

Tema 2. DESCRIEREA NIVELULUI FIZIC

Tema are ca scop prezentarea detaliată a rolului nivelului fizic și descrierea unor standarde și protocoale de nivel fizic utilizate în diverse rețele de comunicații și calculatoare, în special cele folosite în Internet.

După parcurgerea și însușirea acestei teme, studentul va cunoaște:

- *Care sunt rolul și importanța nivelului fizic într-o rețea de comunicații și calculatoare*
- *Ce este un canal de comunicație și care sunt parametrii săi mai importanți din punct de vedere al transmiterii fizice a datelor*
- *Cum se utilizează semnalele electrice modulate pentru transmiterea informației*
- *Care sunt principalele medii fizice și ce caracteristici au*
- *Protocoalele de nivel fizic din Internet și în unele rețele locale (Ethernet, Frame Relay, PPP, HDLC)*
- *Protocoale de nivel fizic în rețele fără fir*
- *Standarde de nivel fizic folosite în rețele de transport*

Studentii vor întocmi o temă de casă care constă descrierea detaliată a unui standard de nivel fizic utilizat curent în rețelele de comunicații.

Cuvinte cheie: *mediu de transmisie, canal de transmisie, modulație, codare semnal, semnal electromagnetic, rată de transmisie, decibel, lărgime de bandă*

Indicații de studiere a temei: *Timpul minim pe care trebuie să-l acordați studierii acestui modul este de 6 ore.*

Se citește cu atenție materialul și se notează ideile principale, ecuațiile matematice, se aprofundează noțiunile subliniate. Se apelează la literatura suplimentară indicată. Se parcurg întrebările de control și testele de verificare. Se studiază problemele și exercițiile rezolvate. Se rezolvă exercițiile propuse. Dacă nu se înțeleg rezolvările sau nu se pot da soluții unor probleme propuse se restudiază subiectul în cauză.

Cuprins

- 2.1 Rolul nivelului fizic. Echipamente de nivel fizic
- 2.2 Transmiterea datelor pe canale de comunicație
 - a) Semnale electromagnetice - suport în transmiterea datelor
 - b) Transmisii în banda de bază și pe purtătoare
- 2.3. Canalul de transmisie
 - 2.3.1 Canalul de transmisie și caracteristicile sale
 - 2.3.2 Medii de transmisie
- 2.4 Protocoale de nivel fizic în rețele de calculatoare
 - 2.4.1. Rețeaua Ethernet
 - 2.4.2 Rețeaua Fast Ethernet 100BaseX
 - 2.4.3 Rețeaua Gigabit Ethernet
- 2.5 Rețele locale fără fir - WLAN
- 2.6 Accesul la rețelele publice
 - 2.6.1 Nivelul fizic al accesului
 - 2.6.2 Interfața serială
 - 2.6.3 Standarde de transmisie în telefonie digitală

Rezumat

Teme de control

Teme de casă

2.1 Rolul nivelului fizic

Nivelul fizic se ocupă de transmiterea datelor pe canalele (mediile) fizice specificând cerințe privind emisia și recepția semnalelor informaționale, tipuri și nivele de semnale, tipuri de modulație, coduri de linie, dispozitive de conectare (conectoare, mufe), caracteristici ale mediului de comunicație, modul de acces la mediu.

Nivelul fizic se bazează aproape exclusiv pe echipamente hard și conține o serie de standarde referitoare la aceste echipamente și la tehnicile de transmitere-recepție a datelor și informațiilor.

Echipamentele aferente nivelului fizic sunt:

- *plăcile de rețea, NIC- network interface card*
- *HUB-urile pasive*
- *HUB-urile simple active,*
- *terminațiile de rețea, modemurile*
- *dispozitivele de cuplare*
- *cablurile și conectoarele*
- *repetoarele*
- *multiplexoarele*
- *transmițătoarele și receptoarele de semnale electrice modulate (transceiverele).*

Echipamentele fizice sunt alcătuite din diverse circuite electronice prin care se realizează funcțiile nivelului fizic.

2.2 Transmiterea datelor pe canale de comunicație

Transmiterea informației la nivel fizic se face prin **semnale electromagnetice** (electrice, radio, microunde, optice). Semnalele pot fi analogice sau numerice, în banda de bază sau modulate (analogic sau numeric).

Transpunerea datelor primare pe o purtătoare electromagnetică poartă numele de modulare a semnalului. Prin modulare unul dintre parametrii semnalului purtător (amplitudine, fază, frecvență, polarizare, putere etc.) este modificat de către semnalul informațional

c) Semnale electromagnetice - suport în transmiterea datelor

Informația se poate transmite în două forme: prin **semnale analogice** sau prin **semnale digitale**. Semnalele analogice au o variație continuă în timp și nivel. Semnalele digitale (numerice) au variație discretă în timp și nivel.

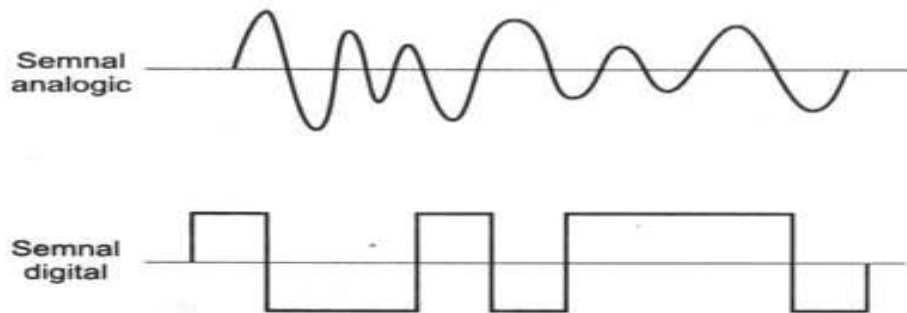


Fig. 2.1. Forme de semnale analogic și digital

Semnale digitale

Deoarece toate calculatoarele sunt digitale, marea majoritate a rețelelor de calculatoare utilizează datele digitale pentru transferul informațiilor, existând mai multe metode de codificare a datelor într-un semnal.

Metodele de codificare și pot fi grupate în două mari categorii:

- **codificare pe baza stării curențe** (pe baza atingerii unui nivel de tensiune)
- **codificare pe baza tranziției între stări** (pe baza unei tranziții de la un nivel de tensiune la altul).

La codificarea pe baza stării curențe, datele sunt codificate pe baza prezenței sau absenței unui anumit semnal sau a unei stări (de ex. +5V reprezintă bitul “0”, iar – 5V bitul “1”). Semnalul este continuu monitorizat de echipamentele de rețea, care îi determină starea curentă ce indică valorile datelor codificate corespunzător acestei stări.

Codificarea pe baza tranziției între stări utilizează tranzițiile de semnal pentru reprezentarea datelor. De exemplu o tranziție de la o tensiune mare la una mică poate reprezenta bitul "1", iar o tranziție de la nivel mic la un nivel mare poate reprezenta bitul "0". Schemele ce utilizează acest tip de codificare sunt:

- **codificarea Manchester** – o tranziție de la o tensiune mare la una mică reprezintă valoarea 1, iar de la o tensiune mică la una mare valoarea 0;
- **codificarea Manchester diferențială** – utilizează tranziția la mijlocul intervalului de bit, și ține seama și de tranzițiile anterioare.

