

Capitolul 2. Functionarea Internet (*)

2.1. Protocole

2.1.1. Principiul comunicării în Internet

Toate serviciile Internet au la bază comunicarea mesajelor între o sursă și un destinatar. Principiul comunicării este inspirat din sistemul postal (figura 2.1): dacă A dorește să-i transmită ceva lui B, A împachetează obiectul, scrie pe pachet adresa expeditorului (sursa) și a destinatarului și depune **pachetul** la cel mai apropiat **oficiu postal**. Similar, dacă un utilizator A din Internet dorește să transmită un **mesaj** lui B, atunci mesajul este "împachetat", mai precis încadrat de anumite informații de control. Unitatea de date astfel obținută se numește **pachet**, prin analogie cu sistemul postal obișnuit. Informația de control include adresa expeditorului și a destinatarului, specificate în formă numerică: patru numere naturale mai mici decât 256, despărțite între ele prin puncte (vezi figura 2.1!). Semnificațiile acestor notații vor fi prezentate mai târziu.



Figura 2.1. Impachetarea datelor

În sistemul postal obișnuit, în funcție de localizarea destinatarului, pachetul poate fi transmis prin intermediul mai multor oficii (puncte) postale intermediare. Ultimul oficiu postal din traseu livrează pachetul destinatarului.

Similar, într-o rețea de calculatoare, pachetul este dat unui comutator de pachete, numit și **ruter** (**router** în limba engleză), care are un rol similar oficiului postal și care îl transmite către destinatar. Pachetul traversează, eventual, mai multe comutatoare intermediare. Ultimul comutator livrează mesajul destinatarului. În figura 2.2, ruterele de pachete sunt notate IMP (Interface Message Processors), denumire utilizată în rețeaua ARPA și preluată de mulți autori, ca o recunoaștere a rolului determinant jucat de constructorii ARPAnet în dezvoltarea rețelelor de calculatoare. În exemplul figurat, drumul între utilizatorii A și B trece prin ruterele IMP₆, IMP₇, și IMP₃. Pe de altă parte, calculatoarele care găzduiesc programele de aplicații și terminalele utilizatorilor se numesc **gazde** (hosts).

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

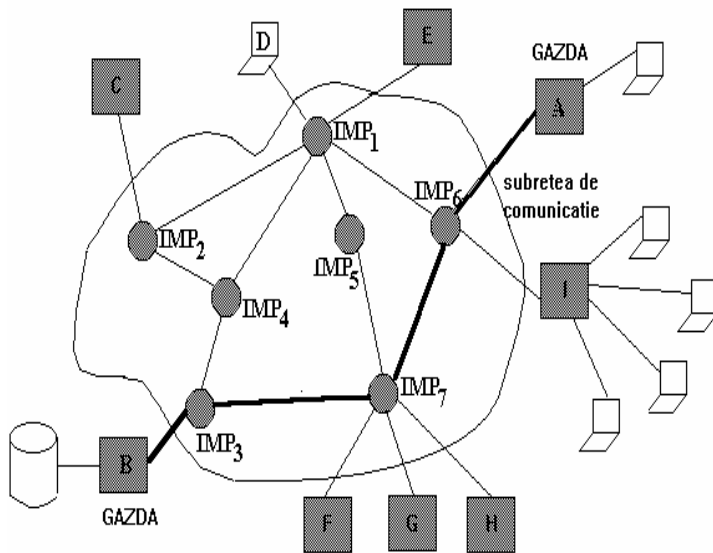


Figura 2.2. Comutarea pachetelor

2.1.2. Suite de protocoale

Operațiile de dirijare a pachetelor sunt efectuate automat de rețea și respectă un set de reguli numit **protocol**. Rețelele de calculatoare pot folosi protocoale diferite, dar pentru a putea comunica între ele trebuie să adopte același protocol așa cum, pentru transmiterea poștei obișnuite într-un cadru internațional este necesară respectarea, în diferite țări, a aceluiași reguli de folosire a plicurilor. Rețelele din Internet folosesc protocolul **IP (Internet Protocol)**.

Ca și sistemul postal, IP nu asigură livrarea pachetelor dacă în funcționarea rețelelor apar erori. Totodată, dacă un mesaj este prea lung, IP reclamă fragmentarea lui în mai multe pachete. În plus, IP face transmiterea pachetelor între calculatoare gazdă și nu direct între programe de aplicație. Din aceste motive, protocolul IP este completat cu un altul, numit **TCP (Transmission Control Protocol)**, care face fragmentarea și asigură transmiterea corectă a mesajelor între utilizatori. Pachetele unui mesaj sunt numerotate, putându-se verifica primirea lor în forma în care au fost transmise și reconstituirea mesajelor lungi formate din mai multe pachete. TCP este un protocol complicat. În unele cazuri, când se transmite un singur mesaj, suficient de mic pentru a fi conținut de un singur pachet, se poate folosi un protocol mai simplu, numit **UDP (User Datagram Protocol)**.

Ceea ce s-a prezentat constituie modul fundamental de lucru al rețelei. Funcțiile realizate sunt insuficiente pentru multe din necesitățile utilizatorilor. De exemplu, într-un sistem de **poștă electronică** sunt necesare operații suplimentare, cum ar fi:

- redactarea scrisorilor,
- păstrarea scrisorilor pentru un anumit interval de timp,
- inspectarea scrisorilor primite,
- transmiterea scrisorilor către mai mulți destinatari,
- scrierea răspunsurilor anumitor scrisori.

Operațiile menționate se derulează și ele conform unui protocol. În Internet acest protocol se numește **SMTP (Simple Mail Transmission Protocol)**. Funcționarea lui se bazează pe **serviciile** oferite de protocoalele TCP și IP, cărora le adaugă funcții noi, creând servicii îmbunătățite.

Funcționarea protocoalelor TCP și IP presupune existența unei comunicări directe între **noduri** (rutere și/sau gazde) adiacente din rețea. Această comunicare este realizată conform unor tehnologii diverse și se supune unor protocoale specifice bine precizate. Deci, TCP și IP se bazează, la rândul lor, pe serviciile oferite de alte protocoale. Se obține, în ansamblu, o suită (ierarhie) de protocoale care depind unele de altele, dar care au ca punct central protocoalele TCP/IP. De aceea, ea este denumită **suită TCP/IP** sau **familie de protocoale TCP/IP**. În figura 2.3 sunt menționate câteva din protocoalele utilizate în suita TCP/IP și descrise în lucrarea de față.

FTP	SMTP	Telnet	DNS	SNMP			
TCP			UDP		ICMP	EGP	
	ARP	IP					
Ethernet	LLC 802.2			X.25	Packet Radio		
	MAC 802.3	MAC 802.4	MAC 802.5				
	Ethernet 802.3	Token Bus 802.4	TokenRing 802.5				

Figura 2.3. Protocoale din suita TCP/IP

Pentru o mai bună sistematizare, protocoalele sunt grupate pe **nivele**, existând similitudini (de scop, funcții, structură etc.) între protocoalele aparținând aceluiași nivel (figura 2.4). Această grupare respectă **principiul stratificării**, care se poate enunța în modul următor: protocoalele sunt astfel proiectate încât nivelul N al destinației să primească (fără modificări) obiectul transmis de nivelul N al sursei.

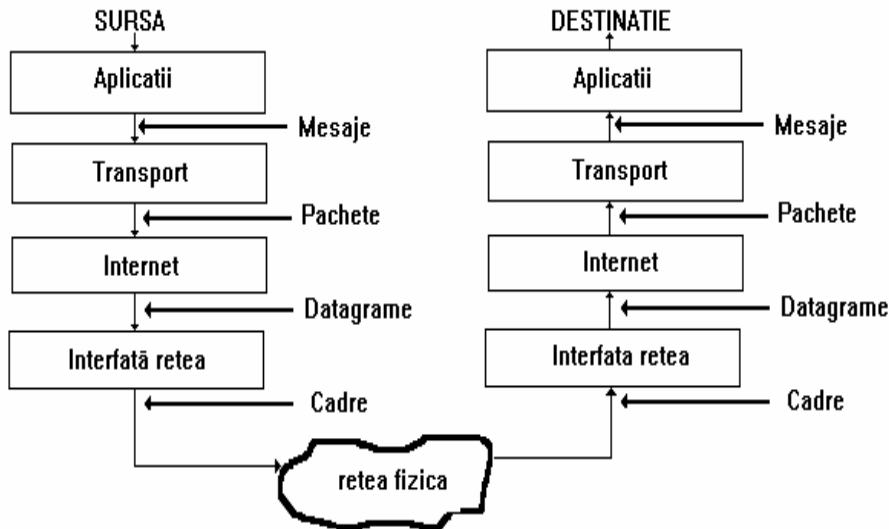


Figura 2.4. Nivele arhitecturale

Pentru respectarea acestui principiu, definiția oricărui protocol se referă la două aspecte esențiale:

- formatul unităților de date manipulate;
- acțiunile posibile ale entităților de protocol care concurează la realizarea serviciilor specifice protocolului.

În implementarea unui protocol, entitățile de protocol se materializează în **module** de programe sau de echipamente. Aceste module nu alcătuiesc întotdeauna o structură liniară, ca suita de protocoale. Figura 2.5 arată o relație posibilă între modulele unui nod dintr-o rețea TCP/IP, în care modulul IP utilizează serviciile mai multor module de interfață a rețelei (nodul fiind legat la mai multe subrețele diferite) și furnizează servicii mai multor module de nivel superior (aici unui modul TCP și unui modul UDP).

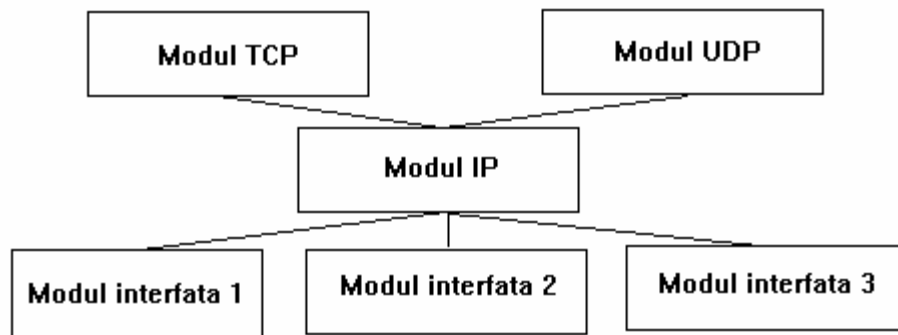


Figura 2.5. Relatia între modulele unui nod de retea

Exemplul dat permite evidentierea rolului dublu jucat de un modul în structura în care este inclus: cel de **utilizator** al serviciilor furnizate de nivelul inferior si cel de **furnizor** de servicii pentru nivelul superior din ierarhie.

2.1.3. Funcțiile nivelelor arhitecturale

Pentru a înțelege mai bine funcțiile caracteristice diferitelor nivele, este utilă cunoașterea componentelor unei inter-rețele și a legăturilor dintre ele. Un model structural general este prezentat în figura 2.6. Apar aici sistemele ce găzduiesc aplicațiile, numite și **sisteme terminale** (în engleză end systems), **subrețelele** la care aceste sisteme sunt conectate și **sistemele intermediare** (intermediate systems), denumite în Internet și porți (gateways) sau rutere (routers), ce conectează între ele sub-rețelele. Uzual, un sistem terminal are o singură **interfață** cu sub-rețeaua la care este conectat, în timp ce un sistem intermediar are mai multe interfețe, câte una pentru fiecare sub-rețea la care este conectat.

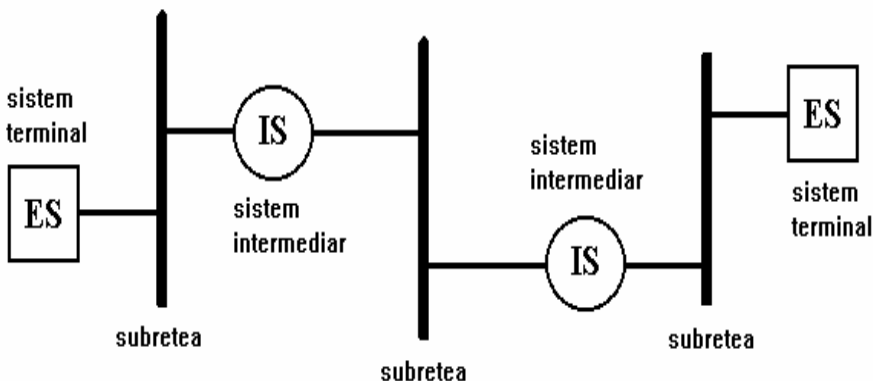


Figura 2.6. Model structural general al unei inter-rețele

Rolul unui sistem intermediar este de a retransmite pachetele pe care le primește de la o subrețea, pe o altă subrețea aflată pe calea spre sistemul terminal destinat. Evident, sistemul intermediar este legat la ambele

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

subrețele. Figura 2.7 arată nivelele de protocoale utilizate de un mesaj care traversează două rețele.

