

Vojni studiji
Preddiplomski studij
Studij vojnog vođenja i upravljanja

Informatika

10. Internetski protokolni složaj

Izv. prof. dr. sc. Jurica Babić
Prof. dr. sc. Vedran Podobnik
Prof. dr. sc. Tomislav Pribanić
Izv. prof. dr. sc. Marija Seder
Katarina Mandarić, mag. ing.

Creative Commons



- slobodno smijete:
 - **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
 - **remiksirati** — prerađivati djelo
- pod sljedećim uvjetima:
 - **imenovanje**. Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
 - **nekomercijalno**. Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
 - **dijeli pod istim uvjetima**. Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, preradu možete distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnjeg korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencne uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je linkom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava.

Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

Tekst licencije preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

Predavanje nastalo na temelju predavanja u sklopu kolegija:

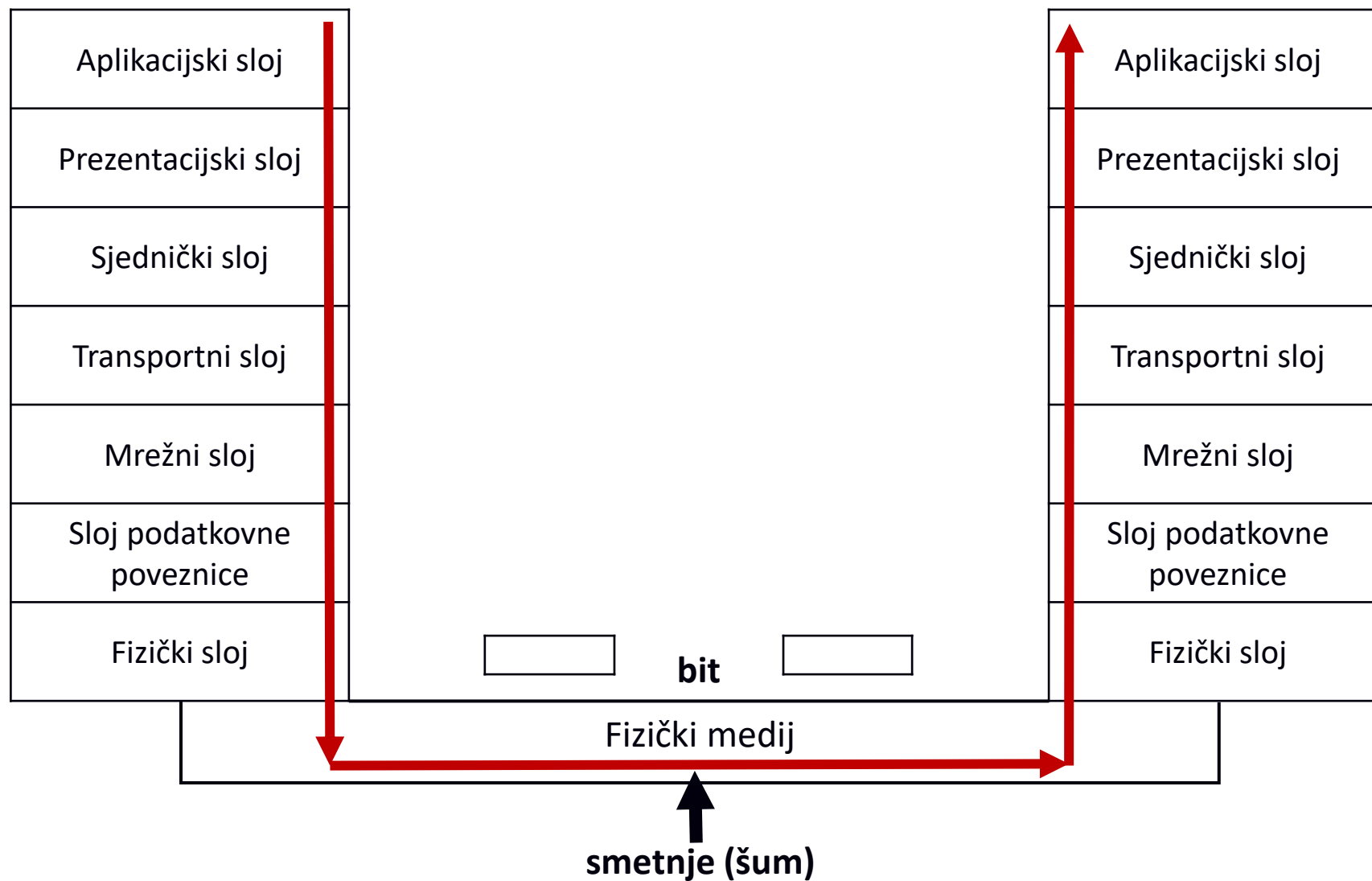
- **Komunikacijske mreže**, I. Lovrek; M. Matijašević; G. Ježić; D. Jevtić; V. Podobnik, L. Skorin-Kapov; S. Groš, O. Dobrijević; T. Grgić
- *Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva*

Sadržaj predavanja

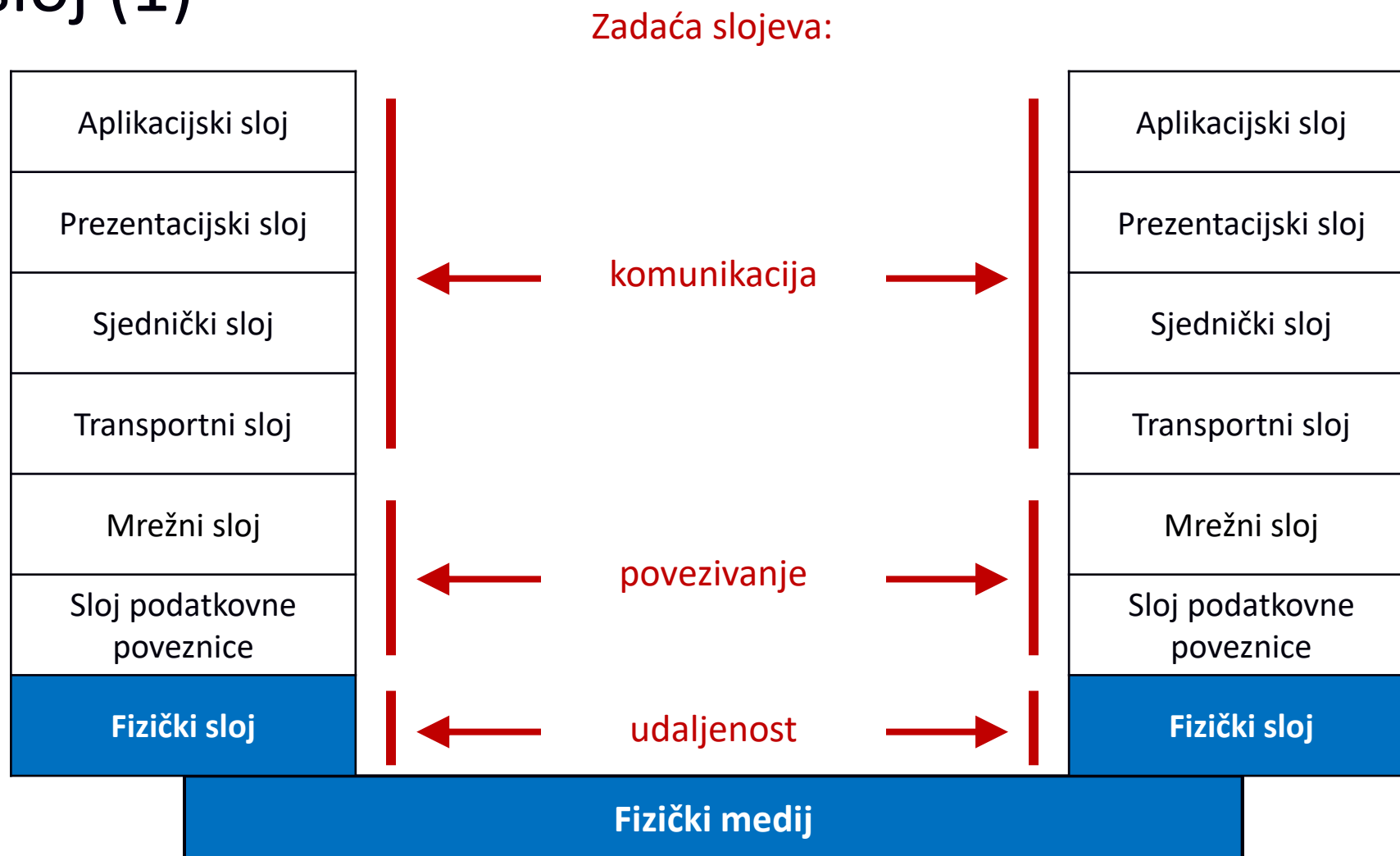
- Fizički sloj i prijenosni medij
- Sloj podatkovne poveznice
- Mrežni sloj
- Transportni sloj

Fizički sloj i prijenosni medij

IP složaj



Fizički sloj (1)



Fizički sloj (2)

