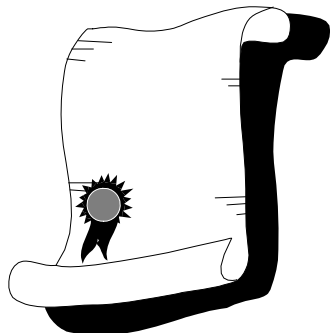


## TRANSMISIA DATELOR LA NIVEL FIZIC



### **Subiecte**

- 2.1. Efectele canalelor reale**
- 2.2. Capacitatea canalului**
- 2.3. Codarea electrică a datelor**
- 2.4. Interfețe**
  - 2.4.1. USB**
  - 2.4.2. Wireless USB**
  - 2.4.3. V.24/RS232C**

***Evaluare: 1. Răspunsuri la întrebări și aplicații***

Succesul receptorului în interpretarea corectă a datelor recepționate depinde de banda de frecvențe a semnalului și a canalului, perturbațiile din canal, tipul de codare electrică, viteza datelor și puterea semnalului transmis.

### **2.1. Efectele canalelor reale**

Canalele reale impun o serie de limitări pentru transmiterea datelor. Semnalele analogice se deformează, iar semnalele numerice pot fi eronate, adică poate apărea transformarea lui „1” în „0” sau invers. Canalele reale afectează capacitatea de transmisie a unei legături. Factorii principali care afectează calitatea semnalului sunt: atenuarea, întârzierea și zgomotele.

**Atenuarea semnalului**, sau reducerea puterii acestuia odată cu distanța parcursă, se definește ca raportul:

$$A = 10 \log_{10} \frac{P_t}{P_r} \text{ dB}$$

unde  $P_t$  este puterea transmisă, iar  $P_r$  este puterea recepționată. Pentru medii ghidate, atenuarea este exponențială și de aceea este deseori exprimată în decibeli per unitatea de distanță (dB/km). Pentru medii neghidate atenuarea este o funcție mai complexă care depinde atât de distanță cât și de condițiile atmosferice.

### **Exemplu**

O linie telefonică are pierderi de 20 dB. Puterea semnalului de la intrare este de 0,5 watt, iar puterea zgomotului de la ieșire este de 2,5  $\mu$ watt. Care este SNR la ieșirea liniei adică la receptor?

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

$$A = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{intrare}}}{P_{\text{iesire}}}, \quad 20 = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{intrare}}}{P_{\text{iesire}}}, \quad 2 = \log_{10} \frac{P_{\text{intrare}}}{P_{\text{iesire}}}$$

$$\frac{P_{\text{intrare}}}{P_{\text{iesire}}} = 10^2 \Rightarrow P_{\text{iesire}} = \frac{P_{\text{intrare}}}{100} = \frac{0,5}{100} \text{ watt} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ watt}$$

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{iesire}}}{N} \Rightarrow \text{SNR} = 10 \log_{10} \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-6}}$$

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} (2 \cdot 10^3) = 30 + 10 \cdot 0,3 \cong 33 \text{ dB}$$

Existența atenuării impune trei condiții de care trebuie ținut cont în ingineria comunicațiilor:

- **semnalul recepționat trebuie să aibă o putere suficientă** pentru ca circuitele electronice ale receptorului să-l poată detecta.
- **nivelul semnalului să fie suficient de mare față de cel al zgomotului**, ca semnalul să poată fi recepționat fără erori, Primele două condiții se rezolvă asigurând semnalului o putere suficientă la emisie și folosind amplificatoare și repetoare; dar trebuie ca puterea să nu fie atât de mare încât să aducă circuitele în zone de neliniaritate, ceea ce ar duce la deformări suplimentare ale semnalului.
- **atenuarea semnalului crește deseori odată cu creșterea frecvenței**. Aceasta problemă se rezolvă prin corectarea atenuării în banda de frecvențe în care se face transmisia, cu circuite pasive (bobine), sau folosirea unor amplificatoare care amplifică mai mult semnalele de frecvențe înalte decât cele de frecvențe joase (egalizare).

În figura 2.1 este prezentată distorsiunea de atenuare pentru o linie telefonică închiriată, măsurată relativ la atenuarea de la frecvența de 1000 Hz. Valorile pozitive de pe ordonată indică o atenuare mai mare decât cea de la 1000 Hz. În canal se emite un semnal sinusoidal sau o purtătoare cu frecvența de 1000 Hz și o anumită putere se măsoară puterea semnalului recepționat  $P_{1000}$ . Procedura se repetă pentru purtătoare cu frecvențe diferite, în banda vocală, (300-3400) Hz. Atenuarea relativă, exprimată în decibeli este:

$$N_f = -10 \log_{10} \frac{P_f}{P_{1000}} \text{ dB}$$

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

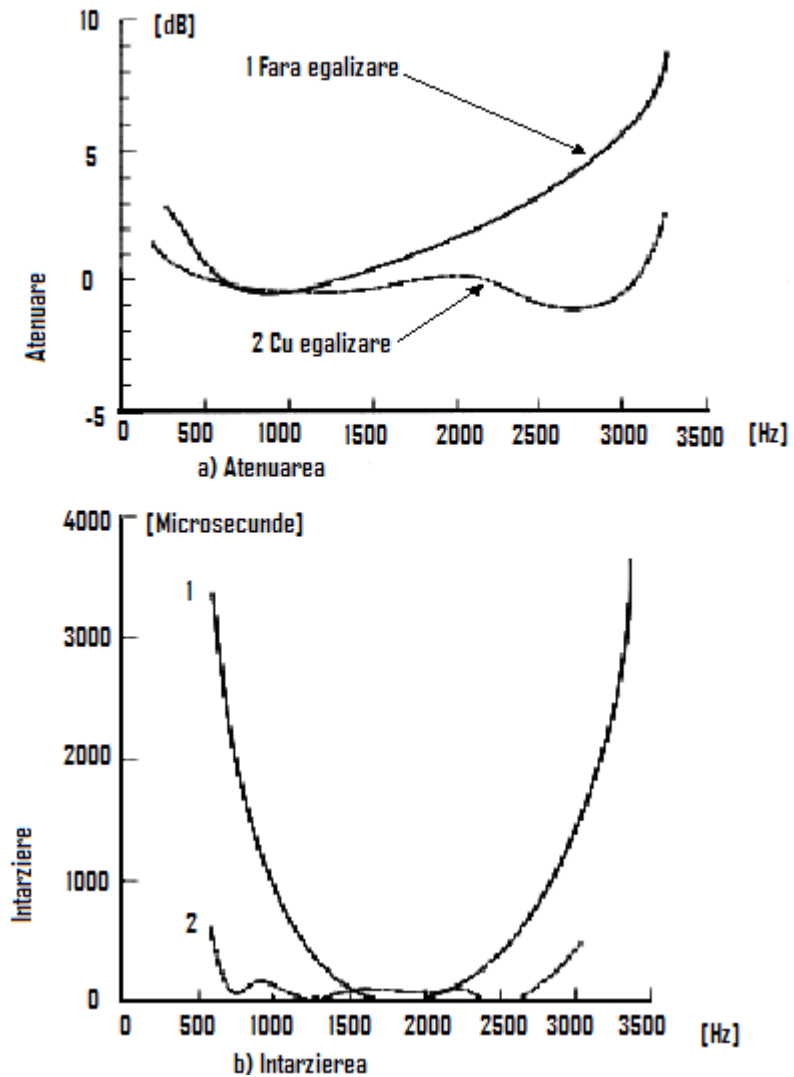


Fig. 2.1. Curbele distorsiunii de atenuare (a) și distorsiunii de întârziere (b)

Cu linie continuă este reprezentată atenuarea fără egalizare; se vede că atenuarea nu este constantă în banda de transmisiune și deci semnalul va fi deformat. De aceea se procedează la egalizarea canalului, ceea ce duce la o aplatizare a atenuării în banda de transmisiune deci la o îmbunătățire a calității semnalului; atenuarea cu egalizare este reprezentată cu linie punctată. La transmisiunea semnalelor numerice, dacă se alege un cod de linie adecvat, majoritatea energiei semnalului este concentrată în jurul frecvenței fundamentale sau a ratei de bit a semnalului, deci în acest caz ele vor fi mai puțin deformate.

Distorsiunea de **întârziere** apare din cauza că viteza de propagare a semnalelor prin medii ghidate depinde de frecvență. Pentru semnalele de bandă limitată viteza maximă este la frecvența centrală și este mai redusă la capetele benzii. Componentele de frecvențe diferite din care este format semnalul numeric, vor fi astfel întârziate diferit, ceea ce duce la o deformare suplimentară a semnalului transmis prin canal. Distorsiunea de întârziere este foarte importantă pentru transmiterea semnalelor numerice. Din cauza ei, componentele spectrale

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

ale unui anumit bit se pot deplasa pe poziția biților învecinați, cauzând interferența intersimbol, ISI (InterSymbol Interference), care determină limitări importante ale vitezei maxime de transmisiune prin canal. Și în acest caz se procedează la egalizare; efectul egalizării se poate vedea în figura 2.1.b.

**Zgomotele** sunt semnale suplimentare nedorite introduse în semnalul util în timpul propagării prin canal. Există patru categorii de zgomote: zgomotul termic, zgomotul de intermodulație, diafonia și zgomotul în impulsuri.

**Zgomotul termic** se datorează agitației termice a electronilor din conductoare; este prezent în toate dispozitivele electronice și mediile de transmisiune și depinde de temperatură. El este uniform distribuit în banda de frecvențe folosită de obicei în sistemele de comunicație și de aceea se mai numește și zgomot alb. El nu poate fi eliminat și astfel limitează superior viteza de transmisie a datelor prin canal. Are o importanță deosebită la transmisiunile prin satelit unde puterea semnalului recepționat este foarte scăzută. Dacă densitatea spectrală de putere a zgomotului este:

$$N_0 = kT \text{ (W/Hz)},$$

care reprezintă puterea zgomotului în banda de 1 Hz, unde  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K este constanta lui Boltzmann iar T este temperatura absolută exprimată în grade Kelvin. Deoarece zgomotul nu depinde de frecvență, pentru o bandă B oarecare, puterea zgomotului este:

$$N = N_0 B \text{ (W)} \text{ sau } N = kTB \text{ (W)}$$

sau în decibel-watt:

$$\begin{aligned} N &= 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B \\ &= -226,6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log B. \end{aligned}$$

**Zgomotul de intermodulație** este cauzat de neliniaritățile existente la transmițător, la receptor, sau sunt cauzate de mediul de transmisiune. Dacă emițătorul și receptorul sunt liniare, semnalul rezultat în urma amplificării este semnalul de intrare înmulțit cu o constantă. Neliniaritățile sunt cauzate fie de o funcționare incorectă a unor dispozitive, fie de folosirea unor semnale de intrare de putere prea mare, deci de o funcționare în zona neliniară a caracteristicii de transfer a amplificatoarelor. Zgomotul de intermodulație are ca rezultat apariția unor semnale având frecvența sumă sau diferență a frecvențelor originale, sau multipli ai acestora.

**Diafonia** se manifestă în sistemele telefonice, atunci când un utilizator aude pe linga conversația sa și o altă conversație, și se

## **Modulul 2**

### Transmisia datelor la nivel fizic

datorează în principal cuplajului dintre perechile de fire din același cablu. Ea poate apărea și când o antenă pentru microunde captează semnale nedorite; deși antenele sunt direcționate, energia se poate „împrăștia” și ajunge în zona unei alte antene. Rezultatul este că un semnal este recepționat și de altă antenă. Diafonia este de același ordin de mărime sau mai mică decât zgomotul termic. Zgomotul termic, cel de intermodulație și diafonia sunt relativ predictibile și deci se poate ține cont de ele în proiectarea sistemelor de transmisiuni.

**Zgomotul în impulsuri** este discontinuu și constă din impulsuri sau vârfuri de zgomot de durată mică și amplitudine relativ mare, cu caracter aleatoriu, și provine din surse exterioare sistemului de transmisiune: fulgere sau alte perturbații electromagnetice. Influența lor asupra semnalului depinde de raportul semnal pe zgomot. Dacă, pentru a reduce efectul zgomotelor, se crește puterea semnalului, se poate ajunge în zone de neliniaritate. Sunt mai multe feluri de zgomote în impulsuri:

- zgomotul **de fluctuații**, datorat rețelelor de alimentare cu energie electrică sau stațiilor radio, are spectrul de putere uniform distribuit în banda frecvențelor utile. Pentru transmisiile de date este suficient un raport semnal pe zgomot de maxim 30 dBmo,
- zgomotul **sinusoidal**, datorat rețelelor și echipamentelor de electroalimentare (apar frecvența de 50 Hz și multipli săi, cu  $U=100\text{mV}$ ) și datorat și apelurilor în frecvență (10,12, 16 kHz și  $U=7\text{mV}$ ),
- zgomotul **în impulsuri**, care apare prin diafonie din circuite vecine în care se transmit impulsuri de nivel mare (semnalizări, apeluri, impulsuri telegrafice) sau datorită comutatoarelor din CTA-uri (Centrale Telefonice Automate).

