

# Osnovi komunikacija

**P**RE NEGO ŠTO PREĐEMO NA PROUČAVANJE RUTERA I NAČINA NA KOJI ONI FUNKCIONIŠU, TREBA PRVO DA SE POZABAVIMO OSNOVAMA MREŽNIH KOMUNIKACIJA I NAČINOM NA KOJI SE PODACI KREĆU IZMEĐU SISTEMA. IAKO SAM KOMUNKACIONI PROCES NIJE BITAN ZA TIPIČNOG KRAJNJEG KORISNIKA, INŽENJER KOJI RAZVIJA MREŽU MORA DA SE NAORUŽA OVIM INFORMACIJAMA KAKO BI BIO USPEŠAN U UTVRĐIVANJU PROBLEMA.

POČEĆEMO SA ANALOGNIM I DIGITALNIM PRENOSOM SIGNALA, JER SE SVE MREŽNE KOMUNIKACIJE U PRENOSU INFORMACIJA OSLANJAJU NA JEDAN OD NJIH. ŽATIM ĆEMO SE BAVITI TIPIČNIM PROBLEMIMA KOJI SE MOGU JAVITI PRI POKUŠAJU PRENOSA INFORMACIJA I VIDETI KAKO SE MOGU MINIMIZIRATI EFEKTI TIH PROBLEMA.

Zatim ćemo razmotriti jezgro mrežne infrastrukture. Videćemo kako se sistemi povezuju i kako se analogni i digitalni prenos signala koristi za prenos informacija između sistema. Na kraju ćemo iscrtati ceo proces komunikacione sesije pomoću OSI modela da bismo bolje razumeli šta se, u stvari, dešava na vašoj mreži.

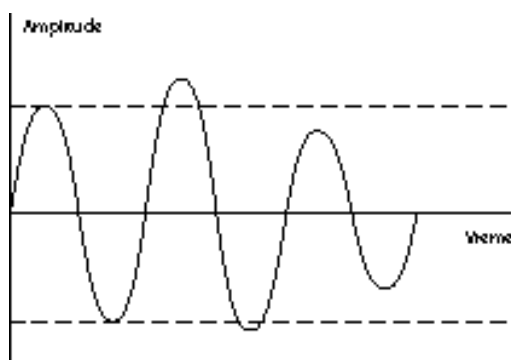
## Analogni i digitalni prenosi

Postoje dva načina prenosa podataka:

- analognim prenosnim signalom
- digitalnim prenosnim signalom

*Analogni prenosni* signal je signal koji može da varira po jačini (odnosno amplitudi) ili po broju promena jačine signala u fiksnom vremenskom intervalu (odnosno frekvenciji). Analogni prenosni signal ima skoro beskonačan broj dozvoljenih vrednosti u datom opsegu. Na primer, analogne signale koristimo da bismo verbalno komunicirali. Ove vibracije koje prima bubna opna interpretiraju se kao reči. Suptilne promene u tonu ili jačini mogu dramatično da promene značenje onoga što izgovaramo.

Slika 1.1 pokazuje primer analognog prenosnog signala. Primetite da amplituda dostiže maksimum u svakoj periodi. Svaki od tri nivoa amplitude može se koristiti za prenos različitih informacija, kao što su alfanumerički karakteri. To je vrlo efikasan način prenosa informacija zato što se svaki ciklus može koristiti za prenos dodatnih informacija. U idealnom svetu analogni prenos bi bio idelan način prenosa informacija.



**SLIKA 1.1** Primer analognog prenosnog signala u određenom vremenskom intervalu

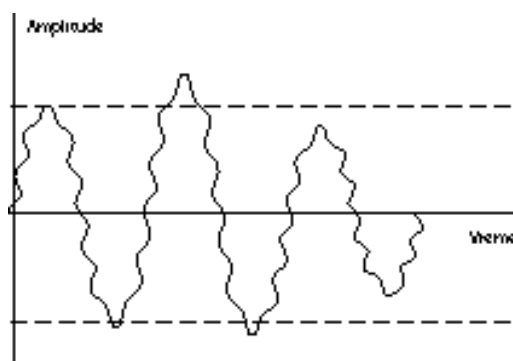
### NAPOMENA

Frekvencija se meri u ciklusima u sekundi, ili hercima (Hz). Ako bi signal na slici 1.1 bio izmeren u vremenskom intervalu od jedne sekunde, onda bi frekvencija ovog signala bila tri ciklusa u sekundi, ili 3 Hz. ■

Problem sa analognim prenosnim signalima je taj što su vrlo osetljivi na šum ili interferencije. Šum predstavlja dodatnu neželjenu informaciju o signalu i može da dovede do velikog broja ponavljanja prenosa, što usporava prenos informacija. Zamislite da vodite razgovor u prostoriji punoj ljudi koji

takođe pričaju. Zbog pozadinskih šumova postalo bi teško razlikovati vaš razgovor od drugih razgovora koji se vode u toj prostoriji. Ponovljeni prenosi podataka signaliziraju se frazama kao što su "Molim?" ili "Šta si rekao?" To usporava brzinu prenosa informacija.

Slika 1.2 pokazuje primer analognog signala u kolu koje ima šum. Primetite da je sada mnogo teže odrediti preciznu amplitudu svakog talasnog oblika. To može da dovede do prenosa netačne informacije ili do zahteva da se ponovo pošalje tačna informacija.



**SLIKA 1.2** Analogni prenosni signal u kolu koje je opterećeno šumovima

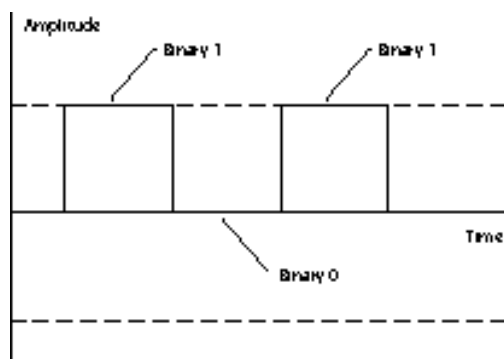
U pomoć stižu *digitalni prenosni signali*. Digitalne komunikacije se baziraju na binarnom sistemu. Uvek se prenose samo dve informacije: 1 ili 0. U električnom kolu, 0 se obično predstavlja naponom od 0 volti, a 1 naponom od 5 volti. To je potpuno drugačije od analognih prenosnih signala, koji imaju beskonačan broj mogućih vrednosti. Ove jedinice i nule se zatim grupišu u određene šeme radi prenosa informacija. Na primer, binarni ekvivalent slova A je 01000001.

Svaki pojedinačni signal ili digitalni impuls se naziva *bit*. Kada se osam bitova grupišu zajedno (kao naš binarni ekvivalent za A), takva grupa se naziva *bajt*. Bajt se smatra osnovnom jedinicom informacije u digitalnim komunikacijama. Svaki bajt se oslanja na kompletan deo informacije, kao što je slovo A.

#### NAPOMENA

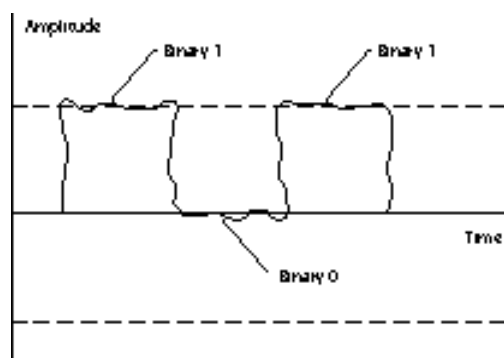
Digitalne komunikacije su analogne Morzeovoj azbuci ili ranom telegrafskom sistemu: određene šeme impulsa se koriste za predstavljanje različitih slova azbuke. ■

Ako pogledate sliku 1.3, primetićete da je prenosni signal promenio svoj oblik. To više nisu slobodni nizovi lukova, već se sada radi o rigidnom i predvidljivom obliku.



**SLIKA 1.3** Digitalni prenosni signal u datom vremenskom intervalu

Pošto je ovakav talasni oblik predvidljiv, a razlika između prihvatljivih vrednosti toliko velika, mnogo je lakše odrediti koje vrednosti se prenose. Kao što je i prikazano na slici 1.4, čak i kada je prisutan znatan šum u kolu, i dalje možete da vidite koji deo signala je binarna jedinica a koji predstavlja binarnu nulu.



**SLIKA 1.4** Digitalni prenosni signal u kolu sa šumom

Jednostavan oblik, koji omogućava da digitalna komunikacija bude otporna na šum, može istovremeno da predstavlja i njen najveći nedostatak. Informacija za ASCII karakter A može da se prenese jednim analognim talasom ili vibracijom, dok prenos binarnog ili digitalnog ekvivalenta zahteva osam posebnih talasa ili vibracija (za prenos 01000001). Uprkos tom nedostatku, obično je mnogo efikasnije koristiti digitalne komunikacije kadgod je moguće. To je razlog što većina savremenih mreža koristi digitalne komunikacije.

#### NAPOMENA

Dodatni troškovi su količina dodatnih informacija koje se moraju preneti u kolu kako bi obezbedile da prijemni sistem dobije korektne podatke i da podaci budu bez grešaka. Tipično, kada kolo zahteva više dodatnih troškova, na raspolaganju će biti manja širina opsega za prenos datih podataka. To je slično pakovanju sadržaja, koji treba da vam se pošalje, u paket. Vi sigurno ne želite hiljade stiroporskih drangulija, ali one se nalaze u kutiji i zauzimaju mesto da bi obezbedile da vam se paket bezbedno isporuči. ■

Druga velika prednost digitalnih komunikacija je to što računari obrađuju informacije u digitalnom formatu. Ako koristite analogne komunikacije za prenos informacija od jednog računara do drugog, biće vam potreban nekakav konvertor (kao što je modem ili kodeks) na svakom kraju kola, koji bi prevodio informacije iz digitalnog u analogni oblik, a zatim ponovo u digitalni.

## Izvori šuma

Odakle dolazi šum? Šum se može podeliti u dve kategorije:

- elektromagnetna interferencija (EMI)
- radiofrekventna interferencija (RFI)

### Elektromagnetna interferencija (EMI)

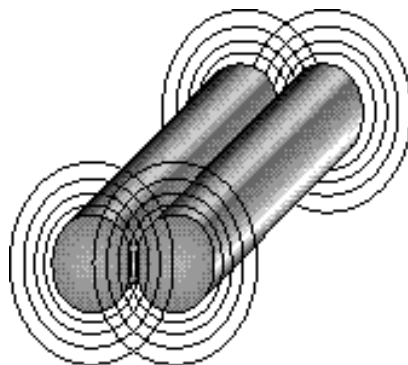
EMI generišu kola koja koriste naizmenični signal za analogne ili digitalne komunikacije (nazivaju se i kola *naizmjenične struje* ili *AC kola*). EMI ne generišu kola koja sadrže ravnomerne nivoe snage (nazivaju se i kola *jednosmerne struje* ili *DC kola*).