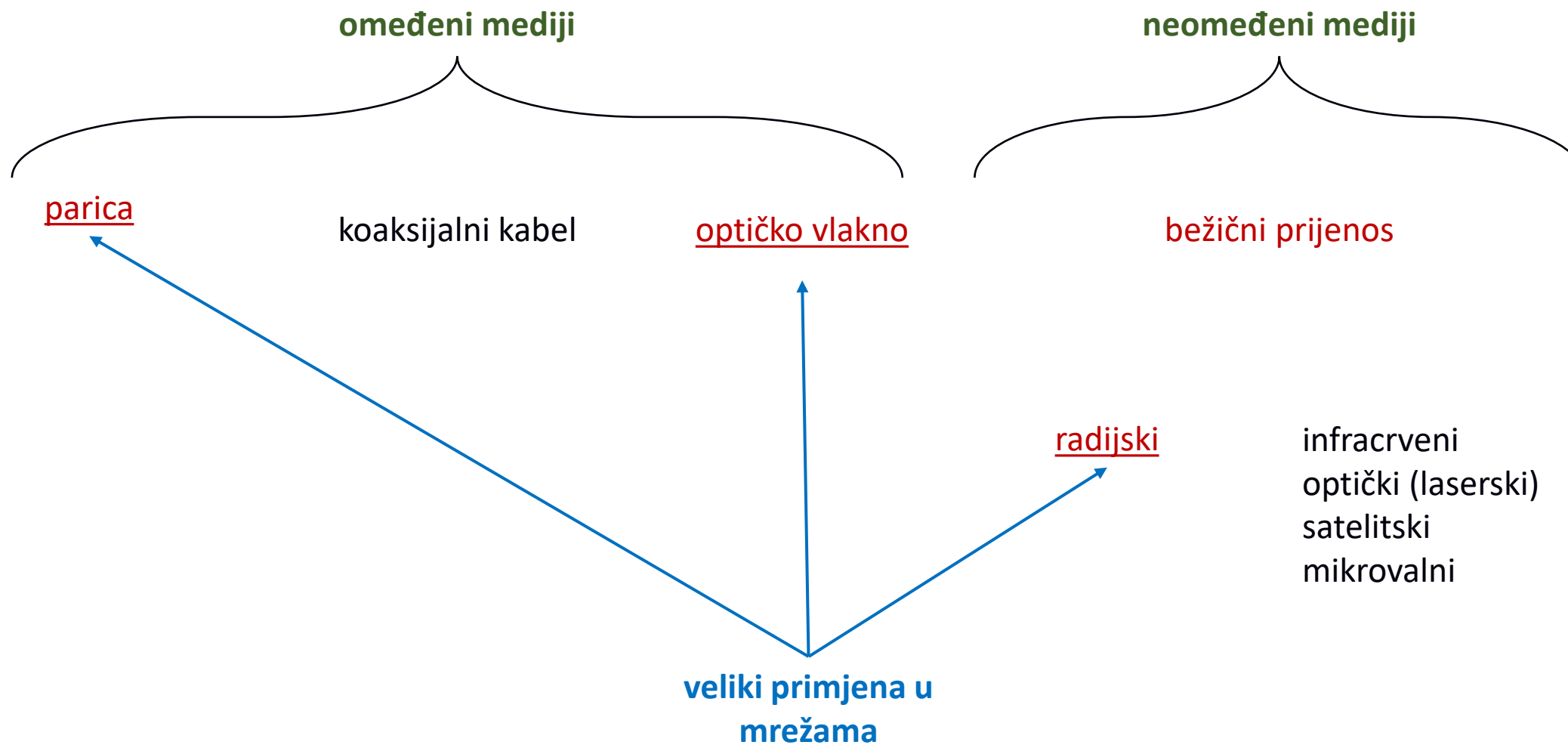
Zadaća fizičkog sloja:

- omogućiti prijenos na određenu udaljenost
- jedinica podataka: bit
- prijenos slijeda bita fizičkim medijem
- mehaničko, električko/optičko i vremensko sučelje s prijenosnim medijem

Prijenos informacije:

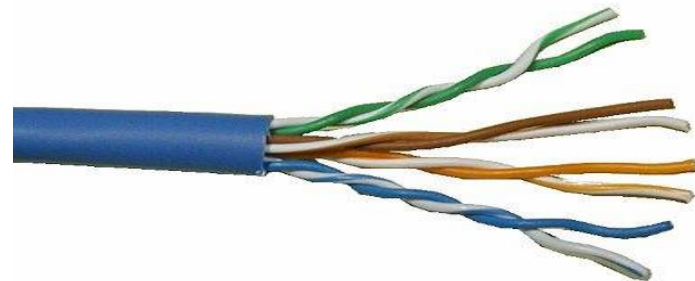
- električki
- optički (fotonički)

Fizički medij



Parica

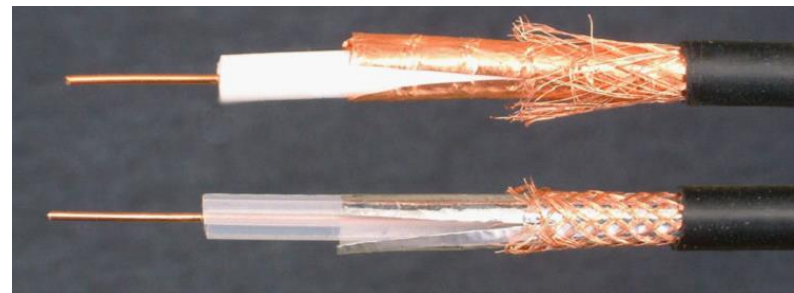
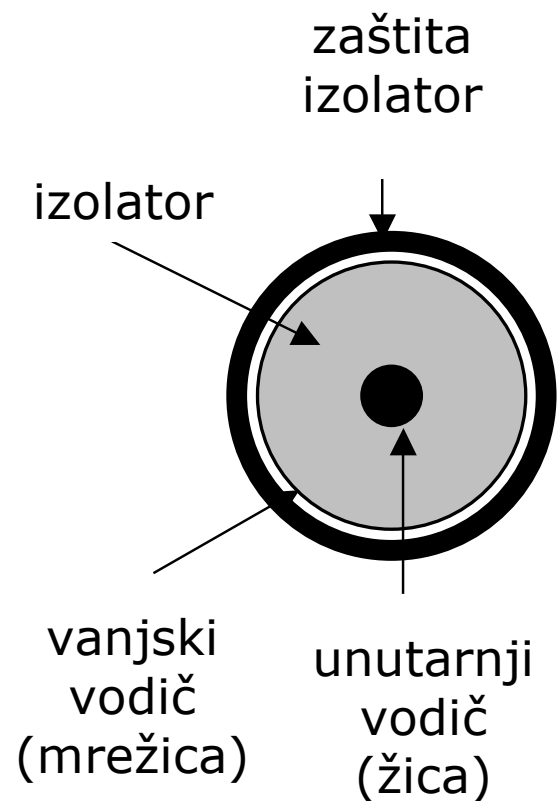
engl. *pair*



- dva bakrena vodiča promjera do 1 mm koji su upredeni kako bi se smanjio međusobni elektromagnetski utjecaj
- upredena parica (engl. twisted pair)
- neoklopljena upredena parica (engl. Unshielded Twisted Pair, UTP)
- oklopljena upredena parica (engl. Shielded Twisted Pair, STP)
- parica je jako rasprostranjena, prikladna i za analogni i za digitalni prijenos

Koaksijalni kabel

engl. *coaxial cable* ("coax")

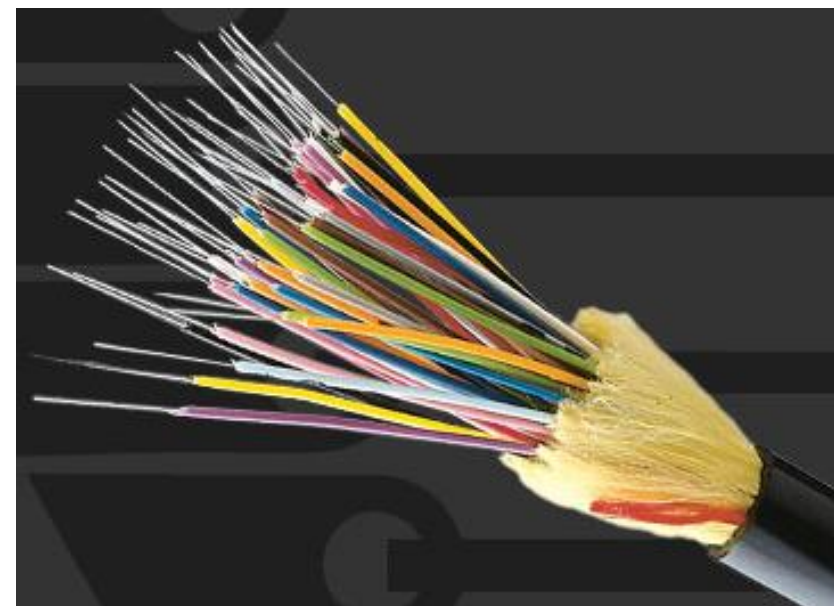
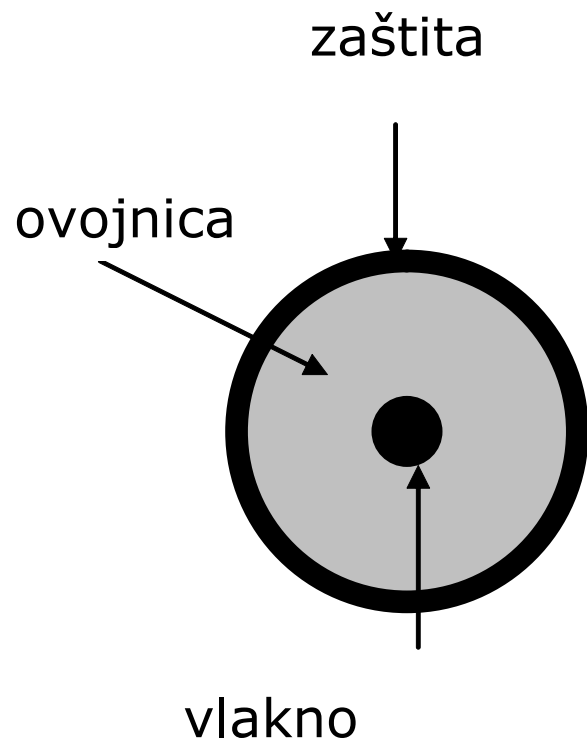


- velika širina pojasa i dobra zaštita od smetnji, ali
- **lošije performanse od optičkih vlakana koja su ih istisnula iz uporabe**
- primjena: kabelska TV

Fotografija preuzeta s: www.radioinc.com

Optičko vlakno

engl. *fibre (fiber) optics*



- optičko vlakno i ovojnica: staklo
- kabel s optičkim vlaknima (engl. *fibre optic cable*), optički kabel sadrži više vlakana

