

IV

ECHIPAMENTE DE COMUNICA}II PENTRU LAN

IV.1 CABLURI DE TRANSMISIE

EIA (*Electronics Industries Association*) și TIA (*Telecommunication Industry Association*) au elaborat în comun o serie de standarde, cunoscute ca standarde TIA/EIA, referitoare la proiectarea și instalarea rețelelor de calculatoare. Se iau în considerare elemente specifice acestora:

- ◆ cablarea orizontală;
- ◆ dulapurile (*rack*) pentru echipamentele de telecomunicații;
- ◆ cablarea magistralelor;
- ◆ camerele de echipamente;
- ◆ ariile de lucru;
- ◆ facilitățile de intrare.

Cablarea orizontală (*horizontal cross-connect*) incluzând mediul fizic de comunicație locală, dintre stațiile de lucru, echipamentele de comunicație (hub, switch) și dulapurile cu echipamente, este descrisă de **standardul TIA/EIA-568-A**.

Acest standard specifică tipurile și performanțele cablurilor de comunicații și impune existența a minimum două ieșiri în prize pentru fiecare zonă de lucru, dintre care un cablu UTP (*Unshielded Twisted Pair*) iar al doilea poate fi de orice tip. Este permisă realizarea punctelor de tranziție (*Transition Point*), adică joncțiunile dintre segmentele de cablu de același tip.

UTP este un cablu torsadat în pereche, neecranat, conținând 4 perechi de fire.

Prin **fir** se denumește conductorul metalic izolat electric.

Fiecare pereche de fire este răsucită, cu un pas de torsadare cuprins între 80 și 200 mm, care diferă de la o pereche la alta. În plus, perechile sunt torsadate între ele, cu un pas de 300 mm, pentru reducerea diafoniei dintre ele (*crosstalk*).

Perechile sunt învelite într-o manta de protecție mecanică, realizată din material plastic.

Impedanța caracteristică a perechii de cablu UTP are valoarea tipică de 100 Ohmi.

Diamentul exterior al cablului este de 0,43 cm, dimensiunile sale mici și prețul redus constituind avantaje în alegerea acestui cablu pentru rețelele de calculatoare.

Mufarea cablului pentru conexiuni într-o rețea de calculatoare se face cu un clește de sertizare (*crimper*), cu conectori RJ-45 (*Registered Jack -45*), modular cu 8 pini, cu transmisie serială asincronă, pentru rețele 10 Base T. În alte cazuri se folosește fie conectorul RJ-11 telefonic cu 4 căi pentru transmisii telefonice, fie RJ-12, cu 6 căi pentru transmisii vocale în rețea ISDN.

Izolațiile firelor sunt de culori diferite (codul culorilor), pentru a permite identificarea perechilor de fire și corespondența lor la capetele cablului.

Necesită folosirea repetoarelor de semnal pentru lungimi mai mari de 100 m, care să compenseze atenuarea proprie a cablului.

Cablul UTP nu este protejat față de interferențele electromagnetice și radio externe. Se preferă instalarea separată (nu în același canal de cablu) față de alte cabluri (telefonice sau de alimentare cu energie electrică).

Se utilizează în rețelele Ethernet (10 Base T), Fast Ethernet (100 Base T) și GigaEthernet (1000 Base T).

Sunt definite 5 categorii de cablu UTP (CAT1, CAT2, CAT3, CAT4, CAT5). Pentru LAN se pot utiliza, în funcție de frecvența maximă de lucru, UTP CAT3 (< 16 MHz), CAT4 (< 20 MHz) și CAT5 (< 100MHz), cea din urmă fiind cea mai utilizată în prezent. Ultimele standarde prevăd și categoriile CAT5e (< 100 MHz), CAT6 (< 250MHz) și CAT7 (< 600MHz).

STP (*Shielded Twisted Pair*) este un cablu torsadat în pereche, ecranat, conținând 4 perechi de fire. Fiecare pereche de fire este torsadată și ecranată cu o folie metalică (*pair shield*).

Toate perechile sunt ecranate electromagnetic cu un ecran suplimentar de grup (*overall shield*) de tip folie sau panglică metalică. La exterior, se folosește o manta din material plastic, pentru protecție împotriva factorilor mecanici sau de climă.

Acest cablu permite minimizarea efectelor diafoniei dintre perechi și a interferențelor electromagnetice (EMI - *ElectroMagnetic Interference*) sau radio (RFI - *Radio Frequency Interference*) din exteriorul cablului și a radiațiilor proprii spre exterior.

Impedanța caracteristică a perechii din cablul STP are valoarea tipică de 150 Ohmi.

Dezavantajele STP constau în dimensiune, greutate și preț mai mari comparativ cu UTP.

Mufarea cablului se face cu un clește de sertizare, cu conectori STP, cunoscând codul culorilor.

Asemenea UTP, necesită folosirea repetoarelor de semnal pentru lungimi mai mari de 100m și sunt definite amii multe categorii de cablu.

ScTP (*Screened Twisted Pair*) este un cablu torsadat în pereche, izolat, conținând 4 perechi de fire.

Are denumirea echivalentă de cablu FTP (*Foil Twisted Pair*).

Este un cablu hibrid între UTP și STP, care nu are ecran pentru fiecare pereche de fire din cablu, dar prezintă ecranul de grup.

Impedanța caracteristică a unei perechi de cablu ScTP este de 100 sau 120 Ohmi.

Ecranul este eficient doar dacă este împământat la ambele capete și nu prezintă discontinuități.

Atenuarea specifică a cablului impune utilizarea repetoarelor de semnal pentru transmisii pe distanțe mai mari de 100 m.

La capete se montează conectori ScTP speciali, prin sertizare, respectând codul culorilor.

CABLUL COAXIAL este alcătuit dintr-un conductor metalic central ("firul cald"), strat izolator, ecran ("masă") și manta.

Poate avea mai multe dimensiuni, specificate prin diametrul conductorului central (d) și diametrul interior al ecranului (D), exprimate în mm, ca raport d/D:

- mici: 1,2/3,5; 1,2/4,2; 1,8/6,4;
- medii: 2,6/9,4;
- mari: 5/18.

Cablurile coaxiale sunt utilizate în diverse domenii, întrucât atenuarea proprie pe unitatea de lungime este redusă comparativ cu cablul torsadat, interferențele electromagnetice sunt practic nule și se pot utiliza segmente de cablu cu lungimi mai mari față de UTP (185 m pentru cablul coaxial subțire; 500 m pentru cablul coaxial gros).

În rețelele de calculatoare Ethernet se poate folosi:

- cablul coaxial subțire (*thinnet*) de 3,5 mm (RG-58), de 50 Ohmi, care este deosebit de ușor, flexibil, ușor de instalat și ieftin, dar necesită condiții deosebite de împământare; se folosește în rețele 10Base2, cu conector BNC (*Bayonet Nut Connector*).

- cablu coaxial gros (*thicknet*) de 9,4 mm (RG-59), de 75 Ohmi, mai greu, mai rigid și mai scump, dar de bandă mai largă, este indicat pentru realizarea magistralei de date (*backbone*)

dintr-un LAN (10 Base 5). Se mufează cu conectori BNC sau "Vampir" fiind folosit în rețele 10Base5.

CABLUL OPTIC (*Fiber Optic Cable*) - alcătuit din mai multe fibre optice, uni- sau multimod, cu miez transparent (din material plastic sau sticlă), înveliș refractar (*cladding*) cu indice de refracție mai mic decât cel al miezului, manta (*Plastic Shield*), material de umplere (*Kevlar Reinforcing Material*), eventual un fir de inox pentru creșterea rezistenței mecanice, și manta exterioară (*Outer Jacket*) din plastic.

Pentru rețelele de calculatoare se utilizează cablu optic dual, cu doar două fibre optice, care în funcție de dimensiuni (10 μ ; 50 μ ... 100 μ) pot avea unul sau mai multe moduri de propagare a luminii în interiorul miezului.

Fibrele optice subțiri sunt de tip unimod și având o atenuare scăzută, sunt folosite pentru transmisii la distanțe mari fără amplificare (< 5km).

Fibrele optice groase sunt de tip multimod (de exemplu, 62,5/125 μ sau 50/100 μ) au atenuare mai mare și viteză redusă comparativ cu fibrele unimod, ceea ce limitează lungimea maximă a segmentului de cablu la cel mult 2 km.

Joncțiunile cablurilor trebuie realizate cu precizie, pentru reducerea pierderilor de semnal, și protejate cu optocuploare. La capete se montează conectori speciali (ST, SC, SMA).

Cablurile optice sunt folosite în rețele Ethernet (10 Base F), Fast Ethernet (100 Base F) și FDDI.

Conectorii pentru cablurile care conectează echipamente identice sunt realizați în varianta **inversoare**, cu încrucișarea firelor (*cross-connection*) astfel încât să se lege ieșirea datelor (TxD - *Data Transmission*) dintr-un echipament cu intrarea de date (RxD - *Data Receiving*) de la celălalt capăt. În documentațiile tehnice ale echipamentelor sunt specificate modurile de realizare a conectorilor pentru DTE (*Data Terminal Equipment*) și DCE (*Data Circuit Equipment*), cu numerotarea și semnificațiile pinilor și modul de conectare a conductoarelor din cablu pe baza codului culorilor.

În general, conexiunile între conectori diferiți sunt realizate pe baza unor diagrame care precizează pinii corespondenți.

Alte tipuri de conectori sunt:

- ◆ conectori DB-k sau D-k (modular cu k = 9; 15; 25; 37; 50; 68 pini, în forma literei D) pentru interfața Ethernet conectată fie la cablu torsadat, fie la cablu coaxial gros;
- ◆ conector universal AMPLIMITE 50 cu 50 de căi pentru diferite interfețe.

Orice conector poate fi asociat cu un anumit tip de magistrală (*bus*) de date. Denumirea unor conectori poate să precizeze și tipul bus-ului de date (de exemplu: D50 SCSI-2).

Prin standardul **SCSI** (*Small Computer System Interface*) se specifică un bus de 8 biți și tact de 5 Mhz, respectiv cu viteza de 5 MBps.

SCSI-2 sau **Fast SCSI-2** reprezintă o variantă de standard pentru bus de 8 biți și 10 Mhz frecvență de clock, cu 10 MBps viteză de transmisie a datelor.

Wide SCSI-2 este un standard îmbunătățit pentru bus de 16 biți, 5 MHz și 10 MBps.

Fast/Wide SCSI-2 definește un bus de 16 biți, 10 MHz și 20 MBps.

Ultra SCSI-2 standardizează un bus de 32 de biți, 10 MHz și 40 MBps. Se utilizează un canal secundar de transfer.

Alte standarde folosite pentru magistralele de date sunt următoarele:

ISA (*Industry Standard Architecture*): 16 biți, 8MBps.

EISA (*Extended ISA*): 32 biți, 33 MBps.

MCA (*Micro Channel Architecture*): 32 biți, 20 MBps.

PCI (*Peripheral Component Interconnect*) v2.0: 64 biți, 264 MBps.

AGP (*Advanced Graphics Card*) de 2x și 4x mai rapid ca PCI (pentru aplicații grafice).

PCMCIA (*Personal Computer Memory Card International Association*) sau simplu *PC Card* v3.0: 32 biți, 20-33 MHz, max. 132 MBps.