Na primer, ako biste mogli da rasečete jedan od kablova sa automobilskeg akumulatora i gledate kako se elektroni kreću kroz kabl (deco, nemojte to da probate kod kuće!), videli biste neprekidni energetski tok koji se kreće ravnomerno i uniformno kroz kabl. Nivo snage se nikad ne bi menjao; ostao bi na konstantnih 12 volti. Automobilskeg akumulator je primer DC kola zato što nivo snage ostaje konstantan.

Sada ćemo da "isečemo" žicu sobne lampe i pokušamo isti eksperiment (deco, nemojte nikako ovo da probate kod kuće!). Videli bismo da bi se, zavisno od trenutka merenja napona na kabl, očitavale vrednosti iz opsega od -120 do +120 V. Nivoi napona u kolu se konstantno menjaju. Ako bi se meranja izvršila tokom izvesnog vremenskog intervala, dobijeni signal bi ličio na analogni signal koji je prikazan na slici 1.1.

Ako bi sada trebalo da pratite tok elektrona u AC kabl, primetili biste nešto vrlo interesantno. Sa promenama napona i uspostavljenim tokom struje, elektroni teže da se kreću pretežno po površini kabla. U centru kabla praktično ne bi postojao ni jedan pokretni elektron. Ako biste povećali frekvenciju signala, sve više elektrona bi se kretalo po površini kabla umesto kroz njegov centralni deo. Ovaj efekat je sličan onome što se dešava skijašu na vodi - što se čamac brže kreće, skijaš više klizi po površini vode.

Sa povećanjem frekvencije signala energija počinje da se emituje pod uglom od  $90^\circ$  u odnosu na tok struje. Kao što će skijaš da preskače talase, tako će se i energija prebaciti iz centralnog dela kabla. Ovo zračenje je u direktnoj vezi sa signalom u kabl: ako se nivo napona ili frekvencija povećava, povećać će se i količina emitovane energije (videti sliku 1.5).



bakarna žica provodi nazmenični signal

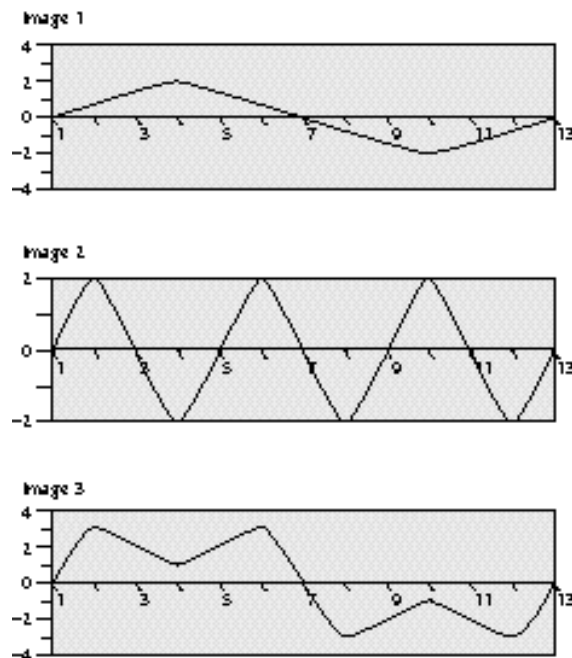
**SLIKA 1.5** *Provodnik koji provodi AC signal koji emituje EMI*

Ova energija ima magnetna svojstva i predstavlja osnovu rada elektromagneta i transformatora. Negativna strana svega ovoga je to što elektromagnetno zračenje može da indukuje električni signal u drugom kablju koji se nalazi u blizini. Ova interferencija može ili da se sabira ili da se oduzima od postojećeg signala i smatra se šumom. EMI je najčešći tip interferencije koji se sreće u lokalnim mrežama, koju mogu proizvesti svi mogući električni uređaji: od fluorescentnih svetiljki, preko mrežnih kablova, do teške mašinerije. EMI takođe dovodi do gubitka signala. Bilo koja energija koja se rasipa kao EMI predstavlja energiju koja se više ne može koristiti za prenos signala kroz kabl.

### **Radiofrekventna interferencija (RFI)**

*Radiofrekventna interferencija* se može proizvesti kada dva signala imaju slične osobine. Talasni oblici mogu da se superponiraju i da promene frekvenciju ili amplitudu rezultujućeg signala. To je razlog što geografski bliske radio-stanice ne emituju na približnim frekvencijama. Ako bi to radile, radio možda ne bi mogao da prima signal sa slabije stanice.

Analizirajmo, na primer, dijagram 1 na slici 1.6. Pretpostavimo da se radi o komunikacionom signalu koji prenosimo između dva sistema. Pretpostavimo sada da dijagram 2 na slici predstavlja RFI koji se uvodi u kolo. Ova dva signala bi se kombinovale i generisale prenosni signal sa dijagrama 3. Primetite da je on daleko od originalnog signala, tako da bi naši podaci verovatno bili nerazumljivi.

**SLIKA 1.6** RFI efekti

Najuobičajeniji izvor RFI u mrežama prouzrokuje stanje poznato kao refleksija. Refleksija se javlja kada se signal reflektuje nazad u samog sebe zbog neke komponente na njegovoj konekcionoj putanji. Na primer, oštećeni konektor u kolu može da reflektuje deo energije signala ka originalnom hostu koji je poslao taj signal. To je razlog što sve krajnje tačke u mreži moraju da budu u stanju ne samo da prime signal, već i da apsorbuju svu energiju signala.

## Sinhronizacija komunikacije

Drugo bitno svojstvo komunikacije je to što je omogućeno da prijemni sistem zna kada da očekuje prenosne signale. Ako prijemni sistem ne može da odredi početak transmisije, sistem može da pogreši i da kao početak prenosa zameni sa sredinom i obrnuto. To važi i za analogne i za digitalne komunikacije.

## Multipleksiranje podelom po vremenu

Jedan od načina da se postigne odgovarajuće tajmiranje sistema je sinhronizacija njihove komunikacije tako da svaki od njih šalje podatke u unapred definisanom vremenu. Na primer, dva sistema se mogu dogovoriti da se menjaju na svaku sekundu, odnosno da svaki šalje podatke tokom jedne sekunde, a da zatim prebacuje kontrolu na drugi sistem (slično pričanju i slušanju u konverzaciji kod ljudi). Ovaj tip komunikacije poznat je kao multipleksiranje podelom po vremenu, zato što je vremenski interval, koji je predviđen za prenos, podeljen između dva sistema.

Iako je ovaj tip "pregovora" jednostavan i direktan, ipak postoji nekoliko bitnih elemenata. Prvo, ako stanica nema šta da kaže, njen deo vremena se uzalud gubi, iako druga stanica čeka da emituje dodatne informacije. Takođe, ako se taktovi stanica neznatno razlikuju, dva sistema će u nekom trenutku ispasti iz sinhronizacije i međusobno će ometati komunikaciju. I na kraju, razmotrimo šta se dešava kada se još neka stanica uključi u isto kolo i ima nešto da kaže: podela po vremenu se može izvršiti ponovo, ali to će ozbiljno da umanjuje količinu podataka koja se može preneti datom kolu, s obzirom na deo vremena koji je na raspolaganju.

Uprkos slabostima, multipleksiranje podelom po vremenu prilično se efikasno koristi u mnogim WAN tehnologijama. Razlog je to što se WAN kolo obično deli između samo dva hosta. Time se eliminiše problem vremenskog multipleksiranja između mnogo sistema. Takođe, činjenica da podela po vremenu alokira širinu opsega na predvidljiv način omogućava joj da bude efikasno sredstvo prenosa vremenski osetljivih podataka, kao što su video ili audio signali.

## Preambula

Da bi rešile rastuće probleme sa podelom vremena, mnoge mrežne tehnologije komuniciraju korišćenjem *najave*: definisanog niza komunikacionih impulsa koji svim stanicama koje primaju govore: "Spremite se - imam nešto da vam kažem".

Upotreba preambule, tj. najave, omogućava sistemima na mreži da zauzmu ad hoc pristup komunikaciji. Umesto da moraju da čekaju da naiđe njihov vremenski interval, sistemima je dozvoljeno da pokušaju da izvrše transmisiju kad god podaci moraju da se proslede. Najava ili preambula obezbeđuje da sve stanice mogu da se sinhronizuju i da prime podatke u trenutku slanja. To je kao kad vodeći pevač grupe ili bubnjar da ritam kako bi svi članovi grupe počeli u isto vreme i bili međusobno sinhronizovani.

Pošto stanica šalje najavu samo kada treba da šalje podatke, eliminiše se mrtvo vreme jer je kolo otvoreno za sisteme kojima je potrebno. Takođe, kada su burst signali prenosa podataka mali, smanjuje se verovatnoća ispada sistema iz sinhronizacije zbog manjih vremenskih razlika, pošto stanice mogu da resinhronizuju svoja vremena pri svakoj isporuci podataka.

## Razumevanje topologija

Topologija mreže predstavlja skup pravila za fizičko povezivanje i komunikaciju datog mrežnog medijuma. Pri odlučivanju za određenu topologiju povezivanja mrežnih sistema potrebno je da se prate izvesne specifikacije koje govore o tome kako treba međusobno povezati sisteme, koji tip konekcija koristiti, pa čak i kako ti sistemi treba da se obraćaju jedan drugom dok su na vezi.

