

RAČUNARSKE KOMUNIKACIJE I MREŽE¹

1.1 Osnovni pojmovi

Podatkovna komunikacija (od engl. data communication) odnosi se na računarski zasnovan elektronski prenos (ili transmisiju) podataka. Opšte je poznato da se mnogi danas uobičajeni poslovi ne bi mogli obavljati bez komunikacionih mreža. Mrežu čini kolekcija računara i druge vrste hardvera koji se povezuju preko komunikacionih medijuma, kao i programi koji dozvoljavaju povezanim računarima da dele informacije.

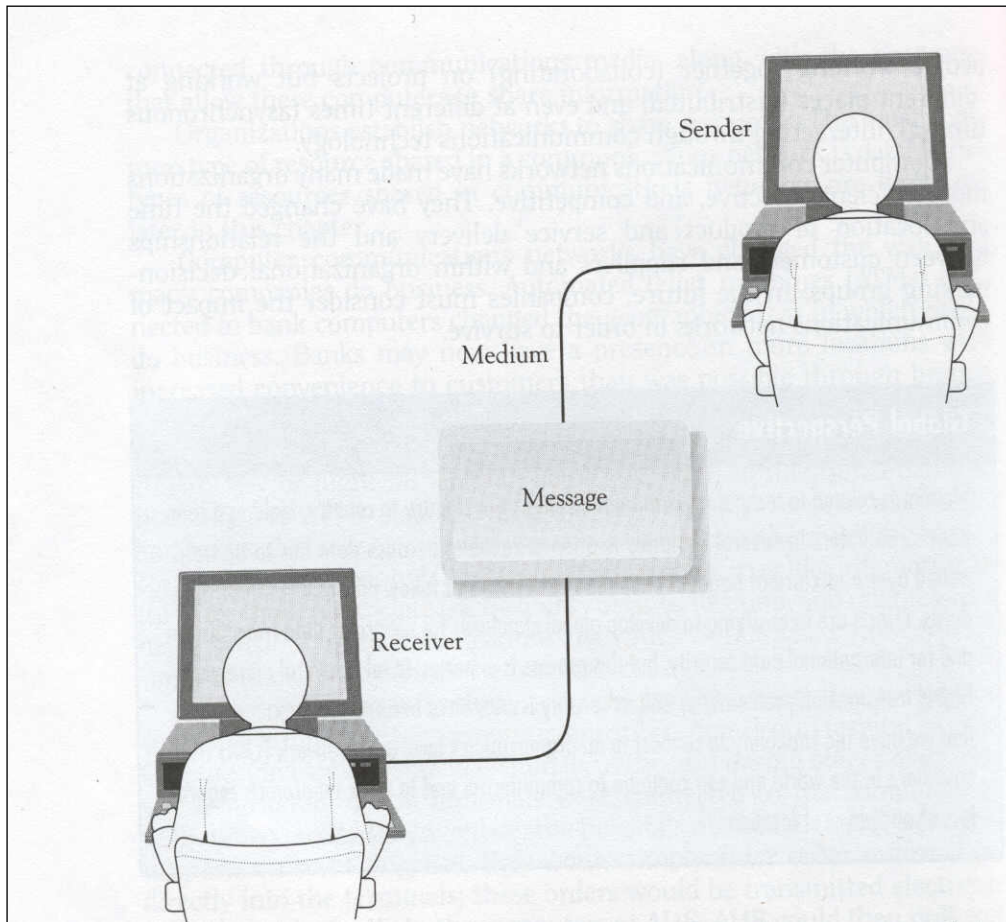
Organizacije uspostavljaju mreže da bi delile resurse. Najuobičajenija vrsta resursa koji se deli u komunikacionoj mreži su podaci. Računarske komunikacione mreže su promenile način poslovanja mnogih kompanija. Na primer, mreža *Automated teller machines* (ATM) koja povezuje računare banaka je promenila geografsko područje u kome banke posluju. Banke su sada prisutne na više lokacija, a pri tome pružaju korisnicima bolje usluge od standardnih podružnica. Korisnici mogu ulagati ili podizati novac sa računa u bilo koje doba dana i noći i nisu ograničeni na uobičajeno radno vreme banaka. Mreža ATM je promenila odnos korisnika i banaka, tako da mnogi korisnici ne moraju imati fizički kontakt s bankom godinama. Mnoge banke danas nude usluge i preko Interneta.

Komunikaciona tehnologija značajno utiče i na fleksibilnost procesa rada. Zaposleni mogu zahvaljujući komunikacionoj tehnologiji da obavljaju posao kod kuće (ili na nekoj od alternativnih lokacija u odnosu na tradicionalno radno mesto). Budućnost se kreće ka virtuelnim organizacijama koje čine asinhronone, distribuirane, kolaborativne radne grupe, to jest timovi ljudi koji rade zajedno na projektima (kolaboracija), ali na različitim mestima (distribucija) i u različita vremena (asinhronost). Računarske komunikacione mreže su doprinele da rad mnogih organizacija postane efikasniji i uspešniji. Termin *telekomunikacija* se odnosi na komunikaciju na daljinu. Ovaj termin uključuje telegrafe i telefone, ali i podatkovnu komunikaciju. Podatkovna komunikacija, kao i ljudska komunikacija, se sastoji od četiri komponente:

- pošiljalac;
- primalac;
- medijum;

¹ Slike kao i deo teksta preuzeti su iz knjige Judith C. Simon «Introduction to Information Systems», John Wiley & Sons, Inc., 2001, poglavlje 4.

- poruka



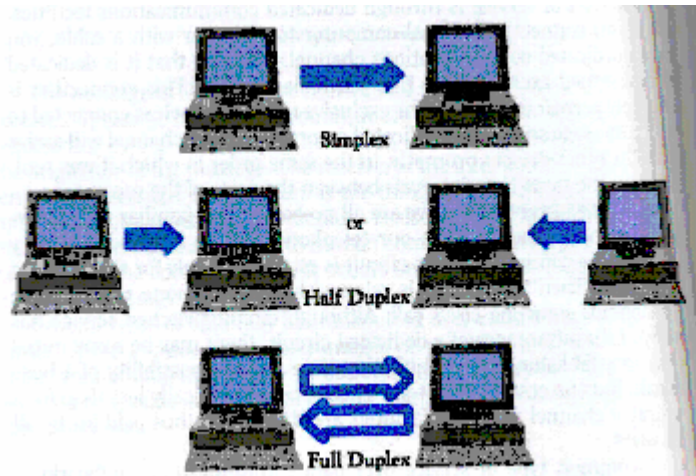
Slika 1. Komponente komunikacionog sistema

Poruka je ono što se prenosi između pošiljaoca i primaoca. U kontekstu podatkovne komunikacije, poruka je predstavljena grupom bitova. Pošiljalac, ili transmitter, je onaj koji emituje poruku. Primalac je onaj koji konačno prima poruku. Medijum je ono preko čega se poruka prenosi. Kao i među ljudima, komunikacija među računarima se ostvaruje samo ako primalac razume poruku pošiljaoca.

Različite vrste podataka se mogu slati preko komunikacione mreže: glas, tekst, slike, grafika, video. Iako ove vrste podataka izgledaju vrlo različito sve se one za potrebe prenosa preko komunikacionih kanala predstavljaju niskama bitova.

