
Računarske mreže

Ljudi su od svog nastanka imali potrebu da komuniciraju između sebe, deleći na taj način korisne informacije. U početku, razmena informacija je bila direktna i neposredna, dok su kasniji tehnološki napredak i rastuća potreba čoveka za bržom i komunikacijom sa većih udaljenosti rezultirali razvojem novih sistema komunikacije kakve danas poznajemo. U takve sisteme ubrajamo telegrafiju, telefoniju, emitovanje televizijskog i radio signala, i druge. U određenim istorijskim razdobljima oni su igrali ključne uloge u razvoju čovečanstva. Iako i dalje u upotrebi, u novije vreme sve više bivaju zamenjeni tehnološki naprednijim vidovima komunikacije koji nude veće brzine, dostupnost, pouzdanost i bezbednost prenesenih informacija.

Danas je skoro nemoguće zamisliti računar koji nije povezan sa drugim računarima. Većina digitalnih uređaja koje svakodnevno koristimo (telefoni, tableti, televizori, satovi, ...) je takođe umrežena između sebe i povezana sa drugim računarskim sistemima, omogućavajući nam brz pristup korisnim informacijama. Ovakvo međusobno povezivanje računara i drugih uređaja na globalnom nivou, razvoj interneta i servisa koje on nudi (veb, elektronska pošta, video pozivi, društvene mreže, ...) omogućili su nove, do tada nezamislive primene računara, eksponencijalno su povećali broj korisnika ovih uređaja i umnogome im olakšali svakodnevni život. Promene koje je donela ova informaciono-komunikaciona tehnologija su nesagledive u svakoj sferi života, pa se često za njih koristi termin *Četvrta industrijska revolucija*.

U 21. veku, računarske mreže čine okosnicu svih mogućih vidova komunikacije, povezujući ljude, ljude i računarske sisteme, ali i računarske sisteme između sebe. Mreže omogućavaju različitim uređajima (računari, pametni telefoni i satovi, pametni kućni aparati, automobili, ...) da se povežu, dele informacije i podatke i međusobno saraduju. Računarska mreža se definiše kao *kolekcija međusobno povezanih hardverskih uređaja* (najmanje dva uređaja) koji mogu da *komuniciraju jedni sa drugima* radi *razmene podataka i resursa*. Oni su povezani *komunikacionom opremom*, kao što su kablovi, habovi (eng. *hub*), svičevi (eng. *switch*) i ruteri (eng. *router*) preko koje se, uz pomoć *komunikacionog softvera*, obavlja razmena *digitalnih poruka*. Dakle, uređaji komuniciraju međusobno tako što jedni drugima šalju bitove, nizove nula i jedinica kojima su podaci kodirani.

Vremenom, broj računara koji su međusobno umreženi kontantno je rastao došavši do trenutnog nivoa kada su skoro svi računari na svetu povezani. Takva globalna mreža, mreža svih mreža, naziva se *Internet*. Često se greškom Internet poistovećuje sa računarskim mrežama, koje ipak predstavljaju širi pojam. Nije teško zamisliti određeni broj računara u jednoj učionici međusobno povezanih, koji nemaju vezu sa spoljašnjim svetom, tj. nizu povezani na Internet.

Računarske mreže su drastično transformisale način na koji komuniciramo i delimo informacije. Razumevanje njihove strukture i načina na koji funkcionišu je od ogromnog značaja za efikasno korišćenje njihovog punog potencijala. U nastavku ovog poglavlja, bavićemo se ulogom i scenarijima upotrebe računarskih mreža, komponentama, tipovima mreža, protokolima računarskih mreža, kao i bezbednošću u računarskim mrežama.

1.1 Uloga računarskih mreža

Računarske mreže imaju primene u različitim oblastima, kako u poslovnom svetu, tako i za kućne potrebe. U kompanijama, računarske mreže se tradicionalno koriste za *deljenje resursa, podataka, komunikaciju zaposlenih i njihovu saradnju*. U kućnim scenarijima, računarske mreže se koriste za *pristup informacijama koje su dostupne na Vebu, čitanje novina, časopisa i elektronskih knjiga, dopisivanje, pristup društvenim mrežama i servisima koji nude audio i video sadržaj na zahtev, elektronsku kupovinu, gledanje televizijskih sadržaja*, i slično. U poslednjih par godina, evidentan je razvoj tzv. *Interneta stvari* (eng. *Internet of Things*) koji predstavlja umrežavanje raznih tipova objekata (vozila, zgrada, stanova, brava, malih i velikih kućnih aparata, senzora, prekidača, i slično) koji u sebi imaju elektronske čipove i mogu da komuniciraju međusobno obezbeđujući jedni drugima različite tipove informacija i usluga.