Topologija je podeljena u dve kategorije:

- na fizičku i
- na logičku

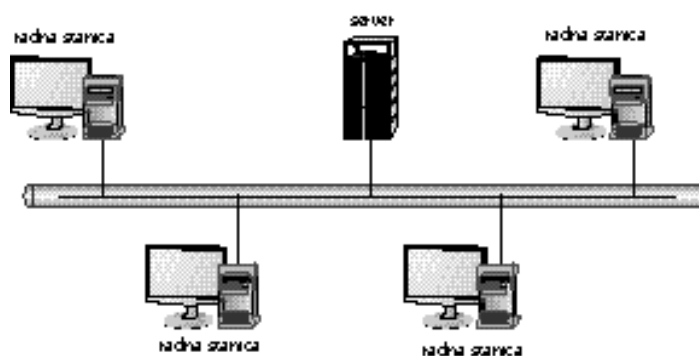
### Fizička topologija

Fizička topologija se odnosi na način povezivanja prenosnih medija. Postoje četiri tipa fizičke topologije. To su:

- magistrala
- zvezda
- prsten
- iz tačke u tačku

### Topologija magistrale

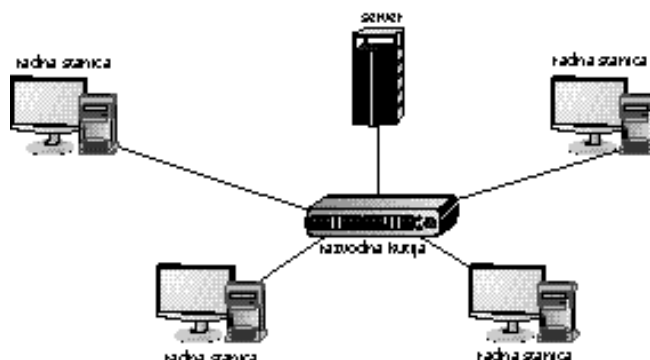
Topologija magistrale je uobičajena konfiguracija za ožičenje tankih mreža. Sistemi koji su priključeni na magistralu povezani su serijski. Svi sistemi su povezani na jedan dugački kabl preko T konektora. Na slici 1.7 ilustrovan je primer topologije magistrale.



SLIKA 1.7 Primer topologije magistrale

### Topologija zvezde

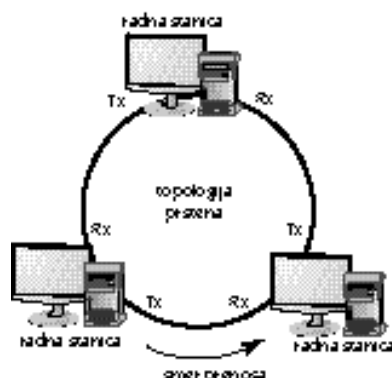
Topologija zvezde je uobičajena konfiguracija za ožičenje kablovima sa upredenim paricama. Svaki sistem je povezan sa centralnim uređajem, kao što je razvodna kutija ili komutator. Samo jedan sistem je povezan preko jednog fizičkog kabla. Ove razvodne kutije ili komutatori se zatim mogu povezati tako da obrazuju veće mrežne sisteme. Slika 1.8 pokazuje primer topologije zvezde.



SLIKA 1.8 Primer topologije zvezde

## Topologija prstena

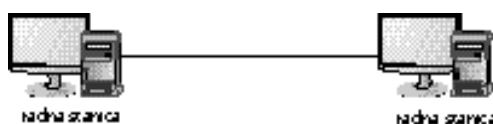
Konfiguracija *prstena* se obično koristi u komunikacijama koje se baziraju na tokenima, kao što je FDDI. Port izlaznih podataka (Tx za slanje) povezan je sa portom ulaznih podataka (Rx za prijem) naredne stanice u prstenu. To se ponavlja sve do formiranja kompletnog prstena. Slika 1.9 je primer topologije prstena.



SLIKA 1.9 Primer topologije prstena

## Topologija "iz tačke u tačku"

Topologija "iz tačke u tačku" (slika 10.10) se obično koristi u WAN konfiguracijama ili u kućnim mrežama između samo dva kompjutera. Sa ovom topologijom se na jedan fizički medijum povezuju samo dva sistema. Optički kabl se obično koristi pri povezivanju iz tačke u tačku. I kablovi sa upredenim paricama se takođe mogu konfigurisati za veze iz tačke u tačku korišćenjem ukrštenog kabla. Ukršteni kabl je ustvari kabl sa upredenim paricama kod koga su parice za slanje i parice za prijem ukrštene na jednom kraju.



SLIKA 1.10 Veza iz tačke u tačku

### NAPOMENA

Prenosni medijum je odvojen od fizičke topologije. Dati primeri se odnose na ono što se radi na terenu i ne predstavljaju stroga i nepromenljiva pravila. Na primer, iako se optički kablovi obično koriste u topologiji prstena, možete ih koristiti i u topologiji zvezde, pa čak i u topologiji magistrale. ■

### Fizičke topologije i Cisco ruteri

Kakvu ulogu imaju fizičke topologije u primeni Cisco rutera? Neophodno je da se unapred definiše koji tip topologije će biti korišćen kako bi se obezbedilo naručivanje modela koji podržava prave tipove konektora.

Na primer, pretpostavimo da ste odlučili da koristite optičke kablove za povezivanje svog Cisco rutera da biste omogućili veće dužine kablova. Cisco ruteri podržavaju dva tipa optičkih konektora: SMA i FDDI. SMA konektor se obično koristi za aplikacije "iz tačke u tačku". FDDI konektori se, međutim, obično koriste u topologijama prstena. Treba da odredite koju ćete fizičku topologiju koristiti pre izbora Cisco modela.

### Logička topologija

Logička topologija opisuje pravila komunikacije koje treba da koristi svaka stanica u mreži. Na primer, specifikacije logičke topologije opisuju kako svaka stanica treba da odredi da li može da šalje podatke i šta stanica treba da uradi ako pokuša da šalje podatke istovremeno sa nekom drugom stanicom. Zadatak logičke topologije je da obezbedi da se informacija prenese što je moguće brže i sa što je moguće manje grešaka. To je slično onome što radi moderator diskusione grupe. Moderator obezbeđuje da svaka osoba u grupi dođe na red da kaže nešto. Moderator takođe reguliše situaciju u kojoj dve osobe pokušaju da govore u isto vreme - samo jedna dobija prioritet, dok druga čeka na svoj red.

Dakle, u kakvoj su vezi fizičke i logičke topologije? Svaka data logička topologija funkcionisaće samo na određenim fizičkim topologijama. Na primer, Ethernet će raditi na fizičkim topologijama magistrale, zvezde ili "iz tačke u tačku", ali neće funkcionisati na topologiji prstena. FDDI specifikacija će funkcionisati na topologiji prstena ili zvezde, ali neće na magistrali ili "iz tačke u tačku". Kada se odredi koja logička topologija će biti korišćena, onda se može izabrati i fizička topologija.

Logičke topologije definiše IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). IEEE je neprofitna organizacija koju čini grupa pravnih i fizičkih lica iz "mrežne" industrije. Članovi IEEE rade na definisanju standarda, sprečavanju preuzimanja vlasništva nad tehnologijom i pomažu u obezbeđivanju mrežne kompatibilnosti proizvoda različitih proizvođača.

Tabela 1.1 daje najčešće mrežne standarde.

**Tabela 1.1: IEEE standardi za mreže**

Standard	Definiše
IEEE 802.1	VLAN i premošćivanje
IEEE 802.2	Kontrola logičke veze (LLC)
IEEE 802.3	10Mb Ethernet
IEEE 802.3u	100Mb Ethernet
IEEE 802.3x	Kontrola protoka
IEEE 802.3z	1Gb Ethernet (optički)
IEEE 802.3ab	1Gb Ethernet (upredene parice)
IEEE 802.3ae	10Gb Ethernet

**Tabela 1.1: IEEE standardi za mreže**

Standard	Definiše
IEEE 802.5	Token Ring
IEEE 802.7	Širokopojasne
IEEE 802.11	Bežični LAN
IEEE 802.12	Prioritet zahteva
IEEE 802.14	Kablovski modem
IEEE 802.15	Bežični PAN
IEEE 802.16	Bežične širokopojasne

Kao glavni igrač u areni umrežavanja, Cisco je preuzeo aktivnu ulogu u finalizaciji standarda datih u tabeli 1.1. To ne samo da pomaže da se obezbedi slaganje Cisco proizvoda sa IEEE standardima, već pomaže i u obezbeđivanju podrške čim standard bude spreman za opštu upotrebu.

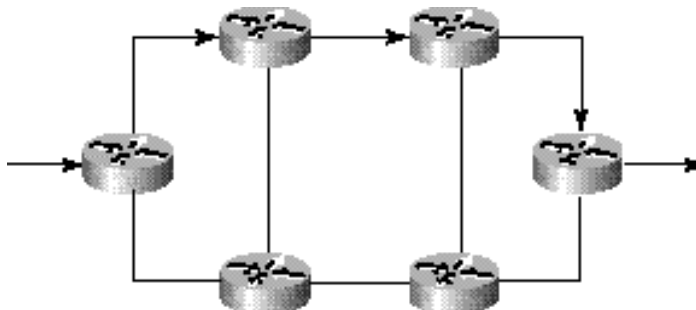
## Tipovi veza

Svaka logička topologija koristi jedan od tri načina kreiranja veza između stanica:

- komutaciju vodova
- komutaciju poruka
- komutaciju paketa

## Komutacija vodova

Komutacija vodova znači da će se za prenos podataka iz jednog u drugi čvor oformiti odgovarajuća veza između dva sistema. Ovoj komunikacionoj sesiji se dodeljuje određena širina opsega, koja ostaje na raspolaganju sve dok je veza potrebna. Primer komutacije vodova imamo pri telefoniranju. Kada izaberete broj, ispostavlja se veza između vašeg telefona i onoga koga zovete. Uspostavljena veza će trajati sve dok ne završite razgovor i ne spustite slušalicu. Slika 1.11 ilustruje mrežu sa komutacijom vodova. Bira se najbolja putanja, a širina opsega koja je dodeljena datoj komunikacionoj sesiji ostaje na raspolaganju dok god je potrebna. Svi podaci se kreću istom putanjom.



**SLIKA 1.11** Primer mreže sa komutacijom vodova

Mreže sa komutacijom vodova su korisne za isporuku informacija koje se moraju primati istim redom kao što su i poslate. Na primer, aplikacije kao što su audio i video aplikacije u realnom vremenu ne mogu da tolerišu kašnjenja zbog ponovnog sređivanja podataka prema korektnom redosledu. Iako komutacija vodova obezbeđuje najbrži mogući prenos podataka, ona može biti i skupa u odnosu na druge tipove veza zato što vod ostaje aktivan čak i ako krajnje stanice ne šalju podatke u tom trenutku.

