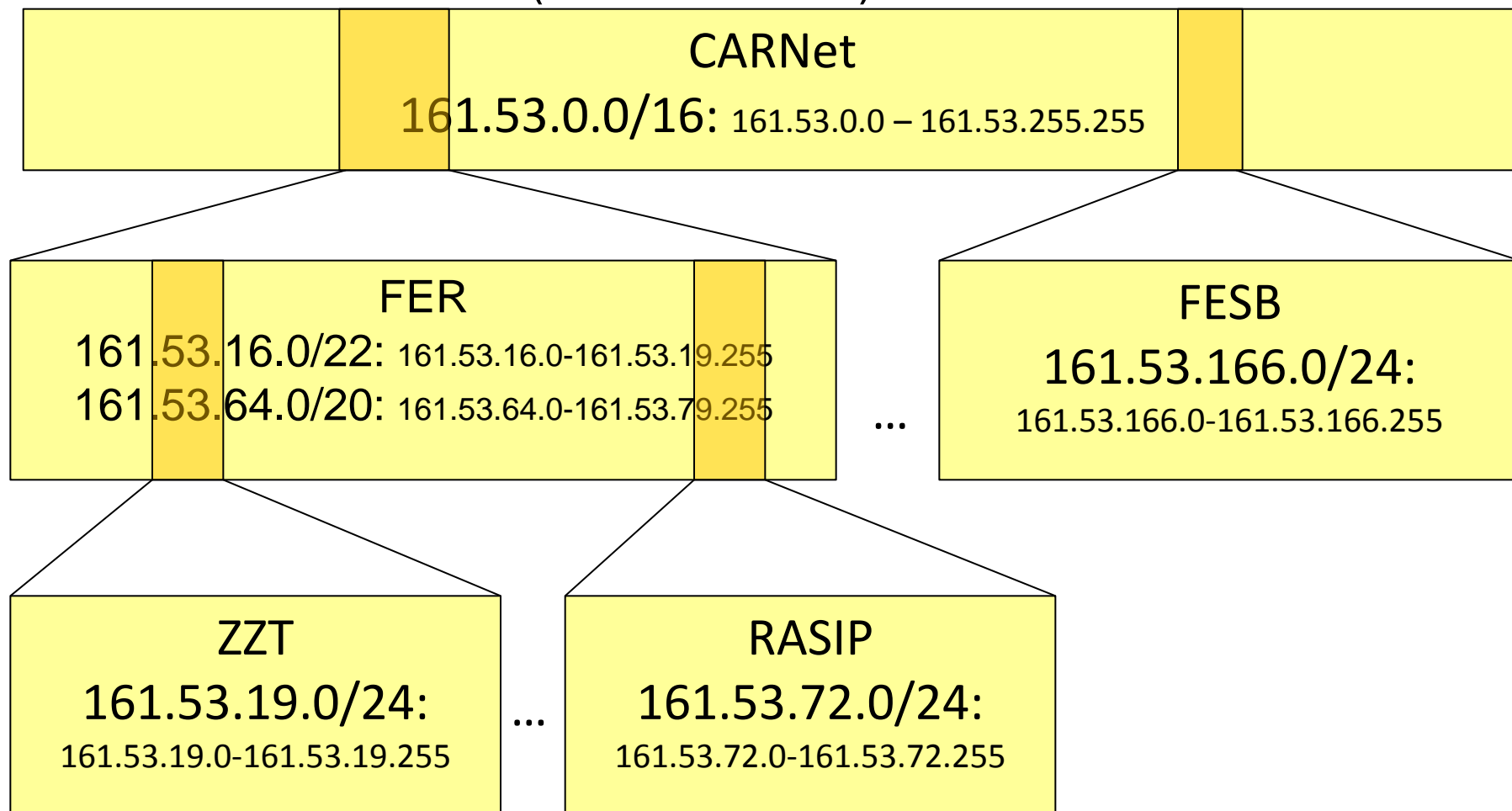


- ◆ u konačnici se blokovi adresa daju ISP-ovima, koji ih dodjeljuju korisnicima ili nižim ISP-ovima

