

Sve izmjene e biti pisane ovim fontom i bojom (oldgateLANEoutline ili sl.), neki dio teksta e biti highlightan(žuto), strelice, pokušaj slika itd. :) ali nijedan originalan dio ne e biti brisan! (samo strelice i sl. ne e biti zelene nego crvene)

# Komunikacijske mreže

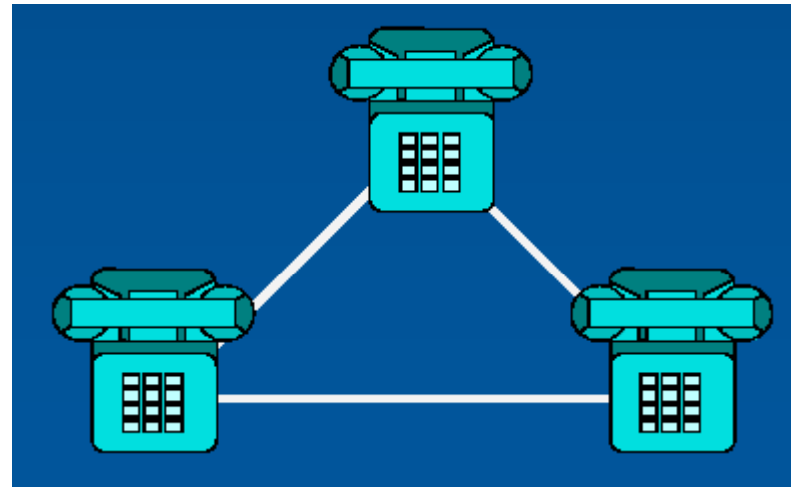
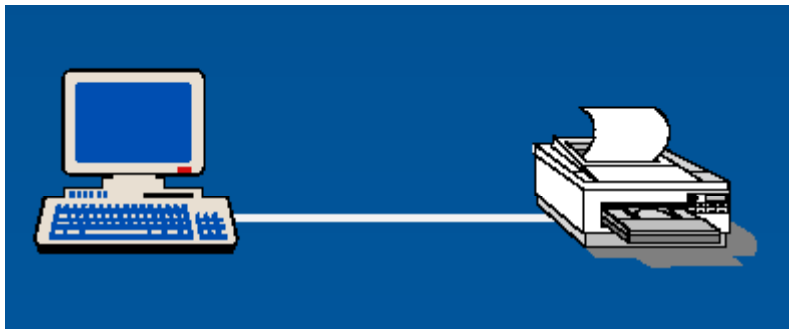
Sve primjedbe, greške, možda dodatne komentare koje imate vi u bilj. pa da ih dodam i sve što može pomo i poboljšanju ovoga javite na PM!

By:egislav



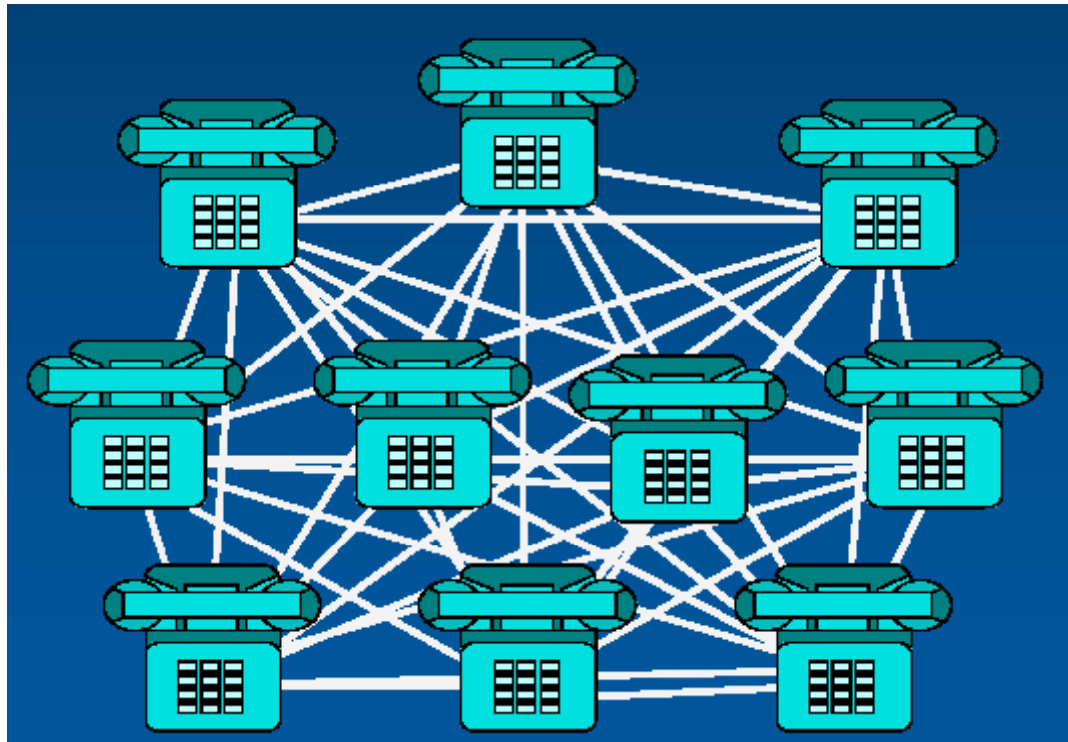
# Komunikacijska mreža

- u najjednostavnijem slučaju informacija se prenosi između dvaju izravno povezanih uređaja
- ovaj način prijenosa se naziva prijenos od točke do točke (*point-to-point*)
  - uređaji mogu biti udaljeni stotinama i tisućama kilometara
  - neekonomično je graditi komunikacijski sustav koji će povezati samo dva uređaja



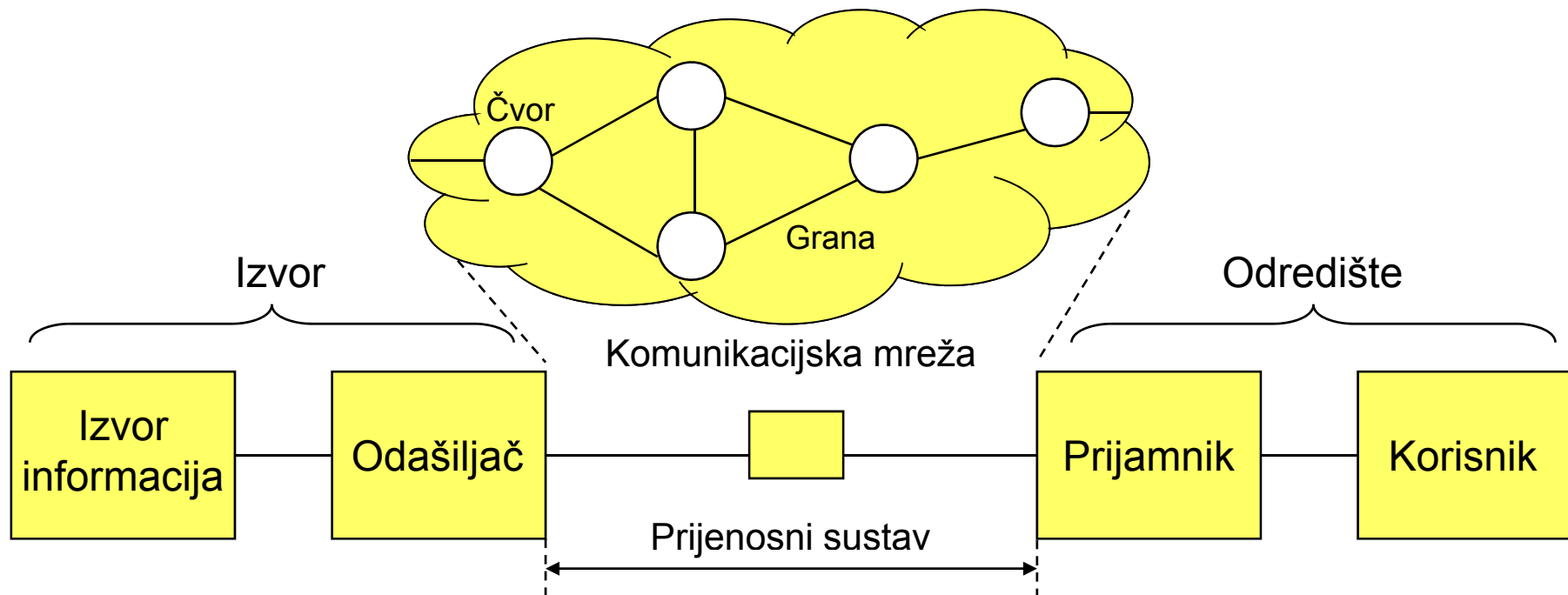
# Komunikacijska mreža

- ukoliko se rabi skup uređaja od kojih svaki treba povezati s sa svakim nepraktično je zasebnom vezom povezati svaki par uređaja



# Komunikacijska mreža

- rješenje je priključivanje uređaja na komunikacijsku mrežu
  - zamjenjuje prijenosni sustav u općem modelu komunikacijskog sustava
  - čine ju međusobno povezani komunikacijski sustavi na koje se spaja korisnička i druga potrebna oprema
  - građena je od čvorova (*node*) i grana ili veza (*link*)



# Komunikacijska mreža

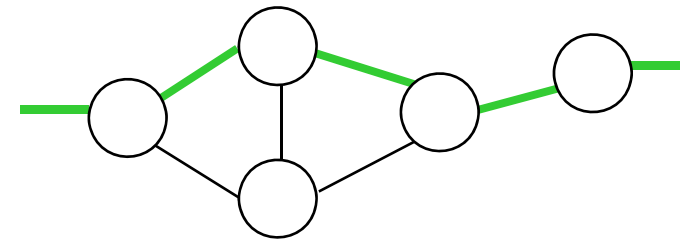
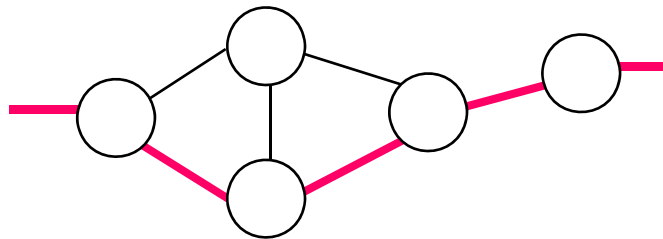
- čvorovi i grane
  - uređaji na izvoru i odredištu se povezuju na čvorove
  - čvorovi razmjenjuju informaciju i prenose je od izvora do odredišta
    - provode usmjeravanje (*routing*) informacije kroz mrežu, komutaciju odnosno prospajanje (*switching*) sa svojih ulaza na izlaze te po potrebi procesiranje i pohranjivanje informacije
    - izvor i odredište se nazivaju još i krajnji čvorovi
      - na izvoru i odredištu se nalazi korisnička oprema koja se spaja na mrežne čvorove
  - grane međusobno povezuju čvorove u mrežu
- korisnik (*user*)
  - uređaj ili sustav priključen na mrežu
  - rabi mrežu za različite informacijske i komunikacijske usluge i aplikacije
  - korisnički uređaj je npr. mobilni telefon koji se preko bazne postaje (čvor) priključuje na komunikacijsku mrežu, a s baznom postajom je povezan putem radijskog prijenosa (grana)

# Komunikacijska mreža

- kriteriji za podjelu mreža → nemoramo znat nabrojat, samo da znamo objasniti svaku
  - način spajanja uređaja i čvorova
  - način prijenosa podataka
  - namjena
  - postupak komutacije
  - topologija
  - smjer prijenosa informacije
  - veličina i rasprostranjenost
  - vrsta informacije, itd.
- kriteriji se međusobno ne isključuju već se nadopunjuju

# Vrste mreža

- u odnosu na način spajanja uređaja i čvorova veze mogu biti
  - komutirane veze (*switched connections*) → op e javne mreže
    - čvorovi služe za komutaciju (*switching*)
    - komutacija je usmjeravanje informacije na određeni prijenosni put od čvora do čvora i konačno do željenog odredišta
    - određeni izvor i određeno odredište mogu se povezati na različite načine

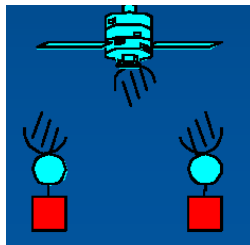


- zakupljene veze (*leased-line connections*) → npr. banke
    - privatne veze kod kojih su dvije lokacije ili dva uređaja stalno međusobno povezani, a prijenos informacije se odvija uvijek istim putem
  - namjenske veze (*dedicated connections*)
    - isto što i zakupljene veze, ali krajnji korisnici su vlasnici veze
- za važnije primjene, gdje nismo izgubiti vezu

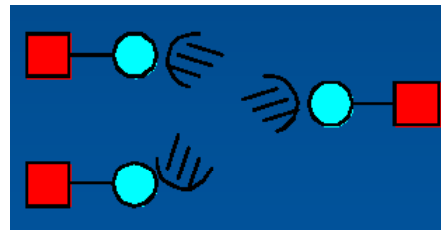
# Vrste mreža

- u odnosu na način prijenosa podataka mreže mogu biti
  - komutirane mreže (*switched networks*) → vorovima
    - komunikacija između izvora i odredišta obavlja se preko međusobno povezanih čvorova koji usmjeravaju podatke
    - čvor može biti komutator ili preklopnik (*switch*), usmjerivač (*router*) i sl.
  - mreže s neusmjerenim odašiljanjem (*broadcast network*) → npr. prostorom
    - nemaju međučvorove za komutaciju (*intermediate switching nodes*)
    - informacija se prenosi od izvora svih čvorova u mreži istodobno
    - ukoliko se prijam omogućen samo podskupu čvorova način prijenosa se naziva višesmjerno odašiljanje (*multicasting*)
    - primjeri: lokalne mreže, satelitska radiodifuzija itd.

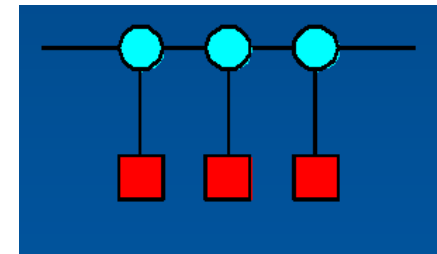
Satelitska radiodifuzija



Radijska lokalna mreža



Lokalna mreža sa sabirnicom





# Vrste mreža

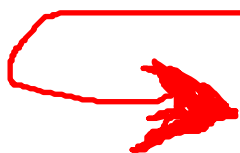
- u odnosu na namjenu mreža može biti
  - javna mreža (*public network*)
    - dostupna korisnicima (pretplatnicima) s ugovornim odnosom s mrežnim operatorom (*network operator*)
    - pretplatniku je omogućeno komuniciranje s pretplatnicima i korisnicima vlastite ili drugih mreža te davateljima usluga (*service provider*) u zemlji i inozemstvu, bez vremenskih i prostornih ograničenja
  - privatna mreža (*private network*)
    - namijenjena ograničenoj skupini korisnika unutar određene zajednice
    - privatne mreže povezuju se s javnim mrežama, uz ograničenja određena namjenom privatne mreže
    - primjeri: korporacijska mreža (*corporate network*), akademska istraživačka mreža (ARN, *Academic Research Network*) – Hrvatska akademska istraživačka mreža (CARNet, *Croatian Academic Research Network*)
- javne mreže su u manjinskom, većinskom ili potpunom privatnom vlasništvu, a privatne mreže u državnom (npr. akademska istraživačka mreža) ili privatnom vlasništvu (npr. bankovna mreža)

# Vrste mreža

- izvedba javnih mreža uključuje
  - fiksne (nepokretne) mreže:
    - javna komutirana telefonska mreža (PSTN, *Public Switched Telephony Network*)
    - digitalna mreža integriranih usluga (ISDN, *Integrated Services Digital Network*)
  - pokretne mreže:
    - globalni sustav mobilnih komunikacija (**GSM**, *Global System for Mobile Communications*), s proširenjima za komunikaciju podacima:
      - opća usluga paketskog radijskog prijenosa (GPRS, *General Packet Radio Service*)
      - poboljšane brzine prijenosa za razvoj GSM-a (EDGE, *Enhanced Data rates for GSM Evolution*)
    - univerzalni sustav mobilnih telekomunikacija (**UMTS**, *Universal Mobile Telecommunication System*)

# Vrste mreža → Važno!

- u odnosu na postupak komutacije mreže se dijele na
  - mreže s komutacijom kanala (*circuit switching networks*)
    - između izvora i odredišta uspostavlja se namjenski prijenosni put (*dedicated transmission line*) koji se naziva kanal
    - za vrijeme trajanja veze svi podaci se prenose uspostavljenim putem
  - mreže s komutacijom paketa (*packet switching networks*)
    - u izvoru informacije se formiraju paketi podataka u kojima se nalazi adresa odredišta
    - izvor šalje pakete čvoru na koji je spojen, a on ga šalje do drugog čvora najpovoljnijim putem u danom trenutku
    - paketi se šalju od čvora do čvora sve do odredišta
    - dvije su vrste komutacije paketa
      - komutacija paketa u obliku datagrama (*datagram packet switching*)
      - komutacija paketa virtualnim kanalima (*virtual-circuit packet switching*)



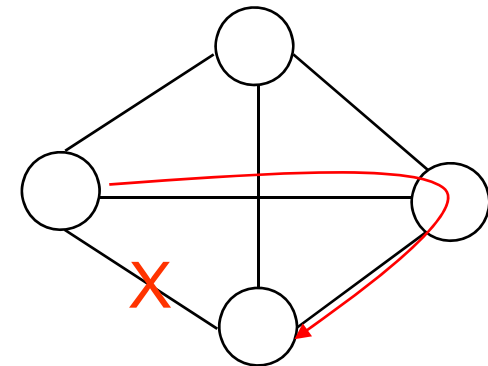
Zapravo, nešto izme u komutacije paketa i kanala

# Vrste mreža

- topologija mreže
  - raspored i način povezivanja čvorova komunikacijske mreže fizičkim (stvarnim) ili logičkim (virtualnim) putem
  - dvije mreže imaju istu topologiju ako je konfiguracija veza ista, iako se mreže mogu razlikovati u fizičkom povezivanju čvorova, udaljenosti između čvorova, brzini prijenosa i/ili vrsti signala
- standardne topologije mreže
  - potpuna povezanost (*full mesh*)
  - stablo (*tree*)
  - sabirnica (*bus*)
  - prsten (*ring*)
  - zvijezda (*star*)
  - kombinacija navedenih topologija

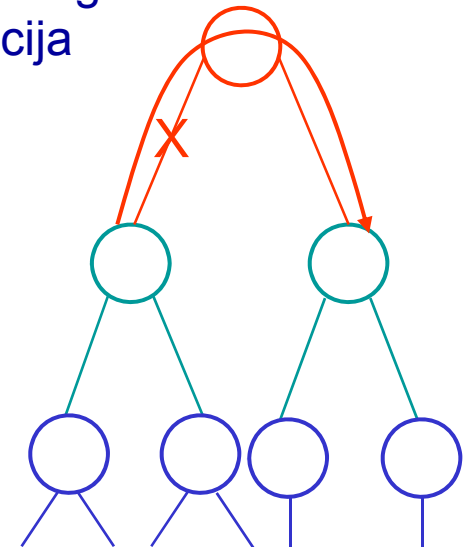
# Vrste mreža

- potpuna povezanost
  - svaki mrežni čvor je izravno povezan sa svim ostalim mrežnim čvorovima u mreži
  - prednost:
    - olakšano usmjeravanje informacije kroz mrežu
    - pouzdan prijenos
      - prilikom prekida komunikacije zbog kvara u jednoj grani, informacija se preusmjerava na drugu granu
  - nedostatak
    - visoki troškovi izvedbe mreže
  - primjena
    - povezivanje manjeg broja mrežnih čvorova na ograničenom području