Semnalul analogic

Este constituit din unde electromagnetice, o undă fiind caracterizată prin modificarea permanentă a formei. Câmpul electromagnetic are o variație periodică în timp și spațiu, după o funcție armonică:

$$E(z, t) = E_0 \sin(\omega t - kz + \varphi_0) \quad (2.1)$$

unde E_0 este amplitudinea componentei electrice a câmpului electromagnetic, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ este frecvența unghiulară, T este perioada semnalului, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ este constanta de propagare în spațiu, λ este lungimea de undă asociată undei electromagnetice iar φ_0 este faza inițială a undei.

Caracteristicile unui semnal analogic sunt:

- **amplitudinea**, care măsoară înălțimea semnalului, exprimată în volți
- **frecvența**, inversul intervalului de timp în care o undă face un ciclu complet, exprimată în herți
- **faza inițială**, starea relativă a undei la momentul inițial în raport cu o undă de referință, exprimată în radiani.
- **lungimea de undă**, reprezintă distanța de propagare în spațiu a undei pe durata unui ciclu, exprimată în metri.

Mărimea $\Phi = \omega t - kz$ reprezintă faza undei și caracterizează variația periodică în timp și spațiu a acesteia.

Toate aceste caracteristici pot fi utilizate pentru codificarea datelor transmise prin semnale analogice, pentru aceasta existând trei tehnici principale de modulare:

- **modularea amplitudinei** (ASK – Amplitude Shift Keying), valoarea maximă a amplitudinii reprezintă valoarea 1, iar cea minimă 0
- **modularea frecvenței** (FSK – Frequency Shift Keying), o frecvență reprezintă bitul 1 și alta reprezintă bitul 0
- **modularea fazei** (PSK – Phase Shift Keying), când o fază inițială reprezintă bitul 1 și altă valoare reprezintă bitul 0.

b) Transmisii în banda de bază și pe purtătoare

Un semnal informațional produs de o sursă de informație are un anumit spectru de frecvențe, numit **spectru de bază** sau **banda de bază** a acestuia. Un asemenea semnal poate fi transmis ca atare pe canalul de comunicație (transmisie în banda de bază) sau poate fi transpus pe o purtătoare din alt domeniu de frecvență (radio, microunde, optic). În acest caz are loc o translatăre a spectrului semnalului informațional în altă bandă și se vorbește de **transmisie pe purtătoare**.

Exercițiu:

Scrieți expresia matematică și reprezentați grafic diverse tipuri de semnale analogice și numerice

2.3. Canalul de transmisie

2.3.1 Canalul de transmisie și caracteristicile sale

Canalul de transmisie reprezintă suportul creat într-un mediu fizic prin care are loc propagarea semnalelor informaționale.

Acest mediu poate fi sub formă de ghid de undă (cabluri, fibre optice) sau mediu deschis, neghidat (încintele unor clădiri, spațiu atmosferic, spațiu extra-atmosferic etc.).

Un canal de transmisie este caracterizat de următorii parametrii mai importanți:

1. **Banda de frecvență** (banda de trecere), Δf , care reprezintă spectrul de frecvență în care nivelul semnalului nu scade sub o anumită valoare (de regulă 3dB din valoarea maximă).
2. **Zgomotul propriu** reprezentând puterea electrică a tuturor perturbațiilor existente în canal. Ele se manifestă ca niște semnale aleatoare perturbatoare, care afectează calitatea semnalelor informaționale. Semnalele utile, purtătoare de informație trebuie să aibă o putere mult mai mare decât zgomotele, adică să se asigure un **raport semnal – zgomot (RSZ)** suficient de mare. Altfel, informația utilă conținută de semnal este acoperită de zgomot și nu poate fi extrasă la recepție. În multe sisteme de comunicații analogice sau numerice se cere un $RSZ > 20$ dB.

3. **Viteza maximă** de transfer a datelor cu N nivele discrete de tensiune (amplitudine), pe un canal cu banda de trecere Δf , este dată de **relația lui Nyquist**:

$$V_{\max} = 2\Delta f \log_2 N \quad (2.2)$$

4. **Capacitatea de transmisie** a unui canal de comunicații depinde de banda de trecere și de raportul semnal – zgomot și este dată de **ecuația lui Shannon**:

$$C = \Delta f \log_2 (1 + RSZ) \text{ [bps]} \quad (2.3)$$

5. **Dispersia în timp** a componentelor spectrale este dată de vitezele diferite de propagare ale acestor componente care vor ajunge la recepție cu întârzieri variabile. Acest efect produce **distorsiunile fază – frecvență** care determină alterarea informației utile înglobată în semnale.
6. **Atenuarea semnalelor** care determină scăderea puterii semnalului la recepție și micșorarea raportului semnal – zgomot. Atenuarea semnalului este produsă de fenomene de absorbție, difuzie, dispersie etc. existente în orice canal de comunicație.

2.3.2 Medii de transmisie

Cabluri de transmisie

Cablul bifilar torsadat este cel mai simplu, ieftin și răspândit mediu de propagare, dar și cu performanțele cele mai modeste. Sunt constituite din perechi de fire de cupru izolate și răsucite (torsadate), grupate, de regulă, în cabluri multifilare.

Răsucirea determină reducerea influențelor reciproce dintre perechile de fire aflate în același cablu (diafonia) și mărește banda de trecere a canalului bifilar.

Banda de trecere a cablului bifilar dedinde de lungimea sa și este uzual de zeci, sute kHz, putând ajunge la MHz pe distanțe scurte. Atenuarea acestor cabluri crește semnificativ cu frecvența. Un cablu bifilar larg folosit în LAN-uri este cel torsadat neecranat, cu 8 perechi de fire, cunoscut su denumirea **UTP (Unshilded Twisted Pair)**.

Cablul coaxial este un ghid de undă format dintr-un conductor central și un înveliș metalic separate printr-un dielectric. Câmpul electromagnetic se propagă ghidat prin dielectricul dintre cele două conductoare. Radiația externă a câmpului este foarte redusă și, ca urmare, atenuarea și influențele cu alte cabluri din apropiere sunt foarte mici.

Cablurile coaxiale sunt folosite pentru transmisii de date de mare viteză și pe distanțe mari. Totuși este de menționat că la frecvențe (viteze de transmitere) foarte mari, atenuarea acestor cabluri este semnificativă și impune folosirea regeneratoarelor (amplificatoarelor) de semnal la intervale de câțiva km.

Fibrele optice sunt ghiduri electromagnetice în gama optică care se bazează pe fenomenele de reflexie internă și refracție optică pentru a transmite la distanțe foarte mari semnale optice modulate. Spectrul optic utilizat în prezent pentru comunicații optice este situat în zona lungimilor de undă de 1300 și 1550 nm (sute THz), unde banda de trecere a fibrei optice este enormă, zeci de THz. Fibrele optice sunt construite din sticlă de siliciu de înaltă puritate, au diametrul foarte mic, cca. 200 micrometri, greutate foarte redusă și parametrii de transmisie excelenți, neatinși de nici un alt mediu de transmisie. Atenuarea foarte redusă, de ordinul sub 1 dB/km, banda de trecere foarte largă și zgomotele proprii neglijabile, fac din fibrele optice canale de comunicații ideale. Tehnologia de producere a fibrelor optice, a surselor de radiație optică (diode laser sau LED-uri), a fotodetecatoarelor și a echipamentelor de comunicații optice este bine elaborată și competitivă ca preț.