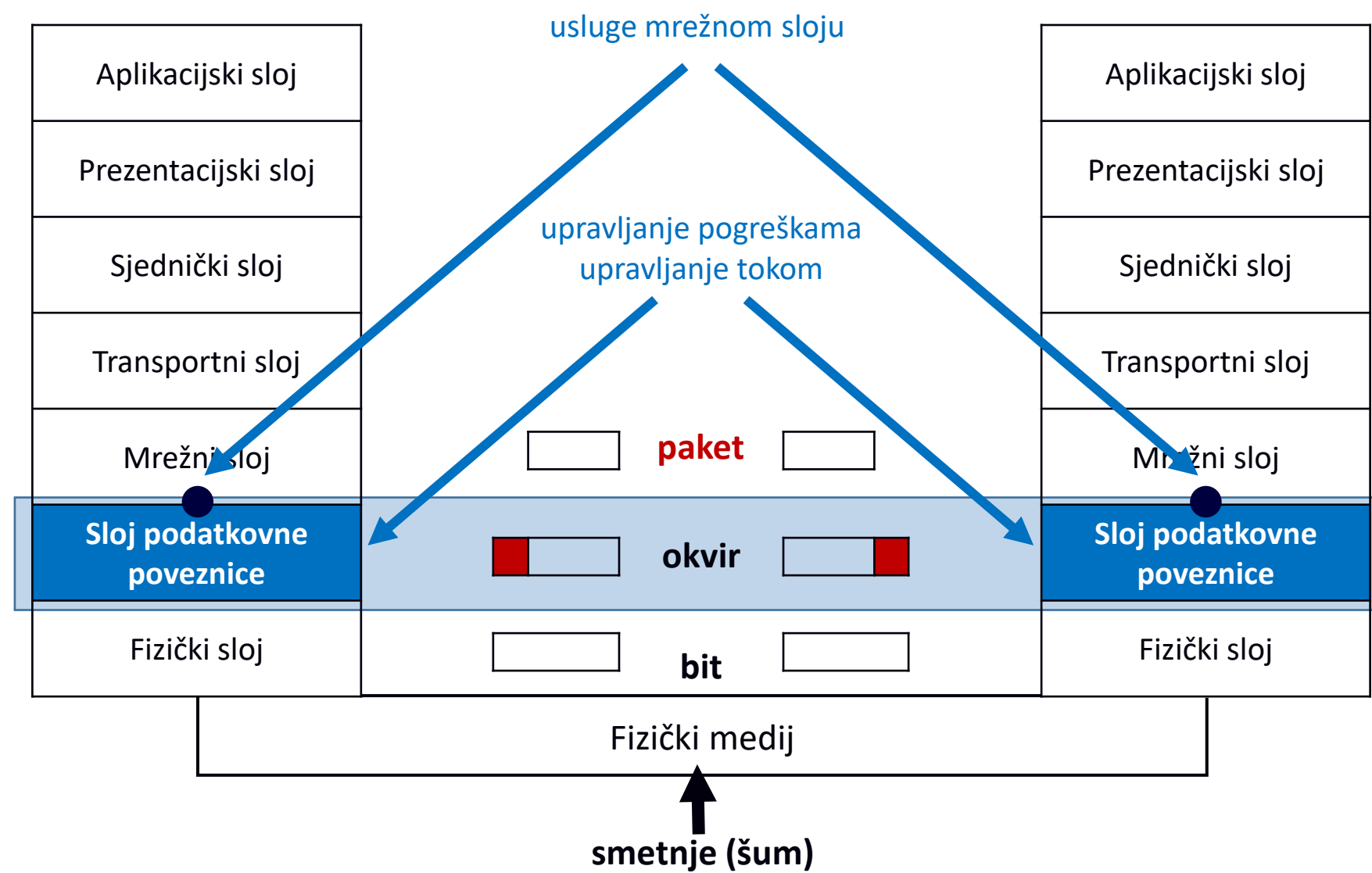
Fotografija preuzeta s: www.occfiber.com

Radijski prijenos

- prijenos informacije elektromagnetskim valom u slobodnom prostoru u definiranom dijelu **radiofrekvencijskog spektra**
- prednost pred infracrvenim (domet, usmjerenost, od točke do točke) i laserskim prijenosom (osjetljivost na atmosferske utjecaje)
- primjena u komunikacijskim mrežama:
 - pristup korisnika javnoj pokretnoj mreži,
 - pristup korisnika lokalnoj mreži,
 - povezivanje dvaju točaka (npr. usmjerena mikrovalna veza).

Sloj podatkovne poveznice

Sloj podatkovne poveznice (1)



Sloj podatkovne poveznice (2)

Zadaća:

- **omogućiti povezivanje dva susjedna (izravno povezana) čvora:**
 - pružanje usluge mrežnom sloju,
 - obrada pogrešaka u prijenosu,
 - upravljanje tokom podataka.
- **jedinica podataka: okvir (engl. *frame*)**

Problemi koji utječu na učinkovitost i pouzdanost:

- konačni kapacitet kanala, kašnjenje, djelovanje smetnji koje izazivaju pogreške bita, kvarovi,

Lokalne mreže

Problem: zašto?

- ostvariti povezivanje ograničenog broja stanica (krajnjih sustava/uređaja, najčešće računala) unutar zgrade ili skupine susjednih zgrada, u pravilu uz dobre uvjete komuniciranja (malo kašnjenje, mala vjerojatnost pogreške)

Funkcionalnost: što?

- lokalna mreža (engl. *Local Area Network*, LAN), uz ostvarivanje većih i velikih brzina prijenosa

Izvedba: kako?

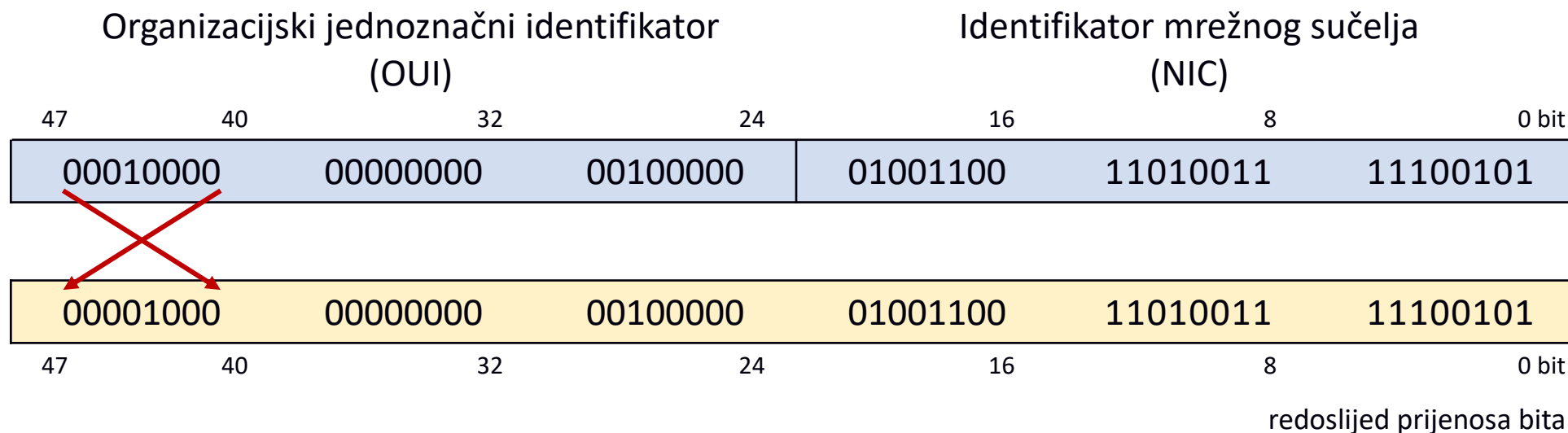
- Standard Ethernet, IEEE 802.3

IEEE 802.3 i Ethernet

- Ethernet je definirao i razradio industrijski konzorcij DIX (Digital, Intel, Xerox):
 - prijenosni medij: koaksijalni kabel
 - fizička topologija: sabirnica
 - upravljanje pristupom: CSMA/CD
 - dvije norme: Ethernet I (1980) i Ethernet II (1982)
- IEEE 802.3 nastavio rad koji je započeo DIX:
 - ista načela
 - okviri različiti, zbog usklađivanja s drugim normama za lokalne mreže
- za obje vrste lokalnih mreža koristi se naziv Ethernet
- neki parametri uvjetovani su stanjem tehnologije u 80-tima

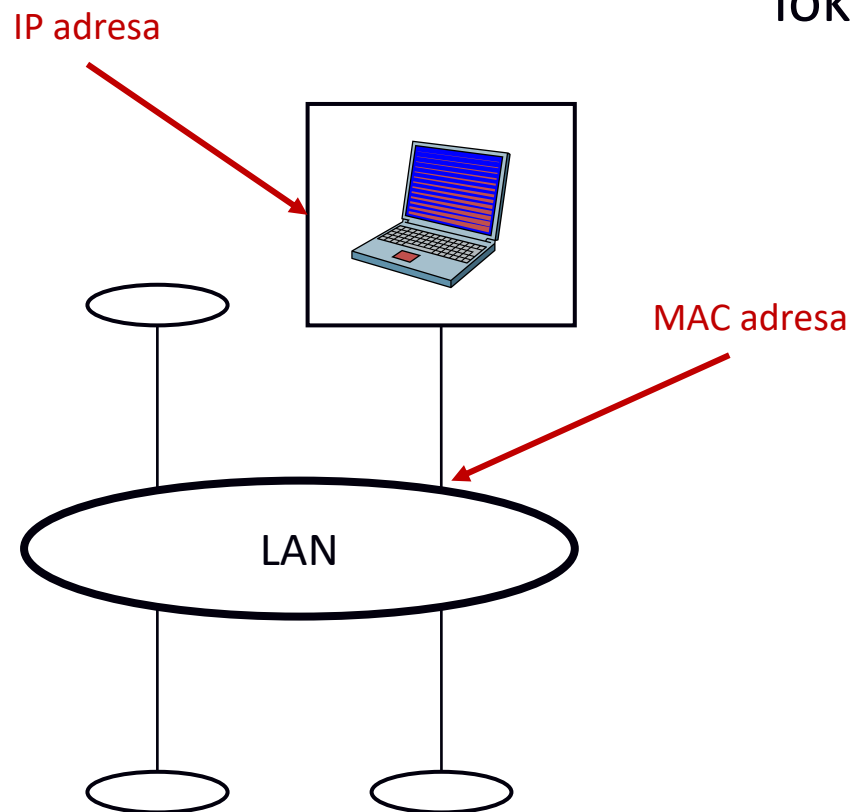
Adresiranje stanica u lokalnoj mreži (1)

- svaka mrežna kartica ima svoju sklopovsku MAC adresu
 - 48 bita (MAC-48 identifikator)
 - prva tri okteta: jednoznačni identifikator organizacije – proizvođača OUI (*Organisationally Unique Number*)
 - druga tri okteta: identifikator mrežnog sučelja NIC (*Network Interface Card*)
 - zapis u heksadekaskoj notaciji, primjer: 08 00 20 4C D3 E5



Adresiranje stanica u lokalnoj mreži (2)