# Vrste mreža

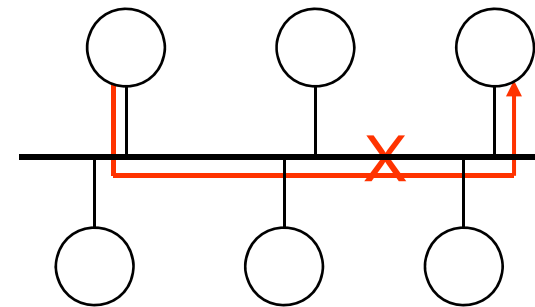
- stablo
  - hijerarhijska struktura
    - na glavni čvor vežu glavne (primarne) grane na koje se povezuju čvorovi niže razine (sekundarni čvorovi), na sekundarne čvorove se vežu tercijarni čvorovi itd.
    - komunikacija između čvora više razine i s njim povezanog čvora niže razine je izravna, a svaka druga komunikacija zahtijeva posredovanje jednog ili više čvorova
  - prednost
    - jednostavno proširenje mreže
    - segmentacija mreže olakšava otkrivanje kvarova
  - nedostatak
    - kvarovi glavnog čvora onemogućavaju komunikaciju između različitih segmenata mreže
  - primjena: telefonska mreža
    - međunarodna, nacionalna, regionalna, gradska i lokalna razina



# Vrste mreža

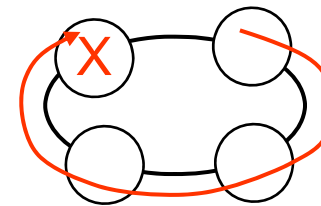
- sabirnica

- svi čvorovi su priključeni na zajednički prijenosni medij
- svaki čvor može odašiljati podatke u bilo kojem vremenskom trenutku
- podaci odaslani s pojedinog čvora mogu biti primljeni na svim ostalim čvorovima
- čvorovi ne sudjeluju u proslijeđivanju podataka (pasivna topologija)
- prednost
  - ekonomična uporaba kabela
  - proširenje mreže je jednostavno
- nedostatak
  - osjetljivost na kvarove
    - zbog kvara u glavnoj grani veliki broj mrežnih čvorova može ostati bez mogućnosti komuniciranja
- primjena: lokalne mreže



# Vrste mreža

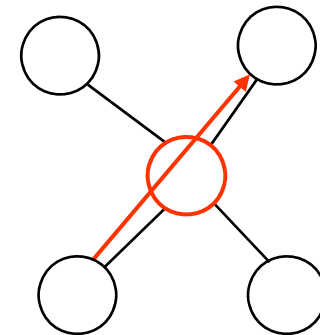
- prsten
  - svi čvorovi su povezani na zajednički prijenosni medij koji čini zatvorenu petlju (prsten), a komunikacija duž petlje je jednosmjerna
  - aktivna topologija
    - čvorovi sudjeluju u proslijeđivanju podataka
    - podaci odaslani s pojedinog čvora se primaju i obrađuju na sljedećem čvoru u prstenu te proslijeđuju do idućeg čvora
  - prednost
    - moguć prijenos na velike udaljenosti jer svaki čvor na putu od izvora do odredišta sudjeluje u komunikaciji i omogućava obnavljanje signala
  - nedostatak
    - osjetljivost na kvarove jer jedan čvor izvan funkcije prekida petlju
    - proširenje mreže novim čvorovima zahtijeva prekid rada cijele mreže
  - primjena: mreže velikog kapaciteta (optičke mreže)





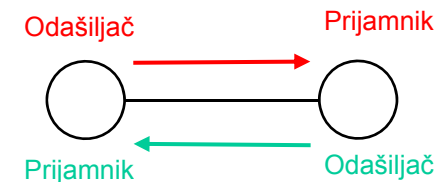
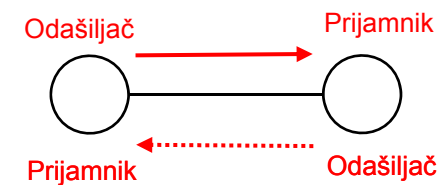
# Vrste mreža

- zvijezda
  - svi čvorovi su povezani na središnji čvor preko kojeg se obavlja sva komunikacija
  - središnji čvor uvijek sudjeluje u prosljeđivanju podataka
  - ova topologija omogućava centralizirano upravljanje mrežom
  - prednost
    - olakšano određivanje mjesta kvara te otklanjanje kvarova
    - jednostavno proširenje mreže novim čvorovima bez utjecaja na postojeće čvorove
  - nedostatak
    - potreba za velikom količinom kabela kako bi se svi čvorovi povezali na središnji čvor
    - pogreška ili kvar središnjeg čvora onemogućava funkcioniranje cijele mreže
  - primjena: lokalne mreže



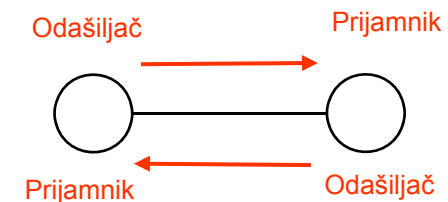
# Vrste mreža → VAŽNO

- u odnosu na smjer prijenosa informacije mreže mogu biti
  - jednosmjerne (*simplex*)
  - poludvosmjerne (*half-duplex*)
  - dvosmjerne (*full-duplex*)
- jednosmjerne mreže
  - informacija se može odašiljati u samo jednom smjeru (jedan čvor je odašiljač, a drugi prijamnik)
- poludvosmjerne mreže
  - informacija se može odašiljati u oba smjera, ali ne istodobno (čvor može biti i odašiljač i prijamnik ali ne u istom trenutku)
  - potrebno je rabiti proceduru kojom će se jedan čvor odrediti kao odašiljač, a drugi kao prijamnik (*walkie-talkie*)



# Vrste mreža

- dvosmjerne mreže
  - informacija se može odašiljati u oba smjera istodobno
  - pojedini čvor istodobno može biti i odašiljač i prijamnik, a podaci se prenose u oba smjera u isto vrijeme
  - djelotvoran način komunikacije, jer nema potrebe za određivanjem načina djelovanja čvora u određenom vremenskom trenutku



# Vrste mreža

- u odnosu na veličinu, mreže mogu biti
  - osobne mreže (PAN, *Personal Area Network*)
  - lokalne mreže (LAN, *Local Area Network*)
  - gradske mreže (MAN, *Metropolitan Area Network*)
  - regionalne mreže ili mreže širokih područja (WAN, *Wide Area Network*)

brojke su samo  
otprilike,  
nije ih važno  
znati

Udaljenost	Mreža se nalazi na	
1 m	na istom kvadratnom metru	} Osobna mreža
10 m	u istoj prostoriji	
100 m	u istoj zgradi	} Lokalna mreža
1 km	u istoj organizacijskoj jedinici	
10 km	u istom gradu	} Gradska mreža
100 km	u istoj državi	
1 000 km	na istom kontinentu	} Regionalna mreža
10 000 km	na više kontinenata	

# Vrste mreža

- osobne mreže
  - namijenjene su jednoj osobi
  - primjer: radijska mreža koja povezuje središnju jedinicu računala s mišem, tipkovnicom i pisačem
- lokalne mreže
  - privatne mreže unutar jedne zgrade ili više zgrada koje pripadaju istom organizacijskom području
  - najčešće se rabe za povezivanje osobnih računala i radnih postaja radi razmjene podataka između korisnika mreže (elektronička pošta, prijenos datoteka i sl.), te radi raspodjele i zajedničkog korištenja namjenske programske podrške, uređaja i opreme (npr. pisača, poslužitelja i sl.).
  - brzine prijenosa su u pravilu veće nego u MAN i WAN mrežama
  - najčešće se rabi neusmjereno odašiljanje, a tipične topologije su topologija sabirnice i topologija prstena

# Vrste mreža

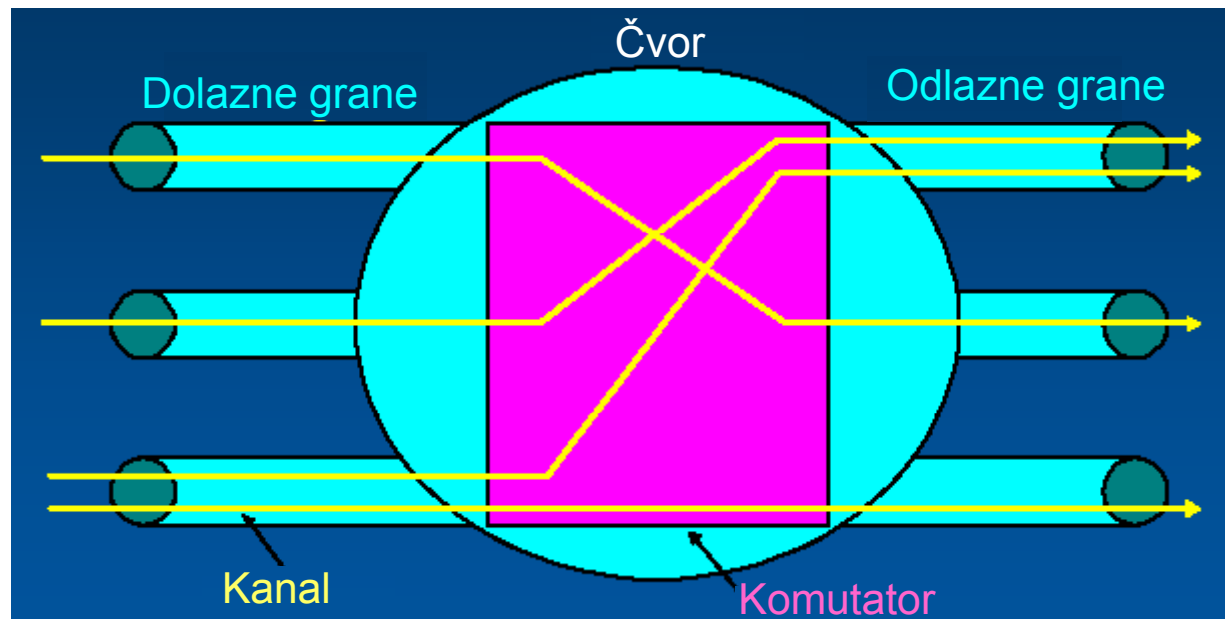
- gradske mreže
  - mreže koje pokrivaju područje jednog grada ili većeg naselja
  - primjeri: mreže za kabelsku televiziju, mreže za fiksni širokopojasni radijski pristup (FBWA, *Fixed Broadband Wireless Access*) kao što je npr. WiMAX
    - mreže za kabelsku televiziju omogućavaju distribuciju velikog broja televizijskih programa te pristup Internetu
    - mreže za fiksni širokopojasni radijski pristup omogućavaju povezivanje korisnika radijskim putem na javnu ili privatne mreže, a služe za dvosmjerni prijenos podataka visokim brzinama
- mreže širokih područja
  - pokrivaju veliko geografsko područje
  - sadrže veliki broj međusobno povezanih komutacijskih čvorova te u najvećem dijelu pripadaju skupini javnih mreža
    - izvode se i kao mreže s komutacijom kanala i kao mreže s komutacijom paketa

# Mreže s komutacijom kanala

- komunikacija se obavlja u tri faze
  - uspostavljanje kanala
    - izvor signalizacijskim porukama komunicira s mrežom i izražava želju za uspostavljanjem veze s određenim odredištem (signal poziva)
    - mreža određuje namjenski prijenosni put, tj. grane i čvorove, kojima će se prenositi informacija između izvora i odredišta
    - prijenosni put se ne uspostavlja ako potrebni kapacitet kanala nije raspoloživ na prijenosnom putu od izvora do odredišta (poziv je odbačen i komunikacija je neuspješna)
    - kanal zauzima fiksni kapacitet pojedine grane za vrijeme cijelog trajanja veze
    - kapacitet koji se ne rabi unutar uspostavljenog kanala ne može biti iskorišten u drugim kanalima koji se prenose istom granom
  - prijenos podataka
    - prijenos podataka započinje nakon uspostavljanja prijenosnog puta
    - za cijelo vrijeme trajanja veze svi podaci se prenose istim prijenosnim putem
  - raskidanje veze
    - nakon završetka komunikacije između izvora i odredišta veza se raskida
    - zahtjev za raskid dolazi iz izvora ili odredišta
    - nakon raskida veze mreža oslobađa sve resurse koje mogu rabiti druge veze

# Mreže s komutacijom kanala

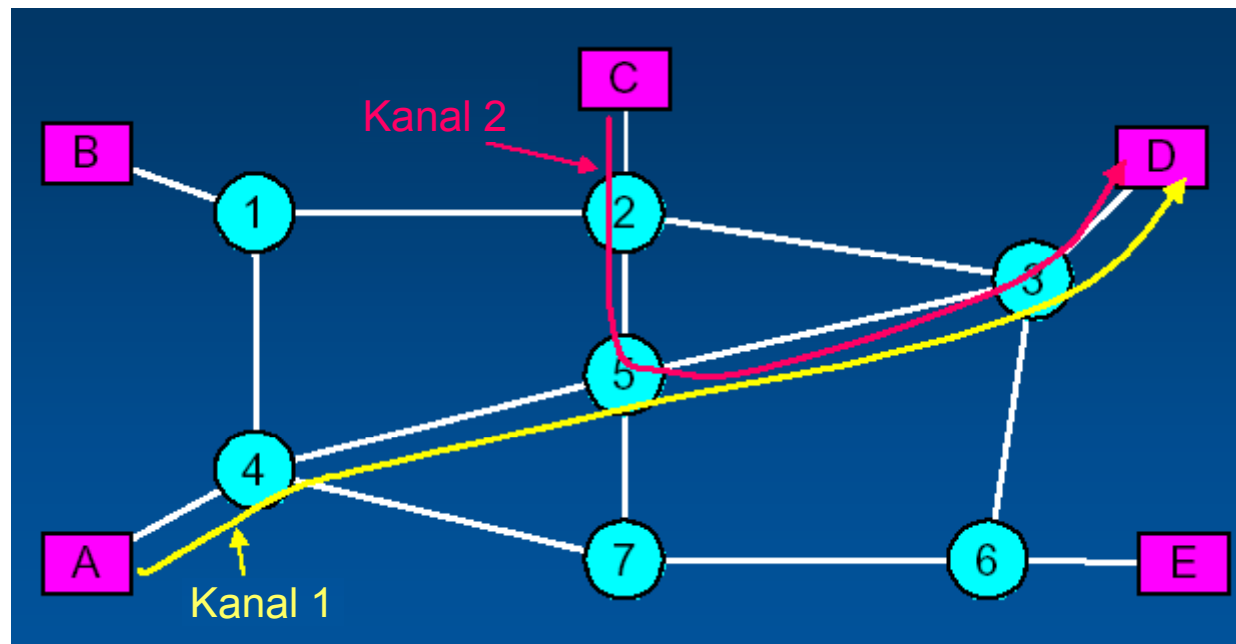
- čvor u mreži s komutacijom kanala





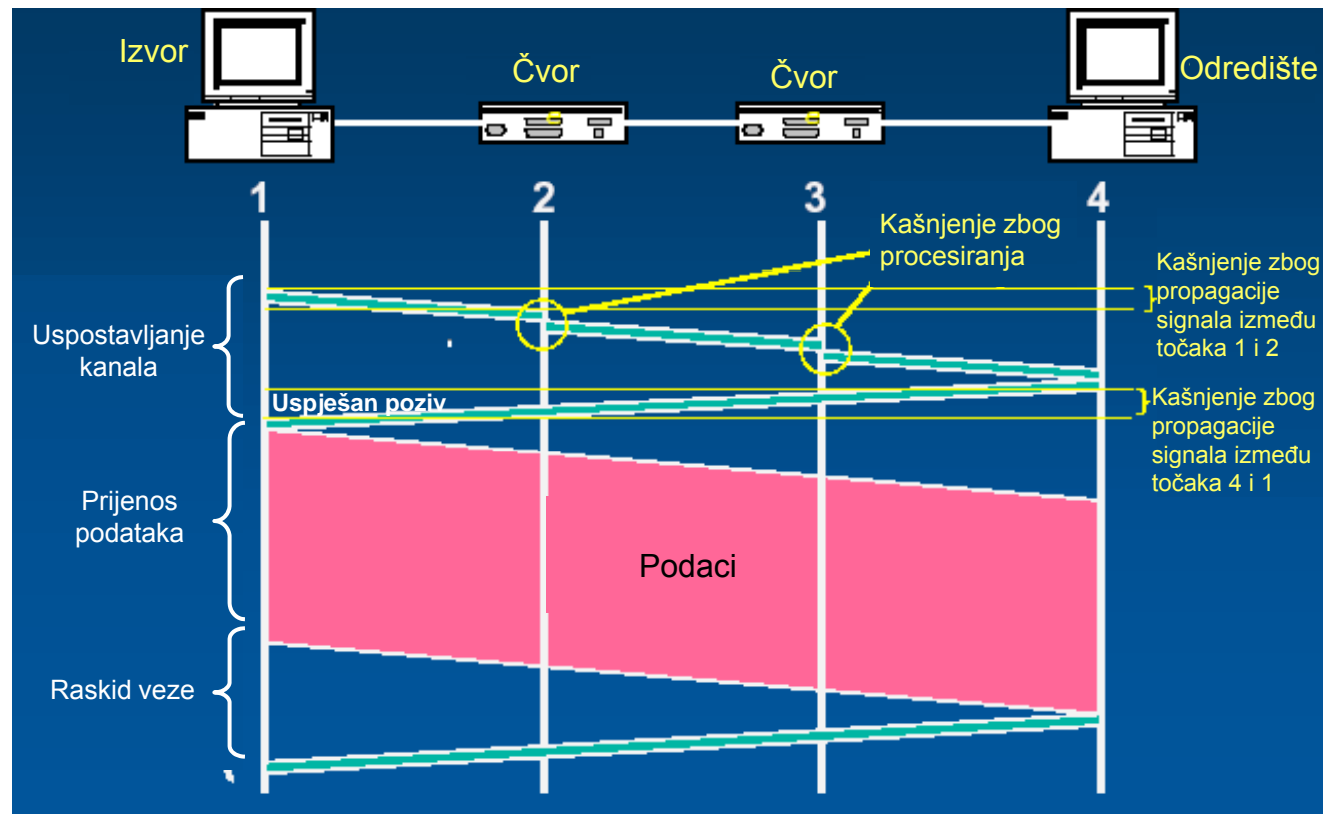
# Mreže s komutacijom kanala

- mreža s komutacijom kanala



# Mreže s komutacijom kanala **važno!**

- kašnjenje signala u mreži s komutacijom kanala



nakon uspostave veze, brzina i kašnjenje su konstantni

# Mreže s komutacijom kanala

- kašnjenje signala u mreži s komutacijom kanala
  - uspostavljanje veze unosi kašnjenje u prijenos informacije
    - signal kojim se rezervira put kroz mrežu (signal poziva) mora doći do odredišta, koje potvrđuje da li želi prihvatiti komunikaciju s izvorom
    - potvrda se šalje od odredišta natrag prema izvoru
  - nakon uspostavljanja poziva jedino kašnjenje u prijenosu izazvano je širenjem signala kroz prijenosni medij (kašnjenje zbog propagacije)
    - ovisi o vrsti prijenosnog medija i duljini grane
  - komutatori ne unose znatnije kašnjenje u prijenos informacije

