

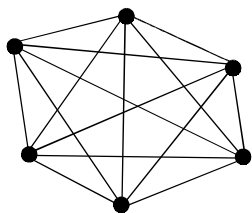
1. UVOD

1.1 RAZVOJ PRIJENOSA PODATAKA

Od početka poznate povijesti čovječanstva, opstanak i napredak društvenih zajednica ovisio je o mogućnosti razmjene informacija između međusobno udaljenih skupina ljudi. Jedino su se njihovom brzom i pravodobnom dostavom mogle koordinirati aktivnosti na korist cjelokupne zajednice. Sadržaj informacije i sredstva za prijenos podataka razvijala su se u skladu s općim društvenim razvojem. Razvoj telekomunikacija započinje korištenjem električne energije u prijenosu informacija, pojavom telegrafa i telefona.

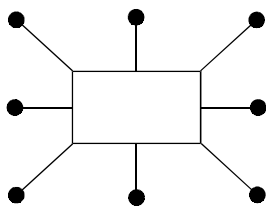
Telegraf je izumljen u prvoj polovici 19. stoljeća. Podaci su prenošeni jednožičnim vodovima (zemlja se koristila kao povratni vodič), u obliku dužih i kraćih strujnih impulsa. Od njih su formirani znakovi Morse-ovog koda, koji su bili emitirani ručno. Na prijemnoj strani korišteni su pisači na traku, čiji se ispis sastojao od točkica i crtica. Krajem 19. stoljeća otkrivena je mogućnost bežičnog prijenosa, putem radio valova. Tu su točkice i crtice predstavljane duljim i kraćim periodom emitiranja radio predajnika. Takva vrsta prijenosa naziva se radiotelegrafija. Signale primaju izvježbani operateri - radiotelegrafisti na sluh. Radiotelegrafija je danas od malog komercijalnog značaja, jer je skupa je i ostvaruje mali kapacitet kanala. Koristi se u vojne svrhe kada zbog ometanja drugi sustavi prijenosa podataka nisu upotrebljivi.

Za prijenos govora značajan je izum telefona u drugoj polovici 19. stoljeća. Karakterizira ga pretvorba zvučnog signala u električni (mikrofon) i električnog u zvučni (slušalica). Mreže za prijenos govora su se razvijale mnogo brže od mreža za prijenos podataka. Prve mreže za prijenos govora su podržavale vezu "svatko sa svakim", slika 1.1. Takva struktura potpuno povezanog grafa vrlo brzo je napuštena, jer je bila ekonomski neopravdana.



Slika 1.1. - Mreža "svatko sa svakim"

Danas se telefonske mreže realiziraju prospajanjem kanala, slika 1.2. Svaki učesnik je vezan na komutacijsko čvorište (telefonsku centralu), a veza se uspostavlja na njegov zahtjev. Pošto su centrale međusobno spojene, može se zahtijevati veza s pretplatnikom na istoj ili na nekoj drugoj centrali. U samom početku se prospajanje obavljalo ručno, a s vremenom su se razvijale automatske telefonske centrale.



Slika 1.2. - Mreža s prospajanjem kanala

Prva mreža za prijenos podataka napravljena je početkom 20. stoljeća, za što je značajnu ulogu imao izum električnog pisaćeg stroja. Ideja je bila povezati dva električna pisača stroja, tako da se tipka na jednom, a tekst ispisuje na drugom stroju. U svezi s tim se pojavio problem kodiranja i problem pretvorbe paralelnog prijenosa u serijski.

Kod paralelnog nekodiranog prijenosa je za prijenos 26 znakova bilo potrebno 26 žičanih vodova, što je skupo i nepraktično, posebno na velike udaljenosti. Kodiranjem $2^5=32$ svaki od 26 simbola predstavljen je jednom kompleksijom ili kodnom riječi duljine 5 bita. Tako se 26 vodova svelo na 5 (kod starijih sustava uvijek je korištena zemlja kao povratni vodič).