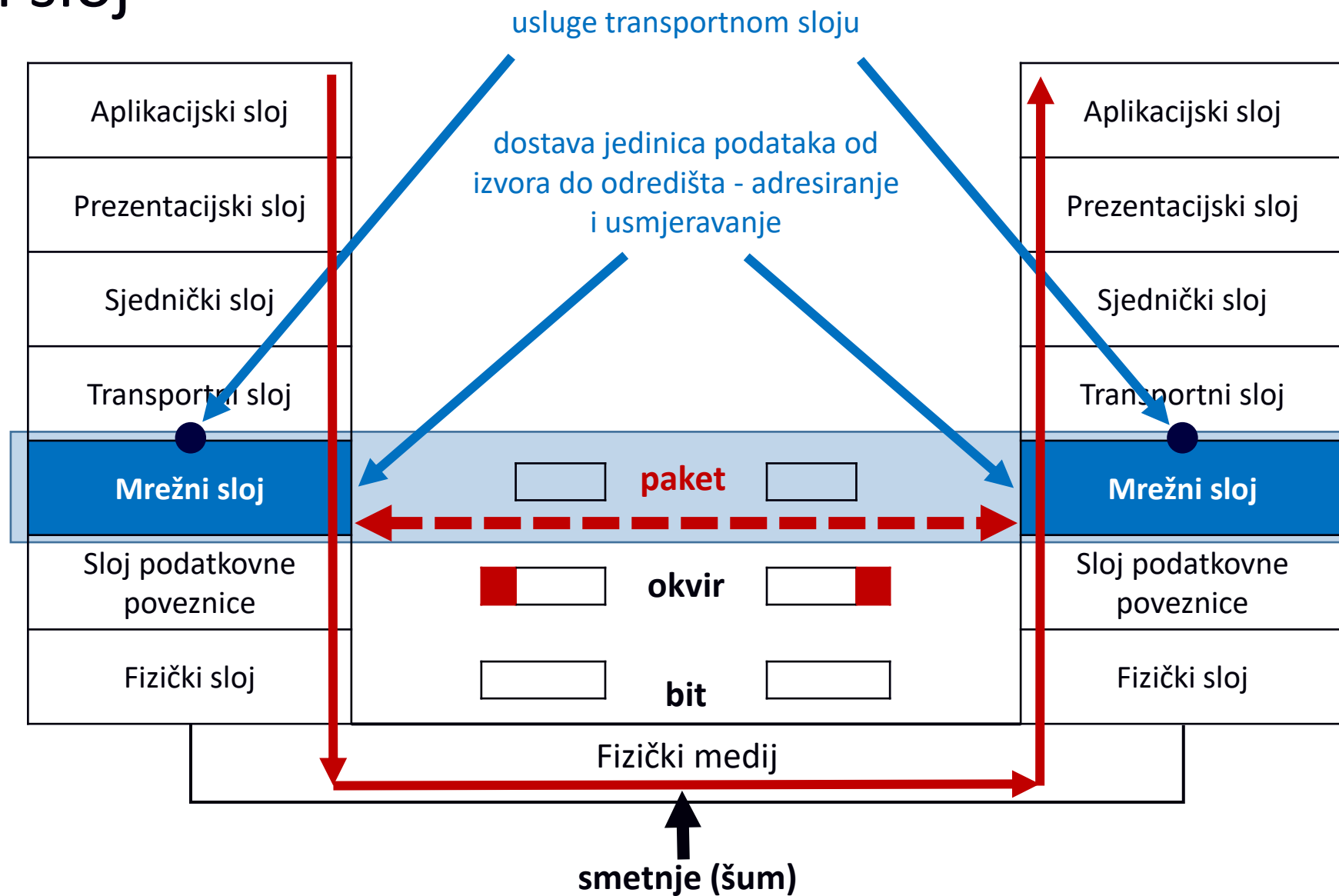
Kakve adrese treba imati računalo spojeno na lokalnu mrežu putem koje pristupa Internetu?



- **MAC-adresa**
 - sloj podatkovne poveznice
- **IP-adresa**
 - mrežni sloj
- uz pridruživanje:
MAC-adresa --- IP-adresa

Mrežni sloj

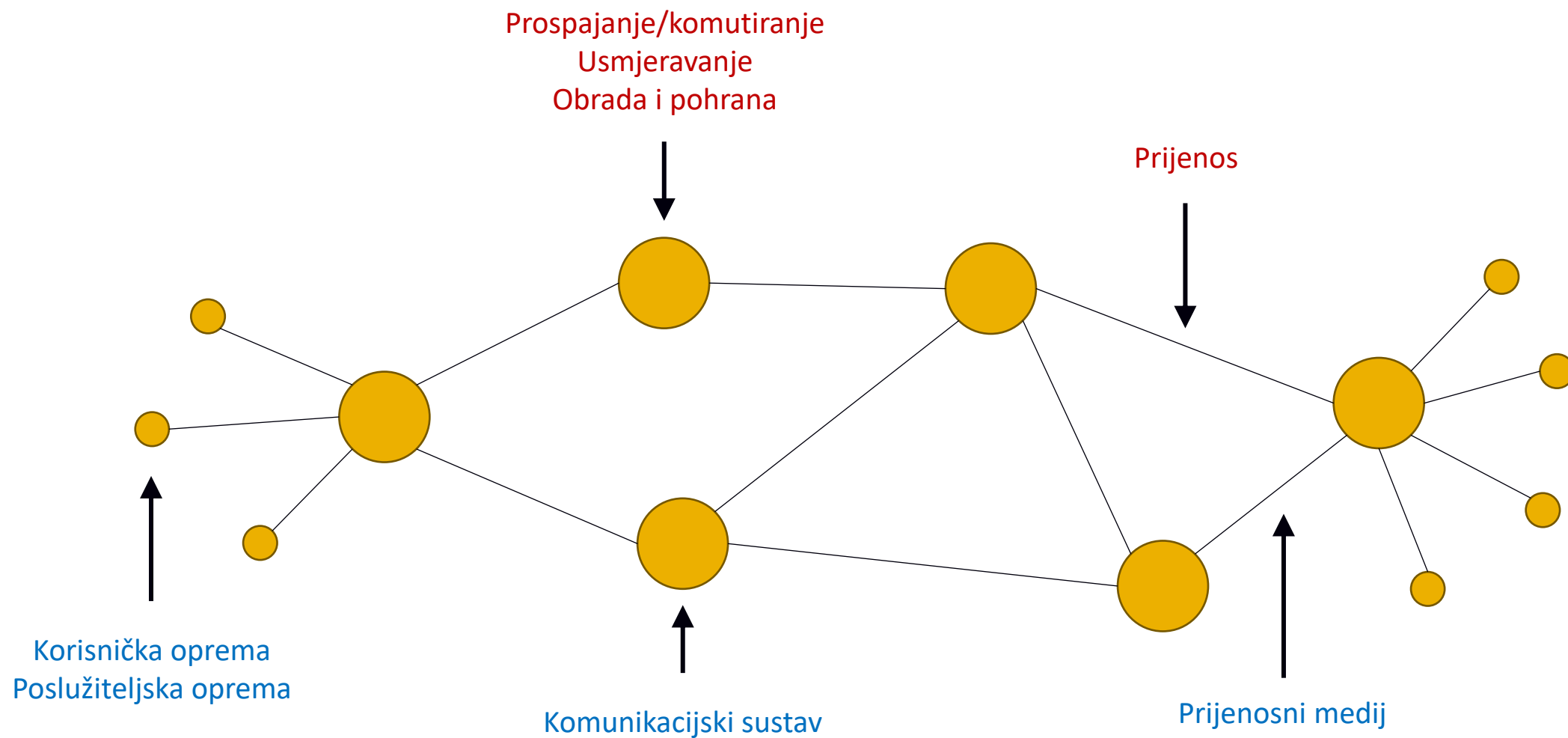
Mrežni sloj



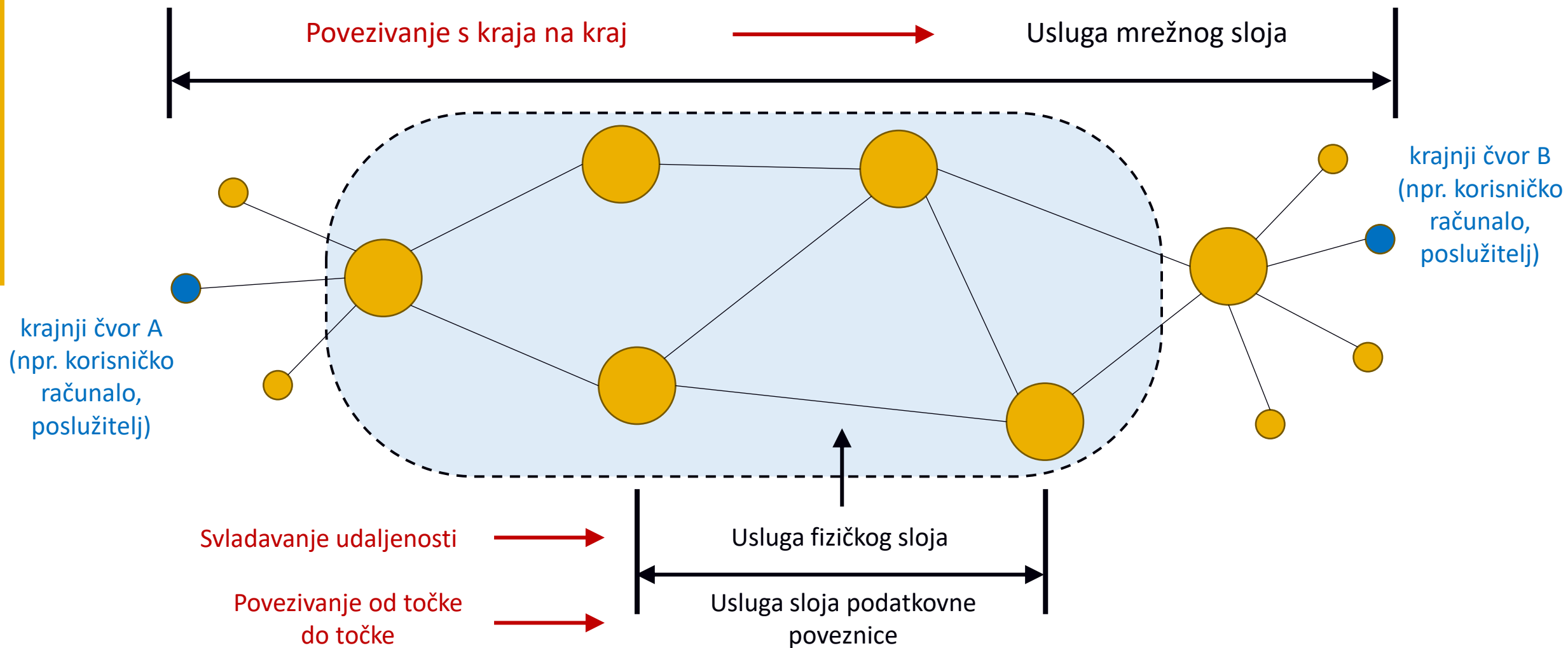
Usluge mrežnog sloja

- osnovna zadaća mrežnog sloja: dostaviti jedinice podataka - pakete od izvorišnog krajnjeg čvora do odredišnog krajnjeg čvora, izravno ili preko niza međučvorova
- dvije vrste usluge:
 - spojna usluga
 - nespojna usluga ← **mrežni sloj u Internetu i IP-mrežama**
- dvije izvedbe usmjeravanja u mrežama s komutacijom paketa:
 - virtualni kanal
 - datagramski ← **mrežni sloj u Internetu i IP-mrežama**

Komunikacijska mreža (1)