# Mreže s komutacijom kanala

- prednost mreže s komutacijom kanala
  - omogućava kontinuirani prijenos informacije s malim kašnjenjem
  - omogućava komunikaciju u stvarnom vremenu
- nedostatak mreže s komutacijom kanala
  - kanal zauzima fiksni kapacitet za vrijeme cijelog trajanja veze neovisno o tome da li se i koliko se informacije prenosi
  - ovakav način komutacije može biti neučinkovit i skup ukoliko se mali dio kapaciteta kanala rabi za prijenos informacije
- primjeri mreža s komutacijom kanala
  - telefonska mreža (PSTN, *Public Switched Telephone Network*)
  - digitalna mreža s integriranim uslugama (ISDN, *Integrated Services Digital Network*)

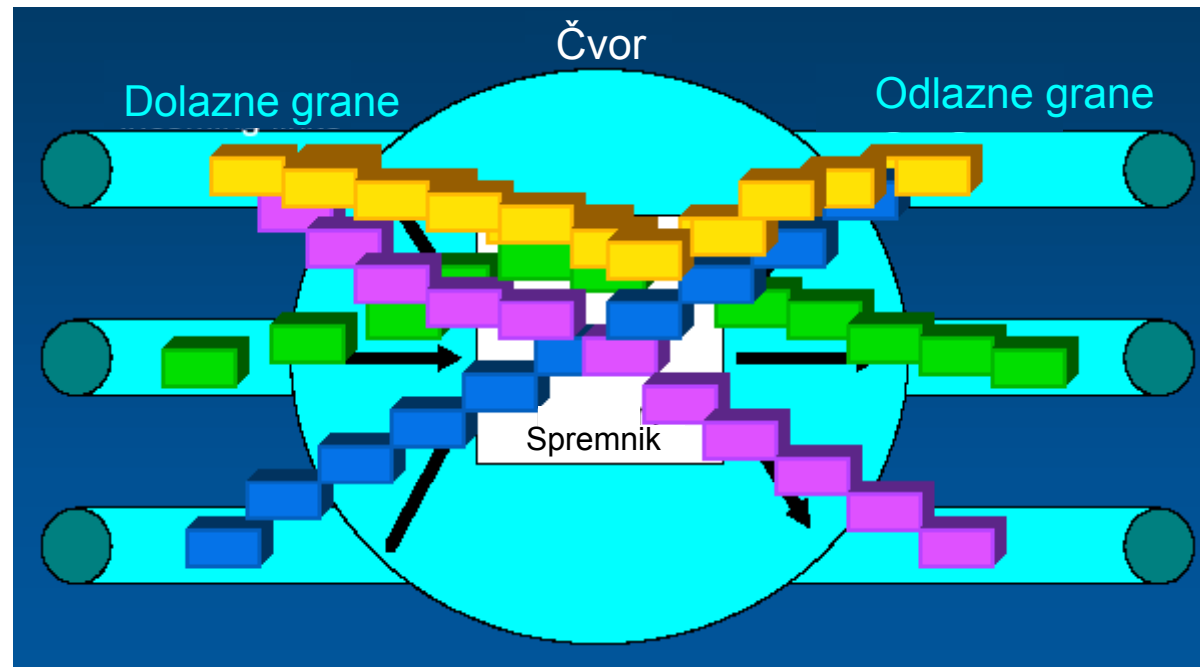
# Mreže s komutacijom paketa

- podaci se odašilju u obliku paketa
  - paket je oblikovani slijed bita
  - informacija se u izvoru informacije dijeli na pakete, svakom paketu se dodjeljuje redni broj i paketi se šalju jedan za drugim u mrežu
  - paketi se prenose od čvora do čvora prema odredištu
  - ako u određenoj grani na putu prema odredištu nema slobodnog kapaciteta, paketi čekaju u spremnicima
  - u ovisnosti o stanju u mreži mijenja se kašnjenje u prijenosu paketa
  - paket se sastoji od zaglavlja (*header*), podataka (*data*) i završnog dijela (*trailer*)
    - zaglavlje i završni dio prenose upravljačke informacije čiji sastavni dio mora biti adresa odredišta



# Mreže s komutacijom paketa

- čvor u mreži s komutacijom paketa

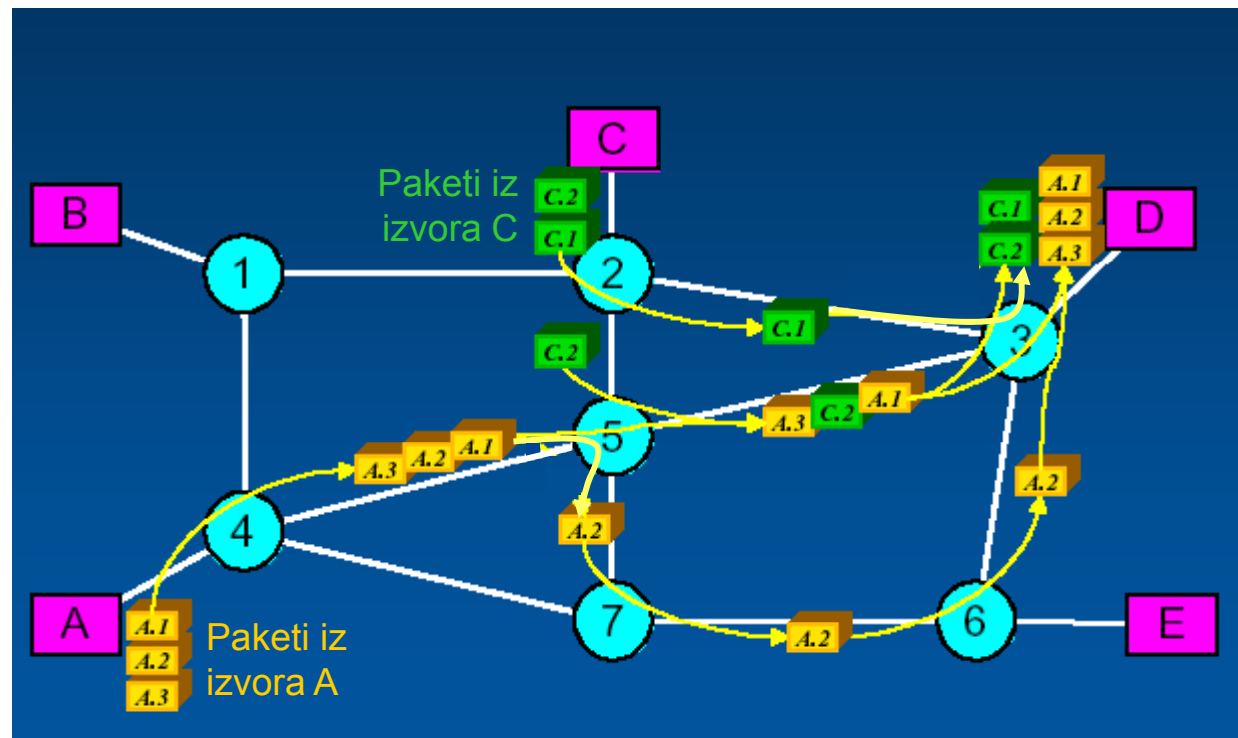


# Mreže s komutacijom paketa

- komutacija paketa u obliku datagrama
  - datagrami su paketi s neovisnim usmjeravanjem
    - mrežni čvorovi procesiraju svaki paket neovisno o ostalim paketima
      - npr. ukoliko računalu A šalje dva paketa računalu B putem datagramske mreže, čvorovi u mreži ne znaju da paketi pripadaju jedan drugom tako da se paketi mogu usmjeravati kroz mrežu do računala B različitim putovima
  - datagrami omogućavaju nespojnu (*connectionless*) mrežnu uslugu
    - prije prijenosa paketa kroz mrežu nije potrebno prethodno uspostaviti vezu između izvora i odredišta
  - zaglavlje svakog paketa mora sadržavati potpunu adresu odredišta
  - posljedica neovisnog procesiranja paketa u čvorovima
    - slijed paketa može biti primljen u promijenjenom redoslijedu u odnosu na redoslijed paketa pri odašiljanju
- glavni primjer mreže s komutacijom datagrama je Internet

# Mreže s komutacijom paketa

- mreža s komutacijom datagrama



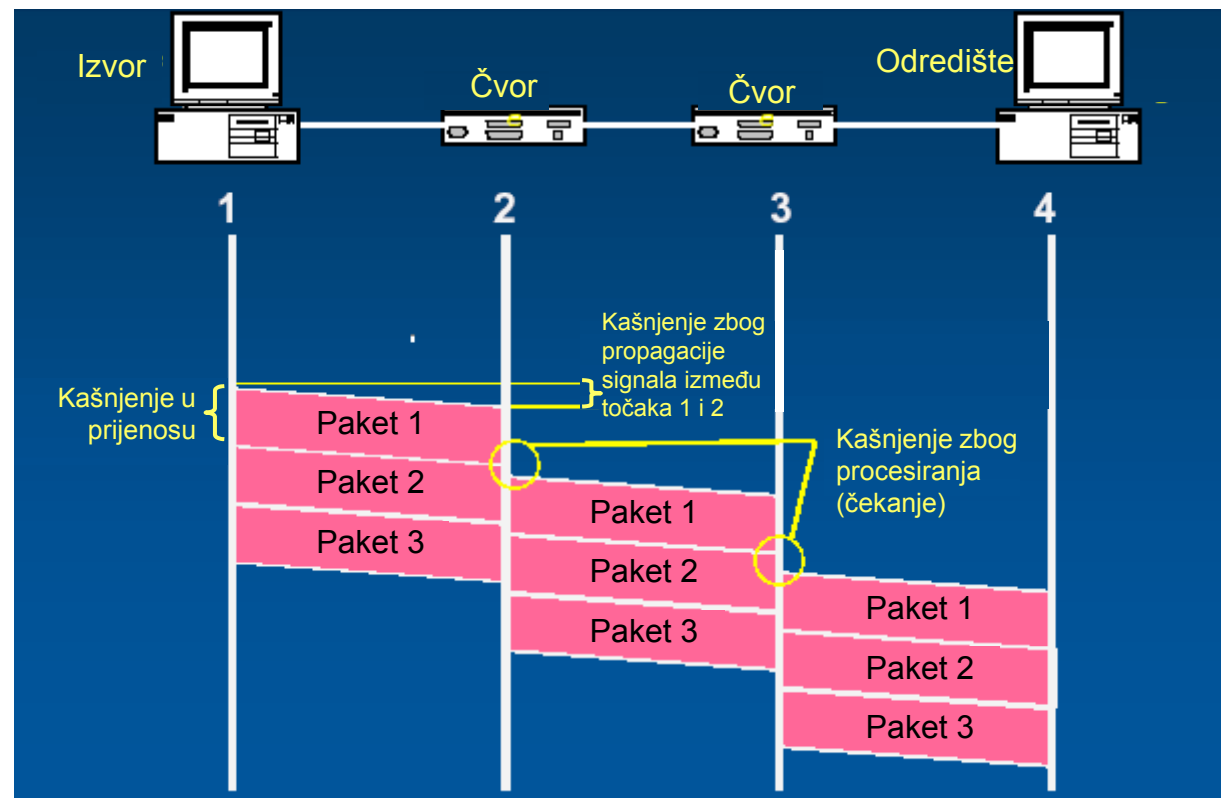


# Mreže s komutacijom paketa

- kašnjenje signala u mreži s komutacijom datagrama
  - prije prijenosa paketa kroz mrežu nije potrebno prethodno uspostaviti vezu između izvora i odredišta, tako da uspostavljanje veze ne unosi kašnjenje u prijenos paketa
  - zbog čekanja paketa u spremnicima čvora može se pojaviti značajno kašnjenje u prijenosu paketa
  - u slučaju zagušenja u mreži kašnjenje u prijenosu paketa raste
  - kašnjenje zbog propagacije izazvano je širenjem signala kroz prijenosni medij (ovisi o duljini grane i vrsti prijenosnog medija)
  - kašnjenje u prijenosu informacije ovisi o duljini paketa i kapacitetu pojedine grane
    - smanjenjem duljine paketa kašnjenje se smanjuje
    - porastom kapaciteta kašnjenje se smanjuje

# Mreže s komutacijom paketa

- kašnjenje signala u mreži s komutacijom datagrama

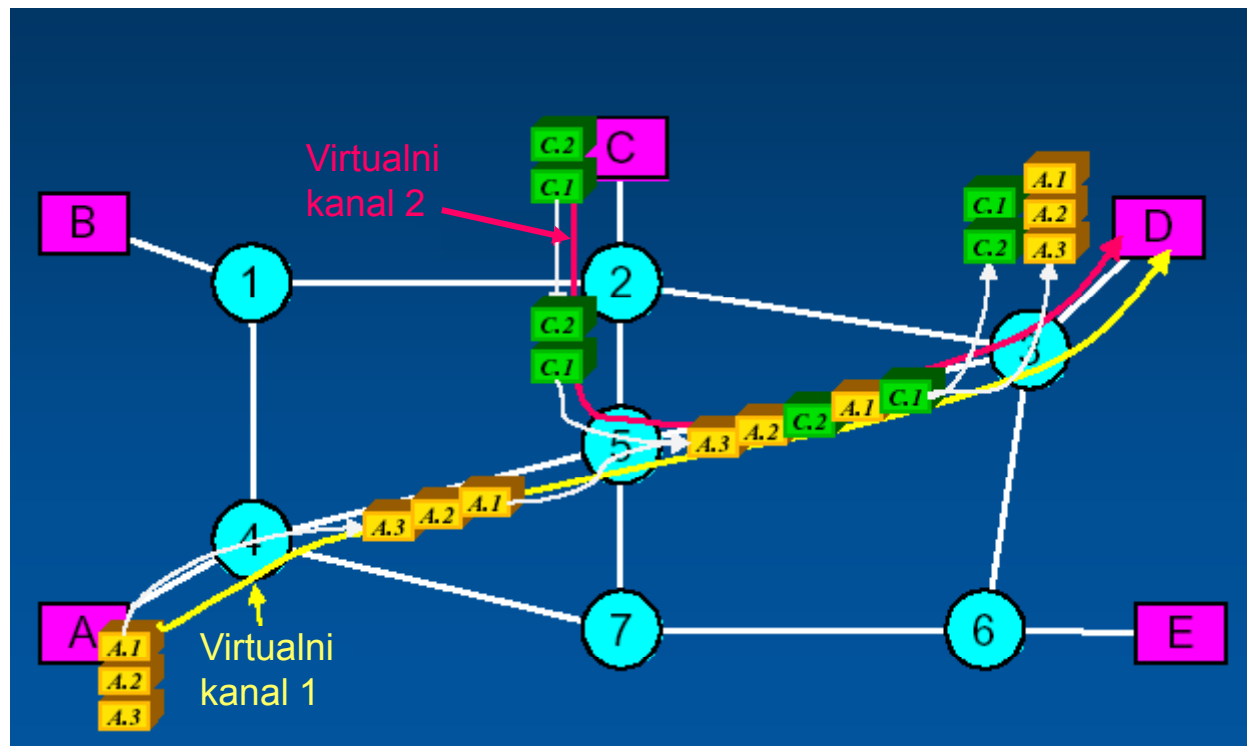


# Mreže s komutacijom paketa

- komutacija paketa virtualnim kanalima
  - objedinjuje načela komutacije kanala i komutacije paketa
  - podaci se odašilju u obliku paketa
  - svi paketi koji pripadaju jednom slijedu paketa prenose se unaprijed uspostavljenim virtualnim kanalom
  - zajamčeno je dostavljanje paketa u točno određenom slijedu
  - paketi različitih virtualnih kanala mogu biti isprepleteni u prijenosu
- primjeri mreža s komutacijom paketa virtualnim kanalima
  - X.25 mreže
    - razvijene 70-ih godina prošlog stoljeća i korištene za javnu mrežu s komutacijom paketa
  - mreže s asinkronim načinom prijenosa (ATM, *Asynchronous Transfer Mode*)
    - razvijene 80-ih godina prošlog stoljeća za prijenos govora, videa i podataka jedinstvenom mrežom

# Mreže s komutacijom paketa

- mreža s komutacijom paketa virtualnim kanalima

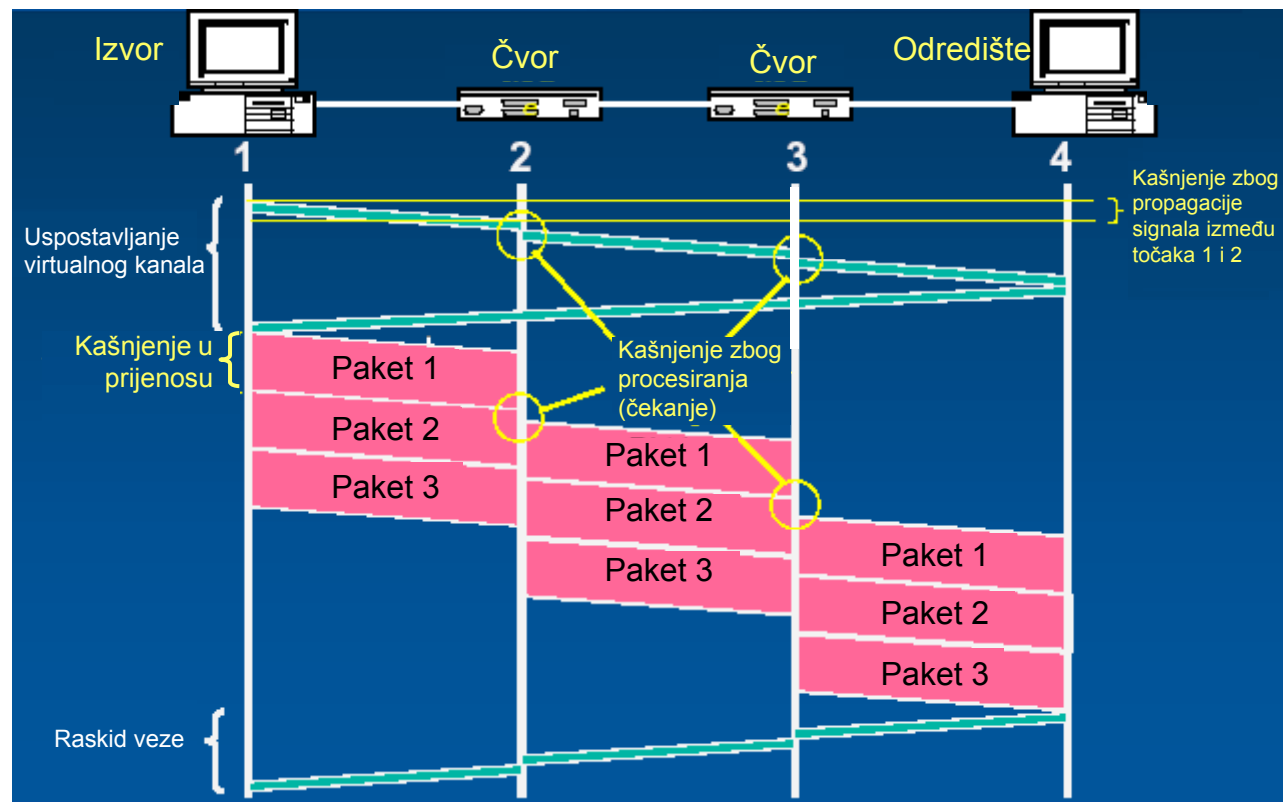


# Mreže s komutacijom paketa

- mreža s komutacijom paketa virtualnim kanalima
  - virtualnim kanalom oponaša se koncept stvarnog kanala kojim se uspostavlja put kroz mrežu od izvora i odredišta, a koji se dodjeljuje na zahtjev ili trajno
  - najprije se uspostavlja put kojim će prolaziti svi paketi za traženu komunikaciju izvor-odredište
  - taj put se označava u čvorovima mreže na putu te se nakon toga svi paketi prenose tim putem
  - paketi u nepromijenjenom redoslijedu dolaze do odredišta
  - nakon završetka komunikacije virtualni kanal se prekida