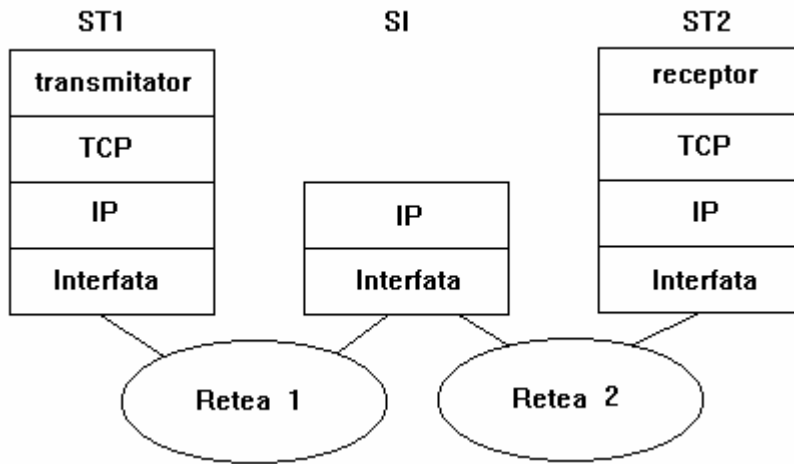


Figura 2.7. Nivelele de protocoale utilizate de un mesaj care traversează două rețele

Procesul de aplicație transmitător din sistemul terminal ST1 comunică un mesaj modulului TCP. Acesta construiește un pachet pe care apoi IP îl pasează ca o **datagramă** sub-rețelei 1. În sistemul intermediar SI, datagrama ajunge la modulul IP care îl rutează sub-rețelei 2. În sistemul terminal ST2, IP extrage mesajul și îl transmite procesului receptor prin intermediul modulului TCP. Deci, în sistemul intermediar, pentru recepția, dirijarea și retransmiterea datagramelor, sunt necesare doar nivelele IP și interfață.

Deși pot utiliza tehnologii de comunicație diferite, toate subrețelele sunt tratate uniform în Internet. O rețea locală, una de arie largă sau o simplă legătură punct-la-punct între două sisteme din Internet contează fiecare ca o subrețea. Oricum, structura internă a Internetului este ascunsă utilizatorilor. Tot ceea ce văd ei este o singură rețea uriașă, ce leagă între ele sisteme terminale și care le permite astfel accesul la resurse situate oriunde în Internet.

2.2. Tehnologii de comunicație

Nivelul inferior, de **interfață a rețelei** (Network Interface) acceptă datagramele și le transmite printr-o sub-rețea specifică, de obicei între două noduri (mai precis, între două rutere, sau între un ruter și o gazdă).

Modul de transmitere depinde de tehnologia folosită în construcția sub-rețelei de comunicație:

- Ethernet, Token Bus, Token Ring, FDDI (Fiber Data Distributed Interface), pentru rețele locale (LANs - Local Area Networks);
- linii telefonice, rețele publice de date X.25 PDNs (Public Data Networks), frame relay, ISDNs (Integrated Services Digital Networks), ATM (Asynchronous Transfer Mode), sateliți, pentru rețele de arie largă (WANs - Wide Area Networks).

Construcția și funcționarea sub-rețelelor de calculatoare se supun unor standarde. În cazul sub-rețelelor din Internet, acestea sunt elaborate, în marea lor majoritate, de alte organisme de standardizare, cum ar fi ISO, ITU-T (fost CCITT) și IEEE. În schimb, în Internet au fost definite standarde care reglementează funcționarea rețelelor IP **peste** diferite tipuri de subrețele. Astfel, standardul IP-E se referă la funcționarea IP peste rețele Ethernet, deci la **interfața** dintre IP și Ethernet. Aceasta justifică, într-un fel, denumirea "Network Interface" adoptată pentru cel mai scăzut nivel al suitei TCP/IP. Alte amănunte relative la activitatea de standardizare din Internet pot fi găsite în Anexa A2.

2.2.1. Rețele locale

Rețelele locale realizează comunicarea prin **difuzarea mesajelor**. Ele au un singur canal de comunicație accesibil tuturor nodurilor (stațiilor) din rețea. **Mediul de transmisie** cel mai des folosit este cablul coaxial, cunoscut în două variante: cablu gros (thick cable) și cablu subtire (thin cable). Alte variante posibile sunt perechile de fire torsadate (twisted pair), fibrele optice (optical fiber) și undele radio.

La elaborarea standardelor oficiale referitoare la rețele locale de calculatoare, sub auspiciile IEEE, au fost avansate trei propuneri, reprezentând trei standarde "de facto", utilizate deja pe scară mare în producerea componentelor de rețea. În ordine, ele sunt: **Ethernet**, protocol utilizat de Xerox Corporation și susținut de firmele DEC și Intel; **token-bus** (în traducere, jeton pe magistrală) susținut de General Motors; și **token-ring** (în traducere, jeton pe inel) susținut de IBM. Neputându-se face o departajare între cele trei variante, au fost adoptate toate trei, sub denumirile IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.4 (token-bus) și IEEE 802.5 (token-ring). Ulterior s-a adăugat standardul FDDI pentru fibră optică. ISO a adoptat aceste standarde în forma seriei ISO 8802. O imagine

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

sintetică a standardelor 8802 este prezentată în figura 2.8.

LLC	IEEE 802.2			
	802.3	802.4	802.5	FDDI
MAC	CSMA/CS MAC	Token Bus MAC	Token Ring MAC	Token Ring MAC
Mediu fizic	Coaxial in banda de baza 10 Mbps Perechi torsadate Coaxial in banda larga 10 Mbps	Coaxial in banda de baza 10 Mbps Fibra optica 5, 10, 20 Mbps	Perechi torsadate 1, 4 Mbps	Fibra optica 100 Mbps

Figura 2.8. Imagine sintetică a standardelor 8802

Referindu-ne la structura standardelor ISO 8802, observăm că ele împart nivelul interfață al suitei TCP/IP în două subniveluri:

- subnivelul **fizic**, numit astfel deoarece el asigură conectarea fizică între diferite echipamente ale unei rețele, făcând posibilă transmiterea efectivă a datelor între ele;
- subnivelul **legătură de date**, care are rolul de corectare a erorilor apărute în transmisie pe legătura fizică, furnizând astfel o legătură fără erori între oricare echipamente ale rețelei.

Datorită utilizării unor medii de comunicare diverse, subnivelul legătură de date are, la rândul său, două părți: una care asigură accesul la un anumit tip de mediu de comunicare (subnivel MAC - Medium Access Control) și alta care realizează funcțiile comune, independente de mediul de comunicare (LLC - Logical Link Control).

2.2.1.1. Nivelul fizic

Marea majoritate a rețelelor locale aflate în funcțiune la noi în țară utilizează protocolul **Ethernet**. El permite transferul datelor la 10 Mb/s și poate fi implementat pe diferite medii de comunicare: cablul torsadat, cablul coaxial subtire sau gros și cablul de fibră optică. Conectarea între nodurile unei rețele locale și mediul de comunicare respectă standardele:

- 10Base5 pentru cablul coaxial gros,
- 10Base2 pentru cablul coaxial subtire,
- 10Base-T pentru cablul de fire torsadate,

ai căror parametri principali sunt prezentați în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Parametrii unor standarde de nivel fizic ale rețelelor locale

Parametru	10BASE5	10BASE2	10BASET
Mediu de transmisie	Cablul coaxial	Cablul coaxial	Cablul torsadat
Codificare	Manchester	Manchester	Manchester
Viteza (Mbps)	10	10	10
Lungime max. segment (m)	500	185	100
Dimensiune rețea (m)	2500	925	500
Noduri în segment	100	30	-
Distanță între noduri (m)	2.5	0.5	-
Diametru cablu (mm)	10	5	0.4-0.6

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

O conexiune 10Base5 este prezentată în figura 2.9. Ea include un **adaptor de comunicare** (realizat aici în forma unei plăci de extensie a calculatorului) și un **transceiver** montat direct pe cablul rețelei (printr-un conector "vampir"). Transceiver-ul este legat la adaptor printr-un cablu special.

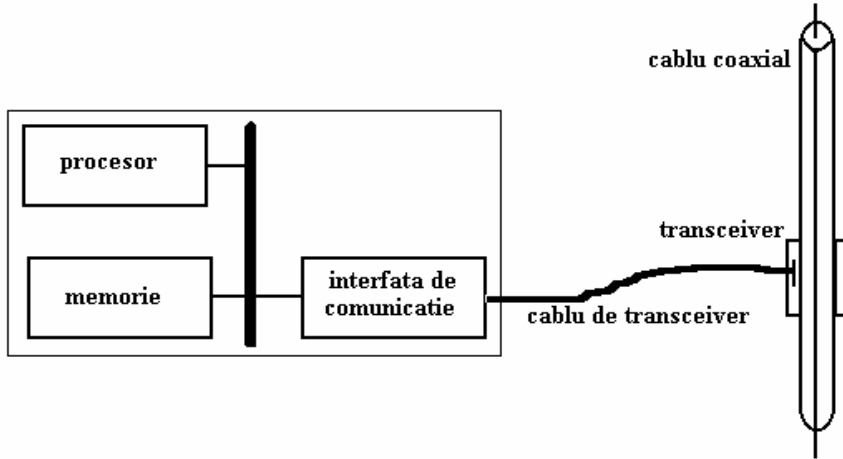


Figura 2.9. O conexiune 10Base5

Dacă numărul de stații care trebuie cuplate într-o subrețea depășește limita superioară stabilită de standard (100), sau stațiile sunt situate la distanțe ce depășesc 2500 m, se poate extinde rețeaua prin utilizarea unor **repetitoare** (repeaters în engleză). Rolul unui repetitor este de a amplifica și reforma semnalele transmise prin cablu. O configurație posibilă realizabilă folosind repetitoare este cea din figura 2.10.

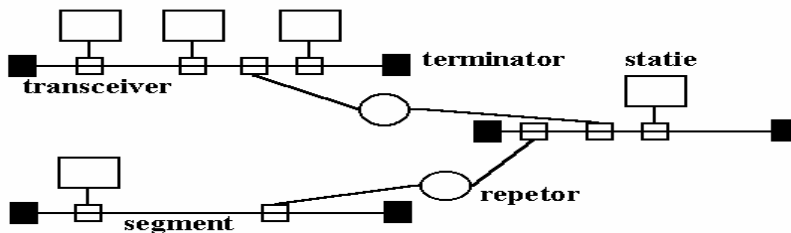
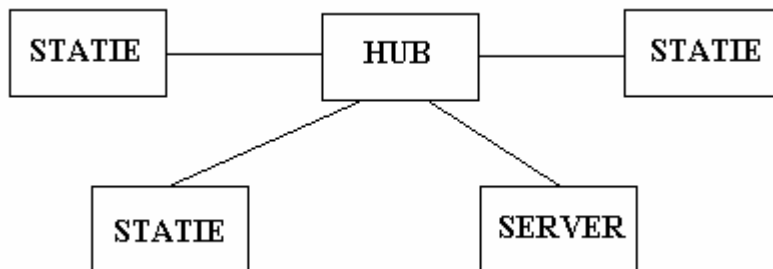


Figura 2.10. O configurație realizabilă cu repetitoare

O altă variantă posibilă pentru rețelele locale este utilizarea cablurilor torsadate (specificatia 10BaseT). În acest caz, stațiile de lucru și serverele sunt dispuse într-o **configurație stea**, având în centru un dispozitiv special de conectare, denumit **hub**, ceea ce înseamnă butuc, prin analogie cu butucul ce susține spițele unei roți (figura 2.11).



(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

Figura 2.11. O configuratie stea

2.2.1.2. Accesul la mediu, MAC

Difuzarea permite, în mod natural, transmiterea datelor, simultan către mai multi utilizatori (figura 2.12).

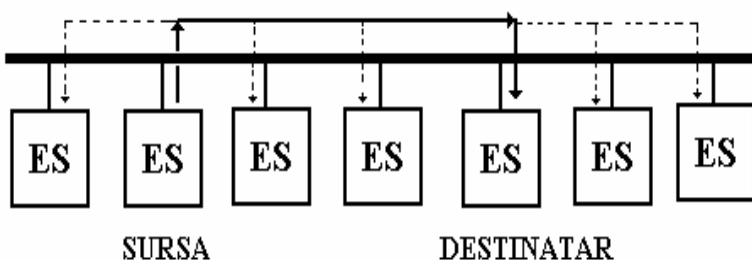


Figura 2.12. Difuzarea datelor

Când un nod transmite, toate celelalte noduri pot receptiona mesajele. Acest mod de lucru este avantajos dacă mesajele se adresează tuturor nodurilor. În caz contrar, doar destinatarul mesajelor trebuie să le ia în considerare, ceilalți neglijându-le. Filtrarea unitatilor de date, numite **cadre**, se realizează chiar în adaptoarele de comunicatie ale statiilor si se bazează pe un mecanism de adresare. Fiecare adaptor de comunicatie are o adresă de 48 de biti, fixată chiar la constructia acestuia (IEEE alocă constructorilor blocuri de adrese, pe care acestia le asociază adaptoarelor produse). Din acest motiv, adresele se numesc **adrese fizice** (sau adrese hardware, sau adrese MAC). Pe de altă parte, fiecare cadru include adresa destinatarului (sau destinatarilor în cazul transmisiilor "multicast"), pe care adaptoarele o inspectează pentru a decide dacă trebuie să ignore cadrul sau sa-l transmită statiei. Formatul unui cadru Ethernet este prezentat în figura 2.13.