Prevođenjem paralelnog prijenosa u serijski ostvario se je prijenos jednožičnim vodom, kao kod Morse-ove telegrafije. Tada se pojavio novi problem, potreba za sinkroniziranjem prijemnog i predajnog uređaja. To je riješeno uvođenjem pokretačko - zaustavnog (start - stop) sustava. Kod takvog prijenosa, kojeg nazivamo asinkronim prijenosom, prije kodne riječi šalje se strujni (pokretački) impuls, nakon toga pet informacijskih impulsa koji mogu biti strujni ili bestrujni, te na kraju jedan bestrujni (zaustavni) impuls. Na prijemnoj i na predajnoj strani postoji rotacioni mehanizam s kliznim kontaktima - četkicama koji se zove komutator. Pokretački impuls na prijemnoj strani inicira pokretanje elektromotora kako bi se obavila serijsko - paralelna pretvorba, a zaustavni osigurava dovoljno vremena kako bi mehanizam ispisao znak na papiru i vratio se u početni položaj. Na tom principu napravljen uređaj naziva se teleprinter (američki teletype), koji se i danas koristi.

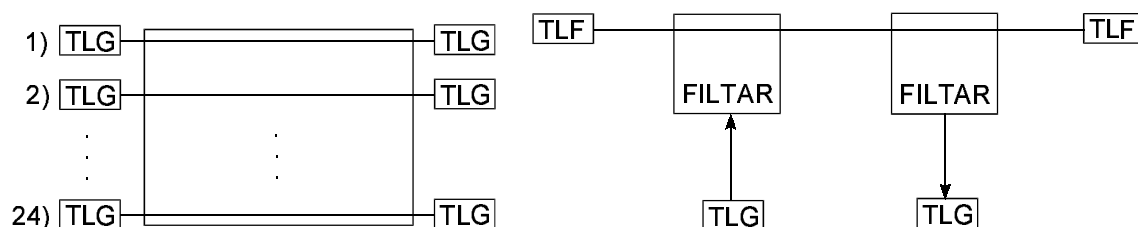
Uskoro su se razvile javne telegrafske, tzv. teleks mreže. Prospajanje kanala obavljalo se je posredstvom telegrafskih centrala. Države su obvezale svoje poštanske organizacije da se teleks mrežom obavlja automatska identifikacija pošiljaoca, pa su telegrami imali vrijednost originalnog dokumenta. Standardizirani su način kodiranja, iznosi struja i napona na liniji, te brzina prijenosa. Da bi se izbjeglo tipkanje za vrijeme prijenosa, teleprinteri su snabdjeveni čitačima i bušačima papirnatih traka (svojevrsna vanjska memorija). Tako je omogućeno slanje ranije pripremljenog teksta maksimalnom brzinom i bez pogriješki. Razlikujemo europski i američki standard za teleks mreže:

Standard	Brzina	Kod	Biti/znaku	Zaustavni bit
Europski	50 b/s	CCITT No2	5	1,5
Američki	110 b/s	CCITT No5 (ASCII)	7	1

Značajno je uvođenja 7 bitnog ASCII (CCITT No5) koda, koji se i danas masovno koristi.

Slijedeći korak je bio razvoj centrala s memorijom, tako da se telegram mogao poslati iako je primalac bio zauzet. Tako je ostvarena mreža s prospajanjem poruka, koja po potrebi obavlja prevođenje s europskog na američki standard i obrnuto. Krajem 20. stoljeća teleks mreže gube na važnosti i polako izumiru jer ih je istisnuo daleko fleksibilniji sustav telefaks poruka. Osnovne su mu prednosti u mogućnosti prijenosa slikovnih informacija, te u korištenju telefonske mreže koja je daleko rasprostranjenija od telegrafске. Problem izvornosti dokumenta lako se rješava naknadnim slanjem originala poštom.

Telegrafske mreže su rijetko koristile vlastite komunikacijske kanale. Najčešće su korišteni postojeći kanali telefonske mreže. To je najraniji primjer integracije sustava za prijenos podataka i govora. Da bi se efikasnije iskoristio kapacitet telefonskog kanala, napravljeni su uređaji koji omogućuju prijenos više telegrafskih kanala jednim telefonskim. Naime, telegrafski kanal brzine 50 b/s zahtijeva u praksi širinu propusnog opsega od oko 120 Hz. Stoga je moguće telefonski kanal s širinom frekvencijskog opsega od oko 3000 Hz iskoristiti za prijenos više telegrafskih kanala. To se postiže podjelom po frekvenciji (FDM, frequency domain multiplexing) korištenjem tzv. uređaja sa signalima nosivih frekvencija (UNF). U praksi su se koristila dva rješenja, prijenos 24 telegrafskih kanala, ili prijenos jednog reduciranog telefonskog kanala širine oko 2000 Hz i 8 telegrafskih kanala jednim telefonskim, slika 1.3.