Osnovne uloge računarskih mreža mogu se podeliti u sledeće četiri kategorije:

Komunikacija: Jedna od glavnih uloga računarskih mreža je komunikacija. Korišćenjem povezanih računara ljudi mogu da se dopisuju elektronskom poštom i instant porukama, časkaju i održavaju video i audio konferencije. U današnje vreme postoje alati i aplikacije koji omogućavaju da veći broj ljudi iako udaljeni saraduje međusobno i rade na istim zadacima posredstvom mreže.

Deljenje informacija i podataka: Korisnici računarskih mreža mogu pristupati ogromnim količinama informacija koje se nalaze na udaljenim lokacijama, tj. na drugim računarima u okviru iste mreže. Informacije se najčešće prenose preuzimanjem različitih vrsta datoteka, na primer pristupanjem određenim Veb stranicama na Internetu, koje predstavljaju jedan od glavnih izvora informacija.

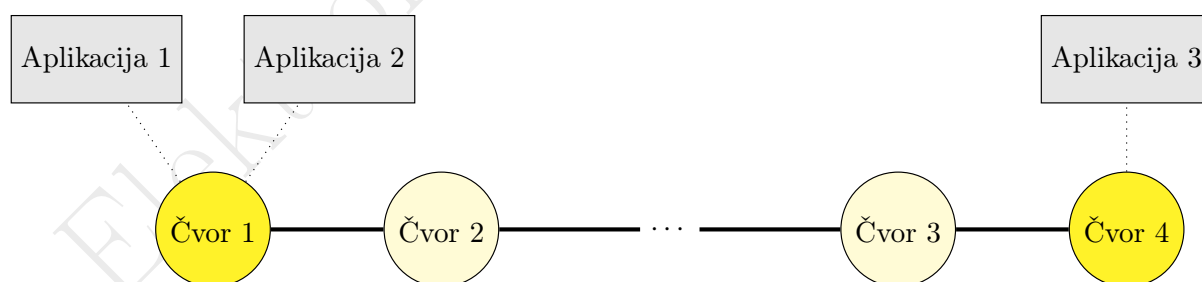
Deljenje softverskih resursa: Osim informacija i dokumenata, računarske mreže mogu služiti za deljenje softverskih resursa. Softveru instaliranom na jednom računaru u okviru jedne mreže mogu pristupati svi korisnici te mreže kojima je to dozvoljeno i rešiti svoje probleme korišćenjem servisa koje taj softver nudi.

Deljenje hardverskih resursa: Korisnici računarskih mreža mogu deliti i zajedno koristiti različite uređaje kada to ima smisla. Na primer, zaposleni u jednoj kompaniji mogu imati jedan štampač koji koristi svima, i svako mu sa svog računara može pristupiti i poslati dokument na štampu.

Deljenje resursa, kako softverskih tako i hardverskih u okviru računarskih mreža ima višestruke koristi. Povećava se efikasnost i iskorišćenost resursa, a u isto vreme *smanjuju se troškovi*. Na primer, nema potrebe instalirati isti softver na svakom pojedinačnom računaru, ako je moguće pristupiti mu preko mreže. Računari na kojima se izvršava takav softver često su boljih performansi od ostalih, pa je vreme izvršavanja na njima kraće. Održavanje jedne instance tog softvera je jednostavnije i jeftinije od pojedinačnog održavanja na svim računarima. Takođe, deljeni štampači u mreži, iako boljih performansi, mogu biti jeftiniji od ukupne cene više pojedinačnih koji bi opsluživali svakog pojedinca u mreži. Cena održavanja i cena štampe na takvim uređajima je po pravilu manja.

1.2 Komponente računarskih mreža

Pojednostavljeno, računarska mreža može se prikazati u obliku *grafa*. Čvorovi u grafu predstavljaju *uređaje koji su deo mreže*, a grane između njih *komunikacione kanale* kojima su uređaji fizički povezani (Slika 1.1).



Slika 1.1: Grafički prikaz komponenti računarske mreže

Spoljašnji (završni) čvorovi u mreži (koji su najčešće povezani samo sa jednim susedom, a na Slici 1.1 prikazani tamnom nijansom žute boje) predstavljaju *korisničke uređaje* u mreži. Tradicionalno, ovi uređaji su najčešće računari, ili pomoćni uređaji poput štampača i skenera. U današnje vreme, umesto samo ovih tipova uređaja, u mrežama na ovim mestima se pojavljuju i drugi digitalni uređaji koji imaju mogućnost umrežavanja (telefoni, tableti, kamere, pametni satovi, pametni kuhinjski uređaji, automobili i drugo). Na njima se izvršavaju *aplikacije* pokrenute od strane korisnika koji žele da komuniciraju međusobno.

Unutrašnji čvorovi u mreži (koji su najčešće povezani sa više od jednog suseda i prikazani na Slici 1.1 svetlijom nijansom žute) predstavljaju specijalizovane *mrežne uređaje* koji prosleđuju poruke između čvorova. Najčešće su to *ruteri, svičevi i habovi* (Slika 1.2).

Sve ove komponente mogu se podeliti u tri glavne kategorije: *mrežni hardver, komunikacioni kanali i mrežni softver*.