# Mreže s komutacijom paketa

- kašnjenje signala u mreži s komutacijom paketa virtualnim kanalima



# Mreže s komutacijom paketa

- prednost mreže s komutacijom paketa
  - kapaciteti mreže su zauzeti samo za vrijeme prijenosa paketa
  - broj i veličina paketa može se prilagoditi značajkama izvora informacije
  - u vremenskim intervalima u kojima jedan izvor ne odašilje pakete, mogu se prenositi paketi drugih izvora
- nedostatak mreže s komutacijom paketa
  - zbog kašnjenja i promjenjivosti kašnjenja otežana je komunikacija u stvarnom vremenu
  - dio kapaciteta mreže se troši na prijenos upravljačkih informacija (zaglavlja paketa)
  - paketi se nesmiju previše smanjiti jer e tada zaglavlje biti ve e od korisne informacije

# Usporedba komutiranih mreža-jako važno!

Komutacija kanala	Komutacija datagrama	Komutacija paketa virtualnim kanalima
<ul style="list-style-type: none"> <li>• namjenski prijenosni put</li> <li>• kontinuirani prijenos</li> <li>• isti prijenosni put za vrijeme trajanja veze</li> <li>• kašnjenje zbog uspostavljanja veze</li> <li>• zanemarivo kašnjenje u prijenosu</li> <li>• nema kašnjenja zbog čekanja u čvorovima</li> <li>• fiksna širina pojasa za svaki kanal</li> <li>• u slučaju zagušenja u mreži veza se ne uspostavlja</li> <li>• nakon uspostavljanja poziva prenosi se samo korisna informacija</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ne rabi se namjenski prijenosni put</li> <li>• prijenos paketa</li> <li>• neovisni prijenos paketa različitim prijenosnim putovima</li> <li>• nema kašnjenja zbog uspostavljanja veze</li> <li>• znatno kašnjenje u prijenosu za svaki paket</li> <li>• prisutno kašnjenje zbog čekanja u čvorovima</li> <li>• paketi dijele raspoloživu širinu pojasa</li> <li>• zagušenje u mreži povećava kašnjenje paketa</li> <li>• u svakom paketu su uz korisnu prisutne i upravljačke informacije</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ne rabi se namjenski prijenosni put</li> <li>• prijenos paketa</li> <li>• isti prijenosni put za slijed paketa</li> <li>• kašnjenje zbog uspostavljanja veze</li> <li>• znatno kašnjenje u prijenosu za svaki paket</li> <li>• prisutno kašnjenje zbog čekanja u čvorovima</li> <li>• paketi dijele raspoloživu širinu pojasa</li> <li>• zagušenje u mreži povećava kašnjenje paketa</li> <li>• u svakom paketu su uz korisnu prisutne i upravljačke informacije</li> </ul>



# Usporedba komutiranih mreža

- za vrednovanje svojstava mreže s komutacijom kanala rabi se vjerojatnost blokiranja
  - vjerojatnost da pozivajući korisnik ne dobije vezu
    - ovisi o brojnim parametrima kao što su: topologija (građa) mreže, ulazni promet, kapaciteti grana, način usmjeravanja
  - vjerojatnost blokiranja  $i$ -te grane ovisi o broju kanala u grani i ulaznom prometu
  - razmatrajući uspostavljanje veze preko svih grana na putu od izvora do odredišta određuje se vjerojatnost blokiranja koja predstavlja kriterij kvalitete u ovoj vrsti mreža

# Usporedba komutiranih mreža

- za vrednovanje svojstava mreže s komutacijom paketa rabi se kašnjenje paketa
  - srednja vrijednost vremena zadržavanja paketa u mreži
    - ovisi o brojnim parametrima kao što su: topologija (građa) mreže, ulazni promet, kapaciteti grana, način usmjeravanja
  - karakteristike  $i$ -te grane ovise o ulaznom prometu, prosječnoj duljini paketa te brzini prijenosa u grani
  - razmatrajući mrežu u cijelosti može se odrediti srednja vrijednost vremena kašnjenja paketa u mreži koja predstavlja kriterij kvalitete u ovoj vrsti mreža

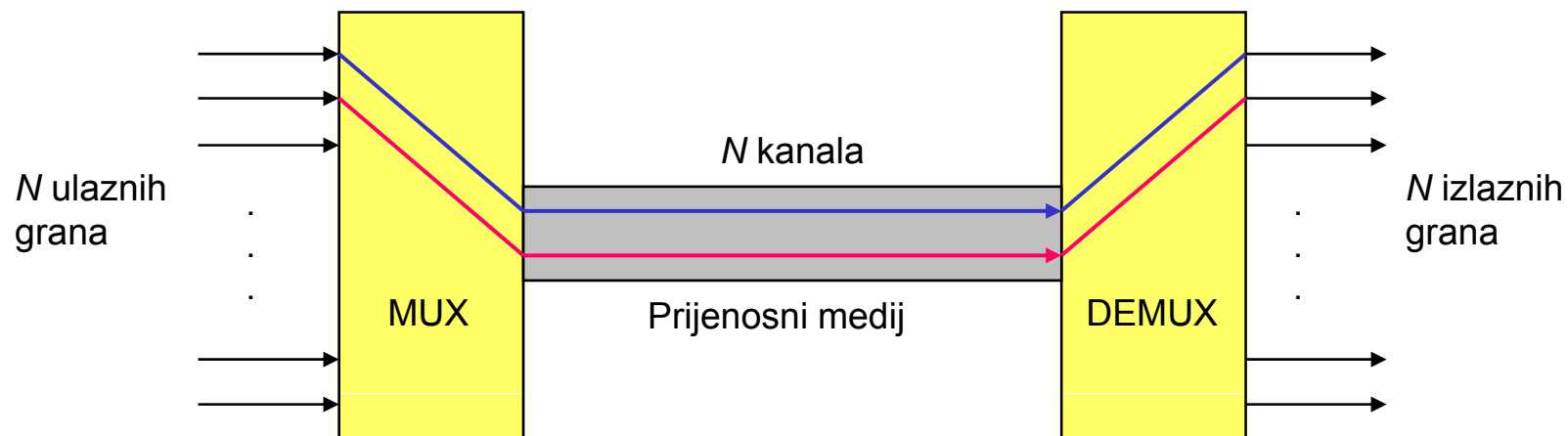
# Tehnike multipleksiranja

u ovom dijelu teksta kanal se ne odnosi samo na frekv. područje, nego ima širu značajku

- multipleksiranje (*multiplexing*)
  - postupak kojim se većem broju izvora i odredišta omogućava istodobna uporaba iste grane ili veze (*link*) u mreži
  - prijenosni medij, koji se rabi u određenoj grani, višestruko je iskorišten
  - omogućena je optimalna uporaba kapaciteta veze uz što manje preopterećenja i podopterećenja
  - višestruka uporaba prijenosnog medija omogućena je raspodjelom kapaciteta prijenosnog medija na nekoliko načina
    - raspodjela po frekvenciji
    - raspodjela po vremenu
    - raspodjela po kodu → svakome korisniku njegov kod (niz 0 i 1) po kojem se njemu dodjeljuje određeno frekv. ili vremensko područje
    - raspodjela po valnoj duljini
    - statistička raspodjela, itd.

# Tehnike multipleksiranja

- načelo multipleksiranja
  - u uređaj za multipleksiranje (MUX) ulazi  $N$  grana
  - uređaj za multipleksiranje povezan je s uređajem za demultipleksiranje (DEMUX) preko zajedničkog prijenosnog medija, tj. jednom vezom od točke do točke
  - uređaj za multipleksiranje kombinira podatke iz  $N$  grana u jedan zajednički signal koji se šalje prema uređaju za demultipleksiranje
  - DEMUX izdvaja pojedine podatke i dostavlja ih na odgovarajući izlaz

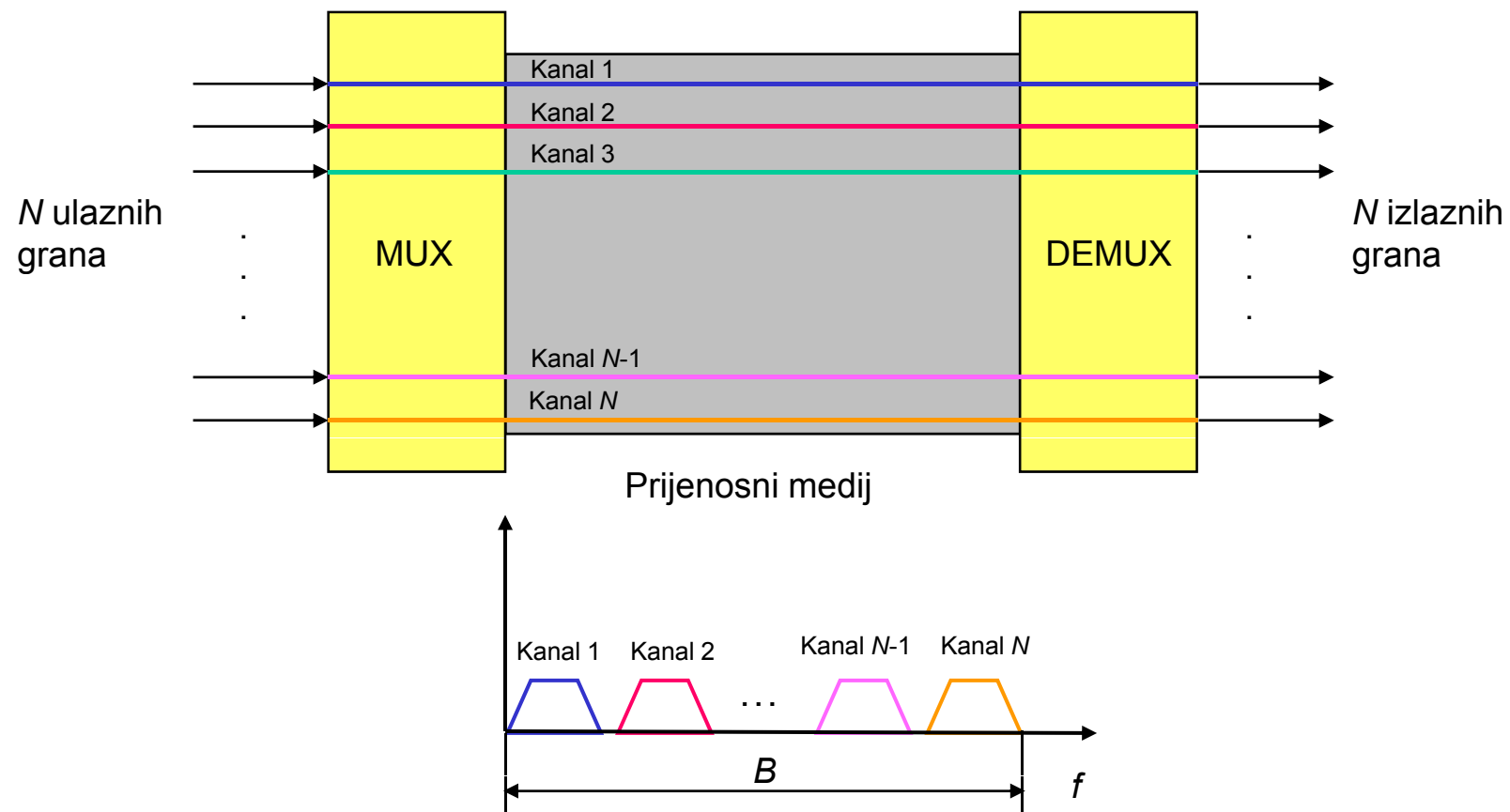


# Tehnike multipleksiranja

- multipleksiranje po frekvenciji (FDM, *Frequency Division Multiplexing*)
  - raspoloživi pojas frekvencija  $B$  dijeli se na manje dijelove – kanale
    - svakom paru, jednoj ulaznoj i jednoj izlaznoj grani, dodjeljuje se određeni frekvencijski kanal u koji se smještaju modulirani signali za prijenos podataka (svakom korisniku  $B/N$  dio frekv. područja, gdje je  $N$  broj korisnika)
  - između susjednih kanala ostavlja se zaštitni pojas frekvencija
    - zaštitni pojas je potreban kako bi se spriječilo da sporedne spektralne komponente moduliranog signala, koje padaju izvan dodijeljenoga kanala, ometaju susjedne kanale
  - zaštitni pojasevi uzrokom su frekvencijske neučinkovitosti FDM-a
    - zaštitni se pojasevi ne koriste za prijenos podataka pa je time smanjen kapacitet prijenosa u FDM-sustavu
  - rabi se za radiodifuziju radijskih i televizijskih programa, satelitske komunikacije, prijenos analognog telefonskog signala govora
    - npr. u analognoj telefonskoj mreži potrebna je širina pojasa za prijenos govora od 3,1 kHz, za prijenos se dodjeljuje 4 kHz, a u kanalu širine pojasa 64 kHz može se prenositi 16 razgovora  $4 \times 16 = 64$

# Tehnike multipleksiranja

- multipleksiranje po frekvenciji najjednostavnije i prvo korišteno, naješće se koristi u analognom

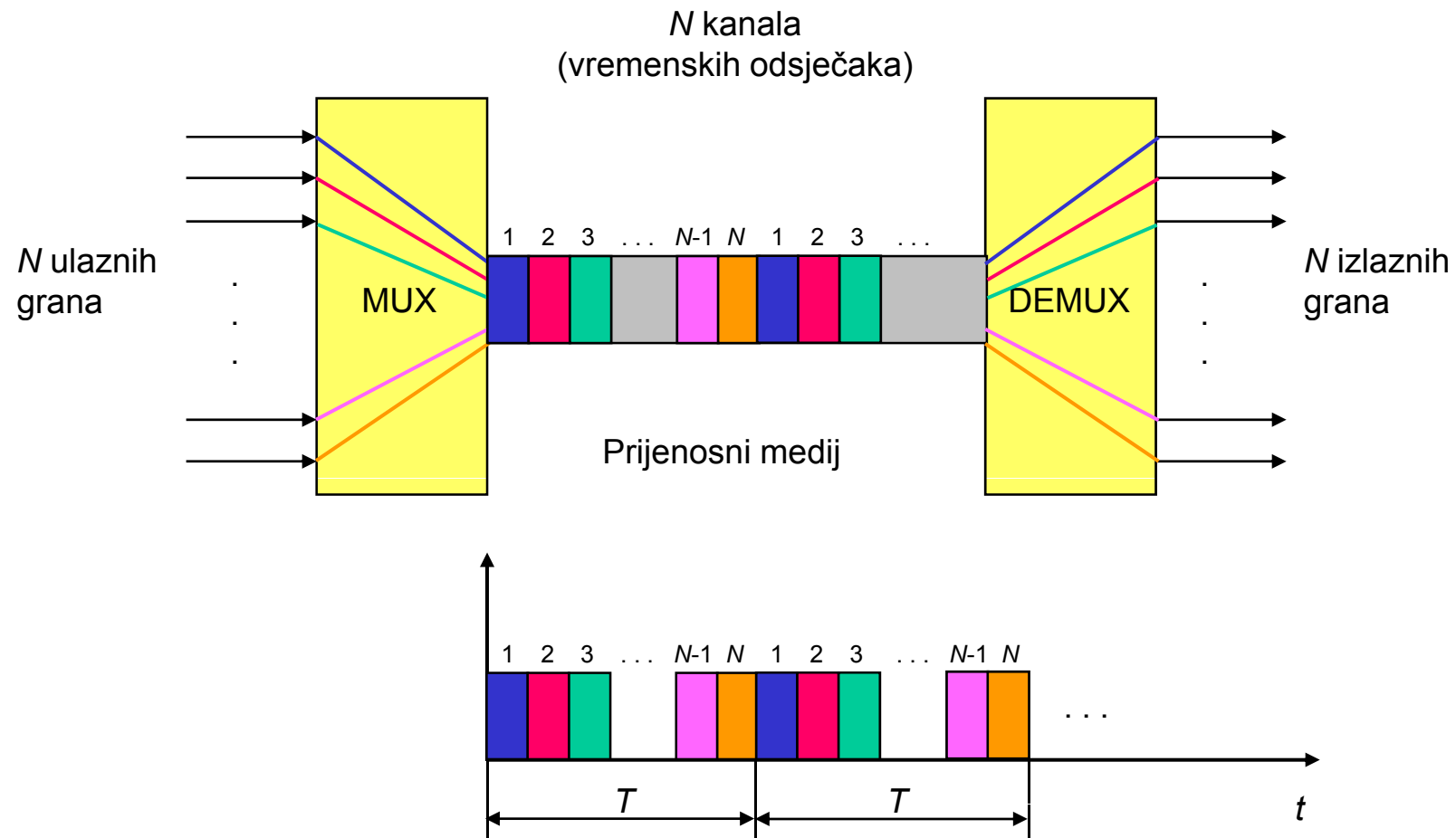


# Tehnike multipleksiranja

- multipleksiranje po vremenu (TDM, *Time Division Multiplexing*)
  - raspoloživo vrijeme dijeli se na vremenske okvire  $T$  (*frame*), a svaki okvir na manje vremenske odsječke jednakog trajanja **odsje**  $c_i = \text{korisnici} = \text{kanali}$
  - svakom paru, jednoj ulaznoj i jednoj izlaznoj grani, dodjeljuje se određeni vremenski odsječak (*time slot*) unutar okvira (**fixno**)
  - okviri se ponavljaju, a odsječci ciklički izmjenjuju
    - dijelovi signala iz pojedinog izvora isprepleteni su u vremenu s dijelovima ostalih signala
  - vremenski slijed odsječaka namijenjen jednom paru ulazne i izlazne grane naziva se kanal
  - **fiksna dodjela vremenskih odsječaka uzrokuje neučinkovitost TDM-a**
    - vremenski odsječak dodijeljen pojedinom paru ulazne i izlazne grane ima fiksno trajanje, a trajanje vremenskog odsječaka ne mijenja se bez obzira na to da li ima ili nema podataka za prijenos u tom odsječku
  - rabi se u prijenosu **digitalnog** telefonskog signala, prijenosu podataka, satelitskim komunikacijama, itd.