În prezent sunt în stadiul de elaborare rețele optice cu multiplexare în lungime de undă, **WDM (wavelength division multiplxing)** care permit ca pe una și aceeași fibră să poată fi transmise simultan mai multe lungimi de undă, fiecare reprezentând un canal independent de comunicație.

Medii de transmisie neghidate

Comunicațiile neghidate folosesc propagarea semnalelor electromagnetice în spațiul liber (neghidat). Spectrul electromagnetic folosit în comunicații neghidate este foarte larg, de la cca. 10^4 Hz până la 10^{16} Hz. El este împărțit în trei mari domenii (**radio**, **microunde** și **optic**). Primele două sunt subîmpărțite în domenii de frecvență: LF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, EHF, THF, iar ultimul în trei ferestre spectrale: 800nm, 1300nm și 1550nm.

Un canal radio sau pe microunde (satelit, radioreleu) are o frecvență centrală, f_0 , (purătoare) și o bandă de trecere în jurul acesteia, Δf , în care se poate face transmisia semnalelor informaționale. Cu cât frecvența purătoare este mai mare, cu atât banda canalului este mai mare. De exemplu, o lărgime relativă a canalului de 1% înseamnă $\Delta f = 10\text{kHz}$ la $f_0 = 1\text{MHz}$ și $\Delta f = 300\text{MHz}$ la $f_0 = 30\text{GHz}$.

Există și canale radio cu spectru mult mai larg, unde nu se poate vorbi de o singură frecvență purătoare. Acestea sunt sistemele radio cu **spectru împrăștiat** sau cu **salt de frecvență**. Ele sunt foarte utilizate în sistemele de comunicații cu **acces multiplu în cod (CDMA)**.

Suplimentar: Caracteristicile canalului radio

Undele radio sunt ușor de generat, se propagă pe distanțe foarte mari, sunt puțin atenuate de corpurile nemetalice, difuzează practic în tot spațiul de propagare. Pot fi direcționate într-o anumită măsură cu antene directive. Undele medii și scurte (MF și HF) se propagă și prin reflexie pe ionosferă acoperind distanțe foarte mari (mii de km).

Microundele se propagă practic în linie dreaptă, la limita vizibilității directe. Pot fi ușor direcționate cu antene directive, sunt puternic influențate de condițiile atmosferice (praf, ploaie, zăpadă), sunt oprite de obstacole naturale.

*Spectrul electromagnetic din domeniul radio și microunde este foarte aglomerat și trebuie riguros administrat. Există reglementări naționale și internaționale în privința utilizării sale, spre deosebire de comunicațiile optice care nu necesită, cel puțin până în prezent, licențe de frecvențe de emisie. De aceea pentru transmisiile în spațiul deschis pe distanțe mici încep să se folosească tot mai mult purătoarele optice (**FSO - Free Space Optics**).*

*Sateliții de comunicații sunt echipamente de recepție – transmisie automată (**transponder**) care recepționează o porțiune de spectru electromagnetic purtător de informație, eventual îl amplifică și îl retransmit (difuzează) spre pământ pe o altă frecvență purătoare (pentru a evita interferențele).*

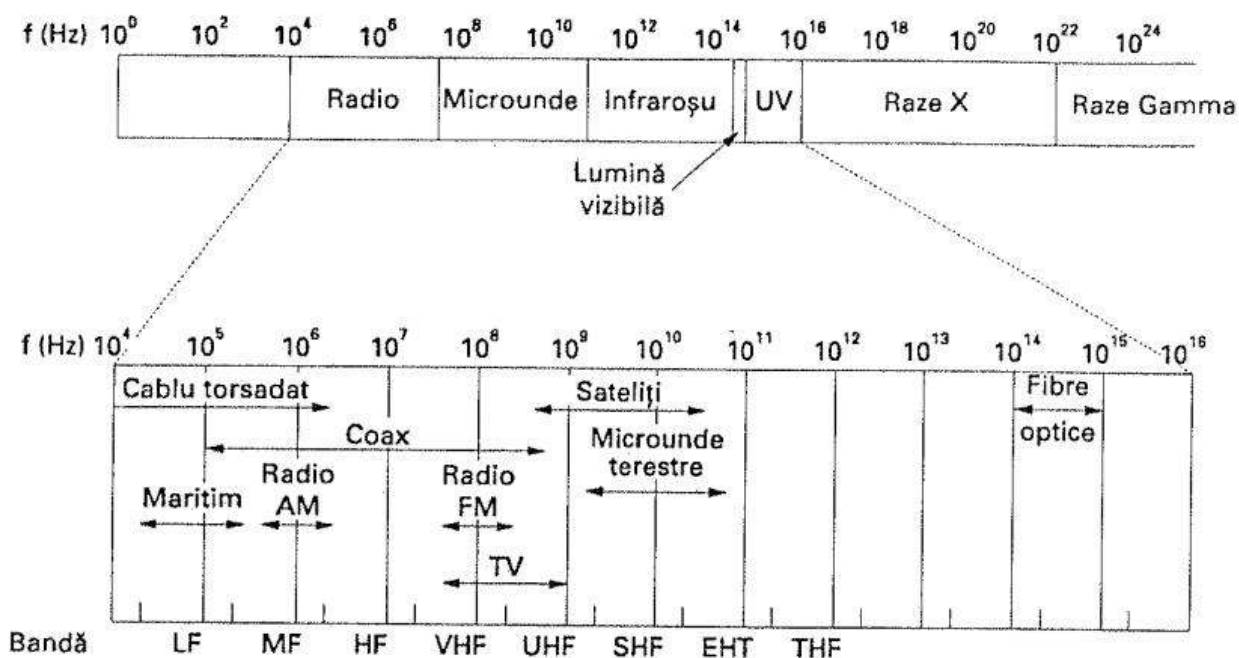


Fig. 2.2 Spectrul electromagnetic

2.2.3 Transmisii de date pe rețeaua telefonică

Rețeaua telefonică este în prezent, alături de Internet, ce mai mare rețea de comunicații cu extindere mondială și poate fi utilizată pentru transmisii de date, inclusiv între calculatoare.

Rețeaua telefonică are trei componente majore:

- **bucla locală sau rețeaua de acces și transport local;**
- **oficiile (centralele) de comutare pe diferite niveluri;**
- **trunchiurile (linkurile) care interconectează centrele de comutare.**

Bucla locală este, în majoritate, analogică și, de regulă, pe fire torsadate. Are banda de trecere limitată la 300÷3400 Hz și atenuare mare.

Un oficiu local este un comutator (centrală telefonică) la care sunt conectați abonații dintr-o arie. Poate avea până la cca 10 000 de abonați.

Dacă se dorește conectarea unui calculator în locul aparatului telefonic trebuie folosit un **modem**. Rolul său este de a adapta semnalul numeric al calculatorului la caracteristicile liniei analogice din bucla locală.

Modemurile sunt echipamente de emisie - recepție (modulator-demodulator) care modulază numeric un semnal analogic.