Slika 1.2: Mrežni uređaji (ruter, svič i hab)

1.2.1 Mrežni hardver

Svaki uređaj na mreži mora da poseduje specijalizovani deo hardvera koji mu obezbeđuje pristup toj mreži, tj. komunikaciju sa ostalima. Najčešće je to *mrežna kartica*, tj. *mrežni adapter* — *NIC* (Slika 1.3) koji omogućava fizički pristup uređaja ka komunikacionim kanalima koji ga povezuju sa ostatkom mreže. Svaka mrežna kartica ima svoj *identifikator* u formi fizičke (*MAC*) adrese koja joj se dodeljuje pri proizvodnji, globalno je jedinstvena, a služi kako bi se uređaji jednoznačno identifikovali u međusobnoj komunikaciji. Ona obezbeđuje pristup žičanim ili bežičnim komunikacionim kanalima. Moderne matične ploče na računarima uglavnom poseduju integrisane mrežne adaptore, mada oni mogu biti i eksterni koji se po potrebi dodaju i na taj način jedan uređaj može imati i više adaptera, tj. izlaza na mrežu. U ove svrhe koriste se i drugi specijalizovani uređaji, kao što su *modemi*, *Wi-Fi adapteri* (eng. *Wi-Fi dongles*) i drugi.



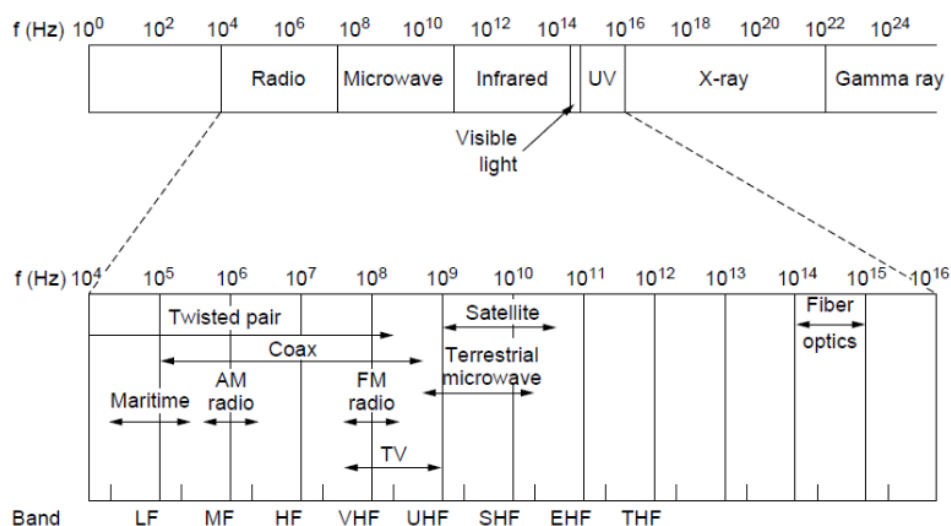
Slika 1.3: Mrežni hardver — različiti tipovi mrežne kartice

1.2.2 Komunikacioni kanali

Pod komunikacionim kanalima podrazumevaju se fizički medijumi koji spajaju čvorove u mreži. Oni mogu biti realizovani *žičano* u formi kablova i *bežično* u formi elektromagnetnih talasa koji se emituju kroz etar (radio talasi, mikro talasi, infracrveni i ultraljubičasti zraci).

Osim ove glavne razlike, komunikacioni kanali se razlikuju i u *brzini* kojom prenose podatke (eng. *throughput*). Ona se meri u broju bita koje kanal može da prenese u jedinici vremena — *bit po sekundi*. U današnje vreme aktuelna tehnologija dozvoljava prenos ogromnog broja bitova po sekundi, pa se prenos češće izražava u jedinicama *Megabit* (milijon bita) po sekundi u oznakama Mbps, Mbit/s ili Mb/s, kao i u *Gigabit* (milijarda bita) po sekundi u oznakama Gbps, Gbit/s ili Gb/s. Iako fizični signali koji putuju kablom ili bežično se kreću brzinama približnim brzini svetlosti, oni se razlikuju u *opsezima svojih frekvencija* (eng. *bandwidth*) od kojih direktno zavisi brzina prenosa podataka. Trenutno se za prenos informacija koriste signali frekvencija od 10^4 Hz do 10^{16} Hz (Slika 1.4). Brzina prenosa podataka je *direktno srazmerna* frekvencijskom opsegu. Signali veće frekvencije kakvi se nalaze u optičkim kablovima imaju mogućnost za mnogo veće brzine prenosa podataka od signala u drugim medijumima.

Žičani komunikacioni kanali mogu se realizovati na sledeće načine (Slika 1.5):



Slika 1.4: Podela frekvencionog spektra

Upredene parice (eng. *unshielded twisted-pair*) — *UTP* kablovi predstavljaju uvijene uparene izolovane bakarne žice koje su se inicijalno koristile u telefoniji, ali novije kategorije ovih kablova koriste se i u računarskim mrežama. Oni nude brzine prenosa podataka od 4Mbps, pa čak i do par Gbps.