# Tehnike multipleksiranja

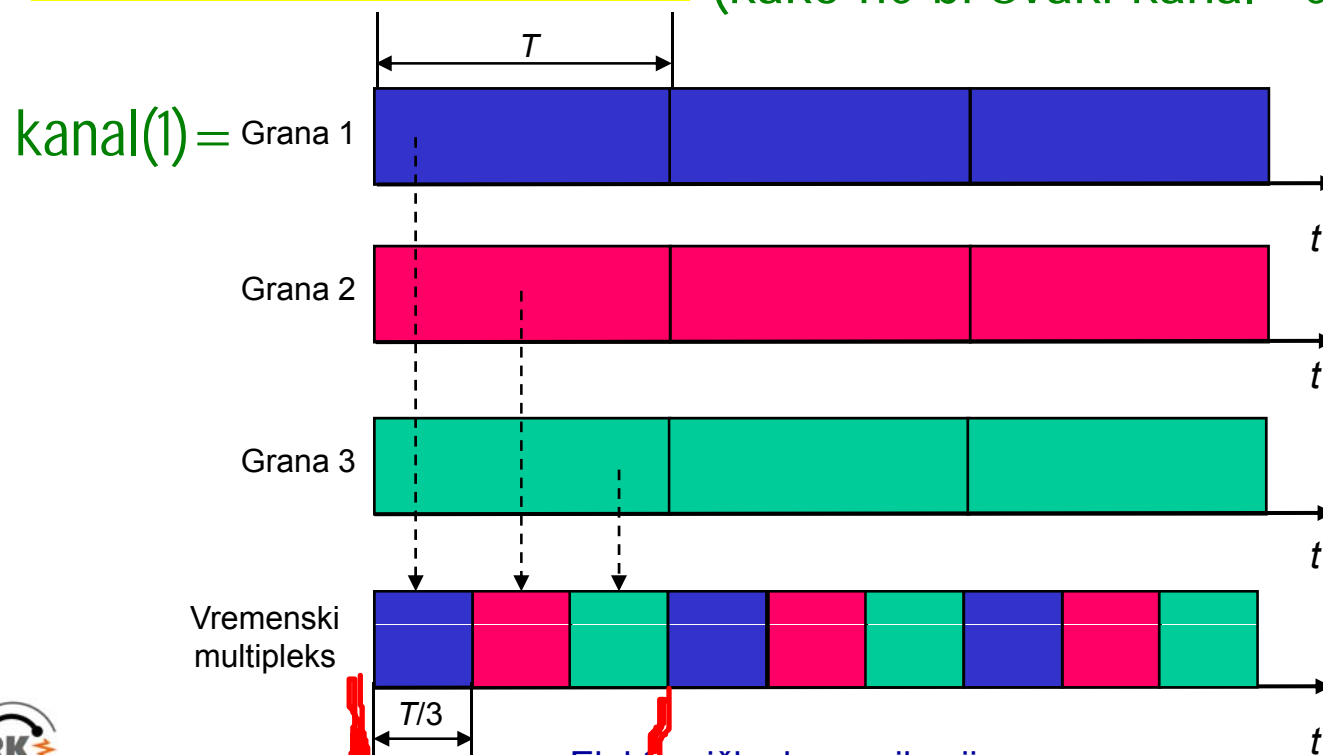
- multipleksiranje po vremenu





# Tehnike multipleksiranja

- primjer multipleksiranja po vremenu s tri ulazne grane
  - vremenski odsječci ( $T/3$ ) mogu predstavljati bitove ili oktete
  - svaki kanal može na zajedničkom prijenosnom putu koristiti samo  $1/3$  vremena izvornog kanala
  - brzina prijenosa (kapacitet) zajedničkog prijenosnog puta je tri puta veća od brzine svakoga ulaznog kanala (kako ne bi svaki kanal ekao-slao- ekao)

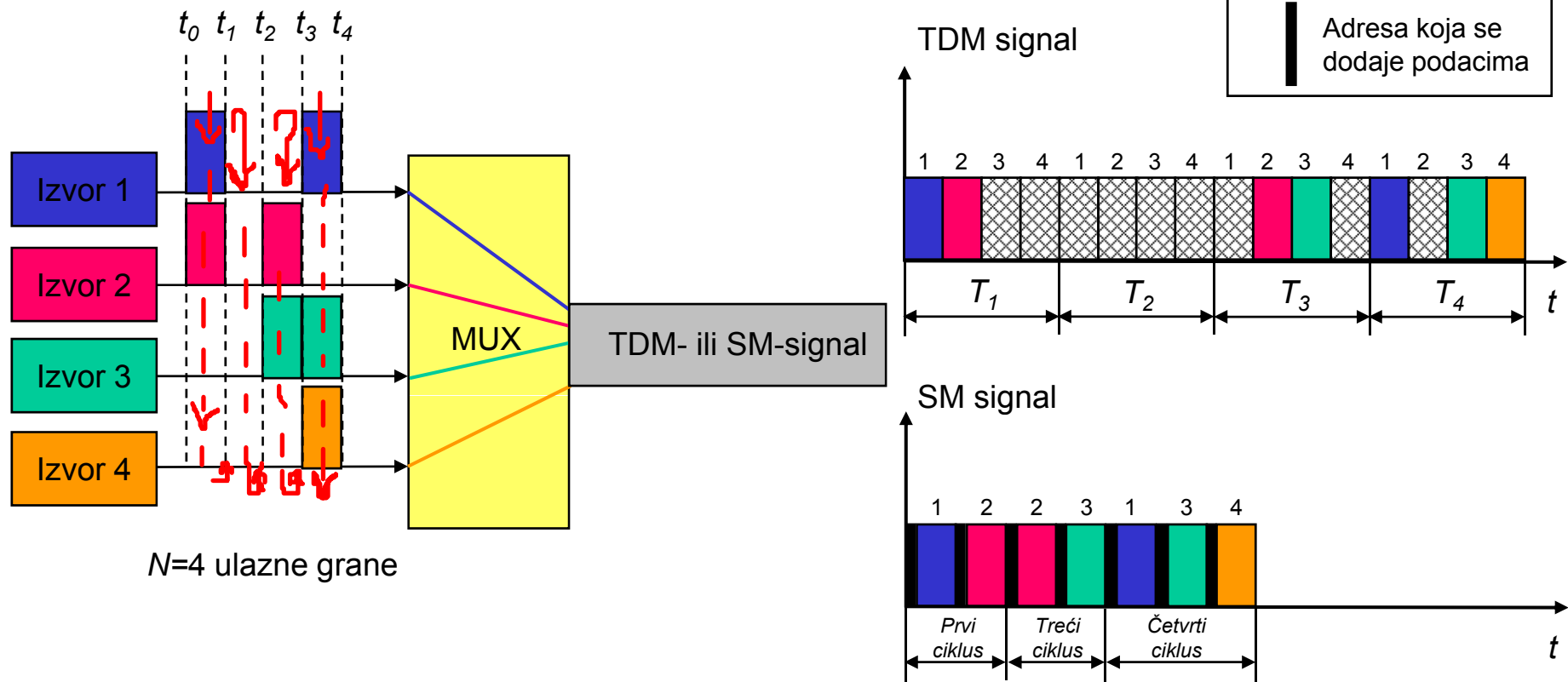


# Tehnike multipleksiranja

- statističko multipleksiranje (SM, *Statistical Multiplexing*) → poboljšanje TDM postupka
  - primjenjuje se na podatke koji su organizirani u pakete
  - temelji se na činjenici da izvori spojeni na ulaz uređaja za multipleksiranje uglavnom ne šalju podatke stalno, a različiti izvori rijetko šalju podatke istodobno
  - vremenski odsječci se dinamički dodjeljuju pojedinim izvorima u skladu s količinom podataka koju izvor generira
    - paketi se prije odašiljanja pohranjuju u međuspremniku
    - kako nije unaprijed poznato kojem izvoru će biti pridružen koji vremenski odsječak neophodno je podacima pridružiti adresu kako bi se omogućila točna isporuka podataka
    - veći broj vremenskih odsječaka dodjeljuje se izvoru koji generira veći broj paketa
      - u TDM sustavu se skupu od  $N$  ulaznih grana pridružuje  $N$  vremenskih odsječaka u okviru
      - u SM sustavu se skupu od  $N$  ulaznih grana pridružuje  $M$  vremenskih odsječaka pri čemu je  $M < N$

# Tehnike multipleksiranja

- usporedba TDM i SM



# Tehnike multipleksiranja

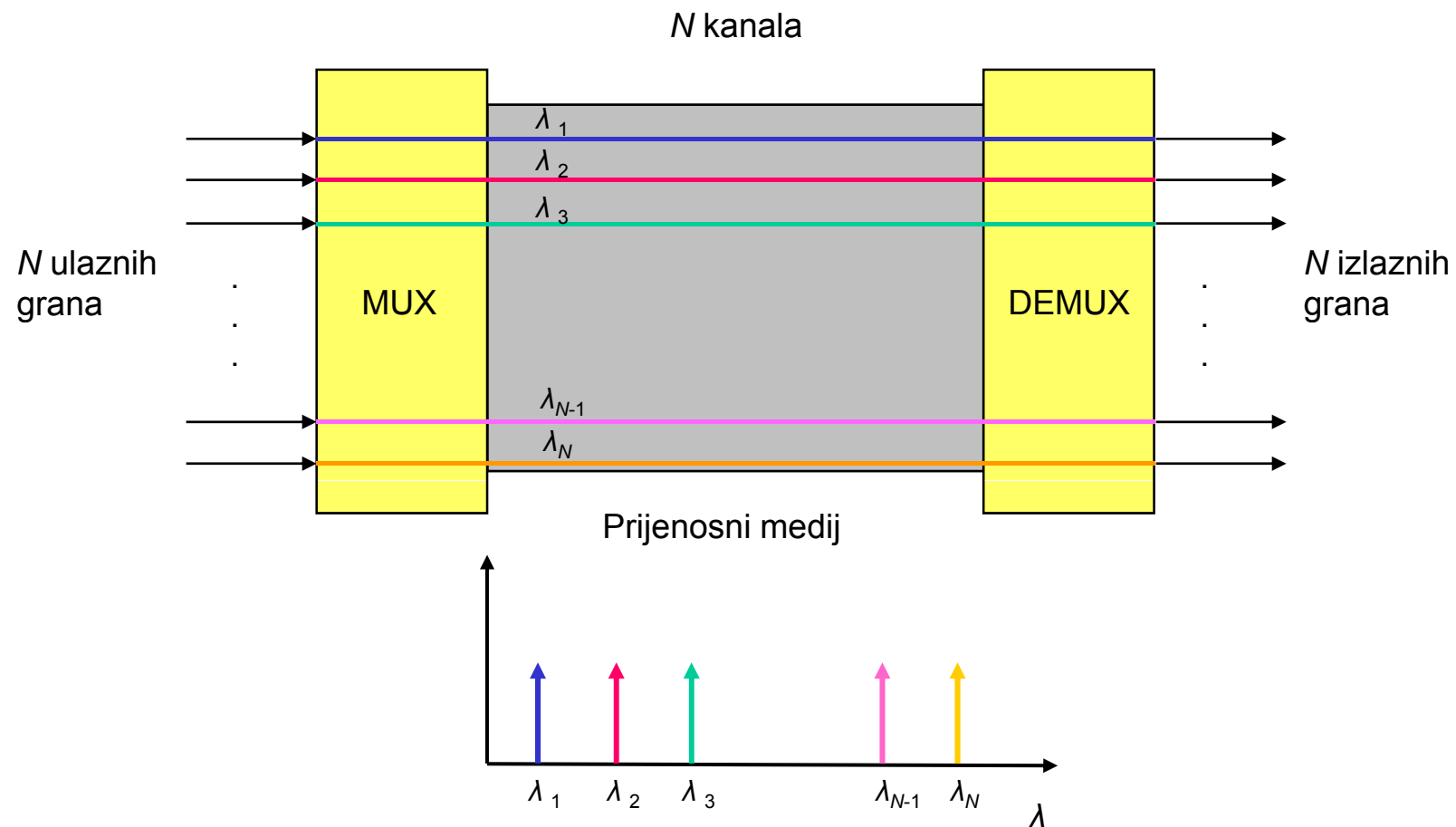
- usporedba TDM i SM ;primjer, nije toliko važan slajd
  - na ulaz uređaja za multipleksiranje spojene su 4 grane ( $N = 4$ ), a na svaku granu jedan izvor informacije
    - proces multipleksiranja započinje u trenutku  $t_0$ , u trenutku  $t_1$  na raspolaganju su paketi iz izvora 1 i 2, dok izvori 3 i 4 ne odašilju podatke, u intervalu od  $t_1$  do  $t_2$  niti jedan izvor nije generirao pakete, a u intervalu od  $t_2$  do  $t_3$  izvori 2 i 3 generiraju podatke
  - uređaj za multipleksiranje u TDM sustavu
    - podaci iz intervala od  $t_0$  do  $t_1$  iz izvora 1 i 2 smještaju se u odgovarajuće vremenske odsječke, a odsječci koji pripadaju izvorima 3 i 4 prenose se prazni (*empty slot*)
    - u intervalu od  $t_1$  do  $t_2$  svi odsječci se prenose prazni i nastavlja se multipleksiranje podataka iz intervala od  $t_2$  do  $t_3$
  - uređaj za multipleksiranje u SM sustavu
    - podaci iz intervala od  $t_0$  do  $t_1$  iz izvora 1 i 2 smještaju se u odgovarajuće vremenske odsječke, a iza njih smještaju podaci iz intervala od  $t_2$  do  $t_3$  jer u intervalu od  $t_1$  do  $t_2$  niti jedan izvor nije generirao pakete

# Tehnike multipleksiranja

- multipleksiranje po valnoj duljini (WDM, *Wavelength Division Multiplexing*) ;zapravo isto što i FDM, jer je  $\lambda = c/f$ , samo druga jedinica
  - rabi se samo u optičkim komunikacijskim sustavima
  - svakom paru, jednoj ulaznoj i jednoj izlaznoj grani, dodjeljuje se određena valna duljina koja se naziva optički kanal
  - više različitih valnih duljina se multipleksira i prenosi jednim svjetlovodom
  - kako je valna duljina proporcionalna recipročnoj vrijednosti frekvencije, WDM je koncepcijski sličan FDM-u
  - raspoloživa širina pojasa u WDM-u iznosi nekoliko THz (zato je brža optika)
  - razvijena su dva sustava WDM-a: rijetki (Coarse - CWDM) i gusti (Dense - DWDM)
    - kod CWDM se koristi 2 do 10 kanala po svjetlovodu s razmakom kanala od 5 do 50 nm manje kanala s ve im razmakom
    - kod DWDM se koristi 10 do 100 kanala po svjetlovodu s razmakom kanala od 0,1 do 5 nm više kanala s manjim razmakom

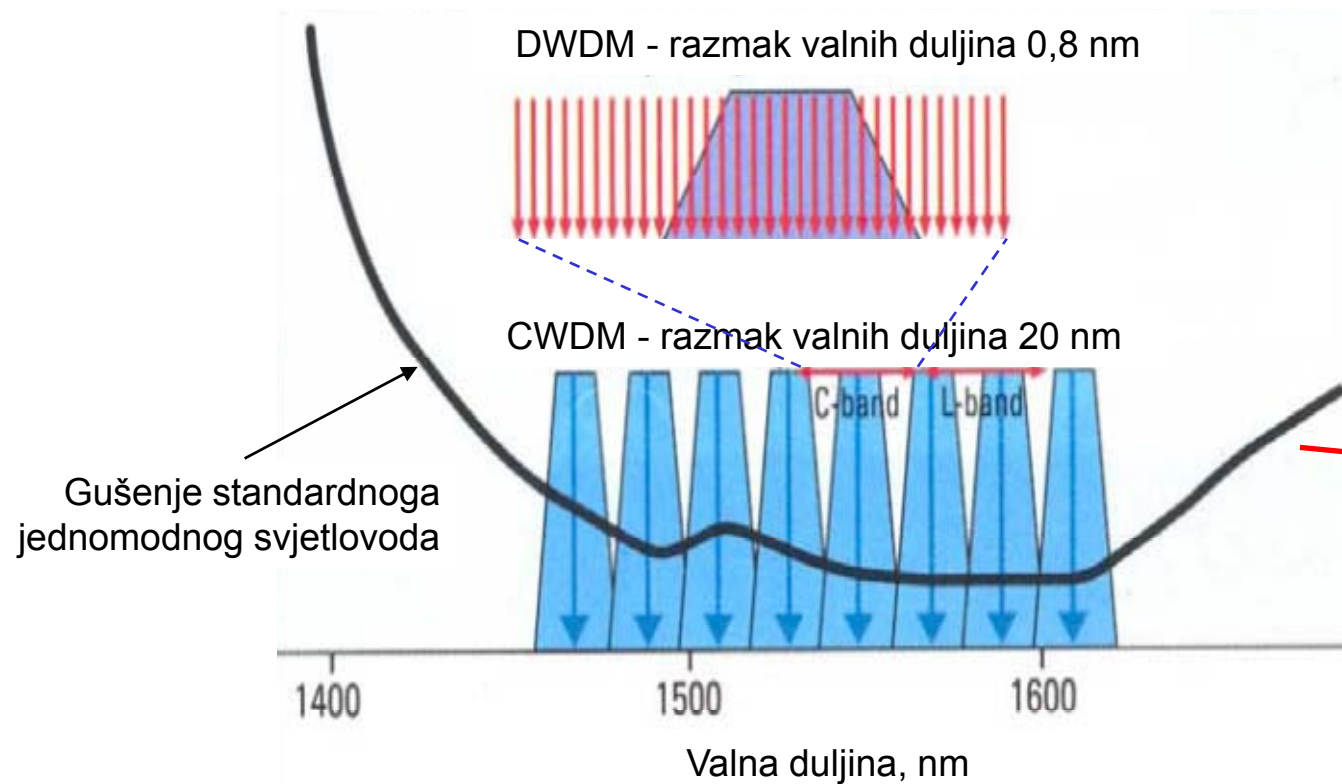
# Tehnike multipleksiranja

- multipleksiranje po valnoj duljini



# Tehnike multipleksiranja

- multipleksiranje po valnoj duljini



izvan ovog područja je već gušenje pa to ne koristimo, ograničavamo se

# Komunikacijski protokol

- zadatak komunikacijske mreže je omogućiti razmjenu informacija između uređaja
  - ovaj zadatak može biti vrlo složen i zahtijeva visoki stupanj suradnje između uključenih strana
  - suradnja se postiže kroz obvezivanje strana uključenih u komunikaciju da se pridržavaju skupa pravila (protokola) za komunikaciju
  - složenost zadatka, koji treba ispuniti komunikacijska mreža, reducira se podjelom u podzadatke
    - svaki podzadatak treba biti implementiran neovisno o ostalima
    - svaki podzadatak treba pružiti usluge drugom podzadatku  
(kao kod programiranja, procedure i funkcije, a ne sve u gl. programu)