Sunt necesare adaptoare pentru interconectarea bus-urilor realizate în standarde incompatibile (de exemplu, adaptor PCI/SCSI).

Interfața AUI (*Attachment Unit Interface*) cu conector DB-15 poate fi utilizată pentru conectarea unui echipament fie la un cablu Ethernet, fie la un sistem cu transmisie radio (*wireless*), prin intermediul unui **transceiver** (transmițător/receptor - *transmitter/receiver*), având capacitatea de a detecta coliziunile. Un transceiver este utilizat pentru conectarea unui anumit echipament dintr-o rețea locală (calculator, router ș.a.) la mediul de transmisie (cablu UTP, coaxial, optic etc), prin intermediul unor interfețe AUI sau MII (*Media Independent Interface*). Un transceiver este un dispozitiv multiport care conține etaje de amplificare și convertoare de semnal (de exemplu, semnalul electric poate fi convertit în undă luminoasă și invers folosind diode LASER și fotodiode).

Lungimea unui segment de cablu este limitată din cauza fenomenelor specifice de atenuare și defazare a semnalelor pe liniile de transmisie. Pentru conexiuni la distanțe mai mari decât cea maxim admisă, se utilizează mai multe segmente de cablu interconectate prin intermediul **repetoarelor** care refac forma rectangulară a impulsului de formatare a datelor eliminând astfel efectele zgomotelor și distorsiunilor de transmisie, după care amplifică semnalul până la nivelul de referință. Există limitări privind numărul maxim de repetoare care pot fi intercalate între două noduri ale rețelei.

Un **repetor** este un dispozitiv care interconectează segmente de LAN diferite, cu diverși conec-

tori: 10 Base T (RJ-45), 10 Base 2 (BNC), 10 Base F (ST) sau cu alte medii fizice de transmisie prin intermediul AUI folosind transeivere. Acesta nu trebuie confundat cu un dispozitiv de conversie între două medii fizice diferite de transmisie, întrucât suplimentar, în repetor, sunt regenerate cadrele de date (de exemplu, Ethernet), în baza unor secvențe de sincronizare și sunt procesate informațiile privind posibilele coliziuni din rețea.

Convertorul de mediu face trecerea de la un tip de mediu la altul, prin conversia semnalului dintr-un format în altul.

Există convertoare pentru interconectarea a diferite tipuri de rețele, cum ar fi:

- rețea Ethernet de cablu UTP cu una cu cablu coaxial;
- rețea Ethernet pe cablu torsadat cu una cu transmisie pe fibră optică;
- rețea pe fibră optică multimod (MMF - *Multi Mode Fiber*) cu una pe fibră optică unimod (SMF - *Single Mode Fiber*);
- rețea de 10 Mbps cu un cablu de 100 Mbps.

Porturile de intrare-ieșire și conectorii aferenți sunt de tipuri diferite, în funcție de mediul fizic de transmisie.

IV.2 INTERFE}E DE COMUNICA}IE

Prin **interfa}** este desemnat un modul, fizic (*hardware*) sau logic (*software*), prin intermediul căruia se realizează comunicația dintre echipamente și medii fizice sau dintre două procese logice.

Interfața este cea care controlează comunicația și asigură transmisia și recepția datelor în formatul standard adoptat. Datele intră sau ies dintr-un echipament numai prin intermediul unei interfețe. În funcție de nivelele OSI pe care lucrează interfața, aceasta se implementează fizic sau logic.

Implementarea fizică a unei rețele locale impune instalarea pe fiecare calculator a unei interfețe sau plăci de rețea (NIC - *Network Interface Card*), internă sau externă, cu programul aferent (*driver*), montarea cablurilor de legătură cu anumiți conectori, realizarea conexiunilor cu unitatea care centralizează traficul, desemnată prin diferiți termeni (MAU, CU, hub, LAN switch, concentrator, repetor etc) și instalarea pe server a sistemului de operare al rețelei (NOS - *Network Operating System*).

În figura IV.1, este exemplificat foarte simplu modul de realizare a unui LAN cu un calculator de tip server și un hub. Rețeaua se poate extinde prin utilizarea tuturor porturilor din hub.

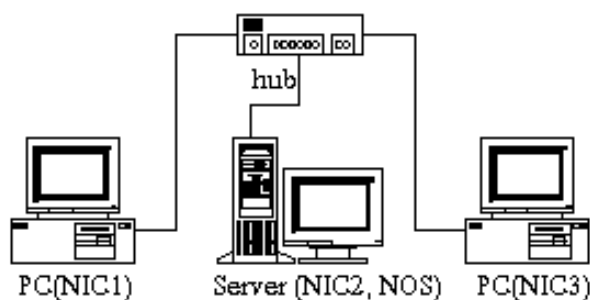


Fig.IV.1 Interconectarea echipamentelor într-un rețea

Rolul plăcii de rețea este acela de a asigura calculatorului accesul la serviciile oferite de rețea. Placa de rețea a server-ului asigură, în general, viteze mai mari de transmisie decât cele ale clienților din rețea. O placă de rețea lucrează pe subnivelul MAC, deci tipul ei depinde de arhitectura rețelei. Alegerea unei plăci de rețea se face în funcție de tipul bus-ului de date la care se va conecta (ISA, EISA, PCI, SCSI, PCMCIA etc) dar și de mediul fizic de transmisie (cablu sau "wireless"), fiind necesară o anumită interfață și anumiți conectori de legătură.

Interconectarea unui echipament cu mediul fizic de transmisie se face prin intermediul unei **interfețe fizice**, de nivel OSI 1 (*physical interface / L1 interface*), denumită și **port fizic**.

Un echipament de comunicație (hub, switch, bridge, router etc) are mai multe porturi de intrare-ieșire, deci mai multe interfețe fizice care nu sunt neapărat toate de același tip.

În funcție de modul de comunicație adoptat (sincron/asincron, echilibrat/neequilibrat) se pot utiliza diferite tipuri de interfețe fizice definite prin standarde: RS-232 (V.24), X.21, V35, G.703 etc.

RS-232, standardizată de EIA (*Electronics Industry Association*), specifică toate caracteristicile electrice pentru transmisii seriale de date, sincrone și asincrone, de mică viteză.

EIA a realizat standardul RS-232-C pentru comunicații seriale iar CCITT a adoptat un standard echivalent, numit V.24. Este un standard pentru nivelul fizic de comunicație. Distanța maximă dintre DTE și DCE este de 16,5 m la un debit binar maxim de 19200 bps cu transmisie neechilibrată (se utilizează un singur fir de masă). Se utilizează conectori cu 25 de pini (DB-25) corespunzând la 25 de funcții specifice. RS-232-D se deosebește de RS-232-C prin circuite suplimentare de testare (la distanță sau în buclă locală).

Aceste standarde se pot utiliza pentru transmisii sincrone sau asincrone, pe 2 sau pe 4 fire, pe linii specializate sau în rețeaua telefonică comutată.

Nivelele de semnal sunt +3V...+15V pentru valoare logică '1', respectiv -15V...-3V pentru '0' logic.

Pentru **transmisii asincrone**, sunt utilizați efectiv doar 10 pini (9 pini dacă se folosește un

singur fir de masă), minimum 4 pini (cei specificați prin *):

- 1* - masa de protecție (**PG** - *Protective Ground*);
- 2*- transmisie de date (**TxD** - *Data Transmission*);
- 3*- recepție date (**RxD** - *Data Receiving*);
- 4- cerere de emisie (**RTS** - *Transmission Request*);
- 5- gata de emisie (**CTS** - *Clear To Send*);
- 6- DCE pregătit pentru transmisie (**DSR** - *Data Set Ready*);
- 7*- masă de semnal (**SG** - *Signal Ground*);
- 8- detecția purtătoarei (**CD** - *Carrier Detect*);
- 20- terminal de date pregătit (**DTR** - *Data Terminal Ready*).

Temporizările între semnalele de control depind de tipul circuitelor interconectate precum și de linia folosită pentru transmisie (de exemplu: timpul de comutare OFF-ON între pinii 4 și 5 este de 400-1000 ms pe linii comutate și de 20-50 ms pe linii închiriate).

Pentru **transmisii sincrone**, se utilizează suplimentar semnale de bază de timp, pe frecvența modem-ului (DCE), la emisie pinul 15, respectiv 17 pentru recepție. Dacă DTE este un port al unui calculator atunci tactul este transmis către DCE pe pinul 24.

Confirmarea sau infirmarea recepției corecte în regim semiduplex se poate face pe un canal auxiliar de mică viteză (tipic 75 bps).

Să exemplificăm primele faze ale unei comunicații între două DTE-uri prin intermediul unor modemi cu interfețe RS-232.

Înainte de apelul propriu-zis apare comunicația dintre fiecare DTE și DCE-ul asociat, fiind activi (ON) pinii DTR și DSR (Fig. IV.2).

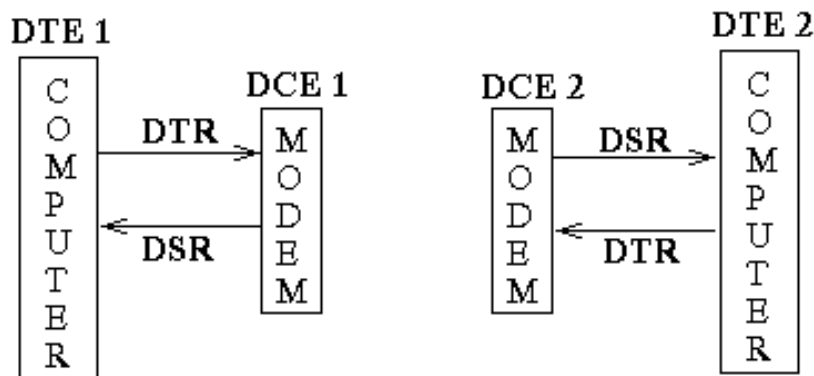


Fig.IV.2 Echipamente pregătite pentru transmisie

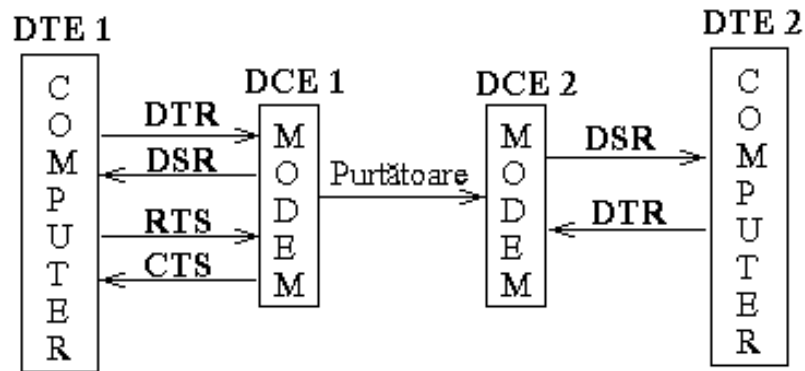


Fig. IV.3 Inițierea apelului

Cererea de transmisie a computerului 1 determină activarea altor pini înainte de a se realiza transmisia propriu-zisă a datelor (Fig. IV.3).

Modem-ul apelat sesizează prezența purțătoarei pe linie și activează CD spre terminalul 2 (Fig. IV.4).