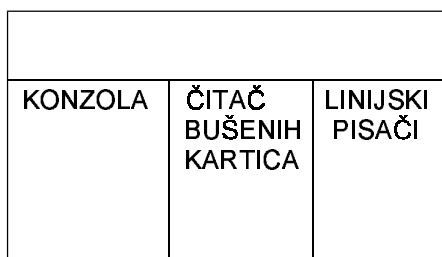


Slika 1.3. - Prijenos telegrafskih signala telefonskim kanalom

Do pojave računala, mreže za prijenos podataka i mreže za prijenos govora su se razvijale na principu komutacije kanala. To znači da je sustavom telefonskih ili telegrafskih centrala komunikacijski kanal uspostavljen s kraja na kraj mreže, čime je stalno zauzet odgovarajući komunikacijski kapacitet. Na korisniku je da raspoloživi kapacitet efikasno iskoristi, pošto uspostavljeni kanal plaća bez obzira na njegovo korištenje.

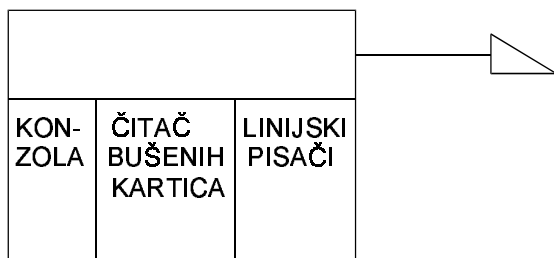
1.2 RAZVOJ TERMINALSKIH MREŽA

Prva digitalna računala komunicirala su s operaterom posredstvom konzole s žaruljicama i prekidačima. Osim konzole, ta su računala imala čitač bušenih kartica kao ulaz za programe i podatke, te linijski pisar za ispis rezultata. Čitač i pisar formiraju terminal za unos zadaća (JE, Job Entry terminal), slika 1.4.



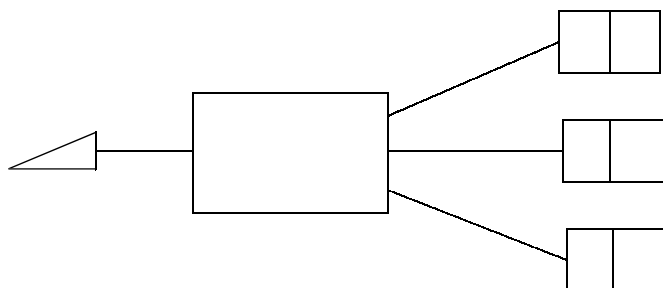
Slika 1.4. - Računalo sa terminalom za unos zadaća

Uskoro se ispostavilo da je konzola nefleksibilna, pa je svedena na najmanju moguću mjeru (samo da se računalo pokrene). Umjesto nje upotrijebljen je teleprinter, odnosno američki teletype, kao konzolni terminal, slika 1.5. Računala su mogla primiti poruke sa teleprintera i slati poruke na teleprinter. To je bila prva mreža: jedno računalo s jednim terminalom. Koristio se 7-bitni ASCII kod, a IBM je razvio svoj EBCDIC kod, kojega su koristila IBM-ova velika (mainframe) računala.