# Komunikacijski protokol

- protokol
  - skup pravila i dogovora koji se rabe pri komunikaciji entiteta različitih sustava
    - entitet je aktivni dio sustava koji ima sposobnost slanja i prijama informacije
    - entiteti mogu biti uređaji, programska podrška, čvorovi pa čak i ljudi
  - ključni elementi protokola su sintaksa, semantika i vrijeme
    - sintaksa
      - format, veličina i sadržaj poruke ili paketa
    - semantika
      - značenje poruke ili paketa, radnje koje treba poduzeti kao odgovor na prijam različitih poruka ili paketa
    - vrijeme
      - kada odbaciti poruku ili paket, ponovno ih odaslati, odustati od slanja, itd.

nevažno

# Slojevi mreže

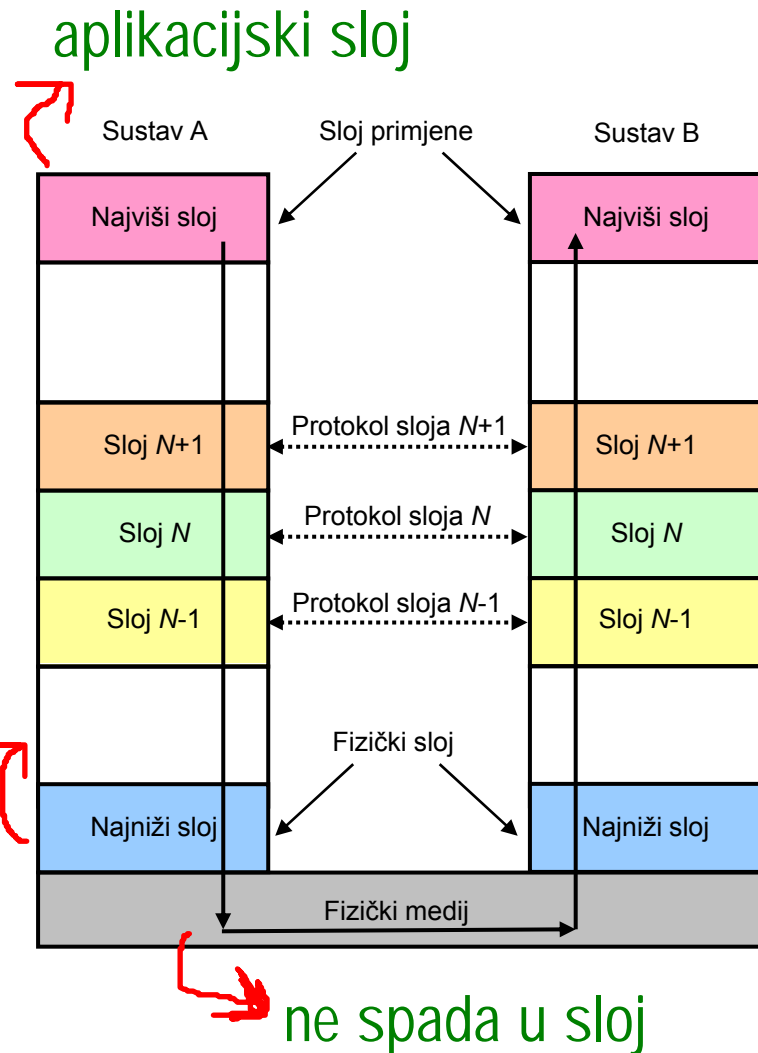
- protokoli mogu postati vrlo složeni
  - rješenje: organizacija mreže vertikalnom podjelom na slojeve (*layer*)
- slojevi mreže
  - sloj se sastoji od jednog ili više entiteta
  - entiteti, koji se nalaze na istom sloju ali na različitim uređajima, nazivaju se ravnopravni entiteti (*peer entities*)
  - svaki sloj provodi točno definirane funkcije
    - entitet *N*-tog sloja provodi funkcije sloja *N*
  - komunikacijom između ravnopravnih entiteta *N*-tog sloja upravlja odgovarajući protokol koji se naziva protokol sloja *N*
  - skup protokola koje rabi određeni sustav (jedan ili više protokola po sloju) naziva se protokolni složaj (*protocol stack*) (tj. stog)

# Slojevi mreže

- slojevi mreže
  - za svaki sloj definirane su
    - usluge sloja
    - sučelja sa susjednim slojevima
    - protokoli
  - pojedini sloj pruža uslugu višem sloju (viši sloj rabi uslugu nižeg sloja)  
ne opterećujući ga detaljima njezine realizacije
    - usluga sloja  $N$  je usluga koju sloj  $N$  pruža sloju  $N+1$
  - za svaki sloj specificiraju se sučelja sa susjednim slojevima
    - sloj  $N$  koristi usluge sloja  $N-1$  i pruža usluge sloju  $N+1$
    - sučelje (*interface*) između slojeva može biti skup instrukcija i podataka (objekt), operacija ili usluga koju jedan sloj pruža višem sloju
  - protokol sloja  $N$  određuje komunikacijsko ponašanje dva entiteta koji se nalaze na istom sloju u različitim sustavima
    - dva procesa, dva računala, dva korisnika i sl.

# Slojevi mreže

- komunikacija između slojeva
  - komunikacija se ne provodi izravno između sloja  $N$  jednog sustava i sloja  $N$  drugog sustava
    - viši sloj proslijeđuje podatke i upravljačke informacije sloju neposredno ispod sebe dok se ne dođe do najnižeg sloja
    - najviši sloj je uvijek aplikacijski sloj koji predočava aplikacije i usluge za korisnike
    - najniži sloj je uvijek fizički sloj ispod kojeg se nalazi fizički medij kroz koji se stvarno provodi komunikacija
- arhitektura mreže
  - skup slojeva i protokola koji omogućavaju razmjenu informacije između entiteta
  - detalji realizacije i specifikacija sučelja nisu dio arhitekture mreže

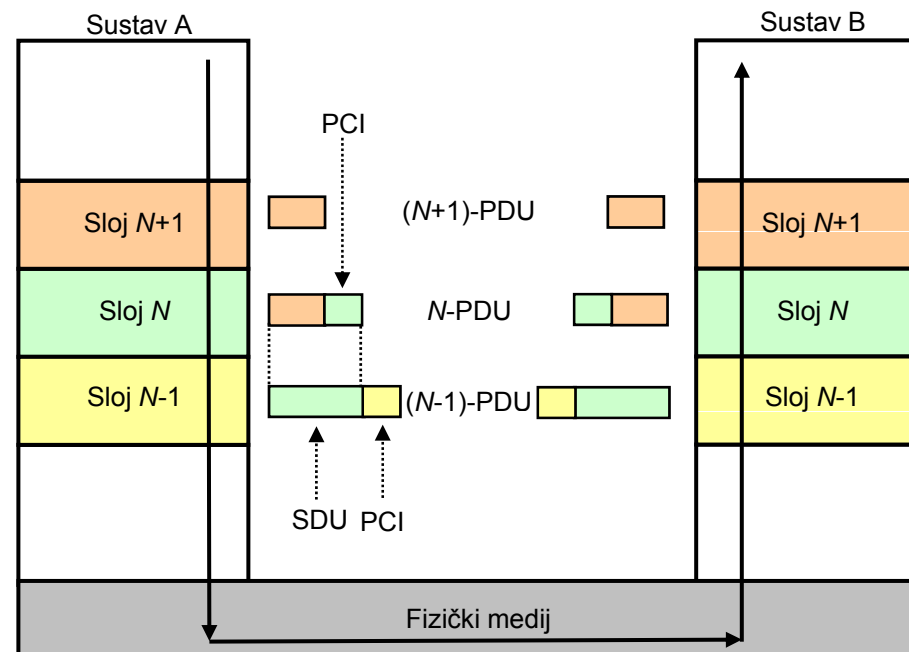


izme u 2 sloja postoji su elje

# Slojevi mreže

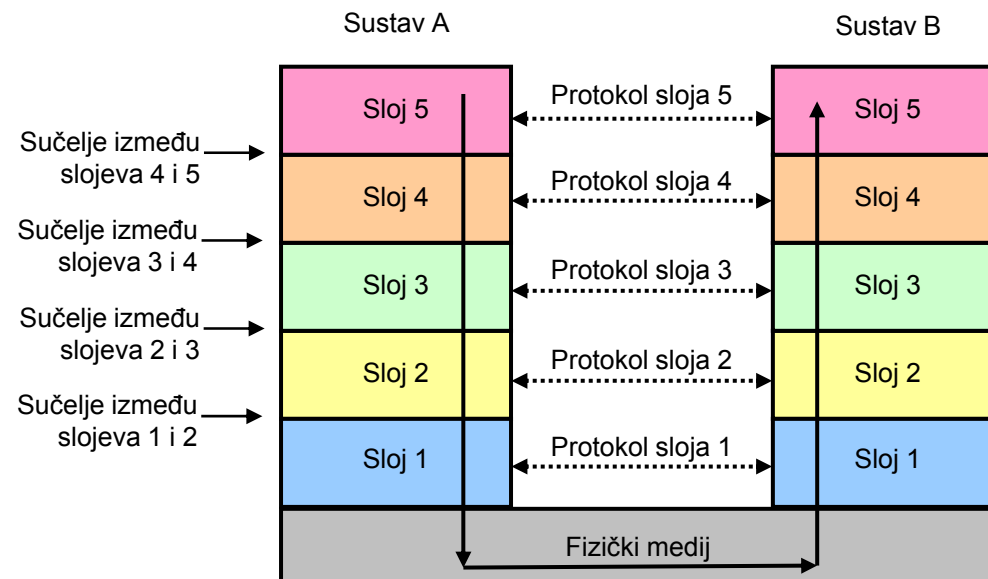
- komunikacija između slojeva
  - jedinica podataka koju koristi protokol sloja  $N$  naziva se protokolna jedinica podataka sloja  $N$  (**N-PDU**, *N-Protocol Data Unit*)
  - $N$ -PDU se sastoji od protokolne upravljačke informacije (PCI, *Protocol Control Information*) i jedinice podataka usluge (**SDU**, *Service Data Unit*)
  - PCI** se naziva i zaglavlje (H, *Header*)

nije važno znati  
naziv, to je  
zaglavlje



# Slojevi mreže

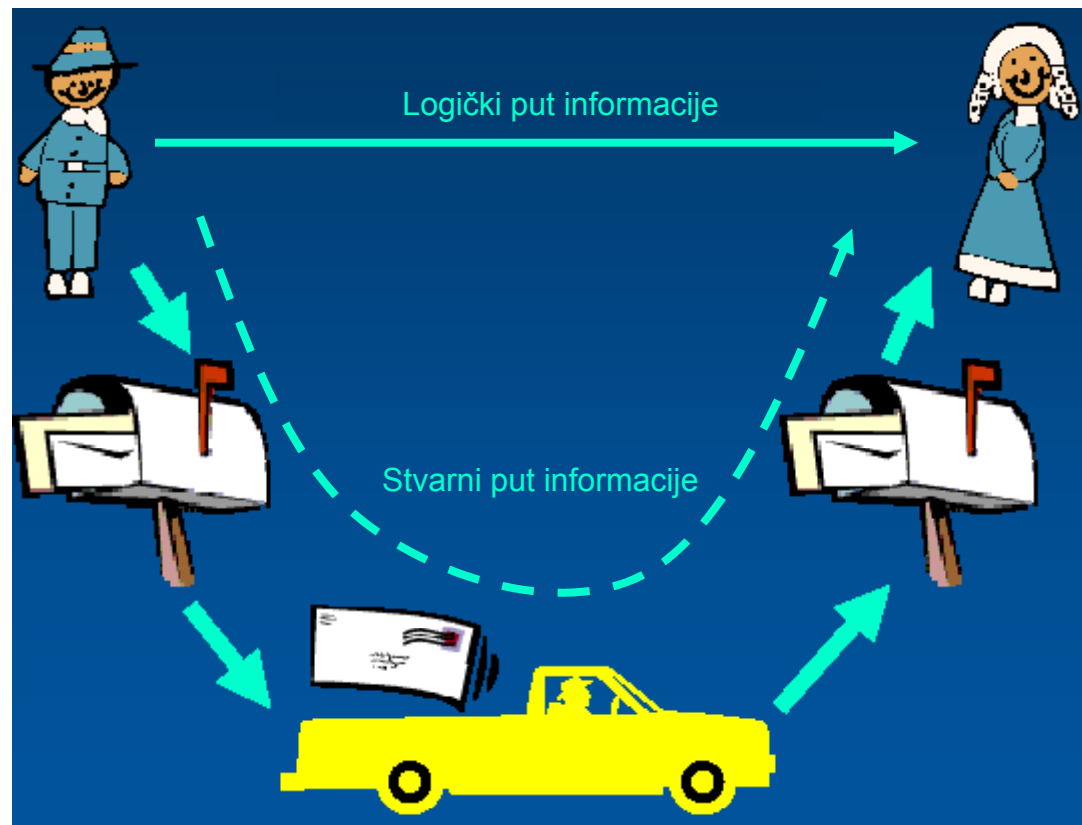
- primjer: mreža s 5 slojeva
  - stvarna komunikacija označena je punom crtom, a prividna komunikacija isprekidanom crtom



zaglavlja smanjuju  
u inkoovitost jer  
im informacija ide niže  
zaglavlja se dodaju i sve ih je  
više

# Slojevi mreže

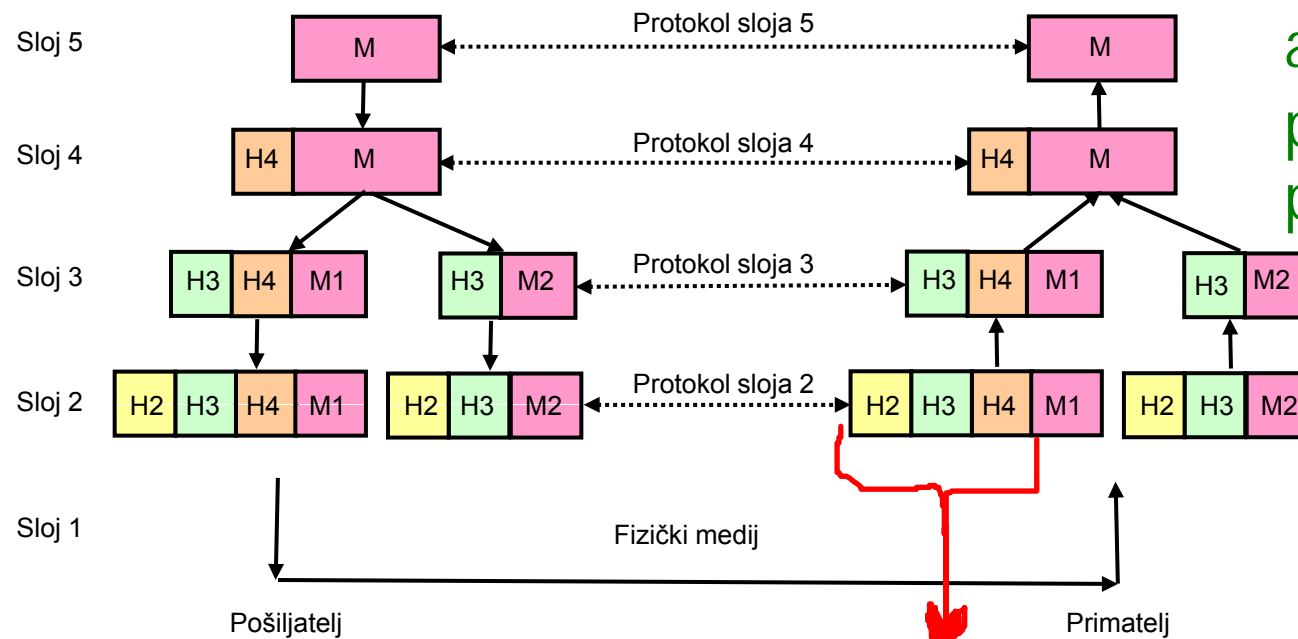
- primjer: Ivica šalje pismo Ani



# Slojevi mreže

- tok podataka u mreži s 5 slojeva ; **primjer**

- poruka M generira se u sloju 5 na strani pošiljatelja i prenosi u sloj 4, koja dodaje zaglavlje H4
- ukoliko je veličina paketa koja se može slati protokolom sloja 3 ograničena, u sloju 3 provodi se podjela dolazne poruke na dva dijela (M1 i M2), dodaju se zaglavlja H3 i sve se proslijeđuje sloju 2
- sloj 2 dodaje vlastita zaglavlja i provodi proslijeđivanje sloju 1 koji fizički šalje podatke
- na strani primatelja uklanjaju se zaglavlja uzlazno od sloja do sloja
- ravnopravni slojevi virtualno komuniciraju u horizontalnom smjeru pomoću odgovarajućeg protokola



ako niži sloj ne  
podržava veličinu  
paket se dijeli



# Slojevi mreže

- projektiranje slojeva
  - funkcije koje **mora** obavljati svaki sloj
    - raspoznavanje pošiljatelja i primatelja
      - zbog postojanja više mogućih odredišta za određivanje s kim se želi komunicirati rabi se određeni oblik adresiranja
    - određivanje pravila prijenosa prijenosa informacije
      - treba odrediti da li radi o jednosmjernom, poludvosmjernom ili dvosmjernom prijenosu
      - protokolom treba odrediti broj logičkih kanala po vezi i njihov prioritet
  - funkcije koje **može** obavljati svaki sloj
    - upravljanje pogreškama (*error control*)
      - odnosi se na otkrivanje pogrešaka (*error detection*) i ispravljanje pogrešaka (*error correction*)
      - pogreške su slučajne, a događaju se pojedinačno (pogreške jednog bita - 0 postaje 1 ili 1 postaje 0) ili u snopu (*burst error*), tj. skupini bita u slijedu

# Slojevi mreže

- održavanje ispravnog redoslijeda paketa (grupiranje)
  - u mrežama s komutacijom paketa može u prijenosu doći do promjene redoslijeda paketa
  - protokolom se mora predvidjeti mehanizam za uspostavljanje ispravnog redoslijeda paketa
- upravljanje tokom podataka (*flow control*) ;da ne dođe do zagušenja
  - u svakom sloju može se javiti problem neusklađenosti brzine odašiljanja i prijama tako da primatelj može biti preopterećen velikim brojem paketa koje ne može obraditi
  - rješenje ovog problema postiže se uporabom upravljanja tokom podataka
  - primjeri upravljanja tokom podataka su slanje povratne poruke pošiljatelju o trenutnom stanju primatelja ili ograničenje brzine odašiljanja na unaprijed dogovorenu vrijednost
- upravljanje dužinom paketa
  - neki procesi ne mogu prihvatiti pakete velike dužine, a u nekim slučajevima je rad s kratkim paketima neučinkovit
  - rabe se mehanizmi rastavljanja i sastavljanja paketa
- multipleksiranje/demultipleksiranje
  - višestrukom uporabom raspoložive veze povećava se djelotvornost prijenosa

# Slojevi mreže

- sloj može sloju iznad sebe ponuditi dvije različite vrste usluga
  - spojne usluge (*connection-oriented service*)
    - usluge s uspostavljanjem izravne veze
    - prijenosu informacije prethodi uspostavljanje veze kojim se određuje put kroz mrežu, a po završetku prijenosa podataka veza se prekida
    - sve jedinice podataka prenose se na isti način
    - veza može biti: stvarna, virtualna, logička, itd.
      - primjer: telefonski razgovor (podizemo slušalicu, biramo broj, razgovaramo, spuštamo slušalicu)
  - nespojne usluge (*connectionless service*)
    - usluge bez uspostavljanja izravne veze
    - svaka jedinica podataka izmjenjuje se neovisno o ostalima, odnosno usmjerava i isporučuje na odredištu neovisno o ostalim jedinicama
    - ne jamči se isporuka podataka na odredištu (usluga je nepouzdana)
      - primjer: poštanski sustav (kada na istu adresu istodobno šaljemo dva pisma, svako pismo sadrži punu adresu odredišta i svako se neovisno usmjerava tako da se može dogoditi da jedno stigne prije drugog)

