



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Fakultet
elektrotehnike i
računarstva

Preddiplomski studij

Računarstvo

Komunikacijske mreže

5.

Mrežni sloj u Internetu. Internetski protokoli mrežnog sloja.

Ak.g. 2021./2022.

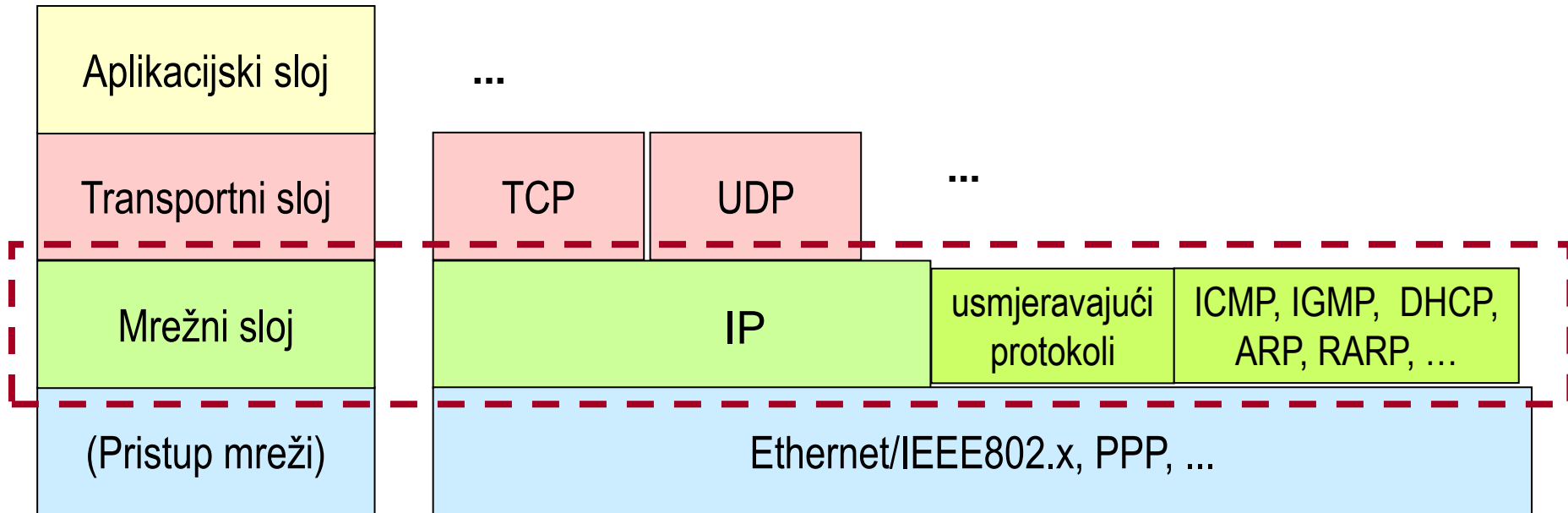
25.3.2022.

- ◆ 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

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.



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 (pod)mreža
 - ◆ fizička i logička slika, pojam autonomnog sustava
 - ◆ globalna koordinacija i normiranje
 - ◆ upravljanje adresama

Internet = mreža medusobno povezanih mreža

logički pogled -
jedna mreža i
jedinstveni adresni prostor

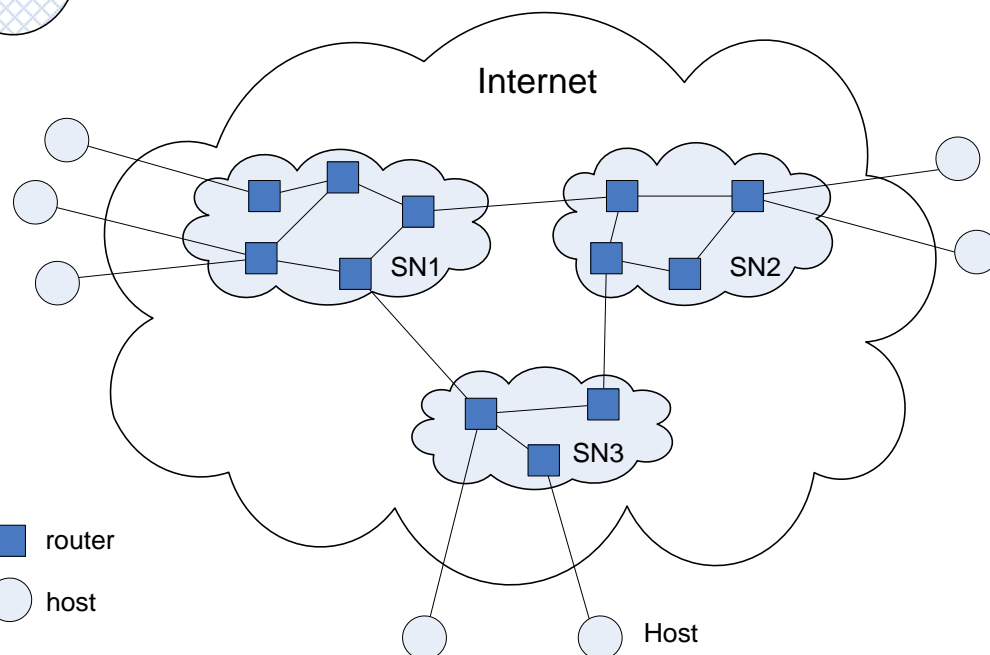
fizički pogled -
mreža sastavljena od
medusobno povezanih mreža

Oznake:

SN – podmreža

■ router

○ host

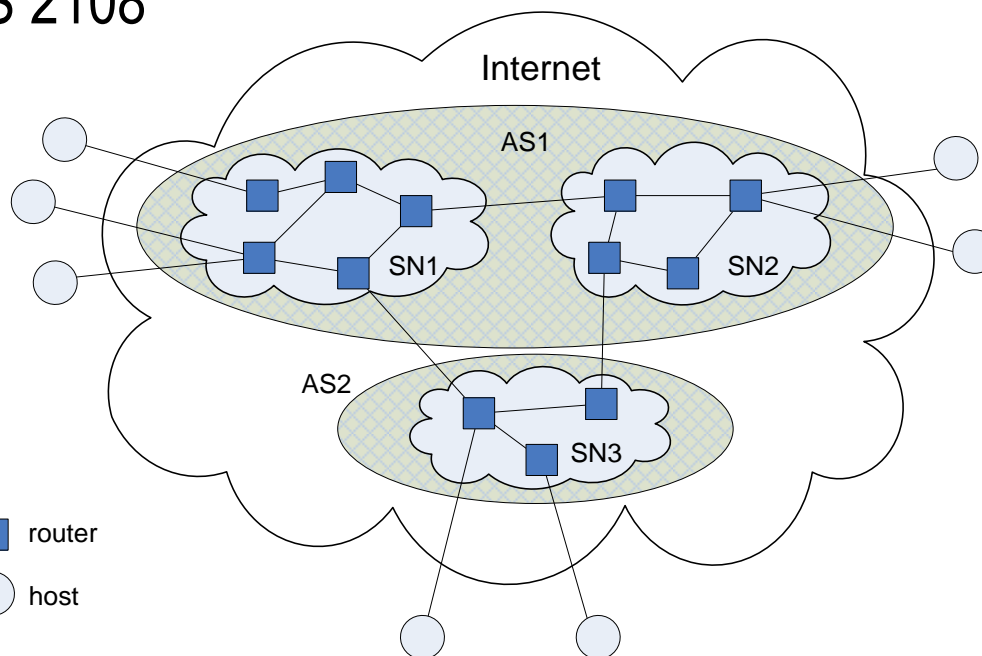


- ◆ **autonomni sustav** (engl. *Autonomous System*, AS)
 - skupina IP mreža i usmjeritelja pod zajedničkom upravom i sa **zajedničkom politikom usmjeravanja** prema Internetu
- ◆ jedinstveni broj AS-a dodjeljuje organizacija IANA
 - ◆ npr., CARNet – AS 2108

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

Oznake:
SN - podmreža
AS – autonomni sustav

■ router
○ host

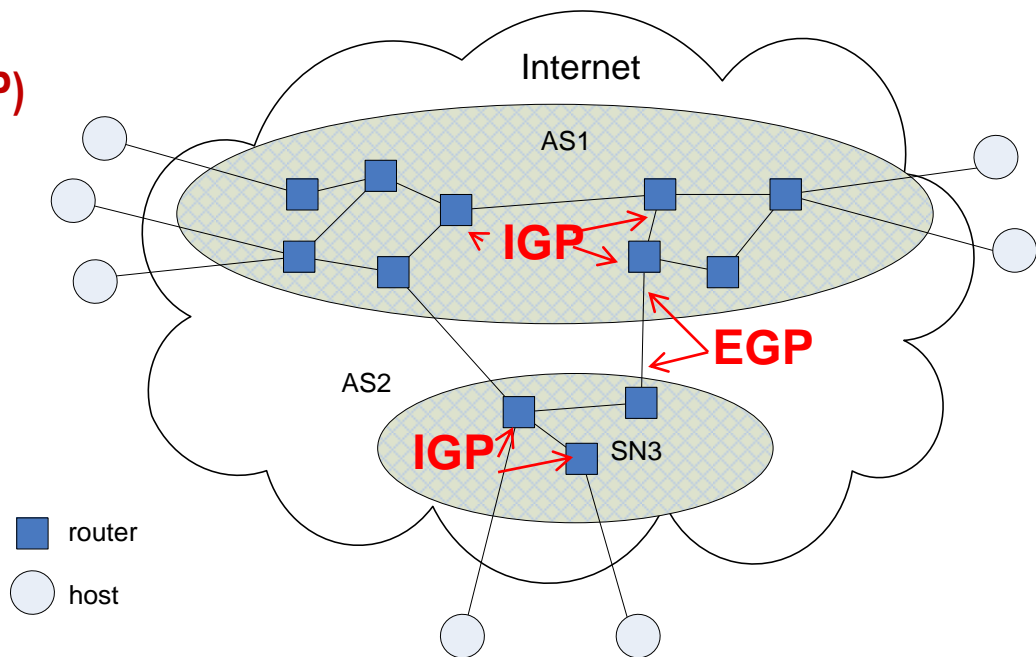


- ◆ Usmjeravanje **unutar** AS:
protokoli unutrašnjeg usmjeravanja (engl. *Interior Gateway Protocol*, **IGP**)
 - najčešće: *Open Shortest Path First (OSPF)*, *Routing Information Protocol (RIP)*, *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*, *Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)*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