1.2 Karakteristike komunikacionih kanala

Komunikacioni kanali imaju različite karakteristike koje se moraju uzeti u obzir kada se pravi izbor za određenu situaciju. Vazne karakteristike su: smer komunikacije, broj podatkovnih puteva, broj veza, vrsta signala, brzina transmisije, režim prenosa, vrsta usluge.



Slika 2. Smer komunikacije

1.2.1 Smer komunikacije

Najjednostavniji tip transmisije je *simpleks transmisija* koja dozvoljava komunikaciju samo u jednom smeru. Emitovanje televizijskih i radio signala je primer ovakve vrste transmisije. Kako komunikacija obično zahteva povratnu informaciju, ovaj tip veze se retko koristi za prenos podataka.

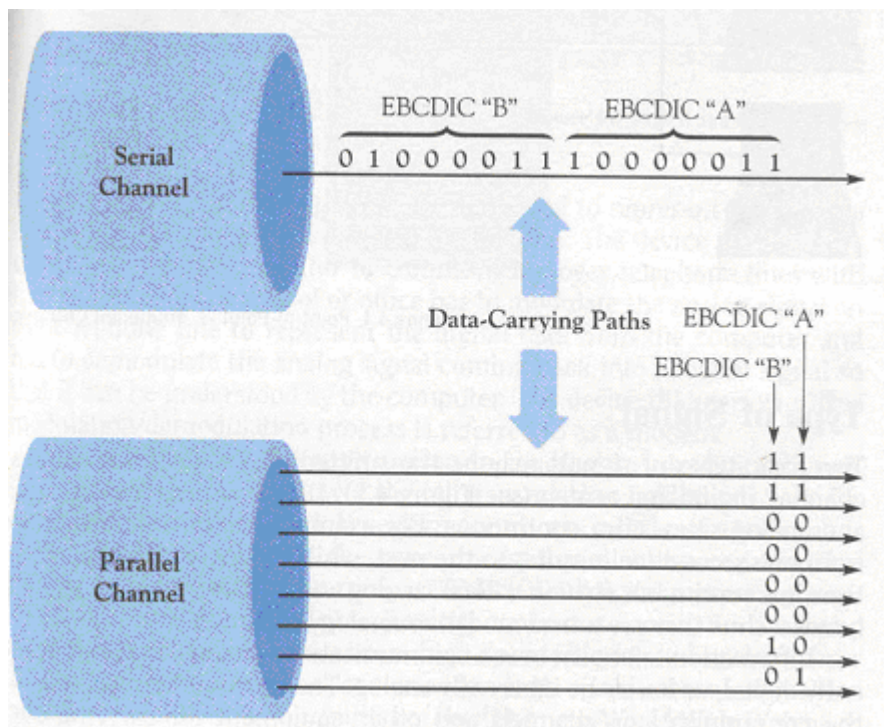
Polu-dupleks transmisija dozvoljava komunikaciju u oba smera ali ne u istom trenutku. Tipičan primer je radio-veza: dok jedna strana govori, druga ne može da odgovori dok poruka ne bude završena. Ovakva veza među računarima se obično koristi za paketnu transmisiju podataka.

Puna dupleks transmisija dozvoljava simultanu komunikaciju u oba smera. Tipičan primer je telefonska veza. Među računarima se ova veza prvenstveno koristi za interaktivni ulaz i procesiranje u realnom vremenu (Slika 2).

1.2.2 Broj podatkovnih puteva

Komunikacioni kanal može da ima samo jedan podatkovni put, a može ih imati i više. Ako komunikacioni kanal ima samo jedan put onda u njemu bitovi putuju jedan za drugim. To se naziva *serijskom komunikacijom*. Ako postoji više puteva u komunikacionom kanalu, bitovi koji čine karakter (ili bajt) mogu putovati različitim putevima u isto vreme. To je onda *paralelna komunikacija* (Slika 3)..

Neki štampači koriste serijsku vezu sa računarom, dok drugi koriste paralelnu vezu. Kod kupovine važno je pravu vrstu štampača povezati sa računarom na odgovarajući način.



Slika 3. Broj podatkovnih puteva u komunikacionom kanalu

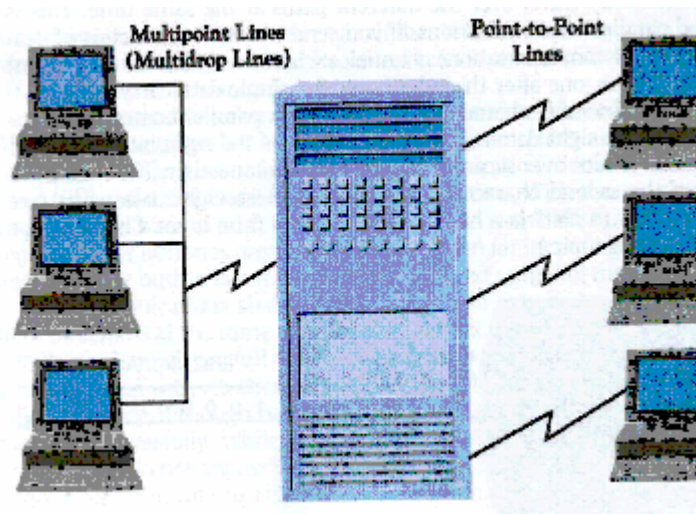
1.2.3 Broj veza

Komunikacioni kanal od tačke do tačke ili dvopunktna linija (engl. *point-to-point*) je kanal na koga su povezana samo dva uređaja (ili dva računara, ili, recimo, računar i štampač). Na komunikacioni kanal sa više tačaka, naziva se i multipunktna linija (engl. *multipoint line*) može se povezati više uređaja (Slika 4).

1.2.4 Vrsta signala

Dve osnovne vrste signala se mogu prenositi preko komunikacionih kanala: digitalni i analogni. Digitalni signali su diskretni, a analogni kontinuirani. Na primer, kod digitalnih satova skazaljka skače s jedne sekunde (ili minuta) na drugu, dok se kod analognih kontinuirano kreće. Računari beleže podatke kao *digitalne signale*, koji se predstavljaju bitovskim obrascima. Većina komunikacionih uređaja koristi *analogne signale*, koji predstavljaju podatke kao obrasce kontinuiranih zvučnih frekvencija, nalik na ljudski glas.

Informacija koja se šalje preko komunikacionog kanala može da bude inherentno analogna ili inherentno digitalna. Oprema za transmisiju, kao komunikacioni kanal i drugi uređaji, može takođe da bude analogna ili digitalna.