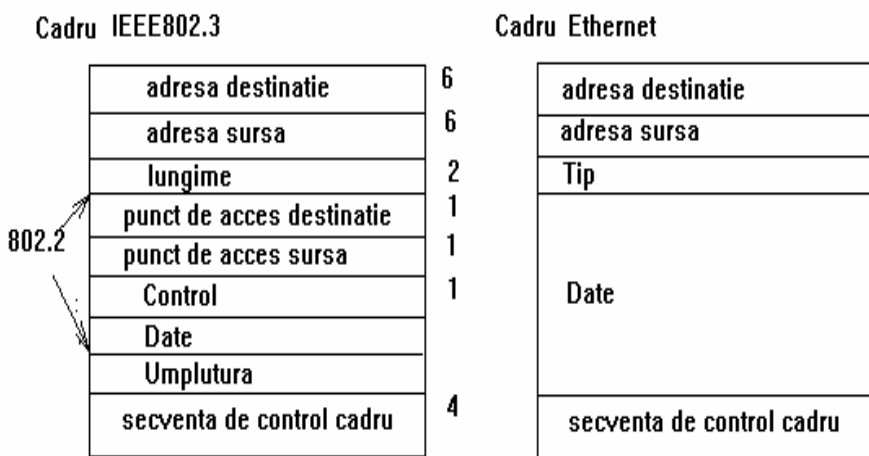


Figura 2.13. Formatul unui cadru Ethernet

Dacă receptia unui mesaj este simplă, în schimb, probleme deosebite apar la coordonarea transmitătorilor, astfel încât doar unul să lucreze la un moment dat. În **Ethernet** se utilizează strategia **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Detection), care se bazează pe sesizarea coliziunilor si retransmiterea mesajelor în caz de coliziune. Alte strategii (token bus si token ring) folosesc un mesaj special, numit jeton sau **token**, pentru transmiterea dreptului de acces la mediu de la un nod la altul.

FDDI - Fiber Distributed Data Interface permite conectarea a 1000 de stații aflate pe o distanță de până la 200 Km. Viteza de transmisie este de 100 Mbps. Metoda de acces la mediu este similară cu token-ring. FDDI poate fi utilizată ca oricare altă rețea locală, dar, datorită vitezei sale ridicate de transmisie, i se atribuie, în general, rolul de "coloană vertebrală" (backbone) pentru interconectarea unor rețele locale de 10 Mbps (figura 2.14).

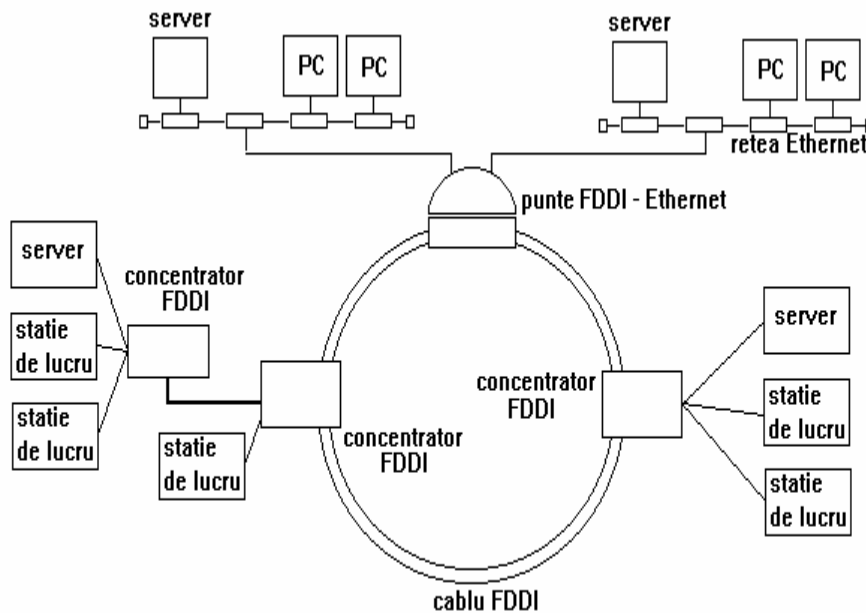


Figura 2.14. O "coloană vertebrală" FDDI

2.2.1.3. Controlul legăturii logice - LLC

LLC completează nivelul de acces la mediu, împreună cu care asigură, pentru utilizatorii din nivelul superior (Internet) transmiterea corectă a datelor. Comunicarea poate avea loc între doi utilizatori, cu sau fără stabilirea unei conexiuni logice între ei. În primul caz, scenariul corespunde unei convorbiri telefonice (cu stabilirea conexiunii, conversația și terminarea conexiunii); în cel de al doilea, scenariul corespunde transmiterii unei telegrame (fără vreun preaviz suplimentar, dar cu o posibilă confirmare de primire).

De asemenea, un utilizator poate transmite simultan aceeași unitate de date tuturor celorlalți utilizatori (broadcast), sau unui grup format din anumiți utilizatori (multicast).

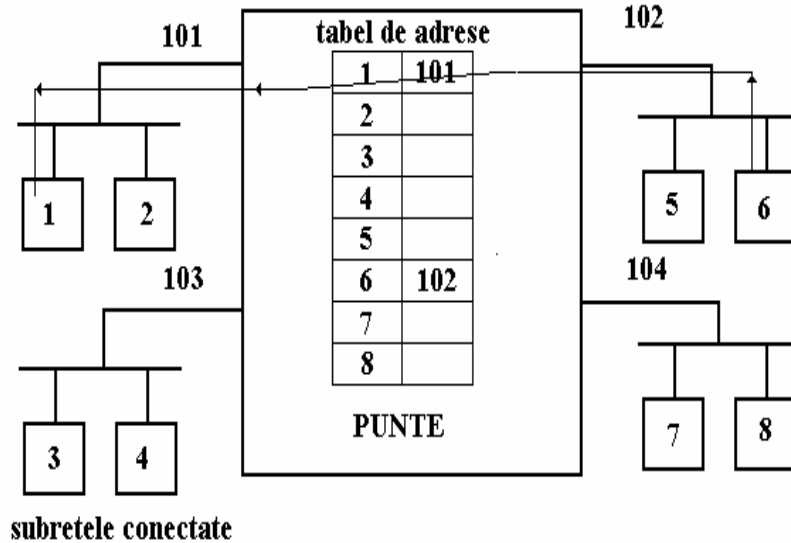
2.2.1.4. Alte soluții pentru rețele locale

Deși mediul de transmisie utilizat în rețelele locale este rapid, performanțele acestora scad pe măsura creșterii numărului de stații conectate, capacitatea de transmisie a mediului fiind împărțită între mai mulți parteneri. Soluții pentru evitarea acestui neajuns sunt căutate permanent. Dintre ele, amintim aici folosirea punților (bridges), Ethernet comutat (Ethernet switching), Ethernet duplex (Full-duplex switched Ethernet), Ethernet rapid (FastEthernet) și ATM (Asynchronous Transfer Mode).

Puntea

Puntea (**bridge** în limba engleză) conectează mai multe (uzual două) segmente de rețele între ele, creând o singură rețea mai mare. Spre deosebire de repetitoare, punțile nu retransmit toate cadrele recepționate. Puntea din figura 2.15 are legături cu patru segmente. Când o stație (sursă) transmite un cadru, puntea îl memorează, inspectează antetul cadrului și extrage adresa destinatarului. După aceea găsește într-o tabelă proprie adresa legăturii pe care trebuie să transmită în continuare cadrul. Dacă destinatarul se află în același segment cu sursa, cadrul a fost

deja primit și este ignorat de punte. Dacă destinatarul este în alt segment, puntea retransmite cadrul pe legătura



corespunzătoare.

Figura 2.15. Puntea

Puntea joacă, deci, un rol de filtru, izolând segmentele între ele. Deoarece doar unele cadre sunt transferate de la un segment la altul, traficul în cadrul fiecărui segment rămâne scăzut.

Ethernet comutat și full-duplex Ethernet

Rețelele locale la care ne-am referit anterior se numesc **partajate**, deoarece toate stațiile primesc mesaje de la transmitător, dar numai o stație poate transmite la un moment dat. Astfel, folosind standardul 10Base-T, mai multe stații pot fi conectate la un echipament central, denumit **hub**. Se realizează astfel o legătură statică, la 10 Mbps, partajată între toate stațiile.

În cazul rețelelor locale comutate, fiecare stație este conectată la rețea printr-un port al unui **comutator**. Ethernet comutat se bazează pe o astfel de configurație. Comutatorul este o componentă activă a rețelei care copiază cadrele de la un port la altul, pe baza adreselor conținute de cadrele transmise. El este astfel capabil să stabilească legături dinamice pe perechi de stații (figura 2.16). Fiecare pereche de stații dispune astfel de întreaga capacitate de 10 Mbps a mediului de comunicație. În ansamblu, viteza realizată pe o rețea este de N ori 10 Mbps, unde N este numărul perechilor de porturi ale comutatorului.

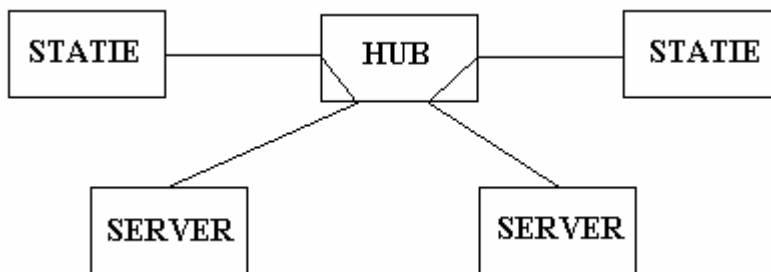


Figura 2.16. Comutator Ethernet

Cu aceste comutatoare, rețelele locale nu mai sunt **Ethernet**, **token-bus** sau **token-ring**. Ele păstrează aceste denumiri doar pentru faptul că permit conectarea calculatoarelor care posedă adaptoarele respective.

O altă opțiune este **full-duplex Ethernet** care permite unui nod să transmită și să recepționeze simultan la viteza de 10 Mbps, realizând astfel un trafic total de 20 Mbps.

FastEthernet

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

Cunoscută și sub denumirea **100Base-T**, această tehnologie permite realizarea unor viteze de transmisie de 100 Mbps. Ea permite realizarea unor rețele mixte de 10 Mbps și 100 Mbps, partajate sau comutate, folosind cabluri de cupru sau fibra optică.

2.2.2. Rețelele de arie largă

2.2.2.1. Utilizarea rețelelor telefonice analogice

Dată fiind puternica dezvoltare a rețelei telefonice în toate regiunile globului, utilizarea transmisiei telefonice pentru comunicarea între calculatoare, sau între terminale și calculatoare s-a impus ca o soluție firească. Transmiterea semnalelor digitale prin liniile telefonice analogice reclamă conversia lor de la forma digitală la cea analogică și invers. Dispozitivul care realizează conversia este **modem-ul** (MODulator- DEModulator).

Deoarece sistemului de calcul îi este caracteristic transferul paralel al datelor, legătura acestuia cu modemul este asigurată de un **cuplor de comunicații**, având ca principale funcții serializarea și deserializarea datelor precum și controlul funcționării modemului.

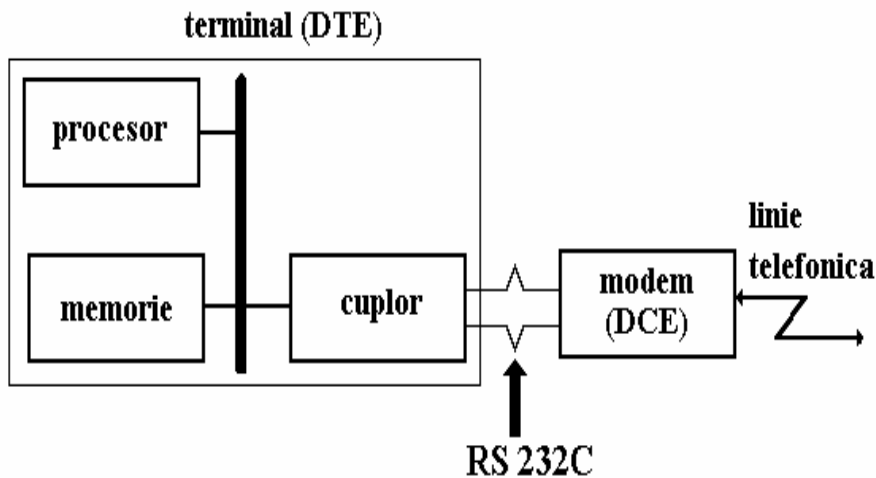


Figura 2.17. Legătura dintre calculator (sau terminal) și modem

Legătura dintre calculator (sau terminal) și modem se conformează unui protocol. Cel mai răspândit standard relativ la această interfață este **EIA RS 232C**, cu varianta sa internațională V.24.