Diversitatea de tipuri de modulații permite obținerea unor rate de modulație (bauds) și rate ale biților (bps) de la 200 la 19600 și chiar mai mult în banda canalului telefonic standard.

Modemurile pot realiza diferite tipuri de modulație:

- **în amplitudine** (amplitude shift keying - **ASK**),
- **în frecvență** (frequency shift keying - **FSK**),
- **în fază** (phase shift keying - **PSK**),
- **în fază în cuadratură** (**QPSK**),
- **în amplitudine și în fază simultan** (**QAM-16** sau **QAM-64**) etc.

Trunchiurile care interconectează centrele de comutație transportă fluxuri numerice structurate după două standarde de bază:

- **PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)** cu viteze de la 2Mbps (multiplexul primar E1) până la 140 Mbps (multiplexul de ordinul 4, E4);
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy)** cu viteze de la 155 Mbps (STM-1) până la 40Gbps (STM-266).

Conversia unui semnal continuu în unul discret se face prin **eșantionare în timp** și **cuantizare în nivel** (amplitudine). Fiecare nivel de amplitudine poate fi reprezentat în cod binar, rezultând semnalul numeric binar.

Rata de eşantionare reprezintă numărul de de eşantioane de semnal trimise în linie în unitatea de timp (secundă). Se măsoară în bauds (Bd).

Rata semnalului binar sau rata de transmisie, R_T , reprezintă numărul de simboluri binare (1 și 0) trimise în linie în unitatea de timp. Se măsoară în biți pe secundă (bps).

Rata de modulație, R_M , reprezintă numărul de schimbări pe secundă a unei valori semnificative a semnalului. Se măsoară în bauds (Bd).

Rata de transmisie, R_T , și rata de modulație, R_M , sunt legate prin relația:

$$R_T(bps) = R_M(Bd) \times \log_2 N \quad (2.4)$$

unde N este numărul de valori semnificative ale parametrului semnalului modulat.

Necesitatea introducerii serviciilor de bandă largă la abonat a impus găsirea altor soluții de creștere a vitezei în bucla de abonat. Au apărut așa-numitele soluții **DSL (Digital Subscriber Line)**, cu 2 variante: **ADSL (Asimetric DSL)** și **HDSL (High DSL)**. ADSL-urile trebuie să asigure fluxuri de date în ambele sensuri, de la abonat la comutator și invers.

O alternativă a ADSL este **DTM (Discrete Multitone)**, ton multiplu discret, în care spectrul buclei de abonat de aprox. 1,1MHz este divizat în 256 de canale independente de 4,312 kHz fiecare.

Canalul 0 este folosit pentru serviciul telefonic tradițional (**POTS – Plain Old Telephone Service**), canalele 1 ÷ 5 nefolosite pentru evitarea interferențelor iar din restul de 250, două sunt pentru controlul fluxurilor ascendent și descendent, celelalte 248 fiind la dispoziția utilizatorului.

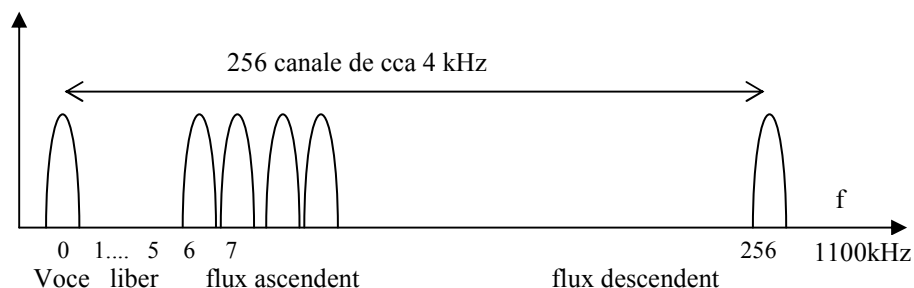


Fig. 2.3 a) Varianta ADSL cu DTM

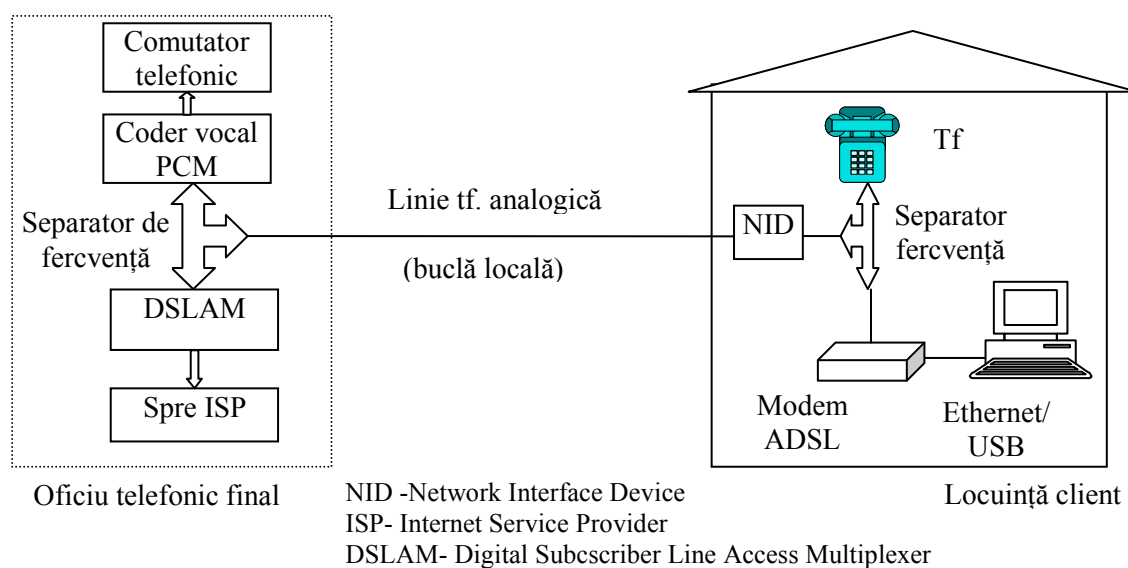


Fig.2.3 b) Configurație tipică de echipament ADSL

2.4 Protocoale de nivel fizic în rețele de calculatoare

2.4.1. Rețeaua Ethernet

Standardul IEEE 802.3, recunoscut și ca **ISO 8802.3**, cuprinde o ierarhie formată din următoarele protocoale:

- un **protocol pentru nivelul fizic** (de fapt o serie de protocoale posibile a se folosi pentru nivelul fizic);
- un **protocol pentru subnivelul MAC**, bazat pe algoritmul de acces la mediu **CSMA/CD** și acceptând ca protocol al subnivelului LLC (Logical Link Control) superior, standardul IEEE 802.2. Subnivelele MAC și LLC aparțin nivelului 2, nivelul legătură de date.

Standardul IEEE 802.3 s-a bazat initial, la nivel fizic, pe o arhitectura de tip magistrală cu cablu coaxial și a evoluat către topologia de stea, bazată pe cablu torsadat UTP și fibră optică.

Vitezele de transmisie prevăzute de standard pentru diversele variante de medii sunt de 1Mbps, pentru varianta 1Base5 și 10Mbps pentru versiunile:

- 10Base5, 10Base2, 10Broad36, toate bazate pe cablu coaxial;
- 10BaseT pentru cablul cu perechi de fire răsucite UTP;
- FOIRL, 10BaseFP, 10BaseFB, 10BaseFL pentru fibra optică.