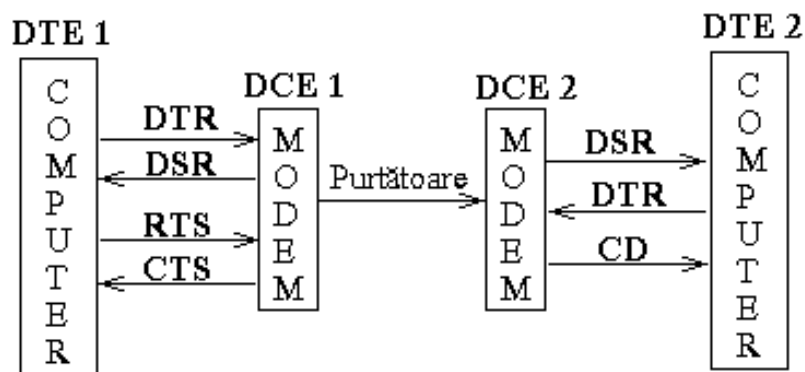


Fig. IV.4 Sesizarea apelului

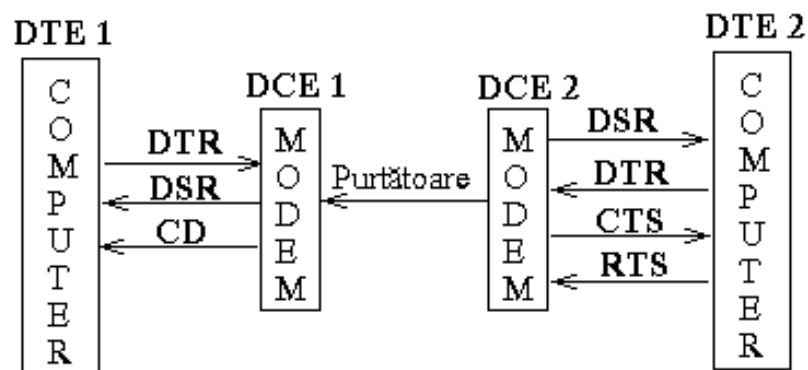


Fig. IV.5 Răspuns la apel

Dacă terminalul apelat este pregătit să recepționeze datele, în prealabil va răspunde apelului prin transmisia pe linie a unei purtătoare de o anumită frecvență spre terminalul apelant (Fig.IV.5).

Se observă că transmisia se realizează în modul semiduplex, fiind necesară schimbarea sensului de transmisie pe linie, de mai multe ori în timpul comunicației.

La viteze mai mari de transmisie (48, 56, 64 kbps) se pot aplica standardele CCITT V.35, V.36, V.37, V.90 care prevăd circuite de date echilibrate.

Interfața RS-232-C a fost devansată prin standardul RS-449 care cuprinde **trei standarde**:

- ◆ RS-423-A, echivalent cu RS-232-C cu transmisie neechilibrată;
- ◆ RS-422-A cu transmisie echilibrată și fire duble în circuitele principale cu viteze de 10 Mbps la 130 m. (Zona de tranziție între nivelele logice este redusă de la 6 V la 0.4 V cu nivele absolute de maxim 6 V);
- ◆ RS-449 pentru specificarea caracteristicilor mecanice, funcționale și procedurale.

Interfața RS-449 utilizează doi conectori de legătură, cu 37 și respectiv 9 pini.

Se utilizează conectori modulari DB9, DB15, D25, DB37, D50.

Complexitatea acestui standard l-au făcut neatractiv pentru producători ceea ce a determinat înlocuirea lui cu RS-530 care lucrează cu un conector universal de 25 pini și prezintă aceleași structuri pentru circuitele de date, control și tact ca la standardele precedente cu diferența că lucrează numai în regim echilibrat, iar ca circuite de test se păstrează cele în buclă locală sau la distanță, precum și modul de test.

Standardele prezentate nu au posibilitatea de **apel automat**. S-au dezvoltat pentru comunicațiile în rețea telefonică publică comutată (PSTN - *Public Switched Telephony Network*) standardele RS-366-A și V.25. Folosirea modemurilor inteligente reduce însă atractivitatea acestora.

Pentru transmisii seriale digitale, CCITT a propus standardele X.21 și X.21bis pentru interfețele fizice utilizate în transmisii sincrone de date de mare viteză (10 Mbps), care lucrează cu un conector cu 15 pini (DB-15) sau universali (AMPLIMITE-50), cu semnale suplimentare de sincronizare de bit și de octet, pe distanțe de maxim 10 m. Costul interfeței X-21 este însă o problemă ceea ce a determinat adoptarea lui X.21 bis cu conector de 25 pini, echivalent cu RS-232-C. Totuși funcțiile speciale suplimentare oferite de standardul X.21 (conectare rapidă, grup închis de utilizatori, redirectionarea apelurilor etc) îl fac atractiv pentru rețelele publice de date.

V.35 propus de CCITT este echivalent cu standardul RS-530 al EIA pentru transmisii seriale, echilibrate sau neechilibrate, de mare viteză (2 Mbps). Utilizează conectori DB-25.

Viteza de transmisie a datelor printr-o interfață RS-232 este de ordinul zecilor de kbps (maximum 38400 bps), în timp ce X.21 și V.35 admit viteze de ordinul Mbps.

Astfel, conexiunile de mare viteză, pe porturile prin care un LAN se conectează la WAN se folosesc interfețe în standard X.21 sau V.35.

G.703 este recomandarea CCITT care definește caracteristicile fizice și electrice ale unei interfețe cu viteze de transmisie de 2048 kbps. Este utilizată în sistemele PRI ISDN (*Primary Rate Interface for Integrated Standard Digital Network*) pentru transmisii simultane voce-date, dar nu numai.

Interfața dintre nivelul fizic și cel al legăturii de date este o **interfață de nivel 2** (*Layer 2 interface / L2 interface*). Denumirea acesteia este dictată de tipul rețelei sau de protocolul de comunicație folosit: ETH (*Ethernet*), IP (*Internet Protocol*), PPP (*Point-to-Point Protocol*), FR (*Frame Relay*) etc. Implementarea acestora se poate face atât în variantă hardware (exemplu: *eth*), cât și software (exemple: *ip*, *ppp*, *fr*). Standardele care definesc interfața de nivel 2 specifică formatul cadrului de date și impun constrângeri privind lungimea maximă de cadru care poate fi transmis. Plăcile de rețea sunt interfețe de nivel OSI 2.

Notarea interfețelor se face în diverse moduri. De exemplu, interfața pentru un port asincron este denumită simplu *port* iar pentru unul sincron se notează abreviat *syn*. La denumirea abreviată a interfeței se adaugă, de regulă, un indice care face distincția între mai multe interfețe identice definite pe același echipament (de exemplu: *eth0*; *eth1*; *ppp0*; *ppp4*; *fr5*).

Noțiunea de **port** este utilizată fie pentru a desemna conectorul fizic de legătură dintre un echipament și rețea, fie ca noțiune abstractă prin care se specifică demultiplexarea căilor în cazul transmisiilor pe canale cu acces multiplu.

De exemplu, dacă se transmit datele în sistem TDM (*Time Division Multiplexing*), atunci prin același port Ethernet, respectiv interfață *eth*, pot fi conectați la LAN mai mulți utilizatori, prin interfețe (porturi) logice de tip *ppp*, configurate logic.

Între nivelele superioare ale modelului OSI sunt definite diferite interfețe logice.

Pentru transmisii ISDN se folosesc interfețele fizice:

bri (BRI - *Basic Rate Interface*) cu două canale B ISDN de date (64 kbps) și unul D (16 kbps) folosit pentru management și controlul legăturii;

pri (PRI - *Primary Rate Interface*) cu 30 de canale B (64 kbps) și unul D extins (64 kbps).

Încapsularea datelor cu un anumit antet (*header*), în care se specifică tipul de protocol utilizat, se poate face în mai multe moduri chiar și pentru o singură interfață. De exemplu, o interfață ETH poate fi încapsulată cu sau fără secvența SAP dictată de SNAP (*SubNetwork Access Protocol*).

Este foarte important să se cunoască modul de încapsulare a datelor la nivelul interfețelor pentru a putea remedia anumite probleme care apar în rețea dar și pentru a stabili dacă echipamentele produse de diverse firme sunt compatibile și pot fi interconectate.

În transmisiile asincrone cu legături punct-la-punct nu se încapsulează datele. Apar doar biții de START și STOP necesari delimitării intervalului de transmisie.

Observații

1. Numeroase detalii privind standardizarea echipamentelor sunt specificate în recomandările RFC (*Request For Comments*).

2. Modul de supraveghere a stării interfețelor (*up; down*), altfel spus managementul lor, se realizează cu diverse MIB-uri (*Management Information Base*), în baza protocoalelor de management de rețea, conform prevederilor RFC, de exemplu, SNMP (*Simple Network Management Protocol*) descris în RFC 1157.

IV.3 REPETOARE MULTIPOART (HUB)

Unitatea centrală dintr-o rețea cu topologie fizică de tip 'stea' este denumită **MAU** (*Multistation Access Unit*) pentru o rețea Token-Ring și **hub** pentru alte tipuri de rețele.

Indiferent de denumire, această unitate este la bază un **repetor** digital de semnal, cu mai multe porturi de intrare-ieșire. MAU nu ia nici un fel de decizie logică, ignorând adresele și conținutul mesajelor, realizând doar transferul datelor ca șir de biți de la un port la altul. În terminologia OSI, un hub sau un MAU este un **dispozitiv de nivel fizic** sau **de nivel 1** (*Physical*

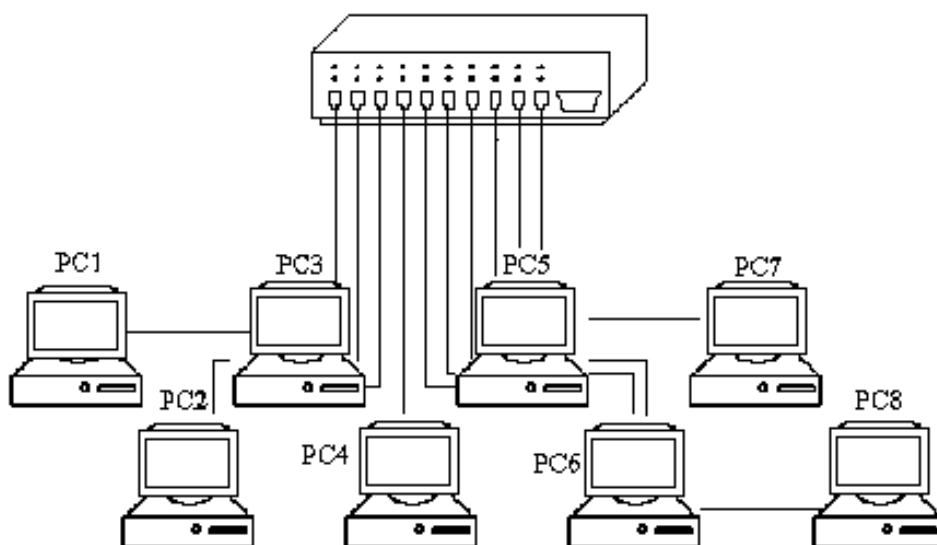


Fig.IV.6 Interconectarea calculatoarelor prin hub

Layer Device/L1 Device). Dacă amplifică semnalul, hub-ul este considerat **activ**, în caz contrar fiind vorba de unul **pasiv**.