Slika 4. Dvopunktna i multipunktna linija

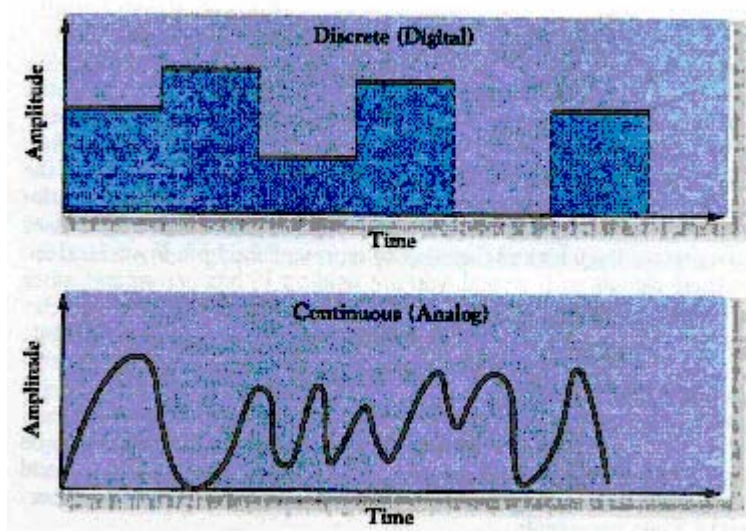
Prema tome, kada se povezuju računari treba izabrati jednu od dve mogućnosti: računari se mogu povezati digitalnom vezom koja prenosi bitovski obrazac direktno od jednog do drugog računara ili se, pak, mogu koristiti standardne komunikacione linije koje prenose podatke konvertovane u analogni signal. Digitalne linije se moraju posebno instalirati a digitalni signali se bez pomoći mogu prenositi samo na kratke razdaljine. Standardne telefonske linije su svuda prisutne, ali one rade sa analognim signalima tako da je za njihovo korišćenje za računarsku komunikaciju neophodno konvertovati digitalni signal u analogni i obrnuto. Uređaji koji vrše ovu konverziju nazivaju se *modemi*, što je kraći naziv za modulator i demodulator. Oni pretvaraju nisku digitalnih bitova u analogni signal pogodan za prenos podataka preko analognog komunikacionog kanala (to je modulacija) a dolazeće analogne signale pretvara opet u digitalne (to je demodulacija). Sličan postupak demodulacije se koristi i za smeštanje glasa i muzike (analogni podaci) na CD (digitalni podaci) (Slika 5).

U ovoj oblasti tehnologija se stalno razvija pa danas telefonske kompanije nude pretplatnicima digitalne linije velike brzine.

1.2.5 Brzina transmisije

Brzina transmisije podataka kroz komunikacioni kanal se obično meri u bitovima u sekundi. Ova mera se često meša sa *baud*-ima. Bitovi u sekundi (bps) se odnosi na to koliko brzo se podaci šalju kroz komunikacioni kanal, a *baud*-i koliko brzo se signali šalju kroz komunikacioni kanal. Može izgledati kao da je to ista stvar ali nije. Na primer, ako postoje dva stanja signala, recimo 0 volti i +1 volt jedno od tih stanja može se predstaviti bitom 0 a drugo bitom 1. Ako se šalje 10 takvih signala u sekundi kroz kanal, njegova brzina je 10 bps. Međutim, ako postoje 4 stanja signala, recimo 0 volti, +1 volt, +2 volta i +3 volta, svaki od tih signala se može predstaviti sa 2 bita, recimo 00,01,10 i 11. Svaki signal koji se šalje u ovom slučaju predstavlja se sa 2 bita. Ako se šalje 10 ovih signala u sekundi, brzina

transmisije signala je 10 *baud*-a, dok je brzina transmisije podataka 20 bts.



Slika 5. Digitalni i analogni signali

Brzina transmisije signala, a prema tome i transmisije kanala, je ograničena pojasnom širinom komunikacionog kanala. Pojasna širina komunikacionog kanala (*bandwidth*) je razlika između najviše i najmanje frekvencije koja se može transmitovati kroz kanal.

1.2.6 Režim transmisije

Komunikacija može da bude sinhrona ili asinhrona. Termin sinhron bukvalno znači „u isto vreme”, dok asinhroni znači „ne u isto vreme”. Ako su povezana dva računara, od kojih svaki ima svoj časovnik koji ne moraju biti iste brzine, u transmisiji podataka može doći do neslaganja koliko traje jedinica vremena (sekunda). Prilikom brzina prenosa od više hiljada bitova u sekundi, ova razlika može da dovede do ozbiljnog nerazumevanja i gubitka podataka. Stoga se posle svakog poslatog karaktera satovi resetuju, odnosno ponovo sinhronizuju, čime se smanjuje mogućnost da oni počnu veoma da se razlikuju što bi dovelo do gubitka podataka. To je asinhrona komunikacija, što znači da svaki od računara koji komuniciraju radi po sopstvenom časovniku i naziva se još transmisija karakter po karakter.

Stop bit	0 1 1 0 0 1 1 0 1	Start bit	→ računar prijemnik
----------	-------------------	-----------	---------------------

Tabela 1: Asinhroni režim prenosa

1... 0 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1	Sinhronizacijski bit	→ računar prijemnik
--------------------------------------	----------------------	---------------------

Tabela 2: Sinhroni režim prenosa

Ako bi oba uređaja koristila isti časovnik, ne bi bilo neslaganja o tome kolika je dužina sekunde, pa bi vrlo dugačke niske bitova (cele poruke), mogle da se pošalju preko kanala a da ne dođe do gubitka podataka ili do njihovog nerazumevanja zbog vremenske neusklađenosti signala. U sinhronoj komunikaciji računar koji odašilje poruku, šalje ne samo podatkovni signal već i signal časovnika — on je u stvari ugrađen u podatkovni signal. U neku ruku to je kao da se elektronski metronom šalje preko komunikacionog kanala. Tako računar koji šalje podatke koristi signal časovnika da bi utvrdio kolika je sekunda za slanje podataka, dok računar koji prima poruke koristi taj isti signal za prijem i interpretaciju podataka. Pošto se kod sinhronne komunikacije može transmitovati kompletna poruka bez straha da se izgubi ili pogrešno interpretira, ona se obično naziva transmisija blok po blok.

U asinhronoj komunikaciji, bitovi koji čine karakter šalju se preko kanala u fiksним intervalima bez pauzi između bitova. Pauze, međutim, postoje između karaktera koji čine poruku. U sinhronoj komunikaciji, u bloku karaktera koji se šalje preko kanala nema pauzi ni između bitova ni između karaktera. U asinhronoj komunikaciji, početni i završni bit identifikuju početak i kraj svakog bajta, ali oni u sinhronoj komunikaciji nisu potrebni.

1.2.7 Vrsta usluge

Vrsta servisa koji se obavljaju u mreži može biti različita. Najviši nivo usluge je preko rezervisanih komunikacionih kanala. Kada se personalni računar poveže kablom sa štampačem, to je rezervisani komunikacioni kanal jer je dodeljen samo toj određenoj vrsti usluge. Ova veza je relativno trajna i koristi se samo za uređaje koji su na nju privezani. Sve poruke koje se šalju preko zakupljenog komunikacionog kanala stići će vrlo brzo do svih uređaja koji su za njega vezani, u istom redu u kome su poslate i sa istim vremenskim intervalima između poruka.

Druga vrsta usluge koja je dobro poznata je prebacivanje kola (engl. *circuit switching*). Kada se koristi telefon da bi se obavio razgovor uspostavlja se komunikaciono kolo koje traje dokle i razgovor. Telefonski sistem zatim prekida kolo čime se omogućava ostvarivanje nekog drugog kola (novi razgovor). Ova vrsta usluge ima mnoge prednosti nad rezervisanim kolo, a ima i nedostataka (vreme potrebno da se uspostavi veza, zauzeti signal). Cena uspostavljanja veze je obično manja nego kod rezervisanog kanala jer se kanal može deliti i plaćaju ga svi korisnici. Ova vrsta veze obezbeđuje kontinuitet prenosa i prijema ali vodi slaboj iskorišćenosti zbog neravnomerne prirode transimisionih zahteva koji su tipični za dvostranu komunikaciju. Sve resurse koji se u dvostranoj komunikaciji ne koriste, ostali korisnici ili poruke ne mogu koristiti.