Avizul V.55 recomandă măsurarea unei căi timp de 15 minute, sau cel mai apropiat interval în care încapă un număr întreg de pachete și numărarea impulsurilor care depășesc un anumit prag (maximum 18 impulsuri ce depășesc -15dBmo).

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

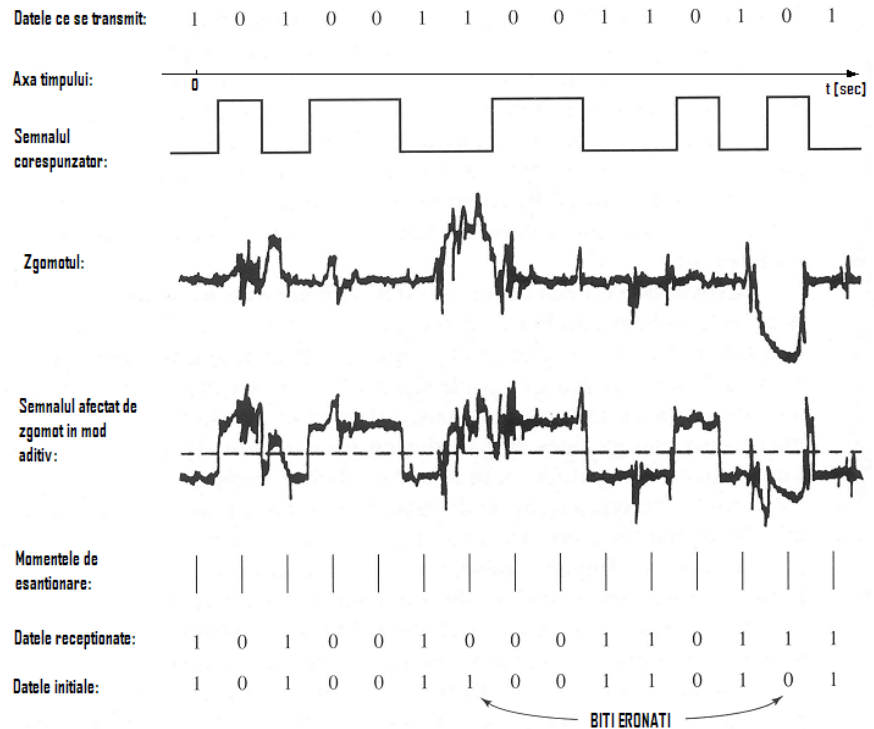


Fig. 2.2. Efectul zgomotelor asupra semnalelor numerice

## 2.2. Capacitatea canalului

Pentru transmisiunile digitale sau numerice se pune problema cum să fie tratate efectele canalului astfel încât datele să poată fi transmise la o viteză cât mai mare.

**Capacitatea canalului este viteza maximă cu care se pot transmite datele printr-o cale de comunicație sau canal, în anumite condiții. Există patru noțiuni care trebuie avute în vedere:**

- **Debitul datelor** reprezintă **viteza**, în **biți pe secundă (bps)** la care pot fi comunicate datele. Ea este numită și bandă numerică sau digitală.

- **Banda de frecvențe**, sau lățimea de bandă, reprezintă banda semnalului transmis, impusă de transmițător și de natura mediului de transmisie, exprimată în cicluri pe secundă sau **Hertz-i (Hz)**.

- **Zgomotul** reprezintă nivelul mediu al zgomotului prin calea de comunicație.

- **Probabilitatea erorii** sau **rata erorii** este rata de apariție a erorilor și se calculează ca **raportul dintre numărul de biți eronați receptionați și numărul total de biți transmiși**; prin eroare se înțelege recepționarea unui 1 când s-a transmis un 0, sau invers recepționarea unui 0 când s-a transmis un 1. Pentru probabilitatea de eroare se mai folosește și termenul de **BER** (Bit Error Rate).

**Terminalul de date** sau calculatorul transmite datele sub forma unor simboluri binare, sau biți. La transmiterea în canal, forma de semnalizare poate fi păstrată sau modificată, de către echipamentul numit **modem**. Numele este o abreviere de la **modulare-demodulare**,

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

deoarece în acest echipament, datele modulează de obicei un semnal sinusoidal, numit purtătoare, modificându-i unul din parametrii care o caracterizează și anume: amplitudinea, faza sau frecvența. Dacă însă, transmisia se face în banda de bază, adică prin niveluri de tensiune continuă, ridicate sau coborâte, atunci nu mai apare operația de modulare a purtătoarei la emisie, respectiv de demodulare la recepție, dar echipamentului i s-a păstrat denumirea de modem. Acesta se numește modem în banda de bază și conține la emițător un codor, care schimbă codarea NRZ a datelor livrate de terminalul de date, într-o codare mai adecvată transmisiei, ca de exemplu codare RZ, Manchester, AMI, HDB3, codare bipolară, codare multinivel, etc. La receptor există decodorul, care reface secvența binară din simbolurile recepționate din canal. Astfel, în canalul de comunicație se pot transmite alte tipuri de simboluri, diferite de simbolurile binare livrate modemului de terminalul de date.

**Terminalul de date** se numește **DTE** (Data Terminal Equipment), iar viteza datelor sau **debitul D** al datelor livrate la ieșirea sa și la intrarea în modem se măsoară în **biți pe secundă**, sau **bps**. **Modemul** se numește **DCE** (Data Circuit Equipment), iar viteza semnalelor de la ieșirea sa și deci viteza din canal se numește **viteză de semnalizare v**, și se măsoară în număr de **simboluri pe secundă** adică **baud** sau **Bd**. Relația dintre debit și viteza de semnalizare este:

$$D = v \log_2 M,$$

unde  $M$  este o putere a lui 2, și reprezintă numărul de simboluri posibile din canal.

Există două **teoreme care stabilesc limitele pentru viteza de transmisie, pentru canale fără zgomot, respectiv cu zgomot**: teorema lui Nyquist și teorema lui Shannon.

- **Capacitatea canalelor ideale.** Considerând un canal fără zgomot sau ideal, singura limitare impusă vitezei datelor este cea dată de banda de frecvențe.

**Teorema lui Nyquist pentru canale ideale** afirmă că, dacă **B** este banda de frecvențe disponibilă a canalului, echivalent cu un filtru trece-jos ideal, atunci **viteza datelor** prin canal, **pentru codarea cu 2 niveluri**, este:

$$C = 2B$$

**Exemplu:** considerăm o **cale vocală** ideală, la care transmisia semnalelor binare se face în **banda (300 – 3400) Hz**, deci banda sa este de 3100 Hz. Semnalele numerice se transmit prin intermediul unui modem. Atunci capacitatea canalului este  $C=2B=6200$  bps.

**Codarea multinivel (M niveluri).** În canale, pot fi folosite semnale cu mai mult de două niveluri, astfel încât fiecare element de semnal poate reprezenta sau transporta mai mult decât un singur bit. Dacă, de exemplu, se folosește o reprezentare cu patru niveluri de

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

tensiune, atunci fiecare element de semnal (un nivel de tensiune din cele patru niveluri posibile) va transporta 2 biți ( $2^2 = 4$ ), iar dacă se folosește o reprezentare cu opt niveluri de tensiune atunci fiecare element de semnal (un nivel de tensiune din cele opt niveluri posibile) va transporta 3 biți ( $2^3 = 8$ ). La **semnalizarea multinivel**, și **canale ideale** formula lui Nyquist devine:

$$C = 2B \log_2 M$$

Pentru  $M=2$  se regăsește formula lui Nyquist. **Deci, pentru o bandă dată, capacitatea canalului poate fi crescută crescând numărul simbolurilor din canal.** Evident că acest lucru complică sarcina receptorului, care va trebui să facă distincție nu numai între două simboluri ci între mai multe, din cele  $M$  posibile. Aceste formule reprezintă valori maxime teoretice pentru canalele ideale. În canalele reale, zgomotul și alte efecte limitează valoarea lui  $M$ .

**Exemplu.** Un sistem numeric operează la 9600bps. Dacă elementele de semnal sunt codate cu 4 biți pe cuvânt, care este banda minimă necesară a canalului?

**Soluție:**

$$C = 2B \log_2 M, \quad M = 2^4 = 16,$$

$$9600 = 2B \log_2 16, \quad 9600 = 2B \log_2 16$$

$$9600 = 2B \cdot 4, \quad B = 1200 \text{ Hz}$$

#### • Capacitatea canalelor reale.

Teorema lui Nyquist arată că, păstrând constante celelalte condiții, dublarea benzii permite dublarea ratei datelor.

Să considerăm acum **relația dintre rata datelor, zgomot și rata erorii**. Zgomotul poate corupe unul sau mai mulți biți. Dacă rata datelor crește, atunci fiecare bit va dura mai puțin, astfel că pentru o anumită structură a zgomotului vor fi afectați mai mulți biți. Deci, pentru un anumit nivel de zgomot, creșterea ratei datelor duce la creșterea ratei erorilor. Pe de altă parte, pentru un anumit nivel de zgomot, creșterea puterii semnalului va permite receptorului să detecteze corect un număr mai mare de biți în prezența zgomotului, deci scade rata erorilor. Elementul cheie în acest raționament este **raportul semnal pe zgomot** care este raportul dintre puterea semnalului și puterea zgomotului, notat fie cu **SNR** (Signal-to-Noise Ratio), fie cu **S/N**. Acest raport se exprimă în valori absolute, ca raportul **S/N** dintre cele două puteri, a semnalului  $S$ , și a zgomotului  $N$ . Raportul poate fi exprimat în decibeli, și în acest caz se calculează cu formula:

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \text{ dB.}$$



## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

Un raport SNR mare înseamnă o calitate bună a semnalului recepționat și un număr redus de repetoare. Acest raport e important în transmiterea datelor numerice, deoarece impune limita superioară pentru rata datelor.

**Capacitatea maximă a canalului, în prezența zgomotelor se poate calcula cu formula stabilită de C. Shannon și anume:**

$$C = B \log_2(1 + S/N) \text{ bps}$$

Formula aproximativă, în care raportul semnal/zgomot se introduce în decibeli, este:

$$C \cong \frac{B}{3} \cdot SNR|_{\text{dB}} \text{ bps}$$

Puterea zgomotului este proporțională cu B, banda de frecvențe utilizată:

$$N = N_0 B$$

deci la receptor, filtrul de la intrare are ca scop să limiteze banda zgomotului recepționat și deci să limiteze puterea zgomotului.

**Exemplu:** Care este capacitatea pentru o linie telefonică, având  $B = 3100 \text{ Hz}$  și  $S/N = 30 \text{ dB}$  ?

### Soluție.

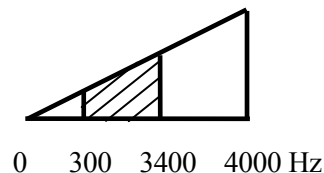
$$10 \log_{10} S/N=30 \Rightarrow S/N = 10^3$$

Capacitatea va fi:

$$C = 3100 \log_2(1 + 1000) = 30894 \text{ bps}$$

sau

$$C \cong \frac{B}{3} \cdot \frac{S}{N}|_{\text{dB}} \text{ bps} = \frac{3100}{3} \cdot 30 = 31000 \text{ bps}$$



Capacitatea indicată de formula lui Shannon e denumită “capacitate fără erori”. Shannon a arătat că dacă informația se transmite prin canal la o rată mai mică decât cea dată pentru capacitatea fără erori, atunci este posibilă codarea informației cu

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

**un cod adecvat, pentru a atinge aceasta limită superioară, dar nu a specificat cum trebuie creat acest cod.**

Se poate face o **transmisiune în timp real**, doar în cazul în care **debitul sursei este mai mic cel mul egal cu capacitatea canalului.**

**Exemplu.** O imagine TV se transmite de la o sursa care foloseste o matrice de 480x500 de pixeli (elemente de imagine). Fiecare pixel poate avea una din 32 de intensitati posibile. Se transmit 30 de imagini pe secunda. Care este debitul sau rata sursei R? Dca se foloseste un canal cu banda de 4,5 Mhz si raportul semnal pe zgomot de 35 dB, poaate fi facuta transmisia in timp real?

### Solutie:

Pentru codarea celor 32 de intensități sunt necesari 5 biți per pixel,  $32 = 2^5$ . Rata sau debitul sursei va fi:

$$R = 480 \cdot 500 \frac{\text{pixeli}}{\text{imagine}} \cdot 5 \frac{\text{biti}}{\text{pixel}} \cdot 30 \frac{\text{imagini}}{\text{secunda}} = 36 \cdot 10^6 \text{ bps.}$$

Capacitatea canalului este:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \cong \frac{B}{3} \cdot SNR \Big|_{dB}$$

$$C \cong \frac{4,5 \cdot 10^6}{3} \cdot 35 = 52,5 \cdot 10^6 \text{ bps} \quad ,$$

$$R < C$$

deci transmisiunea poate avea loc în timp real.