Modemuri

Principala caracteristică a unui modem este viteza de transmisie, exprimată în număr de cifre binare (zerouri și unități) transmise într-o secundă, deci în biți pe secundă sau, pe scurt **bps**. Viteza se poate exprima și în mii de biți pe secundă, pe scurt **Kbps** (Kilo-biți pe secundă). Vitezele actuale de funcționare a modemurilor sunt 1200, 2400, 9600, 14400 sau 28800 bps. Procedeele tehnice folosite în transmisie sunt diferite în funcție de viteză. De aceea, construcția și funcționarea modemurilor respectă standarde diferite, așa cum rezultă din tabelul 2.2. Aceste standarde sunt ratificate de organizația specializată ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunications Standardization Sector, fostul CCITT - Comitetul Consultativ Internațional pentru Telefonie și Telegrafie).

Tabel 2.2. Standarde pentru modemuri

Viteza modem (bps)	Standard
1200	V.22
2400	V.22bis
9600	V.32
14400	V.32bis

Îmbunătățirea performanțelor transmisiei se poate realiza nu numai prin mărirea vitezei, ci și prin micșorarea volumului de date. **Compresia** reprezintă o codificare a datelor, care micșorează volumul lor, în medie, de până la 4 ori. Operațiile de compresie (la transmitere) și de decompresie (la recepție) pot fi realizate chiar de modemuri. Un standard uzual de compresie este **MNP5** (recomandarea V.42bis). MNP - Microcom (*). V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

Networking Protocol reprezintă un set de protocoale referitoare la transmiterea datelor prin modemi, pe linii telefonice. Ele includ corectia erorilor de transmisie si compresia datelor.

Pentru ca un standard să fie functional, deci pentru ca toate facilitățile sale să poată fi exploatate în favoarea comunicării eficiente, este necesar ca el să fie utilizat de modemurile de la ambele capete ale liniei telefonice. În caz contrar, performantele se reduc la setul de valori minimale pe care ambele echipamente sunt capabile să le realizeze și, uzual, se mentin la aceste valori pe toată durata conexiunii.

Trebuie să precizăm că diversele standarde de modem-uri nu sunt diferentiate doar prin vitezele de transmisie pe care le suportă. În acest sens, noul standard V.34, ratificat de ITU-T în septembrie 1994, permite transmisii la viteza de 28.8 Kbps (dublă față de V.32bis). Marea noutate a acestui standard nu este atât viteza cât **adaptabilitatea** la condițiile de transmisie pe linie în timpul funcționării. La conectarea a două modemi, ele încearcă să stabilească o viteză de 28.8 Kbps. Dacă, datorită condițiilor de transmisie, acest lucru nu este posibil, se încearcă viteze mai mici, în pași de 2400 bps, ajungându-se (dacă este nevoie) până la viteza de 2400 bps. Când condițiile de transmisie se îmbunătățesc în timpul funcționării conexiunii, modem-urile măresc viteza din aproape în aproape, cu același pas de 2400 bps, putând ajunge la viteza maximă de 28.8 Kbps.

Acest comportament inteligent reclamă folosirea în construcția modemurilor a unor microprocesoare mai puternice. V.34 necesită execuția a între 35 și 40 de milioane de instrucțiuni pe secundă (cu alte cuvinte se spune că necesită o putere de calcul de la 35 la 40 MIPS) în timp ce V.32 reclama 20 de MIPS.

Pentru a se putea aprecia mai bine semnificația acestor viteze, în tabelul 2.3 sunt menționate duratele necesare transmiterii unor fișiere de dimensiuni diferite pe o conexiune de 2400 bps (realizabilă în rețeaua telefonică din țara noastră). De asemenea, tabelul 2.4 conține duratele aproximative ale operației de transmitere a unei cărți (75 de pagini, aproximativ 240 KB) folosind linii cu viteze diferite.

Tabel 2.3. Duratele necesare transmiterii unor fișiere

scrisoare (2.2 KB)	carte (240 KB)	poză (300 KB)	înreg. audio (475 KB)	înreg. video (2.4 MB)
2.44 s	14.5 min	16.6 min	27.8 min	2.42 ore

Tabel 2.4. Duratele operației de transmitere a unei cărți

2400 bps	9600 bps	14.4 Kbps	56 Kbps	45 Mbps
14.5 min	3.33 min	2.22 min	34.3 s	0.04 s

2.2.2.2. Rețele digitale

Favorizată de dezvoltarea electronicii digitale, transmisia digitală prezintă mai multe avantaje: rată de erori mai scăzută; utilizarea mai eficientă a echipamentelor prin multiplexarea vocii, a datelor și a imaginilor; viteză mai mare. Prima rețea telefonică digitală a fost introdusă în anii '60 de AT&T (American Telefon & Telegraph) în Statele Unite. Exemplul a fost urmat la scurt timp de alte state, ajungându-se la dezvoltarea a două sisteme digitale de transmisie:

- unul de 1,544 Mbps (Mega biti pe secundă) cu câte 24 de canale vocale a câte 64 Kbps fiecare (folosit în SUA, Canada, Japonia);
- un altul de 2,048 Mbps, având 30 de canale vocale (standardizat internațional printr-o recomandare CCITT - Comitetul Consultativ Internațional pentru Telefonie și Telegrafie).

În prezent, rețelele telefonice sunt parțial analogice și parțial digitale, astfel încât nu este posibilă o transmisie integral digitală între un abonat și altul, decât în anumite porțiuni de rețea. Semnalele transmise pot reprezenta în egală măsură date comunicate între calculatoare și terminale, sunet sau imagini digitizate.

Pentru transmiterea datelor se utilizează **modulatia impulsurilor în cod**. Semnalul analogic transmis pe buclă locală este digitizat la comutatorul local de un codificator-decodificator, **codec**, producându-se un număr de 7 sau 8 biti pentru fiecare esanțion. Transmisia are loc în formă numerică până la comutatorul local al destinatarului, unde se face decodificarea sa.

Codec-ul realizează 8000 de esanțioane pe secundă (125 microsecunde per esanțion) ceea ce este suficient pentru refacerea informației dintr-o bandă de 4 KHz. Uzual, esanțioanele mai multor canale vocale sunt grupate formând un cadru. Fiecare canal ocupă în timp o poziție fixă a cadrului. În sistemele Bell sunt multiplexate 24 de canale, ceea ce conduce la o rată de transfer totală de 1.544 Mbps.

Pentru reducerea numărului de biti per canal se utilizează variante ale modulatiei impulsurilor în cod (PCM - Pulse Code Modulation). Astfel, în PCM diferențial se codifică diferența între valoarea curentă și precedentă, iar în modulatia delta se presupune că semnalul are o variație lentă și se utilizează un singur bit pentru a codifica diferența 1 sau -1 dintre valori consecutive.

Pentru a utiliza avantajele oferite de transmisia digitală, evitându-se conversia analogică pe buclele locale, a fost definită interfața digitală X.21 între terminal (DTE - Data Terminal Equipment) și rețea (DCE - Data Circuit Terminating Equipment).

Echipamentul care permite cuplarea terminalelor la rețea (echivalent modemului din rețelele telefonice) se numește DSU (Digital Service Unit). Vitezele realizate pe rețele digitale sunt de ordinul Mbps (în Statele Unite, DS-1 și DS-3, Digital Signaling levels 1 and 3, corespund vitezelor de 1.544 Mbps, respectiv 44.768 Mbps). Tabelul 2.5 rezumă variantele de linii analogice și digitale utilizate în transferul de date.

Tabel 2.5. Linii analogice și digitale utilizate în transferul de date

varianta	viteza	utilizare tipică
linie telefonică standard	0 - 19.2 Kbps	conexiuni comutate
linie închiriată (DS0- digital signal level 0)	56 - 64 Kbps	conexiuni dedicate usoare
T1 (DS1) echivalent cu 24 DS0	1.544 Mbps	legături dedicate cu utilizare intensă
FT1 (Fractional T1)		o fracție din T1
T3 (DS3) echivalent cu 28 TS1	45 Mbps	căi de comunicație principale pentru rețele complexe

2.2.2.3. Rețele cu comutare de pachete

Comutarea de pachete reprezintă cea mai răspândită tehnică folosită pentru transmiterea datelor în subrețele de arie largă. Ea își are originea în ARPANET, unde a servit ca suport experimental pentru cercetările relative la comutarea pachetelor. Aici s-a născut ideea de separa calculatoarele cu funcții de comunicație de cele cu funcții de aplicație și de a grupa primele calculatoarele, numite noduri de comutare a pachetelor (PSN, Packet Switching Nodes) într-o subrețea de comunicație de sine stătătoare (figura 2.18).

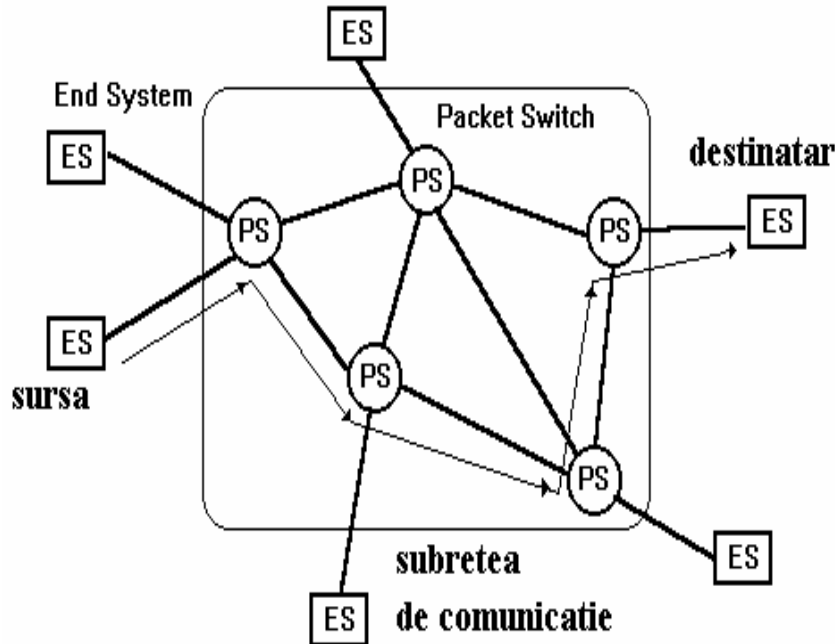


Figura 2.18. Comutarea pachetelor

Comunicația între comutatoarele de pachete sunt realizate prin legături telefonice închiriate (special dedicate transmiterii datelor), inițial de 56 Kbps, ulterior mult mai rapide. Unele comutatoare au un rol special, având porturi pentru conectarea calculatoarelor gazde.

Subrețeaua este folosită ca un mijloc de transfer al datelor între două calculatoare gazde cuplate la două porturi ale unor comutatoare distante. Protocolul folosit se numește 1822, după numărul documentului ce conține descrierea lui. Ideea de funcționare este următoarea: când un calculator conectat la un port (al unui comutator) transmite un pachet altui port (al unui comutator distant), rețeaua nu face decât să transfere datele între cele două porturi, livrându-le exact în forma în care au fost transmise. Subrețeaua de comunicație nu inspectează și nu înțelege pachetele de date care o traversează.

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

Intern, datele sunt tranferate prin noduri intermediare, conform unui protocol invizibil utilizatorului. Pentru buna sa functionare, reseaua foloseste si alte protocoale, cum ar fi cele de transmitere a informatiilor de stare între noduri sau de stabilire a celor mai bune rute de transfer al datelor.

După o perioadă de folosire, protocolul 1822 a fost înlocuit cu X.25, un standard international dezvoltat de ISO si ITU-T la care ne referim într-o sectiune următoare.

Organizarea internă a nivelului retea

Se utilizează două tehnici diferite, numite **circuit virtual**, prin analogie cu circuitele fizice ale retelelor telefonice, respectiv **datagramă**, prin analogie cu telegramele.

Prima presupune transmiterea unui pachet initial de stabilire a circuitului, care este dirijat corespunzător între nodul sursă si nodul destinatar. Aceeasi rută este folosită de toate celelalte pachete transmise pe acelasi circuit virtual. În acest scop, fiecare pachet contine în antet numărul circuitului logic, iar fiecare comutator păstrează un **tabel de circuite virtuale**. La receptia unui pachet, pe baza numărului circuitului virtual se determină o intrare a tabelului, în care este specificată legătura pe care pachetul va fi transmis.

În cazul datagramelor, fiecare pachet este dirijat independent. Pachetul trebuie să contină adresa completă a destinatarului (care ocupă mai mult spatiu decât numărul circuitului virtual). Fiecare comutator are un **tabel de dirijare** indicând legătura pe care trebuie transmis pachetul în functie de adresa destinatarului. Aceste tabele sunt necesare si în cazul circuitelor virtuale, pentru a determina ruta pachetelor de stabilire a circuitelor. La receptia unui pachet, comutatorul inspectează adresa destinatarului, determină intrarea corespunzătoare din tabela de dirijare si de aici legătura pe care trebuie transmis în continuare pachetul.

