



Osnove telekomunikacija

Doc. dr Enis Kočan (enisk@ucg.ac.me)

Saradnici: Dr Uglješa Urošević (ugljesa@ucg.ac.me)

MSc Slavica Tomović (slavicat@ucg.ac.me)

SADRŽAJ KURSA

1. Uvod. Opšti model telekomunikacionog sistema. Vrste prenosa signala.
2. Medijumi za prenos. Pojam modulacije.
- 3. Multipleksiranje. Referentni model za povezivanje otvorenih sistema (OSI i TCP/IP)**
4. Harmonijska analiza periodičnih signala
5. Analiza aperiodičnih signala i slučajnih signala
6. Prenos signala kroz linearne sisteme. Izobličenja pri prenosu signala
7. Amplitudske modulacije
8. Demodulacija AM signala. Realizacija multipleksa sa frekvencijskom raspodelom kanala
9. Ugaona modulacija. Spektar UM signala
10. FM modulatori. Demodulacija FM signala
11. Slučajni šum. Karakteristike uskopojasnog šuma
12. Uticaj šuma na prenos amplitudski moduliranih signala
13. Uticaj šuma na prenos ugaono moduliranih signala

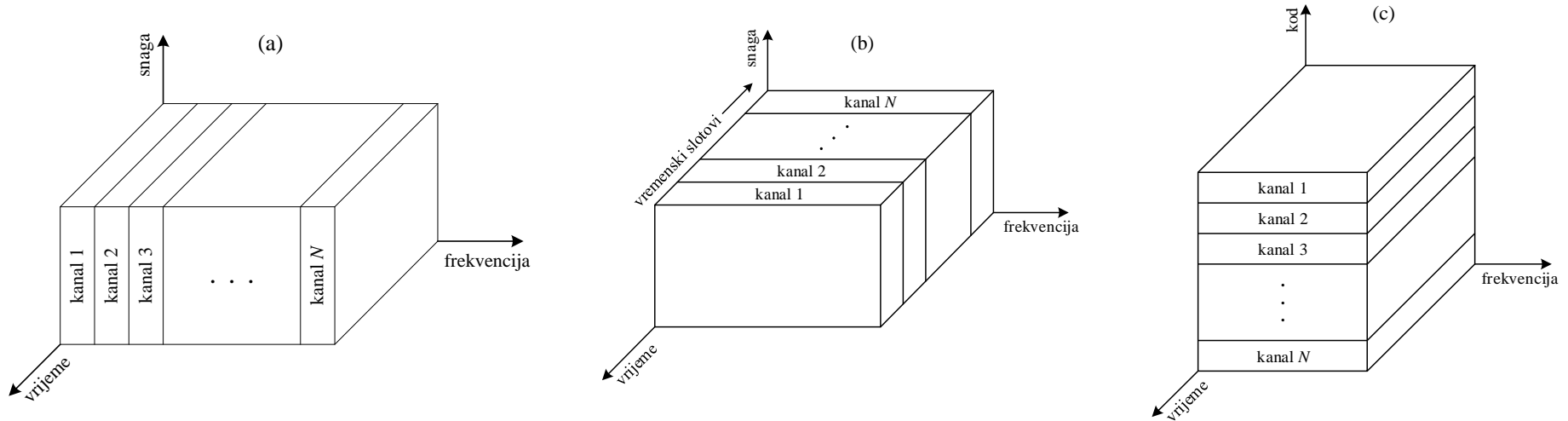
Termin 3 - Sadržaj

- **Pojam i osnovne vrste multipleksiranja**
- OSI referentni model
- TCP/IP

Multipleksiranje

- U cilju što efikasnijeg iskorišćenja medijuma za prenos, uvijek se teži da se istim medijumom prenosi više signala različitih korisnika
- Prenos više signala jednom linijom veze nazive se **multipleksni prenos**, ili **multipleksiranje**.
- Iako se linijom veze ostvaruje komunikacija više komunikacionih korespondenata, svaki par korisnika ima utisak da raspolaže sopstvenim kanalom veze.
- Osnovne vrste multipleksa su:
 1. **Frekvencijski multipleks**
 2. **Vremenski multipleks**
 3. **Kodni multipleks**

Multipleksiranje

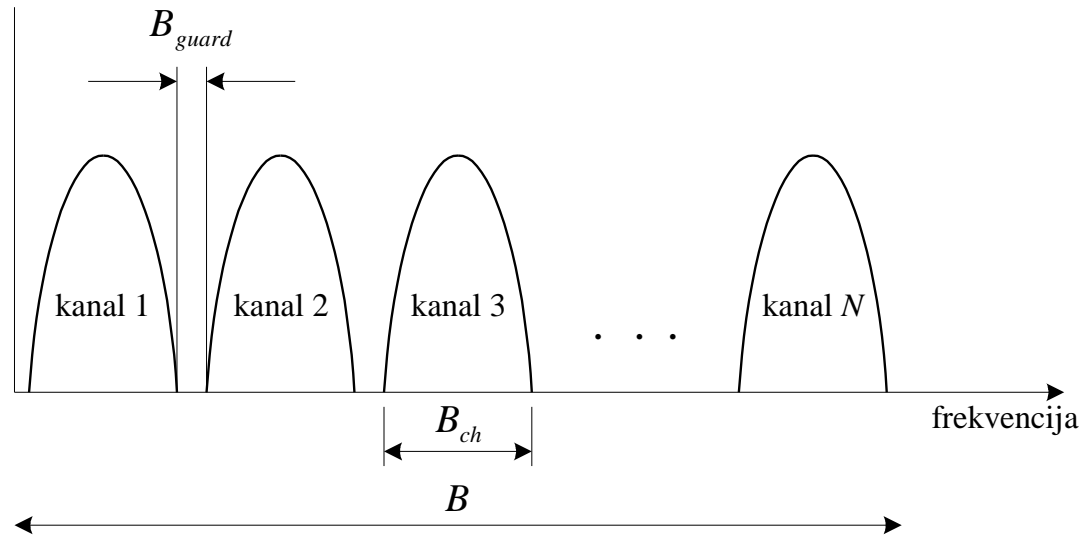


Koncept razdvajanja korisnika kod **a) frekvencijskog**, **b) vremenskog** i **c) kodnog** multipleksa

Frekvencijsko multipleksiranje

- Frekvencijski multipleks podrazumijeva da se signali poruka moraju nekim postupkom modulacije translirati iz osnovnog opsega, na opsege viših učestanosti.
- Pri tome, **svakom signalu se dodjeljuje jedna ograničena oblast spektra**
 - Da bi se to ostvarilo, signali nosioci poruke moraju imati ograničen spektar prije modulacije, što se ostvaruje propužanjem signala kroz filter propusnik niskih učestanosti.
- U slučaju frekvencijskom multipleksa, na liniji veze su u datom trenutku prisutni svi signali, ali su oni razdvojeni u domenu učestanosti.
 - Radi smanjenja eventualne interferencije (preslušavanja) između kanala, ostavlja se obično **zaštitni opseg između susjednih kanala** (B_{guard})