Primeri mreža sa komutacijom vodova su:

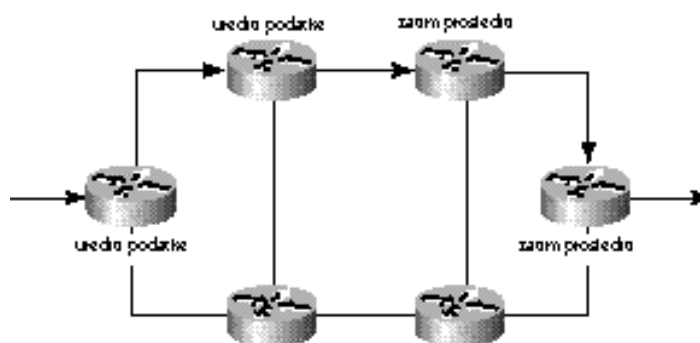
- Asinhroni prenosni režim (ATM)
- Analogna telefonska linija (javna telefonska mreža)
- ISDN
- Iznajmljena linija
- T1

## Komutacija poruka

Komutacija poruka znači da se veza tipa *uskladišti-i-prosledi uspostavlja* između uređaja koji su priključeni na putanju poruke. Prvi uređaj uspostavlja vezu sa sledećim i šalje celu poruku. Kada se prenos završi, veza se raskida, a drugi uređaj ponavlja ceo proces ako je to potrebno.

Elektronska pošta je dobar primer komutacije poruka. Dok ukucavate svoju e-mail poruku, vaš kompjuter priprema informacije za slanje i čeka dok ne završite. Kada pritisnete dugme za slanje (Send), vaš sistem šalje celu poruku u vašu lokalnu "poštansku službu", koja zatim ponovo priprema poruku. Vaša poštanska služba zatim kontaktira poštansku službu osobe na koju ste adresirali poruku. Poruka se opet isporučuje u celini i stavlja u red za čekanje od strane prijemnog sistema. Konačno, udaljena poštanska služba isporučuje vašu poruku datom primaocu koristeći isti proces.

Slika 1.12 ilustruje mrežu sa komutacijom poruka. Iako se podaci opet kreću istom putanjom, samo jedan deo mreže je određen za isporuku ovih podataka u datom vremenu.



SLIKA 1.12 Primer mreže sa komutacijom poruka

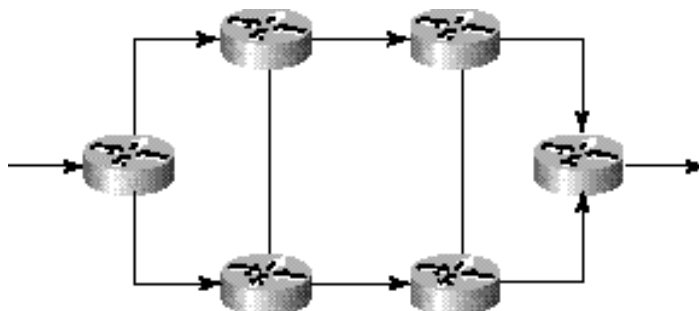
Nijedna logička topologija opisana u ovoj knjizi ne koristi komutaciju poruka za isporučivanje podataka. Delimično je razlog to što komutacija poruka povećava hardverske zahteve u pogledu memorije i obrade zbog skladištenja informacija pre isporučivanja.

## Komutacija paketa

Poslednji način povezivanja krajnjih stanica je komutacija paketa. Ova metoda je najrasprostranjenija u današnjim mrežnim topologijama. U mreži sa komutacijom paketa, svaki pojedinačni okvir može da se kreće drugom putanjom do konačnog odredišta. Pošto svaki okvir može da se kreće drugom putanjom, okviri se onda mogu ali ne moraju primiti onim redosledom kako su poslali. Da bi se ovaj problem rešio, prijemna stanica koristi brojeve sekvenci za okvire kako bi mogla korektno da rasporedi podatke.

Obratite pažnju na radnu frazu "mogu da se kreću različitim putanjama". Drugi faktori, kao što su protokoli rutiranja, igraju ulogu u određivanju da li će se ova mogućnost iskoristiti. Međutim, za sada je dovoljno shvatiti da u mrežama sa komutacijom paketa svi podaci ne moraju da se kreću istom putanjom.

Slika 1.13 ilustruje mrežu sa komutacijom paketa. Podacima je dozvoljeno da se kreću bilo kojom putanjom do svog odredišta. Komutacija paketa ne zahteva rezervaciju širine opsega za ovaj prenos.



**SLIKA 1.13** Primer mreže sa komutacijom paketa

Mreže sa komunikacijom paketa su korisne za prenos podataka u regularnim mrežama. To uključuje smeštanje datoteka, štampanje ili krstarenje Webom. Ukratko, sve aktivnosti koje biste normalno povezali sa upotrebom mreže odlično će funkcionisati u mrežama sa komutacijom paketa. Iako je komutacija paketa loš izbor za prenos audio i video sadržaja u realnom vremenu, on je izuzetno efikasan za prenos informacija koje su vremenski osetljive, zato što ne zahteva rezervaciju širine opsega za prenos informacija. Drugi čvorovi mogu da dele raspoloživu širinu opsega po potrebi.

Evo nekih primera mreža sa komutacijom paketa:

- sve Ethernet topologije
- FDDI
- Frame Relay i X.25

## Pakovanje podataka

Do sada smo pričali o analognom i digitalnom prenosu signala. Bilo je reči i o fizičkim i logičkim topologijama i načinu njihovog korišćenja za povezivanje mreža. Sada je vreme da se prenos signala kombinuje sa topologijama kako bi se informacije prenele između dva sistema.

Kada se podaci kreću kroz mrežu, oni su upakovani unutar anvelope poznate kao okvir. Specifikacija okvira zavisi od topologije. Ethernet okvir treba da prenese drugačiji tip informacije nego Token Ring ili ATM okvir. Pošto je Ethernet za sada najpopularnija tehnologija, ovde ćemo se detaljno pozabaviti njome.

### Ethernet okviri

Ethernet okvir je skup digitalnih impulsa koji se prenose preko prenosnog medijuma u cilju prenosa informacija. Veličina Ethernet okvira može da bude od 64 do 1518 bajta (bajt se sastoji od osam digitalnih impulsa ili bitova) i podeljen je u četiri sekcije:

- preambula
- zaglavlje
- podaci
- kontrolna sekvenca okvira (FCS)

#### Preambula

Kao što je već rečeno, preambula se koristi za sinhronizaciju komunikacije između više sistema u istoj logičkoj mreži. U Ethernet okruženju sistemi mogu da počnu sa slanjem u bilo kom trenutku. Preambula omogućava sistemima koji primaju podatke da se sprema za protok podataka koji sledi. Ethernet preambula ima dužinu od osam bajtova.

#### NAPOMENA

Pošto se preambula smatra delom komunikacionog procesa, a ne delom informacije koja se prenosi, obično se ne uzima u obzir pri merenju veličine okvira. ■

#### Zaglavlje

Zaglavlje uvek sadrži informacije o tome ko je poslao okvir i o njegovom odredištu. Može da sadrži i druge informacije, kao što je broj bajtova u okviru koji je smešten u tzv. polju dužine i koristi se za korekciju greške. Ako prijemna stanica izmeri da okvir ima drugu veličinu, a ne onu koja je naznačena u polju dužine, ona će od predajnog sistema da zatraži slanje novog okvira. Ako se polje dužine ne koristi, zaglavlje može da sadrži polje tipa koje opisuje tip Ethernet okvira.

#### NAPOMENA

Veličina zaglavlja je uvek 14 bajtova ■

## Podaci

Deo okvira za podatke sadrži prave informacije koje stanica treba da pošalje, kao i razne informacije o protokolu, kao što su IP adrese izvora i odredišta. Polje podataka može da ima od 46 do 1500 bajta. Ako stanica treba da prenese više od 1500 bajtova informacija, ona će te informacije podeliti u više okvira i identifikovati pravilan redosled pomoću brojeva sekvenci. Brojevi sekvenci identifikuju redosled po kome prijemni sistem treba da rasporedi podatke. Ova informacija o sekvenci se takođe smešta u delu okvira za podatke.

Ako okvir nema informacije vredne 46 bajtova za prenos, stanica to rešava tako što se do kraja okvira upisuju jedinice (setite se da digitalne komunikacije koriste binarne brojeve). Zavisno od tipa okvira, ovaj deo može da sadrži i dodatne informacije koje opisuju protokol ili metodu komunikacije koju koriste sistemi.

## Kontrolna sekvenca okvira (FCS)

Kontrolna sekvenca okvira obezbeđuje da primljeni podaci budu baš oni koji su poslali. Predajni sistem obrađuje FCS deo okvira pomoću algoritma nazvanog ciklična provera redundanse (CRC).

CRC uzima vrednosti iz gornjih polja i kreira četvorobajtni broj. Kada odredišni sistem primi okvir, on izvršava isti CRC i dobijeni broj upoređuje sa vrednošću ovog polja. Ako odredišni sistem detektuje poklapanje, on pretpostavlja da okvir nema grešaka i obrađuje informacije. Ako upoređivanje ne potvrdi poklapanje, odredišna stanica pretpostavlja da se nešto desilo sa okvirom tokom prenosa i zahteva od predajnog sistema da pošalje drugu kopiju okvira.

### NAPOMENA

FCS ima uvek 4 bajta ■

## Zaglavlje okvira

Sada, kada bolje shvatamo šta je Ethernet okvir, detaljnije ćemo razmotriti deo zaglavlja. Informacije koje nosi zaglavlje isključivo su odgovorne za identifikaciju pošiljaoca i primaoca.

Zaglavlje sadrži dva polja za identifikaciju izvora i odredišta prenosa. To su adrese čvorova i izvornog i odredišnog sistema. Ovaj broj se naziva i adresa kontrole pristupa mediju (MAC). Adresa čvora je jedinstveni broj koji se koristi za serijalizaciju mrežnih uređaja (kao što su mrežne kartice ili hardver za umrežavanje) i predstavlja jedinstveni identifikator po kome se dati mrežni uređaj razlikuje od bilo kog drugog mrežnog uređaja na svetu. Isti broj se nikada ne sme dodeliti uređajima u mreži. Shvatite to kao ekvivalent telefonskom broju. Svaka kuća sa telefonskom linijom ima jedinstveni telefonski broj tako da telefonska kompanija zna gde treba da usmeri poziv. Na isti način lokalni sistem koristi MAC adresu odredišta za slanje okvira odgovarajućem sistemu.