Retele rapide de arie largă

Tot pe principiul comutării pachetelor functionează unele retele rapide de arie largă. Un exemplu îl constituie NSFnet, reseaua Fundatiei Îtiintifice Nationale din Statele Unite. Ea a fost dezvoltată pentru a permite conectarea unor supercalculatoare de mare viteză si constituie azi o "coloană vertebrală" (backbone) pentru retelele americane din Internet. NSFnet foloseste comutatoare multiprocesor rapide, legate prin linii închiriate de comunicatie (din fibră optică) care lucrează la viteze de la 1.544 Mbps la 45 Mbps. Ca o paranteză, standardele ITU-T actuale prevăd viteze mai mari pentru comunicatia pe cablu optic (tabel 2.6).

Tabel 2.6. Standarde pentru comunicatia pe cablu optic

standard	viteza
OC-1	51.84 Mbps
OC-3	155.52 Mbps
OC-12	622.08 Mbps
OC-48	2.49 Gbps

OC = Optical Carrier

La această coloană vertebrală se leagă o serie de retele "regionale", care apartin unor universități si corporatii grupate în aceleasi zone geografice. Majoritatea acestora folosesc legături punct-la-punct închiriate, similare celor din NSFNET, dar mai lente.

Al treilea nivel al familiei retelelor NSF este alcătuit din retelele campusurilor universitare, care sunt atasate retelelor regionale. Tehnologiile folosite sunt diverse, de la retele locale simple, la retele complexe în care comunicarea atinge viteze de ordinul Gbps.

2.2.2.4. Retele X.25

Termenul X.25 este folosit cu două înțelesuri. El desemnează, în primul rând un standard, folosit azi în multe retelele publice de date, PDN - Public Data Networks, care se referă la comunicarea între două noduri situate la distanță prin intermediul unei retele cu comutare de pachete. Standardul are o functionalitate similară protocolului 1822. În al doilea rând, termenul se foloseste pentru a desemna retele X.25 cu comutare de pachete.

În esență, X.25 este specificarea unei interfete dintre un nod terminal (DTE - Data Terminal Equipment) si un echipament terminator al retelei (DCE - Data Circuit Terminating Equipment). Această idee este ilustrată în figura 2.19, unde o retea X.25 furnizează o conexiune prin care două noduri terminale pot comunica între ele. O astfel de conexiune se numeste **circuit virtual** si reprezintă o cale sigură de transfer al datelor între două calculatoare gazde. Reseaua X.25 permite transferul oricărui fel de date, dispunându-le în forma unor pachete X.25, pe care le preia de la un capăt al conexiunii, le transferă prin retea si le livrează la celălalt capăt al conexiunii, fără a altera în nici un fel continutul lor. Aceste date pot fi pachete IP, dacă gazdele de la ambele capete ale conexiunii X.25 convin apriori că vor comunica astfel de pachete. În acest caz, protocolul IP lucrează peste o retea X.25.

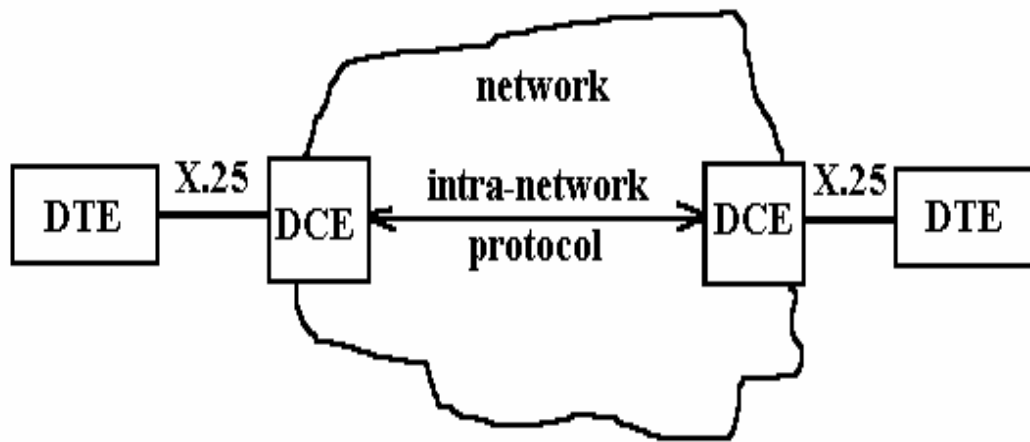


Figura 2.19. X.25 furnizează o conexiune pentru două noduri terminale

Standardul X.25 se referă la trei funcții principale, care corespund celor trei nivele de bază ale arhitecturii definită de ISO pentru interconectarea sistemelor deschise, OSI (Open Systems Interconnection).

Nivelul fizic, primul nivel al ierarhiei OSI realizează transferul sirurilor de biti pe o conexiune fizică serială. Transferul se supune regulilor standardului X.21, în cazul unei transmisii digitale, respectiv X.21 bis pentru transmisia analogică.

Al doilea nivel, **legătura de date** asigură un transfer fără erori al datelor pe o conexiune fizică. Protocolul utilizat este HDLC (High Level Data Link Control), similar protocolului LLC folosit pentru rețele locale.

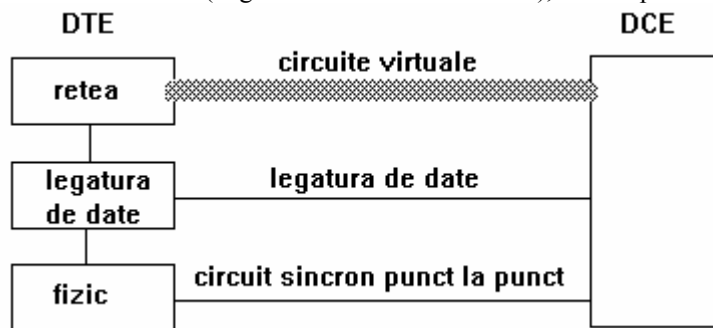


Figura 2.20. Standardul X.25

Nivelul rețea, cel de al treilea pe care îl consideră standardul, gestionează conexiunile stabilite între două calculatoare gazde, prin subrețeaua de comunicație. Aceste conexiuni sunt numite și **circuite virtuale**, datorită comportamentului "similar" unor circuite (linii) fizice de comunicație: la transmiterea unei succesiuni de pachete, ele păstrează ordinea acestora; furnizează informații despre corectitudinea recepției; corelează vitezele transmitătorului și receptorului. Conexiunile pot fi permanente (circuite virtuale permanente) sau comutate (apeluri virtuale). Nivelul trei multiplexează o legătură de date, creând mai multe canale logice (vezi figura 2.20). Pentru fiecare legătură de date, sunt prevăzute 4096 de **canale logice**. Fiecare circuit virtual este asociat (permanent sau temporar) unui canal logic.

Standardul X.25 este orientat pe transmiterea unor succesiuni de pachete, dar permite și transmiterea unor pachete izolate. Pentru acestea din urmă, este prevăzut un singur canal logic.

Accesul telefonic la X.25

Anumite terminale transmit și recepționează secvențe de caractere, nu secvențe de pachete de date. Ele nu pot fi conectate direct la o rețea X.25. Pentru aceste terminale, conversia necesară între modul lor de lucru și X.25 este realizată în comutatoarele de acces la rețea, printr-o funcție de **asamblare/dezasamblare** a pachetelor, PAD (Packet Assembly/ Desassembly). Principalele operații realizate sunt cele de compunere a pachetelor din caracterele livrate de terminal și de livrare sub formă de caractere a conținutului pachetelor destinate terminalelor.

Funcționarea PAD este reglementată de trei standarde, și anume (vezi figura 2.21):
 - X.28 care descrie protocolul între terminal și PAD pentru transferul de date și comenzi;

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

- X.29 care descrie protocolul între un echipament X.25 și PAD;
- X.3 care definește funcțiile PAD.

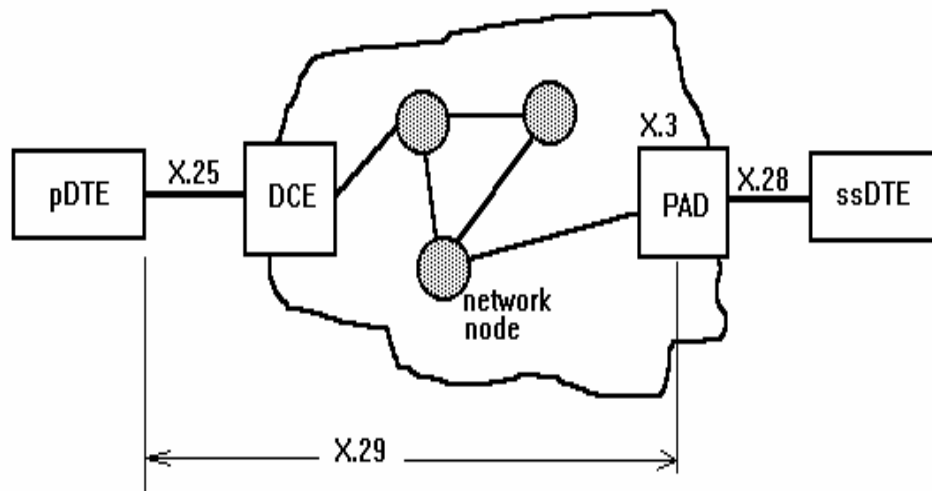


Figura 2.21. Funcționarea PAD

Interconectarea rețelelor X.25

La vremea definirii standardului X.25, ISO a considerat că toate echipamentele interconectate aparțin unei singure rețele. Deoarece practica a infirmat această ipoteză, actualmente vorbindu-se în mod natural de rețele interconectate, ISO a adoptat ulterior alte standarde, referitoare la interconectarea de rețele. Au fost definite două soluții. Una are la bază interconectarea directă între subrețele X.25, regulile care guvernează acest tip de legătură fiind descrise de protocolul X.75. A doua soluție prevede interconectarea prin echipamente speciale, denumite **gateways** sau **rutere**, în conformitate cu un protocol denumit ISO Internet Protocol, foarte asemănător cu protocolul IP utilizat în suita TCP/IP.

2.2.2.5. Rețele digitale cu servicii integrate (ISDN)

Deoarece multe rețele cu comutare de pachete utilizează transmisia analogică, rețeaua telefonică are în alcătuirea sa trei componente distincte: o rețea comutată analogică pentru voce, o rețea cu comutare de pachete, neaccesibilă utilizatorilor, pentru transmiterea informației de control și contabilizare (CCIS - Common Channel Interoffice Signaling) și o rețea cu comutare de pachete pentru date. Neadecvarea rețelei telefonice pentru transmiterea datelor, precum și existența unor avantaje în transmiterea vocii în formă digitală au stimulat preocupările de înlocuire a sistemului telefonic cu un sistem digital avansat, adecvat transmisiei vocii, imaginilor și a datelor. Acest sistem poartă numele de rețea digitală cu servicii integrate ISDN (Integrated Services Digital Networks) și este conceput în primul rând ca înlocuitorul rețelelor telefonice actuale.

Obiectivul ISDN este de a integra toate serviciile și de a le face la fel de răspândite ca serviciul telefonic. Atingerea obiectivului este prevăzută în mai multe etape. Prima etapă este cea de definire a unei interfețe standard între echipamentele utilizatorului și ISDN. În etapa a doua este prevăzută înlocuirea treptată a comutatoarelor locale existente în rețeaua telefonică, cu comutatoare ISDN. Abia în etapa a treia, subrețeaua de comunicație actuală va fi înlocuită cu una integrată.

Echipamentul utilizatorului este conectat la rețea printr-o legătură digitală duplex numită **tub de biti (bit pipe)**. Aceasta este împărțită în mai multe canale independente, prin multiplexare în timp. Au fost standardizate mai multe categorii de canale, dintre care menționăm tipurile:

- A - canal telefonic analogic, de 4 KHz,
- B - canal digital de 64 Kbit/s, cu modulație în impulsuri (PCM - Pulse Code Modulation), pentru voce sau date,
- C - canal digital, de 8 sau 16 Kbit/s,
- D - canal digital de 16 sau 64 Kbit/s, pentru semnalizare în afara benzii (similar CCIS).

În ISDN, fiecare abonat dispune de două canale B de 64 Kbit/s și de un canal D de 16 Kbit/s alcătuind împreună **accesul de bază**, care totalizează 144 Kbit/s. Canalele B (de bază) sunt exploatate prin comutare de

circuite, pentru transmitere de date sau voce. Canalul D (de date), cu comutare de pachete este folosit pentru semnalizarea în afara benzii (similar cu CCIS). Ca alternativă, ISDN oferă un **acces primar** de 23 (pentru SUA și Japonia), respectiv 30 (pentru Europa) de canale B și un canal D la 64 Kbit/s.

Legarea echipamentelor utilizatorilor la rețea respectă principiile folosite la rețelele telefonice și cu comutare de pachete. Ea este realizată de un terminator de rețea NT1 (Network Terminator Device) conectat între tubul de bit și un comutator ISDN, ca în figura 2.22.