Kod *prebacivanja poruka* (engl. *message switching*), diskretni entiteti, koji se nazivaju poruke, dele se u blokove podataka i primaju se, transmituju i šalju kao celina. Unapred ne postoji fizički put između izvora i destinacije; umesto toga, adresa se transimituje na početku svake poruke a sistem za slanje poruka koristi tu adresu da bi vodio poruku kroz mrežu. Poruke se prosleđuju preko releja — svaki relej prima poruku, proverava ima li grešaka i opet je transimituje do narednog releja na putu do odredišta. U sistemu za prebacivanje poruka mrežni resursi se bolje koriste iako se poruka i dalje posmatra kao celina.

Danas uobičajena vrsta usluge za mreže za prenos podataka je paketno prebacivanje (engl. *packet switching*). Kod ove usluge, više računara može biti povezano u mrežu, pa može biti neophodno da poruka na putu od izvorišnog do odredišnog računara prođe kroz jedan ili više drugih računara. Kod ove vrste usluge neophodno je da poruka bude ispravno *adresirana i distribuirana* u tački slanja, a *sastavljena i primljena* na destinacionim tačkama. Ovaj način distribucije poruka predložio je još 1961. godine Leonard Kleinrock sa MIT. Poruke se dele u nezavisne paketa, od kojih svaki nosi istu informaciju o destinaciji. Podaci mogu nezavisno putovati ka destinaciji preko različitih veza: prilikom prijema svi paketi se spajaju u kompletnu poruku pre nego što se ona prosledi korisniku. Kada se primi poslednji paket koji pripada poruci, paket sa potvrdom prijema može da se vrati izvornom čvoru čime se završava transmisija te poruke. Režim paketnog prebacivanja dozvoljava da se raspoložive mogućnosti za transmisiju efikasno koriste jer se često paketi mogu transmitovati paralelno. Osim toga, kašnjenje poruke se smanjuje jer se pojedinačni paketi mogu transmitovati odmah po prijemu, a ne mora da se čeka na kompletnu poruku. Dekompozicija prvog transmitovanog paketa u sistemu za paketno prebacivanje izgleda ovako:

Identifikator bloka	Ukupno blokova	Destinaciona adresa	Adresa pošiljaoca	Paket 1	Tekst paketa	Provera redundantnosti
---------------------	----------------	---------------------	-------------------	---------	--------------	------------------------

1.3 Medijumi za prenos podataka

Termin medijumi za prenos podataka odnosi se na kanal ili sredstva za prenos podataka. Uobičajeni medijumi su: par upredenih žica, koaksijalni kablovi, optička vlakna, emitovanje radio signala, kratki talasi i infracrveni medijum.

1.3.1 Parovi upredenih žica

Parovi žica (engl. *wire pairs*) su najuobičajeniji mediju. Žice moraju da se koriste u paru da bi se ostvarilo električno kolo. Danas se žice najčešće upredaju jedna oko druge (engl. *twisted wire pairs*) čime se smanjuje šum i mešanje električnih signala koji putuju kroz žicu i onih iz drugih spoljnih izvora. Upredeni parovi se ponekad obmotavaju metalnim omotačem čime se dodatno smanjuje uplitanje spoljašnjih izvora. Lokalne telefonske kompanije koriste upredene parove žica (engl. *telephone twisted pairs*, TTP) za povezivanje telefona sa centralom. Ova vrsta medijum je relativno jeftina i relativno spora (300-56Kbps).

1.3.2 Koaksijalni kablovi

Koaksijalni kablovi su takode vrlo rasprostranjen komunikacioni medijum. Koriste se za povezivanje udaljenih telefonski centrala i u mrežama lokalnog područja. Sastoje se od bakarne žice u sredini, obavijene izolacionim materijalom, a sve je to obmotano provodnikom koji zatvara električno kolo, ali isto tako štiti od spoljašnjih električnih uticaja. Koaksijalni kablovi obično imaju veću pojasnu širinu kanala od upredenih parova pa samim tim dozvoljavaju brzu transmisiju podataka (2 miliona bps). Signal se mora povećavati da bi

putovao na daljine veće od 1-2km. Svaki kabl transmituje ekvivalent od 80 upredenih parova.

1.3.3 Optička vlakna

Razvoj optičkih vlakana je značajan događaj u istoriji prenosa podataka. U ovoj tehnologiji koriste se staklena vlakna čiji je promer daleko manji od promera vlati kose koji prenose svetlosni signal koji generiše laser (engl. *light amplification by stimulated emission of radiation*) ili LED (engl. *light-emitting diode*). U ovom trenutku je to najsigurnija vrsta prenosa podataka. Druge vrste medijuma je lako „prisluškivati“, dok s optičkim vlaknom to nije slučaj. Posledica je, međutim da je teže dodavati nove računare mreži koja je zasnovana na optičkim vlaknima. Drugo važno svojstvo optičkog vlakna je da su svetlosni signali koji putuju preko njega imuni na električne i magnetne uticaje koji dolaze spolja. Kada upredeni parovi ili koaksijalni kablovi prolaze pored električnih transformatora ili druge vrste električnih uređaja može doći do velikog šuma i uništenih podataka. Takvi uticaji nisu od značaja kod optičkih vlakana. Ovaj medijum se stoga koristi u okruženju kakvo je bolnička operaciona sala gde ima mnogo električne opreme, a od izuzetnog je značaja integritet podataka. Prenos podataka preko njih je veoma brz (200 miliona bps), a osim toga preko optičkih kablova može se prenositi simultano preko 25000 transmisija.

1.3.4 Emitovanje radio signala

Isti medijumi koji radio stanice koriste za emitovanje muzike i razgovora mogu se koristiti i za prenos računarskih podataka. Iako su klasični radio signali simpleks, danas se koristi ista vrsta medijuma za punu-dupleks transmisiju za mobilne telefone.

Danas se koriste prenosivi (engl. *laptop*) računari koji koriste radio primopredajnike (kombinacija prijemnika i predajnika) za komunikaciju sa kancelarijskom računarskom mrežom koja ne zahteva nikakvu vrstu žica. U upotrebi su i personalni komunikacioni sistemi (engl. *personal communication systems* PCS), što je naziv za računare veličine kalkulatora, sa razvijenim ulazno-izlaznim mogućnostima, koji se mogu koristiti bilo gde i u bilo koje vreme za povezivanje sa drugim korisnicima i bazama podataka preko celularnih komunikacionih mogućnosti.