Hub-ul este nodul central (*master*) dintr-o rețea "în stea" (Fig.IV.6).

Arhitectura LAN se poate baza fie pe principiul partajării benzii între toți utilizatorii (*media sharing*) folosind un **hub de partajare** (*Shared-Media Hub*), care lucrează ca un multiplexor TDM și limitează vitezele de transmisie la nivelul fiecărui nod în funcție de standardul adoptat (10Base2, 10BaseT, 100BaseT, 100BaseVG, ISO Ethernet etc), fie pe principiul legăturii punct-la-punct, cu un **hub cu matrice de comutație** (*Switched Hub*) care oferă pe fiecare port, unui singur calculator sau unui grup de calculatoare (segment de LAN), viteza maximă de transmisie. Avantajul arhitecturii cu matrice de comutație este acela că prin realizarea legăturii fizice dintre noduri, nu apar coliziuni și nu mai este necesară aplicarea unei metode specifice de acces la mediu.

Astfel devine posibilă transmisia duplex între nodurile rețelei rezultând arhitecturile:

1. *Full Duplex Ethernet* (20 Mbps);
2. *Full Duplex Token Ring* (32 Mbps);
3. *Full Duplex FDDI* (200 Mbps).

Din punct de vedere constructiv și funcțional, există trei categorii de hub-uri de partajare:

1. **Hub-urile simple** (*Standalone, Unmanaged* ori *Dumb Hubs*), cu/fără sursă proprie de alimentare, cu un număr fix de porturi, sunt neexpandabile și interconectează echipamentele dintr-o rețea cu arhitectură unică și mediu fizic de transmisie impus. Mai sunt denumite și **repetoare multiport**. Nu necesită configurare la instalare (fiind dispozitive *plug-and-play*).

2. **Hub-urile expandabile** (*Stackable Hubs*) admit folosirea algoritmi software pentru managementul echipamentelor rețelei (MIB) pe baza unui anumit protocol, de exemplu, SNMP. Aceste hub-uri au caracteristicile de bază ale hub-urilor simple (arhitectură unică de rețea, mediu fizic unic), dar pot fi puse în cascadă pentru realizarea unui hub virtual cu număr mare de porturi. Cascadarea hub-urilor este permisă pentru rețelele Ethernet de 10 Mbps (maxim 4 hub-uri, conform **regulii Ethernet 5-4-3-2-1**), dar nu se utilizează în rețelele Fast Ethernet deoarece lungimea maximă a cablului dintre hub-uri ar trebui să fie de 5 metri.

Cascadarea, realizată prin intermediul portului *up-link* utilizat pentru conexiunea cu nodul ierarhic superior, nu trebuie confundată cu stivuirea hub-urilor, unde legătura între acestea se realizează pe porturile pentru cablu UTP.

3. **Hub-urile inteligente** (*Managed Hubs*) sau **concentratoarele modulare**, numite simplu și **concentratoare**, prezintă o structură (*rack*) cu una sau mai multe surse de alimentare redundante, eventual un UPS (*Uninterruptible Power Supply*), o rețea proprie de cabluri de tip 'coloană vertebrală' (*backbone in a box*) la care se conectează modulele care leagă segmente de LAN cu

arhitecturi diferite (Ethernet, Token Ring, FDDI) și medii fizice diverse. Modulele pot fi introduse în șasiu și în timpul funcționării hub-ului, adică 'la cald' (*hot-swappability*). În aceste hub-uri pot fi incluse și echipamente de interconectare a LAN-urilor pentru realizarea unei rețele de arie largă (bridge, router etc), dar și module de securizare a transmisiei cu funcții specifice de criptare și autentificare.

În funcție de tipul și numărul porturilor din hub, acesta poate fi de tip:

1. **Minihub** - interconectează un număr redus (4;8) de utilizatori cu UTP. Unul din porturi permite conexiunea directă cu un alt hub sau switch, în vederea cascaderii. Folosește o sursă externă de alimentare (PSU - *Power Supply Unit*), de 230V(Europa) sau 240V(UK).

2. **Microhub** - are aceleași caracteristici cu un minihub dar, suplimentar, este prevăzut cu porturi adiționale pentru conexiuni cu BNC sau AUI pentru fibră optică.

3. **Hub multiport** - are un număr mai mare de porturi (12; 24) pentru conexiuni UTP, BNC/AUI și poate fi folosit pentru rețele 10Base2 'în stea', cu cablu coaxial subțire. Un astfel de hub este prevăzut cu un modul SNMP și poate fi expandat prin stivuire, până la o limită superioară impusă (de exemplu, maxim 5 sau 6 hub-uri în stivă).

Observații:

1. Toate rețelele implementate cu cablu torsadat sau fibră optică folosesc hub-uri pentru partajarea resurselor sistemului.

2. Pentru o mai eficientă supraveghere a funcționării hub-ului, acesta este prevăzut cu LED-uri de diagnosticare, pentru urmărirea funcționării porturilor și a sursei de alimentare, eventual a legăturii cu rețeaua (*network load*).

3. Există așa-numitele **hub-uri rapide** (*Fast Hubs*) pentru rețele Fast Ethernet de 100Mbps. Utilizarea acestora este justificată în cazul transferului de fișiere de mari dimensiuni, cu o frecvență relativ redusă, dar folosirea lor nu avantajează transferul a foarte multe pachete mici.

4. Există hub-uri duale (*Dual Speed Hub*) care pot interconecta utilizatori de 10 Mbps și 100 Mbps.

5. Alegerea unui anumit tip de hub trebuie făcută în funcție de caracteristicile traficului din rețea. Dacă majoritară este comunicația dintre server și clienți, atunci un hub partajat este suficient. Dacă în rețea există mai multe servere sau comunicațiile dintre clienți predomină, atunci este indicat să se utilizeze un **hub cu matrice de comutare** (*Switched Hub*).

Matricea de **comutare spațial** funcționează similar cu cele din sistemul telefonic (PSTN - *Public Switching Telephone Network*), realizând conexiuni fizice dedicate, sigure, pe durata comunicației între două noduri. Un exemplu de comutator spațial Banyan sincron, în 3 trepte, este prezentat în figura IV.7.

Comutatorul din figură are 8 linii de intrare și 8 linii de ieșire. Fiecare celulă deplasează datele de pe un port de intrare pe portul de ieșire determinat de bitul de cale (0 sau 1). Bitul de cale cel mai semnificativ este citit primul, urmând apoi ceilalți biți. În figura IV.7.b este prezentată calea de transfer a datelor de pe portul 4 de intrare, pentru secvența de cale 011. Se observă pentru transmisii simultane, posibila coliziune dintre această cale și cea definită de secvența 0 1 0 cu intrare pe portul 6, întrucât ambele ies în treapta a doua pe același port.

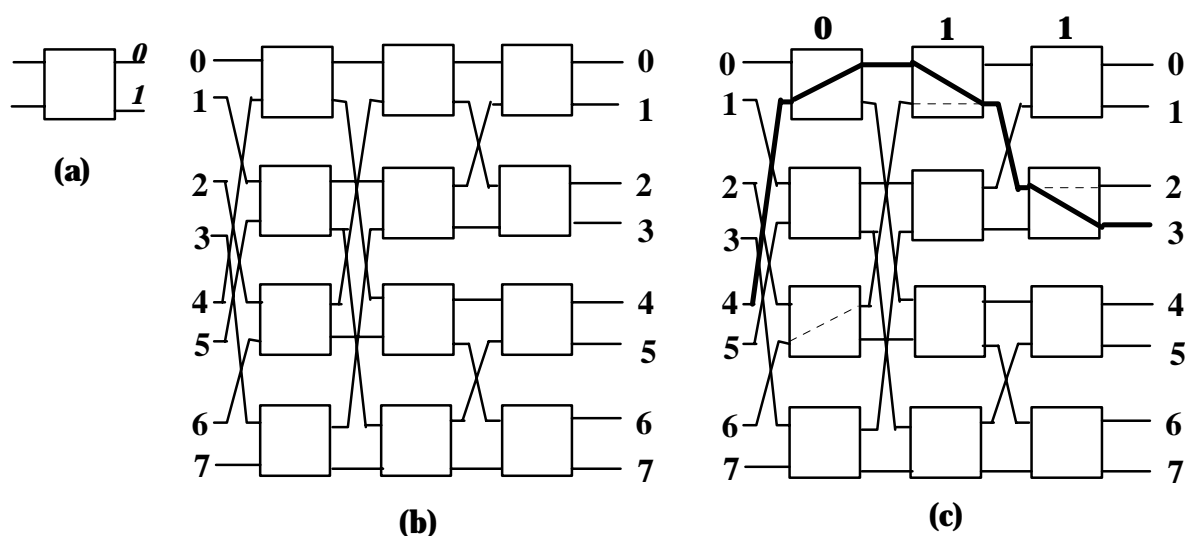


Fig. IV.7 (a) Celulă de comutare cu două porturi de intrare și două de ieșire;
 (b) Comutator Banyan cu 8x8 în trei trepte;
 (c) Trasee în comutatorul Banyan.

Această matrice de comutație spațială asigură legături simultane, fără coliziuni, între porturile similare de intrare-ieșire: 0-0 cu secvența de cale 000, 1-1 cu secvența 001, 2-2 cu secvența 010 etc. Există și alte soluții pentru comutarea de pachete.

Sistemul de comutație spațială diferă de cel de **comutare de mesaje**, specific poștei electronice (*e-mail*), care preia mesajul în întregime, îl stochează în memorie și apoi îl transmite către destinație (*store-and-forward*), fără să existe o legătură fizică între aceasta și sursă. Ineficiența utilizării legăturilor dedicate precum și capacitatea mare de memorie necesară comutării de mesaje sunt dezavantaje eliminate de **comutarea de pachete** care fragmentează mesajele în pachete mai mici, transmise către destinație pe căi diferite.

IV.4 COMUTATOARE DE REȚEA (SWITCH)

Dezavantajul hub-urilor de partajare este acela că nu elimină restricția ca numai un singur nod al rețelei să transmită la un moment dat, aplicând o anumită metodă de acces la mediul fizic. De

aceea, producătorii de echipamente pentru rețelele de calculatoare au introdus matricile de comutație specifice centralelor telefonice (PBX - *Public Branch eXchange*) în comunicațiile de date, pentru realizarea în paralel a mai multor legături punct-la-punct simultane și evitarea congestiilor. Astfel s-au obținut hub-urile cu matrice de comutare (*Switched Hubs*) sau **comutatoarele pentru LAN** (*LAN Switch*).

Conexiunile paralele, simultane dintre mai mulți utilizatori ai rețelei de calculatoare sunt create asemenea legăturilor virtuale telefonice folosind matrici de comutare.

Echipele care realizează comutarea cadrelor sunt denumite simplu **comutatoare de rețea** (*switch*) și sunt utilizate în rețele LAN cu diverse arhitecturi (Ethernet, Token-Ring, FDDI, Fast Ethernet), dar și pentru transmisiile în sisteme ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) pentru comutarea semnalelor digitale de tip voce, audio sau video, la viteze foarte mari (de ordinul Gbps). În WAN, se utilizează comutatoare de mare viteză, cu capacități superioare celor pentru LAN.