Rețelele care lucrează la viteze peste 10Mbps sunt considerate rețele de mare viteză și sunt prezentate sub denumirea de LAN de mare viteză HSLAN (High Speed LAN).

Standardele 10Base5, 10Base2, 10Broad36 bazate pe cablu coaxial sunt depășite în prezent.

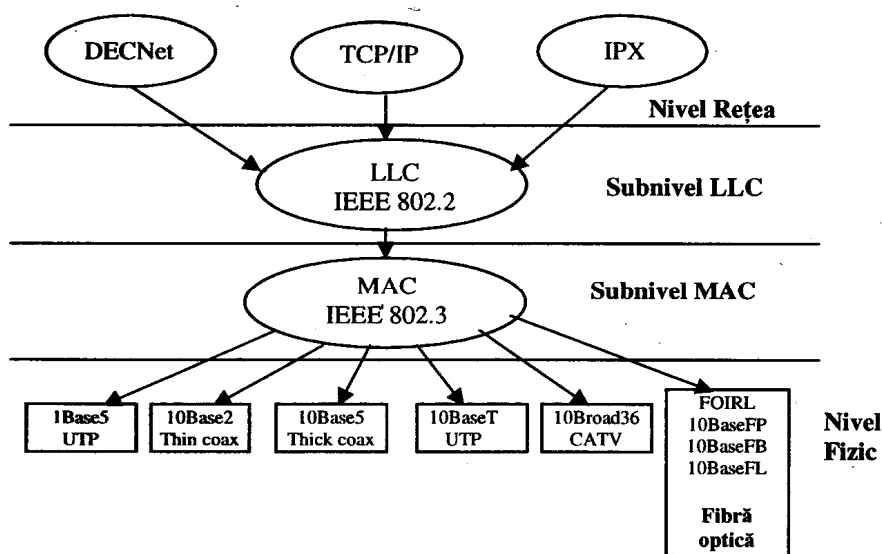


Fig. 2.5 Protocoalele de nivel fizic și legătură de date în rețele Ethernet

Suplimentar: Standardul 10BaseT

Standardul 10BaseT constituie o prima abordare structurată a problemelor legate de dezvoltarea rețelelor, în sensul ca stațiile atașate sunt legate toate la un repertoriu multiport (numit și hub), sunt conectate împreună, nu sunt inserate fiecare în diverse locuri ale mediului.

Standardul specifică caracteristicile unității de atașare la mediu și caracteristicile mediului de transmisie, legate de transmisia la 10MHz, în banda de baza și pe un segment de cablu torsadat (twisted pair, de unde și indicativul 'T' din al treilea câmp al numelui standardului). Conform acestui standard, singura modalitate de conectare a două stații este printr-o legătură punct-la-punct, de unde necesitatea utilizării repetoarelor multiport, pentru conectarea a mai mult de două

stații, formându-se astfel o topologie stelară. La nivel MAC se implementează identic protocolul 802.3.

Principalele funcții ale unui transceiver 10BaseT sunt cele obișnuite pentru un transceiver 802.3, cu particularitățile proprii mediului de transmisie, și anume:

- transmisia datelor primite de la interfața 802.3, date codificate Manchester, către mediu, respectiv către perechea de linii de transmisie date **TD** (Data Transmitting); în lipsa datelor de transmis, se transmite pe linie un semnal idle TP_IDL, care este de fapt o secvență specifică de impulsuri;

- recepția datelor de pe perechea de linii **RD** (Data Receiving) și transmiterea către interfață;

- detectarea semnalului de coliziune în mediu (pe liniile RD) și elaborarea semnalului corespunzător către interfață;

- generarea de semnal de test pentru circuitele de detectare a coliziunii (semnal SQET);

- funcția de buclare (loop-back), prin care datele transmise către mediu sunt transmise în ecou înapoi către interfață;

- funcția de test integritate a legăturilor, bazată pe faptul că dacă o perioadă de timp (50-150ms) nu se primește semnal de date sau semnal TP_IDL, se considera cădere de linie.

Un segment 10BaseT este constituit dintr-un cablu torsadat format din cel puțin două perechi de fire răsucite, cu următoarele caracteristici:

- impedanța de 100 ± 15 ohmi, pentru frecvențe de până la 16MHz;

- lungimea de maxim 100m (în timp aceasta a fost mărită datorită folosirii cablurilor UTP de categoria 5, pentru care diafonia și atenuarea au scăzut mult; se poate lucra aici până la 165m);

- viteza de propagare a semnalului electric este de cel puțin 0,585c (c fiind viteza luminii);

- atenuarea este de maxim 11,5dB.

Reteaua 10BaseT prezintă avantajele legate de raportul cost/performanță, de ușurința de instalare și gestionare a rețelei, de modernizare, fiind modelul ideal pentru rețelele dedicate grupurilor de lucru.

Standardul pentru fibra optică 10BaseF

Setul de standarde 10BaseF reglementează folosirea cablului cu fibra optică pentru un LAN 802.3. Este compus din următoarele standarde:

- 10BaseFP, bazat pe steaua pasivă;

- 10BaseFB, bazat pe transmisia sincronă pe fibra optică;

- 10BaseFL, o îmbunătățire a standardului FOIRL.

Standardul 10BaseFB

*O alta posibilitate de folosire a fibrei optice este dată de standardul **10BaseFB**, care descrie condițiile necesare folosirii cablului de fibră optică ca și coloană vertebrală (backbone) între două repetoare. Câmpul FB din nume semnifică exact folosirea fibrei optice ca backbone. Transmisia este de tip sincron, lucru care face eficace folosirea de echipamente transceiver tolerante la erori (fault-tolerant). Aceste echipamente sunt dotate cu două porturi (interfețe) pentru accesul la mediu, una principală și una de restaurare, care intră în funcțiune la defectarea primei.*

Standardul 10BaseFL

Standardul 10BaseFL se referă la problemele folosirii optice ca legătură (Link) între repetoare sau stații ale unui LAN 802.3. Legăturile pot fi de tip punct-la-punct sau stelare (dacă sunt folosite repetoare multiport).

Un segment 10BaseFL constă într-o conexiune punct-la-punct prin fibra optică între două unități MAU (unități legate prin cabluri la repetoare sau stații). El poate avea o lungime de până la 2000m.

Transceiver-ul este compatibil cu MAU FOIRL și are aceleași caracteristici optice precum MAU 10BaseFB.

2.4.2 Rețeaua Fast Ethernet 100BaseX

Rețea Ethernet la 10Mbps nu mai poate asigura nevoile de viteză crescută necesară noilor aplicații, îndeosebi aplicații multimedia, care solicită o bandă de frecvențe superioară. S-au căutat soluții pentru realizarea unei noi rețele, tot de tip Ethernet, dar de viteză superioară. Astfel s-a creat standardul **100BaseX** mai cunoscut printre utilizatori ca **Fast Ethernet**.