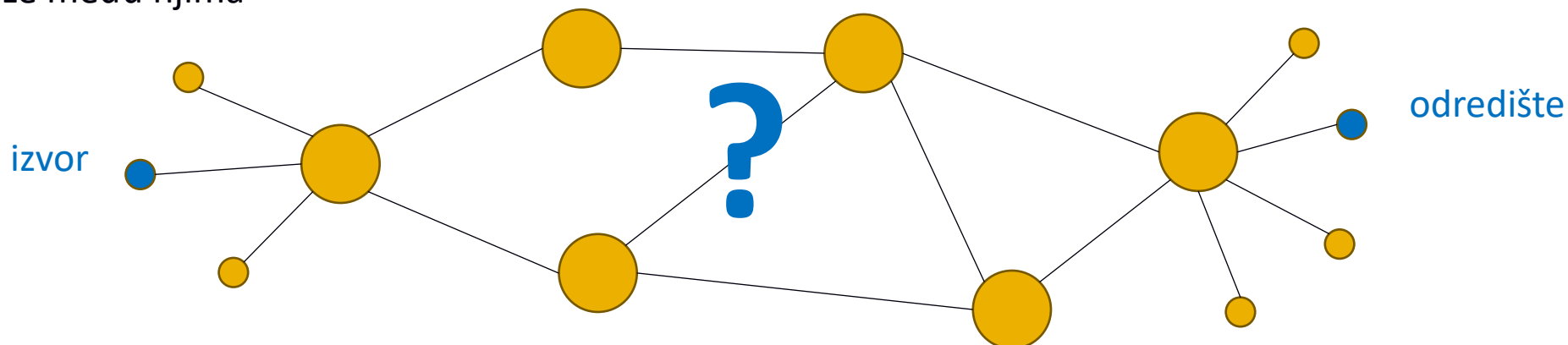


Komunikacijska mreža (2)



Osnovni pojmovi kod komutacije paketa

- **usmjeravanje** (engl. *routing*) – određivanje puta kroz mrežu kojim će proći paket na putu od izvora do odredišta
 - algoritmi kojima se računa taj put nazivaju se **algoritmima usmjeravanja** (engl. *routing algorithm*)
 - problem usmjeravanja se formulira pomoću grafa u kojem čvorovi predstavljaju usmjeritelje, a grane grafa veze među njima



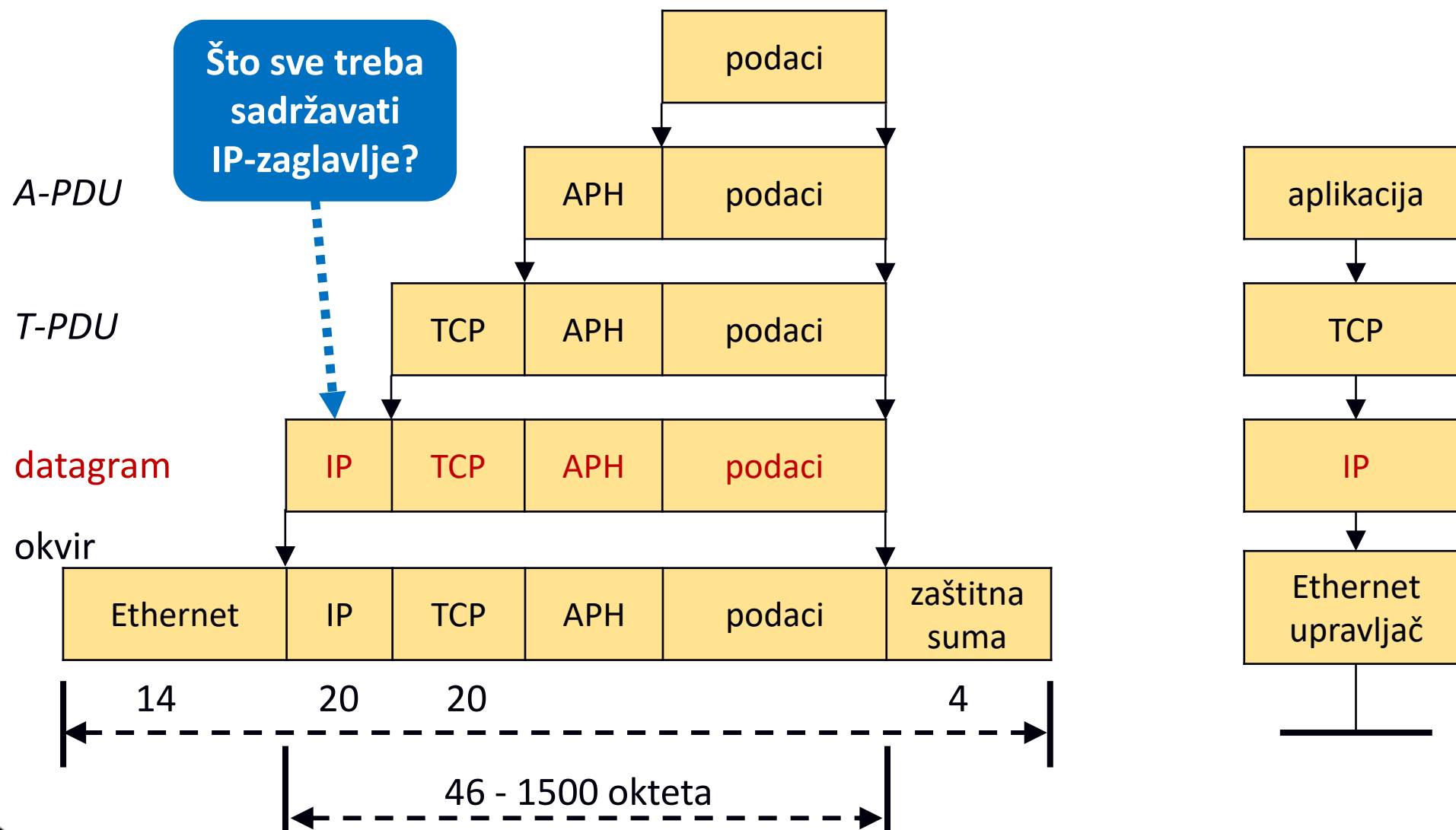
- **prosljeđivanje** (engl. *forwarding*) – odluka unutar čvora: određivanje na koje odlazno sučelje proslijediti paket

Odlike protokola IPv4 (1)

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 bez potvrde
 - nema mehanizama kontrole toka
 - nema jamstva očuvanja redoslijeda datagrama
 - Uloga u protokolnom složaju TCP/IP:
 - **omatanje** (engl. *encapsulation*): IP prihvaća podatke od višeg sloja (npr. transportnog protokola TCP, UDP), smješta ih u podatkovno polje IP datagrama te predaje datagram protokolu sloja podatkovne poveznice (npr. Ethernet)
- } usluga IP-a transportnom sloju: nepouzdana dostava datagrama

Uloga protokola IP u TCP/IP protokolnom složaju



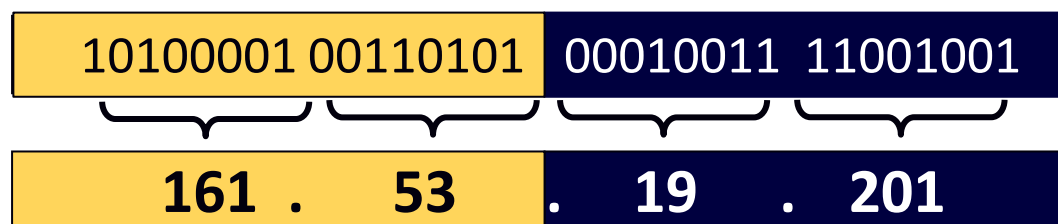
Funkcionalnost protokola IP

- 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

Adresiranje (1)

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



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

Usmjeravanje u Internetu (1)

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*)

Usmjeravanje u Internetu (2)

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.

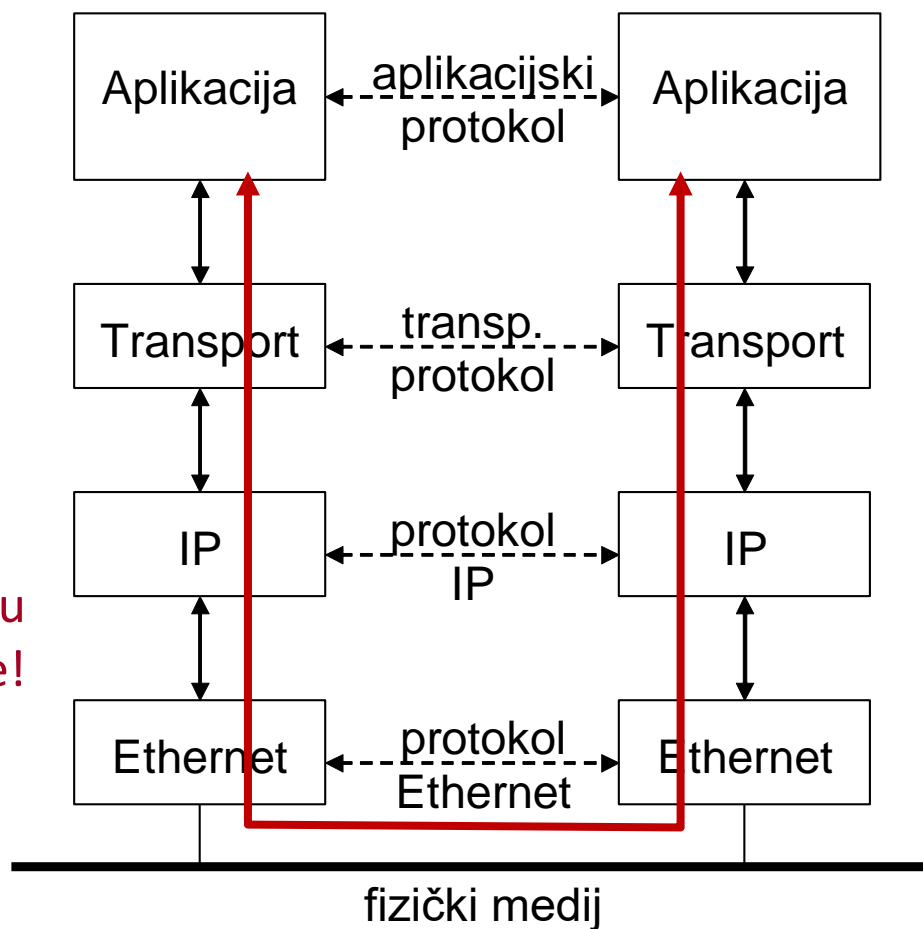
Pitanje:

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 odnos između
IP-adrese i MAC-adrese!