Avantajele utilizării unui switch sunt evidente:

1. Prin intermediul switch-ului, se poate extinde rețeaua, structurată relativ simplu, fizic sau logic (rețele locale virtuale VLAN - *Virtual LAN*).
2. Reduce încărcarea rețelei prin filtrarea traficului.
3. Poate interconecta segmente de LAN cu medii fizice și viteze de transmisie diferite (10BaseT, 10BaseF, 100BaseT).
4. Permite utilizarea sistemelor de prioritați pentru transmisie, prin introducerea în cadru a unui factor de calitate (QoS - *Quality of Service*).

În funcție de complexitatea operațiilor efectuate de switch, acesta poate lucra:

- ◆ pe nivelul OSI 2 al legăturii de date, mai precis pe subnivelul MAC sau pe LLC;
- ◆ pe nivelul 3 de rețea;
- ◆ pe nivelul 4 de transport.

Un **switch de subnivel MAC** (*Cut-through switch*) citește adresa MAC a destinației unui cadru și pe baza unui tabel de adrese (memorat pe durata procesului de "învățare" - *learning*), realizează legătura punct-la-punct dintre portul de intrare și cel de ieșire și expediază pachetul (*forwarding*). Decizia de comutare se poate lua și pentru fragmente foarte mici de pachete (sub 64B). Evident transferul este foarte rapid, dar este posibil ca acel cadru să fie afectat de erori și nodul-destinație să solicite retransmisia lui. Astfel rețeaua este folosită ineficient prin transmisia unui cadru eronat precum și a cererii de retransmisie.

Acest tip de switch este indicat în transmisiile în care se impun întârzieri mici de transmisie, fără un control strict al erorilor.

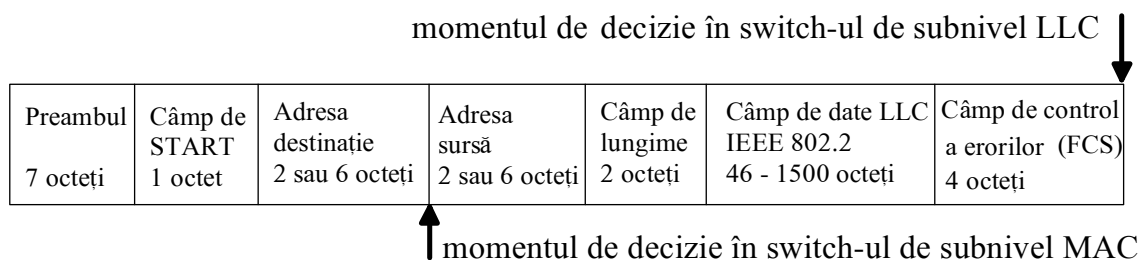


Fig. IV.8 Momentele la care se ia decizia de comutare

Un **switch de subnivel LLC** (*Store-and-forward switch*) citește cadrul primit, îl memorează și testează secvența FCS pentru detecția eventualelor erori. Dacă nu au apărut erori, cadrul este transferat către portul corespunzător destinației (Fig. IV.8). Acest switch realizează mai lent transferul decât unul de subnivel MAC, dar nu încarcă inutil rețeaua. Acest switch lucrează pe același principiu cu 'punțile' de rețea (*bridge*), folosite pentru interconectarea mai multor rețele locale.

Pentru creșterea vitezei de funcționare a **switch-ului de nivel 2**, s-a propus o soluție de compromis (*Error-free cut-through switch*), un switch care în mod normal lucrează rapid, pe subnivelul MAC și numai dacă pe o anumită cale se sesizează apariția unor erori, atunci portul de ieșire respectiv este reconfigurat să funcționeze pe subnivelul LLC pe un interval limitat de timp. Acest switch nu ia decizii de comutare înainte de a recepționa primii 64 de octeți.

Switch-ul de nivel 2 asigură conexiuni **transparente** față de nivelele OSI superioare, întrucât lucrează numai pe baza adreselor MAC și nu depinde de protocolul de rețea folosit. Viteza de comutare a pachetelor în switch-ul de nivel 2 este mare.

Interconectarea unor segmente de rețea cu viteze diferite (de exemplu, 10 Mbps și 100 Mbps), poate crea la nivelul switch-ului **erori de depășire** a capacității de memorie (*buffer overflow*), urmate de pierderea unor cadre de date.

Producătorii de echipamente au propus diferite soluții pentru această problemă.

Prima constă în utilizarea unor memorii suplimentare dar determină creșterea costului echipamentului.

A doua soluție aplică procedeul de 'alarmă falsă', ca o reacție negativă, și nodul-sursă primește mesajul fals de apariție a unei coliziuni fiind forțat (*backpressure*) să oprească transmisia pe o durată aleatoare. Astfel se permite descărcarea memoriei până la transmisia de noi date dinspre nodul de mare viteză.

Un switch de nivel 2 poate fi utilizat în diferite rețele (Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, ATM), cu diverse medii fizice de transmisie. Numărul porturilor din switch și cel al adreselor MAC admise pe fiecare port pot varia de la un echipament la altul. Unele porturi pot lucra

în regim duplex cu condiția ca și placa de rețea (NIC) a echipamentului conectat la acel port să admită transmisia duplex a datelor.

Supravegherea funcționării unui switch este mai complicată decât a unui hub, întrucât trebuie urmărite mai multe legături punct-la-punct.

Există trei variante pentru realizarea managementului unui switch:

1. pe **principiul simplu al "oglinzii"** (*port mirroring*), se copie informația dintr-un port al switch-ului într-un analizor de LAN; numai un singur port poate fi monitorizat la un anumit moment;

2. pe **principiul "oglinzilor multiple"** (*multiple port mirroring*) se creează un sistem de monitorizare la distanță (RMON - *Remote Monitoring*), în mod aleator, la intervale regulate de timp, a unor grupuri de porturi din switch, dar tot numai câte unul la un anumit moment;

3. prin **sistemul RMON simultan** (*Simultaneous RMON View*) permite supravegherea simultană a traficului din mai multe porturi folosind un procesor (CPU - *Central Processing Unit*) separat doar pentru management și memorii suplimentare pentru a nu reduce performanțele switch-ului. RMON MIB este cea mai utilizată metodă pentru managementul switch-ului. Apar probleme în ce privește utilizarea simultană a RMON MIB și SNMP.

Există switch-uri de nivel 2 care admit utilizarea algoritmului de deducere a 'drumului minim' într-un graf (*Spanning Tree Algorithm*), în baza standardului IEEE 802.1d, asemenea routerelor.

Switch-urile de nivel 3 (*L3 Switch*) combină avantajul vitezei mari de comutație a switch-ului de nivel 2 cu cele ale rutelor (controlul traficului, deducerea rutei optime etc). Un switch de nivel 3 depinde de protocoalele de rețea utilizate.

Un astfel de switch realizează automat procesul de "învățare" a adreselor (*learning*) și construcție a tabelor de comutare și rutare. Legăturile între diferite subrețele se realizează direct la nivelul de rețea. Nu se mai folosesc procesoarele RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), ci cele ASIC. Funcțiile de rutare se realizează în baza anumitor protocoale de rețea, de exemplu, RIP (*Routing Information Protocol*); RIP II; OSPF (*Open Shortest Path First*); DVMRP (*Distance Vector Multicast Routing Protocol*). Aceste switch-uri lucrează ca routere rapide realizând rutarea la nivelul porturilor.

Switch-urile de nivel 4 (*L4 Switch*) iau decizii de rutare evaluând informațiile de pe nivelul OSI 4 de transport, cum ar fi numerele porturilor logice (23 - port Telnet; 80 - port WWW etc), specificate de protocoalele de transport (de exemplu, TCP, UDP, SPX).

Observații:

1. Lățimea benzii oferite de un switch pe porturile active în paralel, devine suficient de mare

prin folosirea standardelor de transmisie duplex și GbE (*Gigabit Ethernet*).

2. Întârzierile determinate de switch în procesul de transmisie a datelor devin importante în transmisiile de date în timp real (voce, audio, video).

IV.5 MODEMURI

Interconectarea echipamentelor terminale de date aflate la distanță necesită transmisia mesajelor prin anumite canale de comunicație respectiv diferite medii de transmisie (cu sau fără 'fir').

Rețeaua telefonică este deosebit de avantajoasă pentru comunicațiile de date datorită multitudinii utilizatorilor și a ariei extinse pe care o deservește. În zonele necablate sau cu forme de relief care fac accesul dificil, este avantajoasă folosirea sistemelor *wireless*.

Indiferent de mediul fizic de transmisie, se pune problema asigurării condițiilor optime de transmisie a datelor la distanță. Transmisia datelor în banda de bază, fără modulare/demodulare este permisă numai pe distanțe scurte. Accesul de la distanță a unui terminal neconectat permanent la o rețea locală este posibilă prin intermediul unui **modem** (*Modulator-Demodulator*).

Conversia datelor într-un semnal adecvat canalului de comunicații utilizat se face aplicând o anumită tehnică digitală de modulație (Tabel IV.1).

Există diferite tipuri de modem-uri:

♦ cu **cuplare direct** \ la canalul de comunicații, în particular cu conectare la priza telefonică sau cu transmisie prin undă radio în mediul *wireless*;

♦ cu **cuplare indirect** \ (**acustic** \, datele fiind transmise prin intermediul telefonului, mai precis a microfonului, sub formă de semnal acustic; \n **infraro[u** - IRDA - *InfraRed Data Access*).

Evident modem-urile cuplate direct sunt mai performante dar pentru terminalele portabile (*laptop*) este avantajos un modem cu cuplaj indirect.

Modem-ul poate fi dispozitiv **extern**, independent de DTE sau modul în interiorul terminalului, adică modem **intern**.

În funcție de tipul canalului de comunicații folosit, modem-urile pot funcționa în regim:

- ♦ **simplex**;
- ♦ **semiduplex**;
- ♦ **duplex**.

Modul de transmisie diferențiază două categorii de modem-uri:

- ♦ **asincrone**;
- ♦ **sincrone**.