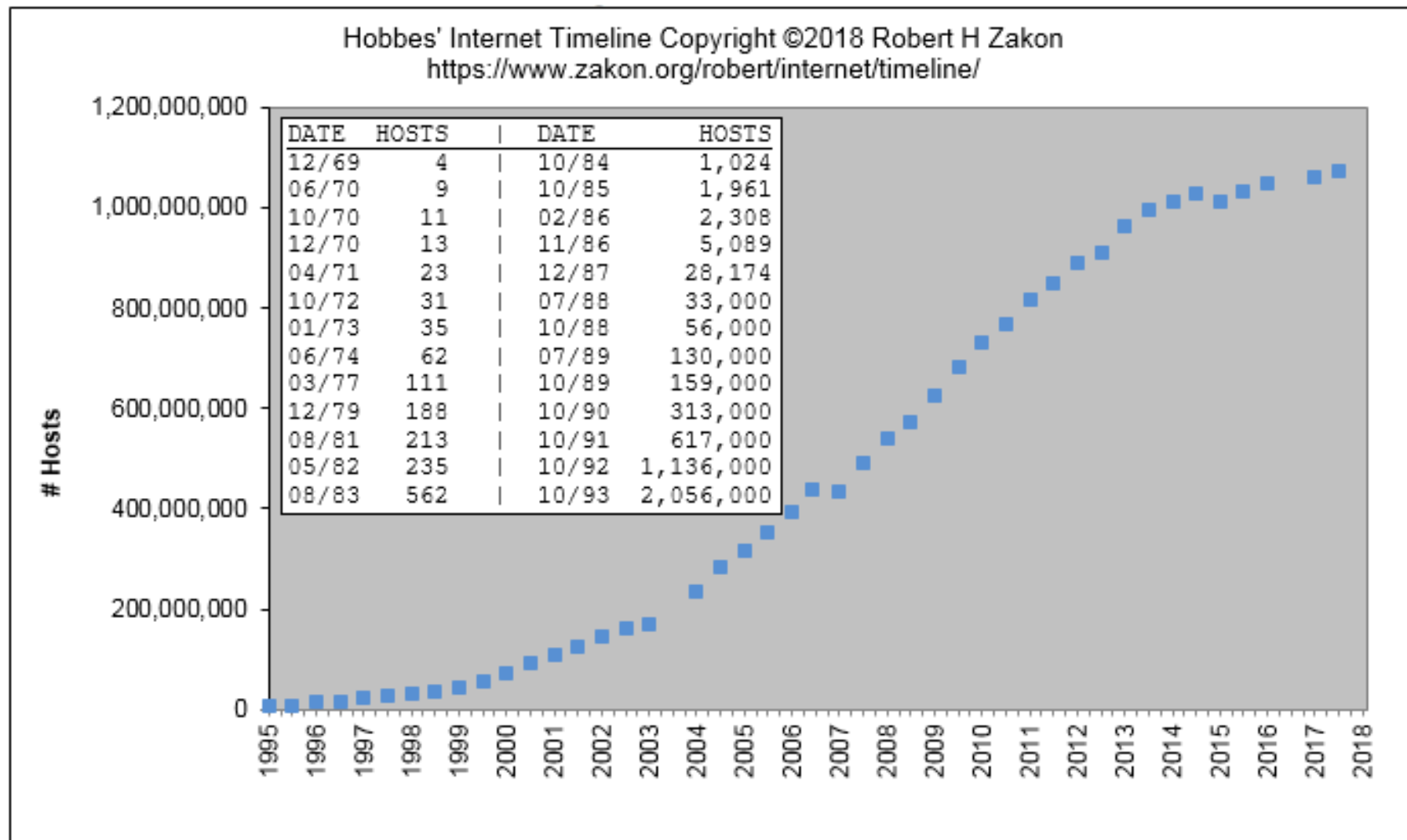
Oznake:

SN - podmreža

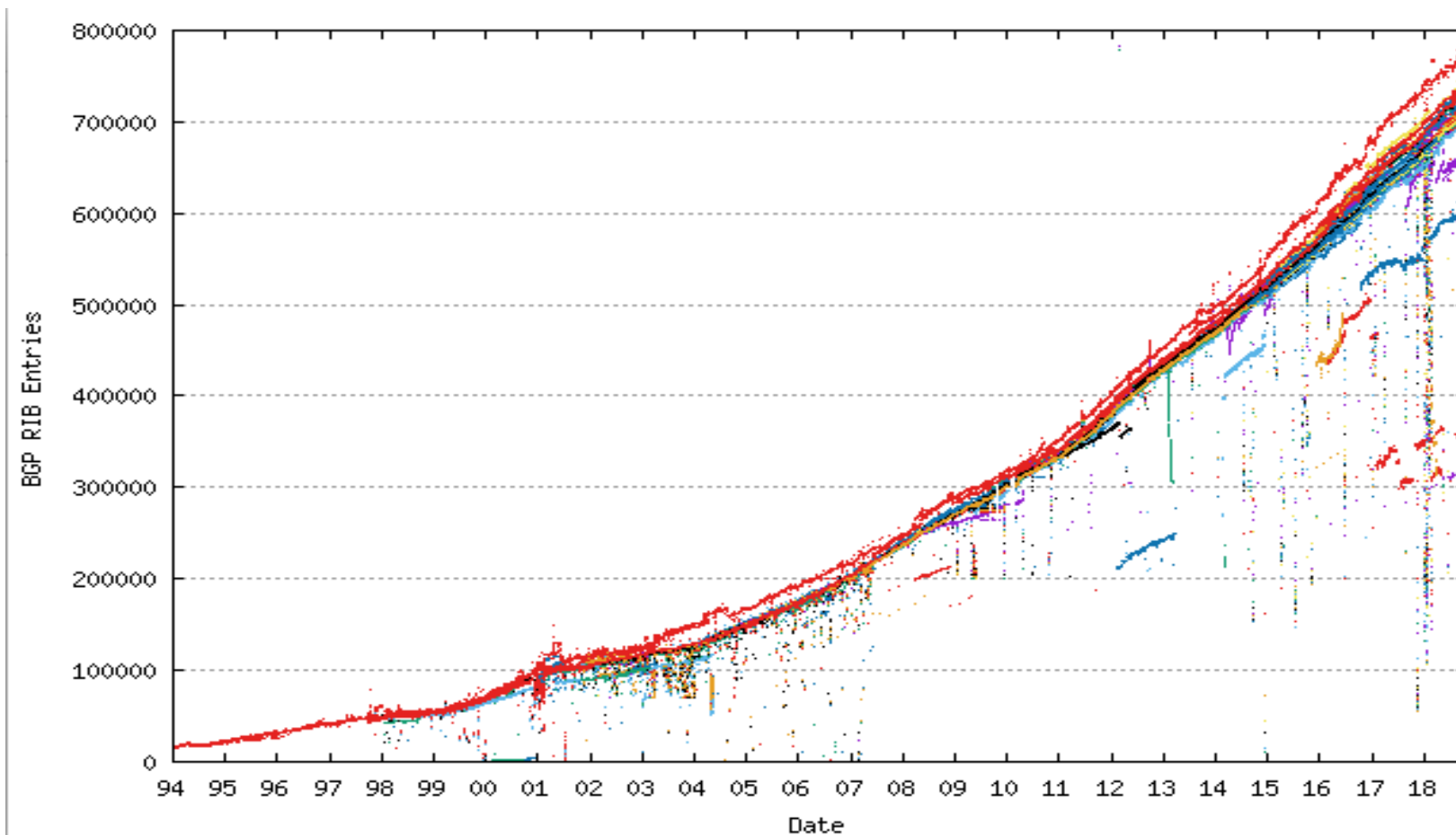
AS – autonomni sustav



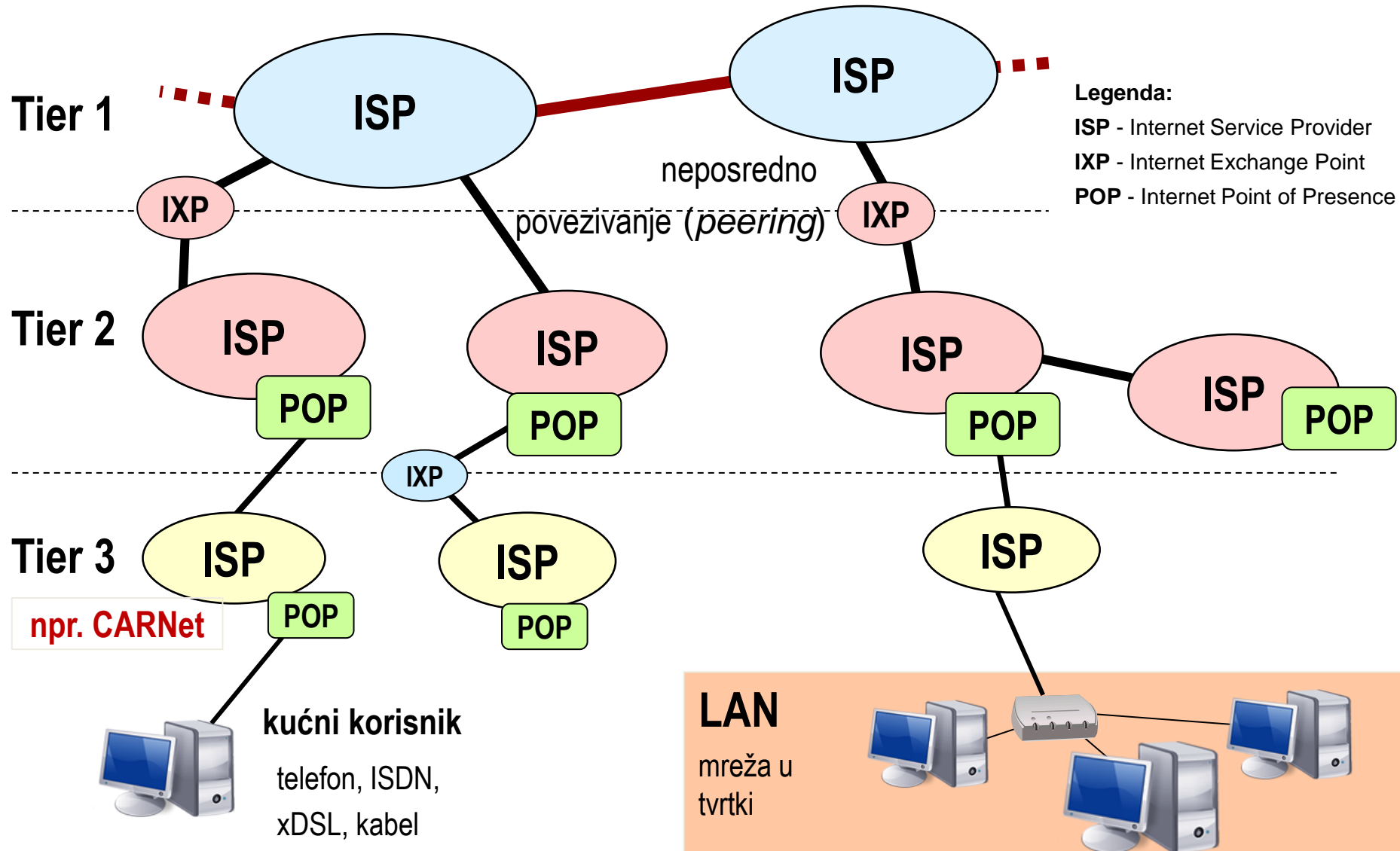
Broj krajnjih uređaja (*Internet Hosts*)