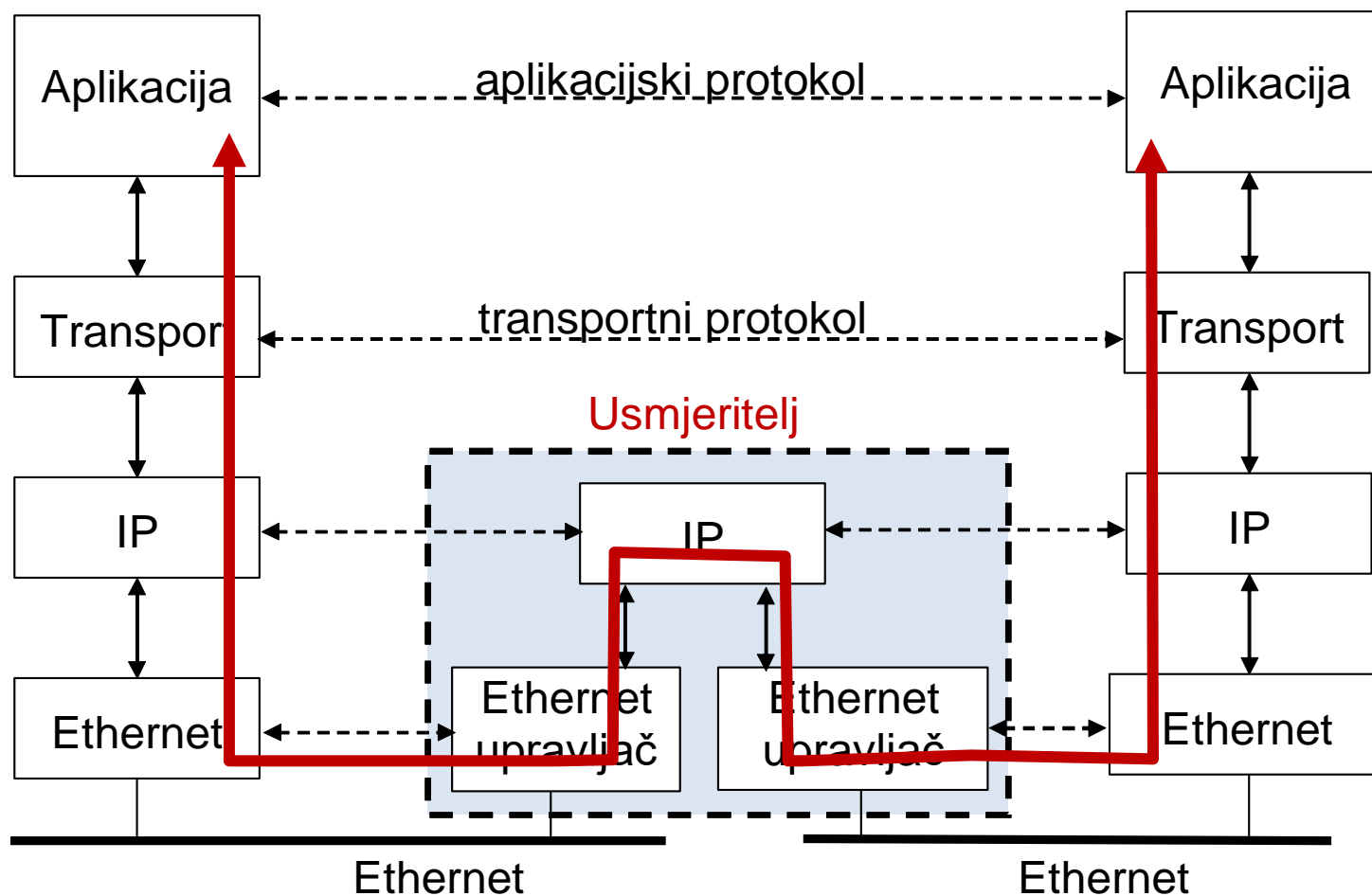


nema potrebe za
usmjeriteljem!

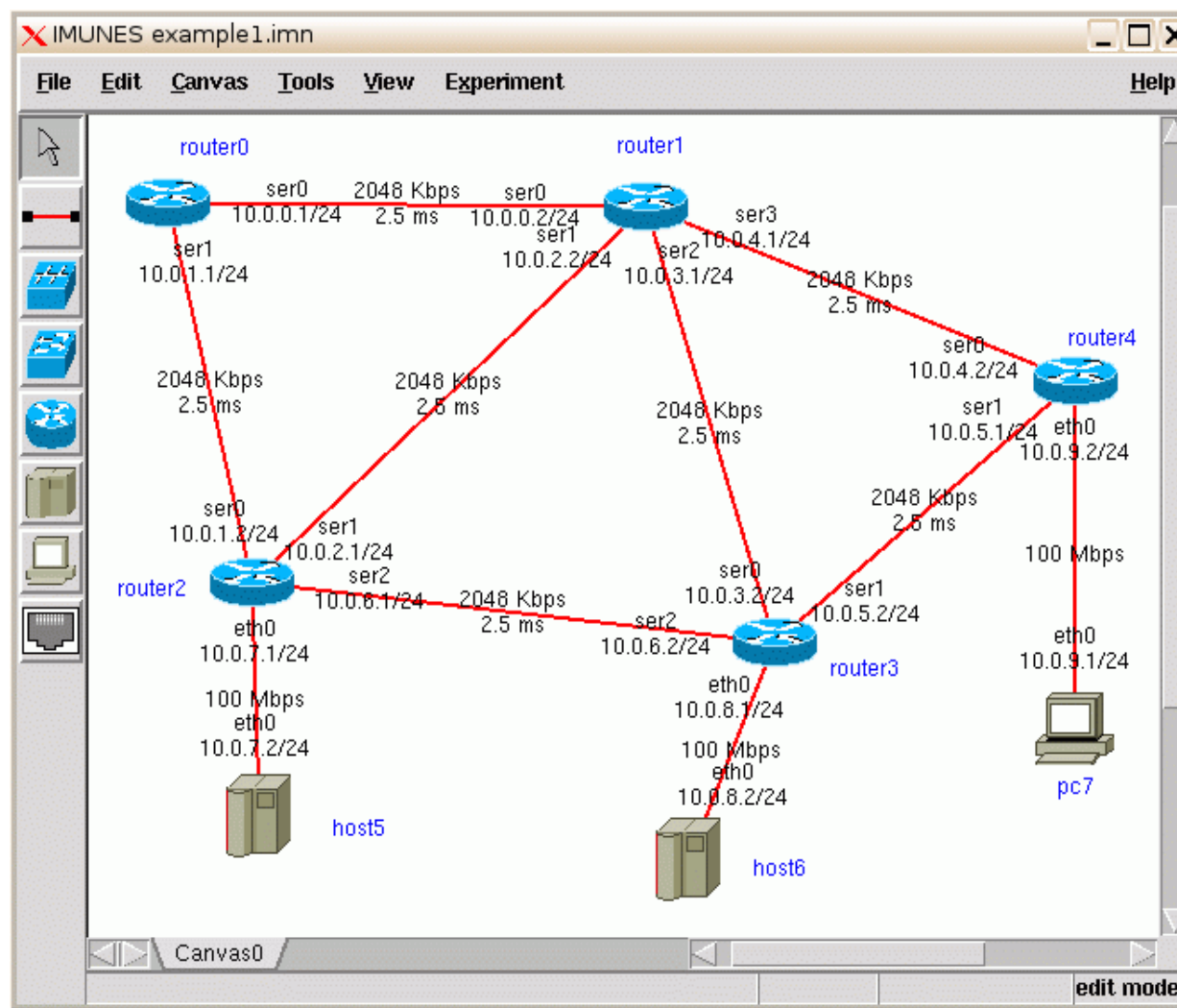
Slučaj 2: Usmjeravanje paketa preko usmjeritelja

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

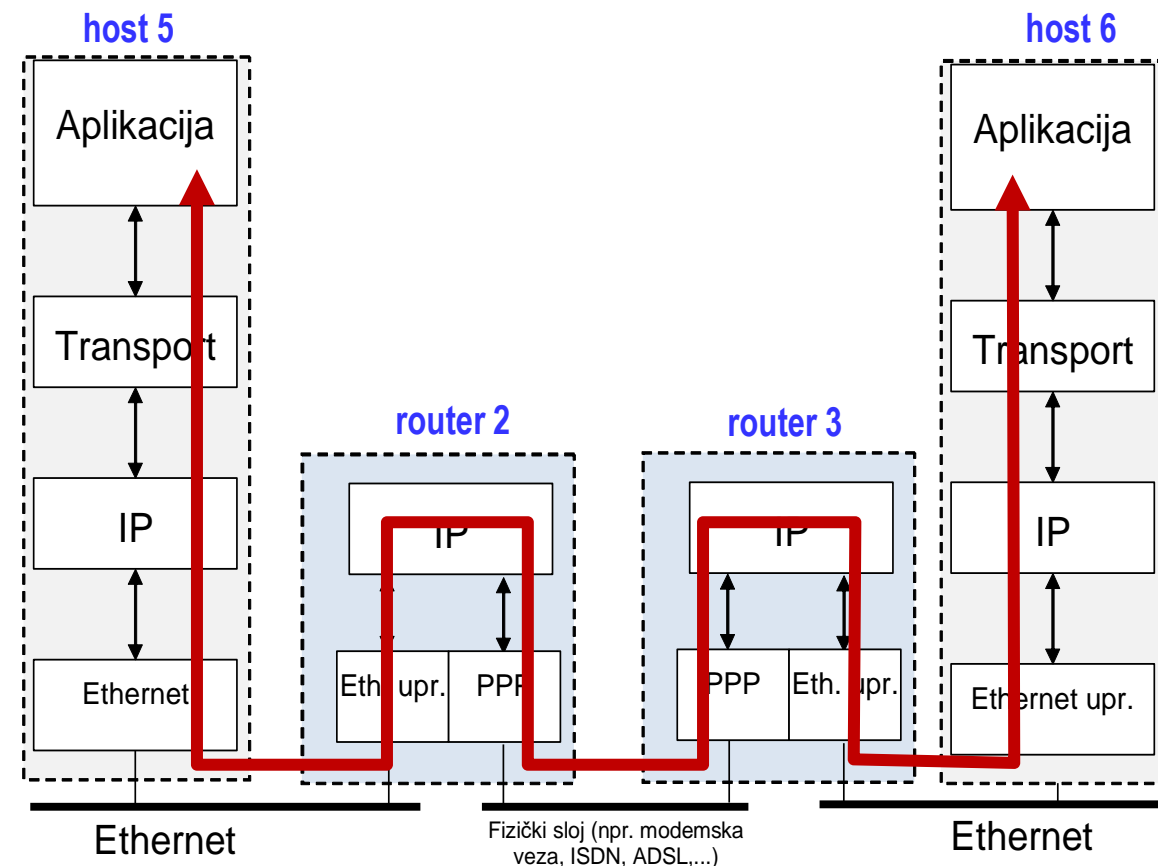
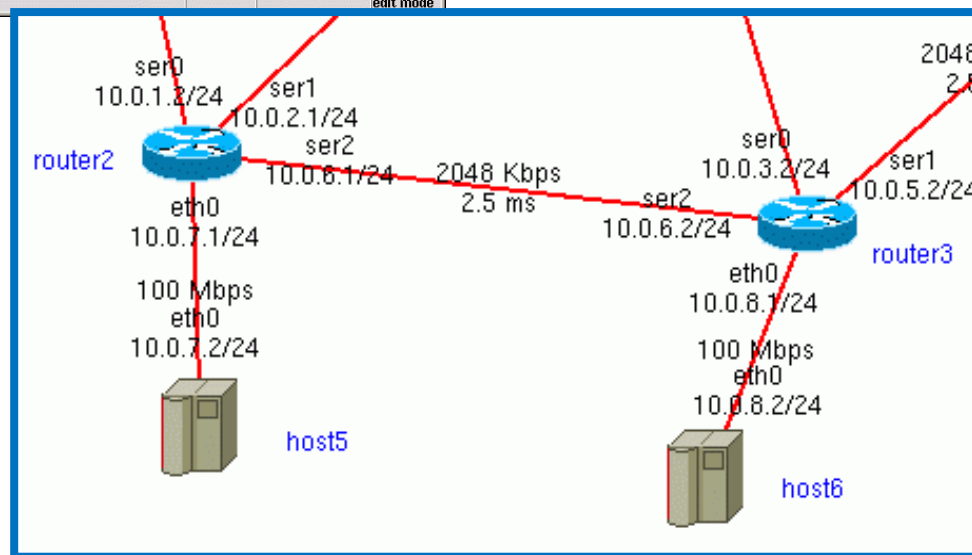
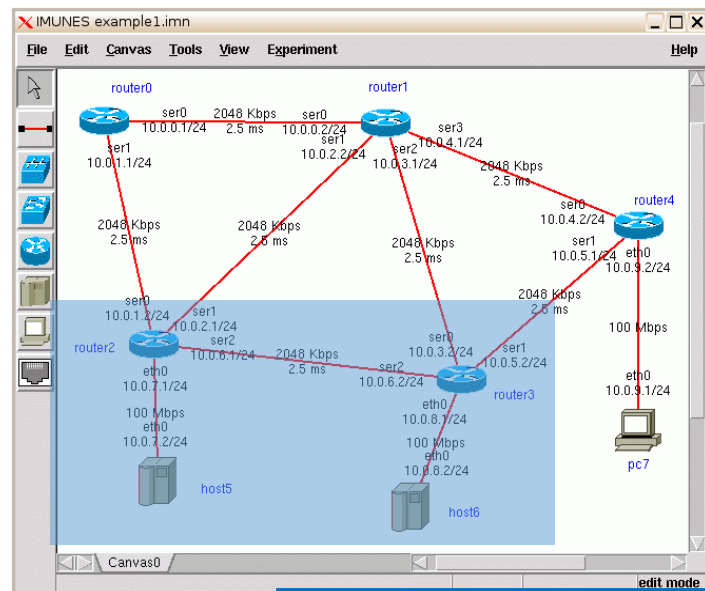
usmjeritelj raspolaže
“znanjem” o mreži!