(tuneliranje, ako su putevi virtualni)

# Slojevi mreže

- s obzirom na potvrdu prijama usluge mogu biti
  - usluge s potvrdom prijama
    - pouzdane usluge jer omogućavaju prijenos bez gubitaka
    - pouzdanost se postiže time što primatelj mora potvrditi prijam jedinice podataka tako da pošiljatelj bude siguran da je ona stigla na odredište
    - potvrđivanje prijama zahtijeva dodatne kapacitete mreže i unosi kašnjenje
    - pouzdanost je jedan od parametara usluge koji djeluje na kvalitetu usluge (~~QoS~~) (nevažno)
  - usluge bez potvrde prijama
    - nepouzidane usluge u kojima odredište ne potvrđuje prijam jedinica podataka te je moguć njihov gubitak

# Slojevi mreže

- odnos između usluga i protokola
  - ova dva pojma se često izjednačavaju iako su jasno razgraničeni
  - usluga je skup osnovnih operacija koje niži sloj pruža višem sloju unutar jednog sustava
    - usluga se definira preko sučelja između slojeva pri čemu je niži sloj davatelj usluge, a viši sloj korisnik usluge
    - sloj provodi određene operacije za korisnika ali je način njihove provedbe korisniku potpuno skriven
  - protokol je skup pravila i dogovora koji vrijede u komunikaciji između istih slojeva različitih sustava
    - protokol se odnosi na realizaciju usluge i nije vidljiv korisniku usluge
    - protokoli se mogu promijeniti u skladu s potrebama ali pri tome mora biti ispunjen uvjet da usluge vidljive korisnicima ostanu nepromijenjene (korisnik ne smije uočiti promjenu protokola)

# Slojevi mreže

- prednosti slojevite arhitekture mreže
  - olakšano projektiranje mreža
    - mreža se projektira po slojevima pri čemu treba slijediti pravila odgovarajućeg protokola
  - olakšana rekonstrukcija mreže
    - u slučaju promjena unutar sloja od nove inačice sloja zahtijeva se samo da sloju iznad sebe ponudi isti skup usluga kao i ranije
- nedostaci slojevite arhitekture mreže
  - nedjelotvornost (zaglavlja)
    - svaki sloj mreže dodaje vlastite upravljačke informacije
  - ograničenost
    - sloj  $N$  ne može pristupiti slojevima ispod sloja  $N-1$  (može samo onom do sebe)
  - redundancija (suvišnost)
    - neke funkcije (adresiranje, upravljanje tokom podataka, kontrola pogrešaka) ponavljaju se u svakom sloju

# Referentni modeli

- referentni modeli slojevite arhitekture mreže
  - definiraju koncepte i postavljaju norme
  - utvrđuju pravila povezivanja sustava u mrežu te mreža međusobno
  - omogućavaju stvaranje otvorenih rješenja, neovisnih o proizvođaču opreme ili mrežnom operatoru
- osnovni modeli
  - referentni model OSI → teorijski
    - referentni model povezivanja otvorenih sustava (OSI, *Open System Interconnection*)
    - normirala ga je Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO, *International Organisation for Standardisation*)
  - referentni model TCP/IP, tzv. internetski model → realni model
    - nosi naziv prema dvama najvažnijim protokolima koji se u modelu rabe: protokolu za upravljanje prijenosom (TCP, *Transmission Control Protocol*) i internetskom protokolu (IP, *Internet Protocol*)

# Referentni model OSI VAŽNO

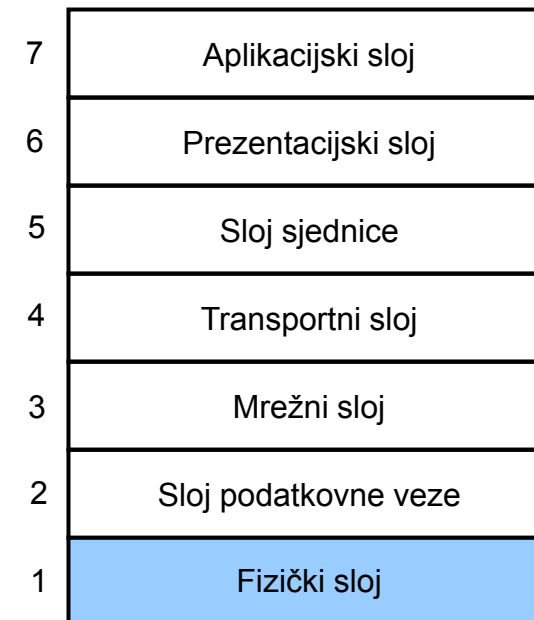
- referentni model OSI
  - sastoji se od sedam slojeva
  - ne predstavlja arhitekturu mreže jer se njime ne određuju stvarne usluge i protokoli za svaki sloj





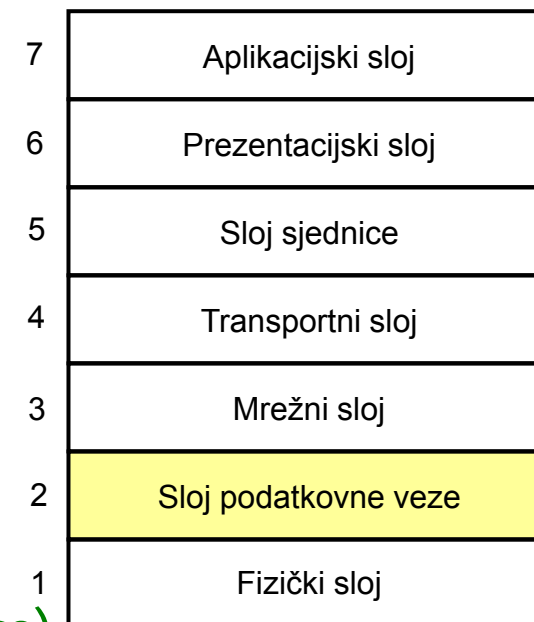
# Referentni model OSI

- fizički sloj (*Physical Layer*)
  - omogućava prijenos signala (nestrukturiranog slijeda bita) u komunikacijskom kanalu
  - bavi se mehaničkim, električkim/optičkim, funkcijskim i proceduralnim karakteristikama sučelja za pristup prijenosnom mediju
  - značajke prijenosnog medija nisu dio fizičkog sloja



# Referentni model OSI

- sloj podatkovne veze (*Data Link Layer*)
  - osigurava komunikaciju između dva izravno povezana čvora u mreži
  - omogućava pouzdani prijenos informacije podjelom ulaznih podataka na **okvire podataka** (*data frame*) koji se šalju jedan za drugim
  - ako je usluga pouzdana, primatelj potvrđuje prijam svakog okvira šaljući pošiljatelju okvir za potvrdu (*acknowledgement frame*) (može ali nemora)
  - osnovne funkcije
    - prijenos okvira
    - upravljanje pogreškama
    - upravljanje tokom podataka

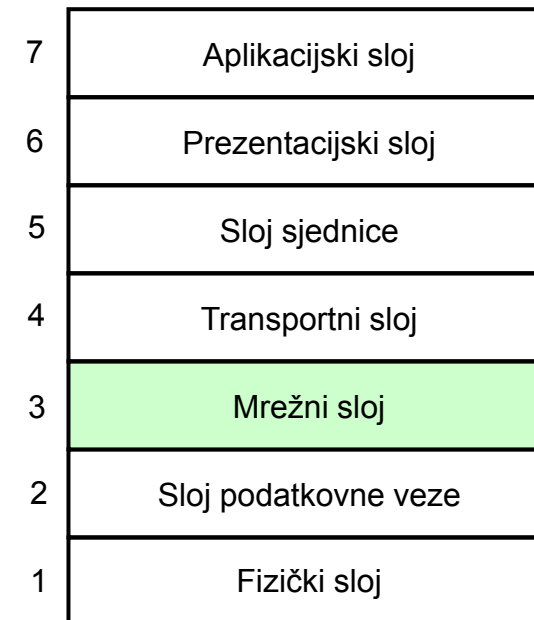


# Referentni model OSI

- usluge koje sloj podatkovne veze pruža mrežnom sloju
  - nespojne usluge bez potvrde prijama  
(*unacknowledged connectionless service*)
    - izvor šalje neovisne okvire bez prethodnog uspostavljanja veze između izvora i odredišta, a odredište ne potvrđuje prijam okvira
    - rabi se za prijenos podataka u mrežama gdje je vjerojatnost pogreške bita mala (npr. LAN) te komunikaciju u stvarnom vremenu
  - nespojne usluge s potvrdom prijama  
(*acknowledged connectionless service*)
    - izvor šalje neovisne okvire bez prethodnog uspostavljanja veze između izvora i odredišta, a odredište potvrđuje prijam svakog okvira
    - pogodno za sustave s izraženim smetnjama (npr. radijske sustave)
  - spojne usluge s potvrdom prijama  
(*acknowledged connection-oriented service*)
    - prije razmjene podataka uspostavlja se veza između izvora i odredišta
    - rabi se u sustavima gdje je zahtijevana visoka pouzdanost

# Referentni model OSI

- mrežni sloj (*Network Layer*)
  - osigurava višim slojevima neovisnost o tehnologijama prijenosa i komutacije
    - sloj podatkovne veze osigurava vezu između dva izravno povezana (susjedna) čvora, ali ako se između dvaju čvorova pojavljuju međučvorovi mora se aktivirati mrežni sloj
  - osnovne funkcije
    - uspostava, održavanje i raskidanje veza
    - usmjeravanje jedinica podataka (npr. paketa) od izvora prema odredištu
    - upravljanje pogreškama
    - upravljanje tokom podataka
    - povezivanje heterogenih mreža

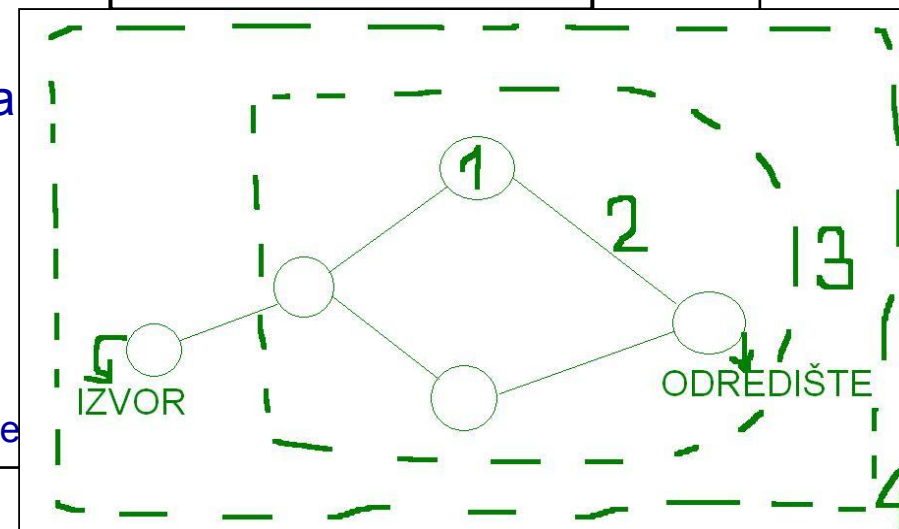


# Referentni model OSI

- transportni sloj (*Transport Layer*)
  - osigurava pouzdan i transparentan prijenos podataka između izvora i odredišta (s kraja na kraj mreže)
  - osnovne funkcije
    - definiranje transportnih usluga koje se nude sloju sjednice
      - npr. prijenos od točke do točke s ispravljanjem pogrešaka i održavanjem redoslijeda ili prijenos izoliranih poruka bez jamčenja redoslijeda pristizanja
    - upravljanje pogreškama s kraja na kraj
    - upravljanje tokovima podataka s kraja na kraj

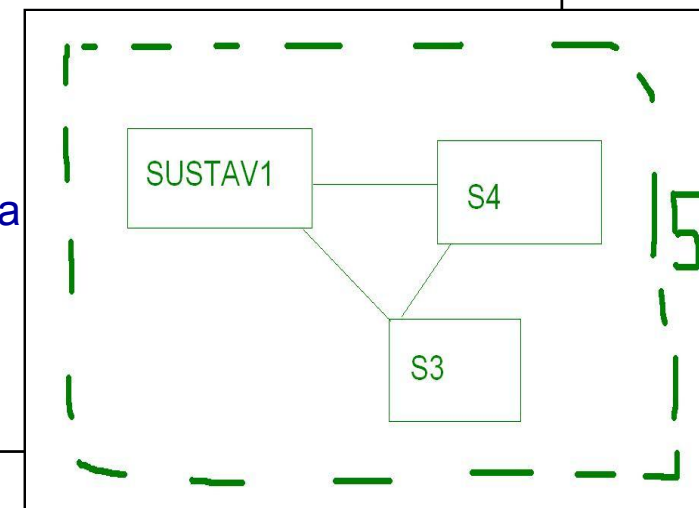
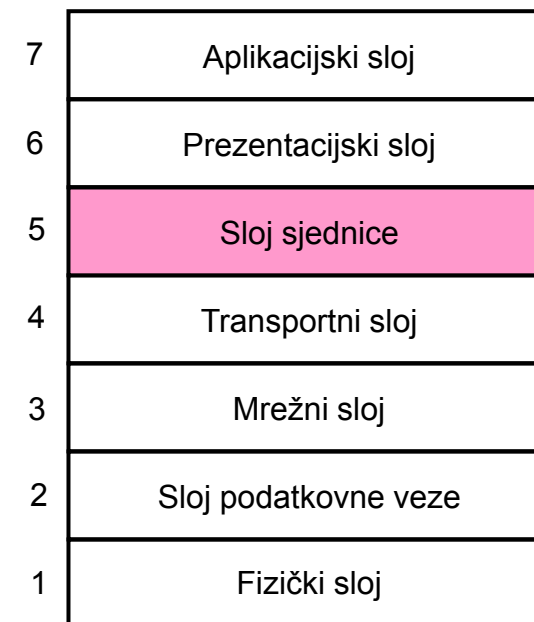


SLOJEVI:



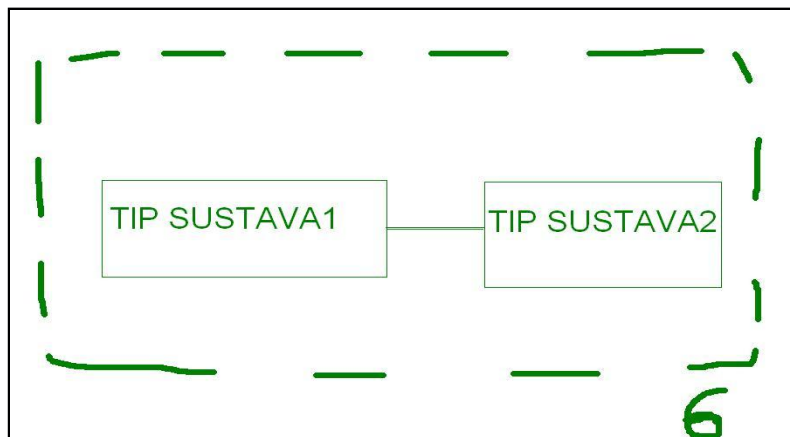
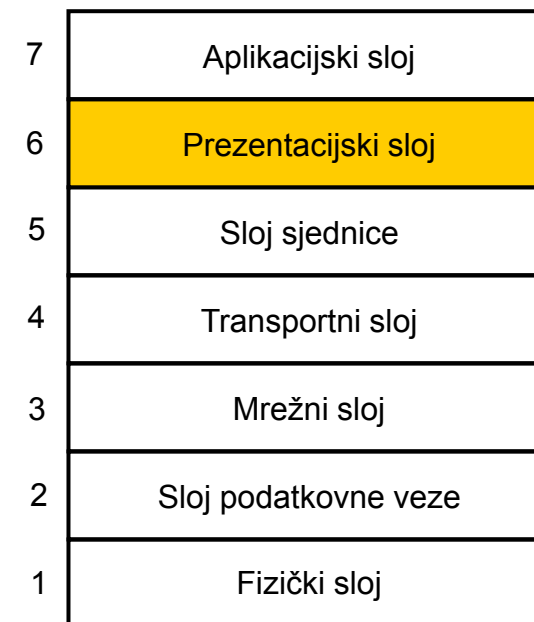
# Referentni model OSI

- sloj sjednice (*Session Layer*)
  - usklađuje sustave koji međusobno komuniciraju i omogućava korisnicima različitih sustava da međusobno uspostave sjednicu
  - osnovne funkcije
    - provodi uspostavljanje, upravljanje i raskidanje veza (sjednica) između aplikacija koje međusobno surađuju
    - nudi usluge kao što su:
      - upravljanje dijalogom između aplikacija (određivanje čiji je red za slanje poruka)
      - dodjela prava za komuniciranje (onemogućavanje sudionika da istodobno pokrenu istu operaciju)
      - sinkronizacija (provjeravanje dugih nizova podataka kako bi se u slučaju prekida komunikacije, komunikacija mogla nastaviti od točke prekida)



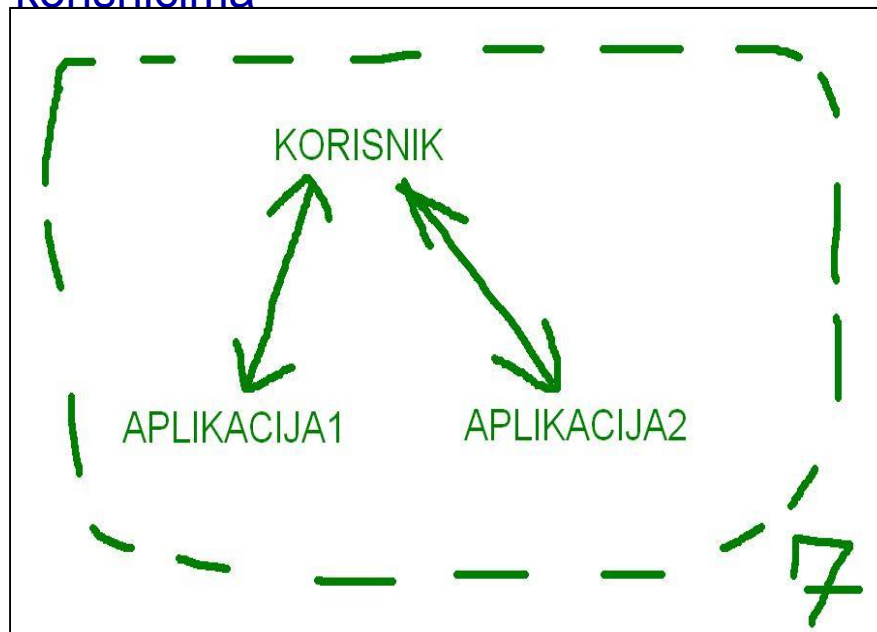
# Referentni model OSI

- prezentacijski sloj (*Presentation Layer*)
  - omogućava aplikacijskim procesima neovisnost o razlikama u načinu prikaza podataka (sintaksa)
  - osnovne funkcije
    - obrađuje apstraktne strukture podataka nastale kodiranjem, kompresijom i šifriranjem
    - omogućava promjenu formata podataka koji se prenose i time komunikaciju između sustava različitih svojstava