Fast Ethernet este definită pentru trei implementări fizice diferite:

- rețea **100BaseTX** utilizează cabluri torsadate UTP de categoria 5, câte două perechi de fire pentru fiecare direcție de transmisie; ea folosește aceleași perechi de fire și configurații de pini, aceeași topologie ca rețeaua 10BaseT. În plus, ea lucrează full duplex la 100Mbps, și pentru a asigura compatibilitatea la nivelul fizic cu standardul FDDI, utilizează codarea 4B/5B.
- rețea **100BaseFX** utilizează fibra optică multimodală; constituie dezvoltarea rețelei de tip 10BaseFL, folosită pentru legături punct-la-punct, pe o lungime de până la 2km. Rețeaua 100BaseFX are aceeași utilitate, asigură aceeași distanță de legare între două repetoare, dar la viteză de 100Mbps, în mod full duplex.
- rețea **100BaseT4** pentru posibilitatea utilizării cablurilor torsadate UTP cu patru perechi de fire, categoria 3; este necesar însă ca toate cele patru perechi să fie conectate între nod și hub (la 10BaseT exista posibilitatea utilizării a numai două perechi).

2.4.3 Rețeaua Gigabit Ethernet

Dezvoltarea rețelelor Ethernet a continuat în ultimii ani cu propunerea de standard și realizarea rețelei Ethernet la 1000Mbps. S-au creat standarde pentru rețeaua 1000BaseT bazată pe cablul torsadat, pentru rețeaua 1000BaseLX bazată pe fibră optică și altele. Toate aceste rețele poartă numele generic **Gigabit Ethernet**.

Gigabit Ethernet definește același format de cadru, folosește metoda de acces CSMA/CD, are aceleași mecanisme de control și management ca rețeaua tradițională și operează de 100 ori mai repede.

Ca medii fizice se utilizează cu precădere cablul torsadat de categoria 5, de categoria 6 (suportă transmisie la 200MHz) și categoria 7 (poate transporta semnal la 600MHz) precum și fibra optică.

2.5 Rețele locale fără fir - WLAN

Rețelele fără fir, numite și **rețele WLAN** (*Wireless LAN*), au o dezvoltare importantă, datorată progreselor în comunicațiile digitale, comunicațiile mobile și tehnologia IT. Deși încă performanțele WLAN sunt inferioare rețelelor cablate, ele constituie un complement la acestea.

Avantajele rețelelor wireless față de rețelele cablate:

- prezintă flexibilitate în poziționarea stațiilor;
- oferă ușurință în instalarea, reconfigurarea și întreținerea stațiilor;
- permit folosirea de stații mobile.

Organizațiile de standardizare IEEE și ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), au creat un grup de lucru pentru elaborarea unui standard pentru WLAN, **standardul 802.11**, comparat ca importanță cu standardul 802.3 pentru rețelele LAN obișnuite.

Standardul 802.11 se ocupă în principal de primele două nivele, dezvoltând protocoale specifice pentru:

- **nivelul fizic**, unde menționează posibilitatea alegerii a trei tehnologii de nivel fizic, una bazată pe *radiație optică în infraroșu* și alte două pe *unde radio în banda ISM*.
- **accesul la mediu**, propunând protocolul accesului multiplu cu detectarea purtătoarei și evitarea coliziunii **CSMA/CA**, găsit cel mai potrivit pentru specificul transmisiilor cadrelor (transmisie asincronă și cu timp limitat pentru ajungerea cadrelor la destinație).

WLAN bazat pe raze infraroșii

Pentru o rețea WLAN având nivelul fizic bazat pe folosirea razelor infraroșii, fiecare stație legată în rețea posedă un echipament de conectare (*transceiver*) alcătuit dintr-un **LED** (*Light Emitting Diode*) sau **DL** (*diodă laser*) ce emite în infraroșu și o **fotodiodă** funcționând pe aceeași lungime de undă. Se pot realiza două moduri de conectare a stațiilor:

- **conectarea punct-la-punct**, ce implică alinierea transceiverelor pentru a se putea “vedea” reciproc; acest mod de conectare este de folos în rețele de tip inel
- **conectarea multicast/broadcast** prin difuzia și reflexia semnalului optic într-un spațiu limitat (cameră, clădire).

Realizările practice acoperă viteze de transmisie de până la 16Mbps (cazul rețelelor de tip Token Ring), rețelele ocupând un spațiu limitat, de obicei o singură încăpere.

WLAN bazat pe unde radio în banda ISM

În spectrul electromagnetic, anumite benzi de frecvențe sunt alocate, prin reglementări internaționale, unor aplicații civile, în domeniul **industrial, științific și medical**, de unde vine și denumirea de banda **ISM** (benzile sunt alocate de către Federal Communication Comitee).

Sunt alocate trei domenii ISM:

- **ISM# 1, cu banda de frecvențe 902 - 928MHz;**
- **ISM#2, cu banda 2400 - 2483MHz;**
- **ISM#3, cu banda 5725 - 5850MHz.**

Standardele WLAN au impus utilizarea unei metode de modulare noi, folosită până atunci doar pentru transmisiile militare, metoda numita **modularea prin lărgirea spectrului** (*spread spectrum modulation*).

În esență ea constă în răspândirea (distribuirea) energiei unui semnal de banda limitată, în cadrul unei benzi mult mai largi, densitatea spectrală a energiei scăzând.

Standardul 802.11 definește la nivel fizic două tehnici pentru obținerea unui semnal de bandă limitată cu spectru lărgit:

- semnal de spectru lărgit cu **secvențiere directă DSSS** (*Direct Sequence Spread Spectrum*)

Tehnica presupune folosirea pentru transmiterea fluxului de biți, a unei purtătoare de frecvență variabilă, frecvență dată de o funcție de distribuție. Această funcție este cunoscută atât de emițător cât și de receptor. Standardul definește rate de biți de 1 sau 2 Mbps, folosindu-se canale de transmisie de 26MHz, în cadrul benzii de 2,4-2,483GHz.

- semnal de spectru lărgit cu **salturi de frecvență FHSS** (*Frequency Hopping Spread Spectrum*). Tehnica presupune că atât emițătorul cât și receptorul să lucreze în rafală, trecând de la

o frecvență la alta în mod sincron, după un șablon de frecvențe cunoscut. Standardul operează de asemenea la 2,4GHz, folosind 79 de canale de 1MHz fiecare. Fiecare sub-banda folosește minim 2,5 salturi/sec.

La nivelul protocoalelor pentru accesul la mediu (protocoale MAC), standardul folosește metoda **accesului multiplu prin detectarea purtătoarei și evitarea coliziunii (CSMA/CA)**. Fiind un protocol bazat pe rezervare, nu pe concurență, alocându-se un punct central de control, metoda devine eficientă pentru aplicațiile WLAN, asigurând o utilizare eficientă a spectrului.

2.6 Accesul la rețelele publice

2.6.1 Nivelul fizic al accesului

Rețelele de calculatoare de arie medie sau largă utilizează în multe cazuri rețele publice sau private de transport a datelor. Pentru aceasta ele trebuie să acceseze și să folosească infrastructura de comunicații.

Cel dintâi și cel mai simplu serviciu pentru transmisiile de date a fost obținut prin utilizarea unui canal telefonic obișnuit, accesat prin intermediul unui modem.