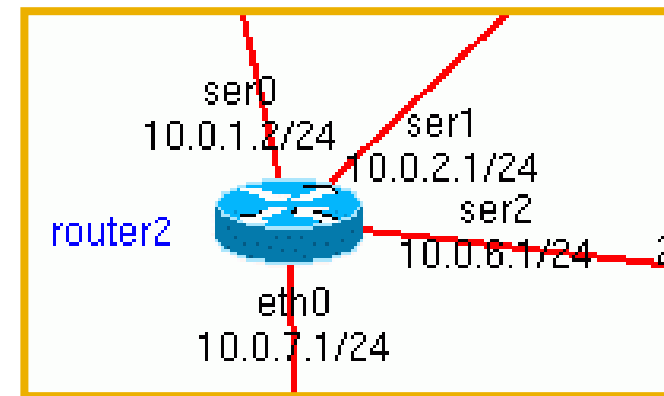
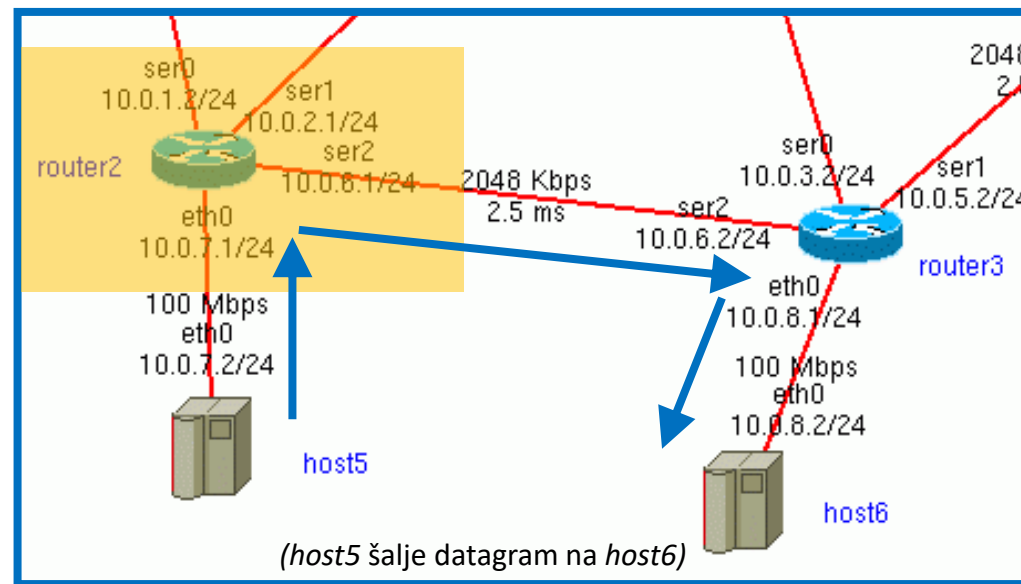
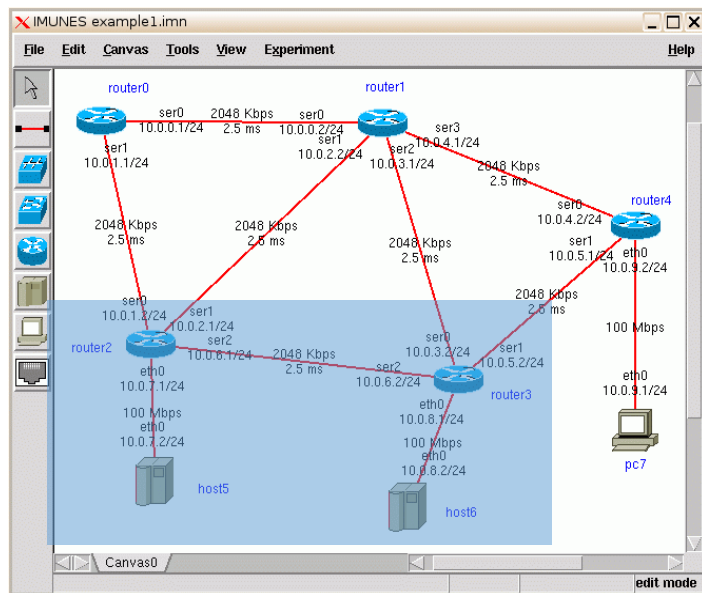
Primjer – usmjeravanje paketa s kraja na kraj mreže (1/3)



Primjer – usmjeravanje paketa s kraja na kraj mreže (2/3)



Primjer – usmjeravanje paketa s kraja na kraj mreže (3/3)



Pitanje: Što “zna” usmjeritelj *router2* ?

1. Datagram treba poslati prema usmjeritelju *router3* → *pronalazak puta*

(za to služe algoritmi usmjeravanja)

2. Put prema usmjeritelju *router3* je preko odlaznog sučelja *ser2* →

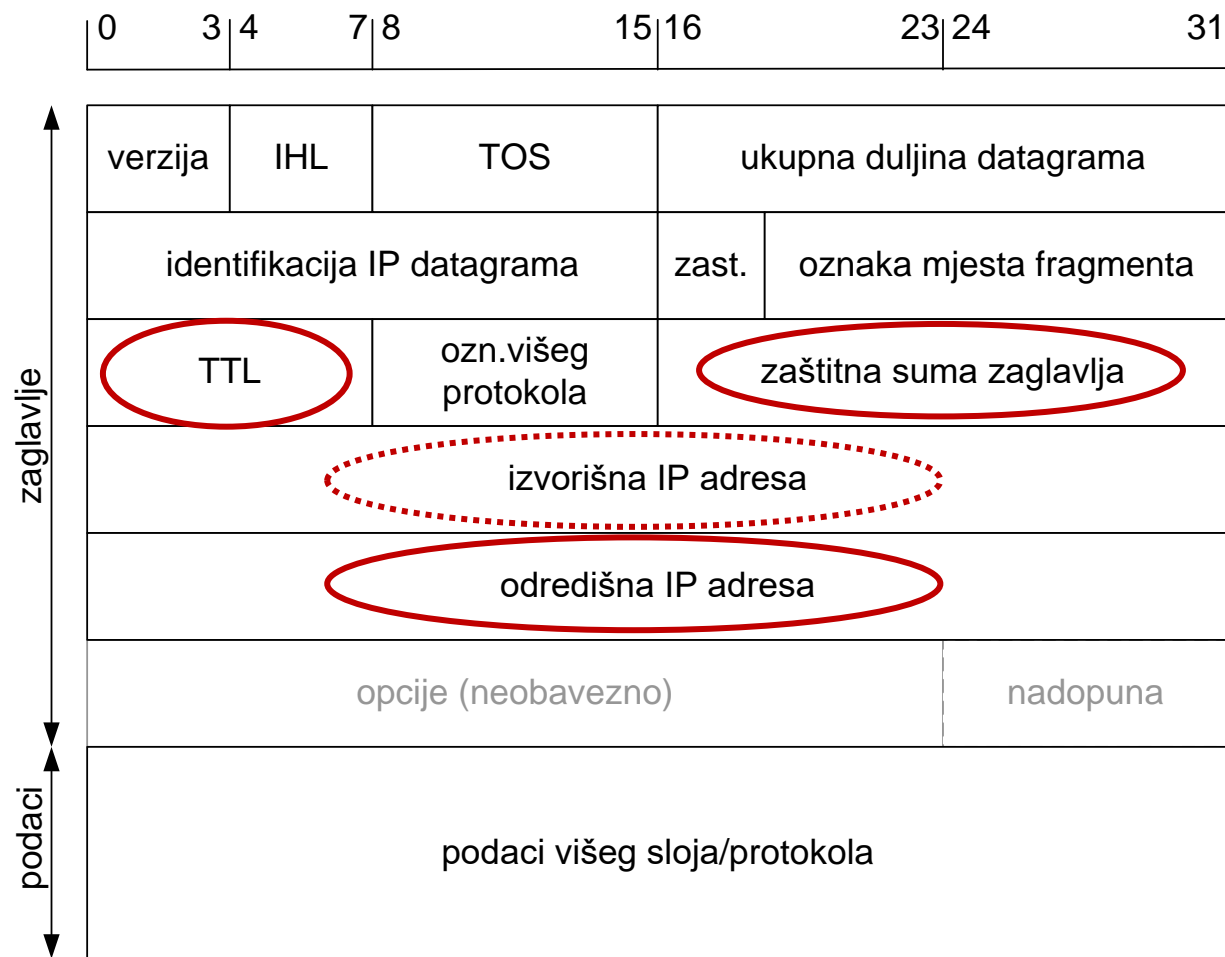
prosljeđivanje datagrama

→ *tablica usmjeravanja!*

Načela usmjeravanja datagrama

- 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** (engl. *Time-To-Live, TTL*)
 - služi za sprečavanje beskonačnih petlji
- Informacija o topologiji i uvjetima u mreži (u usmjeritelju)
 - **tablica usmjeravanja** (detaljnije kasnije)