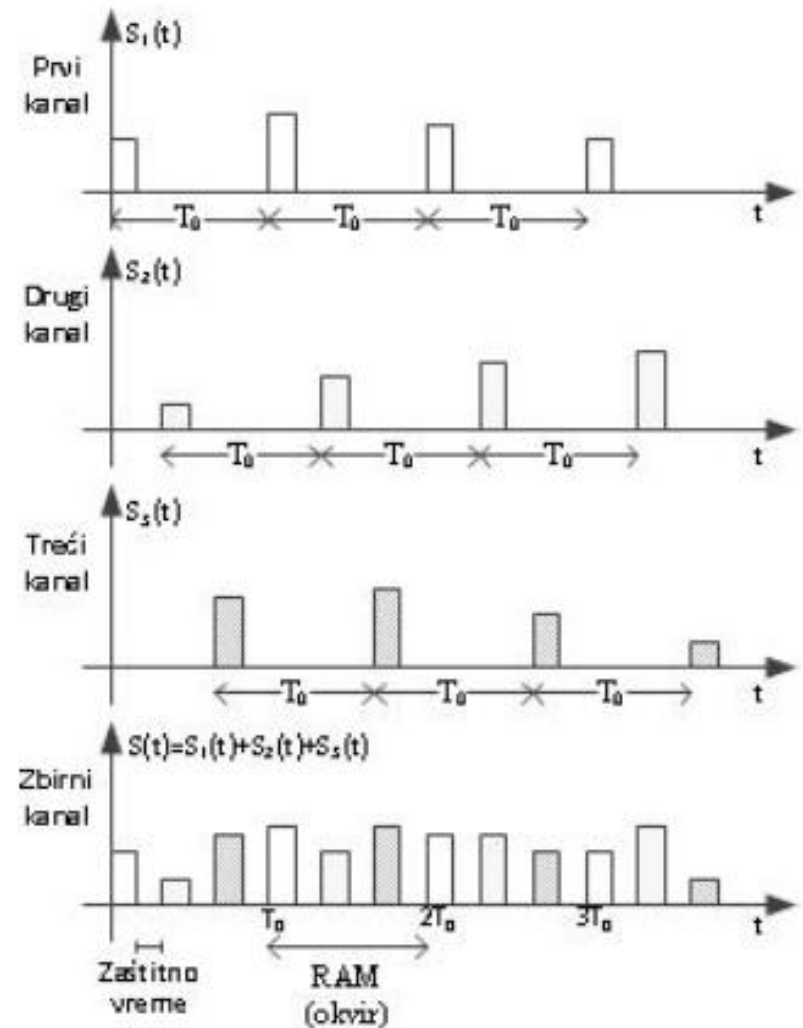
Frekvencijsko multipleksiranje



- Glavna **prednost** radio sistema sa FDMA višestrukim pristupom je njihova **hardverska jednostavnost**
- Glavni **problem** u radio sistemima koji koriste FDMA tehniku je **preslušavanje i neupotrebljivost za prenos digitalnih signala različitim brzinama signaliziranja**
- Frekvencijsko multipleksiranje se koristi za prenos različitih vrsta signala: telefonskih, radio, TV, signala podataka, itd.

Vremensko multipleksiranje

- Kada je signal poruke predstavljen nizom impulsa (**digitalni signali**), onda signal postoji u određenim trenucima vremena, a u ostalim trenucima signala nema.
- Ideja vremenskog multipleksa je da se u vremenskim intervalima kada na liniji veze nema signala date poruke, linijom veze prenose impulsi koji pripadaju nekom drugom informacionom signalu

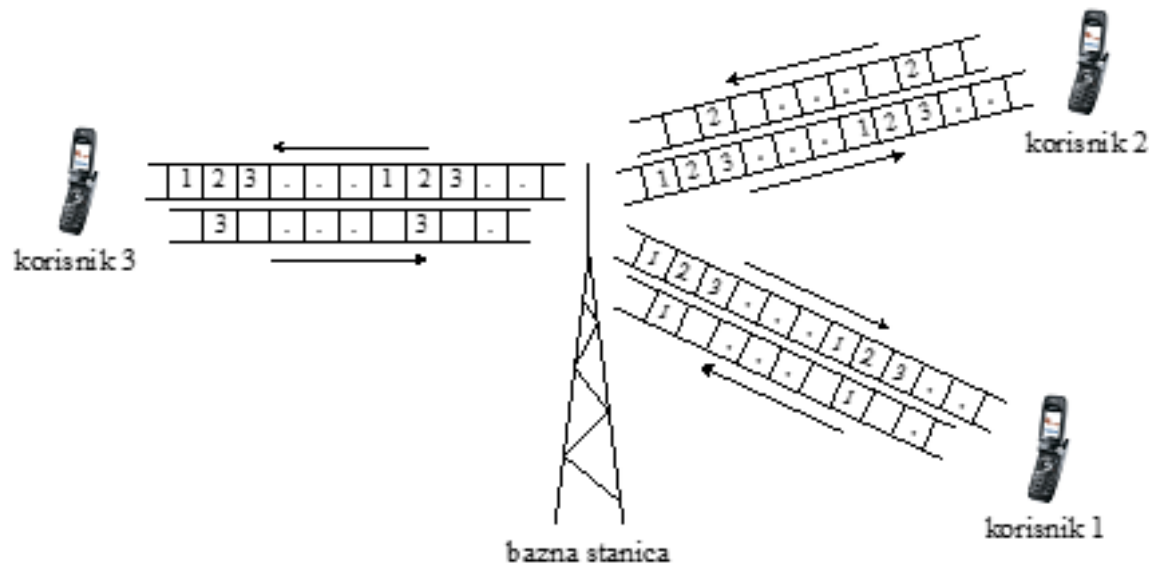


Vremensko multipleksiranje

- **TDMA omogućuje korisnicima pristup cijelom opsegu kanala, ali u tačno definisanim vremenskim intervalima (slotovima)**
- Ako korisnici pristupaju opsegu periodično, tj. na rotirajući način, moguće je ostvariti govornu komunikaciju, ili prenos podataka, na približno kontinualan način
- **Interferencija** između korisnika **se izbjegava** :
 - striktnim pridržavanjem rasporeda vremenskih slotova,
 - ostavljanjem zaštitnih intervala (*guard time*) između slotova
- Vremenski multipleks omogućava prenos digitalnih signala različitog protoka u zavisnosti od trenutnih potreba korisnika
- Nedostatak je potreba za preciznom vremenskom sinhronizacijom
- Vremenski multipleks se često koristi u kombinaciji sa frekvencijskim multipleksom

Vremensko multipleksiranje

- Vremenski multipleks se prvenstveno realizuje u osnovnom opsegu učestanosti.
- Ako treba da se obavi prenos bežičnim putem, onda se mora naknadno translirati spektar vremenski multipleksiranog signala na odgovarajuću visoku učestanost (primjer su mobilni celularni sistemi druge generacije (2G), označeni kao GSM).