Slika 1.5. - Računalo s JE terminalom i teleprinterom

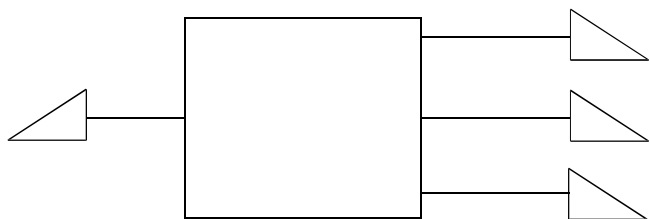
Prva računala mogla su obrađivati jedan po jedan program, a dotle su korisnici čekali u redu sa bušenim karticama da bi njihovi podaci bili obrađeni. Na taj način se stvarala "gužva" korisnika oko računala, te je uskoro omogućen prihvata korisnikovih programa i podataka na disk računala. Tu su oni čekali na obradu i ispis. Takav se rad naziva grupna obrada (engl. batch processing). Ona ne dozvoljava nikakvu komunikaciju s programom za vrijeme njegovog izvođenja. Uskoro su ulazne i izlazne jedinice udaljene iz prostora u kojem se nalazilo samo računalo s masovnom memorijom. Time je ostvarena daljinska grupna obrada (engl. remote batch processing). Na računalo je bilo priključeno više terminala za daljinski unos zadaća (RJE Remote Job Entry terminal), slika 1.6, povezanih lokalno ili preko telefonskih kanala uz uporabu modema. Već u ovoj ranoj fazi razvoja umrežavanja računala pokazalo se je da telegrafski kanali nisu dostatne brzine za potrebe prijenosa podataka u računalnim mrežama.



Slika 1.6. - Računalo sa RJE terminalima

Uskoro su banke zatražile automatizaciju šalterskog poslovanja. Uveden je interaktivni način rada, kod kojega računalo u podjeli vremena obavlja prividno istovremeno više zadaća, tako da svaki korisnik ima dojam kako računalo služi samo njemu. Trebalo je sa više mjesta ostvariti brz dohvat podataka, koji su bili smješteni na jednom mjestu (u sjedištu banke). Korisnici komuniciraju s računalom posredstvom interaktivnih terminala. Na računalo se povezuje veći broj terminala u tzv. terminalske mreže, slika 1.7. U takvim mrežama terminali su priključeni lokalno, unutar zgrade u kojoj je smješteno računalo, ili daljinski, posredstvom telekomunikacijske mreže. Na samom početku

korišteni su teleprinteri. Razvojem tehnologije su se pojavili ekranski (CRT, Cathode Ray Tube) terminali, koji su uvedeni u uporabu umjesto teleprintera.

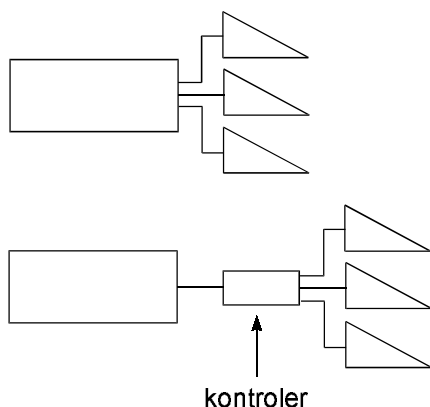


Slika 1.7. - Terminalska mreža

Za povezivanje ekranskih terminala, teleks mreža je bila nedovoljnog kapaciteta, pa su i ovdje za prijenos podataka bili prikladniji telefonski kanali. Korišteni su stalni (iznajmljeni) telefonski kanali opremljeni modemima. U praksi su se iznajmljeni telefonski kanali pokazali prilično skupima. Nastojalo se smanjiti troškove povezivanjem više terminala na isti telefonski kanal.

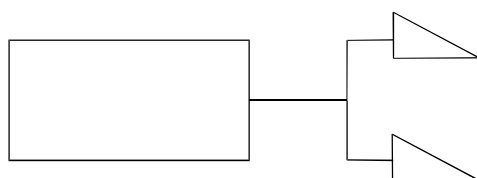
Za efikasan rad ekranskog terminala potreban je cijeli kapacitet kanala. Pri tome kod interaktivnog rada terminali velik dio vremena miruju, tako da se periodi intenzivne aktivnosti (ispis bloka podataka na ekranu) izmjenjuju sa dugačkim periodima neaktivnosti ili male aktivnosti (tipkanje operatera na tastaturi). Povezivanje više terminala na isti telefonski kanal moguće je uporabom koncepta statističkog multipleksiranja. Za vrijeme neaktivnosti jednog terminala, drugi terminal može koristiti kanal. To zahtijeva određenu tehničku podršku kako terminali u pokušaju komuniciranja s računalom ne bi smetali jedan drugome. U svezi s tim pojavila su se dva koncepta povezivanja: jednospojno i višespojno.