Rast tablica usmjeravanja

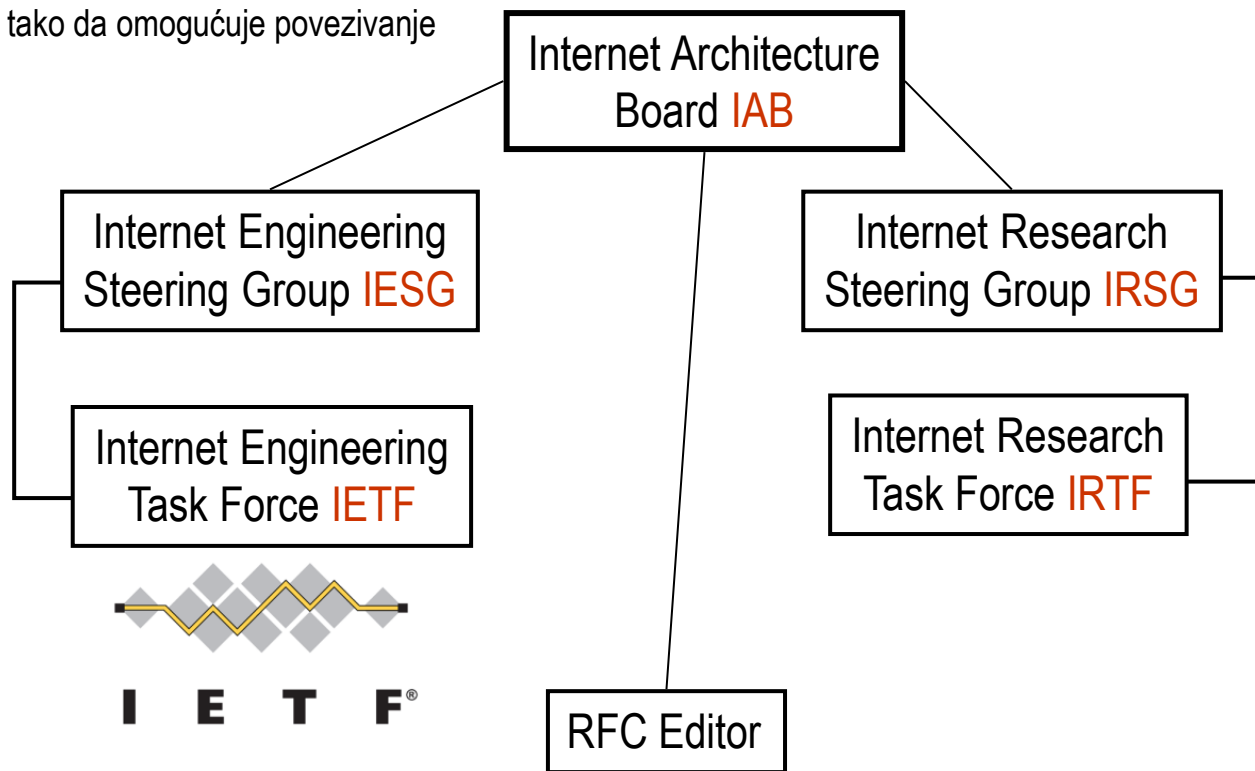


- u listopadu 2018., više od 750 000 mrežnih prefiksa (<http://bgp.potaroo.net>) i više od 100 tisuća AS-ova (<http://bgp.potaroo.net/as2.0/bgp-active.html>)



Globalna koordinacija i normiranje u Internetu

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



Internet Society
ISOC



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

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

RFC Editor

serija dokumenata

Request For Comment (RFC)

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

Request for Comment (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
- ◆ Usmeravanje u Internetu
 - ◆ načela usmjeravanja
 - ◆ protokoli usmjeravanja
 - ◆ dijagnostika problema

- ◆ 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:

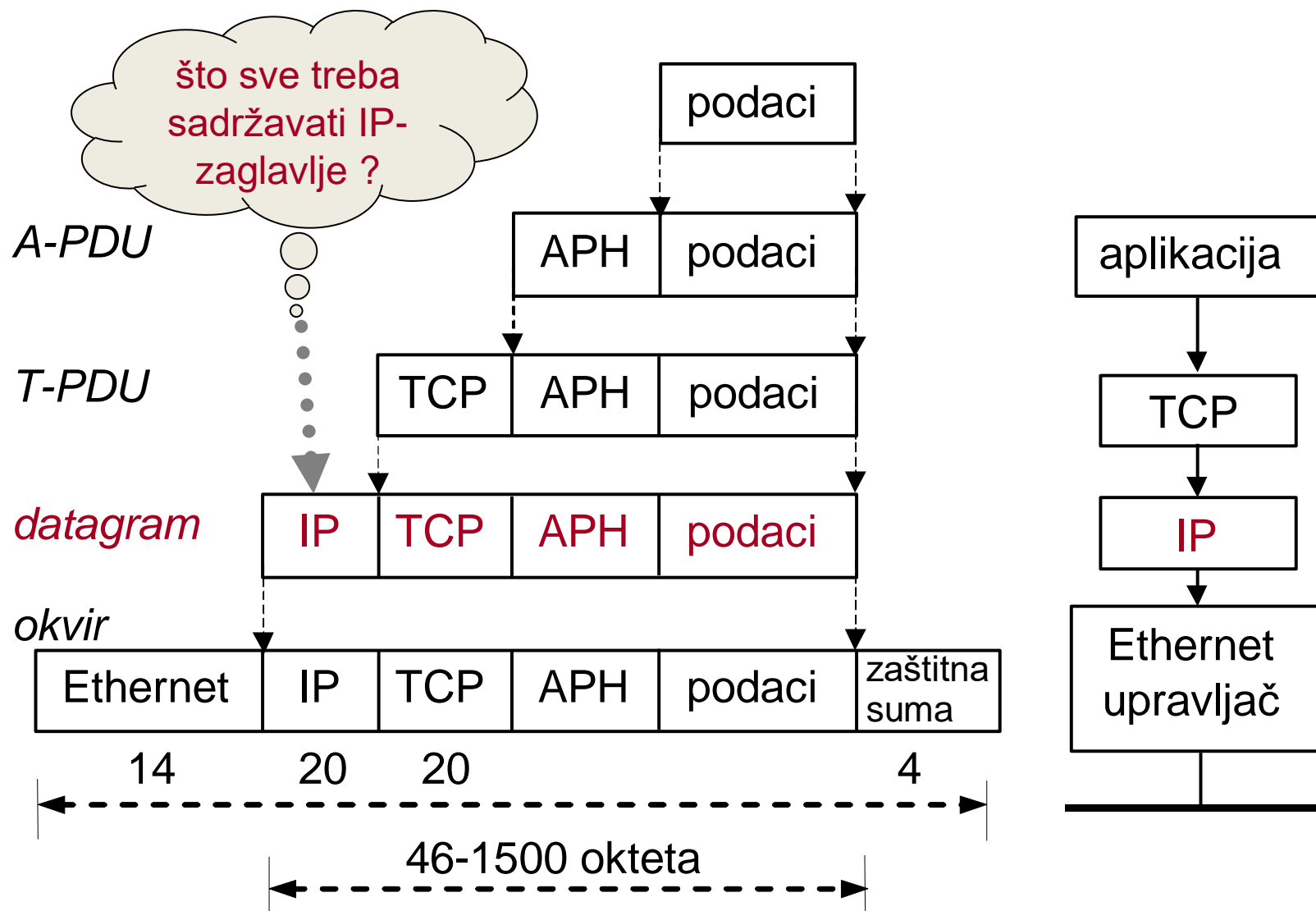
- neovisan o nižim protokolima
 - Ethernet, IEEE 802.3, PPP, ...
- datagramski način rada
- nespojna usluga
- nepotvrđena usluga
- nema mehanizama kontrole toka
- nema garancije očuvanja redoslijeda datagrama

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.unizg.hr) – veza:

Domain Name System (DNS)

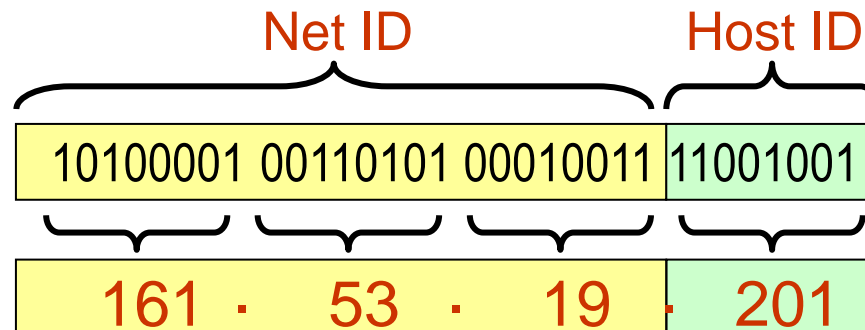
◆ IP-adresa ima dva dijela:

■ 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*)



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

195.24.0.0/13

11000011.00011000.00000000.00000000

mrežni prefiks

13 bita

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

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 razasiłjanje (*multicast*)
- ♦ Opće razasiłjanje (*broadcast*)
- ♦ Blokovi rezervirani za IANA, neki se mogu dodjeljivati dalje, a neki ne

◆ javne mreže:

- svaka adresa mora biti globalno jedinstvena
- mora se omogućiti usmjeravanje
- dodjela adresa - ICANN, RIR, LIR, NIR,...
- u konačnici se blokovi adresa daju davateljima 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 **NAT** (*Network Address Translator*)

◆ 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**

◆ Opće razašiljanje (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/>

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 regionalnim internetskim registrima (Regional Internet Registry, RIR)

APNIC, ARIN, LACNIC, **RIPE NCC** (za Europu), AFRINIC

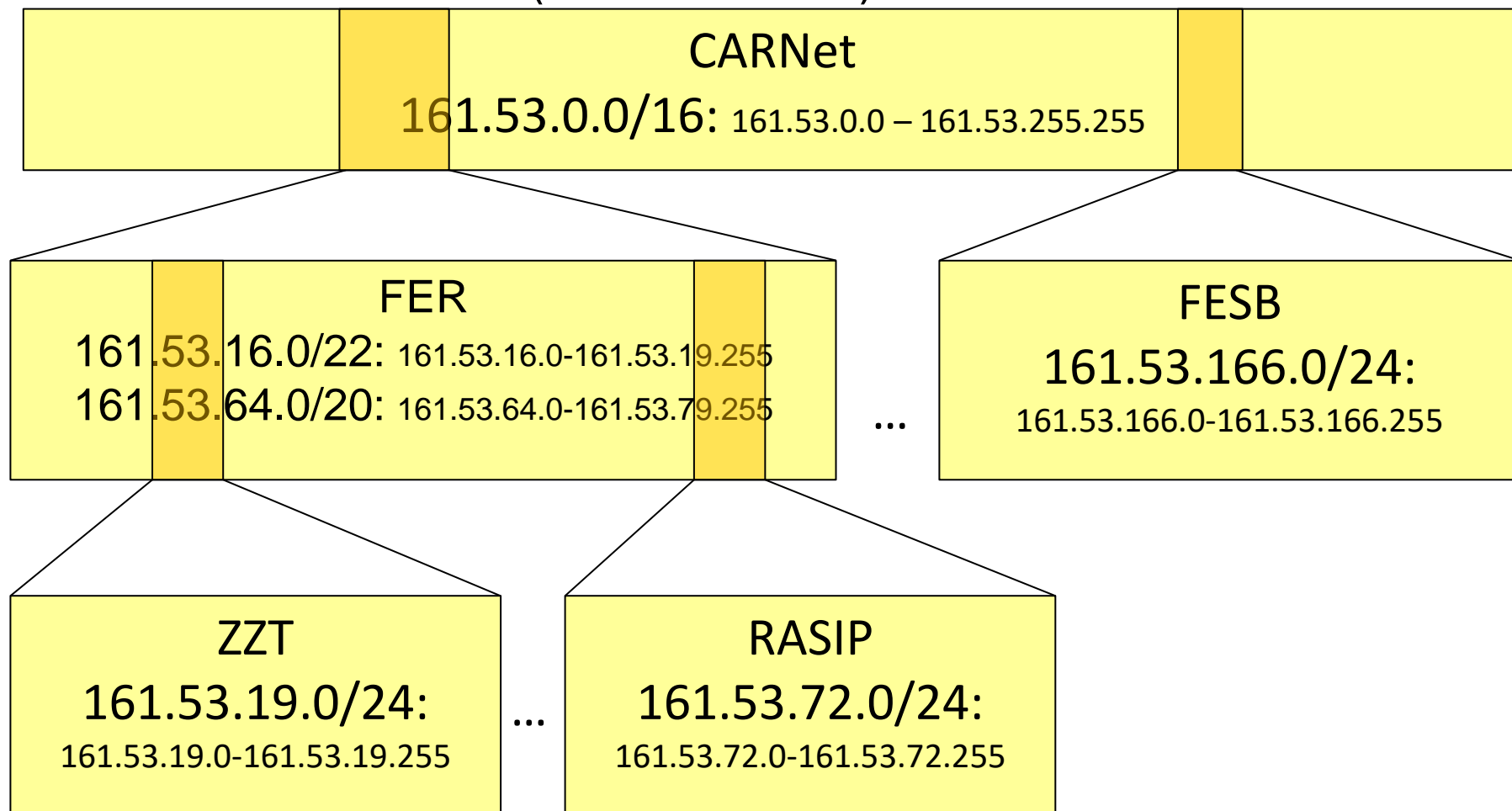


- ◆ RIR-ovi delegiraju odgovornost nacionalnim (NIR) i lokalnim (LIR) registrima u Hrvatskoj – **CARNet!**