Prin introducerea telefoniei digitale și înlocuirea liniilor telefonice analogice prin trunchiuri digitale de mare viteză, la dispoziția constructorilor de rețele de calculatoare au apărut canale digitale, ca suport de transmiterea a datelor. Au apărut rețelele diditale cu servicii integrate (**ISDN** -*Integrated Services Digital Network*) cu posibilitatea integrării pe o linie telefonică a unor servicii diverse, precum: telefonie, transmisie de date, fax, video-conferințe, telealarme, etc

2.6.2 Interfața serială

Toate echipamentele (terminale, calculatoare, routere) care se conectează la linia de transmisie telefonică, fie ea analogică, fie digitală, folosesc pentru realizarea conectării, interfața serială. Standardele ITU-T au introdus notațiile **DTE** (*Data Terminal Equipment* - Echipament Terminal de Date) pentru echipamentele care se conectează (cele enumerate mai sus), și **DCE** (*Data Circuit-Terminating Equipment* - Echipament Terminator al Circuitului de Date) pentru aparatura de comunicație folosită, cum ar fi modemul. Conectarea unui DTE cu un DCE constituie o parte a conținutului nivelului fizic. Exista numeroase standarde care definesc protocoale pentru acest tip de nivel fizic, precum **RS-232**, **RS-449**, **V.24**, **V.35**, primele două fiind cele mai răspândite și fiind prezentate sintetic în continuare.

2.6.3 Standarde de transmisie în telefonia digitală

Metoda de acces multiplu a mai multor surse de date pe aceeași linie fizică de transmisie este diviziunea în timp **TDM** (*Time Division Multiplexing*). Ea se aplică în cazul rețelelor [PDH](#), [SDH](#), [ISDN](#), [ATM](#).

Standardul PDH. Purtătoarele T1 și E1

Transmisia normală pe un canal telefonic digital necesită un flux de date de 64kbps, valoare obținută pe baza teoremei lui Nyquist, luând în considerare o rată de eșantionare de 8kHz și o reprezentare esantioanelor pe 8 biți (256 nivele de cuantizare).

În SUA și Japonia s-a dezvoltat **sistemul T1**, cadrul transportator fiind proiectat pentru multiplexarea a 24 de canale vocale la 64kbps ($64 \times 8 = 192$ biți plus un bit pentru sincronizare, adică 193 biți transportați la fiecare 125microsecunde), obținând un canal de transport de 1.544Mbps, dintre care 1.536Mbps sunt folosiți pentru transmisia datelor și 8kbps pentru informația de sincronizare. Informația de sincronizare (semnalizare) s-a considerat ca este prea cuprinzătoare, și atunci CCITT a statuat ca informația analogică de pe fiecare canal să fie codificată utilizând doar 7 biți, astfel ca fiecare canal din cadrul T1 este la 56kbps. Bitul suplimentar oferit acum de fiecare canal poate fi folosit pentru semnalizare.

Tabelul 2.1 Multiplexul PDH

Nivel de multiplexare	America de Nord	Japonia	Europa
Nivel 0	64 kbps (1 canal) T0	64 kbps (1 canal) T0	64 kbps (1 canal) E0
Nivel 1	1,544 Mbps (23+1canale) T1		2.048 Mbps (30+2 canale), E1
Nivel intermediar	3,152 Mbps	-	-
Nivel 2	6,312Mbps (96 canale) T2	6,312 Mbps(96 canale) T2	8.448 Mbps E2
Nivel 3	44,736 Mbps (672 canale) T3	32,064 Mbps (480 canale) T3	34,368 Mbps (512 canale), E3
Nivel 4	274,176 Mbps(4032 canale) T4	97,728 Mbps (1440 canale) T4	139,264Mbps (2048 canale) E4

În Europa se folosește un alt **cadru transportator**, numit E1, care se bazează pe transmiterea multiplexată a 32 de canale de 64kbps, obținând cadrul purtător la 2.048Mbps. Dintre cele 32 de canale, 30 sunt folosite pentru informație și două pentru semnalizare, sincronizare și control - slot-urile de timp 0 și 16.

Standardul SONET/SDH. Purtătoarele STS-n și STM - n

Standardul de multiplexare și de transmisie de semnale telefonice numerice, PDH are limitări și neajunsuri majore referitoare, printre altele, la viteza relativ mică a datelor și mai ales la posibilitățile reduse de control și management ale rețelei. Ca urmare s-au elaborat alte standarde bazate pe un mod de transfer sincron al datelor, cu alte viteze și folosind tehnologii noi și performante de transmisie. În 1986 s-a elaborat **standardul SONET** (*Synchronous Optical Network*) în Statele Unite, folosind ca mediu fizic de transmisie fibra optică.

Ulterior, în 1989 a fost dezvoltat în Europa **standardul SDH** (*Synchronous Digital Hierarchy*), având la bază modelul SONET.

Un sistem SONET folosește un cadru de date generate sincron de echipamentele de rețea și constă din comutatoare, multiplexoare și repetoare, legate prin fibră optică, arhitectura SONET fiind de fapt o secvență de secțiuni ce interconectează echipamente vecine.

Cadrul de baza SONET este un bloc de 810 octeți, transmiși la fiecare 125 microsecunde; astfel se obține canalul de bază SONET, numit STS-1 (*Synchronous Transport Signal-1*), cu o rată de transport de 51.84Mbps. Nivelele de multiplexare superioare SONET sunt multipli ai nivelului de bază.

Standardul specifică transmisiile pentru o legatura SONET la 51.5Mbps, la 622Mbps sau la 10Gbps, etc., prin definirea ierarhiei de multiplexare de STS-1 la STS-192.