### 2.3. Codarea electrică a datelor

Succesul receptorului în interpretarea corectă a datelor recepționate depinde de **banda de frecvență, tipul de codare electrică, viteza datelor și raportul semnal pe zgomot.**

**Elementul de semnal** este starea care rămâne nemodificată un interval de timp  $\Delta t$ , de exemplu un nivel de tensiune. Bitul poate fi format din unul sau două elemente de semnal. In figura 2.3 sunt reprezentate un impuls și un bit. Pentru această reprezentare binară a informației, **elementul de semnal** este **impulsul**, iar **bitul** este format din două elemente de semnal, deoarece se folosește o reprezentare a informației de tip retur la zero, RZ (Return to Zero). La semnalizarea NRZ (Non Return to Zero) bitul este format dintr-un singur element de semnal: 1 logic e reprezentat prin nivel ridicat de tensiune, iar 0 logic e reprezentat prin nivel scăzut de tensiune (figura 2.3). La reprezentarea multinivel, cu 4 sau 8 niveluri de tensiune, dacă T este perioada de bit, un element de semnal, adică unul din cele 4 sau 8 niveluri posibile va dura 2T, respectiv 3T, deoarece trebuie să fie grupați 2biti, respectiv 3 biți pentru a coda cele 4 sau 8 niveluri de tensiune posibile.

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

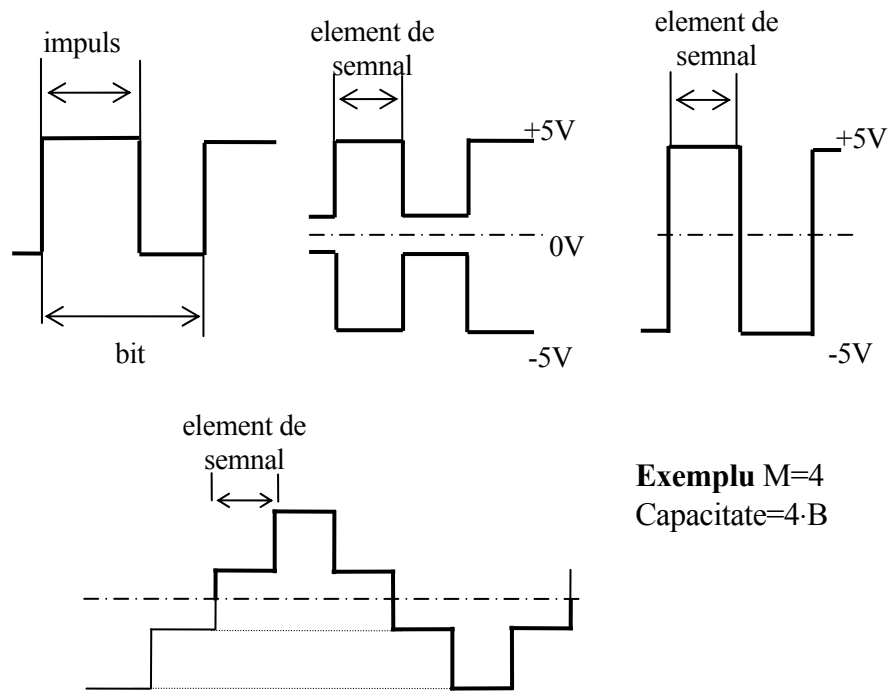


Fig. 2.3. Element de semnal și bit.

Transmiterea datelor binare se face asociind fiecărui bit unul sau mai multe elemente de semnal. În cazul cel mai simplu este o corespondență unu la unu între biți și elementele de semnal. Dar există și alte metode de reprezentare electrică a datelor .

- **Viteza de semnalizare** sau viteza de modulație se măsoară la ieșirea modemului, deci în canal, și arată viteza cu care se schimbă stările semnalului în canalul de comunicație:

$$v=1/\text{durata elementului minim [Baud]}.$$

- **Viteza datelor, rata datelor** sau **debitul terminalului de date** se măsoară la ieșirea terminalului de date deci la intrarea în modem:

$$R=1/T \text{ [biți/secundă] sau [bps]},$$

### Exemplu.

Pentru codarea Manchester, perioada bitului este  $T$  iar elementul de semnal  $\Delta = T/2$ , deci  $v = \frac{1}{\Delta} = \frac{2}{T} = 2 \frac{1}{T} = 2R$ , adică viteza de semnalizare este dubla față de rata datelor. Înseamnă că banda necesară este dubla față de codarea NRZ și deci SNR va fi mai mic cu 3 dB la codarea Manchester față de codarea NRZ. Acest dezavantaj al codării Manchester este compensat cu numărul mare de tranziții existente în semnalul de date (în medie o tranziție pe bit), ceea ce permite o sincronizare bună a bazei de timp a receptorului.

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

S-a afirmat deja că succesul receptorului în interpretarea corectă a datelor recepționate depinde de banda de frecvență, tipul de codare electrică, viteza datelor și raportul semnal pe zgomot. Dacă ceilalți factori rămân constanți, atunci:

- Creșterea vitezei datelor duce la creșterea probabilității de eroare, BER (Bit Error Rate),
- Creșterea S/N duce la scăderea probabilității de eroare, BER,
- Creșterea benzii permite creșterea vitezei datelor.

**Alegerea metodei de codare** depinde de:

- **Spectrul semnalului:** absența componentelor de înaltă frecvență înseamnă că banda necesară transmisiei este mai redusă; este de dorit să nu existe componentă continuă, ca să poată fi interconectate dispozitivele prin transformatoare, ceea ce permite izolarea electrică și reducerea interferențelor. În plus, caracteristica de transfer a canalului, de atenuare și de fază, este mai bună la mijlocul benzii de trecere și mai dezavantajoasă la capetele benzii, astfel că un semnal „bun” este cel care are energia concentrată la jumătatea benzii de transmisie. În acest caz distorsiunile vor fi minime în semnalul recepționat.
- **Numărul mediu de tranziții pe bit:** pentru o detecție corectă a semnalului la receptor, e necesar să fie stabilit cu precizie începutul și sfârșitul bitului, ceea ce este o problemă dificilă. Ideal ar fi să se transmită o secvență specială de impulsuri de tact care să facă sincronizarea receptorului, soluție care este însă costisitoare. Altă soluție, mai utilizată, este folosirea unei codări electrice, prin care semnalul de date să conțină suficiente tranziții, din care se formează impulsurile care să permită sincronizarea receptorului.
- **Detecția erorilor,** se face de obicei în nivelul legătura de date, superior nivelului fizic, dar este util să existe și în nivelul fizic această posibilitate, astfel încât erorile pot fi mai rapid detectate.
- **Interferența semnalelor și imunitatea la zgomot:** anumite coduri au performanțe superioare în prezenta zgomotelor, care se cuantifică prin probabilitatea ca un bit să fie eronat după detecție, BER (Bit Error Rate).
- **Complexitate și cost:** deși costul logicii cablate numerice scade, acest factor nu poate fi neglijat. Costul crește odată cu creșterea vitezei de semnalizare. Anumite coduri duc la o viteză de semnalizare mai mare decât viteza datelor, ceea ce implică o bandă necesară mai mare, deci costuri mai mari.

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

Sunt descrise mai jos câteva dintre **cele mai utilizate metode de codare electrică a datelor**.

- **Codarea NRZ (Non Return to Zero) sau NRZ-L (Level):** se păstrează același nivel de tensiune pe toată durata bitului; la NRZ unipolar, de exemplu 0 logic e asociat cu absența de semnal, iar 1 logic cu un nivel pozitiv de tensiune. La NRZ-L bipolar, 1 logic e reprezentat cu un nivel de tensiune și 0 logic cu același nivel de tensiune dar de polaritate opusă. Banda ocupată este minimă, apare componentă continuă, iar numărul mediu de tranziții pe bit este insuficient pentru sincronizarea receptorului.
- **Codarea RZ (Return to Zero):** nu se păstrează același nivel de tensiune pe toată durata bitului; banda ocupată este dublă față de NRZ, dar și numărul mediu de tranziții pe bit este dublu față de NRZ
- **Codarea unipolară:** elementele de semnal au aceeași polaritate, fie toate pozitive, fie toate negative; apare componentă continuă
- **Codarea polară:** o stare logică e reprezentată prin nivel pozitiv de tensiune, iar cealaltă stare logică prin nivel negativ de tensiune. Avantajul este absența componentei continue.
- **Codarea cu conservarea fazei** pentru același simbol: NRZ, NRZ-L, Manchester.
- **Codarea fără conservarea fazei** pentru același simbol sau **codarea diferențială:** informația este purtată de schimbarea fazei, nu de faza simbolului, care diferă pentru același simbol. Din această categorie fac parte: NRZ-M (Mark-numai apariția lui 1 duce la schimbare de nivel) sau NRZI (NRZ Invert on One); NRZ-S, (Space- numai apariția lui 0 duce la schimbare de nivel).

Sunt posibile combinații între ele, de exemplu NRZ unipolar, NRZ bipolar, RZ unipolar, RZ bipolar, etc.

Codurile RZ ocupă o bandă dublă față de NRZ, deci au SNR pe jumătate (sau cu 3 dB mai mic) decât NRZ. În schimb crește numărul mediu de tranziții pe bit, deci permit o sincronizare mai bună a receptorului.

La codarea Manchester, unde 1 logic este reprezentat prin nivel ridicat și nivel coborât de tensiune HL (High-Low) în perioada T de bit, iar 0 logic prin nivel coborât și nivel ridicat de tensiune, LH (Low-High) în perioada T de bit, se asigură o tranziție pe bit, deci o sincronizare bună a receptorului, dar banda ocupată este dublă față de codarea NRZ, deci SNR este mai mic cu 3dB, ceea ce poate conduce la creșterea numărului de erori.

- **Codarea AMI (Alternate Mark Inversion):** 1 apare cu polaritate alternantă, iar 0 e reprezentat ca 0 volt sau absență de semnal; se elimină astfel componenta continuă. Deoarece fiecare 1 introduce o

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

tranziție, șirurile lungi de 1 permit o sincronizare bună a receptorului, dar șirurile lungi de 0 nu, deoarece nu apar tranziții suficiente. Nu apare componentă continuă, deoarece pentru 1 alternează polaritatea impulsului. Banda semnalului este considerabil mai mică decât la NRZ. Alternarea polarității impulsurilor oferă o cale simplă de detecție a erorilor, deoarece orice eroare izolată, adăugarea sau ștergerea unui impuls, va genera un viol de bipolaritate.

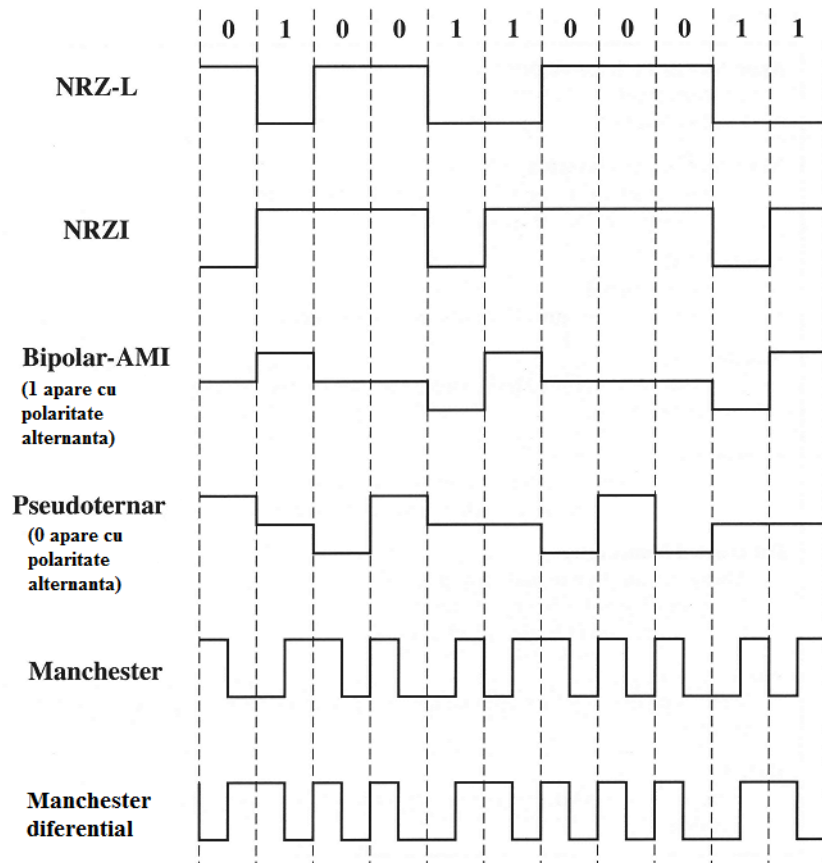


Fig. 2.4. Cateva metode de codare electrica a semnalelor

- **Codul pseudoternar** este asemănător cu AMI, dar 1 e reprezentat prin absență de semnal iar 0 logic prin impuls cu polaritate alternantă. Este de fapt complementarul codului AMI, are aceleași proprietăți cu AMI și fiecare este folosit în diverse aplicații. Dezavantajul este pierderea sincronizării, în cazul unor șiruri lungi de 1 la AMI, sau de 0 la pseudoternar. Pentru depășirea sa, s-a folosit introducerea unor biți suplimentari care forțează o tranziție, cum este în cazul ISDN, la viteză mică. La viteze mari schema nu este folosită, deoarece ar duce la creșterea suplimentară a benzii și de aceea se aplică tehnici de aleatorizare (scrambling) a secvenței de date.