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

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



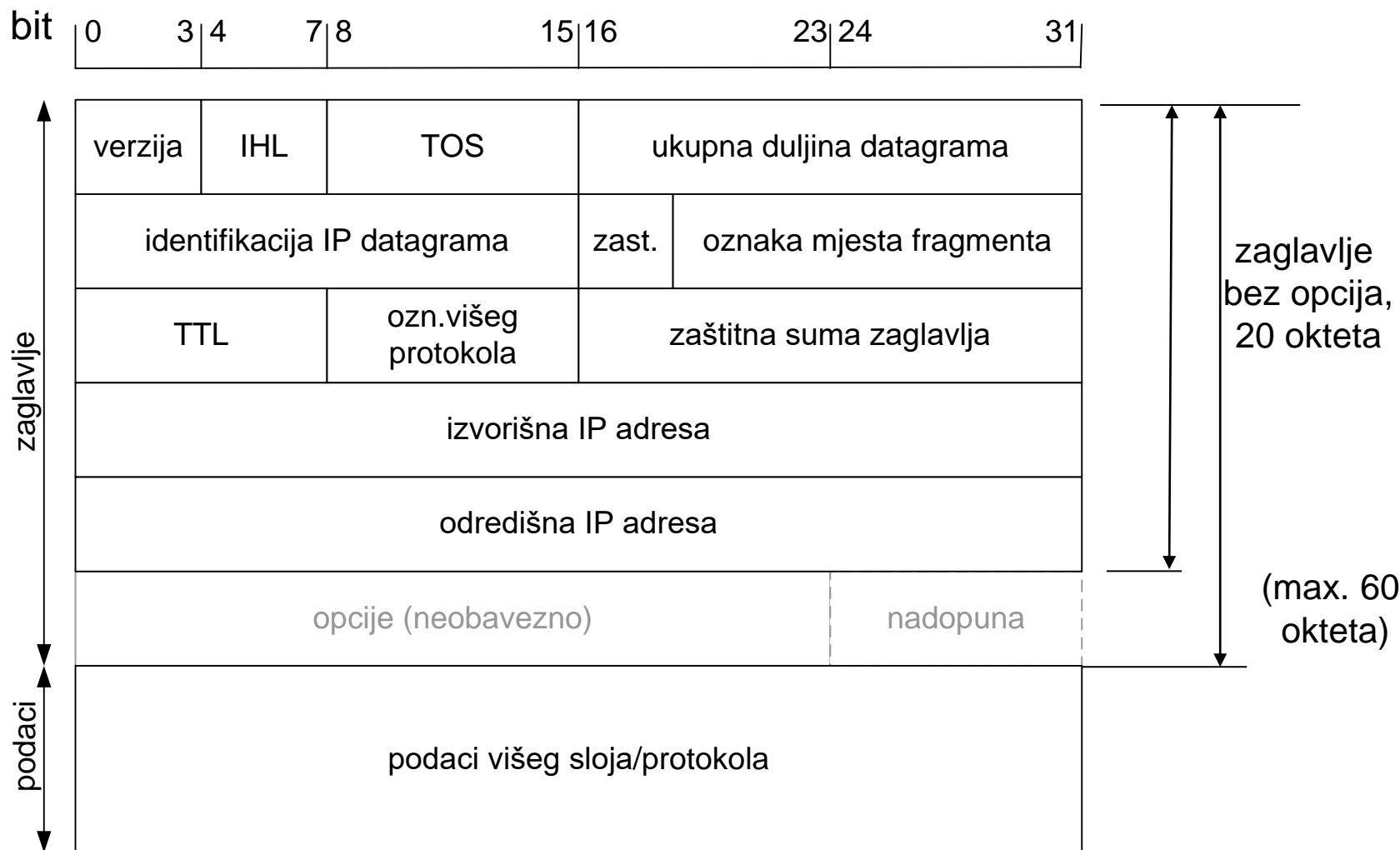
◆ statičko

- ◆ IP-adresa se upiše u postavkama računala
- ◆ obično se koristi za poslužitelje, usmjeritelje i uređaje 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*)

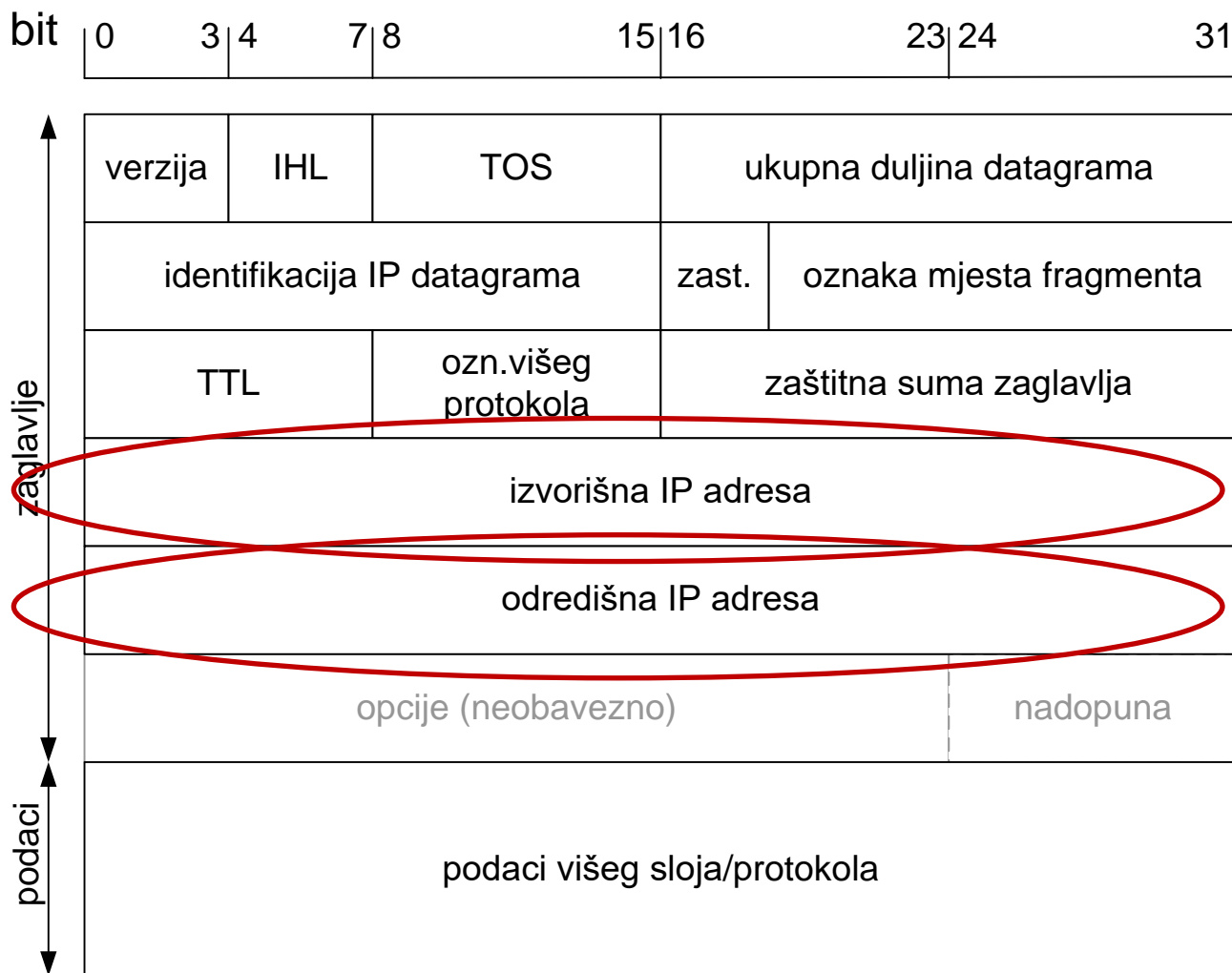
Format IP-zaglavlja



IP-zaglavlje – polja vezana uz ulogu omatanja



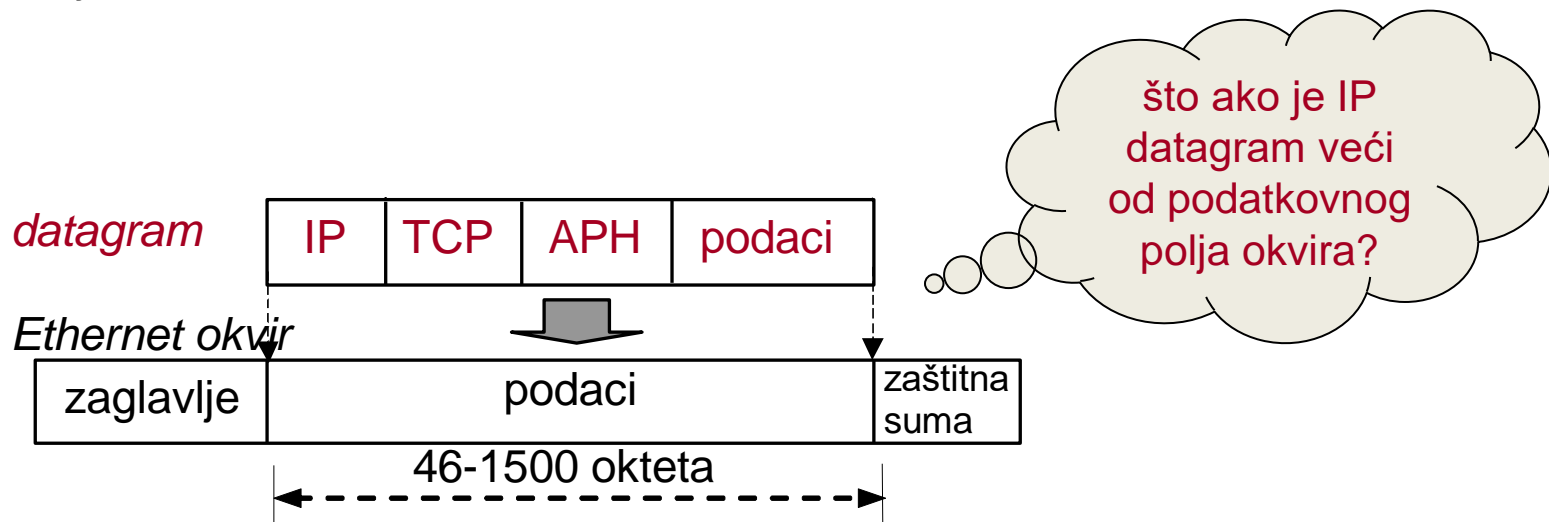
IP-zaglavlje – polja za adresiranje



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

- **pojam MTU** (*Maximum Transmission Unit*)