Kod jednospojnog povezivanja (engl. point-to-point), slika 1.8, svaki znak-orijentirani terminal je vezan vlastitim vodom na računalo (lokalno povezivanje) ili na komunikacijski procesor (daljinsko povezivanje). Komunikacijski procesor prihvata znakove i priprema poruke terminala, te ih šalje računalu koristeći jedan telefonski kanal.



Slika 1.8. - Jednospojno povezivanje

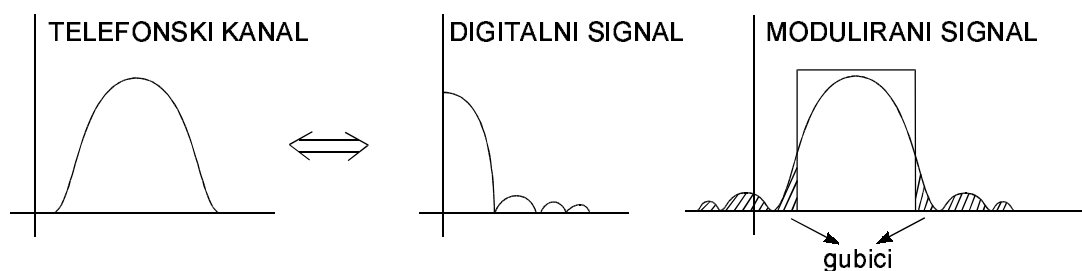
Kod višespojnog povezivanja (engl. multipoint, multidrop), slika 1.9, više blok-orijentiranih terminala je spojeno na istom kanalu. Centralna stanica vrlo brzo proziva jedan po jedan terminal, koji šalje već pripremljene poruke. Postupak prozivanja može se i ovdje prenijeti na komunikacijski procesor radi rasterećenja računala.



Slika 1.9. - Višespojno povezivanje

Terminali za jednospojno i višespojno povezivanje se međusobno razlikuju. Kod jednospojnog povezivanja terminali su orijentirani na vezu znak po znak (character oriented). To su terminali koji poruku operatera šalju znak po znak istovremeno s tipkanjem. Kod višespojnog povezivanja terminali formiraju poruke operatera lokalno, a računalu ih šalju kao cjelinu u obliku bloka (block oriented). Svaka poruka nosi identifikaciju sa kojeg je terminala došla. Poruka koju šalje računalo u cijelosti stiže na terminal, a isto tako i poruka sa terminala na računalo

Kod korištenja telefonskih kanala za prijenos podataka, digitalni je signal trebalo nekim modulacijskim postupkom prevesti u analogni signal spektra sukladnog propusnom opsegu telefonskog kanala, slika 1.10.



Slika 1.10. - Spektar frekvencija modemskih signala

Uređaji za prijenos podataka nazivaju se MODEMI. Sastoje se od modulatora i demodulatora. Povezuju računalo ili terminal na telefonski kanal.

1.3 RAZVOJ MREŽNIH ARHITEKTURA

Slijedeći korak u razvoju umrežavanja računala ostvaren je povezivanjem više računala. Zbog rasta količine podataka stalno se javljala potreba za povećanjem kapaciteta centralnog računala, što je postalo ekonomski neisplativo. Zato se javila potreba za distribucijom kapaciteta obrade koja se postiže umrežavanjem manjih računala. Te su mreže bile privatno vlasništvo i imale su primitivne sigurnosne mehanizme, a pristup im je bio ograničen. Sedamdesetih godina 20. stoljeća pojedini proizvođači računala i vladine organizacije razvijaju vlastite arhitekture računalnih mreža:

- IBM - SNA
- DEC - DECNET (DNA)
- DARPA - ARPANET, preteča Interneta

Pojava računalnih mreža prisilila je telekomunikacijske kompanije da ponude rješenja koja će zadovoljiti korisnike računala bolje nego teleks i telefonska mreža. Javljaju se slijedeće javne mreže:

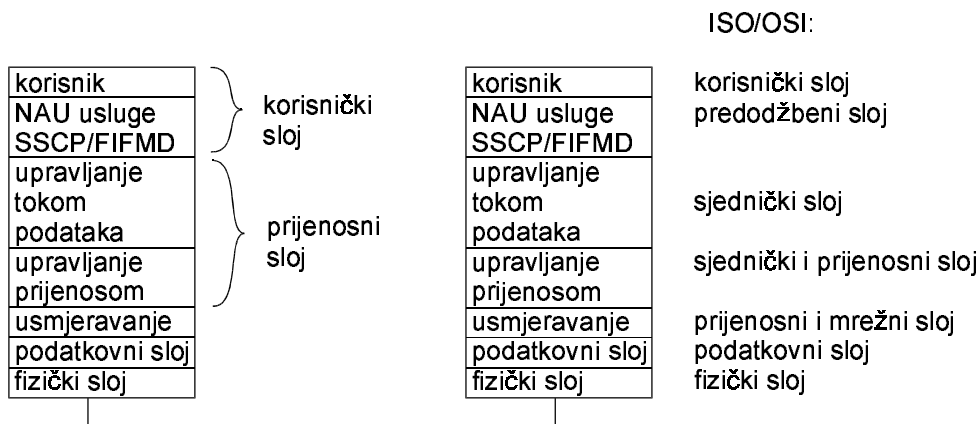
- mreže s komutacijom kanala za sinkroni i asinkroni prijenos podataka po preporukama X.20 i X.21;
- mreže s komutacijom paketa X.25, od kojih se jedan dio razvija prema frame - relay mrežama;
- integrirana digitalna mreža (IDN, Integrated Digital Network), iz koje se razvija digitalna mreža integriranih usluga (ISDN, Integrated Services Digital Network). ISDN mreža na bazi komutiranih kanala kapaciteta 64 kb/s nije nudila dovoljan kapacitet za potrebe prijenosa podataka i danas se koristi samo dio specifikacije u dijelu korisničke mreže (veza od korisnika do prvog čvorišta);
- kreće pokušaj razvoja širokopojasne B-ISDN (Broadband ISDN) mreže, također s komutacijom kanala varijabilnog kapaciteta $N \times 64$ kb/s. To se pokazalo vrlo nefleksibilnim, pa je koncept napušten;
- Današnja B-ISDN mreža zasniva se na tehnologiji asinkronog načina prijenosa (ATM, Asynchronous Transfer Mode) koja koristi prospajanje paketa. ATM mrežom prenose se kratki paketi - ćelije (stanice, engl. cell) dužine 53 okteta, i to 5 okteta zaglavlja koje uključuje 1 oktet zaštite od pogreški, te 48 okteta podataka. Ćelije se mogu optimalno komutirati sklopovskim strukturama. Takva veličina ćelije je kompromis između prijenosa većeg paketa (interesantno za prijenos podataka zbog manjeg opterećenja čvorišta) i prijenosa oktet po oktet (interesantno za prijenos govora zbog minimalnog početnog kašnjenja). ATM mreža se realizira optičkim vlaknima, sa standardnim brzinama od 155 Mb/s i 625 Mb/s. Za priključak korisnika koriste se i niže brzine od 2 Mb/s, 48/38 Mb/s i 155 Mb/s.

Razvoj javnih mreža kretao se je u korist Interneta, tako da je danas Internet dominantna mrežna arhitektura. ATM tehnologija je perspektivna jer efikasno objedinjuje različite vrste prometa, ali će

još dugo vremena proći dok se ne izgradi globalna ATM mreža. Do tada, Internet će koristiti ATM kanale.

1.3.1 IBM-SNA

IBM-SNA (System Network Architecture) mreža, slika 1.11, jedna je od prvih mrežnih arhitektura:

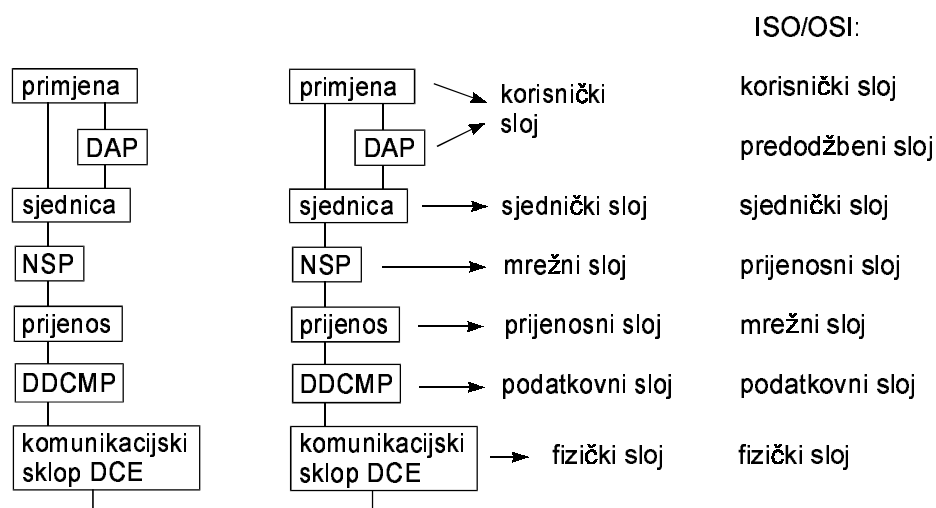


Slika 1.11. - Arhitektura IBM-SNA mreže

- NAU (Network Addressable Unit) su mrežne adresibilne jedinice. Postoje 3 vrste NAU:
 - 1) SSCP (System Service Control Point) je glavna upravljačka točka sustava. SSCP stavlja mrežu u rad, ostvaruje logičke veze između raznih NAU, oporavlja i održava mrežu.
 - 2) PU (Physical Unit) je fizička jedinica. Omogućuje uključenje i isključenje čvora.
 - 3) LU (Logical Unit) je logička jedinica. To su priključci (engl. port) kroz koje krajnji korisnik pristupa mreži.
- Razina upravljanja tokom podataka vodi nadzor nad time koja je veza na redu za prijenos.
- Razina upravljanje prijenosom obavlja uspostavu, održavanje i raskidanje veza, koje se u SNA nazivaju sjednicama. Sjednica je privremena logička veza između NAU radi razmjene poruka.
- Razina usmjeravanja odgovara mrežnoj i brine se o usmjeravanju paketa i izbjegavanju zagušenja.
- Na podatkovnoj razini formiraju se okviri za prijenos i obavljaju ostali poslovi povezani sa samim prijenosnim medijem (fizička razina). Upotrebljava se bitovno-orijentirani protokol (SDLC Synchronous Data Link Control).

1.3.2 DEC - DECNET DNA

Načela na kojima se zasniva arhitektura DEC (Digital Equipment Corporation) - DECNET mreže, slika 1.12, nazivaju se DNA (Digital Network Architecture). Ta je arhitektura bliska ISO/OSI modelu, uočimo terminološku zamjenu naziva prijenosne i mrežne razine.

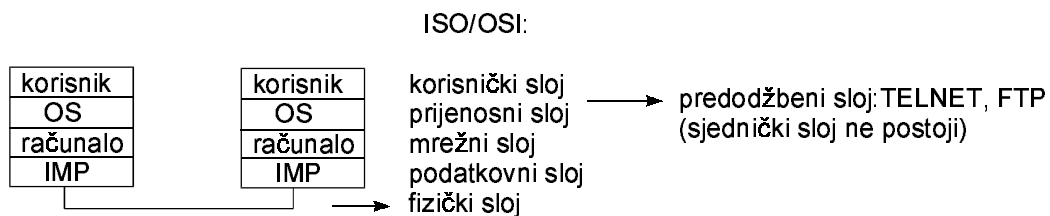


Slika 1.12. - Arhitektura DECNET mreže

- DAP (Data Access Protocol) - protokol za prijenos datoteka.
- NSP (Network Services Protocol) - protokol za mrežne usluge, odgovara prijenosnoj razini.
- DDCMP (Digital Data Communications Message Protocol) - samoodredni protokol podatkovne razine.

1.3.3 ARPANET

ARPANET (slika 1.13) je mreža američkih sveučilišta, koju je financiralo američko ministarstvo obrane (DoD, Department of Defense) kroz svoju agenciju ARPA. Značaj ove mreže je u tome da je iz nje potekao današnji Internet. Kod ARPA mreže korisnik je program ili proces koji se izvršava na računalu. Da bi se posao mogao odvijati na udaljenom računalu i da bi se uspješno održavala veza između poslova dva računala, koriste se usluge operacijskog sustava (OS, operating system) nadograđenog mrežnim kontrolnim programom (NCP, Network Control Program). Radna računala su spojena na mrežna preko čvornih računala (IMP, Interface Message Processor).