Koaksijalni kablovi (eng. *coaxial cable*) su se inicijalno koristili za prenos televizijskog signala, a razvojem računarskih mreža koriste se i u lokalnim mrežama. Generalno su pouzdaniji i brži od *UTP* kablova, sa brzinama od 35Mbps do 10Gbps.

Optički kablovi (eng. *fiber optic cable*) se za razliku od prethodna dva tipa kablova prave od mnogobrojnih veoma tankih *staklenih vlakana* obmotanih izolatorom kroz koje protiče svetlost koju emituje *laser* na jednom kraju vlakana. Na drugom kraju vlakana nalazi se *fotodetektor* koji prihvata poslani svetlosni talas. Spoljašnji uticaji na signal u ovom tipu kabla je još manji, frekvencija svetlosnog signala veća, pa su i brzine koje se postižu u ovim tipovima kablova najveće. U eksperimentalnim laboratorijskim uslovima, koristeći snopove kablova dosegnute su brzine čak i preko 1Pbps (milion Gbps). Kao takavi, koriste se kao okosnica interneta povezujući bitna i velika čvorišta. U novije vreme ovim tipom kabla povezuju se i pojedinačne zgrade (eng. *fiber to the building - FTTB*) i stanovi (eng. *fiber to the home - FTTH*), odakle se do pojedinačnih uređaja razvlače *UTP*, koaksijalni kablovi ili bežična mreža.

Slika 1.5: Žičani komunikacioni kablovi (*UTP*, koaksijalni i optički kabl)

Bežična komunikacija se razlikuje od žičane tehnologije po tome što se signali ne prostiru kroz kablove, već se *emituju kroz etar*. Ovakav način komunikacije prirodno podržava *mobilitnost* nudeći krajnjem korisniku često

željenu fleksibilnost pri korišćenju prenosnih računara, telefona, tableta i drugih pametnih uređaja koji ne stoje konstantno na jednoj lokaciji. Neke od danas korišćenih tehnologija bežičnog prenosa su:

Bluetooth tehnologija koristi se za komunikaciju na malim udaljenostima, do svega par desetina metara i 2Mbps brzine. Najčešće povezuje računar sa perifernim uređajima kao što su slušalice, miš, tastatura, razni senzori i slično.

Wi-Fi, ili bežični LAN (WLAN) koristi mikro talase frekvencije 2.4GHz ili 5GHz za komunikaciju između uređaja na rastojanju do maksimalno nekoliko stotina metara na otvorenom, ili desetina metara u zatvorenom prostoru. Trenutna tehnologija dozvoljava brzine do nekoliko Gbps.

Čelijski sistemi su tehnologija bežične komunikacije koja se koristi u mobilnoj telefoniji, gde se signal prenosi preko niza antena. Razvijala se kroz generacije, od prve do trenutno aktuelne pete generacije (5G mobilna telefonija), gde je svaka sledeća donosila poboljšanja u dostupnim brzinama prenosa.

Zemaljski mikrotalasi su tehnologija komunikacije mikrotalasima niske frekvencije između optički vidljivih antena udaljenih međusobno čak i do više desetina kilometara.

Sateliti su tehnologija posredne komunikacije između dve tačke na velikim udaljenostima koje nemaju optičku vidljivost. Odvija se korišćenjem satelita koji se nalaze u orbiti planete Zemlje na udaljenostima od nekoliko stotina do par desetina hiljada kilometara. Koriste se za prenos kako televizijskog i telefonskog signala, tako i za pristup internetu na lokacijama gde su drugi vidovi komunikacije nemogući ili previše skupi.

1.2.3 Mrežni softver

Kako bi mrežni hardver mogao da funkcioniše, potreban je i softver koji će ga *osposobiti i kontrolisati* njegov rad. Kao i svaki kompleksni sistem, mrežni softver je organizovan *hijerarhijski*, tj. podeljen je po slojevima. Na nižim slojevima nalazi se deo koji kontroliše sam rad fizičkih uređaja, zadužen je za konverziju bitova u fizičke signale, (de)kodiranje, (de)multiplesiranje, i slično, i kao takav nalazi se implementiran u operativnim sistemima, tj. u *upravljaču (drajveru) mrežnih kartica*, dok se na višim slojevima nalaze delovi koji su više aplikativno orjentisani i nude korisnicima konkretne usluge i servise, kao što su slanje i prijem elektronske pošte, pregledanje Vebe, četovanje i slično.

1.3 Tipovi računarskih mreža

Osim po tehnologiji kojom se odvija komunikacija, računarske mreže se mogu međusobno razlikovati po korišćenju *arhitekturi, rasponu* koji mreža pokriva i *topologiji* same mreže.