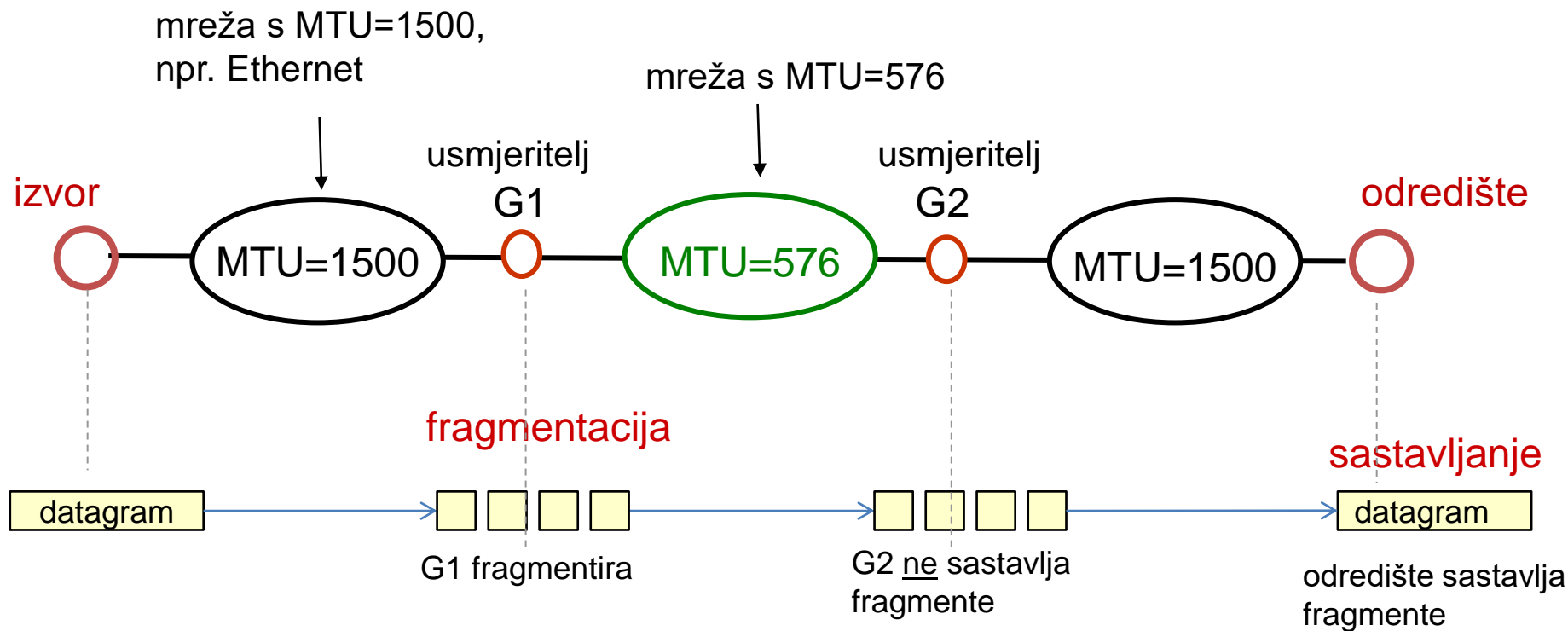
- primjer: Ethernet/IEEE 802.3: MTU=1500 okteta



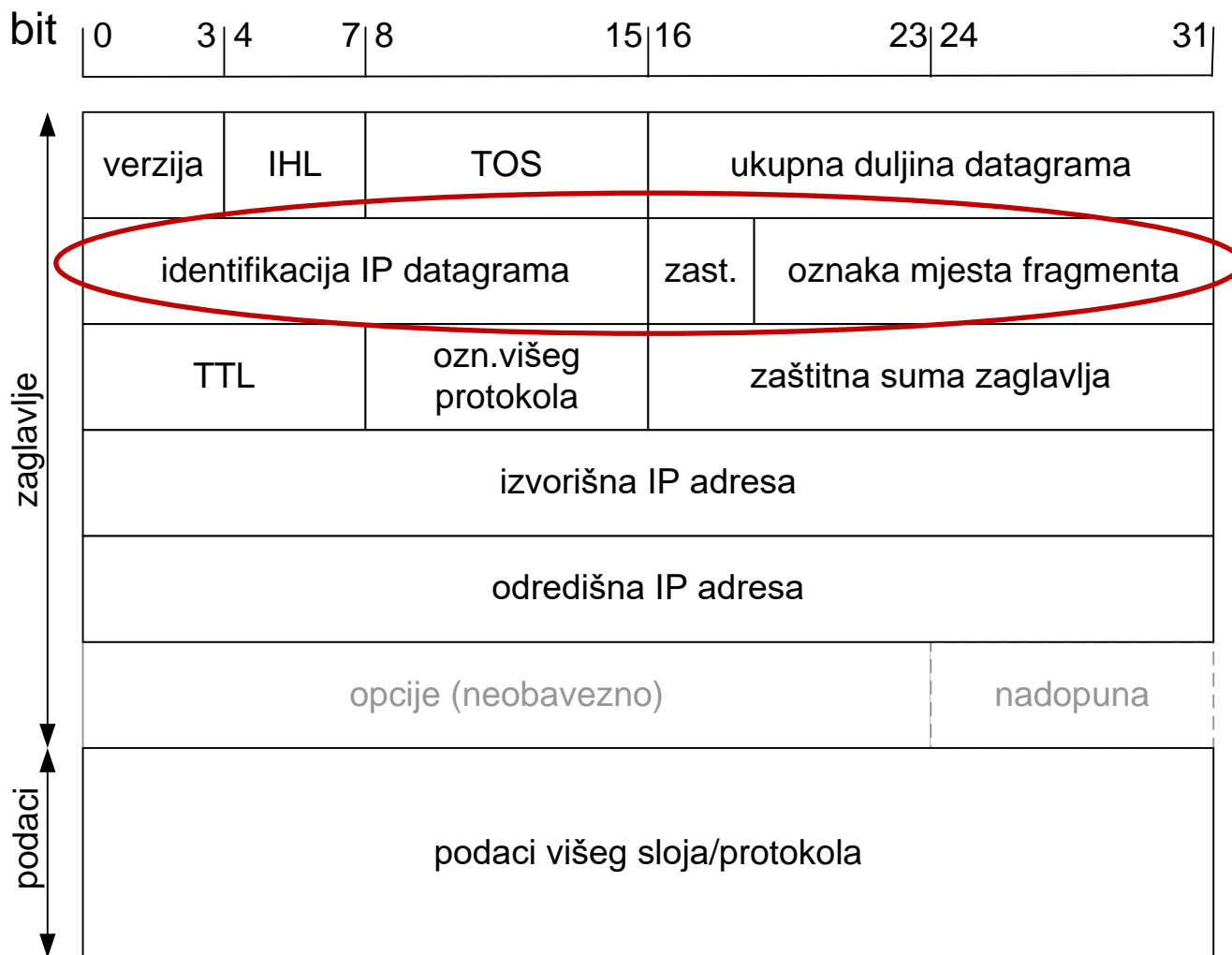
- ◆ u Internetu se provodi **netransparentna fragmentacija**

Fragmentacija i sastavljanje IP-datagrama (2/2)

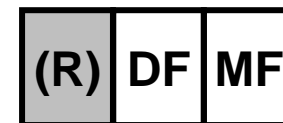
- ♦ tko: **usmjeritelj**
- ♦ gdje: fragmenti se šalju u novim, međusobno neovisnim datagramima i sastavljaju u originalni datagram (tek!) **na odredištu**
- ♦ **primjer:**



IP-zaglavlje – polja za fragmentaciju



zastavice za fragmentaciju

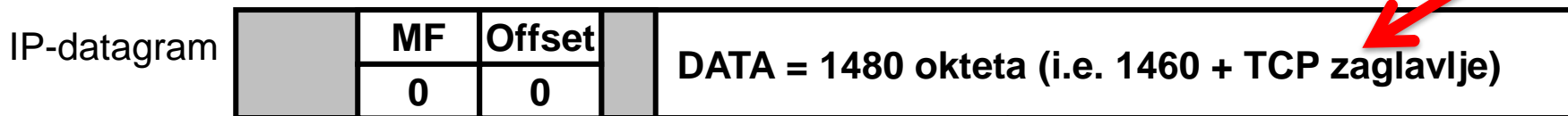


R – rezervirano
DF – Don't Fragment
MF – More Fragments

Primjer fragmentacije

(IP-zaglavlje, 20 okteta)

istaknuta samo polja zastavica MF i oznaka mjesta fragmenta



IP-datagram
fragment 1

MF	Offset
1	0

DATA
okteti 1-552

(MTU=576)

duljina \leq MTU,

Prvi fragment nosi i zaglavlje paketa

Ostali fragmenti samo podaci

Vrijednost *Offset* = broj okteta / 8

MF - More Fragments

IP-datagram
fragment 2

MF	Offset
1	69

DATA
okteti 553-1104

552

IP-datagram
fragment 3

MF	Offset
0	138

DATA
1105-1480

1104

Fragmentacija je nepoželjna - zašto?

- u slučaju gubitka jednog 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:

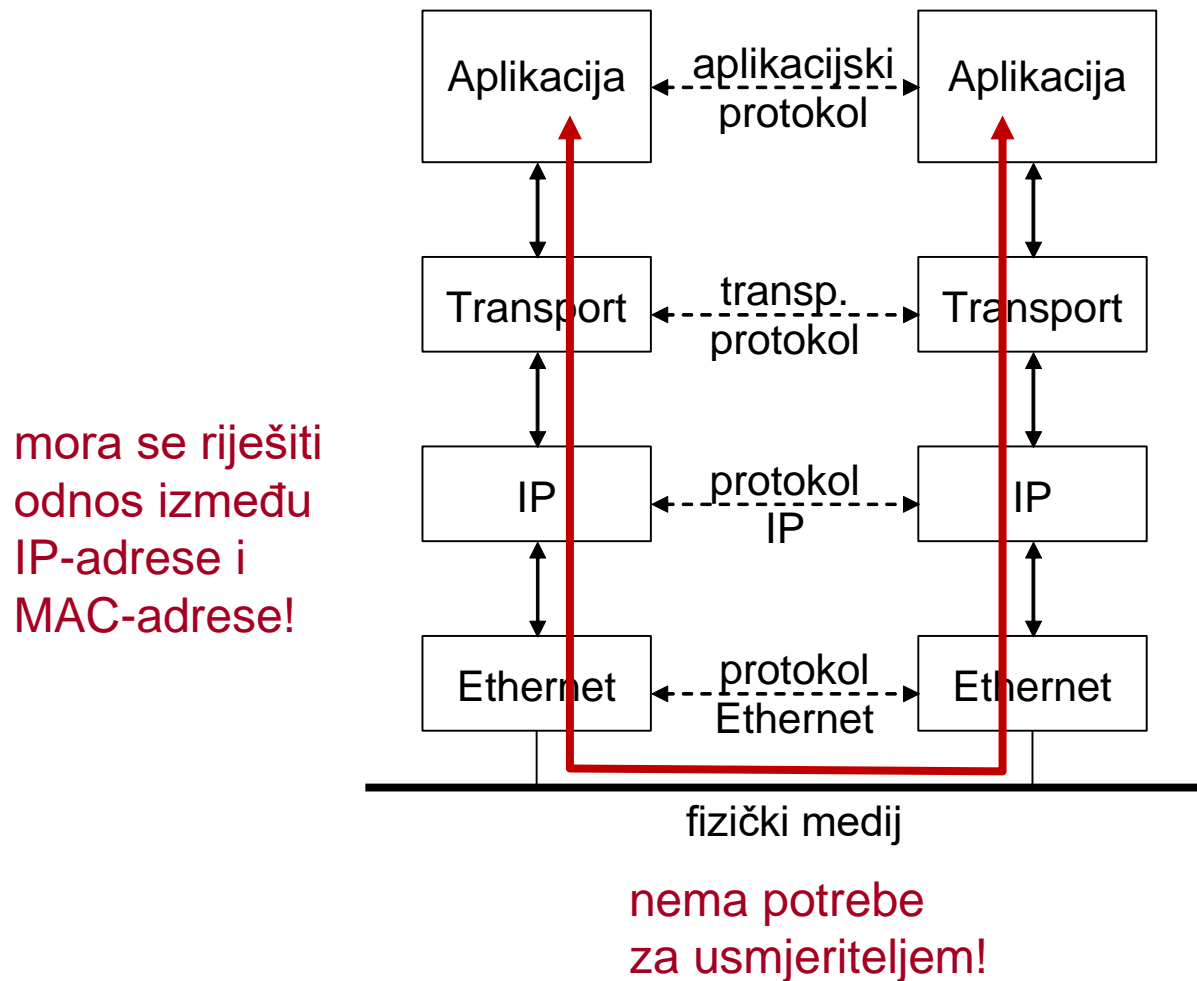
- ◆ slučaj 1: ako su izvorišni i odredišni čvor u istoj podmreži s dijeljenim medijem, tada komuniciraju izravno, ili
- ◆ slučaj 2: ako su izvorišni i odredišni čvor u različitim (pod)mrežama, tada komuniciraju preko jednog ili više usmjeritelja.