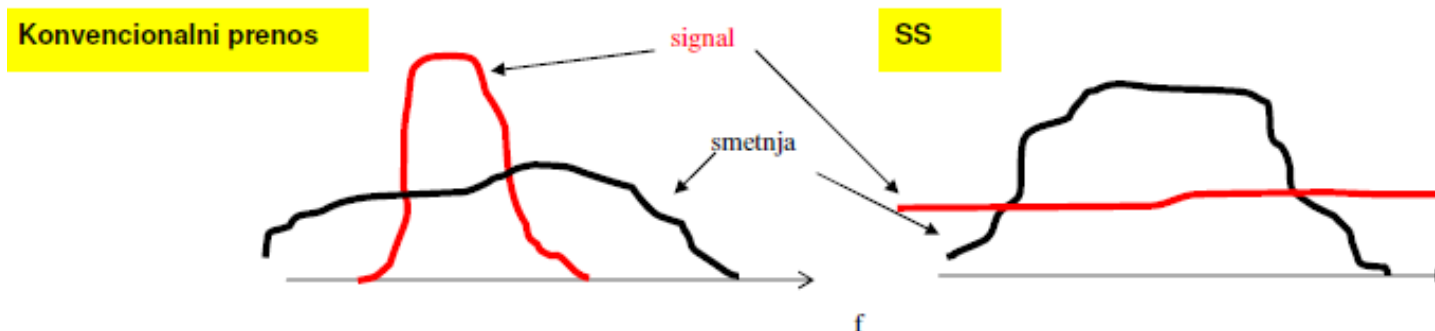


Kodno multipleksiranje

- Kod kodnog multipleksa svi korisnici pristupaju cjelokupnom raspoloživom opsegu i koriste ga kontinualno u vremenu
- Korisnici su međusobno razdvojeni **jedinstvenim pseudo-slučajnim sekvencama ili kodovima**
- Kodni multipleks predstavlja tehniku prenosa **proširenim opsegom** (*spread spectrum*)
- Prenos u proširenom opsegu može se realizovati :
 - tehnikom **direktne sekvence** (*Direct Sequence – DS*)
 - tehnikom **frekvencijskog skakanja** (*Frequency Hopping – FH*).

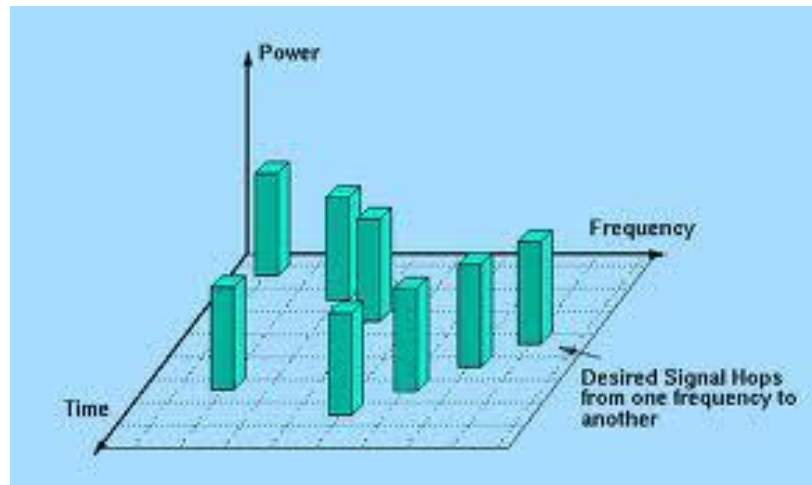
DS SS

- **DS SS** (*Direct Sequence Spread Spectrum*)
- Realizuje se množenjem originalnog digitalnog signala pseudo-slučajnom (PN – *pseudo-noise*) sekvencom čije je trajanje signalizacionog intervala, T_c , mnogo manje od trajanja signalizacionog intervala originalnog signala, T , tj., $T_c \ll T$
- Važi da je $T = KT_c$, gdje je K **kodni dobitak** (*processing gain*)
- Spektar izlaznog signala je K puta širi od spektra modulišućeg signala
- Prvobitni motiv je bio zaštita od impulsnih radio-ometača
 - Aktuelni motiv je efikasno korišćenje RF spektra, kroz realizaciju kodnog multipleksa



FH SS

- **FH SS** (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)
- Prenos proširenim spektrom sa frekvencijskim skakanjem podrazumijeva promjenu frekvencije nosioca prema pseudo-slučajnoj šemi (*hopping sekvenca*)
- U zavisnosti od odnosa brzine signaliziranja, i brzine promjene kanala (nosioca), razlikuju se:
 - **FFH** (*Fast Frequency Hopping*) – u toku trajanja simbola se promijeni frekvencija nosioca
 - **SFH** (*Slow Frequency Hopping*) – više simbola se prenosi na istoj frekvenciji nosioca



Kodno multipleksiranje

- Kod DS SS sistema, problem može biti potreba za preciznom vremenskom sinhronizacijom predajnika i prijemnika, u slučaju veoma malog trajanja čipa
- Drugi problem je potreba za kontrolom snage, jer su svi korisnici u istom trenutku i na istom opsegu na kanalu, pa ostali korisnici predstavljaju dodatni šum za posmatrani komunikacioni par
 - Sa druge strane, ovi sistemi su veoma otporni na uskopojasne smetnje
- FH SS zahtijevaju dobre sintezatore frekvencija, posebno za FFH
 - Prednost im je što se se mogu programirati za izbjegavanje loših frekvencijskih podopsega
- Kodni multipleks se primjenjuje u mobilnim celularnim mrežama treće generacije (3G), kod jedne od prvih WLAN mreža (IEEE 802.11b), kod nekih senzorskih mreža, itd.

Termin 3 - Sadržaj

- Pojam i osnovne vrste multipleksiranja
- **OSI referentni model**
- TCP/IP

OSI referentni model

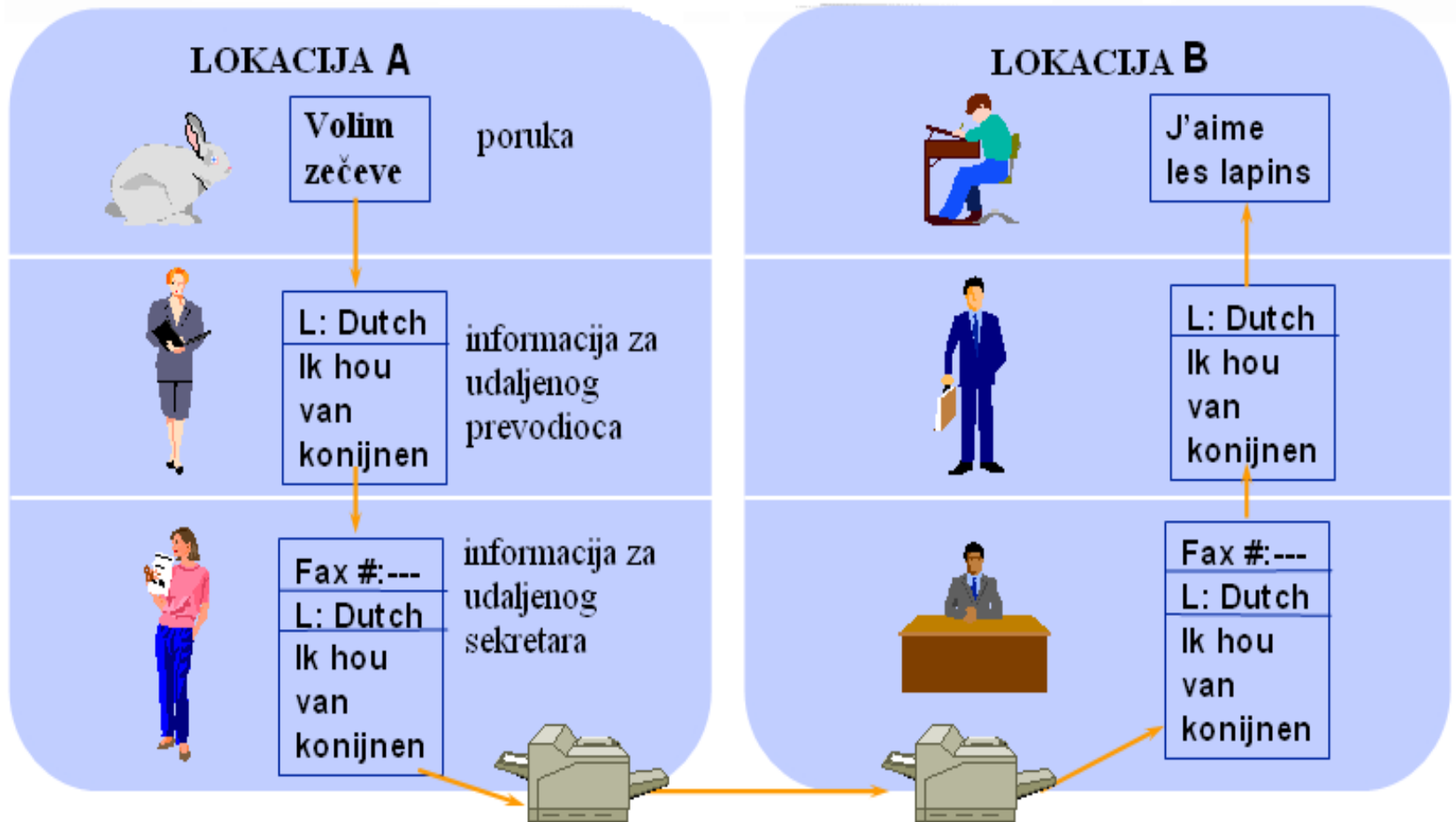
- Da bi bilo moguće uspostaviti komunikaciju između računarske opreme različitih proizvođača (HP, IBM, Compaq...) potrebno je definisati određena pravila, koja će omogućiti “prevođenje” različitih jezika koje te mašine koriste
- *ISO (International Standardization Organization)* je 1977. osnovala podkomitet za razvoj mrežne arhitekture čiji je standard trebao da omogući lakšu implementaciju i interoperabilnost opreme različitih proizvođača.
- Kao rezultat ovog istraživanja pojavio se **OSI** (*Open System Interconnection*) referentni model, čija konačna verzija ISO 7498 datira iz **1984.** godine.
- OSI referentni model uspostavlja osnovni okvir za usaglašavanje standarda za međusobno povezivanje sistema.
- Sistemi koji koriste standardizovane postupke i metod iz OSI referentnog modela nazivaju se **otvoreni sistemi**, a takvo povezivanje se naziva povezivanje otvorenih sistema tj. OSI