1.3.1 Arhitektura računarskih mreža

Arhitektura mreže se odnosi na dizajn mreže, uključujući njene komponente, njihov međusobni raspored i odnose, kao i protokole po kojima te komponente komuniciraju. Glavni tipovi mrežne arhitekture su:

Arhitektura klijent-server: U ovom modelu, *klijenti* (uređaji krajnjih korisnika) zahtevaju *usluge* ili resurse od *centralizovanih servera*, koji obrađuju njihove zahteve. Ovo je danas najčešća arhitektura računarskih mreža. Serveri su uglavnom posvećeni određenom tipu zadataka (npr. veb serveri, serveri datoteka, ...).

U samim počecima razvoja računarstva, računarski sistemi su se odlikovali velikim centralnim računarima na koje su bili povezani terminali koji su služili samo za unos podataka i prikaz rezultata. Ovakva organizacija podseća na današnje klijent-server okruženje u kome su mogućnosti klijenata svedene na proste ulazno-izlazne funkcije.

Peer-to-Peer (P2P) arhitektura: Ovaj vid arhitekture predstavlja *mrežu ravnopravnih računara*, za razliku od prethodnog tipa arhitekture gde postoji jasna razlika u ulogama između klijenata i servera. Računari direktno komuniciraju jedan sa drugim, deleći podatke i resurse. Sistem je *decentralizovan*, tj. nije potreban centralni server, i često se koristi u aplikacijama za deljenje velikih datoteka (npr. Napster i Bittorent).

Arhitektura oblaka: Ova mrežna arhitektura omogućava isporuku računarskih usluga preko Interneta, tj. *iznajmljivanje skladištenog prostora, procesorske snage, memorije* i slično od strane krajnjih korisnika na njihov zahtev. Analogno deljenju štampača kao resursa od strane više korisnika preko mreže, moguće je deliti i procesorske i memorijske resurse. Ovim krajnji korisnici dobijaju *fleksibilnost i skalabilnost* u alokaciji svojih resursa, po ceni koja često može biti manja nego kupovina sopstvenih resursa tog tipa.

Osim pomenutih tipova arhitekture računarskih mreža postoje druge, kao što su troslojna arhitektura, servisno orijentisana arhitektura (SOA), arhitektura mikroservisa i hibridne arhitekture.

1.3.2 Raspon računarskih mreža

Računarske mreže se mogu klasifikovati i po *geografskom rasponu* koji mreža pokriva. Ova podela je u tesnoj vezi sa korišćenom tehnologijom za komunikaciju jer su neke tehnologije vezane za komunikaciju na manjim rastojanjima (recimo Bluetooth), dok se druge češće koriste kada je signale potrebno preneti na vrlo udaljene lokacije (optički kablovi i sateliti).

Personal area network (PAN) je mreža najmanjeg raspona i koristi se za potrebe jednog korisnika, recimo da spoji računar, telefon i slušalice. Udaljenost uređaja je do nekoliko metara i veza može biti žičana ili bežična.

Local area network (LAN) se koristi za povezivanje većeg broja uređaja na relativno malim rastojanjima, recimo jedan stan ili sprat, nekoliko kancelarija i slično. Tradicionalno, ovi uređaji su se povezivali UTP kablovima, ali u novije vreme se vrlo često koristi i bežična mreža (WLAN).

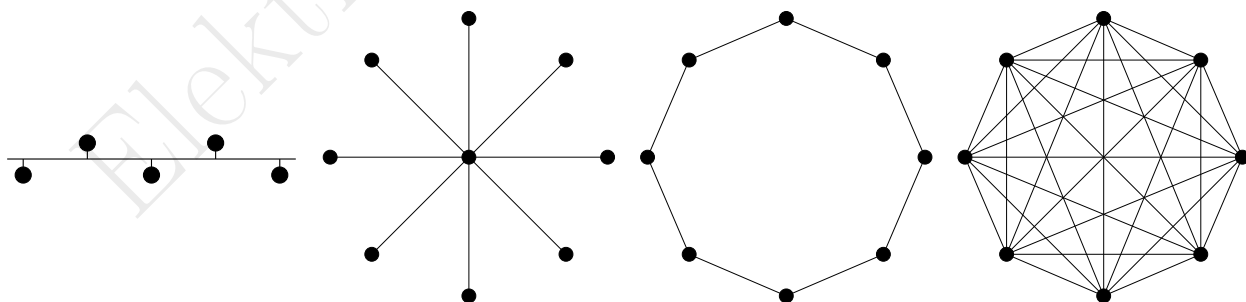
Campus area network (CAN) povezuje više lokalnih mreža u jednu na bliskim lokacijama, recimo u okviru jednog univerziteta, kompanije, studentskog internata i slično. Tehnologija podrazumeva tehnologiju lokalnih mreža, dok se za povezivanje lokalnih mreža između sebe najčešće koriste brži koaksijalni kablovi, UTP kablovi više kategorije ili bežična komunikacija (u slučajevima kada je postavljanje fizičkih kablova nemoguće ili previše skupo).