Pitanje:

Kako se usmjeravaju paketi u usmjeritelju?

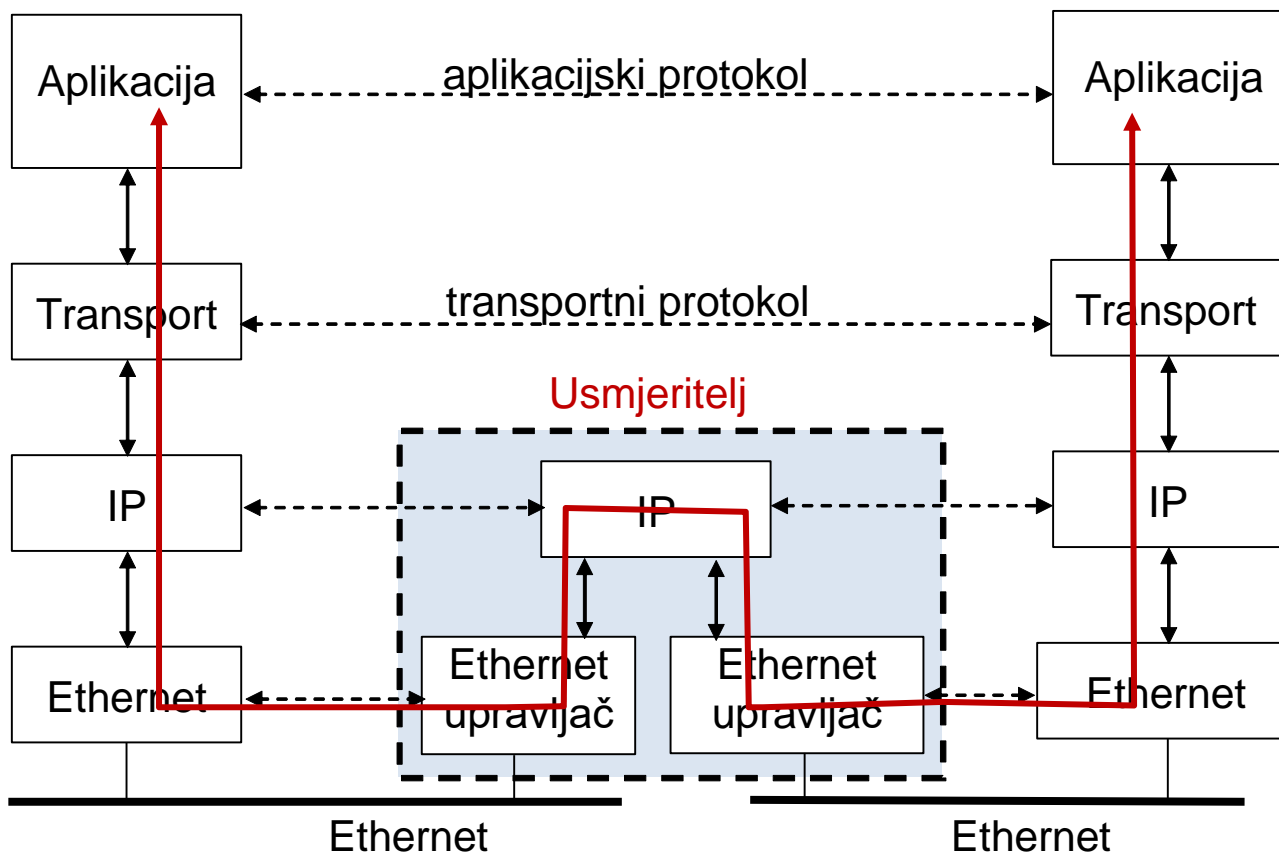
Slučaj 1: Izravno usmjeravanje paketa

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



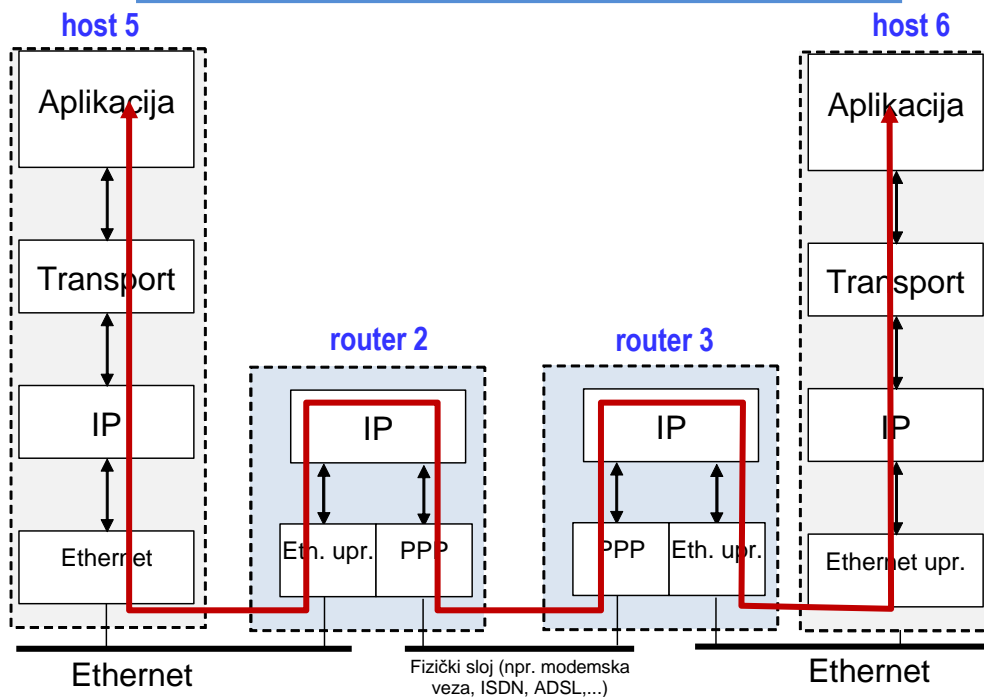
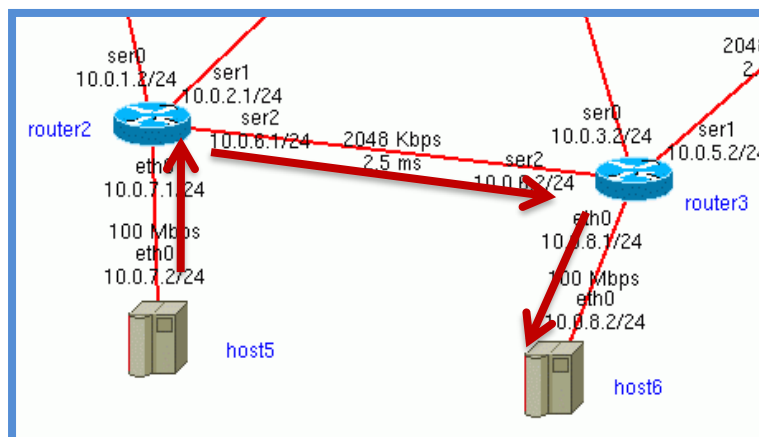
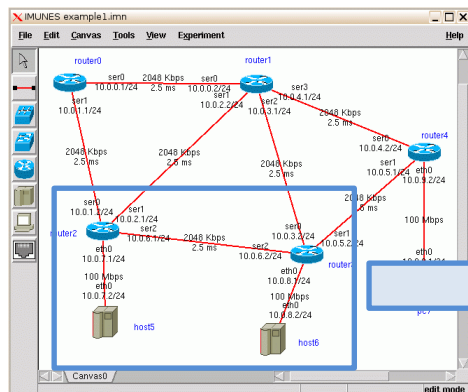
Slučaj 2: Usmjeravanje paketa preko usmjeritelja

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

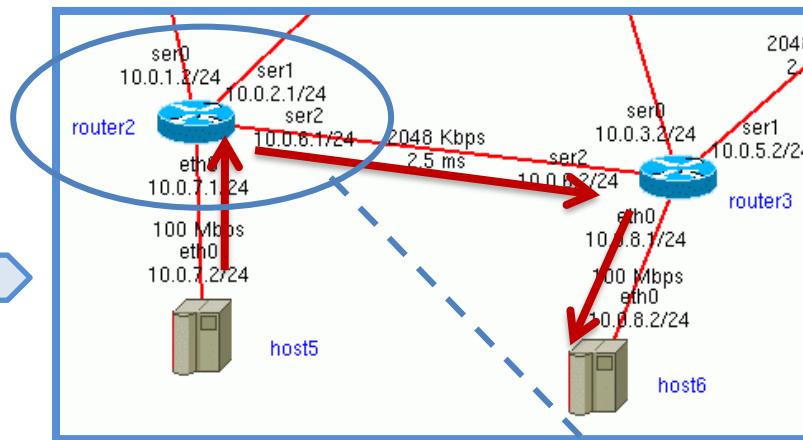
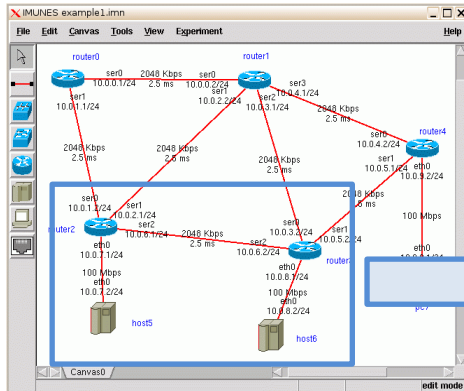


usmjeritelj
raspolaže
“znanjem”
o mreži!