Višenivoovska komunikacija

- U cilju lakše i efikasnije realizacije komunikacija u mrežama za prenos podataka (računarskim mrežama), taj proces je realizovan u više zasebnih nivoa (modula)
- Zašto?
 - **Modularnost ubrzava evoluciju tehnologije,**
 - **Dijeli kompleksnost mrežnih komunikacija na djelove koji su lakši za učenje**

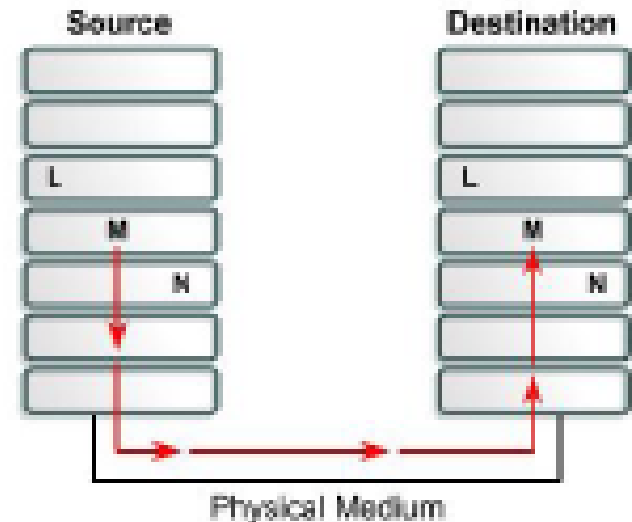
Višenivoovska komunikacija

- Analogni primjer komunikacije između ljudi koji govore različitim jezicima



Višenivoovska komunikacija

- U OSI modelu osnovna su tri koncepta: **koncept usluge, interfejsa i koncept protokola.**
- U jednom komunikacionom procesu, svaki sloj zahtijeva usluge od nižeg sloja.
- Procesi (entiteti) koji se nalaze u istom sloju, ali na različitim računarima nazivaju se entitetski parovi, ili ravnopravni entiteti.
- Entitetski parovi prividno direktno komuniciraju.
- Komunikacija između entitetskih parova obavlja se pomoću jednog ili više protokola datog sloja.
- **Protokol** je skup pravila koji upravlja načinom na koji 2 entiteta razmjenjuju podatke.



Funkcije protokola

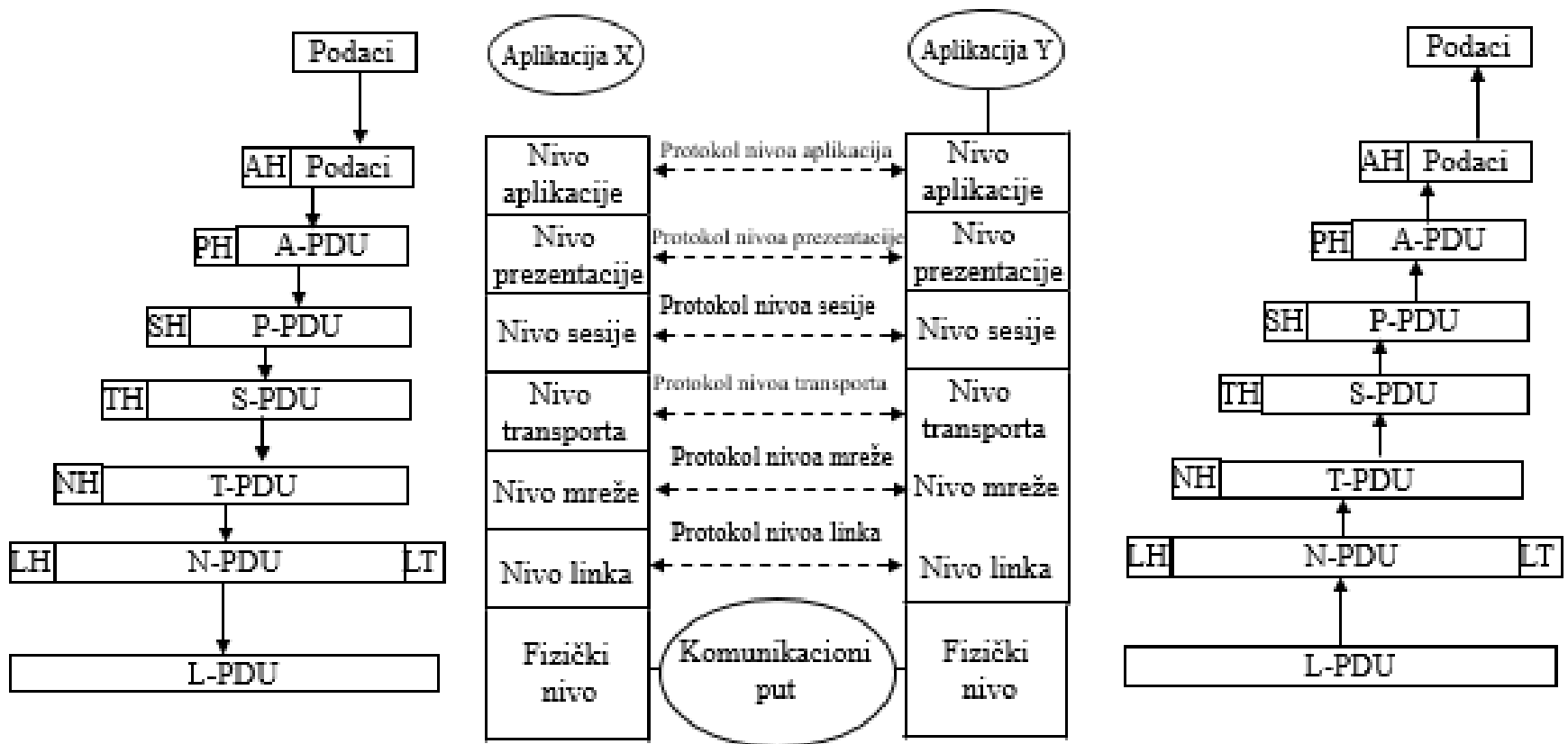
Najvažnije funkcije protokola su:

- **segmentiranje/ulančavanje** (obezbjeđuje da se sadržaj i veličina poruka koje entiteti razmjenjuju prilagode karakteristikama mreže),
- **formiranje protokolskih jedinica podataka (PDU)** od podataka i potrebnih kontrolnih informacija (adresa, kodova za detekciju greške i sinhronizaciju),
- **kontrola zagušenja** (podešavanje količine i brzine podataka koje šalje entitet zavisno od stanja odnosno saobraćajnog opterećenja u kojem se nalazi mreža),
- **kontrola protoka** (podešavanje količine i brzine podataka koje šalje entitet zavisno od stanja odnosno saobraćajnog opterećenja u kojem se nalazi entitet sa kojim komunicira),
- **kontrola greške** (zaštita podataka od greške ili oštećenja),
- **adresiranje** (jedinствена globalna adresa za sve sisteme u mreži),
- **multipleksiranje** više sesija unutar jednog sistema,
- **transmisioni servisi** (prioritet, sigurnost podataka, itd.).

OSI referentni model

- OSI model koristi slojevitost ili višenivoosku strukturu tako da su sve funkcije protokola sistematizovane u **7 nivoa**. Ovakav pristup obezbeđuje modularnost i nadogradnju. Svaki nivo obavlja tačno specificirani skup funkcija potrebnih za komunikaciju sa drugim sistemima, pri tome se oslanjajući na servise koje mu nude nivoi nižeg reda.
- Nivoi OSI modela su:
 - 1. fizički nivo,**
 - 2. nivo linka ,**
 - 3. mrežni nivo,**
 - 4. nivo transporta,**
 - 5. nivo sesije,**
 - 6. prezentacioni nivo,**
 - 7. nivo aplikacije.**
 - Na mrežnim uređajima (ruterima) su implementirana prva tri sloja, dok su u krajnjim sistemima (računarima) implementirani svi slojevi.

OSI referentni model



OSI referentni model

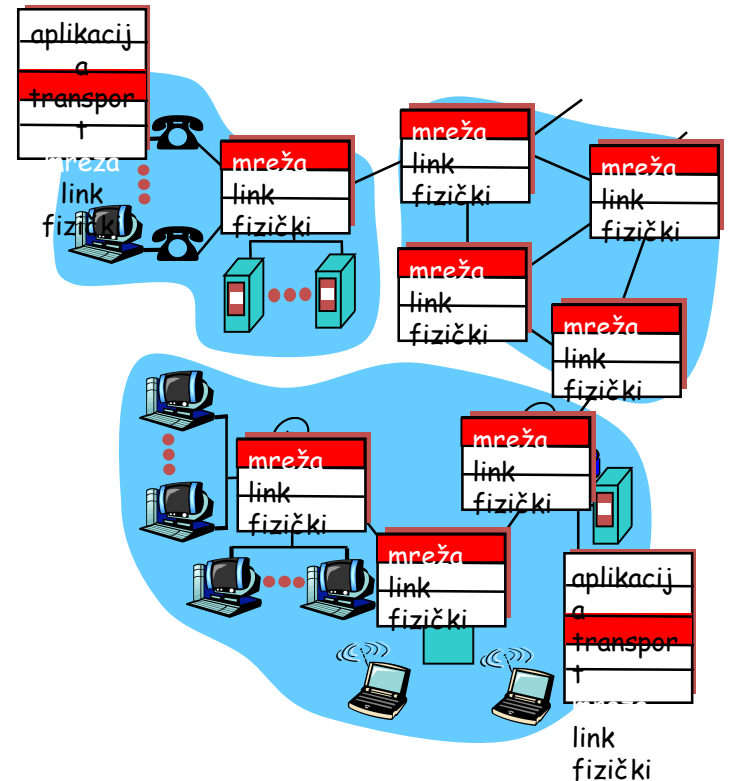
- **Fizički nivo** je zadužen za
 - Definisane karakteristike interfejsa između uređaja (računara) i medijuma za prenos
 - Predstavljanje bita pomoću električnih (definisane naponskih nivoa) ili optičkih signala
 - Određivanje trajanja bita tj. brzina emitovanja
 - Vremensku sinhronizaciju tj. sinhronizaciju predajnika i prijemnika na nivou bita
 - Definisane smjere prenosa (simpleks, poludupleks, dupleks)
 - Način umrežavanja računara: da li se radi o topologiji u obliku magistrale, zvijezde, prstena ili svako sa svakim

OSI referentni model

- **Nivo linka** je zadužen za:
 - Upravljanje pristupa medijumu (pojednostavljeno – obezbjeđuje uspostavljanje veze kada postoje više od dva uređaja)
 - Formiranje rama (frame-a): na predaji dodaje paketu, dobijenom od nivoa mreže, zaglavlje (*header*) i rep (*tail*)
 - Kontrolu grešaka (omogućava otkrivanje grešaka pomoću informacija u repu rama)
 - Upravljanje protokom: ako je brzina kojom prijemnik prihvata podatke manja od brzine predajnik šalje podatke, nivo linka aktivira mehanizam za uparvljanje protokom kako ib se spriječilo zagušenje prijemnika
 - Fizičko adresiranje: u zaglavlju rama (frame) se unosi **fizička** (**MAC** – *Medium Access Control*) **adresa** predajnika i prijemnika. MAC adresa ima **48 bita**, a zapisuje se **u heksadecimalnom obliku**