Uvođenje podmreža, primjer mreže CARNet



◆ CARNet – klasa B (161.53.0.0/16) – od RIPE NCC



◆ statičko

- ◆ IP-adresa se upiše u postavkama računala
- ◆ obično se koristi za poslužitelje, usmjeritelje i uređaji koji nikad ne mijenjaju svoju adresu
- ◆ dobro za male mreže, (pre)složeno i nepraktično za velike mreže

◆ dinamičko

- IP-adresa i druge mrežne postavke dobivaju se od poslužitelja
- pojednostavljuje dodjelu adresa u velikim mrežama (npr. tvrtke ili ISP-a)
- tipična primjena: za osobna računala
- **protokol DHCP** – Dynamic Host Configuration Protocol

dvije uloge:

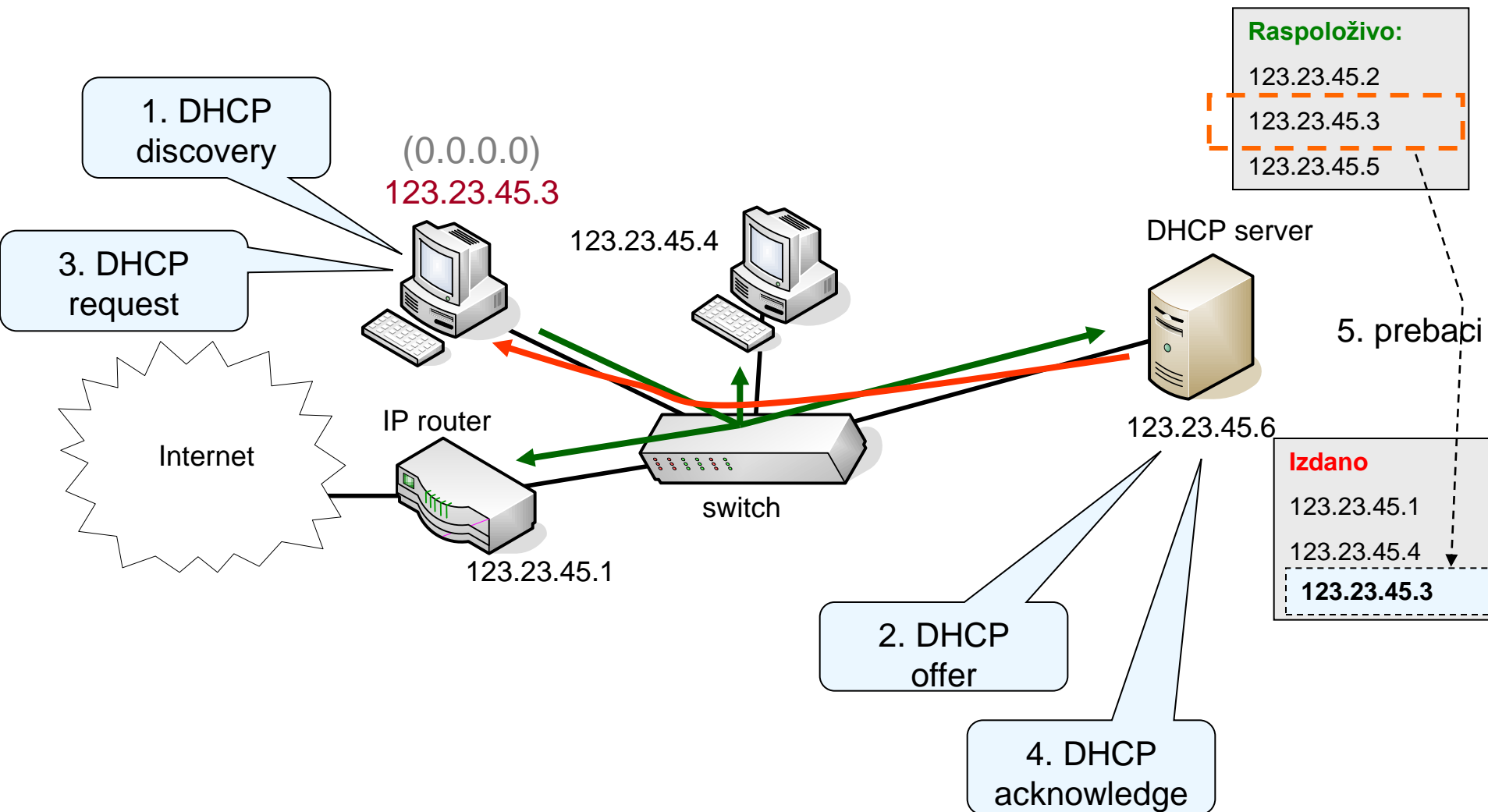
1. mehanizam dodjele IP-adresa

- ◆ administrator određuje raspon adresa koje DHCP poslužitelj može dodjeljivati klijentima
- ◆ adresa se dodjeljuje na zahtjev, i to na određeno vrijeme ili dok je klijent ne vrati
- ◆ ista adresa višestruko se koristi (samo ne istovremeno!)

2. omogućuje klijentima da traže i poslužiteljima da daju i druge konfiguracijske parametre

- ◆ npr. IP-adresa, maska podmreže, default usmjeritelj, adresa DNS-a, itd.

DHCP – primjer



- ◆ javne mreže:
 - ◆ svaka adresa mora biti globalno jedinstvena
 - ◆ mora se omogućiti usmjeravanje
 - ◆ dodjela adresa - ICANN, RIR, LIR, NIR,...
 - ◆ u konačnici se blokovi adresa daju pružateljima internetskih usluga (ISP)

- ◆ privatne mreže:
 - ◆ ICANN definira samo raspone privatnih IP-adresa
 - ◆ organizacija – vlasnik mreže nadzire i upravlja adresnim prostorom
 - ◆ svaka adresa mora biti jedinstvena unutar privatne mreže

- ◆ preslikavanje privatnih adresa u javne i obrnuto – uređaj **Network Address Translator (NAT)**

Javni adresni prostor

- ♦ Za korištenje u javnom Internetu
- ♦ IP adresa mora biti globalno jedinstvena
 - ♦ Dva uređaja spojena na javni Internet ne mogu imati istu IP adresu
- ♦ Usmjeravanje mora biti moguće
- ♦ IANA, ICANN, RIPE...

IP Network Address Translator (NAT)

Privatni adresni prostor

- ♦ Za korištenje u intranetu
- ♦ Organizacija upravlja s čitavim privatnim adresnim prostorom
- ♦ IP adrese unutar privatne mreže moraju biti jedinstvene
- ♦ Blokovi adresnog prostora za privatne mreže je specificirala IANA: 10/8, 172.16/12, 192.168/16

Adresni prostor IPv4 (RFC 3330)