Metropolitan area network (MAN) takođe povezuje lokalne mreže, ali je njihov broj veći i prostiru se na većem geografskom području nego kod prethodnog tipa mreže. Ovakve mreže pokrivaju cele gradove i za veze između svojih delova koriste brze optičke kablove.

Wide area network (WAN) pokriva prostranstva šira od jednog grada, najčešće čitavu oblast ili državu. Njenu infrastrukturu održavaju telekomunikacione kompanije koje naplaćuju korisnicima pristup istoj. Za povezivanje bitnih čvorišta u mreži koriste se veliki snopovi optičkih kablova, kao i komunikacioni sateliti. Internet je najveća mreža ovog tipa.

1.3.3 Topologija mreža

Način kako su elementi mreže povezani između sebe, raspored čvorova u mreži i kako teče komunikacija između njih predstavlja topologiju mreže. Ona direktno određuje performanse mreže, tj. pouzdanost, skalabilnost i cenu. Postoje osnovna četiri tipa topologije mreža (Slika 1.6):



Slika 1.6: Topologije računarskih mreža (magistrala, zvezda, prsten i potpuna povezanost)

Magistrala je topologija mreže kod koje su sve komponente povezane na *zajednički deljeni kanal*. Signal koji je šalje od jednog čvora ka nekom drugom postavlja se na kanal i dostupan je svim čvorovima koji su povezani na njega. Teorijski, u slučaju prekida magistrale, mreža se deli na dva nepovezana dela, pa čvorovi iz jednog dela ne mogu da komuniciraju sa čvorovima u drugom delu mreže. U slučaju velikog opterećenja može doći do čestog sudaranja poslatih paketa na samoj magistrali, tj. do *zagušenja kanala*, jer se njegov kapacitet ravnopravno deli na sve korisnike. U praksi, kao magistrala, najčešće se koristi koaksijalni kabl. Ovo je u početku bila dominantna topologija lokalnih mreža.

Zvezda je topologija gde su svi čvorovi u mreži povezani isključivo na jedan *centralni čvor*, pa se sva komunikacija između čvorova odvija preko njega. Za razliku od magistrale gde postoji jedan deljeni kanal, u ovoj topologiji svaki čvor mreže ima svoj kanal do centralnog čvora, pa se zagušenja po pravilu ne javljaju na kanalima, već na centralnom čvoru. To se rešava tako što se kao centralni čvor koristi *svič* koji obezbeđuje nezavisne veze svih čvorova međusobno. U slučaju prekida jednog komunikacionog kanala, svi čvorovi osim tog jednog čiji je kanal u prekidu mogu komunicirati bez problema, dok se u slučaju otkaza centralnog čvora gubi sva komunikacija.

Prsten je topologija slična magistrali kod koje je kanal *kružan*, tj. u obliku prstena. Podaci u ovoj topologiji se šalju samo u jednom smeru, pa se na taj način smanjuje mogućnost sudaranja paketa na kanalu. U slučaju otkaza bilo kog čvora, ostali čvorovi u mreži mogu da komuniciraju nesmetano, dok u slučaju prekida kanala dolazi do totalnog prekida komunikacije.

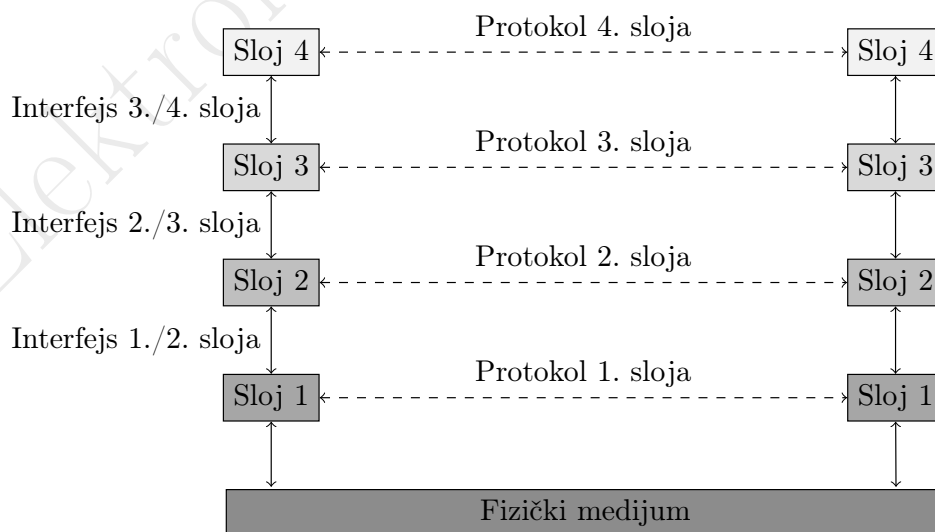
Potpuna povezanost je topologija kod koje su svi čvorovi mreže međusobno *direktno povezani*. Nije pogodna za veće mreže jer je cena postavljanja takve mreže velika. Pri dodavanju novog čvora u postojeću mrežu, potrebno je spojiti novi čvor posebnim kanalima sa svim postojećim čvorovima, što drastično povećava cenu. Ovakva topologija obezbeđuje veću pouzdanost komunikacije jer između svaka dva čvora u mreži, osim direktne veze postoji veći broj redundantnih posrednih veza. Zbog toga se otkazom jednog kanala u komunikaciji ne gubi ništa.