# Referentni model OSI

- aplikacijski sloj (*Application Layer*)
  - omogućava korisnicima pristup okruženju OSI i stvara uvjete za realizaciju usluga
  - osnovne funkcije
    - sadrži skup protokola najčešće potrebnih korisnicima



7	Aplikacijski sloj
6	Prezentacijski sloj
5	Sloj sjednice
4	Transportni sloj
3	Mrežni sloj
2	Sloj podatkovne veze
1	Fizički sloj

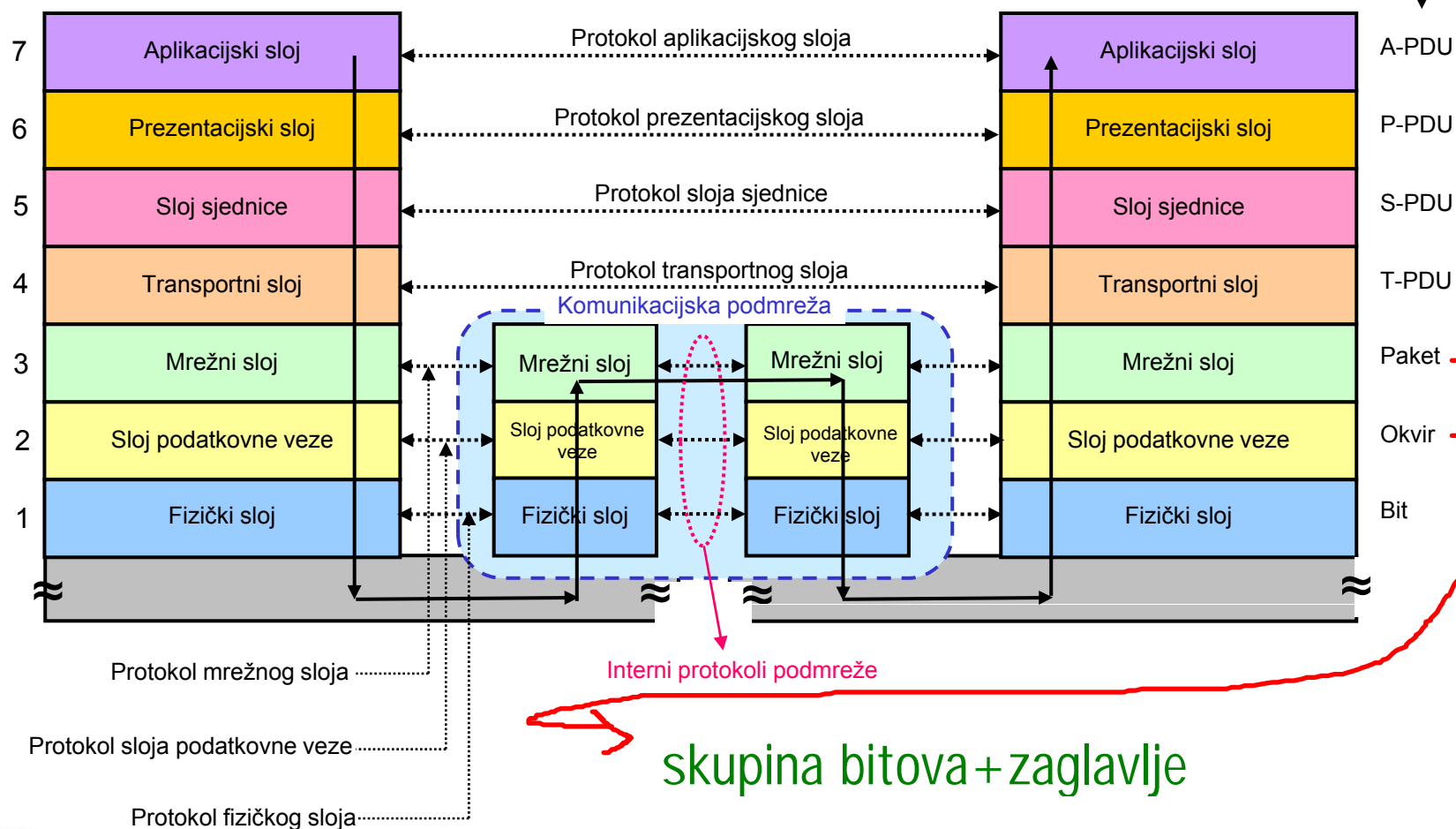


# Referentni model OSI

- komunikacija između dva sustava
  - aplikacijski sloj jednog sustava poziva aplikacijski sloj drugog sustava koji treba primiti podatke i s njim uspostavlja ravnopravan odnos rabeći protokol sloja 7
  - protokol sloja 7 zahtijeva od sloja 6 potrebne usluge tako da sloj 6 uspostavlja ravnopravan odnos s drugim istim slojem uz pomoć protokola sloja 6
  - protokol sloja 6 zahtijeva potrebne usluge od sloja 5, itd., sve do fizičkog sloja
  - protokoli slojeva 4-7 protežu se izravno između ravnopravnih slojeva jednog i drugog sustava (boli ih briga za niže slojeve)
  - na slojevima 1-3 protokoli se lančano vežu jedan na drugi, tako da veza između odgovarajućih ravnopravnih slojeva nije izravna (1-3 me usobno komuniciraju i nisu toliko odvojeni jedni od drugih)

# Referentni model OSI

- komunikacija između dva sustava



# Referentni model OSI

- podjelu na slojeve moguće je primijeniti na korisničke i upravljačke informacije
  - prva četiri sloja obavljaju zadatak transporta korisničkih i upravljačkih informacija
  - slojevi 1 i 2 izvode operaciju prijenosa, a slojevi 3 i 4 operaciju komutacije
  - slojevi 5, 6 i 7 izvode operaciju procesiranja upravljačke informacije u komutacijskim čvorištima

# Referentni model OSI

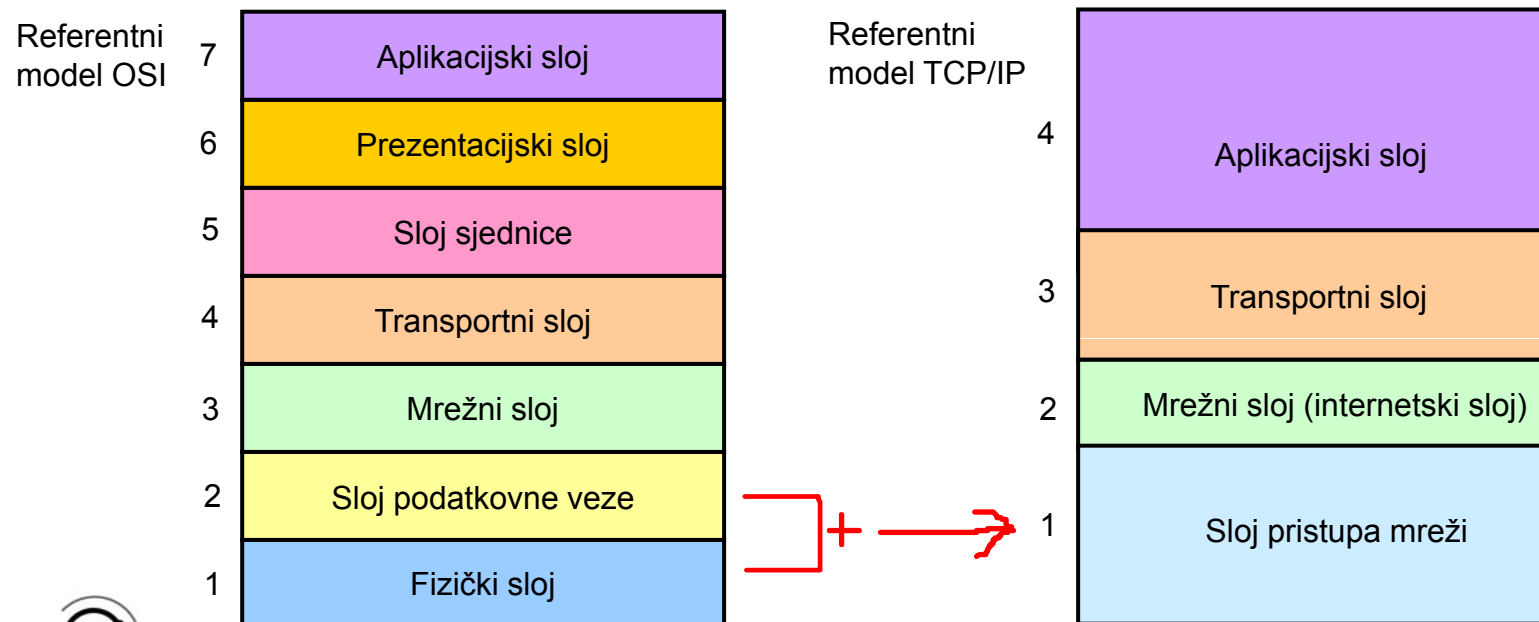
- doprinosi modela OSI
  - uspostavio je jasne granice između usluge, sučelja i protokola
    - svaki sloj obavlja usluge za sloj iznad sebe, a definicija usluge odnosi se samo na ono što sloj treba obaviti (ne definira kako to obavlja)
    - sučelje ukazuje entitetima gornjeg sloja kako pristupiti donjem sloju, koje parametre rabiti i kakvi se rezultati mogu očekivati (ne ovisi o tome kako donji sloj radi)
    - protokoli određenog sloja odnose se samo na taj sloj, a sloj može rabiti bilo kakve protokole sve dok obavlja predviđene zadatke (obavlja usluge)
  - općenit model koji se može rabiti za različite skupove protokola i za opisivanje različitih mreža
  - napretkom tehnologije stari protokoli se mogu jednostavno zamijeniti novim protokolima

# Referentni model OSI

- kritika modela OSI
  - model je izuzetno složen, a protokoli se teško implementiraju i nedjelotvorni su u radu
  - protokoli OSI pojavili su se prekasno kada su konkretni TCP/IP protokoli već bili u široj uporabi u akademskom okruženju
  - raspodjela funkcija slojeva je neujednačena tako da su sloj podatkovne veze i mrežni sloj jako opterećeni, a sloj sjednice i prezentacijski sloj gotovo prazni
  - u mrežnom sloju podržava spojne i nespojne usluge, ali u transportnom sloju podržava samo spojne usluge (transportnu uslugu vide i korisnici, koji u tom slučaju nemaju izbor vrste usluge)
  - neke funkcije (adresiranje, upravljanje tokom podataka, upravljanje pogreškama) ponavljaju se u svakom sloju

# Referentni model TCP/IP

- referentni model TCP/IP
  - sastoji se od četiri sloja
  - odnosi se na mreže s komutacijom paketa gdje se svaki paket usmjerava zasebno (komutacija datagrama)
  - pokriva iste funkcije kao i referentni model OSI, ali se raspodjela funkcija po slojevima razlikuje u odnosu na referentni model OSI



# Referentni model TCP/IP

- sloj pristupa mreži
  - nije posebno obrađen
  - može se temeljiti na bilo kojoj normi
  - uključuje funkcije fizičkog sloja i sloja podatkovne veze referentnog modela OSI
  - omogućava razmjenu podataka između krajnjeg čvora i mreže
  - protokol za povezivanje s mrežom nije definiran i mijenja se od čvora do čvora i od jedne mreže do druge



# Referentni model TCP/IP

- mrežni/internetski sloj  
(Network/Internet Layer)
  - temelji se na internetskom protokolu (IP)
  - definira format paketa i adresiranje
  - usmjerava pakete prema odredištu ili u drugu mrežu
  - omogućava međusobno povezivanje mreža i podmreža (*internetworking*)
  - osim temeljnog protokola (IP) uključuje i upravljačke protokole, protokole za usmjeravanje, protokole za preslikavanje između IP adresa i fizičkih adresa sučelja

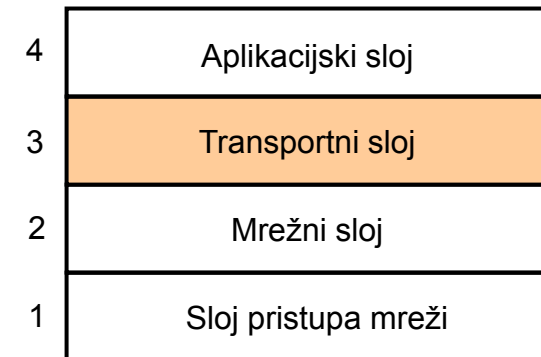




# Referentni model TCP/IP

- transportni sloj

- osigurava pouzdan i transparentan prijenos paketa između izvora i odredišta (s kraja na kraj mreže)
- u njemu su definirana dva protokola koji se spajaju od kraja do kraja
  - protokol za upravljanje prijenosom (TCP)
  - protokol za korisničke datagrame (UDP, *User Datagram Protocol*)



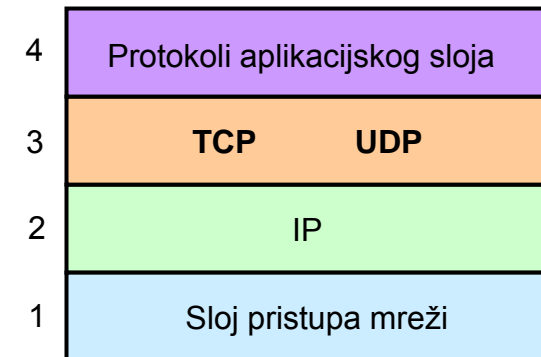
Nespojne i nepouzidane  
(u stvarnom vremenu)

spojne (Transmission Control Protocol)

# Referentni model TCP/IP

## – protokol za upravljanje prijenosom (TCP) (komutacija kanala)

- pouzdan protokol s uspostavljanjem izravne veze (spojna usluga) koji omogućava prijenos bez pogrešaka u nepromijenjenom redoslijedu
- početni tok podataka dijeli se na zasebne poruke i svaka se proslijeđuje mrežnom sloju
- upravlja tokom podataka tako da brzi pošiljatelj ne može zagušiti sporog primatelja velikim brojem poruka



## – protokol za korisničke datagrame (UDP, *User Datagram Protocol*)

- nepouzdan protokol bez uspostavljanja izravne veze i očuvanja redoslijeda datagrama
  - namijenjen je aplikacijama koje same (umjesto protokola TCP) uređuju pakete i upravljaju tokom podataka
  - rabi se za aplikacije gdje brzina isporuke i malo kašnjenje ima prednost pred točnošću (prijenos govora ili videosignala)
- ali zato koristimo raznorazne metode zaštite (npr. paritetni bitovi)

# Referentni model TCP/IP

- aplikacijski sloj

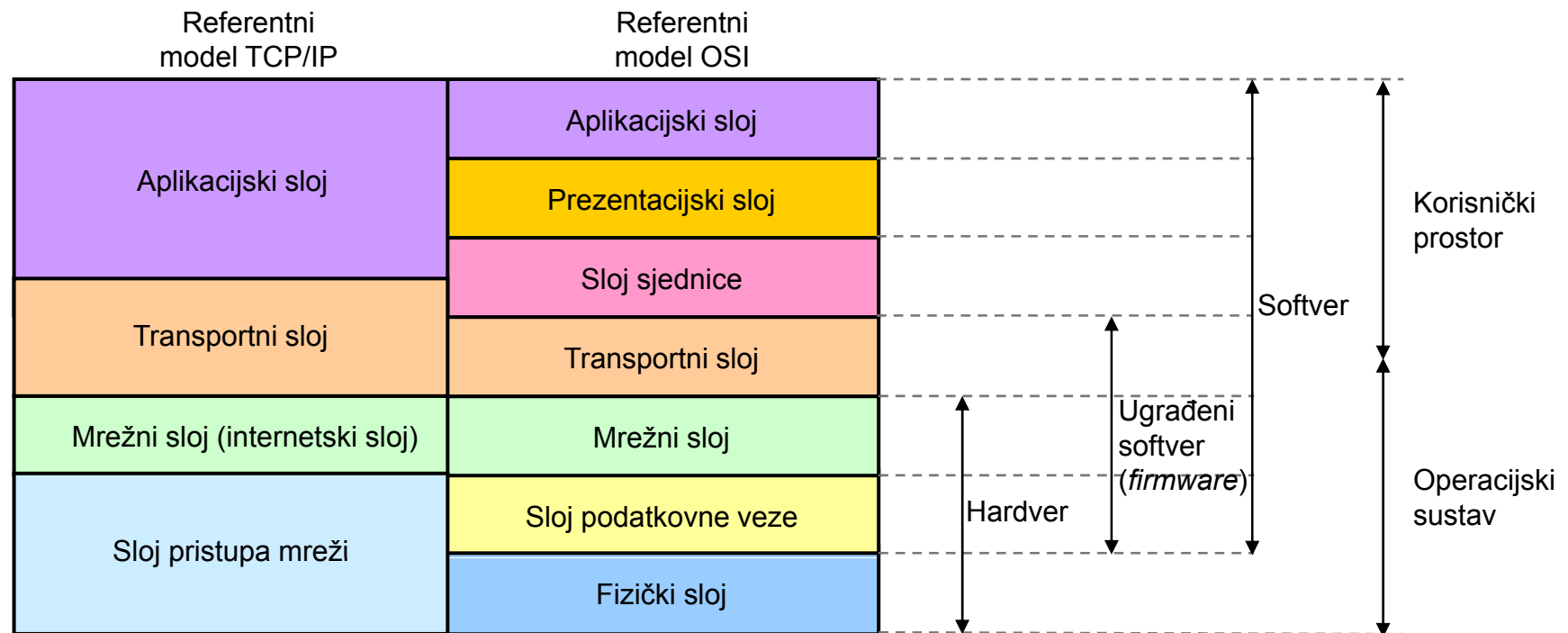
- sadrži aplikacijske protokole koji pružaju uslugu korisniku
- korisnički protokoli:
  - SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) za elektroničku poštu
  - HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) za preuzimanje stranica s WWW (*World Wide Web*)
- protokoli sustava:
  - DNS (*Domain Name System*) - sustav za imenovanje domena radi preslikavanja imena računala u njegovu mrežnu adresu
  - SNMP (*Simple Network Management Protocol*) za upravljanje mrežom



nije toliko važno

# Usporedba OSI i TCP/IP

- odnos referentnih modela TCP/IP i OSI s označenim načinom implementacije pojedinih slojeva



# Referentni model TCP/IP

- doprinosi modela TCP/IP
  - jednostavan model
  - protokoli TCP i IP su pažljivo projektirani i izvrsno prilagođeni modelu
  - u transportnom sloju podržava spojne i nespojne usluge nudeći korisnicima izbor vrste usluge
- kritika modela TCP/IP
  - model nije povukao jasnu granicu između usluge, sučelja i protokola pa ~~da~~ su promjene unutar mreže, do kojih dolazi napretkom tehnologije, otežane
  - model nije dovoljno općenit
    - model je nastao nakon pojave odgovarajućih protokola, tako da je uklapanje modela u drugi skup protokola neizvedivo
  - fizički sloj i sloj podatkovne veze nisu dio modela što model čini nepotpunim