### NAPOMENA

MAC adresa nema nikakve veze sa Apple kompjuterima, a skraćenica se uvek piše velikim slovima. To je broj koji koristi svaki sistem priključen na mrežu (PC i Mac) za jedinstvenu identifikaciju. ■

MAC adresa je šestobajtni, dvanaestocifreni heksadecimalni broj koji se uvek deli u dva dela. Prvi deo adrese sadrži identifikaciju proizvođača. Proizvođač dodeljuje izvestan broj MAC adresa koje treba koristiti pri serijalizaciji uređaja. Neke važnije MAC adrese date su u tabeli 1.2

**Tabela 1.2: Uobičajene MAC adrese**

Prva tri bajta MAC adrese	Proizvođač
00000C	Cisco
0000A2	Bay Networks
0080D3	Shiva
00AA00	Intel
02608C	3Com
080009	Hewlett Packard
080020	Sun
08005A	IBM

#### SAVET

Prva tri bajta MAC adrese mogu puno da pomognu pri dijagnostifikovanju problema. Ako analizirate problem, pokušajte da odredite izvornu MAC adresu. Ako znate ko je napravio uređaj možda ćete lakše da otkrijete koji sistem vam pravi probleme. Na primer, ako su prva tri bajta 00000C, znaćete da treba da fokusirate svoju pažnju na neki od Ciscovih uređaja u mreži. ■

Druga polovina MAC adrese predstavlja serijski broj koji je proizvođač dodelio uređaju.

Jedna adresa je vredna pažnje: FF-FF-FF-FF-FF-FF. Ona se naziva *adresa emitovanja*. Adresa emitovanja je nešto specijalno: ona znači da svi sistemi koji primaju ovaj paket treba da pročitaju date podatke. Ako sistem vidi okvir koji je poslat na adresu emitovanja, on će pročitati okvir i, ako može, obraditi podatke.

#### NAPOMENA

Ne bi trebalo da naidete na okvir koji sadrži adresu emitovanja u polju za čvor izvora. Ethernet standardi ne definišu prisustvo adrese emitovanja u polju čvora izvora. ■

Treba primetiti da informacije o adresi već imamo, kao i mogućnost prenosa informacija kroz Ethernet mrežu. Svedjedno, do sada nismo pominjali protokole. O tome će biti reči u sledećem delu "*Protokol za razlaganje adrese*" (ARP). Za sada treba znati da svaki sistem na Ethernet mreži vidi svaki paket i treba da pogleda u svaki paket da bi video da li je on adresiran za taj sistem ili ne.

Ako koristim PC koji priča samo po IPX protokolu sa NetWare serverom, a negde u mojoj mreži postoje dva Apple računara koja pričaju prema AppleTalk protokolu, moj sistem i dalje vidi sve okvire i treba da proveri svaki od njih kako bi utvrdio da li treba da pročita podatke iz njega. Činjenica da moj sistem govori prema drugačijem protokolu nema nikakvog uticaja. Pravila za Ethernet komunikaciju zahtevaju da svaki kompjuter na segmentu mreže pregleda svaki paket.

**NAPOMENA**

Pravila za Ethernet komunikaciju detaljno se obrađuju u drugom poglavlju. ■

To što računar mora da posveti određeno vreme centralne procesorske jedinice za analizu okvira na mreži može da izgleda nebitno, ali nije. Ako je mreža zaposlena, može da izgleda da radna stanica odgovara sporo, iako ona namerno ne šalje ili ne prima mrežne podatke.

Pre nego što nastavimo dalje, evo još jedne činjenice u vezi s Ethernet okvirima. Videli smo da svaki okvir sadrži 14-bajtno zaglavlje i 4-bajtni FCS. Ove dužine polja su fiksne i nikad se ne menjaju. Ako ih saberemo, dobićemo 18 bajtova. Međutim, polje podataka može da sadrži od 46 do 1500 bajtova. Na osnovu toga se određuju minimalna i maksimalna veličina okvira:

$46 + 18 = 64$  bajta (minimalna velicina okvira)

$1500 + 18 = 1518$  bajtova (maksimalna velicina okvira)

**Protokol za razlaganje adrese**

Kako da nađete MAC adresu odredišta da biste mogli da pošaljete podatke tom sistemu? Naime, mrežne kartice se ne isporučuju sa telefonskim imenicima. Pronalaženje MAC adrese vrši se pomoću specijalnog okvira koji se naziva okvir protokola za razlaganje adrese (ARP). ARP funkcioniše drugačije zavisno od protokola koji koristite (kao što su IPX, IP, NetBEUI, i tako dalje). Pogledajte primer na slici 1.14. Radi se o dekodiranju prvog paketa iz sistema koji želi da pošalje informaciju drugom sistemu na istoj mreži. Primetite informacije u rezultatu dekodiranja. Predajni sistem zna IP adresu odredišnog sistema, ali ne zna MAC adresu odredišta. Bez te adrese, lokalno isporučivanje podataka nije moguće. ARP se koristi kada sistem treba da otkrije MAC adresu odredišnog sistema.

**NAPOMENA**

Okvir decode je proces konverzije prenosnog signala binarnog okvira u format koji može da razume ljudsko biće. Tipično, to se radi pomoću analizatora mreže. ■

SA	Source	Protocol	Layer	Comment	Len	Checksum	Link Layer
1	192.168.1.1	ARP	2	Request for 192.168.1.2	28	00000000	0800
2	192.168.1.2	ARP	2	Response to 192.168.1.1	28	00000000	0800

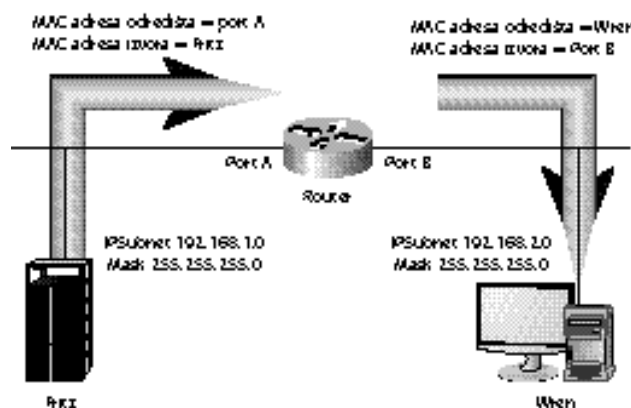
Request for 192.168.1.2	
Source: 192.168.1.1	Destination: 192.168.1.2
Source MAC: 080040150000	Destination MAC: 080040150000
Source IP: 192.168.1.1	Destination IP: 192.168.1.2
Source Port: 0	Destination Port: 0
Source Protocol: 0	Destination Protocol: 0
Source Length: 28	Destination Length: 28
Source Checksum: 00000000	Destination Checksum: 00000000
Source Link Layer: 0800	Destination Link Layer: 0800
Source Link Length: 2	Destination Link Length: 2
Source Link Checksum: 0000	Destination Link Checksum: 0000
Source Link Protocol: 0	Destination Link Protocol: 0
Source Link Length: 2	Destination Link Length: 2
Source Link Checksum: 0000	Destination Link Checksum: 0000
Source Link Protocol: 0	Destination Link Protocol: 0

SLIKA 1.14 Predajni sistem pokušava da otkrije MAC adresu odredišnog sistema.

Imajte na umu da ARP služi samo za lokalne komunikacije. Kada paket podataka prođe kroz ruter, Ethernet zaglavlje će biti izmenjeno tako što će MAC adresa izvora biti zamenjena MAC adresom rutera, a ne predajnog sistema. To znači da bi možda bilo potrebno generisati novi ARP zahtev.

### ARP na delu

Slika 1.15 pokazuje kako sve to funkcioniše. Naš predajni sistem (Fritz) treba da isporuči neke informacije određinom sistemu (Wren). Pošto se Wren ne nalazi na istoj pod mreži kao Fritz, Fritz šalje ARP kako bi otkrio MAC adresu porta A na lokalnom ruteru. Kada Fritz sazna ovu adresu, on će moći da pošalje svoje podatke do rutera.



**SLIKA 1.15** MAC adrese se koriste samo za lokalne komunikacije

Naš ruter treba zatim da pošalje ARP sa porta B kako bi otkrio Wrenovu MAC adresu. Kada Wren odgovori na ovaj ARP zahtev, ruter će iscepiti Ethernet okvir iz Fricovih podataka i kreirati novi. Ruter zamenjuje MAC adresu izvora (prvobitno Fricova MAC adresa) MAC adresom porta B. On će takođe zameniti i MAC adresu odredišta (prvobitno port B) Wrenovom MAC adresom.

### NAPOMENA

Kada je Fritz shvatio da se Wren ne nalazi na istoj pod mreži, on je onda potražio ruter. Zašto je to uradio detaljno ćemo razmotriti u delu koji se bavi protokolima. Za sada, dovoljno je razumeti da se MAC adresa koristi za prenos podataka između dva sistema koja se nalaze na istoj logičkoj mreži. ■

### ARP keš

Svi sistemi mogu da keširaju informacije koje su dobili kao odgovore na ARP zahteve. Na primer, ako nekoliko sekundi kasnije Fritz poželi da pošalje drugi paket podataka Wrenu, on ne mora da šalje novi ARP zahtev za utvrđivanje MAC adrese rutera, pošto je ta vrednost sačuvana u memoriji. Ova memorijska oblast naziva se ARP keš.

Podaci u ARP kešu se čuvaju do 60 sekundi. Nakon toga se obično brišu i ponovo se moraju dobiti preko novog ARP zahteva. Takođe je moguće kreirati statičke podatke u ARP kešu, čime se trajno zapisuju informacije u tabelu ARP keša. Na ovaj način, sistemu više nije potrebno da šalje nove ARP zahteve za čvorove za koje postoje statički podaci u keš memoriji.

Na primer, na Fricovoj mašini kreiraćemo statičke ARP informacije za ruter tako da on više ne mora da šalje ARP zahtev kada traži ovaj uređaj. Problem bi se javio jedino ako bi se promenila MAC adresa rutera. Ako se ruter pokvari, tako da morate da ga zamenite novim, morate da odete i do Fricovog sistema i promenite statičke ARP podatke zato što bi novi ruter imao drugu MAC adresu.

## OSI model

Međunarodna organizacija za standarde (IOS) je 1977. godine razvila referentni model povezivanja otvorenih sistema (OSI model) da bi pomogla unapređivanje komunikacija između sistema dva različita proizvođača. IOS je bila komisija koja je predstavljala mnoge organizacije, čiji je cilj bio da se ne favorizuje jedna metoda komunikacije, već da se razvije zbirka uputstava koja bi omogućila proizvođačima funkcionalno povezivanje njihovih proizvoda.

IOS se odlučio za pojednostavljivanje komunikacije između sistema. Mnogo toga treba da se desi da bi se obezbedilo da podaci prvo stignu do pravog sistema, a zatim da se proslede odgovarajućoj aplikaciji u upotrebljivom formatu. Bio je potreban skup pravila kojim bi se proces komunikacije razložio na prost skup blokova.