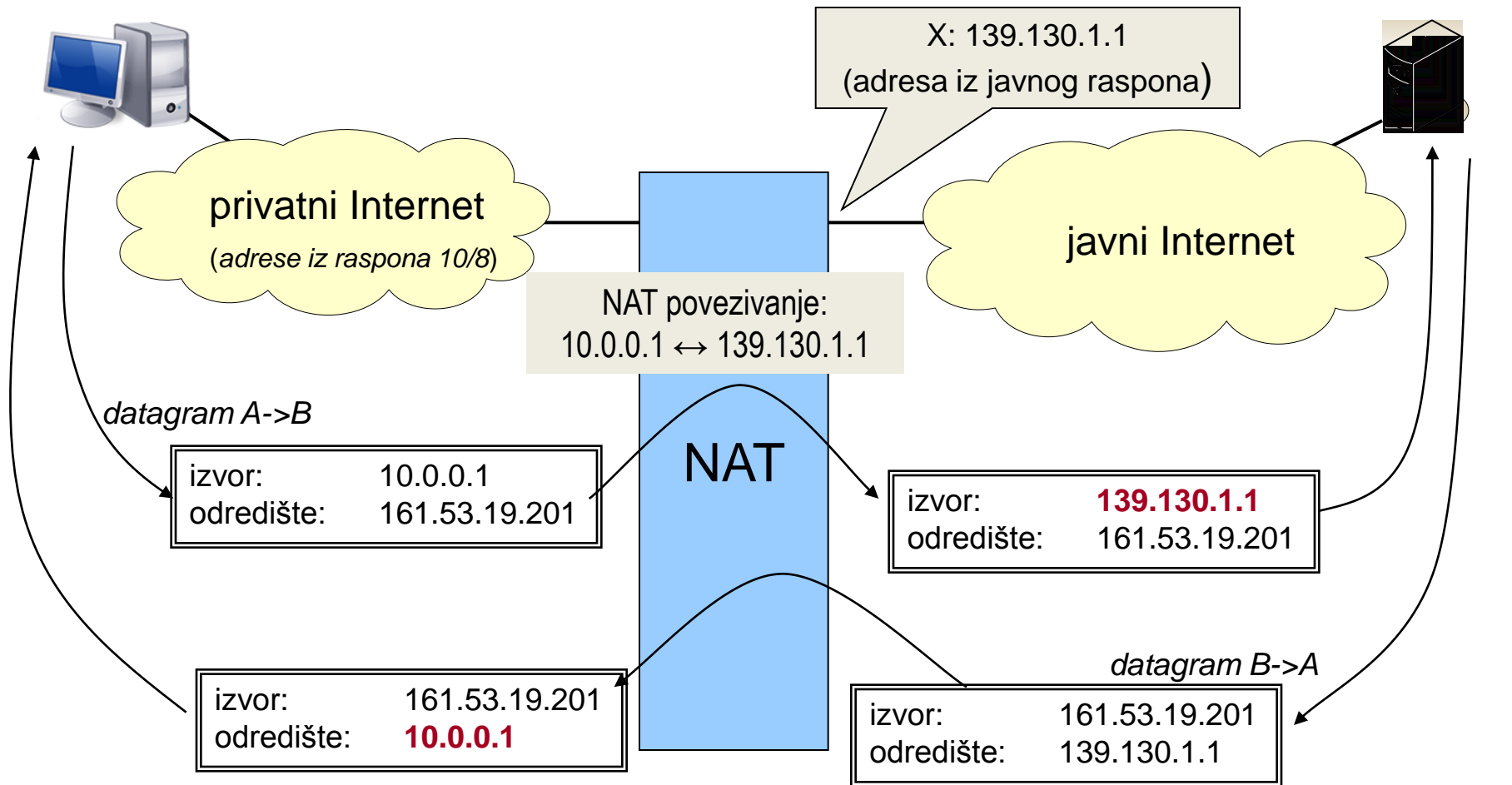
Rezervirani adresni prostor

- ♦ “ova” mreža 0.0.0.0/8
- ♦ “ovo” računalo 127.0.0.0/8
- ♦ Višeodredišno razasijlanje (*multicast*)
- ♦ Razasijlanje svima (*broadcast*)
- ♦ Blokovi rezervirani za IANA, neki se mogu dodjeljivati dalje, a neki ne