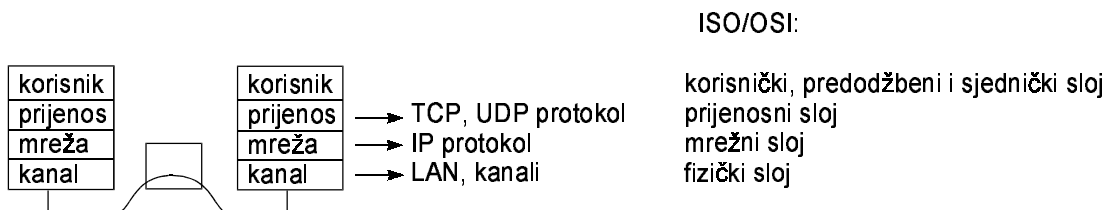


Slika 1.13. - Arhitektura ARPANET mreže

Arhitekturu ARPA mreže karakterizira intuitivna podjela na razine koje odgovaraju fizičkim dijelovima sustava (IMP, računalo, OS).

1.3.4 INTERNET

Sastoji se od 4 razine, slika 1.14.



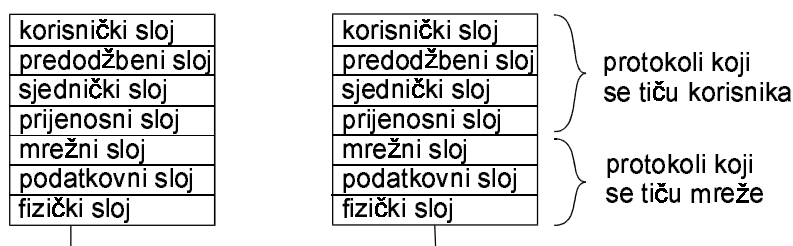
Slika 1.14. - Arhitektura INTERNET mreže

IP (Internet Protocol) protokol se koristi na mrežnoj razini da bi paket stigao od kraja do kraja mreže, a TCP (Transmission Control Protocol), odnosno UDP (User Datagram Protocol), protokoli na

prijenosnoj razini da bi paket stigao od korisnika do korisnika. Značaj Interneta je u vrlo prirodnoj mrežnoj arhitekturi. Ona se od ISO/OSI modela razlikuje u jednostavnom sjedničkom sloju, zbog čega se jednom vezom npr. TCP protokola prenosi samo jedan cjeloviti dokument korisnika. Na korisničkoj razini Internet pruža usluge interaktivnog dohvata podataka (WWW, World Wide Web), elektroničke pošte (E-mail), prijenosa datoteka (FTP, File Transfer Protocol) i daljinskog terminalskog pristupa računalima (Telnet). Upravo je rano uvođenje upotrebljivih korisničkih usluga, a naročito Web-a, doprinijelo svjetskom uspjehu Interneta.

1.3.5 ISO ARHITEKTURA

ISO/OSI (Open System Inteconnection) arhitekturu (slika 1.15) standardizirala je Međunarodna organizacija za standarde ISO (International Standardization Organization). Osnovni nedostatak ove arhitekture je u nepostojanju konkretnih standarda, naročito na korisničkoj razini. Zato se ova arhitektura uglavnom koristi kao referentni model. Sastoji se od sedam razina:



Slika 1.15. - Slojevi ISO/OSI mreže

- U procesima korisničkog sloja je ishodište i odredište svih podataka koji se razmjenjuju.
- Predodžbeni sloj osigurava nesmetani prijelaz informacija s jednog formata na drugi.
- Sjednički sloj, ako ima više korisnika, osigurava vezu među procesima i nadzor nad razmjenom podataka i sinkronizacijom podatkovnih operacija između njih.
- Prijenosni sloj osigurava vezu od korisnika do korisnika.
- Mrežni sloj osigurava prijenos podataka s kraja na kraj mreže.
- Podatkovni sloj upravlja fizičkim; brine se o prijenosu od točke do točke unutar mreže.
- Fizički sloj posjeduje mehanička, električna i funkcionalna sredstva za prijenos podataka, a kod korištenja komutirane telefonske mreže obavlja uspostavu, održavanje i raskidanje fizičkog kanala.