### POJEDNOSTAVLJIVANJE SLOŽENOG PROCESA

---

Analogija OSI modelu bio bi proces građenja kuće. Iako finalni proizvod može da izgleda vrlo složen, on će biti mnogo jednostavniji ako se razloži na delove kojima se može lakše rukovati.

Dobra kuća počinje sa temeljom. Postoje pravila koja definišu potrebnu širinu i dubinu zidova temelja. Posle temelja, kuća počinje da se zida. Opet postoje pravila koja definišu dimenzije grade i noseće konstrukcije. Kada se kuća sazida, onda treba postaviti krov, za koji takođe važe određena pravila.

Razlaganjem ovog komplikovanog procesa u manje delove, pravljenje kuće postaje lakše. Ovo razlaganje olakšava definisanje odgovornih lica za svaki deo posebno. Na primer, električar treba da razvede žice i priključke, ali ne treba da postavlja krov.

Cela struktura postaje isprepletana struktura, gde se svaki deo oslanja na ostale. Na primer, noseća konstrukcija kuće zahteva čvrst temelj. Bez toga bi noseća konstrukcija verovatno klonula i pala. Sama noseća konstrukcija takođe zahteva postavljanje zidova u određenim delovima kuće koji bi osigurali njenu stabilnost.

OSI model teži da uspostavi slične definicije i zavisnosti. Svaki deo komunikacionog procesa postaje poseban gradivni blok. To olakšava određivanje zadatka koji treba da izvrši svaki deo komunikacionog procesa. To takođe pomaže pri definisanju načina povezivanja svakog dela sa ostalim delovima procesa.

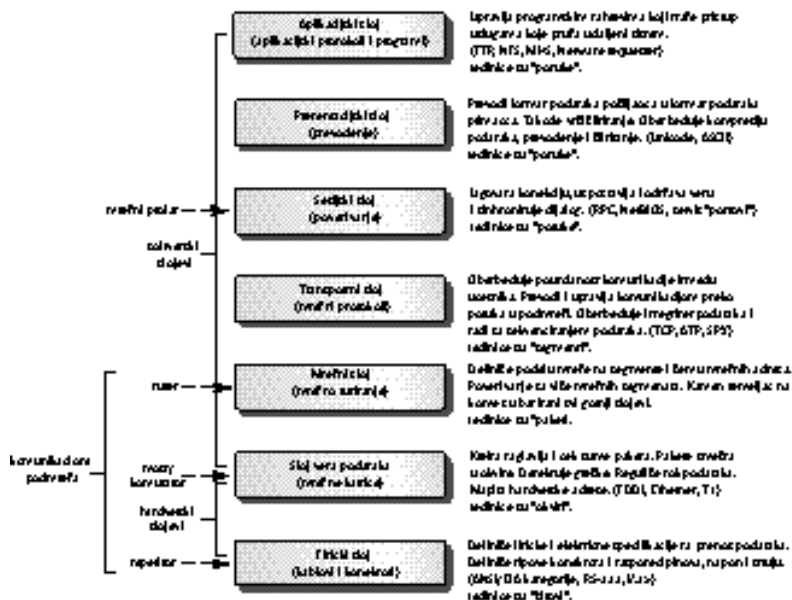
---

## Definisanje OSI slojeva

OSI model se sastoji od sedam slojeva. Svaki sloj opisuje kako njegov deo komunikacionog procesa treba da funkcioniše, kao i kako je povezan sa slojevima koji su hijerarhijski iznad ili ispod njega, kao i kako da se prilagodi na drugim sistemima. To proizvođaču omogućava da kreira proizvod koji će raditi na izvesnom sloju i da će moći da radi sa velikim brojem aplikacija. Ako je proizvod u skladu sa uputstvima datim za određeni sloj, trebalo bi da bude u stanju da komunicira sa proizvodima drugih proizvođača koji rade na sličnim slojevima.

Ako se na trenutak vratimo našoj analogiji sa kućom, zamislite strugaru koja obezbeđuje glavne nosače za konstrukciju kuće. Sve dok strugara prati preporuke za debljinu i materijal, zidari mogu da očekuju da će stubovi biti čvrsti u svakoj kući koja ima odgovarajući temelj.

Na slici 1.16 predstavljen je OSI model u svojoj slavi. Hajde da pogledamo svaki sloj posebno da bismo videli koja funkcija se očekuje od svakog posebno.



SLIKA 1.16 OSI model

### Sloj 1: Fizički sloj

*Fizički sloj* opisuje specifikacije naših prenosnih sredstava, konektore i impulse signala. Odluka o korišćenju analognih ili digitalnih prenosnih signala smatra se specifikacijom fizičkog sloja. Tu spadaju i sredstva koja prenose ove signale, kao što su kablovi sa upredenim paricama, optički kablovi ili čak i atmosfera.

Mrežne razvodne kutije i repetitori nazivaju se uređajima fizičkog sloja zato što predstavljaju nešto više od pojačivača signala. Sve funkcije razvodne kutije definišu se u prvom sloju OSI modela.

## Sloj 2: Sloj veza podataka

Sloj veza podataka daje specifikacije za topologiju i komunikaciju između lokalnih sistema. Ethernet je dobar primer specifikacije sloja veza podataka zato što može da radi sa više specifikacija fizičkog nivoa (kao što su optički i kablovi sa upredenim paricama), kao i sa više specifikacija mrežnog sloja (kao što su IP, IPX i AppleTalk).

Sloj veza podataka predstavlja "vrata između svetova" i povezuje fizičke aspekte mreže (kablove i digitalne impulse) sa apstraktnim svetom softvera i tokova podataka. Mostovi i komutatori se smatraju uređajima sloja veza podataka zato što su u stanju da kontrolišu saobraćaj na osnovu topologije adresnih informacija. Na primer, u Ethernet okruženju MAC adrese izvora i odredišta se mogu koristiti za kontrolu toka saobraćaja.

### NAPOMENA

Topologije kao što je Ethernet objašnjene su u poglavlju 2. ■

## Sloj 3: Mrežni sloj

*Mrežni sloj* opisuje način na koji se sistemi iz različitih mrežnih segmenata pronalaze; on definiše i mrežne adrese. IP, IPX i AppleTalkov protokol za isporuku šeme podataka (DDP) su odlični primeri specifikacija mrežnog sloja zato što definišu mehanizam pronalaženja udaljenih resursa, a pored toga i adresiraju pojedinačne sisteme.

### NAPOMENA

O protokolima će biti reči u poglavlju 3. ■

## Sloj 4: Transportni sloj

*Transportni sloj*, u stvari, manipuliše podacima i priprema ih za isporuku kroz mrežu. Ako su vaši podaci preveliki za jedan okvir, transportni sloj će ih podeliti u manje delove i dodeliti im brojeve sekvenci. Brojevi sekvenci omogućavaju transportnom sloju na prijemnom sistemu da rasporedi podatke tako da odgovaraju njihovom prvobitnom stanju. Dok sloj veza podataka vrši CRC proveru svih okvira, transportni sloj može da deluje kao rezervna provera kako bi se obezbedilo da svi podaci budu primeljeni i da se mogu koristiti.

Primeri funkcionalnosti transportnog sloja bili bi IP-ov protokol za kontrolu prenosa (TCP), protokol šeme korisničkih podataka (UDP), IPX-ova razmena sekvenci paketa (SPX) i Apple Talkov protokol transakcija (ATP). Primetite da ove specifikacije sadrže i komponente koje će se smatrati i delom sesijskog protokola.

### NAPOMENA

Transportni sloj se dodatno diskutuje u delu "Usluge transportnog sloja" u ovom poglavlju. ■

### Sloj 5: Sesijski sloj

*Sesijski sloj* se bavi uspostavljanjem i održavanjem veze između dva ili više sistema. On obezbeđuje da se upit za specifičan tip usluge postavi korektno. Na primer, ako pokušate da pristupite sistemu pomoću web pretraživača, sesijski slojevi na oba sistema rade zajedno kako bi obezbedili da primite HTML stranice, a ne e-mail poruku. Ako sistem ima više mrežnih aplikacija, sesijski sloj se brine da sve komunikacije funkcionišu kako treba i usmerava dolazeće podatke ka pravoj aplikaciji.

### Sloj 6: Prezentacijski sloj

Prezentacijski sloj obezbeđuje prijem podataka u formatu koji mogu da koriste aplikacije koje rade na tom sistemu. Na primer, ako komunicirate preko Interneta pomoću šifriranih poruka, prezentacijski sloj će biti zadužen za šifriranje i dešifrovanje tih informacija. Većina web pretraživača podržavaju ovu vrstu funkcionalnosti za obavljanje finansijskih transakcija preko Interneta. Prevođenje podataka i jezika se takođe vrši na ovom sloju.

### Sloj 7: Aplikacijski sloj

Naziv aplikacijski sloj može malo da zbuni zato što ovaj termin ne opisuje program koji bi korisnik mogao da koristi na svom sistemu. Umesto toga, ovaj sloj je odgovoran za određivanje zahteva za pristupom mrežnim resursima. Na primer, Microsoft Word ne radi na aplikacijskom sloju OSI modela. Ako korisnik pokuša da dobije dokument iz njegovog direktorijuma na serveru, mrežni softver aplikacijskog sloja će biti odgovoran za isporučivanje tog zahteva udaljenom sistemu.

#### N A P O M E N A

Prostim režima, slojevi su numerisani po redosledu po kom sam ih i opisao. Da sam rekao da komutatori rade na sloju 2 OSI modela, vi biste to interpretirali kao da komutatori rade u okviru smernica za sloj veza podataka OSI modela. ■

### Kako funkcioniše OSI model

Kada se između dva sistema prenose podaci, zadatak svakog OSI sloja je da komunicira sa:

- slojem iznad njega
- slojem ispod njega
- korespondentnim slojem na udaljenom sistemu.

Na primer, mrežni sloj na predajnom hostu treba da komunicira sa slojem veza podataka i transportnim slojem. On treba da bude u stanju da komunicira i sa mrežnim slojem na udaljenom sistemu.

Sada ćemo analizirati primer i videti kako svi slojevi funkcionišu zajedno. Pretpostavimo da koristite svoj program za obradu teksta i da želite da pogledate datoteku `resume.txt` iz direktorijuma koji se nalazi na udaljenom serveru. Mrežni softver vašeg sistema će odmah reagovati na način koji je sličan sledećem opisu.