Uloga NAT-a, primjer

A: 10.0.0.1

B: 161.53.19.201

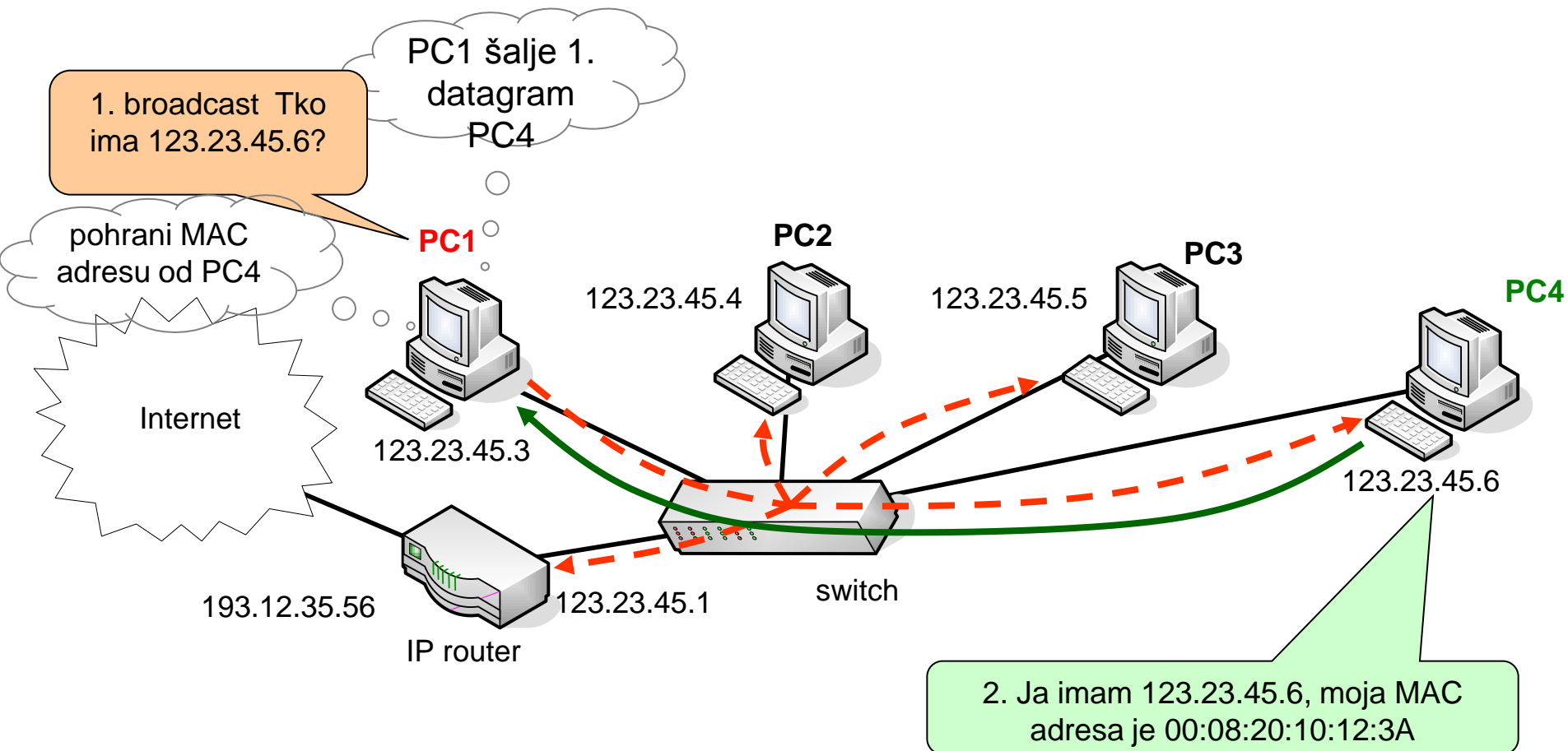


- ◆ protokol razlučivanja adrese
- ◆ dizajniran za mreže s dijeljenim medijem (npr. Ethernet)

- ◆ čemu služi ARP?
 - ◆ IP-adrese su adrese mrežnog sloja - protokoli viših slojeva (transport, aplikacije, ali i usmjeravanje...) koriste mrežnu (IP) adresu
 - ◆ upravljač mrežne kartice prepoznaje samo MAC adrese
 - ◆ **problem: kako dinamički povezati IP-adresu s MAC adresom?**

- ◆ način rada protokola ARP:
 - upit za IP-adresu razašilje se svim sučeljima na poveznici
 - upit primaju svi uređaji
 - odgovara samo onaj uređaj čija je IP-adresa prozvana

ARP – primjer



- ◆ uparene adrese (IP-adresa, MAC-adresa) se pohranjuju u ARP-spremnik
- ◆ u spremniku se nalaze i statički i dinamički unosi
- ◆ dinamički unosi se automatski brišu ako se ne koriste (nekoliko minuta)