Cele două metode de codare AMI și pseudoternară se mai numesc și de **codare binară multinivel**; față de NRZ, codarea binară multinivel permite o sincronizare mai bună și la absența

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

componentei continue, dar cu trei niveluri de tensiune, (+A, -A, 0) fiecare element de semnalizare ar putea transporta  $\log_2 3 = 1,58$  biți de informație și nu doar unul singur. Astfel eficiența e mai scăzută ca la NRZ. La aceeași concluzie se poate ajunge și prin următorul raționament: receptorul trebuie să fie capabil să distingă unul din cele trei niveluri posibile, deci e necesară o putere a semnalului mai mare cu 3 dB decât la NRZ, pentru aceeași probabilitate a erorii. Sau altfel spus, la un raport semnal pe zgomot dat, rata erorii pentru NRZ este semnificativ mai mică decât pentru codarea binară multinivel.

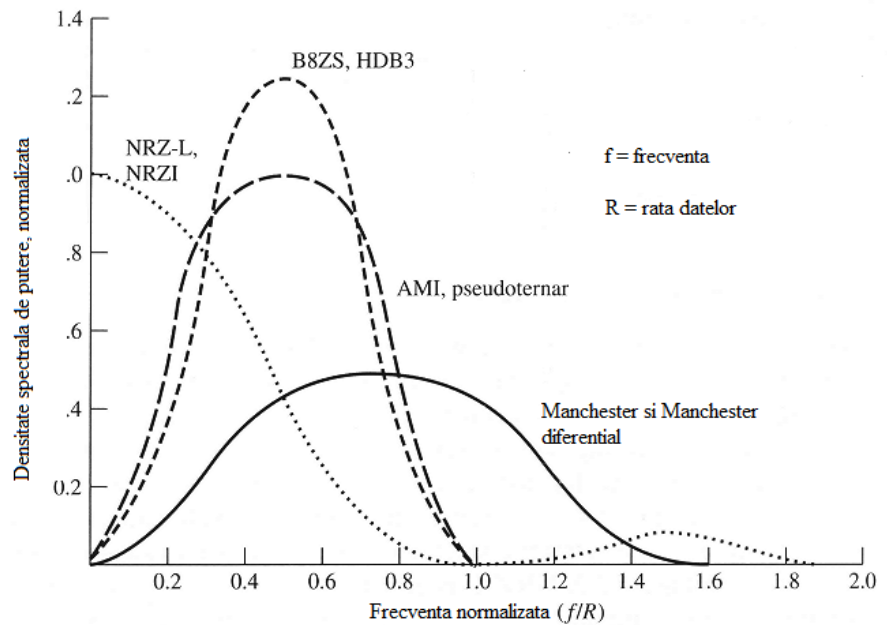


Fig. 2.5. Densitatea spectrală de putere la diferite coduri

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

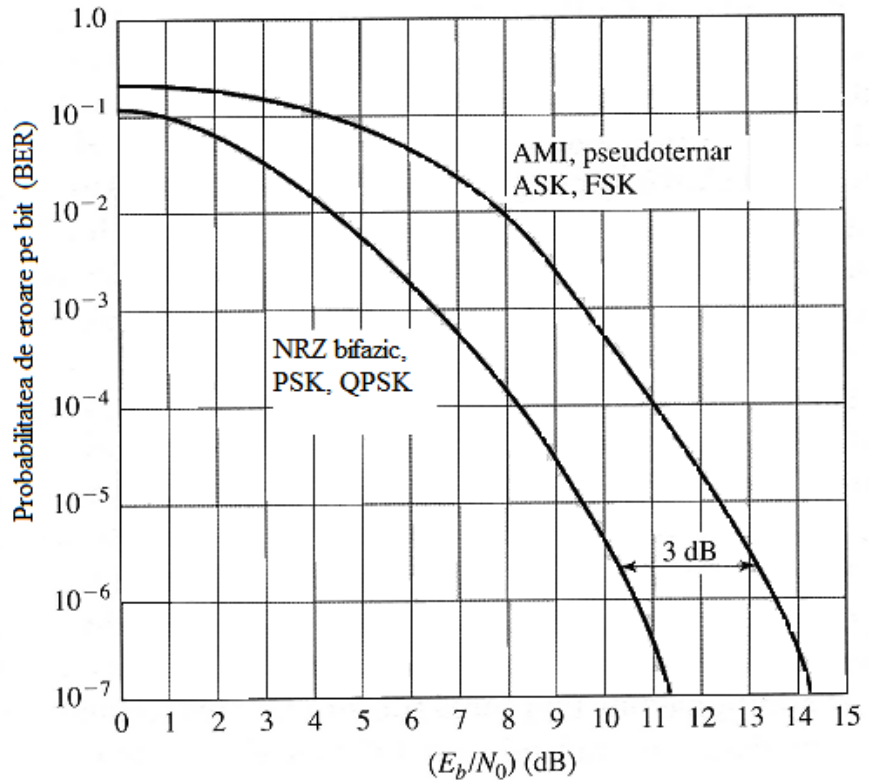


Fig. 2.6. BER ( $E_b/N_0$ )(dB) pentru diverse coduri.

Codarea binară multinivel nu trebuie confundată cu **codarea multinivel** unde se grupează 2, 3, sau n biți sosiți de la terminalul de date, și în linie se transmite un nivel de tensiune din cele  $2^2; 2^3; \dots; 2^n$  posibile, corespunzător secvenței binare de transmis. Codarea multinivel permite reducerea vitezei de semnalizare de 2, 3, ..., n ori și deci o reducere a benzii semnalului, dar sincronismul este deficitar.

**HDB3** (High Density Bipolar 3-zeros substitution) este asemănător cu AMI, dar un șir de 4 zerouri e înlocuit cu un șir cu un viol de bipolaritate.

**B8ZS** (Bipolar with 8-zeros substitution) asemănător cu AMI, dar un șir de 8 zerouri e înlocuit cu un șir cu două violuri de bipolaritate.

**4B5B** și **8B10B**: patru, respectiv opt biți sunt codați ca cinci, respectiv zece biți, în același interval de timp,  $4T$  respectiv  $8T$ . Banda de frecvențe crește cu 25%, dar nu se dublează ca la codarea Manchester; crește însă numărul mediu de tranziții pe bit, ceea ce va permite o sincronizare mai bună a receptorului.



## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

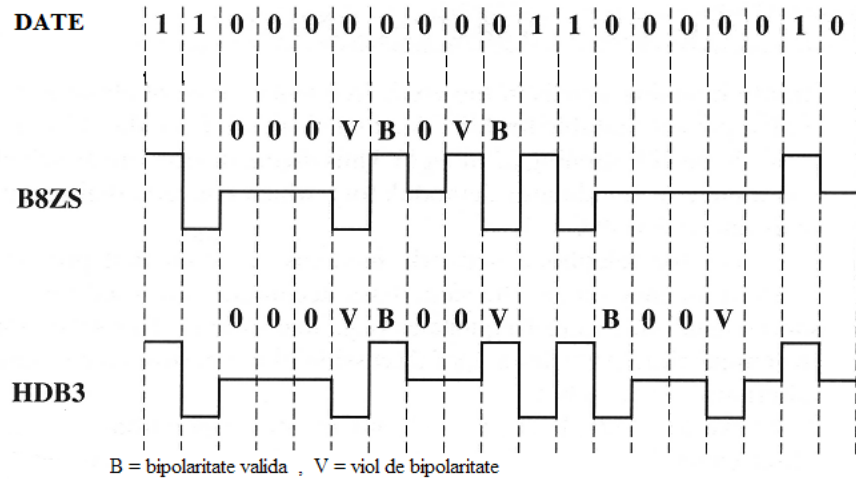


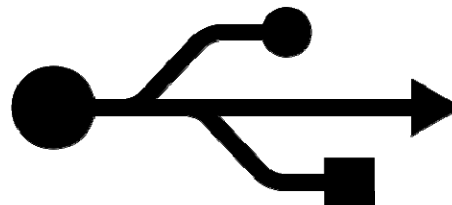
Fig. 2.7. Codarea B8ZS și HDB3

### 2.4. Interfete

#### 2.4.1. Magistrala serială universală USB

USB (Universal Serial Bus) este un standard de magistrală serială pentru interfațarea dispozitivelor. Inițial creată pentru calculatoare, USB se folosește în prezent și pentru memorii portabile, console pentru jocuri video, PDA-uri (Personal Digital Assistant), DVD-uri portabile (Digital Video Disc), media-player-e, telefoane celulare și chiar televizoare, echipamente stereo fixe (audio-player-e digitale) sau de mașină, mouse-uri, imprimante. Implementarea USB în spectrul radio e numită **Wireless USB**.

USB a fost creată ca să înlocuiască toate porturile seriale și paralele de pe calculatoarele personale, care nu erau standardizate și necesitau o mulțime de drivere. USB are o structură asimetrică cu un controler gazdă „host-controller”, și o mulțime de dispozitive înseriate. În lanț pot fi incluse hub-uri USB suplimentare, permițând bifurcarea într-o structură de arbore, cu maxim cinci niveluri de bifurcare per controler. La un controler gazdă pot fi conectate maxim 127 de dispozitive pe bus. Cablurile USB nu trebuie să aibă terminator. Calculatoarele personale pot avea câteva controlere gazdă, permițând astfel conectarea unui mare număr de dispozitive USB.



Sigla USB (trident)

USB a fost creată în 1996, 1 bit/serial/127 dispozitive per host, viteza maximă 480 Mbps, permițând conectarea și deconectarea dispozitivelor în timpul funcționării calculatorului, fără deconectarea

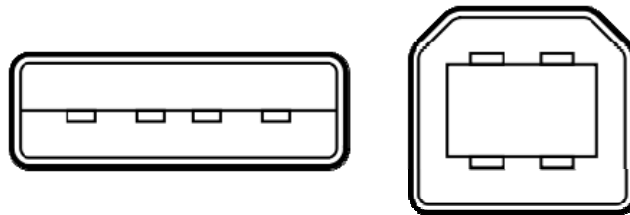
## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

sau reinițializarea acestuia (hotplugging). Primele calculatoare dotate cu porturi USB aveau doar două porturi; acum au minim 6 porturi (dintre care cel puțin 3 frontale), ca să se evite hub-urile USB.

**Conectorii USB** pot fi de tip A, de tip B, sau hub USB. Sunt disponibile mufe USB (plugs/receptacles) mai mici: Mini-A, sau Mini-B, respectiv Micro-USB.

**Standardizarea** a fost făcută de **USB-IF** (USB Implementors Forum) format din companii importante producătoare de echipamente de electronică și calculatoare. În anul 2006 a apărut versiunea USB 2.0 pentru a permite rate de transfer mai mari decât versiunea 1.1; noua versiune este compatibilă cu cele mai vechi: 0.9, 1.9 și 1.1.



*Fig. 2.8. Conectorii USB, de tip A, de tip B.*

USB conectează mai multe dispozitive la controlerul gazdă printr-un lanț de hub-uri. Aceste dispozitive se numesc **funcții** deoarece fiecare dispozitiv fizic poate avea câteva funcții: de exemplu un ruter poate avea în plus și un dispozitiv de citire securizat SDC (Secure Digital Card). Hub-urile nu sunt considerate funcții. Există întotdeauna un **hub**, considerat **rădăcină**, care este atașat direct la controlerul gazdă.

Funcțiile și hub-urile au asociate **canale logice** (pipes), sinonime cu fluxurile de octeți, și sunt conexiuni între controlerul gazdă și entitățile logice din punctele finale. Fiecare funcție are asociate 32 de canale logice unidirecționale, câte 16 per sens, numerotate de la 0-15 în fiecare sens. Punctul final 0 este rezervat pentru controlul magistralei, la fiecare sens. Datele sunt grupate în canal în pachete de lungime variabilă: 8, 16, 32, 64, 128, 512 B (byte), deci puteri ale lui 2.

**Canalele** sunt de 4 tipuri, în funcție de **tipul transferului**:

- 1- **transfer de control**, pentru comenzi simple, scurte, spre dispozitiv, sau pentru raportarea stării (status response) pe canalul 0 de control a magistralei.
- 2- **transferuri isocrone**, la viteză garantată (maximă pe cât posibil), dar cu posibile pierderi de date: de exemplu, traficul de timp real, audio sau video.
- 3- **transferul intreruperilor**, pentru dispozitive la care se garantează răspunsul rapid (cu întârziere limitată), ca de exemplu tastatura sau dispozitive cu care se controlează mișcarea

## Modulul 2

### Transmisia datelor la nivel fizic

cursorului pe ecran (pointing devices: mouse, trackball, joystick, touchpad, light-pen ).

- 4- **transferuri masive de date**, ocazionale, dar fără garanții de viteză sau întârziere, ca de exemplu fișierele, care folosesc banda disponibilă rămasă.