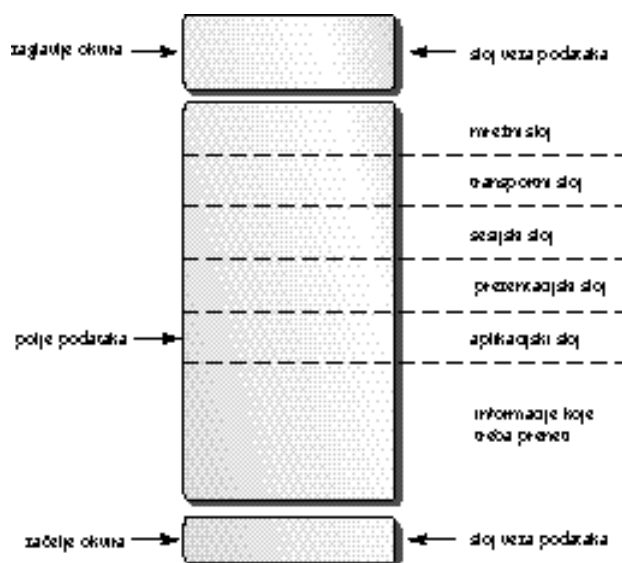
## Formulisanje zahteva za datotekom

Aplikacijski sloj detektuje da zahtevate informaciju sa udaljenog servera datoteka. On šalje zahtev tom serveru da datoteka resume.txt treba da se pročita sa diska. Kada kreira ovaj zahtev, aplikacijski sloj prosleđuje zahtev prezentacijskom sloju na dalju obradu.

Prezentacijski sloj određuje da li treba da šifrira ovaj zahtev ili da izvrši neku vrstu konverzije podataka. Kada to utvrdi i izvrši potreban zadatak, prezentacijski sloj dodaje sve informacije koje treba proslediti prezentacijskom sloju na serveru i šalje paket u sesijski sloj.

Sesijski sloj proverava koja aplikacija zahteva informacije i verifikuje uslugu koja se zahteva od servera (pristup datoteci). Sesijski sloj dodaje u zahtevu informacije koje će obezbediti da udaljeni sistem zna kako da obradi ovaj zahtev. Zatim sve to prosleđuje transportnom sloju.

Transportni sloj obezbeđuje pouzdanu vezu sa serverom i započinje proces tako što sve informacije razlaže i grupiše tako da se mogu upakovati u okvire. Ako je potrebno više okvira, informacija se deli, a svakom bloku informacija dodeljuje se broj sekvence. Ovi numerisani blokovi informacija se zatim, jedan po jedan, prosleđuju mrežnom sloju. Mrežni sloj prima blokove informacija iz transportnog sloja i dodaje im mrežnu adresu lokalne radne stanice i mrežnu adresu servera. Dodavanje ovih mrežnih adresa vrši se na svakom bloku pre nego što se prosledi sloju veza podataka.



**SLIKA 1.17** Raspored informacija u okviru

U sloju veza podataka blokovi se pakuju u posebne okvire. Primetite da sve dodatne informacije koje su prethodni slojevi ugradili u toku obrade (kao i sam zahtev za datotekom) moraju da se smeste u polje podataka Ethernet okvira koje može da sadrži od 46 do 1500 bajtova. To je prikazano na slici 1.17. Sloj veza podataka zatim dodaje zaglavlje okvira, koje se sastoji od MAC adresa izvora i odredišta, i koristi ove informacije (zajedno sa sadržajem polja podataka) za kreiranje CRC začelja. Sloj veza podataka je zato odgovoran za prenos okvira u skladu sa topo-

loškim pravilima koja važe na mreži. U zavisnosti od topologije, to bi moglo da znači čekanje na slobodan trenutak na mreži, na token ili na vremenski interval koji je rezervisan pre početka prenosa okvira.

#### NAPOMENA

Fizički sloj ne dodaje nikakve informacije u okvir. ■

Fizički sloj je odgovoran za prenos informacija od izvornog sistema do svog odredišta. Pošto fizički sloj ne raspoznaje okvire, on samo prosleđuje digitalne impulse koje šalje sloj veza podataka. Fizički sloj predstavlja sredstvo kojim se uspostavlja veza između dva sistema; on je odgovoran za prenos signala do sloja veza podataka na udaljenom sistemu.

Naša radna stanica je uspešno formulisala naš zahtev za podacima ("Pošalji mi kopiju datoteke resume.txt") i prenela je do servera. Od tog trenutka, server izvršava sličan proces, ali obrnutim redosledom.

### Prijem podataka na serveru

Sloj veza podataka na serveru prima poslati okvir. On prepoznaje da je MAC adresu u odredišnom polju zaglavlja njegova sopstvena adresa i prepoznaje da treba da obradi taj zahtev. Zatim vrši CRC proveru okvira i upoređuje rezultate sa vrednošću koja se nalazi u začelju okvira. Ako se te vrednosti podudaraju, sloj veza podataka otkida zaglavlje i začelje okvira i prosleđuje polje podataka u mrežni sloj. Ako se vrednosti ne podudaraju, sloj veza podataka šalje zahtev izvornom sistemu kojim traži da se ponovo pošalje taj okvir.

Mrežni sloj na serveru će analizirati informacije koje je ugradio mrežni sloj radne stanice. Detektovaće da je adresa odredišnog softvera, u stvari, njegova. Kada završi ovu analizu, mrežni sloj uklanja informacije namenjene ovom nivou i prosleđuje ostatak transportnom sloju.

Transportni sloj odredišta prima informacije i analizira informacije koje je poslao transportni sloj radne stanice. Ako ustanovi da je korišćeno sekvenciranje paketa, on će ređati sve informacije koje dobije dok ne primi sve poslate podatke. Ako nedostaje neki podatak, transportni sloj će koristiti informaciju o sekvenci za formulisane odgovora radnoj stanici, tražeći da se taj deo pošalje ponovo. Kada primi sve podatke, transportni sloj će odbaciti sve transportne informacije i proslediti kompletan zahtev sesijskom sloju.

Sesijski sloj će primiti informacije i proveriti da li potiče od validne konekcije. Ako provera bude pozitivna, sesijski sloj uklanja sve sesijske informacije i šalje zahtev u prezentacijski sloj.

Prezentacijski sloj prima okvir i analizira informacije koje je poslao prezentacijski sloj radne stanice. On zatim vrši potrebnu konverziju ili dešifrovanje. Po završetku konverzije ili dešifrovanja, odbacuje sve informacije namenjene prezentacijskom sloju i prosleđuje zahtev aplikacijskom sloju.

Aplikacijski sloj ima zadatak da obezbedi da odgovarajući proces na serveru primi zahtev za podacima. Pošto se u ovom slučaju radi o datoteci, zahtev se prosleđuje procesu koji je odgovoran za pristup sistemu datoteka.

Ovaj proces zatim čita zahtevanu datoteku i prosleđuje informacije nazad u aplikacijski sloj. Zatim će se ponoviti ceo proces prosleđivanja podataka od sloja do sloja. Ako ste zapanjeni činjenicom da zahtevana datoteka stiže za manje vremena nego što je jedna pauza za kafu, onda ste dobro shvatili veličinu onoga što se dešava kada potražite jednu običnu datoteku.

## Cisco ruteri i OSI model

Pošto ruter kontroliše saobraćaj na mrežnom sloju, on se smatra uređajem OSI sloja 3. Međutim, Cisco ruter nudi i neke usluge viših nivoa. Na primer, Cisco ruter može da kontroliše tok saobraćaja pomoću informacija koje se nalaze u transportnim i sesijskim slojevima. Možete koristiti i Telnet za daljinski pristup ruteru. Telnet bi se smatrao funkcijom sedmog sloja OSI modela.

### NAPOMENA

Pošto je ruter pre svega uređaj trećeg nivoa, nemojte zaboraviti na dodatne funkcije koje su sada ugrađene. To će biti naročito važno kada dode vreme da se fokusirate na sigurnost. ■

## Usluge transportnog sloja

Sada možemo da pošaljemo svoje informacije iz tačke A u tačku B, bez obzira na to da li se sistemi nalaze u istoj logičkoj mreži. Sledi pitanje: "Kada stignemo tamo, kako da vodimo odgovarajuću konverzaciju?" Tu na scenu stupa transportni sloj.

Transportni sloj je mesto gde počinjemo da definišemo pravila komunikacije. Nije dovoljno samo da pošaljemo informacije sa jednog sistema na drugi; moramo takođe da obezbedimo da oba sistema rade na sličnom nivou.

Evo jedne analogije: zamislimo da ste se do najotmenijeg restorana u gradu dovezli svojim GMC pejserom i došli do ulaznih vrata u svojim najboljim kožnim pantalonama i Harley jakni. Kada ste ušli unutra, obraćate se šefu sale sa: "Hej, druškane, daj mi sto i iskopaj mi nešto, ODMA!" Na vaše iznenađenje, obezbeđenje će vas "otpratiti" iz restorana do ulice. Šta se desilo? Šta - pa koristili ste neodgovarajući rečnik, naravno. Svi znaju da treba da se kaže "donesite mi jelovnik", a ne "iskopaj mi nešto".

Ovakve verbalne nesporazume možete izbeći i u mrežnoj komunikaciji tako što ćete obezbediti da sve strane uključene u konverzaciji imaju isti nivo rečnika. Postoje dva oblika komunikacije na mreži:

- orijentisana na konekcije
- bez konekcija

## Komunikacija orijentisana na konekcije

Komunikacija orijentisana na konekcije razmenjuje kontrolne informacije koje se nazivaju "rukovanje" (handshake) pre samog prenosa podataka. Transportni sloj koristi rukovanje da bi obezbedio da odredišni sistem bude spreman da primi informacije. Razmena orijentisana na konekcije takođe obezbeđuje da se podaci šalju i primaju po originalnom redosledu.

Modemi su zavisni od komunikacija orijentisanih na konekcije, pošto moraju da ugovaraju brzinu konekcije pre slanja bilo kakvih informacija. U mrežama se ova funkcija postiže pomoću polja transportnog sloja koje se u IP i AT svetu naziva *fleg* ili kontrolnim poljem konekcije u IPX svetu. Samo komunikacije orijentisane na konekcije koriste ova polja. Kada je IP bazni protokol rutiranja, TCP se koristi za kreiranje komunikacija orijentisanih na konekcije. IPX koristi SPX, a AppleTalk koristi ATP da bi obezbedio ovu funkcionalnost. Kada se započne komunikaciona sesija, aplikacijski sloj (koji ne mora da bude program koji koristite) odrediće da li treba da se koristi protokol orijentisan na konekcije ili ne. Telnet je upravo takva aplikacija. Kada Telnet sesija počne, aplikacioni sloj će zahtevati TCP kao svoj transportni servis da bi bolje obezbedio pouzdanost konekcije. Hajde da pogledamo kako se uspostavlja ova sesija da bismo videli kako funkcioniše rukovanje.