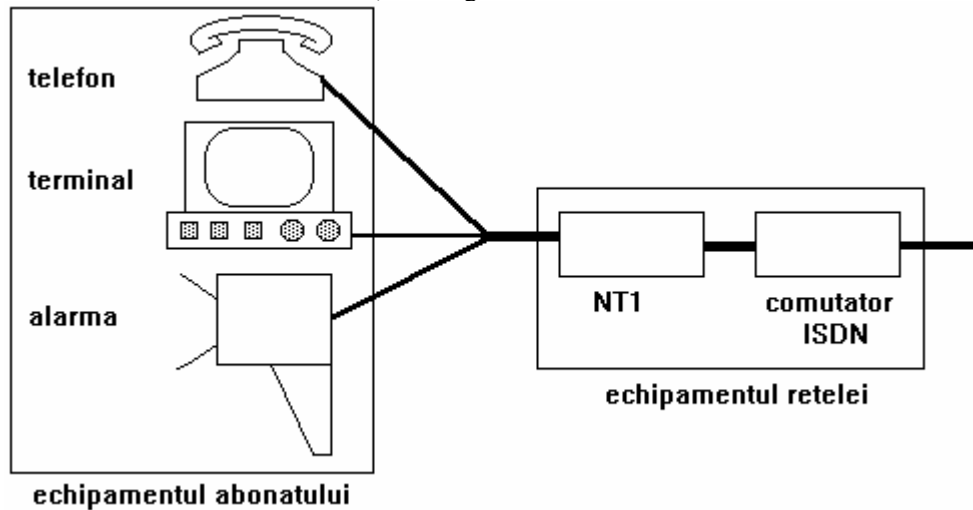


Figura 2.22. Legarea echipamentelor la rețea prin ISDN

ISDN este la început de drum, prima rețea comercială, NUMERIS, fiind inaugurată în Franța în decembrie 1987, de firma France Telecom. Ea funcționează în acces de bază (2B + 1D), cuplând prin același tip de interfață o mare varietate de terminale, posturi telefonice, echipamente MINITEL, telecopiatoare, microcalculatoare și altele. Din octombrie 1989, NUMERIS oferă abonatilor accesul primar (30B + 1D). Acest progres rapid a fost facilitat de digitalizarea masivă a rețelei de comunicații franceze, actualmente în proporție de 70 %.

O piedică majoră în calea răspândirii ISDN este costul ridicat (un telefon pentru ISDN costă acum de trei ori mai mult decât unul obișnuit) și modul de tarifare (pe bază de abonament lunar, spre deosebire de telefonul pe linie comutate obișnuite care este taxat în funcție de numărul de impulsuri). De aceea, se caută alternative care să elimine aceste dezavantaje. Una dintre ele este **ASVD - Analogue Simultaneous Voice/Data**.

ITU - International Telecommunications Union dezvoltă acest standard pentru transmisia analogică simultană pentru voce și date ASVD. Aceasta reprezintă o alternativă ieftină pentru ISDN și ar putea contribui la mai largă răspândire a unor servicii de mare interes ca multimedia sau teleconferința. Noua tehnologie ASVD va permite utilizarea actualelor linii telefonice comutate. Ea se bazează pe modificarea modemurilor de 14.4 Kbps, în sensul folosirii perioadelor de pauză din convorbirile telefonice obișnuite, pentru a transmite date.

2.2.2.6. Frame relay

Tehnologia X.25 a fost dezvoltată în anii '60 și reflectă stadiul atins de rețelele cu comutare de pachete la acea dată. Ea este foarte utilizată în Europa, fiind în unele zone singura soluție accesibilă pentru comunicația datelor. X.25 este adaptată conectării între echipamente "ne-inteligente" (terminale) și sisteme gazdă, prin medii de transmisie "zgomotoase", de slabă calitate. Deoarece X.25 prevede numeroase mecanisme de detecție și de corecție a erorilor, ea nu este potrivită pentru interconectarea de sisteme "inteligente" sau de rețele locale, care pot prelua ele însele, la un cost mai redus, aceste funcții.

Pe această idee se bazează tehnica **frame relay**. Ca și X.25, aceasta este un protocol de interfață între DTE și DCE, pentru o rețea cu comutare de pachete. Spre deosebire de X.25, **frame relay** nu prevede recuperarea erorilor, de unde rezultă o întârziere mult mai redusă de transmitere a pachetelor, fiind posibilă atingerea vitezelor corespunzătoare serviciului DS3 (45 Mbps). Funcționarea internă a rețelelor **frame relay** este orientată (în implementările curente) pe circuite virtuale. Pe o singură interfață fizică se pot defini, la nivelul legăturii de date, mai multe circuite virtuale permanente, fiecare cu un identificator propriu (Data Link Connection Identifier).

2.2.2.7. ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) a fost definit de ITU-T la sfârșitul anilor '80, ca standard pentru rețele publice. Tehnica s-a impus rapid și pentru rețele locale complexe, cum sunt cele din campusurile universitare, fiind prima tehnologie comună rețelilor locale și celor de arie largă. ATM este un urmaș direct al tehnicii **frame relay**, de care diferă prin utilizarea unor pachete de dimensiuni reduse și fixe. Fiecare unitate de date, denumită

celulă, are 53 octeți, din care primii 5 sunt rezervați pentru antet. Funcționarea internă a rețelelor ATM este orientată pe conexiuni, rutarea fiind implementată în hardware. Aceasta presupune rezervarea în avans a resurselor necesare funcționării unei conexiuni și face ca ATM să poată garanta capacitatea și calitatea serviciilor cerute de utilizatorul unei conexiuni, făcând-o aptă pentru aplicații complexe multimedia.

În cazul rețelelor locale, configurația cea mai folosită este cea ilustrată în figura 2.23. Stațiile de lucru sunt atașate unor rețele Ethernet sau token-ring comutate. Coloana vertebrală a rețelei, în care sunt incluse comutatoarele Ethernet și token-ring este realizată folosind ATM. În fine, unele stații se pot conecta direct la ATM.

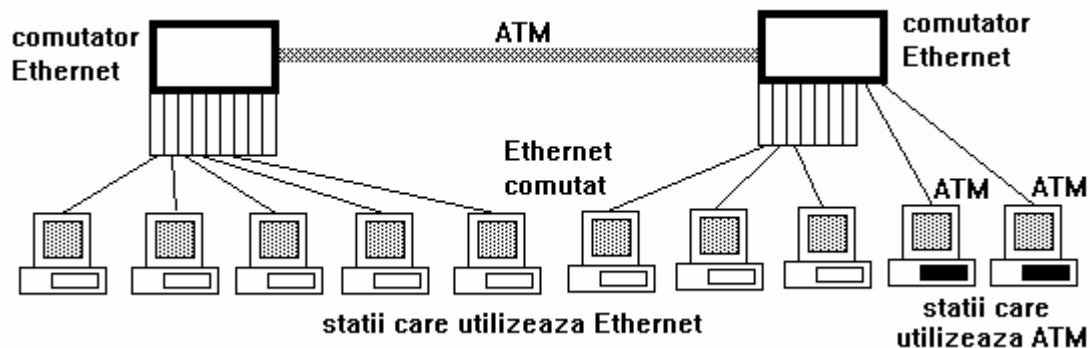


Figura 2.23. Configurație cu ATM

2.2.2.8. Radio

Transmisia prin legături radio este o tehnică uzuală în rețelele de telecomunicații, impunându-se în cazurile în care rețelele telefonice sunt costisitoare, sau atunci când nodurile sunt mobile. Legăturile radio acoperă întregul spectru electromagnetic de frecvențe, dar pentru rețelele de telecomunicații sunt folosite în special benzile de frecvențe înalte (3 - 30 MHz), foarte înalte (30 - 300 MHz) și ultraînalte (0,3 - 3 GHz). Datorită proprietăților deosebite (reflexie și refracție reduse în straturile ionosferice), ultimele două sunt utilizate pentru o propagare directă între noduri situate la o distanță maximă de 20 km unul de altul.

Între rețelele radio, cele **celulare mobile** reprezintă un tip special, deoarece utilizează stații mobile. Acestea comunică cu transmițătoare fixe, situate în fiecare din celulele unei grile cu un anumit tipar. Celulele sunt reprezentate prin diverse forme, adesea hexagonale sau pătrate. Transmițătoarele diferitelor celule lucrează cu frecvențe diferite, alese astfel încât oricare două celule adiacente să aibă frecvențe diferite. Ele transmit mesaje generate local, sau retransmit mesaje primite de la stațiile mobile montate pe vehicule. Aceste stații comută automat de la o frecvență la alta, în timpul deplasării, folosind de fiecare dată frecvența care oferă cea mai bună recepție.

2.2.2.9. Satelit

Comunicațiile prin satelit folosesc sateliți geostationari, situați pe orbite ecuatoriale, la altitudinea de aproximativ 36000 km. Din acest motiv întârzierea de propagare a mesajelor este mare, atingând valori de 0,5 secunde. Desigur, o asemenea întârziere poate afecta aplicațiile interactive. Benzile de transmisie alocate comunicațiilor sunt de 4 - 6 GHz, 12 - 14 GHz și 20 - 30 GHz. Banda tipică a unui satelit este de 500 MHz și este împărțită între mai multe transpondere (dispozitive de recepție și retransmitere), fiecare cu o bandă de aproximativ 40 - 50 MHz.

Comunicația prin satelit oferă mai multe avantaje: ocolirea ușoară a obstacolelor naturale; independența de distanță; o mare flexibilitate privind banda de frecvențe alocate; acces universal.

Configurația unei legături prin satelit este prezentată în figura 2.24. Ea include două stații terestre și, bineînțeles, sateliții. Accesul la facilitățile de comunicație prin satelit este asigurat de operatori specializați, cei mai cunoscuți fiind EUTELSAT (organizație europeană fondată în 1977 și având 8 sateliți pe orbită) și INTELSAT (organizație internațională fondată în 1964, cu 22 de sateliți pe orbită). În Europa și țările mediteraneene, operatorii sunt EUTELSAT II-F2 și EUTELSAT II-F4 M, a căror tehnologie aparține unei noi generații de sateliți de telecomunicații, cu o capacitate de transmisie de trei ori mai mare decât cea a modelelor generației precedente. Pentru conexiuni peste ocean, sunt folosiți INTELSAT 604 și 605.

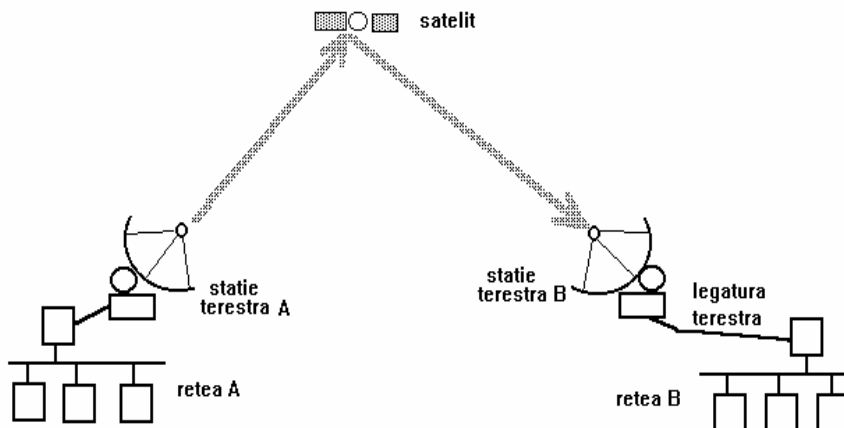


Figura 2.24. Configuratia unei legături prin satelit

Una din tehnologiile frecvent folosite pentru realizarea statiilor terestre este **VSAT (Very Small Aperture Terminal)**, adică terminale cu deschidere foarte mică, cu următoarele caracteristici:

- oferă o legătură digitală cu rata sub 2 Mbps; - foloseste antene de dimensiuni reduse, uzual sub 2.4 metri;
- statiile sunt operate si supravegheate de la distanță (de obicei acest lucru este realizat de serviciul PTT);
- statia este instalată la utilizator, fiind legată de echipamentele acestuia printr-o legătură terestră digitală.

Statia terestră (figura 2.25) cuprinde antena si o unitate internă compusă, în principal, din următoarele componente:

- un modem care realizează conversia între semnale digitale si semnale analogice de frecvență intermediară;
- un convertor (U/C-D/C) între semnale de frecvență intermediară si cele de radio-frecvență;
- o unitate de control si supraveghere de la distanță.