La **atașarea pe bus** la controlerul gazdă a unui dispozitiv, acesta primește o **adresă unică pe 7 biți**, pe magistrală, de la controlerul gazdă. Apoi controlerul gazdă explorează ciclic magistrala (round robin), astfel că fiecare dispozitiv va putea transmite doar în urma unei invitații la emisie (poll) a controlerului gazdă. Punctele finale sunt planificate astfel încât să fie interogate mai des, pentru transferul întreruperilor.

Pentru **accesarea punctelor finale** se folosește o **structură ierarhică**. Un dispozitiv conectat la magistrală are un **descriptor al dispozitivului**, care la rândul său poate avea unul sau mai mulți **descriptori ai configurației**; configurațiile corespund stărilor (de exemplu, modul activ sau de putere redusă). Fiecare descriptor de configurație are unul sau mai mulți **descriptori de interfață**, care se referă la anumite aspecte ale dispozitivului, astfel încât acesta poate fi folosit în scopuri diferite (de exemplu o videocameră poate avea și o interfață audio și una video). Descriptorii de interfață pot avea o **setare implicită a interfeței** (default) și eventual **setări alternative ale interfeței**.

**Interfețele cu controlerul gazdă** sunt registre sau porturi din calculator. Ele reprezintă interfața dintre programator și controlerul gazdă+hubul rădăcină numit **HCD** (Host Controller Device). Există mai multe variante de interfețe:

**OHCI** -Open Host Controller Interface, a firmei Compaq, adoptată ca standard USB-IF,

**UHCI** - Universal Host Controller Interface, a firmei Intel, comandată mai mult prin soft decât OHCI,

**EHCI** - Enhanced Host Controller Interface, e implementarea USB 2.0 HCD, fiind singura care permite transferuri de viteză mare. Un controler EHCI conține 4 implementări HCD virtuale pentru a suporta dispozitive de viteză mică sau mare.

**Clase de dispozitive USB.** Dispozitivele atasate pot fi **personalizate**, necesitând drivere personalizate de client, sau pot aparține unor **clase general valabile** cu (**dispozitiv+clasă**) bine definite. Se presupune că un sistem de operare implementează toate clasele. Cele mai utilizate clase sunt: dispozitive USB audio (placa de sunet), dispozitive USB de comunicație (plăci de rețea), dispozitive USB pentru interfața umană (tastatură, mouse), dispozitive USB de captare a imaginilor statice, dispozitive USB de imprimare, dispozitive USB de memorare (flash-drive, portable hard drive, cititoare de carduri de memorie, camere digitale, audio player-e digitale), hub-urile USB, dispozitive USB video (camere video, web-cam), controlere wireless (cheile hard pentru Bluetooth) și dispozitive personalizate de client. Cele mai utilizate clase au ID-urile:

## **Modulul 2**

### Transmisia datelor la nivel fizic

**0x00** - valoare rezervată în descriptorul dispozitivului care arată că descriptorul de interfață conține identificatorul de clasă a dispozitivului pentru fiecare interfață,

**0x01** - clasa dispozitivelor USB audio: placa de sunet;

**0x02** - clasa dispozitivelor USB de comunicație folosite pentru modemi: plăci de rețea, conexiuni ISDN, fax;

**0x03** - clasa dispozitivelor USB pentru interfața umană, HID (Human Interface Device): tastatură, mouse, etc;

**0x06** - clasa dispozitivelor USB de captare a imaginilor statice (identică cu folosirea pe USB a protocolului de transfer a imaginilor, Picture Transfer Protocol);

**0x07** - clasa dispozitivelor USB de imprimare: imprimante;

**0x08** - clasa dispozitivelor USB de memorare: flash-drive, portable hard drive, cititoare de carduri de memorie, camere digitale, audio player-e digitale. Această clasă de dispozitive se referă la dispozitivele bloc folosite de obicei pentru memorarea fișierelor;

**0x09** – hub-urile USB;

**0x0E** - clasa dispozitivelor USB video: camere video, web-cam, în general dispozitive de captare a imaginilor în mișcare;

**0xE0** – controlere wireless: de exemplu cheile hard pentru Bluetooth (dongles);

**0xFF** – clasa dispozitivelor personalizate de client: pentru cazul când dispozitivul sau interfața nu suportă nici o clasă standard de dispozitive.

**Semnalizarea USB:** High = (2,8-3,6) V, Low = (0-0,3)V. Semnalele USB se transmit pe cabluri de perechi de fire torsadate, notate cu D+ și D-, care lucrează de obicei împreună și folosesc o transmisie diferențială semiduplex, pentru reducerea efectului perturbațiilor electromagnetice.

**Alimentarea** se face la **5 V** pe un fir (maxim 5,25V și minim 4,35V între liniile +ve și -ve). Consumul maxim de curent permis inițial a fost de 100 mA, și se mai permite să consume de la dispozitivele din amonte câte 100 mA. Dar în practică, multe porturi generează direct 500 mA sau chiar mai mult înainte de deconectare, chiar dacă dispozitivele nu cer acest lucru. Dacă, conform specificațiilor, un dispozitiv consumă mai mult decât disponibilul, e necesară fie rearanjarea conexiunilor USB, fie surse externe suplimentare.

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

Pin	Funcție
1	V <sub>BUS</sub> (4,75-5,25)V
2	D-
3	D+
4	GND
Shield	Shield

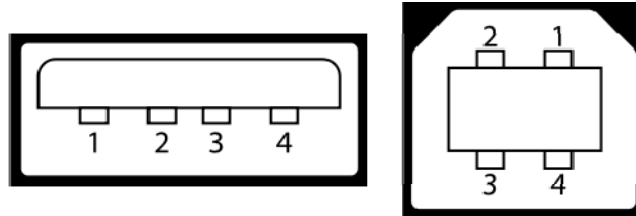


Fig. 2.9. Cupla USB

**Vitezele de transfer** pot fi:

- Viteza mică** (Low-Speed) până la 1,5 Mbps (187,5 kBps) pentru tastatura, mouse, joystick,
- Viteza medie** (Full-Speed) până la 12 Mbps (1,5 MBps). Viteza mică și viteza medie constituie împreună **viteza de bază**.
- **Viteza mare** (High-Speed) până la 480 Mbps (60MBps).

Hub-urile, care servesc mai multe dispozitive de viteză mică sau medie, le împart acestora banda totală de 12 Mbps, efectul fiind încetinirea lor, cu excepția cazului când hub-ul are un **translator de tranzacție** la fiecare port, care separă pe magistrală traficul de viteză mare de cel de viteză medie și mică.

**Dispozitivele USB 2.0** sunt de obicei de viteză mare, dar nu toate. De obicei dispozitivele de viteză mare operează doar la 30 MBps, jumătate din viteza maximă, iar multe dintre ele lucrează la 3 MBps, uneori până la 10-20 MBps. USB-IF certifică și dă licența fie pentru **viteza de bază (mică și medie)**, fie pentru **viteza mare**, după efectuarea unui test de conformitate și plățirea unor taxe. Dacă un dispozitiv de viteză mare e conectat într-un hub de viteză medie, va lucra la viteza mică.

**Codarea datelor** se face NRZI cu dopare cu biți: apariția lui 1 duce la inversarea nivelului, iar apariția lui 0 nu modifică nivelul. Doparea cu biți (bit-stuffing) prevede ca după 5 de 1 succesivi să fie automat introdus un 0 la emisie, care va fi ignorat de receptor. Acest tip de dopare se face deoarece majoritatea cadrelor de date au prevăzuți delimitatori de început și sfârșit de cadru de forma 01111110; se elimină astfel posibilitatea ca o succesiune asemănătoare apărută în câmpul de date, să fie interpretată ca delimitator, deci se asigură transparența de cod.

### **2.4.2. Wireless USB**

WUSB este o extensie „fără fir” a USB, pentru distanțe scurte și bandă foarte largă, care combină viteza și ușurința utilizării USB 2.0 cu comoditatea tehnologiilor wireless. Se folosește uneori abrevierea **WUSB**, deși USB-IF preferă denumirea „**Certified Wireless USB**”, pentru a o diferenția de produsele concurente. Wireless USB se bazează pe platforma radio comună WiMedia Alliance’s Ultra-WideBand, care permite un debit de 480 Mbps pe distanțe până la 3m, sau 110 Mbps pe distanțe până la 10m, în gama de frecvențe (3,1-10,6) GHz, folosind SS (Spread-Spectrum) prin care se face o împrăștiere a semnalului într-o bandă foarte largă.

WUSB se aplică în aceleași domenii ca USB 2.0 dar nu e adecvat pentru transferul paralel al fluxurilor video. Primele produse WUSB au apărut la sfârșitul anului 2005. În 2006 USB-IF a făcut prima demonstrație a unui produs Certified Wireless USB interoperabil. La sfârșitul anului 2006 au fost aprobate soluțiile pentru primul HWA (Host Wire Adapter) și DWA (Device Wire Adapter) pentru utilizare indoor și outdoor.

**Specificații.** Nu se pot folosi hub-uri. Deși hosturile WUSB acceptă până la 127 de dispozitive, a fost definită și o nouă clasă de dispozitive pentru adaptare (Wire Adapter), numit și HWA (Host Wire Adapter) permite modernizarea PC-urilor existente cu wireless USB. În plus, DWA (Device Wire Adapter) permite dispozitivelor USB cablate să fie conectate fără fir la un host PC.

WUSB mai acceptă și dispozitivele cu dublu rol, care pe lângă funcția de dispozitiv client WUSB, pot funcționa și ca hosturi cu funcții limitate. De exemplu, o cameră digitală apare ca un client când e conectată la un calculator și ca un host când transferă imagini direct unei imprimante.

**IEEE 802.15.3a** a fost încercarea de a crește viteza **UWB** (Ultra Wide Band) de la **IEEE 802.15.3** pentru aplicații multimedia și imagini, care a eșuat din cauza diferendelor dintre forumul UWB și WiMedia Alliance. Dar ceea ce a rămas a fost consolidarea specificațiilor 23 UWB PHY în două propuneri separate MB-OFDM-UWB (Multi-Band-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) de la WiMedia Alliance și DS-UWB (Direct Sequence- UWB) al forumului UWB.

### **2.4.3. Interfața V.24 / RS232C**

Interfața V.24 a fost propusă de CCITT, iar RS232C de către ANSI, dar ele sunt asemănătoare, cu unele mici diferențe.

Caracteristicile interfeței sunt:

- caracteristici mecanice: cupla DB 25 (Data Bus cu 25 de pini)
- caracteristici electrice:  $\pm (3-15)V$  la interfața V.24  
 $\pm (3-25)V$  la interfața RS232C
- caracteristici funcționale: funcțiile fiecărui circuit/pin
- caracteristici procedurale: cronogramele semnalelor pentru

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

activarea, menținerea și dezactivarea legăturii între entitățile legătură de date.

Interfețele utilizate cel mai frecvent sunt: V.24/RS232C, V.25/RS366, X.21, RS449, RS.422A, RS 423A.

### Exemple de conectare DTE/DCE cu V.24/R.S.232C

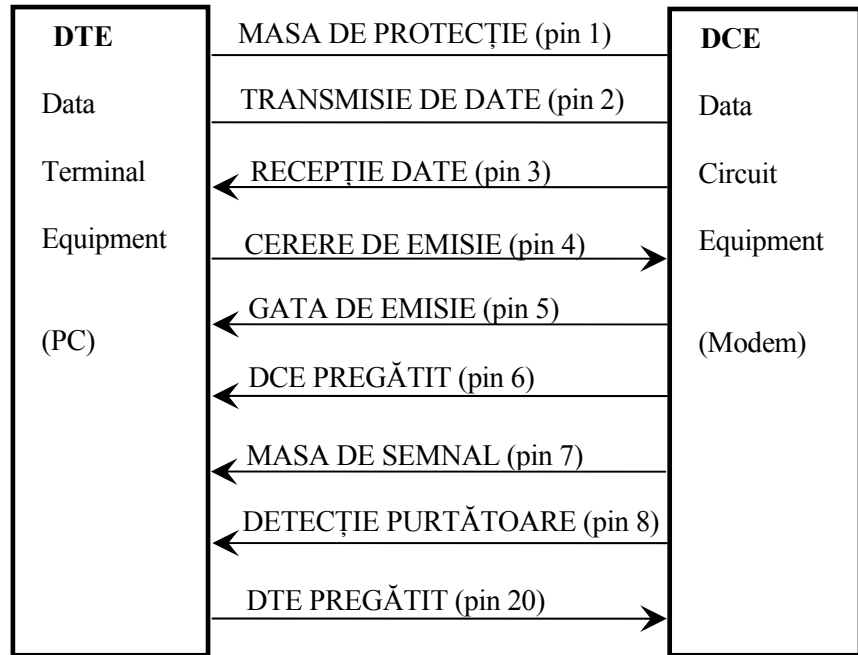


Fig. 2.10. Configurație normală (cupla DB25)

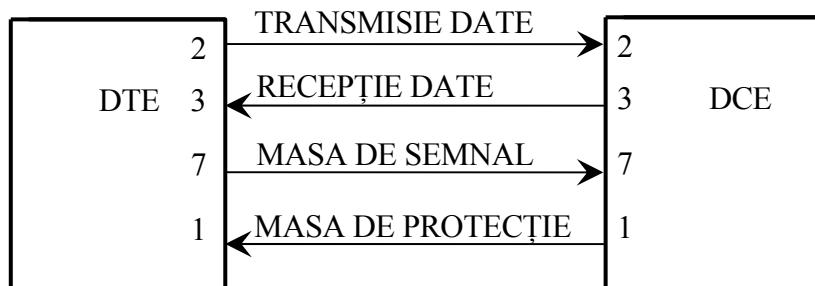


Fig. 2.11. Configurație minimală(cupla DB25)

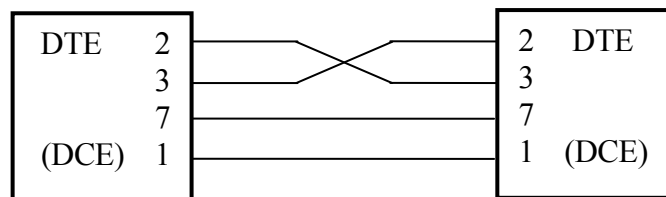
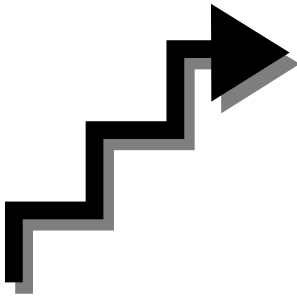


Fig. 2.12 Modem "nul" (DTE/DTE) sau (DCE/DCE) (cupla DB25)

## **Modulul 2**

Transmisia datelor la nivel fizic



### **REZUMAT**

Canalele reale au o bandă de frecvențe limitată și sunt afectate de distorsiuni, de atenuare, de întârziere și de zgomot.