### TCP tropaketno rukovanje

Na vašoj radnoj stanici ukucajte telnet thor.foobar.com da biste uspostavili daljinsku vezu sa tim sistemom. Kako se zahtev prosleđuje preko transportnog sloja, za povezivanje dva sistema bira se TCP tako da se može uspostaviti komunikacija orijentisana na konekcije. Transportni sloj postavlja sinhronizacioni fleg (SYN) na 1 i ostavlja sve druge flegove na 0. IP koristi nekoliko polja flegova i binarni sistem za definisanje njihovih vrednosti. To znači da su jedine moguće vrednosti IP flega 0 i 1. IPX i AT koriste heksadecimalne vrednosti pošto njihovi okviri koriste samo jedno polje flega. To omogućava da jedno polje ima više od dve vrednosti.

Postavljanjem SYN flega na 1 i zadržavanjem vrednosti 0 za sve ostale flegove, dajete do znanja sistemu na drugoj strani (thor.foobar.com) da želite da uspostavite novu komunikacionu sesiju sa njim. Ovaj zahtev se zatim prosleđuje nižim OSI slojevima, pa preko kabla do udaljenog sistema, a zatim kroz njegove OSI slojeve.

Ako je Telnet usluga na raspolaganju na udaljenom sistemu, zahtev se prihvata, a zatim se šalje nazad do transportnog sloja. Transportni sloj onda setuje SYN fleg na 1, kao i originalni sistem, ali će setovati i fleg potvrde (ACK) na 1. Time se originalnom sistemu stavlja do znanja da je njegov zahtev primljen i da sada može da šalje podatke. Zahtev se zatim prosleđuje nižim slojevima i preko kabla nazad do originalnog sistema.

Originalni sistem zatim postavlja SYN fleg na 0, a ACK fleg na 1 i taj okvir ponovo šalje Thoru. Thor u stvari dobija poruku: "Potvrđujem tvoju potvrdu i sada ću ti poslati podatke." Podaci se sada prenose, s tim da svaki sistem treba da potvrdi svaki paket koji primi. Na slici 1.18 prikazana je Telnet sesija između sistema Loki i Thor. Svaka linija predstavlja drugi okvir koji je prenet od jednog do drugog sistema. Identifikovani su izvorni i odredišni sistem, kao i zbirne informacije o okviru. Primetite da su prva tri okvira identifikovana kao TCP okviri, a ne Telnet okviri, i da oni vrše gore opisano rukovanje. Kada TCP uspostavi komunikaciju orijentisanu na konekciji, Telnet može da uđe u prenos traženih podataka. TCP okviri koji se javljaju kasnije u konverzaciji imaju svrhu potvrđivanja. Zapamtite da kod protokola orijentisanog na konekcije svaki okvir mora da se potvrdi. Ako je okvir bio zahtev za informacijama, odgovor može da bude isporuka traženih informacija.

Seq	Flags	Source	Destination	Length	Comment
1		192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 100 -> 192.168.1.1
2	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 101 -> 192.168.1.100
3	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 102 -> 192.168.1.1
4		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 103 -> 192.168.1.100
5	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 104 -> 192.168.1.100
6	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 105 -> 192.168.1.1
7		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 106 -> 192.168.1.100
8	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 107 -> 192.168.1.100
9	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 108 -> 192.168.1.1
10		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 109 -> 192.168.1.100
11	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 110 -> 192.168.1.100
12	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 111 -> 192.168.1.1
13		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 112 -> 192.168.1.100
14	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 113 -> 192.168.1.100
15	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 114 -> 192.168.1.1
16		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 115 -> 192.168.1.100
17	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 116 -> 192.168.1.100
18	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 117 -> 192.168.1.1
19		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 118 -> 192.168.1.100
20	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 119 -> 192.168.1.100
21	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 120 -> 192.168.1.1
22		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 121 -> 192.168.1.100
23	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 122 -> 192.168.1.100
24	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 123 -> 192.168.1.1
25		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 124 -> 192.168.1.100
26	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 125 -> 192.168.1.100
27	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 126 -> 192.168.1.1
28		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 127 -> 192.168.1.100
29	S	192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 128 -> 192.168.1.100
30	A	192.168.1.100	192.168.1.1	60	Packet 129 -> 192.168.1.1
31		192.168.1.1	192.168.1.100	60	Packet 130 -> 192.168.1.100

SLIKA 1.18 Primer komunikacije orijentisane na konekcije

### Analogija orijentisana na konekcije

U slučaju da vam se još uvek vrti u glavi od rukovanja i komunikacija orijentisanih na konekcije, hajde da vidimo neki analogni primer. Recimo da zovete prijatelja da ga obavestite o mrežnoj Queue žurci koja je zakazana za subotu uveče i da on treba da dođe sa svojim laptopom. Uradićete sledeće:

- Okrenućete telefonski broj svog prijatelja (SYN=1, ACK=0).
- Vaš prijatelj se javlja na telefon i kaže: "Zdravo!" (SYN=1, ACK=1).
- Odgovarate sa: "Zdravo, Fred, ovde Dejv" (SYN=0, ACK=1).

Zatim ćete da nastavite sa prenosom svojih informacija o predstojećoj žurci. Svaki put kad napravite pauzu, vaš prijatelj će ili vratiti informaciju ("Da, slobodan sam u subotu uveče") ili poslati neku vrstu potvrde (ACK) da bi vam stavio do znanja da nije spustio slušalicu.

Svrha komunikacija orijentisanih na konekcije je jednostavna. One obezbeđuju pouzdane komunikacione sesije kada se bazni slojevi mogu smatrati nestabilnim. Obezbeđivanje mogućnosti ostvarivanja pouzdanih veza na transportnom sloju pomaže u ubrzavanju komunikacije kada se podaci izgube. Razlog je to što podaci ne moraju da se proslede čak do aplikacijskog nivoa pre nego što se ponovo kreira i pošalje izgubljeni okvir. Iako je to vrlo bitno u modemske komunikacijama, gde mali šum ili preslušavanje linija mogu da prekinu komunikacionu sesiju, u komunikacijama baziranim na mreži to uopšte nije korisno. TCP i SPX potiču iz vremena kada se čovek nije mogao uvek osloniti na to da će fizički sloj i sloj veza podataka uspešno preneti informaciju. Danas to više nije problem s obzirom na to da je pouzdanost dramatično porasla u odnosu na početak istorije umrežavanja.

### Komunikacije bez konekcija

Protokol bez konekcija ne zahteva ni početno rukovanje ni slanje potvrda za svaki paket. Kada koristite transport bez konekcija, on daje sve od sebe da isporuči podatke ali se oslanja na stabilnost baznih slojeva, kao i na potvrde aplikacijskog sloja, da bi obezbedio pouzdanu isporuku podataka. IP-ov protokol korisničke šeme podataka (UDP) i IPX-ov NetWare Core Protocol (NCP) predstavljaju primere transporta bez konekcija. Oba protokola se oslanjaju na komunikacije bez konekcija i za prenos informacija rutiranja i servera. Iako AppleTalk ne koristi komunikacije bez konekcija za

## NAPOMENA

## Primer komunikacije bez konekcija

[illegible]

## Analogija komunikaciji bez konekcije

- na svoju sposobnost da okrenete tačan telefonski broj, pošto niste dobili svog prijatelja koji bi potvrdio da je taj broj zaista njegov,
- na činjenicu da telefonska kompanija nije prekinula vašu telefonsku vezu usred poruke (telefonske sekretarice ne daju potvrde - osim, naravno, ako ne govorite sve dok se ne oglasi ton koji vas isključuje),
- na to da će telefonska sekretarica dobro snimiti poruku - bez gužvanja trake,

- na sposobnost Fredove mačke da razlikuje traku od klupka vune za igranje,
- na to da nije nestala struja (što bi dovelo do gubitka poruke),
- na to da će Fred preslušati poruku u vremenu između vašeg poziva i datuma održavanja žurke.

Kao što možete da vidite, vi nemate pravu potvrdu da će vaš prijatelj zaista primiti poruku. Računate da će elektrodistribucije, telefonske sekretarice, i tako dalje, da omoguće Fredu da primi vašu poruku na vreme. Ako biste hteli da obezbedite pouzdanost ovog prenosa podataka, mogli biste da pošaljete zahtev aplikacijskog sloja za potvrdom u vidu: "Molim te, potvrdi učešće do četvrtka." Ako do tada ne dobijete odgovor, mogli biste ponovo da pokušate da prosledite podatke.

Pogodnost protokola bez konekcije se sastoji u tome što omogućava veću slobodu pri određivanju koliko sistemi moraju da cepidlače da bi obezbedili odgovarajuću isporuku podataka.

## Sa konekcijama ili bez konekcija

Pa, koji transport je bolji? Na žalost, odgovor je - onaj koji odredi vaš aplikacijski sloj. Ako Telnet želi TCP, ne možete ga naterati da koristi UDP. Čak i kada biste to mogli, prijemni sistem bi očekivao TCP rukovanje.

Kada se mrežni program projektuje, od programera zavisi koji će transportni program da podrži. Većina aplikacija danas koristi transport orijentisan na konekcije. Postoji nekoliko razloga za to.

Prvi razlog se tiče uslova u toku projektovanja. Telnet postoji već vrlo dugo, tako da je TCP bio odgovarajući transport u trenutku razvoja. Umrežavanje je tada bilo vrlo nestabilno čudovište. Danas je prebacivanje na UDP moguće, ali bi prouzrokovalo pravi haos zbog toga što bi se neki sistemi dogradili pre drugih.

Drugi razlog je nesporazum oko toga kada je protokol orijentisan na konekcije potreban. Programer koji se suoči s dilemom da li da koristi pouzdani ili nepouzdan transport za prenos podataka uvek će izabrati prvi način, bez obzira na to koliko će komunikacionu sesiju učiniti neefikasnom. Mnogi programeri samo pogledaju termin "nepouzdana" i odmahnu glavom. Ako to ne uradi programer, njegov umišljeni šef sigurno hoće.

## Zaključak

U ovom poglavlju smo pokrili osnove mrežne komunikacije. Diskutovali smo osnove prenosa, kao i način na koji se informacija prenosi od jednog sistema na drugi. Opisali smo i kako OSI model može da pomogne u pojednostavljivanju jednog složenog procesa kao što je mrežna komunikacija.

U sledećem poglavlju ćemo se bolje upoznati sa logičkim topologijama, Videćemo koje su opcije na raspolaganju za LAN i WAN aplikacije i kako da izaberemo pravu topologiju za svoje specifične potrebe.