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



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

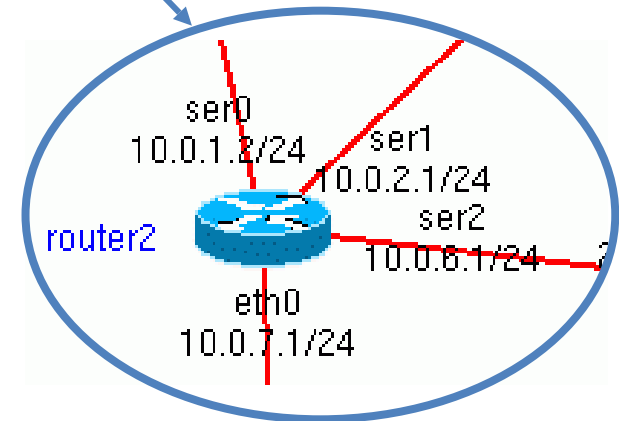


(host5 šalje datagram na host6)

Pitanje: Što “zna” usmjeritelj *router2*?

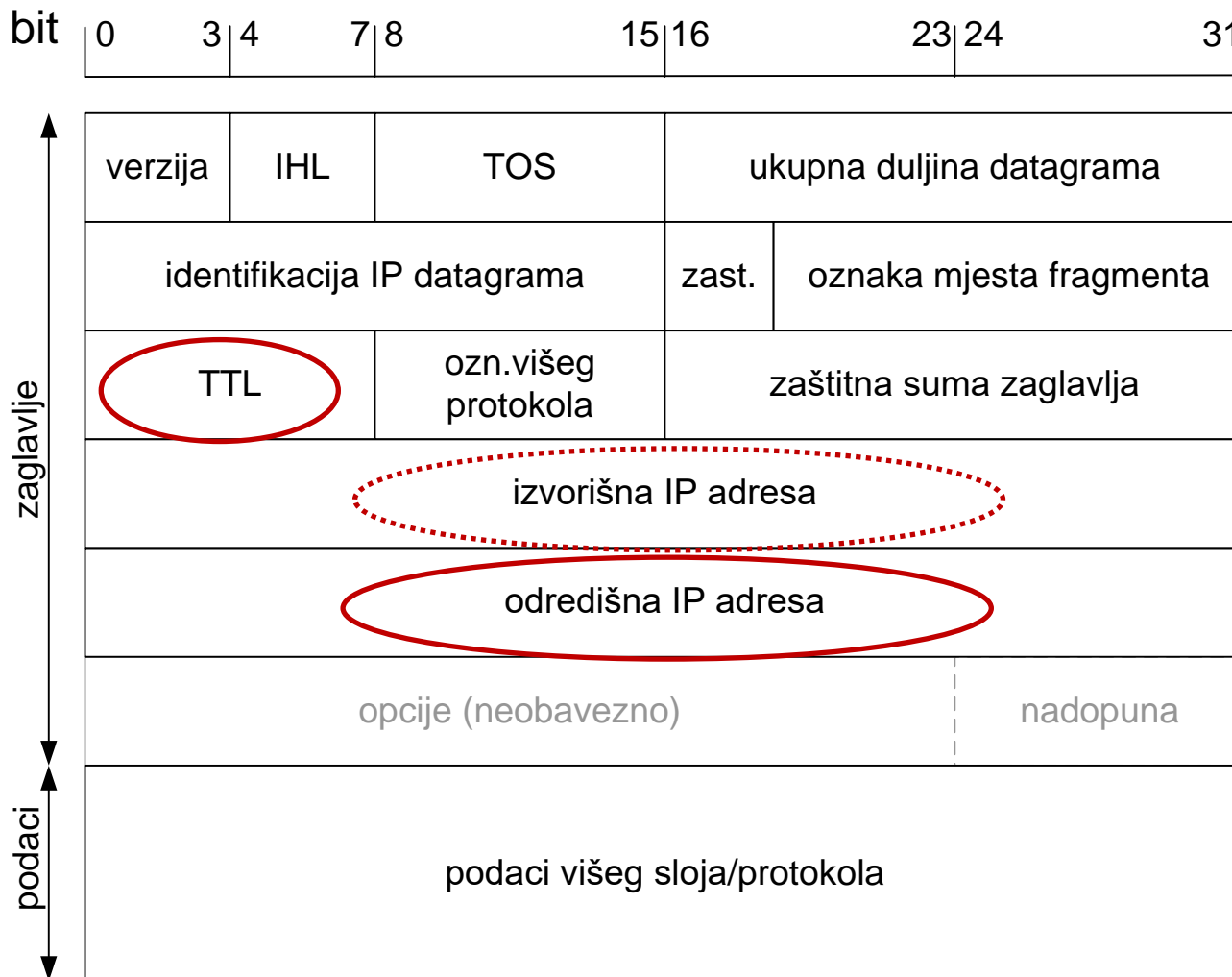
1. Datagram treba poslati prema usmjeritelju *router3*
→ *pronazak puta*
(za to služe algoritmi usmjeravanja)
2. Put prema usmjeritelju *router3* je preko odlaznog sučelja *ser2* → *prosljeđivanje datagrama*

→ *tablica usmjeravanja!*



- ◆ Osnovna upravljačka informacija (u zaglavlju IP-datagrama):
 - ◆ **izvorišna adresa** (engl. *source address*)
 - ◆ ne koristi se za usmjeravanje već (po potrebi) za povratnu informaciju o problemima (ICMP-poruke)
 - ◆ **odredišna adresa** (engl. *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



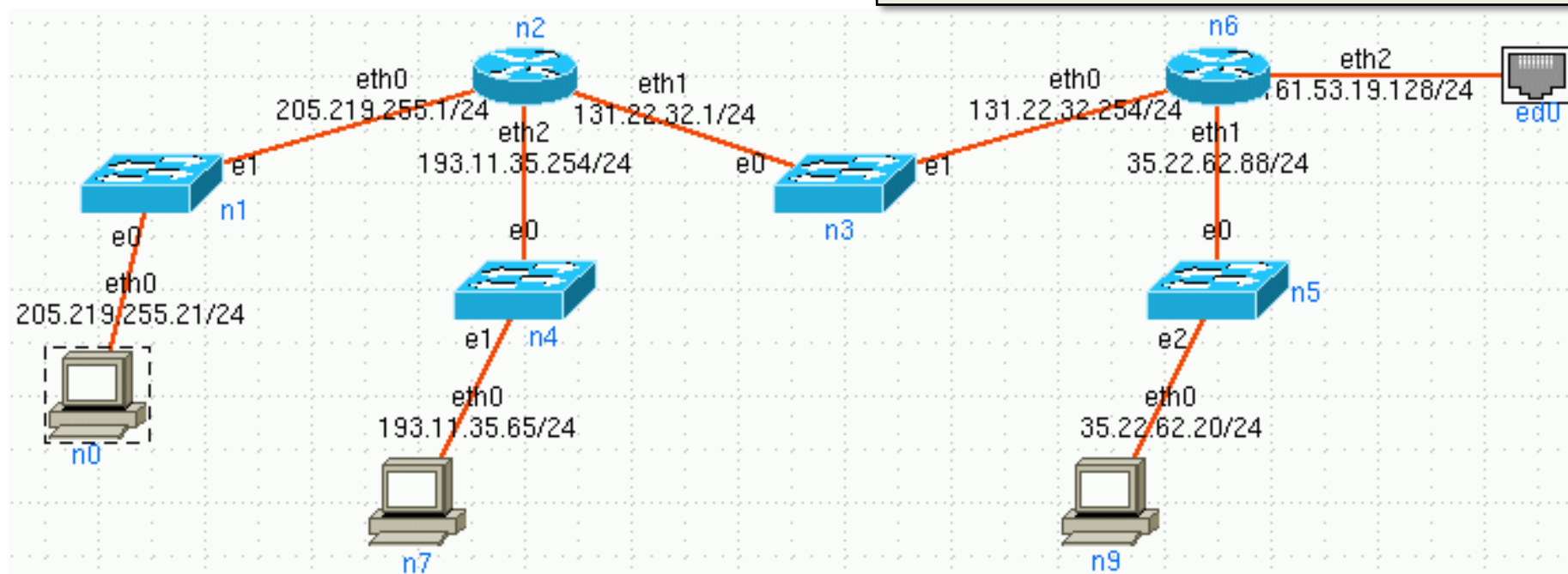
- ◆ tablica usmjeravanja = podaci koje usmjeritelji imaju o topologiji mreže
 - ◆ služi za odluku o odlaznom mrežnom sučelju za zadanu odredišnu IP-adresu, odn. mrežni prefiks
- ◆ unosi u tablici sadrže:
 - ◆ odredišnu adresu (prefiks), adresu sljedećeg usmjeritelja na putu ka odredištu, odlazno sučelje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