Calitatea transmisiunii se apreciază prin probabilitatea de eroare, BER, care depinde de raportul semnal pe zgomot, SNR. Calitatea este cu atât mai bună (BER redus) cu cât SNR este mai mare. Puterea semnalului nu poate fi crescută oricât de mult, deoarece se ajunge în zona de neliniaritate a amplificatoarelor și la perturbarea altor transmisiuni, prin diafonie.

Capacitatea canalului este viteza maximă cu care se pot transmite datele prin canal. Formulele capacității canalelor au fost stabilite de Hartley, pentru canale ideale și de Shannon pentru canalele reale. Capacitatea canalului este dictată de banda de frecvențe, de SNR și de codul de linie folosit. Codurile de linie au proprietăți care permit o sincronizare mai bună a receptorului și reducerea vitezei de semnalizare (exemplele sunt în text). Dacă se folosește un cod de linie cu stări multiple se poate reduce necesarul de bandă.

Cele mai răspândite interfețe între modem și terminal sunt RS232C/V.24 și USB. USB reduce doar la 4 necesarul de pini și permite viteze mici medii și mari, până la 480 Mbps



## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

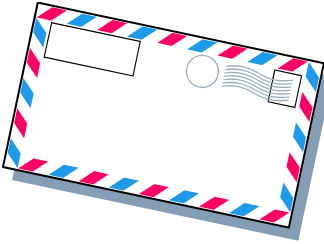


### INTREBĂRI

1. Ce se înțelege prin atenuarea canalului?
2. Care este efectul atenuării asupra semnalului de date?
3. Ce se înțelege prin distorsiunea de întârziere?
4. Care este efectul întârzierii asupra semnalului de date?
5. Ce este zgomotul și câte tipuri de zgomot există?
6. Care sunt zgomotele a căror influență poate fi redusă prin proiectare?
7. Ce este capacitatea canalului?
8. Ce înțelegeți prin DTE și DCE?
9. Care este capacitatea canalelor ideale binare?
10. Care este capacitatea canalelor ideale la o transmisiune multinivel?
11. Care este capacitatea canalelor reale, cu zgomot?
12. Ce înțelegeți prin element de semnal și prin bit?
13. Ce înțelegeți prin viteza de semnalizare și prin debit?
14. Care sunt criteriile de selecție a unei metode de codare pentru transmisiuni?
15. Care sunt avantajele și dezavantajele reprezentării NRZ și Manchester?
16. Ce înțelegeți prin USB?
17. Care sunt vitezele de transfer a informației folosind USB?
18. Ce înțelegeți prin WUSB?
19. Care sunt caracteristicile mecanice și electrice ale interfeței RS232C?
20. Care sunt configurațiile de conectare DTE/DCE prin interfața RS232C?

## Modulul 2

Transmisia datelor la nivel fizic

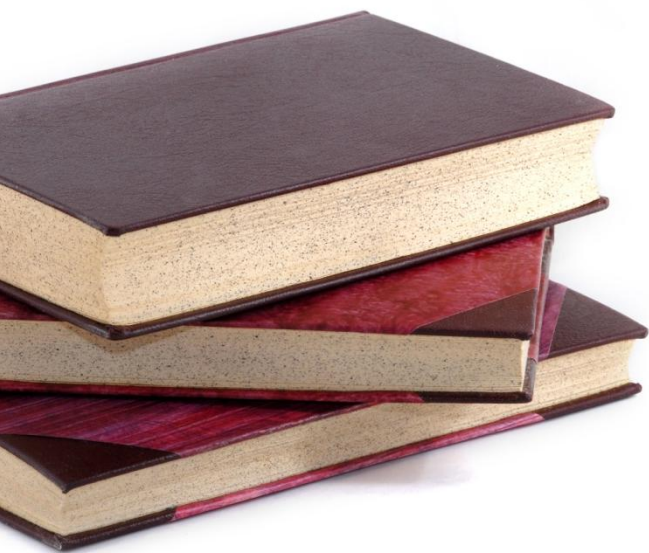


### TEMĂ

Un sistem de transmisiune numeric operează la 9600bps. Dacă elementele de semnal sunt codate cu 8 biți pe cuvânt, care este banda minimă necesară a canalului? Dar dacă se folosește o modulație cu 8 faze și câte 2 niveluri de amplitudine pe fiecare fază?

### TEMĂ

O sursă are debitul de 20 Mbps și transmisiunea trebuie să aibă loc printr-un canal cu banda de 3 MHz. Care este SNR necesar pentru a permite această viteză de transmisiune?



# 1

## Introducere Mediul fizic

4 octombrie 2011

- Ce este o rețea de calculatoare?
- Dispozitive de rețea
- Topologii de rețele
- Stiva de protocoale
- Funcțiile nivelului fizic
- Medii de transmisie
- Exemple de codificări

“Getting information off the Internet is like taking a drink from a fire hydrant.”

Mitchell Kapor

“The Internet is the first thing that humanity has built that humanity doesn't understand, the largest experiment in anarchy that we have ever had.”

Eric Schmidt

- Sistem de interconectare a mai multor sisteme de calcul
- Conexiunea între componentele unui calculator se realizează prin magistrale (circuite electrice pe placa de bază) și chipset-uri
- Conexiunea între sisteme de calcul diferite se realizează prin intermediul unor dispozitive (plăci de rețea, switch-uri, rutere) și a unor medii de comunicație (cabluri electrice, fibră optică) dedicate





Distanța între procesoare	Localizare procesoare	Rețea
1 mm	Centimetru pătrat	Micro nw (pe siliciu)
1 cm	Decimetru pătrat	Platformă multiprocesor
1m	Metru pătrat	Personal Area Network
10 m	Cameră	Local Area Network
100 m	Clădire	
1 km	Campus	
10 km	Oraș	Metropolitan Area Net
100 km	țară	Wide Area Network
1000 km	Continent	
10 000 km	Planetă	Internet



- Clasificare în funcție de distanța între nodurile rețelei, concretizată printr-un număr de protocoale specifice fiecărui tip de rețea

---

## LAN – Local Area Network

Standardele dominante sunt Ethernet și WLAN (IEEE 802.11)

Separăția (conectarea) între LAN și MAN/WAN se realizează cu un ruter (gateway)



**MAN** – Metropolitan Area Network  
rar întâlnite în rețelele actuale

---

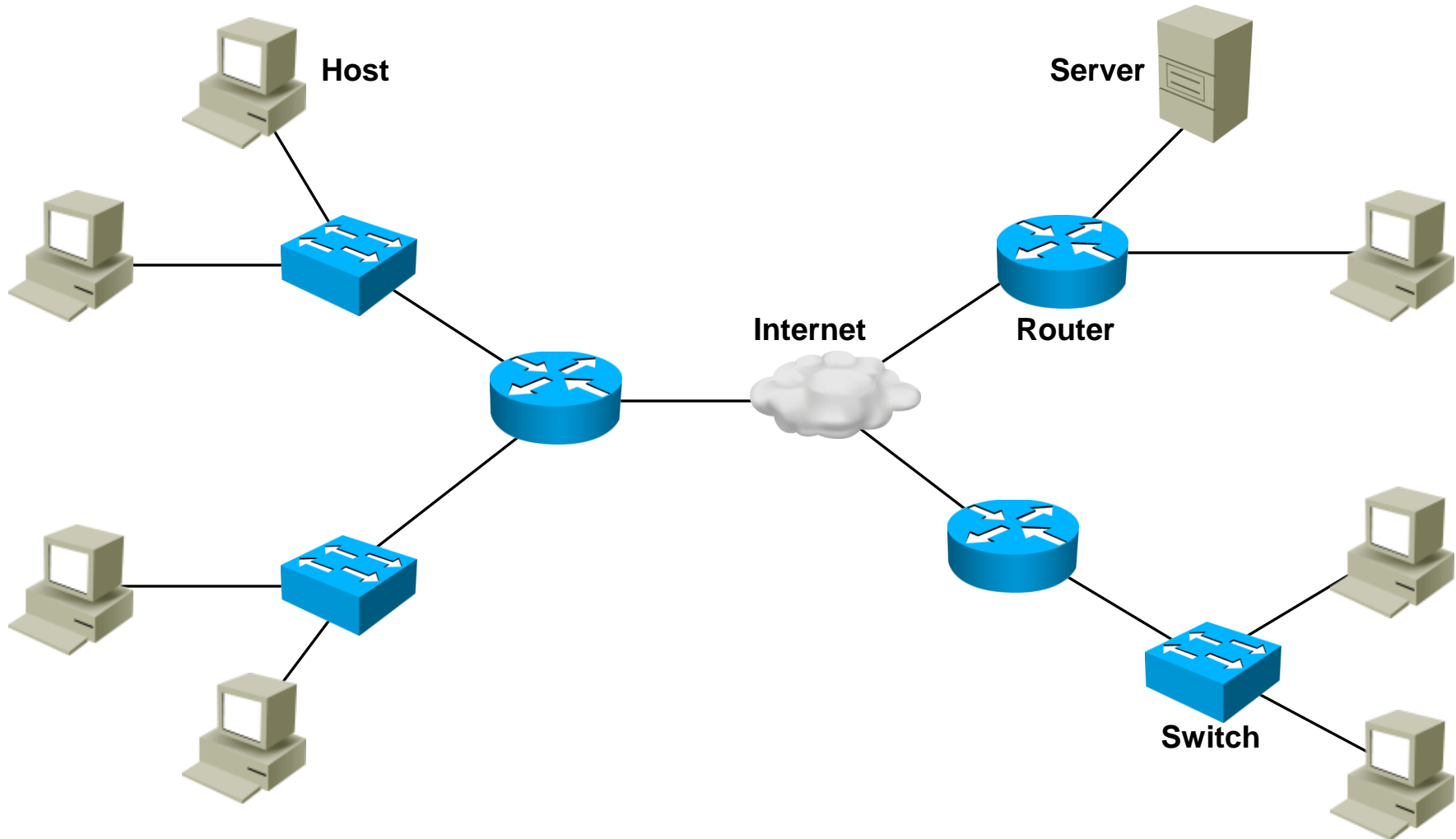
## WAN – Wide Area Network

Numeroase protocoale: MPLS, ATM, Frame Relay, PPP



- **Placă de rețea** – network card, network adapter, NIC (Network Interface Controller)
  - Permite sistemului să comunice cu un altul aflat în aceeași rețea
- **Repetor, hub** – folosit pentru regenerarea și amplificarea semnalului
- **Switch** – folosit pentru interconectarea sistemelor de calcul dintr-o rețea (topologie stea)
- **Ruter** – folosit pentru interconectarea mai multor rețele de calculatoare (LAN); folosit în WAN