Un alt criteriu de clasificare a modem-urilor este lăţimea benzii de frecvenţe disponibile, rezultând modem-uri:

- ◆ **de bandă îngustă;**
- ◆ **de bandă largă.**

Tablel IV.1 Principalele tehnici digitale de modulaţie

Nr. ord.	Abreviere	Semnificaţie
1	ASK (DSB-SC-AM)	<i>Amplitude-Shift Keying (Double Side Band - Supressed Carrier - Amplitude Modulation)</i>
2	PSK (BPSK)	<i>Phase-Shift Keying; Binary PSK</i>
3	DPSK (DBPSK)	<i>Differential PSK</i>
4	DEPSK (DEBPSK)	<i>Differentially Encoded PSK</i>
5	QPSK (CQPSK)	<i>Quadrature PSK; Coherent QPSK</i>
6	OQPSK (SQPSK)	<i>Offset (Staggered) QPSK</i>
7	DQPSK	<i>Differential QPSK</i>
8	DEQPSK	<i>Differentially Encoded QPSK</i>
9	MSK (FFSK)	<i>Minimum-Shift Keying (Fast-FSK)</i>
10	DMSK	<i>Differential MSK</i>
11	GMSK	<i>Generalised (Gaussian) MSK</i>
12	SFSK	<i>Sinusoidal Frequency-Shift Keying</i>
13	GSFSK	<i>Generalised SFSK</i>
14	TFM	<i>Tamed Frequency Modulation</i>
15	Multi-h FM (Correlative FM)	<i>Multiple-Index FM</i>
16	IJF-OQPSK	<i>Intersymbol-Jitter-Free OQPSK</i>
17	TSI-OQPSK	<i>Two-Symbol-Interval OQPSK</i>
18	CPFSK	<i>Continuous-Phase FSK</i>
19	QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>
20	SQAM	<i>Superposed QAM</i>
21	APK	<i>Amplitude Phase Keying</i>
22	QPRS	<i>Quadrature Partial Response Signal</i>
23	Q ² PSK	<i>Quadrature-Quadrature PSK</i>
24	GQ ² PSK	<i>Generalised Q²PSK</i>

Modemurile telefonice pot fi proiectate:

- ◆ **pentru linii dedicate;**
- ◆ **pentru căi telefonice în banda vocală.**

Modem-urile de bandă largă (*broadband modem*) sau modem-urile **multiport** sunt în general utilizate pentru interconectarea mai multor terminale dintr-o reţea de comunicaţii, cu

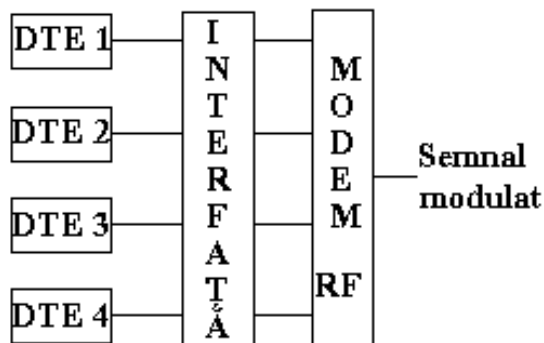


Fig.IV.9 Interconectarea componentelor unei rețele de comunicații cu un modem de bandă largă

mediul de transmisie, în variantă multiplexată (Fig.IV.9). În aceste cazuri este necesară o bună sincronizare a DTE-urilor iar proiectarea și întreținerea acestor rețele sunt dificile. În plus, creșterea numărului de utilizatori devine o problemă.

Standardele de transmisie în rețelele de comunicații de bandă largă stabilesc:

- ♦ lățimea benzii canalului de transmisie;
- ♦ numărul de canale;
- ♦ benzile de separare a canalelor;
- ♦ compatibilitățile cu alte standarde etc.

Modem-urile se caracterizează și prin **rata sau viteza de transmisie a datelor**. Prin compararea acesteia cu lățimea benzii alocate se obțin modem-uri:

- ♦ **de mic\ vitez\;**
- ♦ **de mare vitez\;**
- ♦ **de medie vitez\.**

De exemplu, în cazul modemurilor telefonice, cu transmisie binară simplex sau semi-duplex în banda 300 Hz ... 3400 kHz, se consideră 9600 bps ca o viteză medie de transmisie iar 600 bps reprezintă o rată mică de transmisie. Transferul binar al datelor în mod duplex pe circuitele pe două fire se realizează pe o bandă de frecvențe redusă la jumătate comparativ cu transmisia pe patru fire.

Funcție de caracteristica atenuare-frecvență a liniei telefonice, dacă se utilizează o bandă îngustă de frecvențe: 800 Hz ... 2400 Hz, se pot transmite date fie cu un raport de puteri semnal/zgomot minim, fie pe distanțe mai mari (20 ... 30 km). Transmisia sincronă a datelor pe linia telefonică se poate realiza la viteze relativ mari de cel puțin 56 kbps.

Creșterea ratei de transmisie față de valoarea maximă impusă pentru transmisii binare, pe un canal de comunicații de bandă limitată, se poate face prin mărirea numărului de canalelor modulatorului digital.

Performanțele tehnicilor digitale de modulație se exprimă prin următorii parametri:

♦ **Viteza (rata) de transmisie:** R [biti/s; bps];

♦ **Lățimea benzii de frecvențe** utilizate pentru transmisie: B [Hz];

♦ **Eficiența spectrală** (de bandă) :

$$\eta = \frac{R}{B} \text{ [biti/s/Hz]} \quad (\text{IV.1})$$

♦ **Puterea în bandă:**

$$P_B = \int_{-B}^B W(f)df = 2 \int_0^B W(f)df \text{ [W]} \quad (\text{IV.2})$$

unde $W(f)$ este funcția **densitate spectrală de putere** a semnalului modulat.

Pentru o bandă oarecare specificată de frecvențe, se aplică relația de calcul a puterii:

$$P_{[f_1, f_2]} = 2 \int_{f_1}^{f_2} W(f)df \text{ [W]} \quad (\text{IV.3})$$

♦ **Puterea totală:**

$$P_T = \int_{-\infty}^{\infty} W(f)df = 2 \int_0^{\infty} W(f)df \text{ [W]} \quad (\text{IV.4})$$

sau, aplicând relația integrală a lui Parseval,

$$P_T = \int_{-T/2}^{T/2} |p(t)|^2 dt \quad (\text{IV.5})$$

unde $p(t)$ reprezintă expresia în domeniul timp a impulsului formator a datelor.

În general, pentru uniformizarea puterii transmise se preferă normarea puterii totale a semnalului modulat la energia de simbol, prin introducerea unui factor de normare a amplitudinii impulsului de semnalizare.

♦ **Puterea în afara benzii:**

$$P_{out\ of\ band} = P_T - P_B \quad (\text{IV.6})$$

poate fi calculată pentru o anumită valoare a parametrului B sau poate fi reprezentată grafic ca funcție de lățimea benzii canalului de transmisie.

Graficele densității spectrale de putere și a puterii în afara benzii constituie două caracteristici de frecvență deosebit de importante pentru orice semnal modulat.

♦ **Eficiența de putere:**

$$r = \frac{P_B}{P_T} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (\text{IV.7})$$

♦ **Banda** semnalului modulat o definim ca fiind lățimea benzii de frecvențe, măsurată unilateral în jurul frecvenței purtătoare, în care este inclusă o anumită cotă admisă (90%; 95%; 99%) din puterea totală a semnalului.

În cazul transmisiilor afectate de zgomot aditiv gaussian, o caracteristică importantă a modemului este cea a **probabilității de eroare** în blocul de decizie din receptor, ca funcție de raportul puterilor semnal/zgomot.

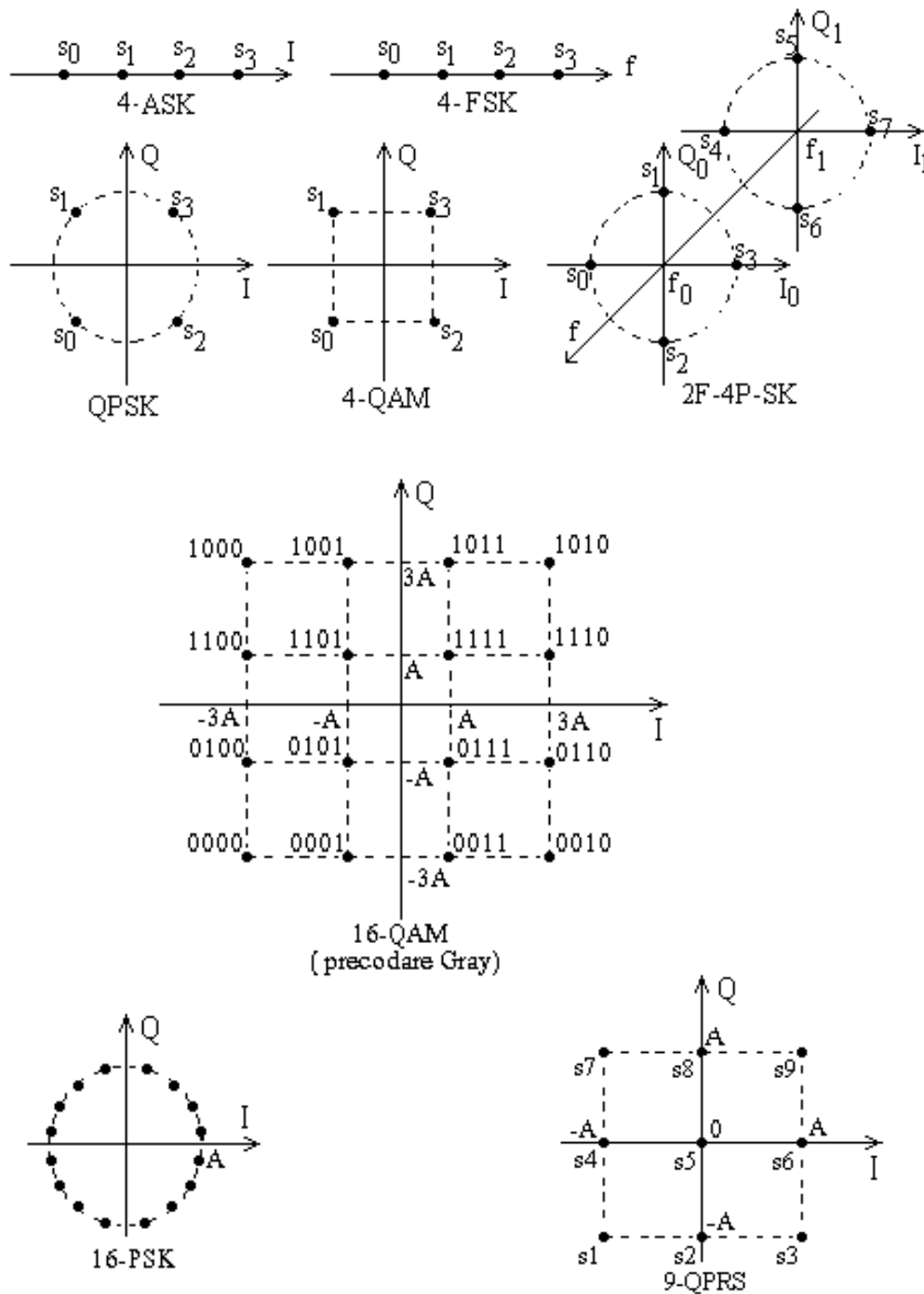


Fig.IV.10 Constelații de stări în spațiul semnalelor

Expresia funcției probabilitate de eroare se deduce pe baza constelației de stări a semnalului modulat în planul semnalelor (Fig. IV.10), în funcție de natura și de mărimea perturbațiilor care afectează procesul de transmisie:

- ◆ zgomot aditiv, gaussian, alb sau colorat: AWGN - *Additive White Gaussian Noise*, ACGN - *Additive Coloured Gaussian Noise*;
- ◆ interferență intersimboluri (ISI - *InterSymbol Interference*);
- ◆ interferențe cu alte canale;
- ◆ zgomote de fază;
- ◆ fading.

Se preferă exprimarea probabilității de eroare ca funcție de raportul de puteri purtătoare/zgomot (C/N) în cazul modemurilor cu eficiență spectrală ridicată și ca funcție de raportul energie de bit/zgomot (E_b/N_0) pentru modemurile cu eficiență de putere.

Orice instrument care măsoară raportul C/N poate fi recalibrat pentru a măsura raportul E_b/N_0 . Acest ultim raport este tot mai mult utilizat întrucât este o mărime normalizată, independentă de banda de zgomot a receptorului.