1.3.5 Mikrotalasi

I zemaljski i satelitski mikrotalasni sistemi koriste istu vrstu energije za transmitovanje signala. Možemo ih uočiti po velikim antenama u obliku tanjira koje se koriste i za transmisiju i za prijem signala. Mikrotalasni signali su signali koji idu u pravoj liniji: odašiljač i prijemnik moraju da stoje u pravoj liniji, bez prepreka među njima. Da bi se to postiglo u zemaljskim mikrotalasnim sistemima se u određenim intervalima postavljaju ponavljači između odašiljača i prijemnika da bi se prešlo preko vrhova planina i da bi se prevazišla zaobljenost zemljine kugle. U satelitskim mikrotalasnim sistemima, svaka stanica na zemljinoj površini transmituje signale preko tanjira do transpondera koji se nalazi na satelitu koji kruži oko zemlje. Ovaj ga dalje ponovo transmituje do druge zemaljske stanice. Satelit je obično veoma udaljen od Zemlje (preko 22000 milja iznad ekvatora), pa je on u

pravoj liniji sa širokim područjem na Zemlji. Ovi sateliti su najčešće u geosinhronoj orbiti sa Zemljom (engl. *geosynchronous orbit*) *GEO*, što znači da satelit kruži oko ekvatora Zemlje istom brzinom kojom se Zemlja okreće oko svoje ose, tako da je satelit uvek iznad istog područja na Zemlji. To omogućava da se zemaljski tanjir usmeri ka satelitu i da ostane u tom položaju sve vreme.

Osim ove tehnologije, danas se koriste i sateliti koji su bliži Zemlji. Tada je potrebno više satelita da bi se pokrila cela Zemlja, ali je kašnjenje manje. Pod kašnjenjem se podrazumeva vreme koje je potrebno da podatak stigne iz jedne tačke u drugu. Procenjeno je da je povratan put podatka do satelita u geosinhronoj orbiti 0.24 sekunde, dok je kašnjenje od 0.03 sec do 0.14 sec ako se koriste sateliti bliži Zemlji.

Na mikrotalasne signale utiče loše vreme — jaka kiša ili čak teška magla — što može da dovede do distorzije signala. Osim toga, jak vetar ili mraz mogu da utiču na oblik tanjira antene čime se utiče na kvalitet prijema signala. Drugi važan šum (distorzija) nastaje kada se Sunce, komunikacioni satelit i zemaljska stanica nađu na istoj pravoj. Sunce emituje ogromnu količinu energije, pa kada se Sunce nađe iza komunikacionog satelita, šum sunca nadvladava podatkovni signal koji stiže u zemaljsku stanicu.

1.3.6 Infracrveni medijumi

Ovo može da izgleda kao vrlo napredan medijum, dok je on u stvari vrlo uobičajen. Koristi se kod daljinskih upravljača TV prijemnika, video ili stereo uređaja. Ovi signali takođe putuju u pravoj liniji. Oni počinju da se koriste za bežične mreže lokalnog područja. Reflektori na plafonu otvorenih kancelarija odbacuju signale koje transmituje jedan računar do prijemnika koji se nalazi u drugom računaru. Neke kompanije vole ove bežične sisteme jer su fleksibilni pošto ne moraju da razvlače žice ili kablove između računara. Sa ovakvom vrstom veza postavlja se problem sigurnosti jer je teško kontrolisati ko sve hvata signal, osim ako je ovaj kriptovan.

1.4 Hardver za prenos podataka

Komunikacione mreže koriste različitu vrstu hardvera. Tu su, pre svega, računari i terminali. Računari služe za smeštanje podataka i programa u komunikacionoj mreži i oni najčešće dele ove programe i podatke sa korisnicima drugih računara i terminala. Terminali su ranije bili izlazno/ulazni uređaji velikih računara. Njihove skromne mogućnosti su im dozvoljavale da prime podatke, da ih pošalju na obradu i štampanje glavnom računaru ili da prikažu rezultate obrade koje je prosledio glavni računar. Danas postoji mnogo različitih vrsta terminala sa širokim opsegom mogućnosti. Često se sreću računari, posebno mikroracunari, kao terminali drugih računara.

Velike kompanije obično razvijaju mnogo mreža da bi zadovoljile raznovrsne korisnike i potrebe. Tada je često korisno, ili čak neophodno da se informacije između ovih različitih mreža dele. Most (engl. *bridge*) je uređaj — obično je to računar — koji se koristi da poveže dve mreže koje koriste istu arhitekturu (protokole i topologiju, vidi kasnije), odnosno koje su homogene. Vratnice (engl. *gateway*) povezuju heterogene mreže, odnosno

mreže koje imaju različitu arhitekturu.

Ruter (engl. *router*) je uređaj za sprovođenje poruka. Kao što je rečeno kada se govorilo o prebacivanju paketa, kada računar primi poruku koju treba poslati dalje nekom drugom računaru, može se desiti da mu na raspolaganju bude više kanala preko kojih poruku može da pošalje. Namena rutera je da učini pravi izbor kanala po kome će dalje slati poruku.

Kao što je već rečeno, modem je uređaj koji dozvoljava korisnicima da šalju digitalne informacije preko analognih komunikacionih sredstava.

Multiplekseri ili koncentratori su vrsta uređaja za deljenje linije. Oni dozvoljavaju da se razgovor između više računara odvija preko deljenog komunikacionog kanala simultano. Postoje različite vrste multipleksera, ali dve su osnovne: multipleksiranje s deobom vremena kod koga se svakom prikačenom uređaju dodeljuju vremenski blokovi u kojima koristi prenosni medijum i multipleksiranje s deobom frekvencije kod koga se pojasna širina kanala deli u logičke kanale preko kojih se prenosi više poruka simultano.

1.5 Mrežne topologije

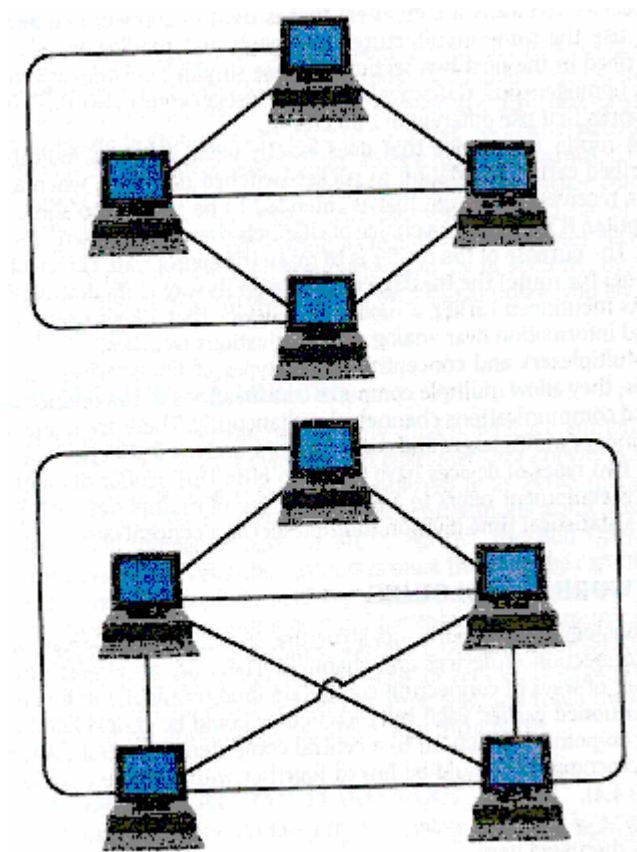
Topologija mreže, ili njena struktura ili arhitektura, odnosi se na međusobnu povezanost uređaja i kanala. Postoji praktično neograničeno mnogo načina na koje se računari i terminali mogu povezati u mrežu. Kako je već rečeno, svaki računar se može direktno povezati sa centralnim računalom dvopunktnom vezom, ili se više računara i terminala može zajedno povezati jednim kanalom. Ovde će biti reči o nekim šire poznatim topologijama.