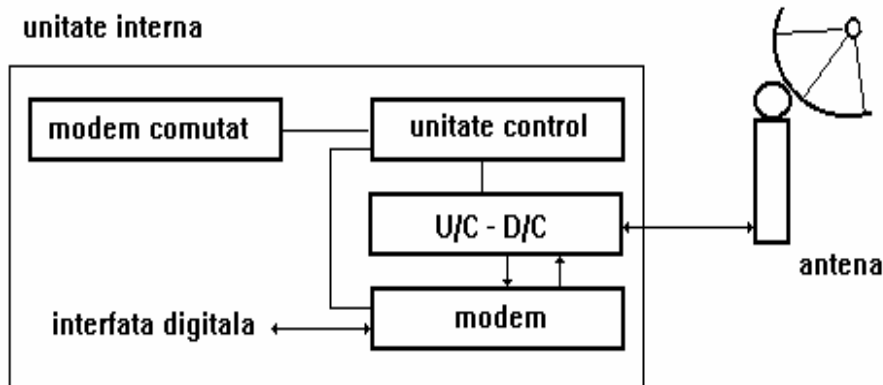


Figura 2.25. O statie terestră

Legătura statiei la echipamentele utilizatorului este serială si foloseste unul din standardele internationale (RS-499 sau X.21; RS-232; V.35; DS1; G.703). Vitezele de transfer realizabile sunt de la 64 Kbps la 2048 Kbps.

Capacitatea de comunicare a unui **transponder** poate fi împărțită în mai multe canale, folosind divizarea în frecvență, FDMA (Frequency Division Multiple Access). Transferul datelor se face independent si în paralel pe diferitele canale astfel obtinute. În tehnica numită **SCPC (Single Channel Per Carrier)** banda de frecvență a unui canal poate fi folosită doar de două statii care comunică între ele. Ea este simplă, dar are dezavantajul unei utilizări ineficiente, dacă, între două statii cărora legătura le este dedicată, traficul este scăzut.

O folosire mai eficientă presupune împărțirea în timp a unui canal între diferite perechi de statii. Tehnica este denumită **TDMA (Time Division Multiple Access)** si are mai multe variante. În **ISBN (Integrated Satellite Business Network)**, retea realizată de Huges Network Systems, statiile terestre comunică prin intermediul unei statii

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

principale, denumită **hub** (figura 2.26). Aceasta primește date de la stații pe mai multe **rute de intrare** (inroutes) și retransmite datele, ca un singur flux, pe o **rută de ieșire** (outroute). Vitezele acestor rute ating valori de 512 Kbps, pentru ruta de ieșire, respectiv 128 Kbps, pentru rutele de intrare. Toate stațiile primesc (pe ruta de ieșire) același flux de date. Deoarece fluxul de date este organizat în pachete ce poartă adresele destinatarilor, fiecare stație poate reține doar informația care îi este adresată.

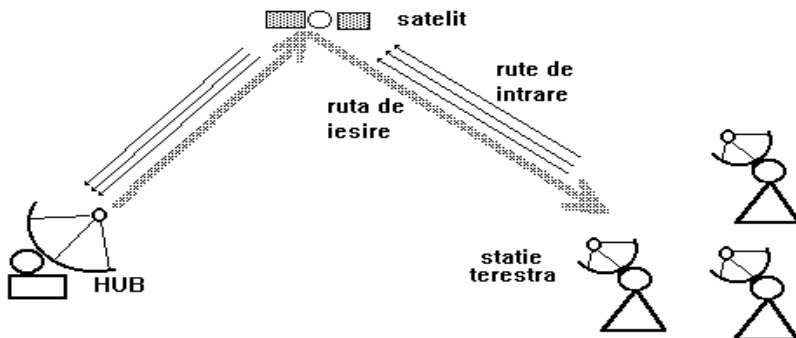


Figura 2.26. Transmisia în ISDN

Unei rute de ieșire îi corespund până la 32 de rute de intrare (în hub). O rută de intrare poate fi folosită de mai multe stații, prin multiplexare în timp, TDMA. O problemă importantă este sincronizarea corectă a stațiilor care folosesc aceeași rută de intrare, astfel ca doar una să emită la un moment dat. În ISDN, sincronizarea este realizată prin semnale speciale inserate de **hub** în fluxul transmis pe ruta de ieșire și prin mecanisme de alocare (a rutei de intrare) care țin seama de cerințele de trafic ale stațiilor.

2.3. Rutarea

Nivelul **retea** realizează comunicarea de la un sistem la altul. El acceptă, din partea nivelului transport, o cerere de transmitere a unui pachet, însoțită de adresa destinatarului. Apoi, încapsulează pachetul într-o **datagramă** (adăugând informația de control necesară) și, folosind un algoritm de dirijare, determină interfața prin care trebuie transmisă datagrama. Totodată, nivelul retea inspectează datagramele primite și le dirijează spre interfețele de retea corespunzătoare destinațiilor lor. Pachetele destinate sistemului local sunt livrate nivelului transport, care le va prelua și, după asamblarea în mesaje, le va pasa utilizatorului.

Una din funcțiile importante ale nivelului retea este **adresarea**. Ea permite identificarea unică a fiecărei destinații, astfel încât ruterele să poată livra corect pachetele. IP folosește adrese de 4 octeți, care sunt grupate în două părți: prima parte identifică o rețea, iar a doua identifică o stație în cadrul rețelei. În figura 2.27, este prezentată structura unei adrese IP. Sunt menționate totodată clasele de adrese, stabilite după numărul de stații care corespund unei singure adrese de rețea. În fine sunt menționate câteva adrese rezervate unor utilizări speciale.

0	7 8	31	
0	netid	hostid	clasa A
0	15 16	31	
10	netid	hostid	clasa B
0	23 24	31	
110	netid	hostid	clasa C
0		31	
1110	adresa multicast		clasa D
0		31	
11110	rezervat pentru utilizare viitoare		clasa E
0		31	
	toti 0		aceasta gazda
0		31	
	toti 0	hostid	gazda in rețeaua curenta
0		31	
	toti 1		difuzare in rețeaua curenta
0		31	
	netid	toti 1	difuzare in rețeaua netid
0		31	
	127	orice (în particular 1)	loop back (gazda locala)

(*)

Figura 2.27. Structura unei adrese IP

Identificatorul rețelei permite ruterele să dirijeze corect informația prin Internet. Identificatorul stației permite livrarea datelor către stația de destinație, odată ce pachetul a ajuns în rețeaua ce conține această stație. În figura 2.28 este prezentată o inter-rețea cu patru sub-rețele, identificate prin literele de la A la D. Ele sunt legate prin două rutere. Fiecare stație are o adresă unică, reprezentată prin identificatorul rețelei (o literă) și identificatorul stației (un număr). Astfel, A.1 este stația 1 din sub-rețeaua A.

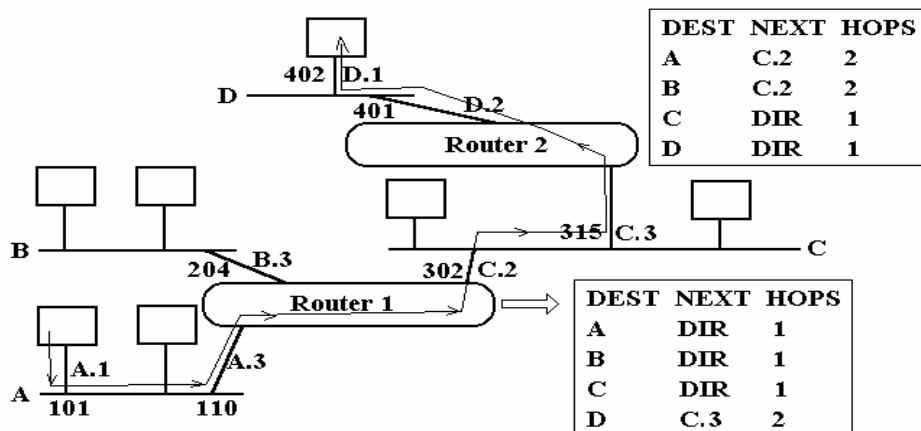


Figura 2.28. Inter-rețea cu patru sub-rețele

Pentru a putea transmite datele de la o stație la alta din aceeași rețea, se folosesc serviciile nivelului inferior. În cazul unei rețele locale, transferul fizic al datelor de la o stație la alta presupune utilizarea adreselor MAC (fizice). În figura 2.28, aceste adrese MAC apar sub forma unor numere întregi. De exemplu adresa MAC a stației A.1 este 101. Corespondența între adresele de nivel rețea (adrese Internet) și adresele MAC este făcută de protocoale speciale de rezoluție a adreselor (ARP - Address Resolution Protocol, RARP - Reverse Address Resolution Protocol).

Pentru a prezenta modul de lucru al nivelului rețea, descriem etapele transferului unei unui mesaj între utilizatorii stațiilor A.1 și D.1, din figura 2.27. Pentru a nu încărca descrierea, considerăm că în fiecare stație nivelul rețea este reprezentat de un modul rețea și că transferul efectiv al datelor între o stație și alta ale aceleiași subrețele este realizat de un al doilea modul reprezentând nivelul de interfață cu rețeaua.

Utilizatorul stației A.1 cere modulului rețea să transmită mesajul. Acest modul construiește un pachet, care are forma generală prezentată în figura 2.29.

0	4	8	16	19	24	31
vers	lung	tip serviciu	lungime totala			
identificare			indicatori	offset fragment		
temp viata	protocol		suma control antet			
adresa IP sursa						
adresa IP destinatie						
optiuni IP					nefolositi	
Date						

Figura 2.29. Forma generală a unui pachet

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

Pentru explicatia de fată ne interesează doar că în antetul pachetului, statia A.1 plasează adresele destinatarului D.1 si sursei A.1. Ea vede că destinatarul este în altă retea si decide că pachetul trebuie transmis ruterului 1 (cu adresa A.3) care să- l transmită în continuare sub-rețelei D. Ca urmare, statia A.1 construiește un cadru Ethernet cu adresa sursă MAC 101 (corespunzătoare statiei A.1) si adresa MAC destinatie 110 (corespunzătoare ruterului 1) si transmite cadrul prin subretea (figura 2.30 arată continutul simplificat al cadrului).

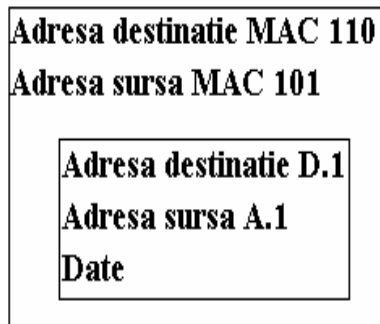


Figura 2.30. Continutul simplificat al unui cadru

Ruterul 1 primește cadrul, înlătură antetul cadrului si inspectează continutul pachetului. El găsește că pachetul este destinat subrețelei D. Din tabela de rutare (reprezentată în figură) el află că pachetul trebuie să ajungă la nodul C.3, cel de al doilea ruter din figură, care este situat mai aproape de destinatie. Ca urmare, ruterul 1 alcătuiește un nou cadru, cu adresa destinatie MAC 315 si adresa sursă MAC 302 si îl transmite prin subretea C.

Ruterul 2 repetă operatiile primului ruter. Inspectând tabela sa de rutare, el află că destinatarul este în retea D, la care este direct conectat. Ca urmare, ruterul 2 assemblează un cadru cu adresa MAC destinatie 402 si adresa MAC sursă 401 si îl transmite prin subretea D. Statia D.1 primește cadrul, extrage pachetul si livrează apoi utilizatorului statiei D.1 mesajul continut.

Functionarea schemei de rutare se bazează pe continutul tabelor de rutare. Acesta poate fi stabilit la initializarea rețelei (rutare statică) sau în timpul functionării ei (rutare dinamică). Algoritmii folositi în stabilirea tabelor, numiti algoritmi de rutare, au la bază diferite criterii, cum ar fi alegerea căilor mai scurte, încărcarea uniformă a subrețelelor etc.

Un element important al schemei este punerea în corespondență a adreselor de retea (adrese IP) cu adresele MAC. Operatia este îngreunată de formatele diferite adoptate la cele două nivele: adresele IP au 32 de biti, în timp ce adresele MAC Ethernet au 48 de biti. Protocoalele speciale (ARP, RARP) folosite pentru a realiza această corespondență se bazează pe interogarea tuturor statiilor unei subrețele pentru determinarea adreselor si pe alcătuirea unei table de corespondente.

Schema de rutare prezentată functionează corect dacă nu apar căderi ale liniilor de comunicatie sau ale sistemelor de calcul. În practică aceste defectări nu pot fi evitate. Cunoasterea lor si transmiterea informatiilor de stare între rutere se face conform protocolului ICMP (Internet Control Messages Protocol).

2.4. Transportul

Protocoalele folosite de aplicatii pot fi diferite (de exemplu, posta folosește un protocol diferit de transferul de fisiere), dar ele presupun, invariabil, comunicarea între programe (proces) de aplicatii, de cele mai multe ori situate în calculatoare diferite ale rețelei. Această functie comună de transfer corect si sigur al datelor este realizată de nivelul de **transport**. El îmbogățește serviciul nivelului Internet care face transferul datelor între calculatoare (nu între procese), fără a asigura corectitudinea transferului de la un capăt la altul al traseului parcurs de date.

Transportul datelor se poate face ca un sir continuu de octeti sau ca mesaje individuale, alegerea între cele două moduri fiind lăsată la latitudinea aplicatiei.