IPv4-zaglavlje: polja vezana uz usmjeravanje

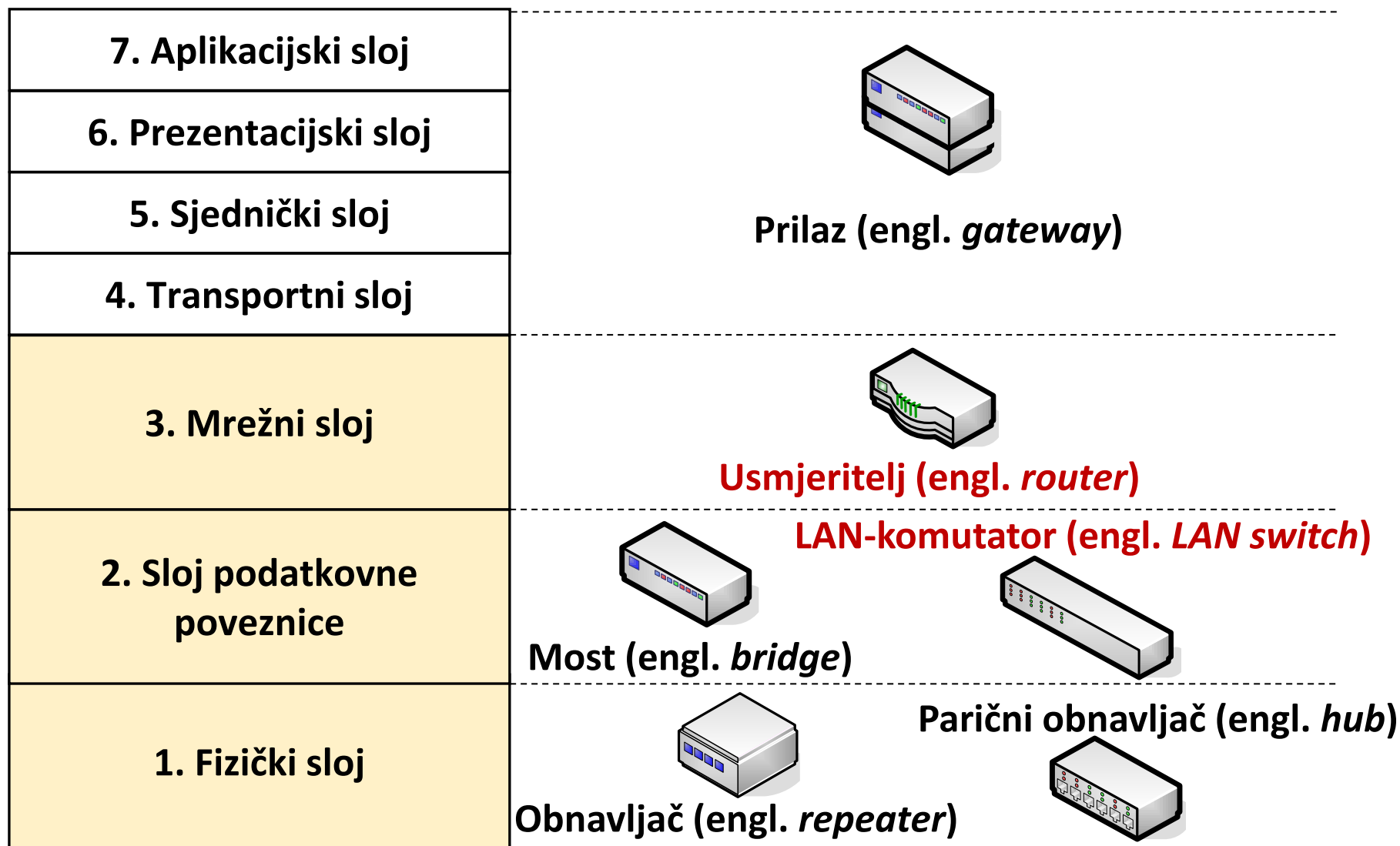


Tablica usmjeravanja

- 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 (engl. *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

Mrežni uređaji



Transportni sloj

Usluga transportnog sloja

- svrha: omogućiti **logičko** povezivanje procesa na krajnjim računalima
- usluga može biti spojna i nespojna
- funkcije:
 - adresiranje (na razini transportnog sloja)
 - multipleksiranje
 - uspostava i raskid veze (za spojnu uslugu)
 - kontrola toka
 - oporavak od prekida komunikacije
- “kompenzacija nedostataka” mrežnog sloja
- izbor transportnog protokola ovisit će o parametrima kvalitete usluge koje zahtijeva aplikacija!

Izbor transportnog protokola

Izbor transportnog protokola ovisi o parametrima kvalitete usluge (pouzdanost, kašnjenje, itd.) koje zahtijeva aplikacija!

Aplikacija	Pouzdanost	Kašnjenje	Kolebanje kašnjenja	Širina pojasa
Elektronička pošta				
Transfer datoteka				
Pristup Webu				
Rad na daljinu				
Audio na zahtjev				
Video na zahtjev				
Telefonija				
Videokonferencija				

Primjeri aplikacija – zahtjevnost /oštrina kriterija

Ključne značajke protokola transportnog sloja

- dvosmjerna komunikacija
 - sposobnost istovremenog slanja i primanja
- pouzdanost transporta
 - detekcija gubitka paketa i eventualna reakcija
- transfer poruka ili niza okteta
 - dvije mogućnosti tretiranja podataka: kao blokovi/poruke, ili kao niz okteta
- očuvanje redoslijeda podataka
 - rekonstrukcija izvornog redoslijeda poruka ili okteta na odredištu za slučaj narušavanja redoslijeda pri prolasku kroz mrežu
- kontrola toka
 - usklađivanje brzina slanja i primanja podataka između krajnjih točaka (proces)

Transportni sloj i protokoli

- transmisijski kontrolni protokol
(*Transmission Control Protocol*, **TCP**)
 - pouzdana transportna usluga: prijenos niza okteta bez pogrešaka, uz isporuku potpune informacije u nepromijenjenom redoslijedu

- korisnički datagramski protokol
(*User Datagram Protocol*, **UDP**)
 - jednostavna transportna usluga: prijenos uz najmanje moguće kašnjenje informacije

Transmission Control Protocol - TCP

- TCP je spojno-orijentirani, pouzdani internetski protokol transportnog sloja
 - TCP pruža spojnu uslugu transporta struje okteta povrh nespojnog IP-a
 - uspostavlja logičku vezu između procesa na krajnjim računalima
 - osigurava pouzdan transport s kraja na kraj pomoću mehanizama potvrde i retransmisije, uz očuvani redoslijed struje okteta i upravljanje transportnom vezom.
 - logička veza između procesa definirana je parom 16-bitnih transportnih adresa, koje se u internetskoj terminologiji nazivaju vrata (engl. *port*).
 - TCP PDU naziva se **(TCP) segment**

Funkcionalnost TCP-a

- osnovne funkcije:
 - osnovni transport podataka
 - adresiranje i multipleksiranje
 - pouzdanost
 - upravljanje logičkom vezom
 - upravljanje tokom
 - prioritet i sigurnost (logičke veze, ne podataka!)

TCP – pouzdan prijenos

Segmenti se u mreži mogu izgubiti iz više razloga

- greške u prijenosu koje se ne daju ispraviti
- usmjerivači ispuštaju pakete pri preopterećenosti linkova
- petlje u usmjeravanju i TTL mehanizam

TCP garantira da će poduzeti sve mjere da nadomjesti oktete izgubljene u mreži

- ponavljanje slanja nakon određenog vremenskog perioda (*retransmission timeout, RTO*)
- eksponencijalno produljivanje vremenskog intervala za ponavljanje slanja (*exponential backoff*)

Primjena protokola TCP

- tamo gdje je aplikaciji najvažnija pouzdanost
 - transfer datoteka
 - elektronička pošta
 - Web
 - transakcijske primjene
 - rad na udaljenom računalu

Protokol *User Datagram Protocol*

- Jednostavan transportni protokol
- Funkcije:
 - prima podatke od višeg sloja, omata ih u UDP datagram i prosljeđuje mrežnom sloju
 - minimalna funkcionalnost iznad IP-a: multipleksiranje
 - (opcionarno) radi zaštitnu sumu cijelog datagrama
- Ostale značajke:
 - nepouzdan prijenos
 - transfer blokova okteta (datagrami)
 - nema očuvanja redoslijeda
 - datagrami se isporučuju aplikaciji onim redoslijedom kojim su primljeni
 - ne pruža kontrolu toka - ako pošiljatelj prebrzo šalje, datagrami se gube

Ograničenja protokola UDP

- Što UDP ne radi?
 - ne uspostavlja vezu prije slanja podataka
 - ne potvrđuje primitak podataka
 - ne garantira isporuku podataka
 - ne otkriva gubitak paketa, niti radi retransmisiju izgubljenih paketa
 - ne garantira očuvanje redoslijeda
 - ne pruža kontrolu toka niti kontrolu zagušenja

OK, gdje se UDP koristi?

Primjene protokola UDP

- tamo gdje je aplikaciji dostava podataka na vrijeme važnija od dostave svih poslanih podataka (prije ili kasnije)
 - višemedijske aplikacije u stvarnom vremenu
 - na primjer: internetska telefonija, višekorisničke igre
- pogodan za kratku komunikaciju (tamo gdje je overhead uspostave veze neprihvatljiv)
 - brzi zahtjev/odgovor
 - na primjer: upiti za razlučivanje adrese (DNS), dinamička dodjela adrese (DHCP)
- višeodredišne primjene i difuzija
 - način komunikacije 1:n ili n:m