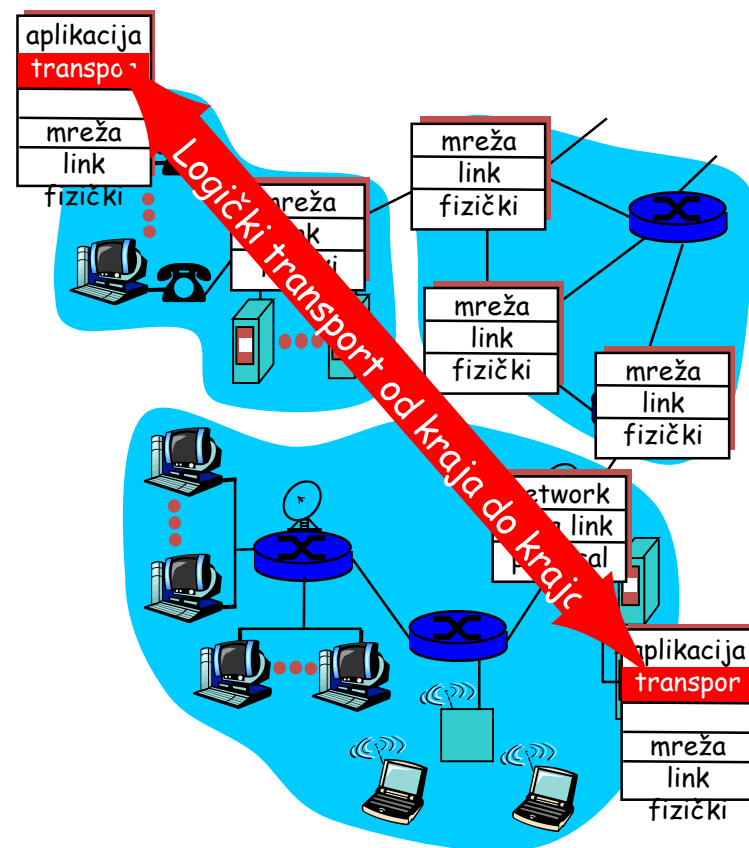
OSI referentni model

- Nivo mreže obezbeđuje uspostavu veze u situaciji kada imamo više različitih mreža
- **Nivo mreže** je zadužen za:
 - Određivanje putanje između predajnika i prijemnika (rutiranje)
 - Logičko adresiranje: fizičko adresiranje je dovoljno kada se računari nalaze u istoj mreži. U protivnom, nivo mreže unosi u zaglavlje paketa **logičke (IP) adrese** izvora i odredišta (IPv4 ima 32 bita, a IPv6 128 bita)
 - Kontrolu zagušenja



OSI referentni model

- **Nivo transporta** je odgovoran za isporuku cijele poruke s kraja na kraj veze. On prihvata poruke iz sloja sesija, podijeli ih ako treba na manje jedinice, preda ih nivou mreže i osigurava da svi djelovi stignu na drugi kraj.
- Transportni nivo može da pruži pouzdani mehanizam razmjene podataka između računara, oslobođenih greške, gubitka i dupliranja.
- Kontrola protoka
- Segmentacija
- Multipleksiranje aplikacija (**adresiranje portova**)
- Primjeri protokola su: TCP i UDP



OSI referentni model

- **Nivo sesije** obezbeđuje mehanizam za kontrolu dijaloga i sinhronizaciju između dva sistema.
- Termin sesija označava period komunikacije između dva procesa (programa). Sloj sesije ima zadatak da uspostavi, održava i sinhronizuje komunikaciju između 2 sistema.
- Nivo sesije koordinira komunikacijom između 2 sistema i služi da organizuje njihovu komunikaciju tako što nudi 3 različita režima: **simpleks, poludupleks i puni dupleks**.
- Drugi zadatak sloja sesije je da u poruku unese sinhronizacione tačke. To su kontrolne tačke koje se unose na određenom rastojanju. Ako dođe do prekida prenosa, prenos se nastavlja od poslednje sinhronizacione tačke.
- **Na Internetu je integrisan u nivo aplikacije.**

OSI referentni model

- **Nivo prezentacije** se bavi sintaksom i semantikom informacija koje razmjenjuju dva sistema.
- Ovaj sloj je odgovoran za:
 - **Prevođenje** kodnog sistema koji se koristi u izvorištu u kodni sistem koji se koristi u odredištu, prevođenjem na predaji u neki opšti format (ASCII za alfanumeričke podatke, JPEG ili TIFF za slike, AVO za kombinovane video i audio fajlove,...).
 - **Enkripciju** (zaštitu) podataka, ako to od njega aplikativni nivo zahtijeva.
 - **Kompresiju**, u cilju smanjenja broja bita koji se prenose, a bez narušavanja sadržaja informacije (npr. MPEG za video,..).
- Na Internetu je integrisan u nivo aplikacije.

OSI referentni model

- **Nivo aplikacije** se omogućava korisniku da pristupi komunikacionoj mreži, tj. da koristi usluge mreže.
- Nivo aplikacije se ponaša kao interfejs između stvarnog aplikacionog programa i nižeg sloja u OSI referentnoj arhitekturi
- Sadrži niz protokola koji omogućavaju podršku raznovrsnim uslugama: elektronska pošta, www, pristup fajlovima,...

Termin 3 - Sadržaj

- Pojam i osnovne vrste multipleksiranja
- OSI referentni model
- **TCP/IP**

TCP/IP

- **TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)**
- Razvoj TCP/IP počinje **ranih '70-tih** godina kada je DARPA (The USA Department of Defense Advanced Research Projects Agency) prihvatila kao standard mrežnu arhitekturu prisutnu u američkim državnim mrežama (ARPANET).
- Tokom '80-tih godina TCP/IP je postao osnova razvoja Interneta, čija ekspanzija je TCP/IP dala značajno veću popularnost od OSI-ja.
- **Zvanično usvojeni TCP/IP model protokola ne postoji.** Razlog za to je što je TCP/IP nastao iz prakse, a ne iz procesa standardizacije koji je započeo mnogo kasnije nego što je TCP/IP zaživio u praksi. Ipak specifikacije pojedinih Internet protokola su javno dostupne u vidu **RFC (Request For Comments)** dokumenata koji se mogu naći na www.ietf.org/rfc.html.

TCP/IP

- **TCP/IP** arhitektura se razmatra kroz **5** ili kroz **4** nivoa (objedinjeni nivo linka i fizički nivo), i to:
 - 1) **fizički nivo**, koji definiše karakteristike prenosnog medija, brzinu signalizacije i šemu kodiranja signala,
 - 2) **nivo linka** ili nivo mrežnog pristupa, koji se bavi interfejsom između krajnjeg sistema i mreže, i omogućava prenos **okvira (frejmova)** na bazi odgovarajućih protokola nivoa linka između dva rutera (**Ethernet**, PPP, ATM,...)
 - 3) **internet nivo** (IP) ili nivo mreže, koji izvršava rutiranje podataka u formi **paketa** od izvorišnog do destinacionog hosta,
 - 4) **transportni** (host-host) **nivo** (TCP ili UDP) koji obezbjeđuje prenos podataka u formi **segmenta** ili **datagrama** od kraja do kraja,
 - 5) **aplikacioni nivo** (FTP, SMTP, TELNET,...), koji omogućava komunikaciju između procesa ili aplikacija na odvojenim hostovima.