Transferul unor mesaje individuale este caracteristic protocolului **UDP (Unit Datagram Protocol)**. El nu este orientat pe conexiuni si este preferabil acolo unde se transmit cantități mici de date. De exemplu, serviciul de nume (DNS - Domain Name System) folosește UDP si nu TCP. UDP furnizează un mecanism simplu ce permite proceselor de aplicatie să transmită date altor procese de aplicatie. UDP folosește **porturi** pentru a distinge procesele de aplicatie situate în acelasi calculator. Cea mai naturală imagine a unui port este coada de mesaje. Pentru ca un program de aplicatie să folosească un port el negociază cu sistemul de operare, care crează o coadă internă ce va contine mesajele sosite. Antetul unui mesaj UDP contine adresele ambelor porturi, sursă si

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

destinatar. Unele porturi (de exemplu cele folosite de servicii standard) sunt predefinite. Folosind porturile, pentru identificarea unică a unui proces de aplicatie în Internet se foloseste o pereche (adresatIP, numărport).

UDP nu păstrează ordinea mesajelor transmise si nu asigură livrarea lor corectă. De asemenea, nu este controlat fluxul mesajelor, viteza transmiterii lor nefiind corelată cu viteza in care receptorul le poate accepta.

Transferul datelor ca siruri de octeti este caracteristic protocolului **TCP (Transmission Control Protocol)**. Schema de functionare se bazează pe stabilirea unei conexiuni logice între procesele de aplicatie, pe care datele sunt apoi transmise ca o succesiune de octeti. Bineînțeles, sirul de octeti este decupat în segmente, fiecare segment fiind transmis ca un pachet. Dar, toate informatiile despre fluxul datelor se referă la octeti, nu la segmente. Conexiunea este identificată prin ambele capete (porturi) ale sale, fiecare capăt fiind identificat prin perechea (adresatIP, numărport). Acest mecanism permite ca două conexiuni să se termine într-un același port, dacă celelalte capete sunt distincte. Acest lucru este util pentru sisteme care permit acceul concurrent la servicii. De exemplu, programul care acceptă posta sosită de la alte noduri poate folosi un singur port TCP local, chiar dacă poate gestiona mai multe conexiuni deschise simultan.

Funcția principală a nivelului de transport este de a comunica date între programe de aplicatii (se mai numeste funcție capăt- la-capăt, în engleză end-to-end). Comunicarea trebuie să se facă fără pierderea sau duplicarea datelor si fără deformarea lor. Aceste conditii reclamă adăugarea unor informatii de control mesajelor transmise si utilizarea lor, la receptie, pentru verificare. Formatul general al unei unități de date de transport este prezentat în figura 2.31.

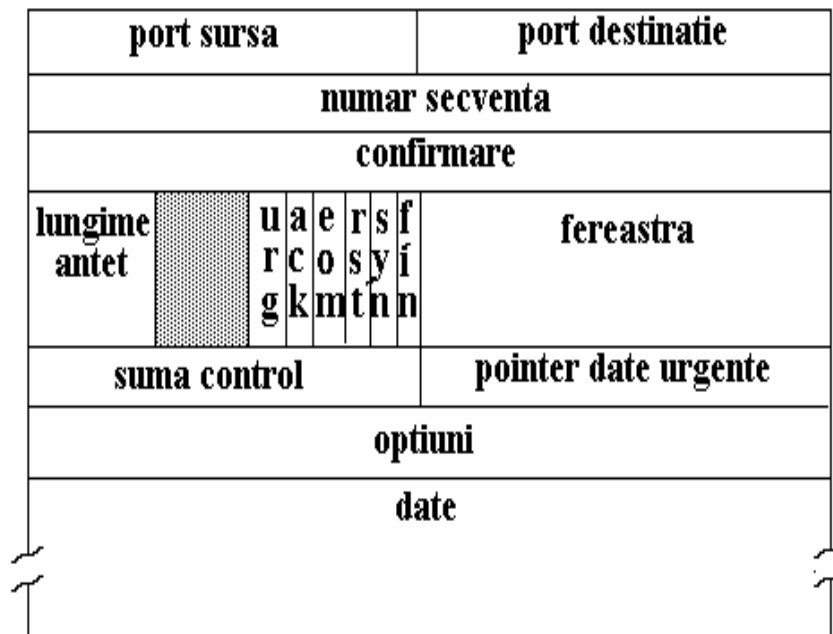


Figura 2.31. Formatul general al unei unități de date de transport

Nivelul transport controlează fluxul datelor, corelând astfel vitezele cu care funcționează transmitătorul si receptorul pentru a evita supraîncărcarea receptorului si eventual a rețelei. De asemenea, el împarte mesajele lungi în unități mai scurte de date, numite **pachete**, pe care le pasează nivelului inferior pentru transmitere prin rețea. Bineînțeles, la receptie, nivelul transport reassemblează pachetele, furnizând aplicatiei mesajele în forma originală. Deoarece un calculator poate avea mai multe aplicatii ce se derulează în același timp, nivelul transport trebuie să accepte date de la mai multe surse si să le livreze mai multor destinatii. Această funcție este denumită **multiplexare** si se bazează pe adăugarea la fiecare pachet, ca informatie de control, a adreselor sursei si destinatarului.

2.5. Clienti si servere

Funcțiile rețelei sunt invocate de utilizatori, prin programele de **aplicatii** situate în sisteme terminale. În general, mai multe programe, distribuite în sisteme diferite, trebuie să coopereze pentru a furniza un serviciu, dintre cele disponibile în Internet: posta electronică, transferul de fisiere, serviciul de stiri etc. Un "tipar" de

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

cooperare foarte utilizat este modelul **client-server**, care descrie o relatie asimetrică între furnizorul unui serviciu, denumit server și solicitantul serviciului, denumit client.

Această relație are la bază comunicarea, în forma unei perechi cerere-răspuns. Un **server** este un program care oferă servicii accesibile prin rețea. El acceptă cererile sosite prin rețea, execută un serviciu, după care transmite rezultatul către solicitant. Pentru serviciile simple, fiecare cerere sosește ca o datagramă IP, răspunsul fiind transmis tot ca o datagramă.

Un program devine **client** atunci când transmite o cerere unui server, așteptând apoi răspunsul. De cele mai multe ori, este transparent pentru utilizator faptul că serviciul solicitat este realizat în alt nod, nu de cel în care este localizat clientul. Astfel, un program poate folosi discul unui server prin comenzi similare utilizării unui disc local. Din acest punct de vedere, relația dintre client și server apare ca apelul unui subprogram: clientul inițiază o acțiune și așteaptă primirea rezultatului. Diferența constă în aceea că subprogramul apelat se află la distanță.

Mai multe **servere** pot furniza același serviciu. Ele pot fi localizate în același sistem sau în sisteme diferite. A doua soluție este folosită pentru creșterea siguranței în funcționare și a accesibilității serviciului. Unele sisteme de calcul au ca rol principal furnizarea unui serviciu. În acest caz, termenul de server este folosit atât pentru a desemna programul care realizează serviciul cât și pentru sistemul de calcul unde este executat programul.

Serviciile simple folosesc pentru livrarea mesajelor protocolul UDP. Procesul server își începe execuția cerând permisiunea sistemului de operare pentru a folosi un anumit port, rezervat pentru serviciul oferit (de obicei, porturile alocate diferitelor servicii standard sunt predefinite, realizându-se un sistem simplu de adresare pentru clienți, care trebuie să cunoască aceste porturi). După aceasta, serverul execută în mod repetat o secvență simplă de acțiuni: recepționează o cerere, execută serviciul solicitat, transmite răspunsul.

2.6. Sistemul de nume

Orice sistem conectat în Internet are asociat un cod unic de identificare, un număr la fel ca oricare număr de telefon. Acest cod se numește adresă Internet (sau adresă IP) și are o valoare cuprinsă între 0 și 2³². Aceasta reprezintă o plajă foarte largă de valori, cu care se spera să se poată identifica orice echipament instalat în Internet, oriunde s-ar afla el pe glob. Este evident că domeniul adreselor a devenit o limitare pentru dezvoltarea Internet-ului. Pentru o sistematizare a notației, o adresă se reprezintă în forma a patru numere naturale, fiecare cu valoarea cuprinsă între 0 și 255 inclusiv. Chiar dacă pare simplu, mecanismul de adresare prin număr este de utilitate practică redusă, utilizatorii preferând notații simbolice, nume, care pot fiținute minte mai ușor.

Este important de notat că numele reprezintă un corespondent al adreselor numerice, oferind utilizatorilor o formă mai convenabilă de adresare. Este de asemenea important de știut că un sistem de nume este folosit în aceeași manieră cu o carte de telefon: cunoscând numele unei persoane putem afla numărul său de telefon. În fine, așa cum numerele de telefon înscrise în cărți sunt organizate pe localități, sistemul de nume din Internet este structurat pe domenii. Diferența este că un domeniu poate conține, la rândul său, mai multe subdomenii, structura având mai multe nivele. De aici și numele Domain Name System - DNS, al acestei scheme folosite de Internet.

Să considerăm numele `ux.cs.uiuc.edu`. care reprezintă o adresă în Internet. Aici, **ux** este numele unui calculator. El este gestionat de un grup, care se numește **cs** (el corespunde aici cu departamentul care deține calculatorul). Departamentul este o parte a Universității din Illinois în Urbana Champaign (**uiuc**). La rândul său **uiuc** face parte din grupul institutelor de învățământ (**edu** - education).

Sistemul este conceput astfel încât să permită o gestiune distribuită a numelor. Astfel, **edu** se referă la toate calculatoarele din sistemul educational, iar **uiuc.edu** la cele aflate la universitatea din Illinois. Gestionarul calculatoarelor din **uiuc.edu** poate atribui nume calculatoarelor sale, fără a ține cont de cele atribuite de gestionarul unei alte universități, **polit.edu**. Dacă ambii numesc **cs** un anumit departament, acestea pot fi diferențiate prin restul numelor de domenii, unul fiind **cs.uiuc.edu**, iar celălalt **cs.polit.edu**.

Pe de altă parte, este ușoară și găsirea adresei numerice pornind de la un nume dat. Este folosit în acest scop un serviciu similar celui de informații telefonice: rolul serviciului de informații este jucat de **serverele de nume**. Fiecare server de nume păstrează corespondența "nume - adresă numerică" relativă la un anumit domeniu. Când cineva folosește un nume, calculatorul îl convertește în adresă numerică, folosind una din următoarele scheme:

- face conversia directă deoarece numele aparține unui domeniu de care el este responsabil;
- stie corespondența deoarece a mai folosit recent numele;
- stie cum să găsească corespondența; de exemplu, pentru adresa nodului **ux.cs.uiuc.edu**, comunică cu un server de nume special (rădăcină) și află adresa serverului responsabil de domeniul **edu**; comunică apoi cu acesta și află adresa serverului responsabil cu domeniul **uiuc**; comunică apoi cu acesta și găsește serverul responsabil cu **cs**; în fine, comunică cu acesta și află adresa calculatorului **ux**.

Sistemul de nume pare complicat, dar există un număr de reguli care ușurează înțelegerea lui. Printre ele sunt cele referitoare la atribuirea domeniilor primare (de nivel înalt). Domeniile originale de nivel înalt sunt următoarele:

- **com** organizatii comerciale;

(*) V.Cristea, V.Patriciu, M.Pietroșanu, C.Petculescu, Mai multe despre Internet, 1996

- edu organizatii educationale;
- gov organizatii guvernamentale;
- mil organizatii militare;
- org alte organizatii;
- net resurse din retea;
- int organizatii internationale.

Extinderea rețelei Internet în diverse țări a determinat adoptarea unui set de domenii corespunzătoare țărilor:

- ro România;
- fr Franta;
- it Italia;
- uk Marea Britanie;
- de Germania;
- nl Olanda;
- dk Danemarca;
- us Statele Unite ale Americii

si altele.

Câteva observatii sunt foarte utile aici, în legătură cu sistemul de nume:

- părțile unui nume arată cine este responsabil cu gestiunea numelui, nu unde se află nodul denumit;
- anumite nume (canonice) se referă la servicii oferite, nu la noduri fizice; serviciile respective pot fi utilizate cu acelasi nume, chiar dacă, din diferite motive, sunt mutate de la un calculator la altul;
- un calculator poate avea mai multe nume, atunci când pe el se află mai multe servicii, fiecare apelat cu un alt nume; de exemplu **ftp.atm.ro** si **news.atm.ro** pot fi două servicii (unul de transfer de fisiere si altul de difuzare de stiri) aflate amândouă pe acelasi calculator, dar care în viitor pot fi separate pe masini distincte;
- la folosirea unui nume gresit, care nu poate fi translatat într-o adresă Internet validă, sistemul furnizează mesajul **host unknown**;
- numele sunt mai usor de retinut decât adresele si ele rămân neschimbate, chiar dacă serviciile se mută de pe un calculator pe altul.

Avantajul major al sistemului de nume îl constituie faptul că el sparge gigantica lume a Internet-ului în domenii care au o logică, sunt usor de retinut si de localizat spatial.