# Dispozitive de rețea - imagine



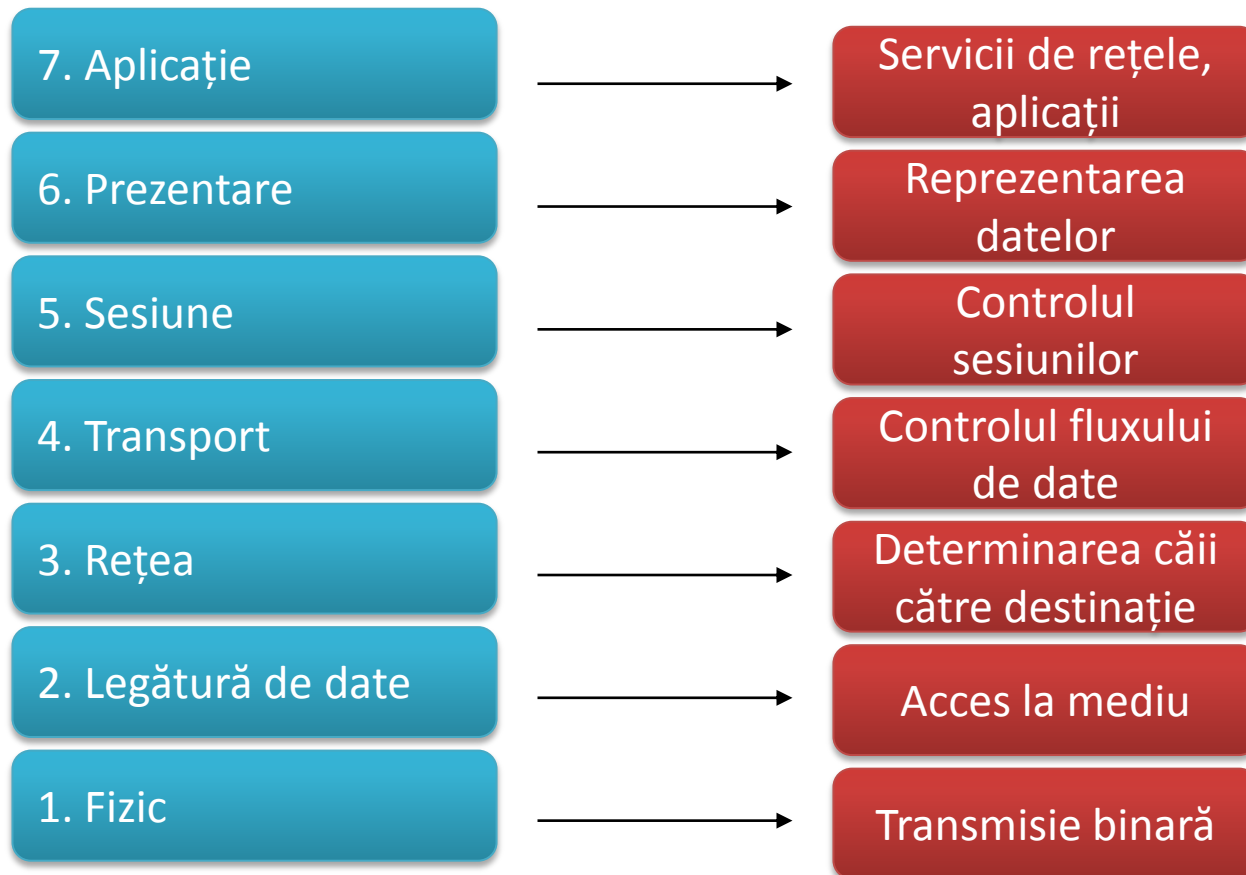
- Network interface
- Se referă la un punct de comunicație cu o rețea de calculatoare (o placă de rețea, un port al unui dispozitiv avansat de rețea)
- Un calculator cu o placă de rețea are o singură interfață de rețea; un calculator cu două plăci are două interfețe
- Un switch/ruter are mai multe interfețe de rețea – mai multe porturi de comunicație
- Denumirea de interfață de rețea se referă și la abstracția dată de sistemul de operare
  - configurarea unei plăci de rețea sau a unui port al unui ruter se numește “configurarea unei interfețe”
  - pe un sistem Unix/Linux, interfețele de plăci de rețea Ethernet sunt denumite **eth0**, **eth1**, etc.
  - o interfață virtuală denumită interfață de **loopback** este folosită pentru a referi stația curentă ca și cum aceasta s-ar afla într-o rețea (deși aceasta nu există fizic)

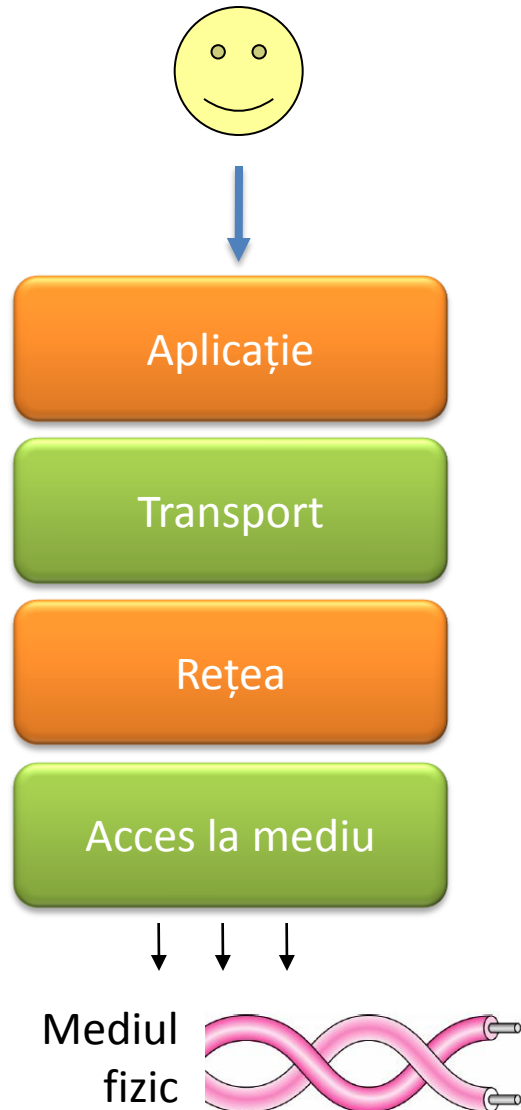


- Comunicația între două entități necesită existența unui protocol
- Ce este un protocol?
  - Un set de reguli care guvernează modul în care două dispozitive schimbă informație într-o rețea

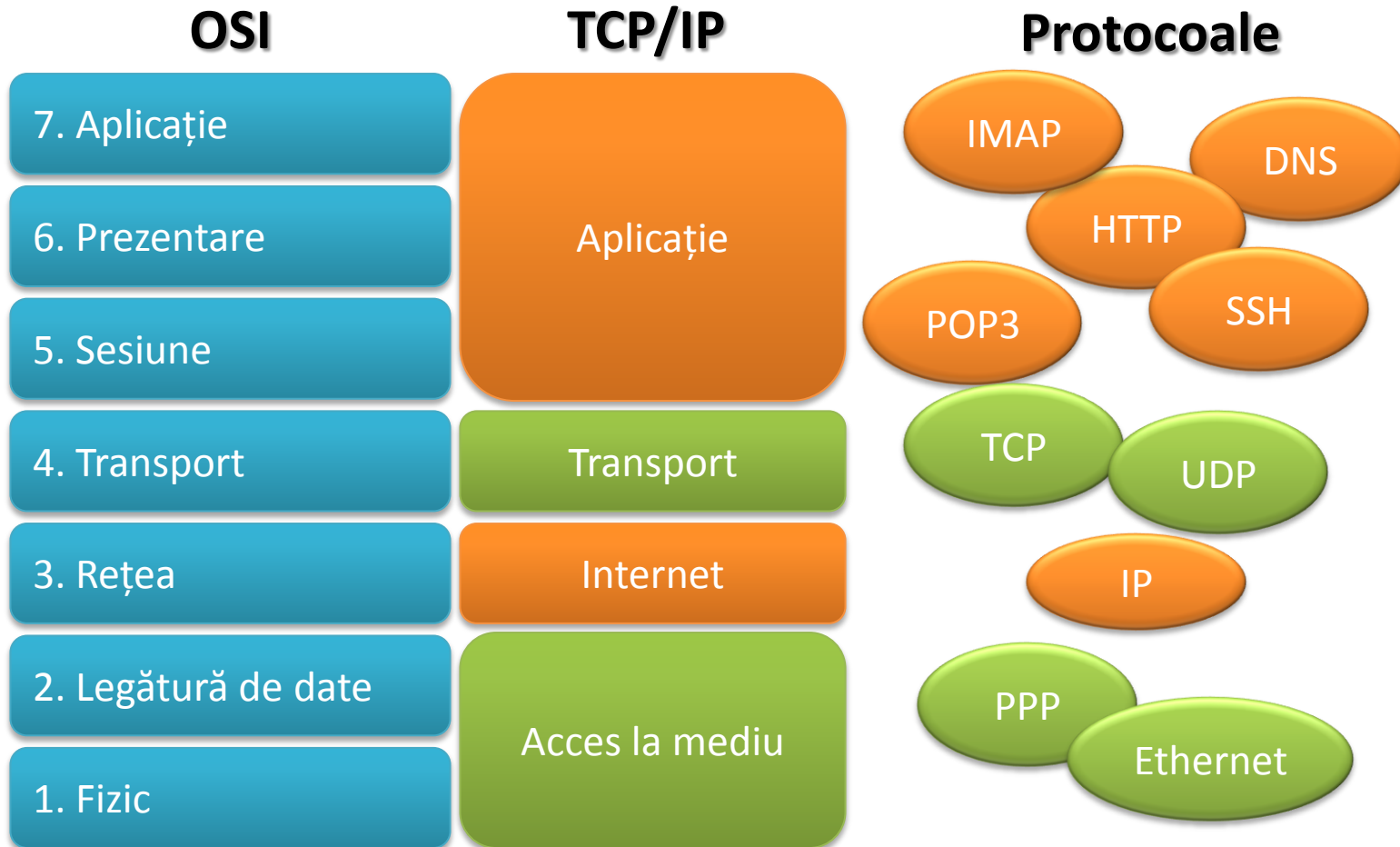


- Pentru a abstractiza complexitatea lucrului cu rețeaua, se stabilește o stivă de protocoale; protocolul de nivel inferior oferă servicii celui de nivel superior

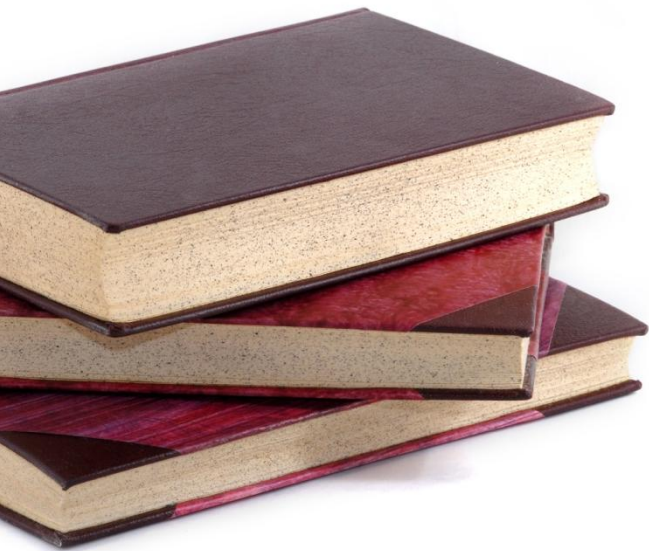




- Stiva de protocoale utilizată în Internet este stiva TCP/IP
- IP este protocolul esențial de la nivelul Rețea, iar TCP de la nivelul Transport
- Nivelul Aplicație este cel care oferă servicii utilizatorului (transfer de fișiere, control de la distanță, transmitere e-mail, etc.)
- Nivelul Transport este responsabil cu asigurarea **controlului fluxului** (pachetele să ajungă în ordine și nealterate)