Nivo aplikacije

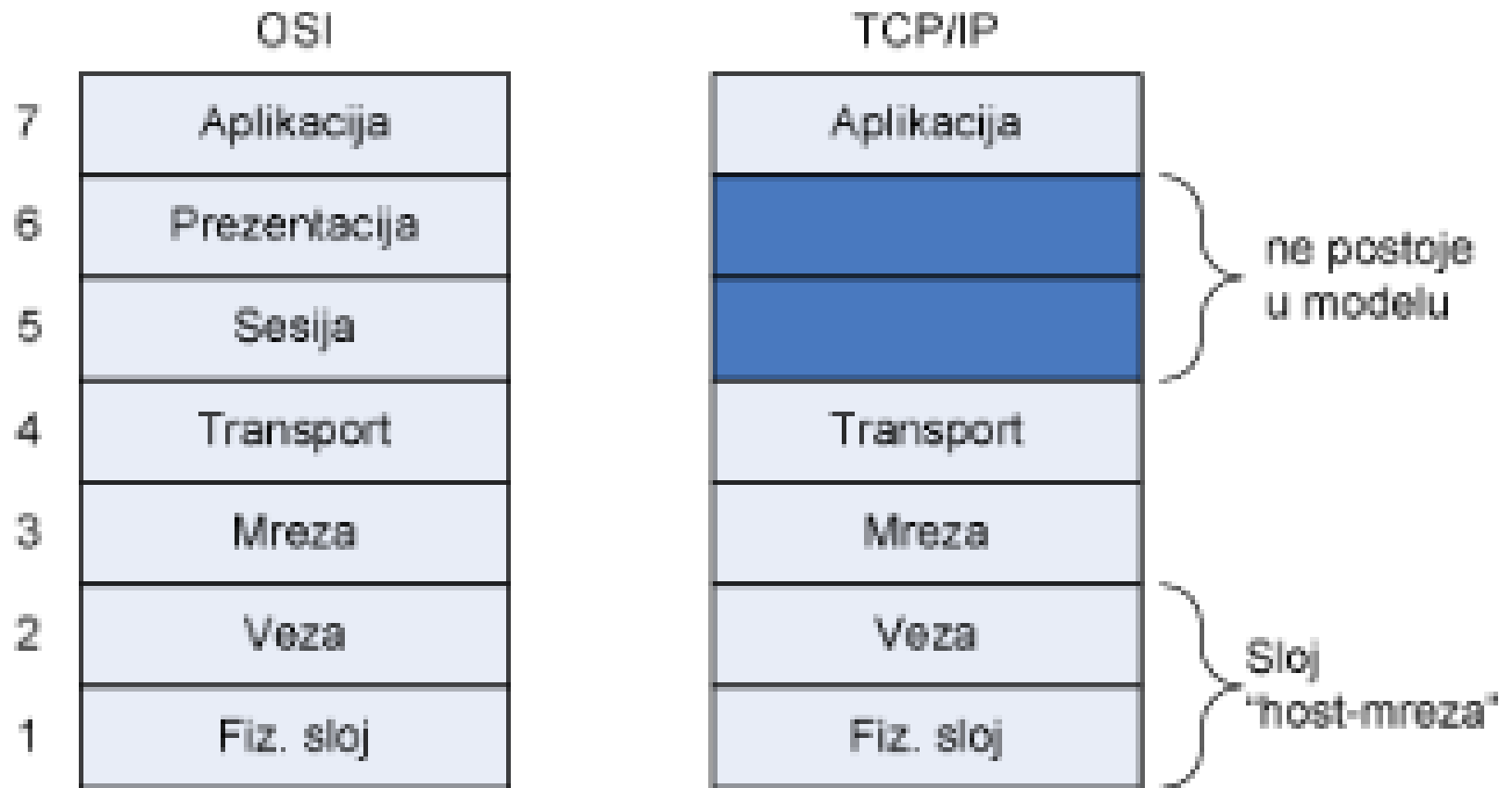
Nivo transporta

Nivo mreže

Nivo linka

Fizički nivo

Odnos OSI i TCP/IP arhitektura



TCP/IP

- Protokol određenog sloja može biti implementiran u softveru, hardveru ili kombinaciji ova dva okruženja.
 - **Protokoli sloja aplikacije**, na primjer HTTP (HyperText Transfer Protocol) i SMTP (Simple Message Transfer Protocol), su **uvijek implementirani u softveru krajnjih sistema**,
 - **Isto važi i za slučaj protokola transportnog nivoa.**
 - Mrežni nivo se obično implementira kombinovano, i u hardveru i u softveru.
 - Kako su fizički nivo i nivo linka odgovorni za komunikaciju preko konkretnog linka, oni se obično implementiraju u kartici mrežnog interfejsa (Ethernet ili WiFi NIC (*Network Interface Card*)), koja je povezana sa datim linkom.