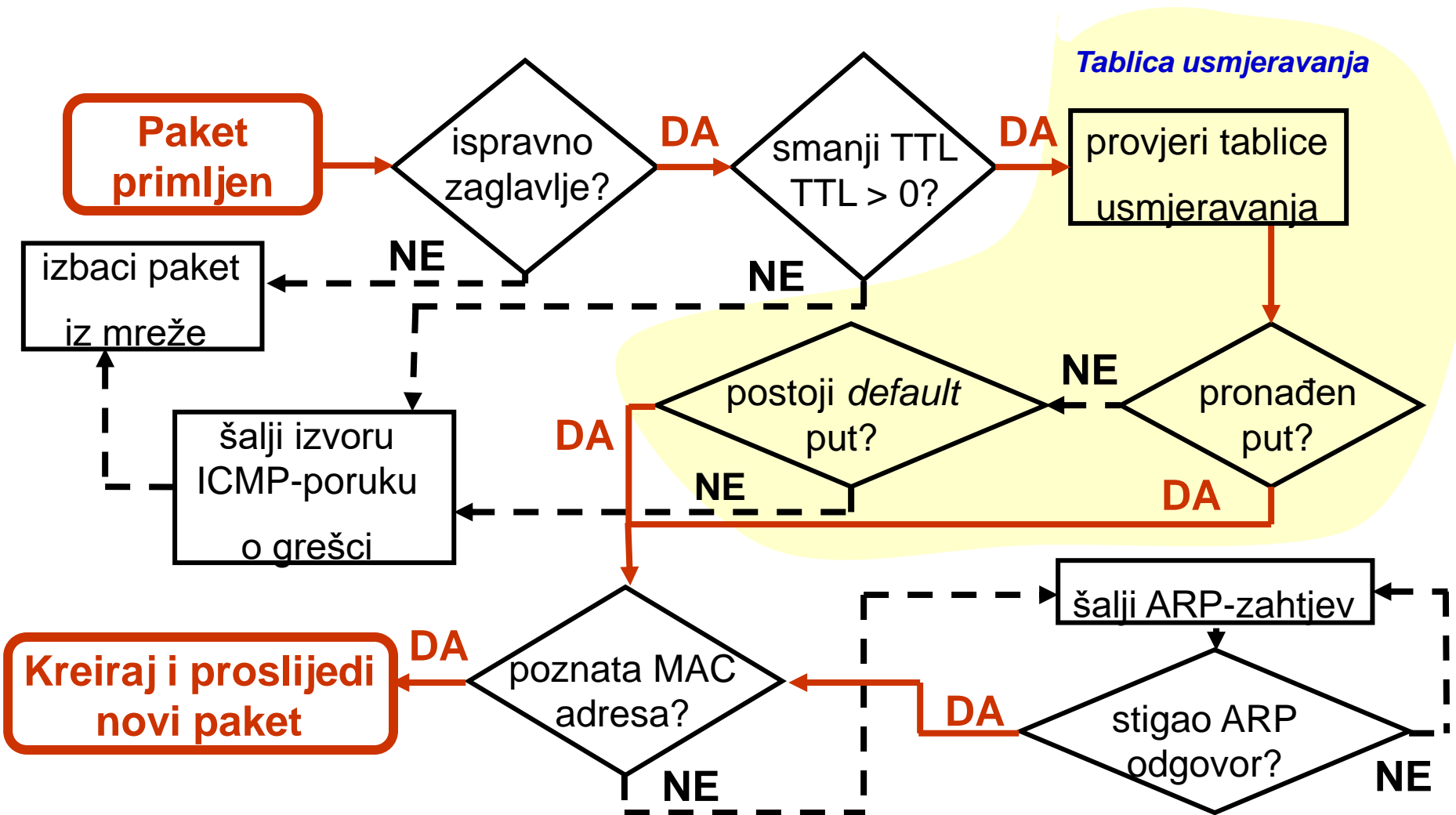
Primjer tablice usmjeravanja

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

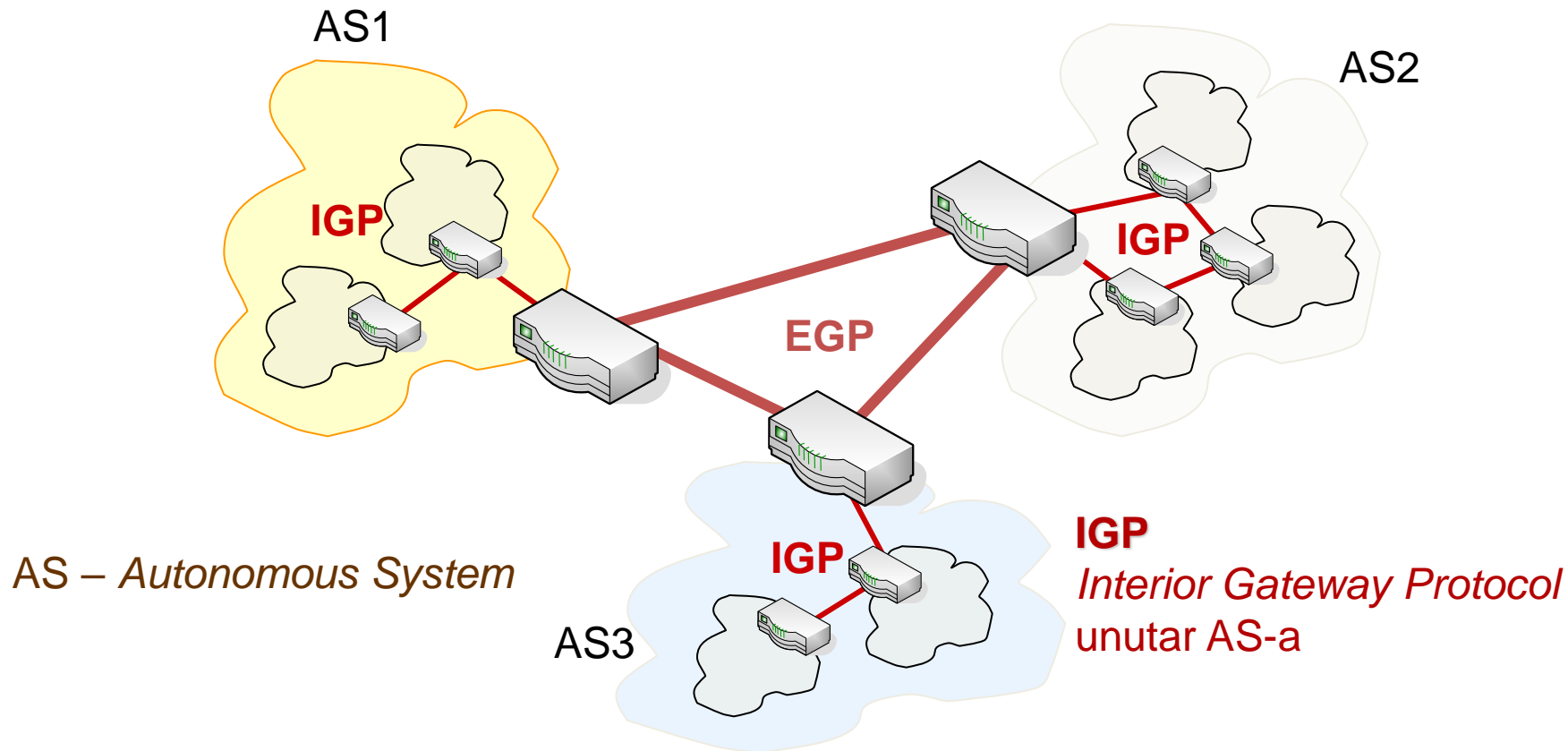
- ◆ **protokoli usmjeravanja** izvedeni su u usmjeriteljima, a uključuju strategiju usmjeravanja i algoritme usmjeravanja
- ◆ svaki usmjeritelj održava svoju tablicu usmjeravanja
 - čuva popis mreža na koje je izravno spojen preko svojih sučelja
 - razmjenjuje informacije o usmjeravanju s drugim usmjeriteljima (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 pri čemu 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 proslijeđuje 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, nespojna 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

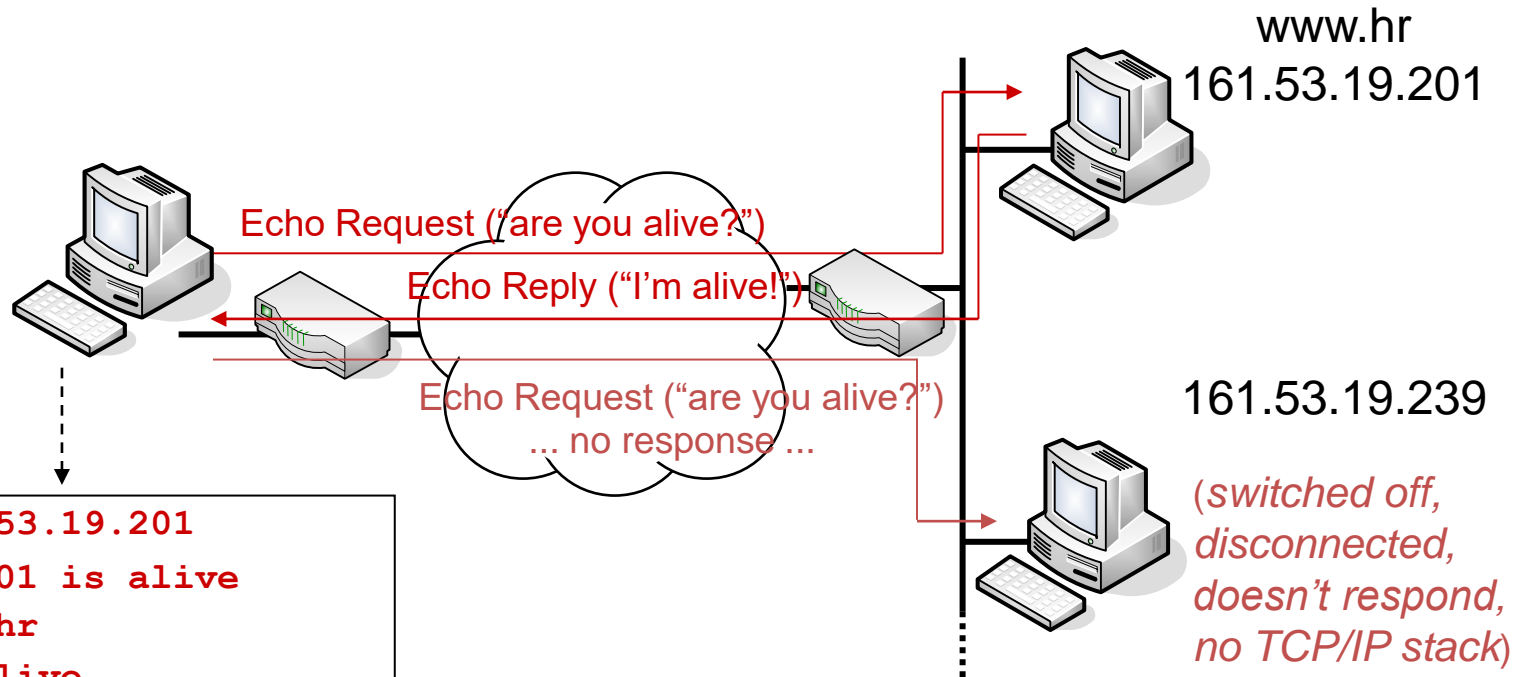
■ Echo Request/Echo Reply – **ping** (1)

- 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

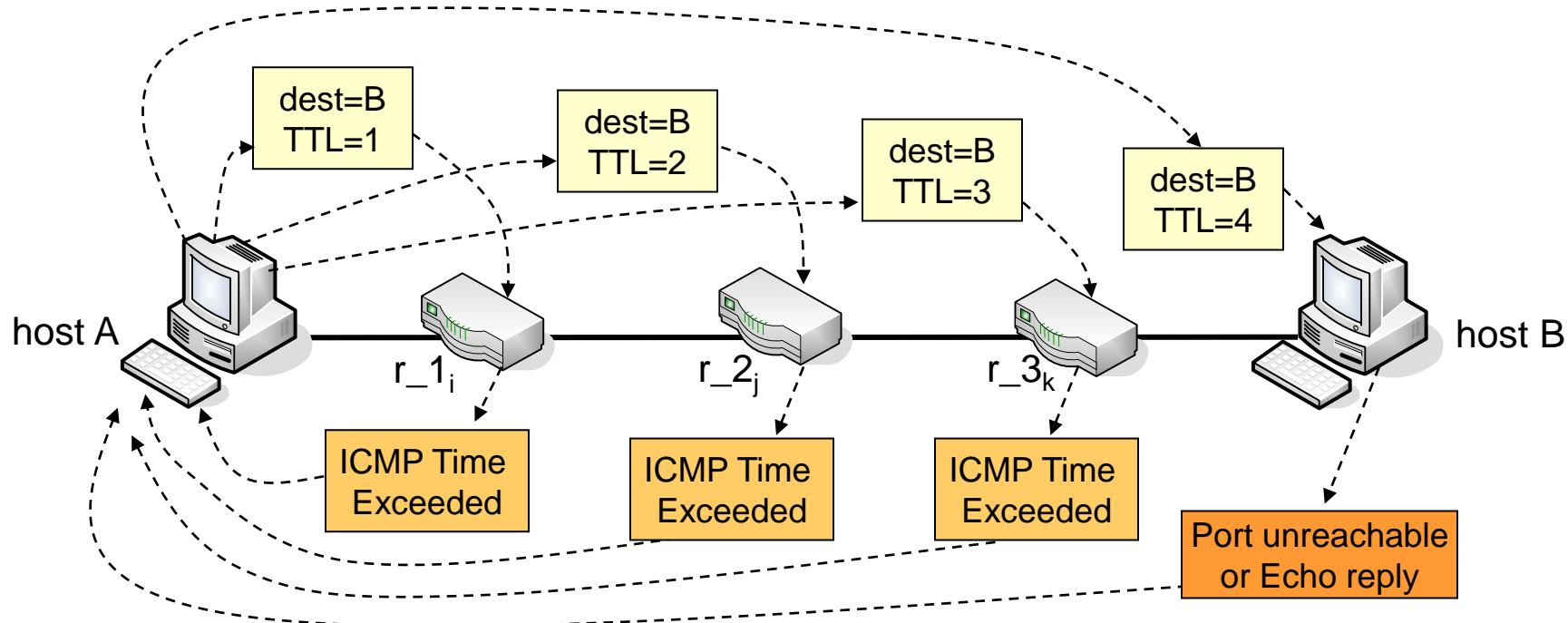
ICMP – primjer: ping



```
> 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
```