Potpuno povezana topologija (engl. *plex*) je takva topologija u kojoj je svaki računar u mreži povezan dvopunktnom vezom sa svakim drugim računalom u mreži. Ako mreža ima dva računara, potrebna je samo jedna veza da bi oni bili u potpunosti povezani. Kada se treći računar doda mreži, potrebne su još dve veze. Kada se doda četvrti računar, mora se dodati još tri novih veza. Broj veza u ovakvoj vrsti topologije raste veoma brzo. Za mrežu od samo 10 računara potrebno je čak 45 veza da bi ona bila potpuno povezana. Broj potrebnih veza kod mreže od N računara sa ovakvom vrstom topologije se izračunava kao $(N \cdot (N - 1))/2$. Ovakva vrsta mreže se odlično ponaša u slučaju otkaza nekog računara ili veze, ali može biti veoma skupa (Slika 6).

Lanac je vrsta tehnologije kod koje je prvi računar dvopunktnom vezom povezan sa drugim, drugi sa trećim, i tako dalje. To je vrlo jednostavna i jeftina topologija, ali otkaz samo jedne veze cepa mrežu i prekida komunikaciju.

Petlja nalikuje lancu, samo što je poslednji računar u mreži povezan dvopunktnom vezom sa prvim računalom u mreži. Cena petlje je samo nešto malo veća od cene lanca (za jednu vezu), ali otkaz jedne veze ne zaustavlja funkcionisanje mreže.

Mrežna topologija kod koje se jedan centralni računar povezuje dvopunktnim komunikacionim kanalom sa svim drugim računarima u mreži naziva se zvezda. Otkaz jedne veze utiče samo na komunikaciju jednog računara iz mreže, dok otkaz centralnog računara ruši celu mrežu. Mnoge organizacije koje koriste ovu vrstu topologije imaju instaliran rezervni centralni računar da bi onemogućili da otkaz centralnog računara prekine svaku komunikaciju.

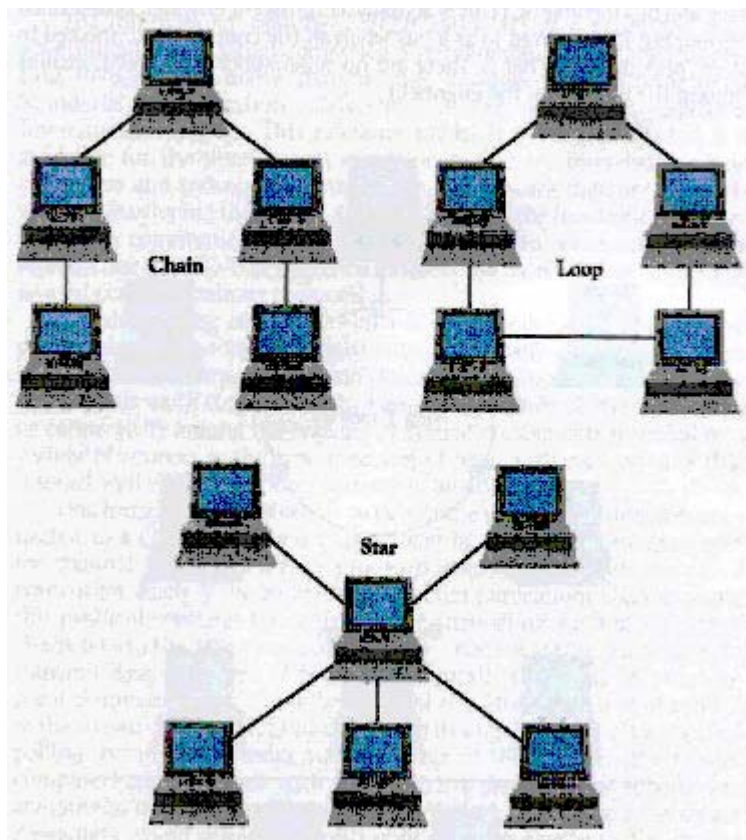


Slika 6. Potpuno povezane topologije

Vrlo se često sreće i topologija prstena u kojoj su hardverski uređaji koji se nazivaju ponavljači prstena (engl. *ring repeaters*) povezani u konfiguraciju sličnu petlji. Računari se mogu povezivati sa ponavljačima prstena (ili bolje rečeno, uključivati se u njih).

Kod tehnologije busa svi računari iz mreže se povezuju na zajednički komunikacioni kanal . Ovo je, u stvari, multipointni kanal, ali on se naziva bus kada su svi računari u mreži ravnopravni, to jest odnos nadređenosti ili podređenosti među uređajima prikazanim na kanal ne postoji.

Tehnologije busa i prstena su veoma česte u mrežama lokalnog područja, a praktično se ne koriste u mrežama širokog područja (Slika 7).

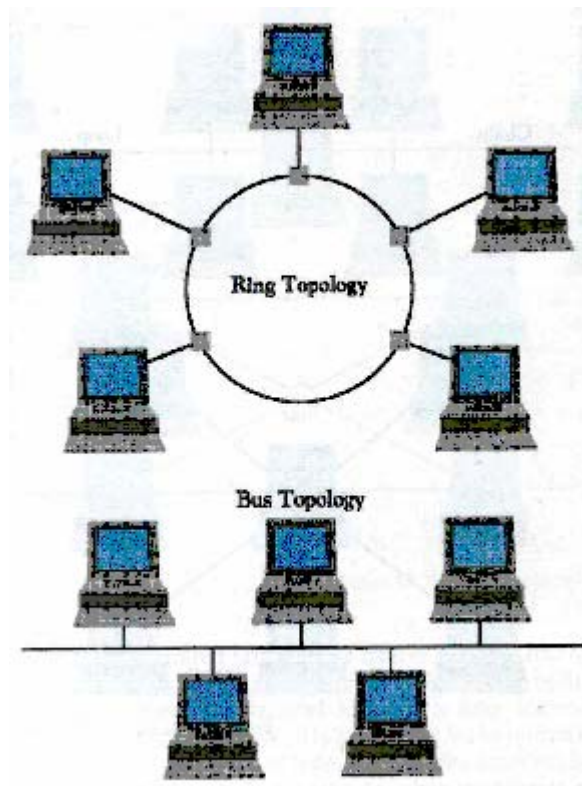


Slika 7. Topologije lanca, petlje i zvezde

1.6 Mrežni protokoli

Mrežni protokol je skup pravila za komunikaciju u mreži. Međunarodna organizacija za standardizaciju (engl. *International Standards Organization*) ISO je volonterska nevladina organizacija koja okuplja predstavnike nacionalnih organizacija za standardizaciju. Ova organizacija je razvila referentni model za *otvoren sistem povezivanja* (engl. *Reference Model for Open Systems Interconnection*, skraćeno OSI). Ovaj model nije protokol već predstavlja preporuku za razvoj protokola koji bi omogućili računarima i softveru različitih proizvođača da koegzistiraju u mreži. Prilikom razvoja ovog modela, ISO je razdvojio funkcije koje treba da se obave prilikom komuniciranja u mreži u sedam kategorija ili slojeva. Tako je ISO-OSI referentni model osnova za razvoj višeslojnih komunikacionih protokola. Slojevi protokola su sledeći:

1. *fizički sloj*, je odgovoran za uspostavljanje, održavanje i prekidanje fizičke (električne i mehaničke) veze. Primer je CSMA/CD i prsten s belegom.
2. *sloj povezivanja podataka*, je odgovoran za podelu podataka u okvire (pakete) koji se šalju preko fizičkog sloja i primanje paketa sa potvrdom prijema. On obavlja proveru grešaka i ponovo šalje pakete ako nisu korektno primljeni. On obezbeđuje virtuelni kanal bez greške za mrežni sloj. Fizički sloj i sloj povezivanja podataka su protokoli lokalnih mreža.