Predstavljene topologije se odnose na lokalne mreže, tj. na mreže sa malim brojem čvorova. Veće mreže nastaju spajanjem manjih, gde svaka od njih može imati svoju topologiju. Ako manje mreže koje ulaze u sastav većih posmatramo kao entitete za sebe, onda i te veće mreže (mreže manjih mreža) imaju svoju globalnu topologiju koja može biti jedan od pomenuta četiri tipa, nezavisno od topologije prisutne u manjim mrežama.

1.4 Slojevitost mreže i mrežni protokoli

Iako pojam mreže vrlo jednostavno deluje, omogućiti da dve aplikacije na različitim računarima komuniciraju je vrlo kompleksan posao koji zahteva angažovanje eksperata iz različitih oblasti, od hemičara, fizičara i elektrotehničara na hardverskom nivou mreža, do matematičara, računaraca i programera na softverskom nivou.

Zbog svega toga, mreže i mrežni softver se izgrađuju *hijerarhijski*, po novoim, tj. *slojevima* (Slika 1.7). Svaki sloj ima precizno definisanu ulogu i funkciju u celokupnoj komunikaciji, tj. on rešava precizno definisan zadatak. Komunikacija se na određenom sloju u mreži odvija poštujući unapred dogovorena pravila komunikacije, tj. *protokole* odgovarajućeg sloja. Par entiteta koji međusobno komuniciraju po datom protokolu na istom sloju u mreži nazivaju se *parnjaci*. Stvarna komunikacija ne ide direktno između njih, već oni koriste slojevi ispod njih, koji im nude određenu uslugu po unapred dogovorenom *interfejsu*.



Slika 1.7: Slojevitost mreža

Dizajn mreže definiše broj slojeva i protokole u njima, ali najuticajnija su sledeća dva *referentna modela*:

Open Systems Interconnection — OSI je teorijski gledano najbitniji referentni model, definisan od strane Internacionalne organizacije za standarde (ISO), koji definiše *7 slojeva*: *fizički sloj*, *sloj veze podataka*,

mrežni sloj, transportni sloj, sloj sesije, sloj prezentacije i aplikativni sloj. Slojevi su navedeni od najnižeg do najvišeg. Na fizičkom sloju se rešavaju hardverski problemi, prenos signala kroz kanal, modulacija signala, multipleksiranje, i slično. Na višim slojevima komunikacija postaje sve više apstraktna. Hardverski problemi bivaju zamenjeni softverskim, pa se na vrhu, u aplikativnom sloju razmatraju protokoli koje direktno koriste dve aplikacije u komunikaciji. Svi detalji te komunikacije (brzina slanja, prenos paketa, adresiranje, rutiranje, detektovanje i obrada grešaka u komunikaciji i slično) skriveni su i rešeni na nižim slojevima. U praksi se ovaj referentni model ne koristi kao previše detaljan, raslojen i komplikovan.

TCP/IP je referentni model koji se praktično koristi na Internetu. Jednostavniji je od prethodnog modela, tj. ima 4 sloja gde je najniži nastao spajanjem dva najniža sloja OSI modela, a aplikativni sloj na vrhu u sebi integriše i dva sloja ispod sebe (sloj sesije i prezentacije).

Najpoznatiji protokoli u računarskim mrežama su:

Internet protokol (IP) je protokol za komunikaciju na mrežnom sloju Interneta. Četvrta verzija ovog protokola (*IPv4*) je trenutno u upotrebi, iako se već godinama postepeno uvodi šesta (*IPv6*). Osnovni problem koji se rešava ovim protokolom je *rutiranje paketa*, tj. pronalazak puta kojom će podaci putovati od pošaljioaca do primaoca. Putanja se nalazi na osnovu adrese primaoca, tzv. *IP adrese*, koja je u IPv4 32-bitna i predstavlja se kao četiri dekadna broja (od po 8 bita), u rasponu od 0 do 255, razdvojena tačkama, recimo 192.168.0.1.

Transfer Control Protocol (TCP) i User Datagram Protocol (UDP) su protokoli transportnog sloja, tj. nalaze se na sloju iznad sloja sa Internet protokolom, pa koriste njegove usluge za svoju realizaciju. TCP je kompleksniji protokol, kod koga postoji uspostava veze pre same komunikacije, kontrola i korekcija grešaka, kontrola brzine prenosa i zagušenja, pa se smatra pouzdanim protokolom. Za razliku od njega, UDP nema sve ove mehanizme, pa je nepouzdan, ali je prostiji i zato neuporedivo brži. Kao takav primenjuje se u audio i video komunikaciji u realnom vremenu, gde je brzina presudni faktor.