Nivo aplikacije

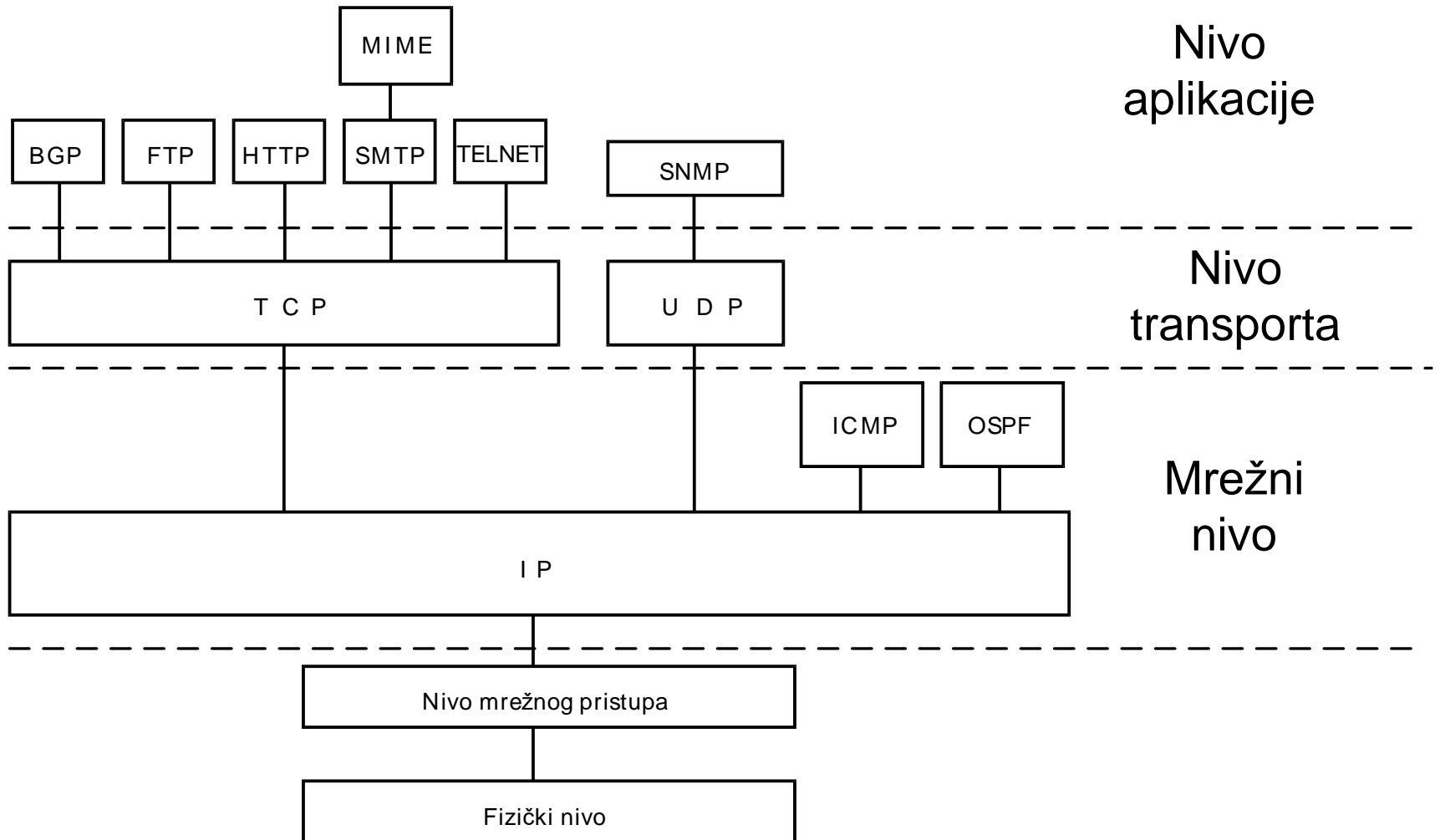
Nivo transporta

Nivo mreže

Nivo linka

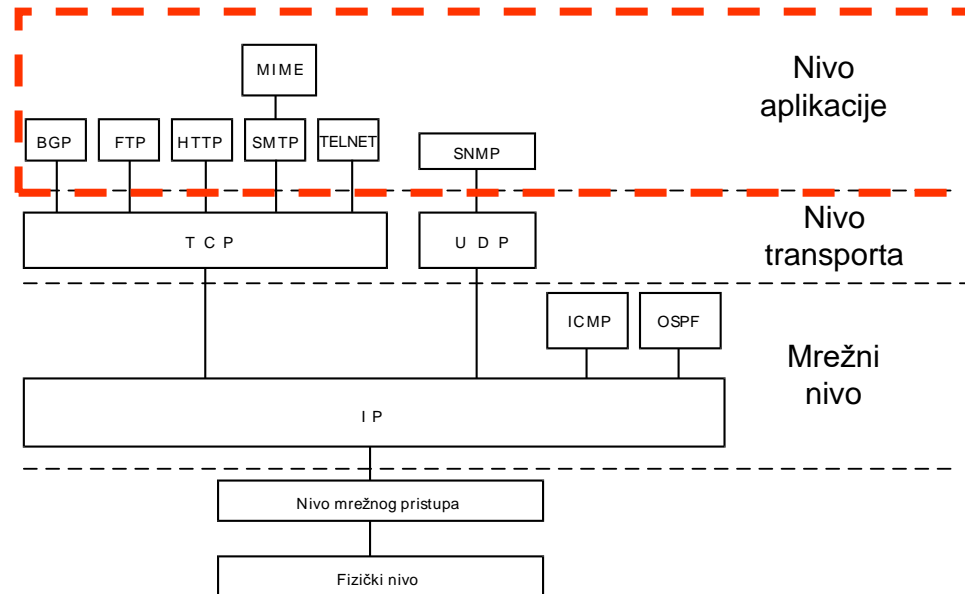
Fizički nivo

TCP/IP



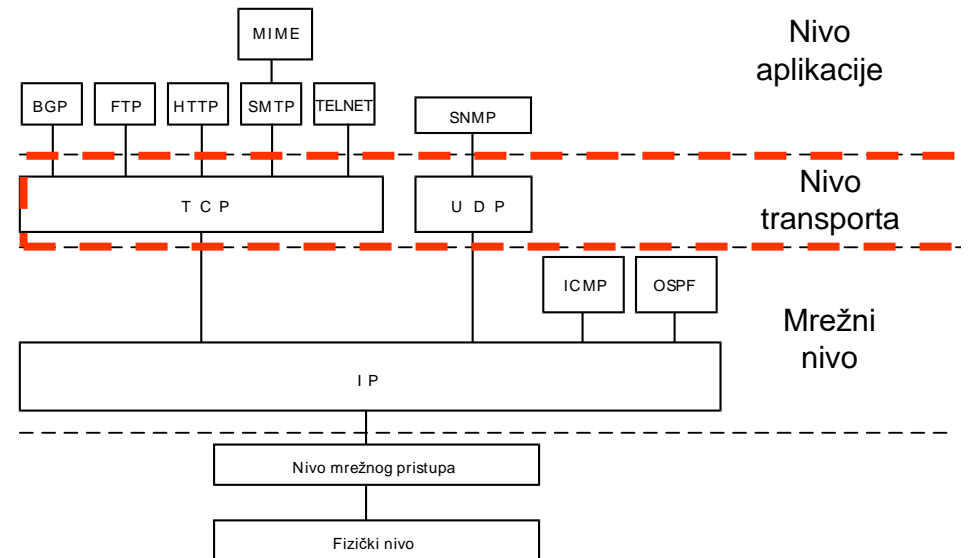
TCP/IP

- **Nivo aplikacije**
- mrežne aplikacije i njihovi protokoli nivoa aplikacije.
- **Primjeri:**
 - HTTP (podrška za zahtijevanje i transfer web strana),
 - SMTP (podrška za transfer elektronske pošte)
 - DNS (Domain Name System, prevođenje ljudima razumljivih Internet imena krajnjih sistema u 32 bitne mrežne adrese).
- veoma lako napraviti i implementirati sopstvene nove protokole nivoa aplikacije



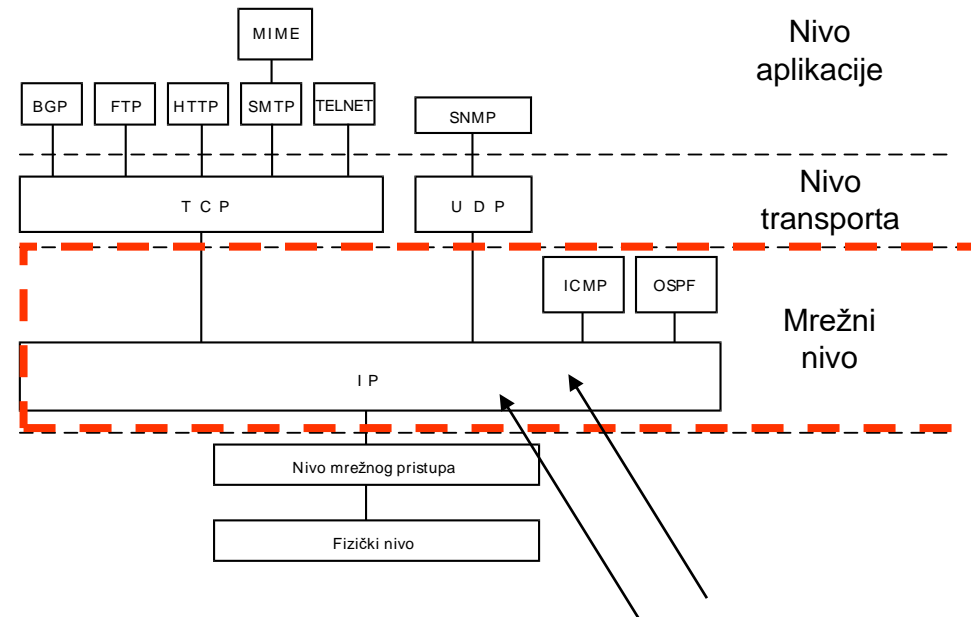
TCP/IP

- **Nivo transporta**
- Na usluzi protokolima nivoa aplikacije
- Dva transportna protokola:
 - TCP (Transmission Control Protocol)
 - UDP (User Datagram Protocol)
- TCP svojim aplikacijama nudi
 - konektivni servis (*connection oriented*).
 - kontrolu protoka (usaglašavanje brzina komuniciranja pošiljaoca i primaoca).
 - segmentaciju dugih poruke na kraće segmente
 - mehanizme za kontrolu zagušenja
- UDP svojim aplikacijama obezbeđuje nekonektivni servis (*connectionless*) bez ikakvih garancija



TCP/IP

- **Nivo mreže**
- zadužen za rutiranje **paketa** mrežnog nivoa od jednog računara do drugog.
- Mrežni sloj Interneta ima dvije osnovne komponente.
 - IP (*Internet Protocol*) protokol koji definiše polja u **paketima**, kao i način reagovanja krajnjih sistema i rutera na sadržaj ovih polja.
 - Mrežni nivo takođe sadrži **protokole rutiranja**, koji određuju rute kojima se datagrami kreću od izvora do odredišta.



Postoji samo jedan IP protokol i svi sistemi na Internetu moraju da ga koriste.

- Internet mrežni nivo se često naziva **IP nivo**
- Ovaj nivo ne nudi nikakvu garanciju servisa (*best-effort servis*)

Enkapsulacija