Modelul stratificat SONET/SDH

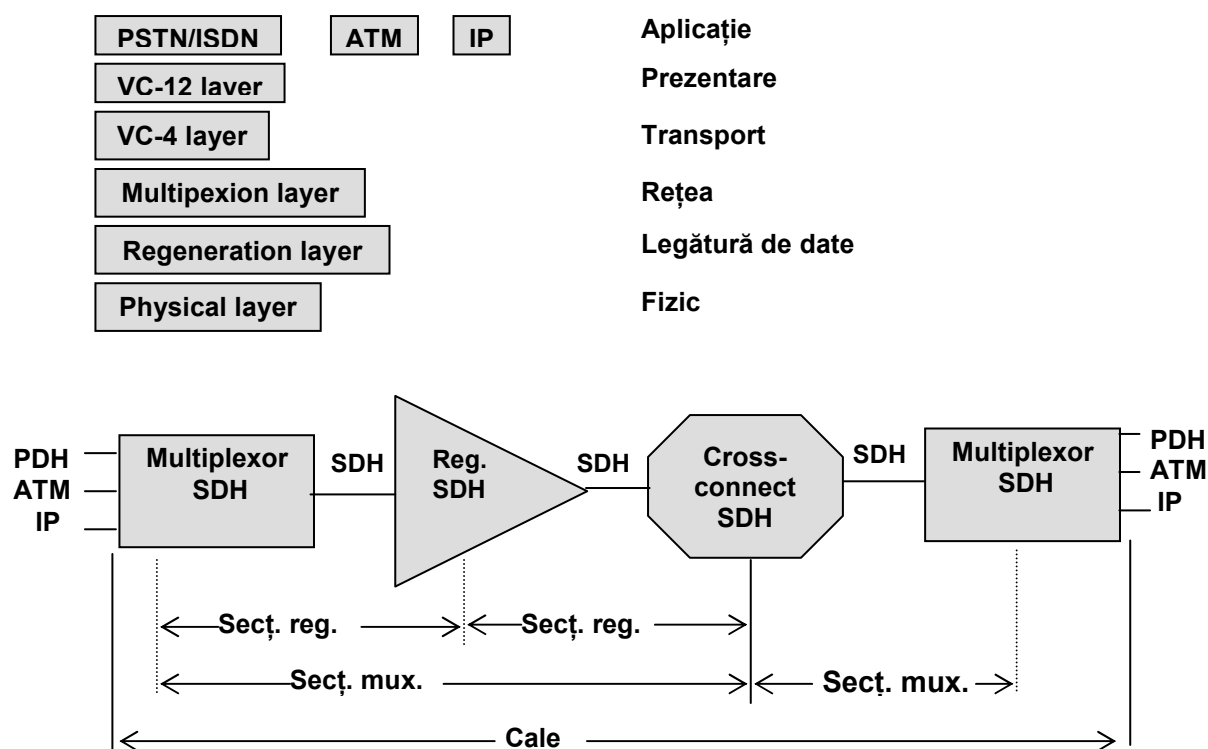


Fig. 2.15 Modelul stratificat SONET/SDH

Standardul SDH are un cadru de date de bază de 3 ori mai mare decât SONET. El se numește **STM-1** (*Synchronous Transport Module -1*), este obținut din multiplexarea a trei cadre de bază STS-1 și are rata de bază 155,52 Mbps. Cele două standarde sunt perfect compatibile pe anumite nivele de multiplexare.

OC 1	SONET	51 Mb/s,	OC 768	SONET	9,953280Gb/s
OC 3	SONET	155 Mb/s			
OC 48	SONET	622 Mb/s	STM-1		155,520Mb/s
OC 192	SONET	2,4 Gb/s.	STM-4		622,080Mb/s

STM-16 2488,320Mb/s
STM-64 9,953280Gb/s

STM-256 39,17312Gb/s

Rețele numerice cu servicii integrate ISDN

La mijlocul anilor '80 a demarat proiectul de construire a unui nou sistem telefonic cu circuite comutate, complet digital, numit **ISDN** (*Integrated Services Digital Network*), care să permită transmisia integrată de servicii vocale și non-vocale.

Rețeaua ISDN este definită ca o rețea ce permite o conectivitate digitală capat la capat și oferă o gamă largă de servicii, incluzând voce sau video, servicii la care utilizatorii au acces printr-un set limitat de interfețe standard. Prima dintre aceste interfețe standard definită și denumită **acces de bază** (*base access*), a fost concepută pentru utilizatorul final și conține două canale de date B (de bază) de 64kbps fiecare, și un canal D (16kbps) pentru semnalizări.

S-a dezvoltat apoi alt tip de interfață, numit **acces primar** (*primary rate access*), conceput pentru deținătorii de centrale telefonice digitale și prevăzând o rată mai generoasă de date prin alocarea de canale H, de mare viteză (megabiți pe secundă)

Tabelele următoare prezintă tipuri de canale ISDN și structuri de interfețe ISDN.

Tabelul 2. Tipuri de canale și interfețe ISDN

Canal	Rata de bit	Interfața
B	64 kbps	Basic access
H0	384 kbps	Primary rate access
H11	1536 kbps	Primary rate access
H12	1920 kbps	Primary rate access
D16	16 kbps	Basic access
D64	64 kbps	Primary rate access

Interfața	Rata de bit	Structura interfeței
Basic access	192 kbps	2B + D16
	1544 kbps	23B + D64 3H0 + D64 H11
Primary rate access	2048 kbps	30B + D64
		5H0 + D64 H12 + D64

Deoarece **Narrow-ISDN** (ISDN de bandă îngustă, care se bazează pe canale de 64kbps), nu poate satisface cerințele actuale, prin folosirea canalelor de mare viteză H se ating vitezele de ordinul Mbps și zecilor de Mbps, și deci a apărut firesc ISDN în bandă largă, numit **B-ISDN** (*Broadband- ISDN*). El se definește ca acel sistem care prevede canale cu viteze superioare ratei primare, prevăzând un transport al pachetelor cu dimensiune fixă (celule), de la sursă la destinație, cu o viteză de 155Mbps.

Rezumat

Nivelul fizic asigură transmiterea la distanță a informației sub formă de șiruri de biți transpusă pe un purtător fizic, printr-un mediu de propagare cu caracteristici date, folosind echipamente de emisie/recepție.

Standardele de acest nivel specifică caracteristicile interfețelor fizice dintre echipamente precum și dintre echipamente și canalul fizic de transmisie, asigurând interoperabilitatea acestora.

Nivelul fizic crează acea infrastructură de comunicații care face posibilă transmiterea unităților informaționale (biții 1 și 0) prin diverse medii fizice, de la sursa de informații până la beneficiarul ei. Nivelul fizic operează cu semnale electromagnetice (semnale electrice, unde radio, semnale optice) pe care le prelucrează în circuite electronice (generarea, modularea, emisia, recepția, demodularea semnalelor).

Rețelele locale de calculatoare au, de regulă, o infrastructură proprie de comunicații fizice, formată din echipamente de transmisie/recepție a datelor și din canale de comunicație bazate pe cabluri electrice sau canale radio. Exemple tipice sunt rețelele Ethernet de diverse tipuri, rețelele FDDI, LAN-urile fără fir etc.

Rețelele de arie largă, inclusiv Internetul, folosesc o infrastructură de transport a datelor creată de alte rețele de telecomunicații (rețeaua telefonică). Folosirea în comun de către mai multe categorii de rețele și utilizatori a unei infrastructuri de transport existentă a determinat convergența și integrarea serviciilor de rețea la nivel fizic. Aici operează standardele SONET/SDH, ATM, (B)ISDN, Frame Relay care au propriile specificații de nivel fizic.

Întrebări de control

1. Definiți și caracterizați un canal de transmitere a informației. Cum influențează canalul de comunicație propagarea semnalelor informaționale?
2. Care sunt componentele fizice ale unei rețele și descrieți rolul acestora?
3. Echipamentele de emisie-recepție recunosc șiruri de biți, caractere de câte 8 biți sau biți individuali?
4. Ce este un modem, ce rol are într-o rețea?
5. Ce se înțelege prin modularea semnalelor și ce tipuri de modulații se folosesc în transmisiile de date?
6. Care sunt cauzele erorilor de transmisie pe canalele de comunicație și cum pot fi ele reduse?
7. Cum este definită rata erorii pe bit (BER) și ce valori uzuale oferă canalele de comunicații?
8. Care sunt parametrii unui semnal purtător care pot fi modulați de către semnalul informațional?
9. Ce este o modulație analogică? Dar una numerică?
10. Cum se obține un semnal numeric dintr-un semnal analogic?
11. Care este teorema eșanționării și ce importanță are în prelucrarea semnalelor informaționale?
12. Care sunt caracteristicile standardului 802.3 (Ethernet) la nivel fizic?
13. Idem pentru Standardul 802.11 (LAN fără fir)
14. Idem pentru Standardul 802.15 (Bluetooth)
15. Descrieți posibilitățile și tehnicile de acces fizic la rețelele publice: interfețe, modemuri, tipuri de modulații analogice și numerice.