Slika 7. Topologije prstena i busa

3. *mrežni sloj* je odgovoran za izbor maršrute pri prenosu paketa sa porukama. Najčešći mrežni sloj je IP;
4. *transportni sloj* određuje kako se koristi mrežni sloj za obezbeđivanje virtuelne veze od tačke do tačke i bez greške tako da host A može da pošalje poruke hostu B tako da one stignu neoštećene i u ispravnom redosledu. On uspostavlja i prekida veze između hostova. Primer protokola transportnog sloja je TCP.
5. *sesioni sloj* koristi transportni sloj da bi se uspostavila veza između procesa na različitim hostovima. On vodi računa o sigurnosti i kreiranju sesija. Primeri su X.225, X.215.
6. *prezentacioni sloj* obavlja funkcije kao što su kompresija teksta, konverzija koda i formata u pokušaju da se izglade razlike između hostova. On dozvoljava da inkompatibilni procesi komuniciraju u aplikacionom sloju preko sesionog sloja. Primeri su X.226, X.216.
7. *aplikacioni sloj* upravlja transparentnošću mreže (to je osobina koja korisniku omogućava da pristupa udaljenim resursima preko mreže, a da pri tome ne mora da zna da li su oni lokalni ili udaljeni), dodeljuje resurse i particionira probleme. On je zadužen za korisnički pogled na mrežu (npr., formatiranje poruka elektronske pošte). Prezentacioni sloj obezbeđuje aplikacionom sloju uobičajenu, lokalnu reprezentaciju podataka koja ne zavisi od formata koji se koristi na mreži. Primeri protokola petog, šestog i sedmog sloja su telnet, ftp i gopher.

Jedna od funkcija protokola je da utvrdi kada računar povezan komunikacionim kanalom može da pošalje informaciju preko kanala. Jedan od najranijih protokola koji se bavio ovim pitanjem je *nadmetanje* (engl. contention). Svaki od računara povezanih komunikacionim kanalom nadmeće se za kontrolu nad kanalom tako što šalje nisku karaktera drugim računarima na kanalu tražeći dozvolu da transmituje podatke. Ova vrsta protokola obično se koristi samo za dvopunktne kanale. Jedan stari popularni protokol koji je rešavao problem komunikacije u multipunktnom komunikacionom kanalu nazvan je *biranje* (engl. polling). Kod ovog protokola jedan uređaj *M* zadužen za kanal, to je glavni računar, se obraća redom svim drugim, podređenim računarima s pitanjem da li imaju nešto da pošalju. Podređeni računar može da odgovori, odnosno transmituje, samo kada mu se glavni računar obrati.

X.25 je možda najpoznatiji protokol za povezivanje računara u javne i privatne mreže koje podržavaju uslugu paketnog prebacivanja. Ovaj protokol koji je razvila CCITT — *Consultative Committee on International Telephone and Telegraph* — je bio u širokoj upotrebi u Evropi, Aziji i Severnoj Americi. Ovaj protokol pokriva prva tri sloja OSI modela.

ISDN — *Integrated Services Digital Network* — je standard protokola koji opisuje kako se komunikacioni kanal može deliti da bi obezbedio simultano različite usluge na jednom komunikacionom kanalu. Koristeći ovaj protokol možete koristiti telefonsku liniju koja dolazi do vašeg stana da se istovremeno povežete s bazom podataka, da razgovarate s prijateljem i da omogućite agenciji za obezbeđenje da nadgleda vašu kuću.

Najrašireniji protokol u mrežama lokalnog područja u kojima nema centralnog računara je *višestruki prilaz opažanju nosača sa detekcijom kolizije* ili CSMA/CD (engl. carrier-sensed multiple-access with collision detection). Ovaj protokol se obično primenjuje za bus topologije. Ako neki računar povezan na bus treba da transmituje podatke, on proverava da li je signal prisutan u kanalu, što znači da neki drugi računar sa istog kanala već transmituje. Ako nema signala, on transmituje poruku ali nastavlja da osluškuje kanal u slučaju da je neki drugi računar počeo transmisiju istovremeno. Ova pojava se naziva kolizija i u tom slučaju računar će sačekati i pokušati da transmituje ponovo po isteku nekog slučajnog vremena. Kod ovog protokola višestruki prilaz ukazuje da sve stanice na kanalu imaju ravnopravan pristup kanalu. Ovaj protokol pokriva dva donja sloja, sedmoslojnog referentnog modela ISO/OSI.

Drugi protokol koji se često koristi u mrežama lokalnog područja je *prosleđivanje tokena* (engl. token passing) koji se obično koristi sa topologijom prstena. Kod ovog protokola token (specijalna niska karaktera) cirkuliše između računara u mreži. Kada token stigne do nekog računara, on može da promeni ovu nisku karaktera čime ukazuje da zadržava token i da od sada on preuzima kontrolu. Tada on može da koristi kanal sve dok nema više ništa kroz njega da pošalje ili ako je njegovo vreme isteklo. Tada on otpušta token i šalje ga sledećem računar koji može da ga zadrži i preuzme kontrolu nad kanalom.

Postoje i mnogi drugi protokoli. Ti protokoli rešavaju različite potrebe različitih vrsta mreža. Primer protokola je TCP/IP (engl. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) koji pokriva prva četiri sloja OSI modela. To je jezik koji upravlja komunikacijom između svih računara na Internetu. On omogućava računarima da razmenjuju poruke nezavisno od operativnog sistema ili hardvera. TCP/IP je skup instrukcija koje diktiraju kako se paketi informacija šalju preko višestrukih veza. Uključena je takođe i mogućnost provere grešaka koja obezbeđuje da paketi podataka stignu do svoje konačne destinacije u ispravnom

redosledu.

TCP/IP mora biti instaliran da bi postajao puni pristup Internetu. TCP/IP je deo operativnog sistema Unix, dok pod DOS-om i Windows-ima funkcionalnost TCP/IP obezbeđuje aplikativni interfejs Winsock. Implementacija TCP/IP protokola obično sadrži osnovne aplikacije kao što su FTP, telnet i www klijent.

1.7 Mreže LAN i WAN

Mreže lokalnog područja ili LAN (engl. *Local area network*) deluju na ograničenom području — obično je to jedna prostorija ili jedna zgrada, a po nekim definicijama može da bude i područje promera od nekoliko kilometara. Dok se mreža širokog područja ili WAN (engl. *wide area network*) obično sastoji od računara i terminala koji su vlasništvo korisnika mreže, a komunikacioni kanali su vlasništvo neke druge organizacije (na primer, telefonske kompanije), sve delove LAN mreže obično poseduje jedna organizacija.