Între cele două rapoarte există relația:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} \cdot \frac{B}{R} = \frac{C}{N} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (\text{IV.8})$$

Probabilitatea de eroare a demodulatelelor digitale depinde și de caracterul coerent sau necoerent al acestora.

În tabelul IV.2 sunt prezentate valorile necesare ale raportului semnal/zgomot (S/N sau SNR - *Signal-to-Noise Ratio*) pentru un modem în cuadratură (QPSK) cu eficiență de putere și demodulare coerentă, în vederea obținerii anumitor performanțe de eroare la recepție.

TABEL IV.2

Valoarea necesară a raportului S/N
pentru o valoare impusă probabilității de eroare

P_e	S/N (dB)
10^{-2}	5,2
10^{-3}	7,3
10^{-4}	8,6
10^{-5}	9,8
10^{-6}	10,4
10^{-7}	11,3
10^{-8}	12,2

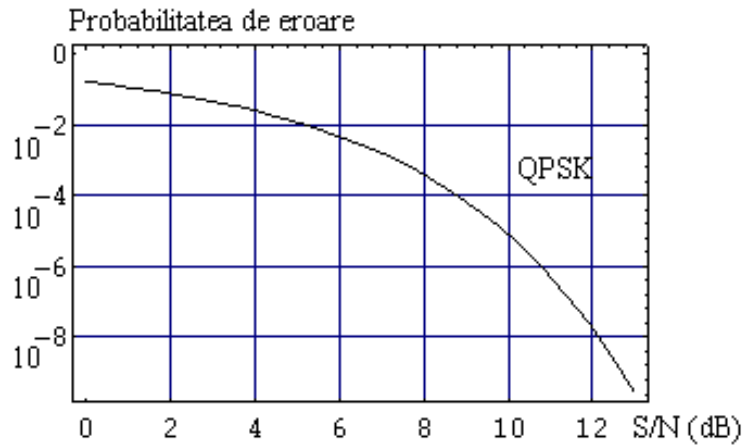


Fig.IV.11 Curba probabilității de eroare a semnalului QPSK

În figura IV.11 este reprezentat graficul probabilității de eroare ca funcție de raportul E_b/N_0 (energie de bit/d.s.p. a zgomotului alb aditiv) pentru semnal QPSK, cu anvelopă constantă, cu modulație de fază și cu eficiență de putere ridicată.

Cererile actuale de transmisie în sistemele de comunicații terestre (sisteme cu microunde, transmisii pe cablu sau fibră optică, sisteme de transmisii vocale) sunt în continuă creștere, astfel că se impune folosirea unor modemuri cu eficiență spectrală ridicată, respectiv viteză mare de transmisie și lățime minimă a benzii de frecvențe alocate. Noile generații de **modemuri cu eficiență spectrală** mare, cum ar fi cele de tip QAM, QPRS și TCM (*Trellis Coded Modulation*) cu număr mare de stări, asigură un coeficient de eficiență a benzii de cel puțin 6 biti/s/Hz.

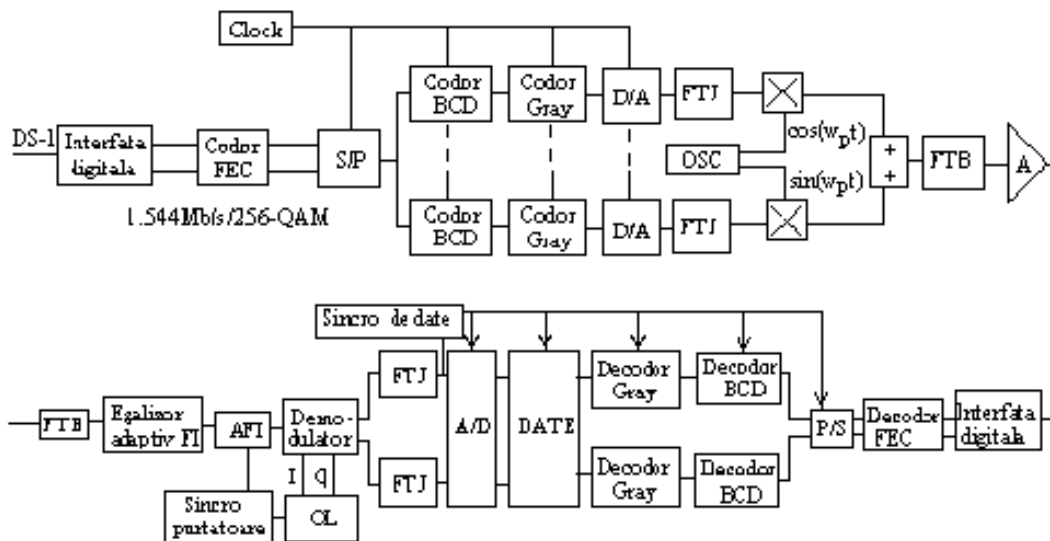


Fig.IV.12 Modem 256-QAM de 1,544 Mbps

Tehnicile digitale de modulație utilizate frecvent în cazul echipamentelor de comunicații cu putere de emisie limitată și în comunicațiile radio mobile cu amplificatoare de putere neliniare, au un raport de puteri purtătoare-zgomot (C/N - *Carrier to Noise*) insuficient pentru a permite obținerea unei eficiențe spectrale ridicate. Acestea se numesc **modemuri cu eficiență de putere** și au limitată eficiența spectrală la maximum 2 biți/s/Hz. În categoria modemurilor cu eficiență de putere sunt incluse modulațiile pe purtătoare ortogonale cu anvelopă constantă (CE-QAM - *Constant Envelope QAM*) precum și tehnicile de modulație de frecvență cu continuitate de fază (CPFSK).

În figura IV.12 este prezentată schema-bloc a unui modem 256-QAM utilizat pentru transmisie pe canal T1 de 1,544 Mbps.

Modemul are incorporate un filtru egalizor adaptiv în banda de bază (BATE - *Baseband Adaptive Transversal Equalizer*) și circuite de corecție a erorilor (FEC - *Forward Error Correction*), precum și circuite de sincronizare, amplificare și filtrare.

O altă posibilitate de optimizare a performanțelor modulatorilor digitale de mare viteză constă în precodarea de tip **trellis** a semnalelor modulatorilor în vederea creșterii distanței euclidiene dintre stările între care se efectuează tranziții. Acest lucru conduce la creșterea marginii de zgomot dintre stări, respectiv la scăderea sensibilității sistemului de comunicații față de zgomotele aditive. Se obțin așa-numitele **tehnici TCM** (*Trellis-Coded-Modulation*).

În tabelul IV. 3 sunt prezentate câteva tipuri de modem-uri telefonice și caracteristicile acestora.

Modemurile în standarde CCITT utilizează frecvențe de apel de 2100Hz; 2400Hz și 2250Hz în timp ce în standardele Bell Systems transmit apelul pe 2225 Hz.

Interconectarea a două modemuri realizate în standarde diferite implică asigurarea compatibilității lor ca valoare a frecvenței de apel, mod de transmisie, tip de modulație, viteză de transmisie etc. Compatibilitatea electrică este asigurată de interfața de comunicații (RS-232; RS-449; X.21 etc).

Observații

- ◆ Există anumite circuite denumite impropriu **modemuri în banda de bază** care realizează doar operațiile complementare unui modem privind procesarea datelor (codare, decodare, filtrare, egalizare, corecții de semnal, sincronizare de bit etc.). Deși nestandardizat de CCITT, acest tip de circuit poate fi folosit pentru transmisia datelor pe linii telefonice urbane, nepupinizate, la viteze de 1200, 2400, 4800, 9600 și 19200 bps.

Datele, sincronizate de tactul intern al modem-ului, sunt codate conform unui anumit cod de linie (Bifazic, Miller etc). Cuplarea terminalului de date la linia telefonică se face printr-un transformator de linie (interfață V.24).

La recepție, din semnalul egalizat cu un filtru adaptiv, se refacă semnalul de date codat urmând a se face în final decodarea.

♦ Interconectarea DTE-DCE respectiv calculator-modem se poate face printr-o interfață ce corespunde standardului de transmisie adoptat (CCITT V.24; RS-232-C; RS-422-A; RS-423-A; RS-449 ș.a.). În cazul folosirii interfeței seriale RS-232-C conexiunile se pot face pe un număr minim de pini (semnale: transmisie de date XMIT (2); recepție de date RECV (3); masă de semnal SG(7)) în cazul transmisiei neechilibrate, caz cunoscut sub denumirea de **conexiune simplă de modem nul** (Fig.IV.13).

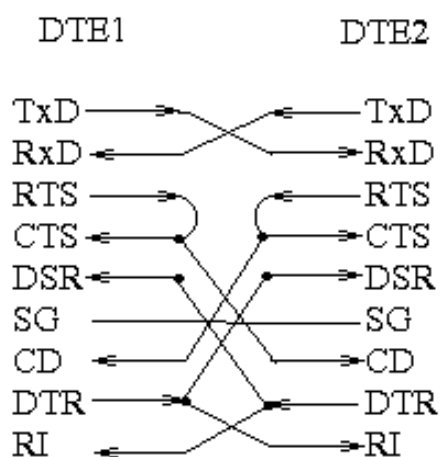


Fig.IV.13 Configurația completă a cablului de modem nul

Cele mai atractive din punctul de vedere al facilității de utilizare sunt **modem-urile inteligente** (*Smartmodems*) prevăzute cu **unitate de apel automat** (*ACU - Automatic Calling Unit*). Această unitate, realizată sub formă hard sau soft, este cea care plasează apelul pe linie și stabilește legătura, fie la anumite ore când tarifele de transmisie sunt mai mici, fie când numărul utilizatorilor este redus. Altă aplicație a unității de apel automat este cea de verificare a apelantului prin preluarea adresei acestuia și apelarea lui ulterioară în vederea eliminării posibilității preluării unor informații false de la potențiali adversari. Modem-urile inteligente lucrează cu secvențe de control speciale (exemplu: setul de instrucțiuni Hayes) pe baza unor

protocole specifice. Standardul RS-366 prevede caracteristicile ACU incorporate în modem-urile digitale.

Modem-urile inteligente Hayes sau 'compatibile Hayes' folosesc setul complet sau parțial de instrucțiuni Hayes, originale sau modificate, cu prefix AT și parametri exprimați binar (0 sau 1). Modificarea acestor comenzi a avut ca scop creșterea vitezei de lucru peste 9600 bps, valoarea specifică modem-urilor Hayes.

Setul de comenzi Hayes stă la baza programelor soft de control a modem-urilor cu unitate automată de răspuns și apel. Programul respectiv (*software*) oferă diferite opțiuni care vizează:

♦ tipul legăturii: poștă electronică (*e-mail*); transfer de fișiere (FTP); aplicații facsimil; transmisii vocale etc.