HyperText Transfer Protocol (HTTP) je protokol aplikativnog sloja zadužen za prenos HTML stranica, po kome komuniciraju pregledači veba (eng. *browser*) i veb serveri.

SMTP, POP3, IMAP su protokoli aplikativnog sloja zaduženi za slanje i primanje elektronske pošte.

File Transfer Protocol (FTP) je protokol aplikativnog sloja zadužen za prenos datoteka.

SSH je protokol aplikativnog sloja zadužen za bezbedno slanje komandi udaljenom računaru preko Interneta.

1.5 Bezbednost u računarskim mrežama

U početku razvoja računarskih mreža, kada su se one koristile uglavnom u akademskoj zajednici za slanje i primanje elektronske pošte, kao i u kompanijama za deljeni pristup štampačima, bezbednost u mrežama nije igrala bitnu ulogu. Danas, kada milioni korisnika svakodnevno koriste internet za mobilno bankarstvo, kupovinu i slično, bezbednost na mrežama zavređuje mnogo više pažnje. Bezbednost mreže podrazumeva zaštitu računarskih mreža od uljeza, napada i drugih pretnji.

Koristeći praktična rešenja razvijana decenijama, tehnologije i dostignuća iz različitih oblasti, cilj bezbednosti u računarskim mrežama je *ostvarivanje integriteta, poverljivosti i dostupnosti umreženih sistema*. U svojoj najprostijoj formi ona obezbeđuje da zlonamerni korisnici ne mogu pročitati, ili još gore izmeniti, poruke namenjene drugim osobama. Bezbednost u mrežama se bavi zabranom pristupa udaljenim servisima i resursima osobama koje nemaju prava da im pristupaju, ali se bavi i problemom identifikacije korisnika. Identifikacija rešava problem u kome korisnik dobija elektronsku poštu potpisanu od strane recimo neke zvanične institucije, a zapravo ju je poslao zlonamerni korisnik koji pokušava da prevari primaoca i na taj način ostvari neku korist za sebe.

Najčešće vrste pretnji uključuju:

Zlonamerni softver (eng. *malware*) je softver koji je dizajniran da ošteti ili iskoristi bilo koji uređaj na koji se može instalirati.

Pecanje (eng. *phishing*) predstavlja pokušaje malicioznih korisnika da se pojedinci prevare da otkriju osetljive informacije. Najčešće je u vidu elektronske pošte gde je cilj ubediti korisnika da komunicira sa nekom zvaničnom (samim tim i bezbednom) institucijom ili svojim poznanikom, kojima će dobrovoljno dati svoje bezbedno osetljive podatke (šifre, bankovne račune, brojeve platnih kartica, pinove i slično).

DOS napad (eng. *denial of service*) je hakerski napad koji prouzrokuje preopterećenje sistema kako bi bio nedostupan ostalim korisnicima.

Čovek u sredini (eng. *man in the middle*) napad predstavlja presretanje i menjanje komunikacije između dve strane koje i dalje veruju da komuniciraju neposredno.

Skoro sva mrežna bezbednost zasniva se na *kriptografiji* i njenim principima. Mere bezbednosti podrazumevaju postojanje sledećeg:

Zaštitni zidovi (eng. *firewall*) predstavljaju uređaje ili softver koji nadgledaju i kontrolišu sav dolazni i odlazni mrežni saobraćaj na osnovu unapred određenih bezbednosnih pravila.

Sistemi za otkrivanje upada (eng. *Intrusion Detection Systems – IDS*) koji konstantno nadgledaju mrežu u potrazi za sumnjivim aktivnostima i potencijalnim pretnjama.

Šifrovanje (eng. *encryption*) je proces osiguravanja podataka kodiranjem. Na taj način, čineći ih nečitljivim, sprečava se pristup podacima neovlašćenim osobama.

Virtuelne privatne mreže (eng. *Virtual Private Networks – VPN*) predstavljaju mrežnu arhitekturu koja ima za cilj da proširi privatnu mrežu jednom ili više mreža koje se nalaze odvojeno i na taj način obezbede siguran, izolovan udaljeni pristup privatnim mrežama. Uglavnom se koristi u kompanijama koje omogućavaju svojim zaposlenima ili korisnicima (koji se fizički ne nalaze u njihovoj lokalnoj mreži) pristup servisima koji nisu javno dostupni svima.

Kako bi računarska mreža bila bezbedna, neophodno je održavati sav (a posebno mrežni) softver *ažurnim*, redovno *obučavati* korisnike o potencijalnim rizicima i *bezbednom ponašanju* i uspostaviti *restriktivnu kontrolu pristupa* resursima zasnovanu na odgovarajućim korisničkim ulogama.