Za LAN se primenjuje praktično svaka vrsta topologije, dok neke od njih nisu pogodne za WAN. Posebno su topologije busa i prstena pogodne za LAN, a nisu za WAN. Slično važi i za protokole. Posebno su protokoli CSMA/CD i prosleđivanje tokena popularni kod LAN-ova, dok bi oni kod WAN-a prouzrokovali nedopustiva kašnjenja. Dva najpoznatija tipa LAN-ova su Ethernet i prsten s tokenom. Ethernet je razvila firma Xerox PARC 1976, a već 1980. su je kao standard prihvatile firme DEC, Intel i Xerox. Ethernet koristi CSMA/CD protokol sa topologijom busa, dok prsten s tokenom, koga je razvila firma IBM, koristi protokol s prosleđivanjem tokena i topologiju prstena.

Brzina prenosa podataka je obično veća u LAN-u nego u WAN-u. Brzina prenosa u WAN-u je obično više hiljada ili desetina hiljada bitova u sekundi, dok LAN obično transmituje više miliona bitova u sekundi. Takođe, greške u transmisiji su kod LAN-ova obično manje nego kod WAN-ova. To je rezultat manjih razdaljina koje podaci treba da pređu u LAN-u, kao i primene savršenijih procesa za otkrivanje i korekciju grešaka.

Osim veličine područja koje pokrivaju, LAN i WAN se najviše razlikuju po tipu resursa koji dele. Kao što je već rečeno, resurs koji se u mreži najčešće deli su podaci. U LAN-u se osim toga dele i drugi resursi, kakvi su periferni uređaji, programi i procesna snaga. Recimo, ne bi imalo smisla da računar na jednom kraju zemlje koristi štampač na drugom kraju zemlje (jer, kako bi onda „video” rezultate obrade), dotle je sasvim logično da zaposleni u jednoj kancelariji dele visoko-kvalitetni laserski štampač.

1.8 Intranet i Ekstranet

Intranet je sličan mreži lokalnog područja u smislu da obezbeđuje komunikaciju unutar organizacije. Intranet koristi javnu Internet tehnologiju za privatne poslovne operacije. Preduzeća mogu da razvijaju i koriste web stranice za interno distribuiranje informacija, a to obezbeđuje lakšu implementaciju i korišćenje od tradicionalnog LAN-a. Web aplikacije obično nisu skupe, a cena razvoja i održavanja je obično manja nego kod klasičnog LAN-a.

Neke organizacije su zamenile tradicionalni LAN intranetom jer je njihova cena manja, a

i sistem se može efikasnije koristiti.

Eksranet donekle nalikuje WAN-u, osim što ekstranet koristi javni Internet protokol. Extranet obično koristi kombinaciju intraneta i Interneta. Oni su tako dizajnirani da dele unutrašnje informacije između preduzeća i tako predstavljaju jeftiniju alternativu od elektronske razmene podataka. To se postiže tako što jedno preduzeće ima pristup delu intraneta drugog preduzeća. Ovakva kooperacija se obično ostvaruje između preduzeća i njegovih dobavljača ili njegovih mušterija tako da se potrebni podaci mogu obezbediti vrlo brzo i jeftino. Ekstranet povezuje u celinu delove intraneta različitih organizacija.

Za ekstranet je od suštinskog značaja sigurnost, koja uključuje specijalnu kontrolu pristupa. Mnogi rasprostranjeni ekstraneti za komunikaciju koriste *virtualne privatne mreže* (od engl. virtual private networks — VPN). VPN obezbeđuje posvećene linije i šalje podatke između privatnih mreža preko Interneta.

1.9 Distribuirani sistemi

Koncept koji je postao popularan u prethodnom periodu nazivao se *klijent/server model*, a sada je široko poznat kao oblik distribuiranog sistema, tj. sistema u kome su podaci i programi rasprostrti preko brojnih lokacija. Ovakvi sistemi koriste mogućnosti stonih računara da se ponašaju kao serveri i da preuzmu deo posla. Server je svaki hardver ili softver koji obezbeđuje neku vrstu servisa drugom hardveru ili softveru — *klijentu*. *Datotečki server* (engl. file server) i *server baze podataka* (engl database server), skladište informacije koje su dostupne klijentima, ili računarima koji su s njima umreženi. Datotečki server obično ima više spoljašnjeg skladišta i verovatno je brži i ima više unutrašnje memorije od tipične radne stanice. Isto tako server za štampanje obezbeđuje pristup štampačima, a komunikacioni server obezbeđuje pristup drugim mrežama preko modema ili preko direktne veze.

Kritična tačka prilikom implementiranja klijent/server aplikacije je njeno razdeljivanje. Treba, naime, utvrditi koji deo aplikacije se odvija kod klijenta, a koji kod servera. *Midlever* (engl. middleware) je softver koji povezuje deo aplikacije koji je kod klijenta sa delom aplikacije kod servera da bi korisniku ponudio na izgled bešavnu aplikaciju. Korisnik sistema, naime, nije svestan gde se delovi aplikacije nalaze. Midlver dozvoljava interoperabilnost između sistema kod kojih su podaci rasuti preko različitih mreža, računara i operativnih sistema koji inače nisu kompatibilni. On uzima poruke i zahteve od jedne aplikacije i usmerava ih gde god je to potrebno, obavljajući istovremeno potrebno prevođenje protokola.

Midlver je danas dostupan za web-aplikacije širokog opsega, koje uključuju više servera baze podataka i mnogo klijenata koji pristupaju serverima baze podataka preko web-servera. Midlver obezbeđuje različite interakcije među aplikacijama, kao i sigurnost, rutiranje i opštu distribuiranost transakcija unutar web-aplikacije.

1.10 Strateška pitanja

Prilikom planiranja i imeplementiranja komunikacionih mreža treba voditi računa o sledećim strateškim pitanjima:

- *Propusna moć.* Koja se ukupna količina podataka može poslati kroz mrežu u datom vremenskom periodu?
- *Vreme odziva.* Koliko vremena protekne od trenutka kada korisnik pošalje zahtev do trenutka kada primi odgovor?
- *Konzistentnost.* Da li mreža konzistentno obezbeđuje istu brzinu i kvalitet usluge?
- *Pouzdanost.* Može li se korisnik osloniti na to da mreža ispravno funkcioniše? Da li mreža često otkazuje?
- *Dostupnost.* Da li je mreža operativna kada vam je potrebna? Neki LAN-ovi rade samo radnim danima u radno vreme. Šta se dešava ako treba da radite vikendom, a podaci koji su vam potrebni se nalaze na datotečkom sereveru u mreži?
- *Sigurnost.* Koliko dobro su podaci zaštićeni od neautorizovanog pristupa, modifikacije ili brisanja. Sigurnost se može obezbediti njihovim smeštanjem na računare i medijume kojima se ne može neautorizovano pristupati. Takođe, podaci se mogu šifrirati tako da ih samo onaj kome su namenjeni može razumeti.
- *Fleksibilnost.* Koliko je lako dodati računare i korisnike mreži, ili isključiti računare i korisnike iz mreže? Može li dizajn mreže da prati promene u organizaciji preduzeća?
- *Pričuva/oporavak* (engl. backup/recovery). Kakva sredstva postoje za oporavak mreže ako jedan ili više računara ili komunikacionih kanala otkazu?
- *Efikasnost.* Da li je dizajn mreže takav da omogući postizanje ciljeva s minimalnim utroškom računarskih i komunikacionih resursa? Izbor komunikacionog protokola značajno utiče na efikasnost mreže. Drugi metod za ostvarivanje efikasnosti mreže je kompresija podataka, to jest, reprezentacija podataka sa manjim brojem bitova.