Tabel IV.3 Modemuri telefonice (standarde CCITT)

Standard	Debit (bps)	Mod de transmisie		Modulație	Linie folosită
V.17	14400	sincron	semiduplex	TCM	comutată
V.21	300	asincron	semiduplex, duplex	BFSK	comutată
V.22	600	asincro sincron	semiduplex, duplex	BPSK	comutată/ închiriată
	1200	asincron sincron	semiduplex, duplex	DQPSK	comutată/ închiriată
V.22bis	1200	asincron	semiduplex, duplex	DQPSK	comutată
	2400	asincron	semiduplex, duplex	QAM	comutată
V.23	600	asincron sincron	semiduplex, duplex	BFSK	comutată
	1200	asincron sincron	semiduplex, duplex	BFSK	comutată
V.26	1200	sincron	semiduplex	BPSK	comutată
V.26bis; ter	2400	sincron	semiduplex, duplex	DQPSK convenția B	închiriată
V.27	7200	sincron	semiduplex, duplex	8-PSK convenția A	comutată/ închiriată
V.29	4800	sincron	semiduplex, duplex	QPSK	închiriată
	7200	sincron	semiduplex, duplex	8-APK	închiriată
	9600	sincron	semiduplex, duplex	16-APK	închiriată
V.32	4800	sincron	semiduplex, duplex	4-QAM	închiriată
	9600	sincron	duplex	16-TCM/ 16-QAM	comutată
V.32bis	max. 14400	sincron	duplex	128-TCM; (64-TCM; 32-TCM)	comutată sau linie pe 2 fire, închiriată cu legături PP;
V.33	14400	sincron	semiduplex, duplex	TCM	închiriată
V.36	48k, 56k 64k, 72k	sincron	duplex	AM-VSB	canal de grup primar (48kHz)
V.61	4800 ... max. 14400	sincron	duplex	TCM	comutată sau pe 2 fire, închiriată

- ◆ monitorizarea continuității transmisiei cu sesizarea eventualelor întreruperi (*File Transfer in Progress*);
- ◆ operații de tip utilitar (*rename; delete; copy; paste*);
- ◆ setarea unor echipamente (imprimantă, scanner etc);
- ◆ efectuarea de teste de transmisie.

Compatibilitatea modemurilor inteligente trebuie asigurată la nivelul seturilor de comenzi de bază și rezultante, eventual și la nivel de registre.

Comunicațiile între modemurile inteligente sunt coordonate prin diverse protocoale.

Protocolul MNP (*Microcom Networking Protocol*) este destinat transferului de fișiere de date, între modem-uri inteligente, cu capacitate mare de detecție și corecție a erorilor de transmisie.

În prezent, acest protocol este utilizat ca standard industrial.

Proiectat după modelul OSI, protocolul MNP prezintă 3 nivele:

1. nivelul legăturii de date;
2. nivelul de sesiune;
3. nivelul de transfer de fișiere.

Formatul unui cadru MNP este asemănător celui utilizat de protocoalele SDLC și HDLC. Se folosesc câmpuri de delimitare (*FLAG*) de trei octeți. Primul câmp de control descrie utilizatorul (mod de transmisie duplex/semiduplex; lungimea mesajului etc) iar al doilea stabilește nivelul serviciului sau clasa protocolului MNP în care se efectuează transmisia. Controlul erorilor se face cu un cod ciclic (CCITT-12; CCITT-16 etc).

Protocolul MNP are 9 **clase de utilizare** dezvoltate succesiv:

Clasa 1 - transmisie asincronă, semiduplex, BOP (*Byte Oriented Protocol*);

Clasa 2 - suplimentar mod de transmisie duplex;

Clasa 3 - transmisie sincronă în pachet, fără biți de START și STOP;

Clasa 4 - se adaugă clasei 3 facilități de optimizare a formatului pachetelor și lungime adaptivă a grupelor de pachete de date;

Clasa 5 - se utilizează metode de compresie a datelor;

Clasa 6 - se negociază viteza de transmisie și se aplică transmisia duplex statistică (asemănător alocării dinamice a vitezelor de transmisie specifice protocolului WFQ utilizat în sistemele ATM);

Clasa 7 - se aplică metode de compresie a datelor cu predicție;

Clasa 8 - se adaugă în structura modem-ului filtre de egalizare realizate în standard CCITT V.29;

Clasa 9 - se combină avantajele modem-ului în standard CCITT V.32 cu metodele de

compresie a datelor obținându-se debite binare de 40 kbps în transmisie duplex.

Observație: În momentul stabilirii legăturii între două terminale, protocolul consideră că acestea pot comunica doar pe nivelul logic inferior. După această etapă, urmează a se negocia clasa MNP în care se poate încadra transmisia respectivă, în funcție de performanțele modem-urilor folosite. Astfel dacă un modem MNP întâlnește unul non-MNP, modem-ul MNP va lucra ca modem neinteligent făcând posibilă transmisia datelor.

Modem-ul asociat terminalului care inițiază transmisia, DCE-ul apelant, se găsește în **modul de transmisie** (*ORIGINATE*) iar cel care răspunde apelului și recepționează mesajul este în **modul de răspuns la apel** (*ANSWER*). Stabilirea propriu-zisă a legăturii cu echipamentul apelat se realizează în **modul de apel** (*DIAL-MODE*). Testarea funcționării modem-ului se face în **modul de autotest** (*SELF-TEST; LOOPBACK-TEST*) iar întreruperea procesului de comunicație în condițiile schimbării parametrilor de transmisie (atenuări puternice pe linie sau recepția unei secvențe 'nule' de tip *break-condition*) se poate face prin **deconectarea automată** a modemului (*AUTOMATIC DISCONNECT*).

Uzual, interconectarea DTE-ului cu un DCE se face prin intermediul unei interfețe care respectă un anumit standard de comunicație (RS-232-C, RS-449; RS-422-A; RS-423-A; EIA- 694; V.24; V.28 ș.a.) cu conectori cu număr diferit de căi (9; 25; 37). Tendințele actuale de transmisie a datelor între echipamente apropiate (2m), cu viteze relativ mari (Mbps), exclud legăturile 'pe fir', în favoarea celor *wireless* prin unde radio sau 'în infraroșu' (IrDA- *Infrared Data Access*).

Inversarea sensului de transmisie pe un canal cu comunicație în modul semi-duplex implică transmisia unor secvențe de control (de tip ACK; ENQ) nespecifice protocoalelor simple (ex. RS-232). Este necesară aplicarea unui protocol de transmisie pe un nivel superior, cum ar fi protocolul Bisync.

În anumite condiții se utilizează un canal suplimentar (secundar) de comunicații (*Backward Channel*) invers ca sens față de canalul principal, pentru transmisia unor secvențe de sincronizare, corecție de erori sau pentru controlul traficului.

Controlul funcționării modem-ului se face prin intermediul UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*). În general, acesta admite un număr limitat de conexiuni prin modem și permite testarea unor condiții de transmisie prin **registru de control a modem-ului** (MCR - *Modem Control Register*) precum și determinarea stării modem-ului prin **registru de stare a modem-ului** (MSR - *Modem Status Register*).

MCR poate determina anumite întreruperi ale UART, poate activa semnalele DTR (*Data Terminal Ready*) și RTS (*Request-To-Send*) spre UART.

DTR activ semnifică faptul că terminalul propriu este conectat prin modem la linia

telefonică. RTS reprezintă cererea de transmisie în cazul comunicațiilor semiduplex.

Registru de stare MSR este utilizat pentru sesizarea schimbărilor intervenite în funcționarea modem-ului. Orice modificare a stării modemului determină apariția unei întreruperi în funcționarea UART prin **registru de activare a întreruperii (IER - Interrupt Enable Register)** și cel de **identificare a întreruperilor (IIR - Interrupt Identifier Register)**.

Testarea funcționării modem-ului se poate efectua în următoarele variante (Fig. IV.14):

♦ **autotest (Self-Test)**: Modemul în buclă închisă este deconectat de la linie și de la terminalul propriu. O secvență binară de test, generată intern, este modulată și apoi demodulată. Se compară secvența obținută cu cea inițială. Se testează atât frecvențele de emisie cât și cele de recepție.

♦ **test de transmisie analogică (Analog Loopback Test)**: se testează legătura modemului cu terminalul propriu conexiunea cu linia telefonică fiind întreruptă.

♦ **test de transmisie digitală (Digital Loopback Test)**: se verifică funcționarea modem-ului apelat, terminalul propriu fiind deconectat.

♦ **test global (Remote Loopback Test)**: sunt testate ambele modem-uri precum și linia telefonică.

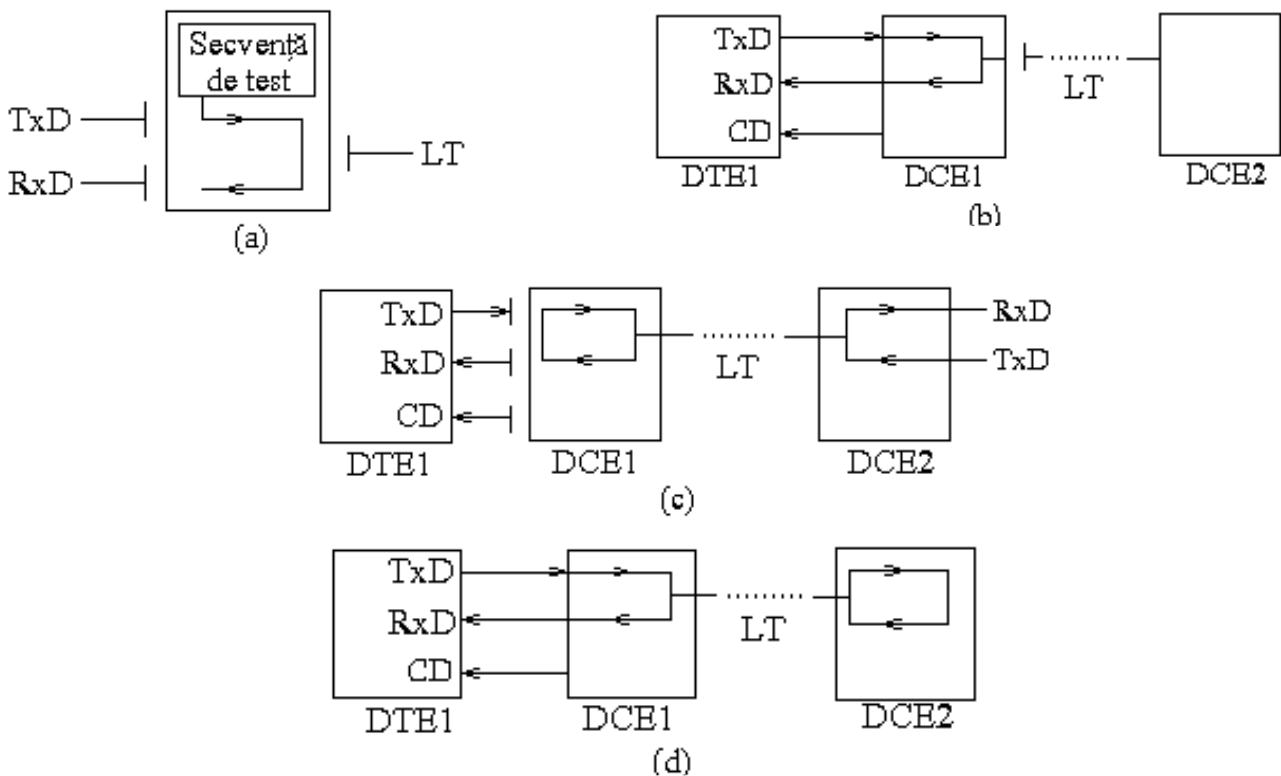


Fig.IV.14 Testarea modem-ului: (a) auto-test;
(b) testare analogică;
(c) testare digitală;