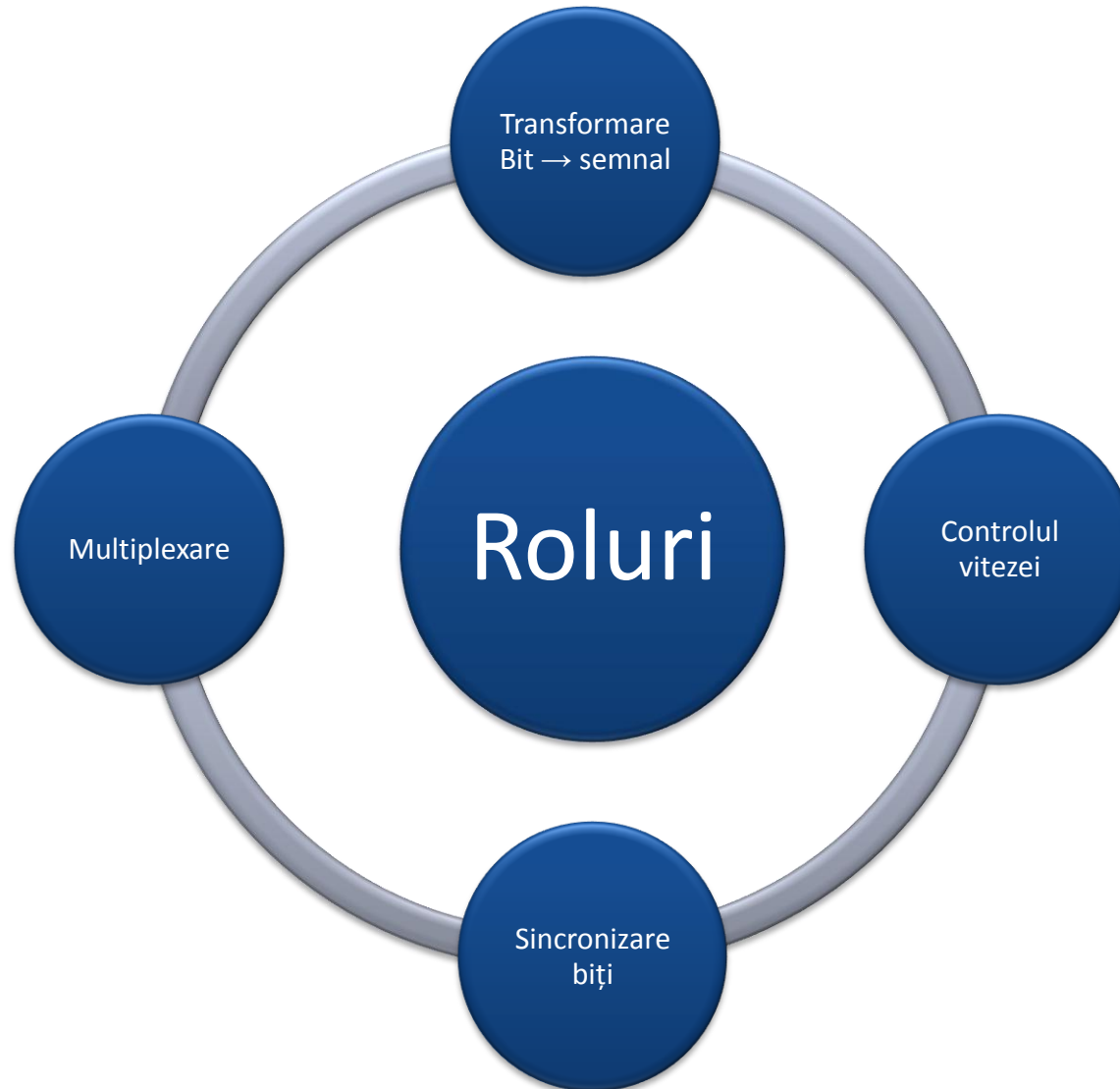






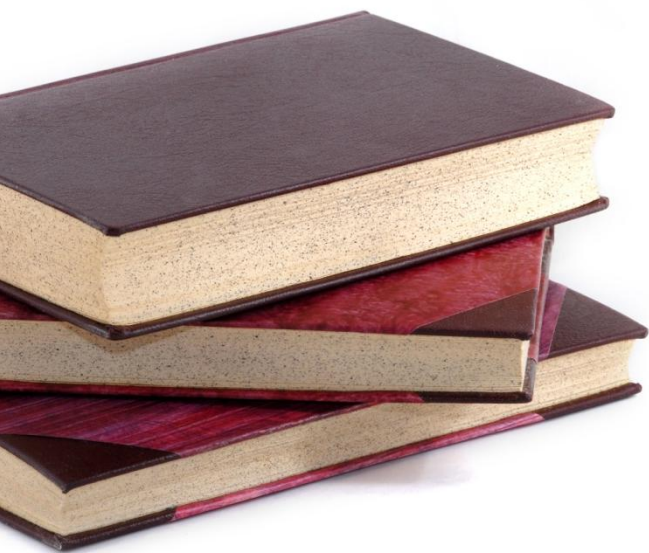
## Nivelul fizic

- Roluri
- Transmisii analogice
- Transmisii digitale
- Transmiterea datelor digitale cu carrier analog
- Medii de transmisie
- Multiplexare
- Exemple

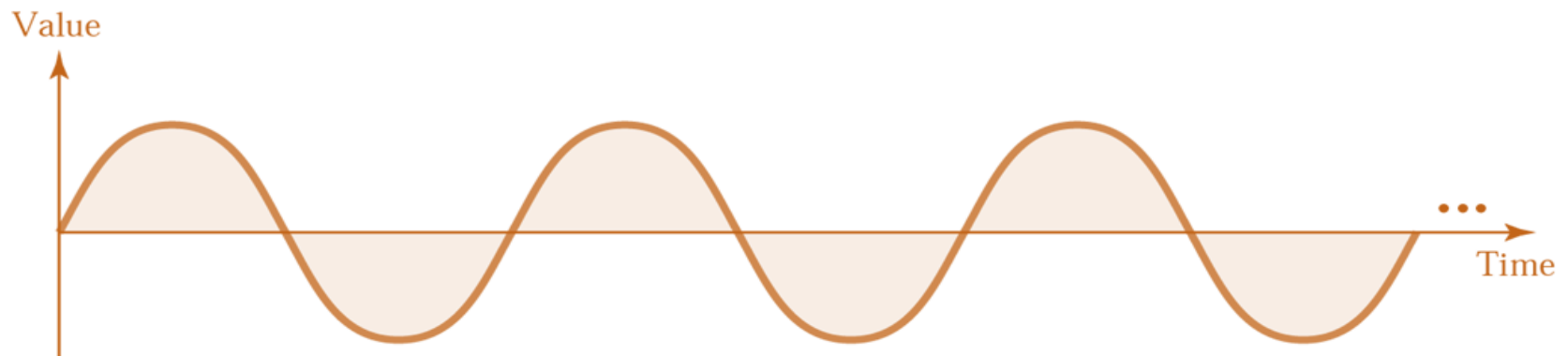


## Transmisiile analogice

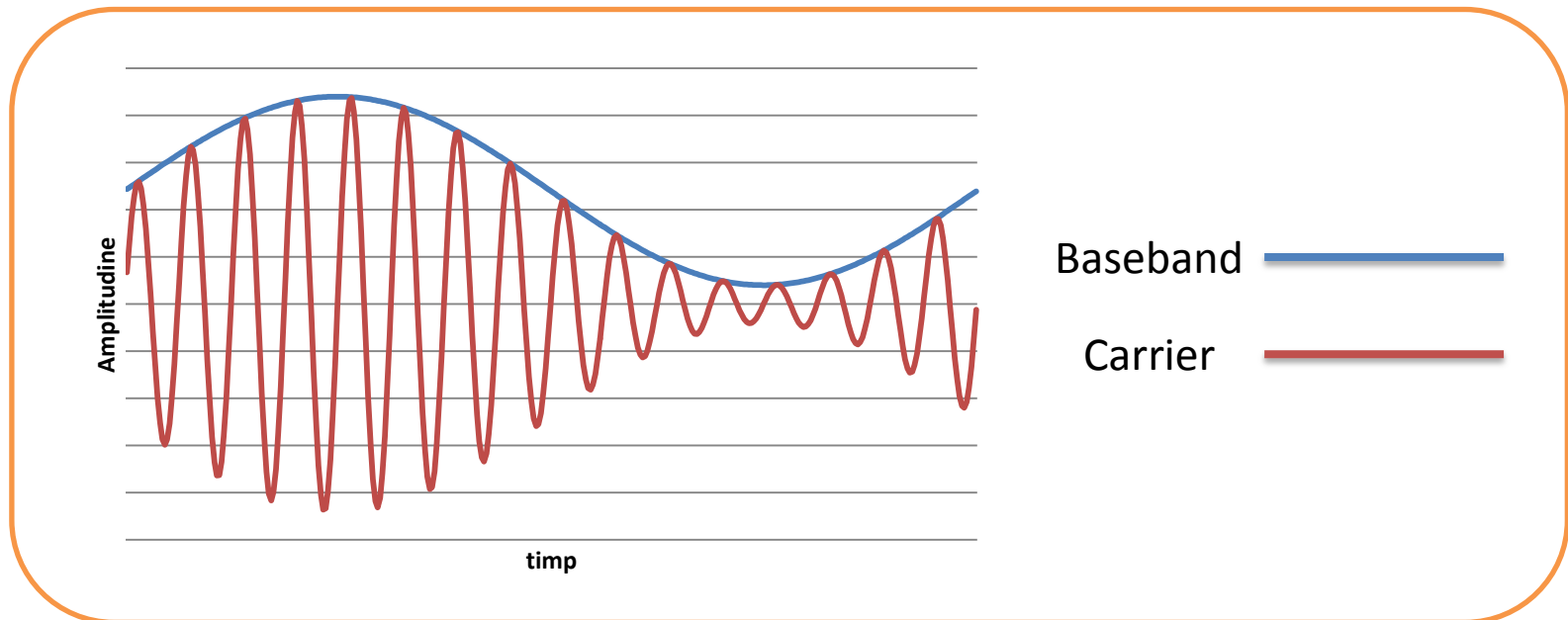
- Caracteristici
- AM
- FM



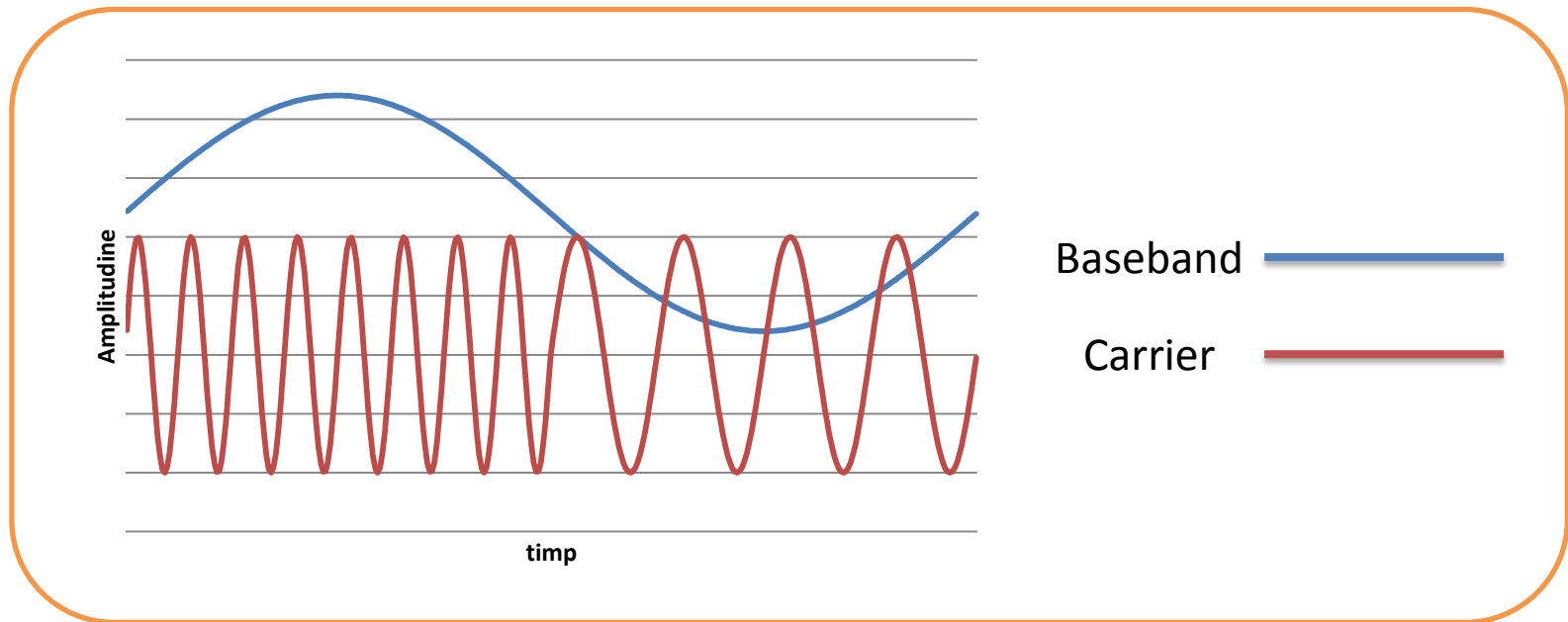
- Folosesc valori continue pentru a transmite informația
- Caracteristici
  - Amplitudine – nivelul maxim al semnalului
  - Perioada/frecvența – viteza de schimbare raportată la timp
  - Faza – poziția formei de undă raportată la momentul de timp zero

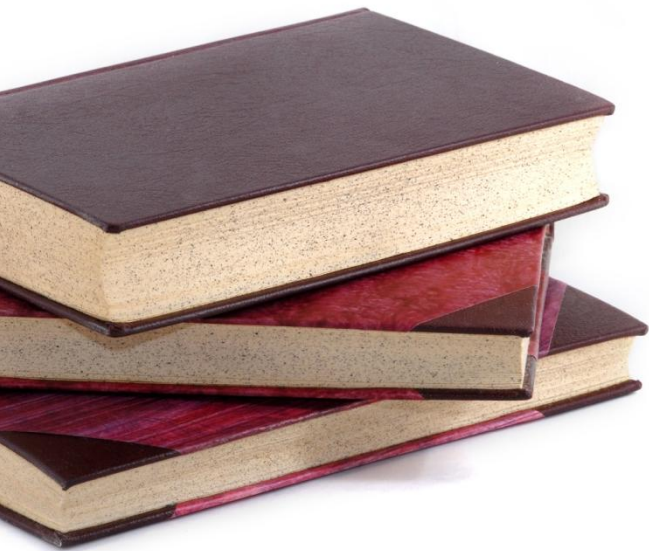


- AM = Amplitude modulation
- Folosește valori continue ale amplitudinii pentru a transmite informația
- Folosită în special în transmisiile radio



- FM = Frequency modulation
- Folosește valori continue ale frecvenței pentru a transmite informația
- Folosită în special în transmisii radio





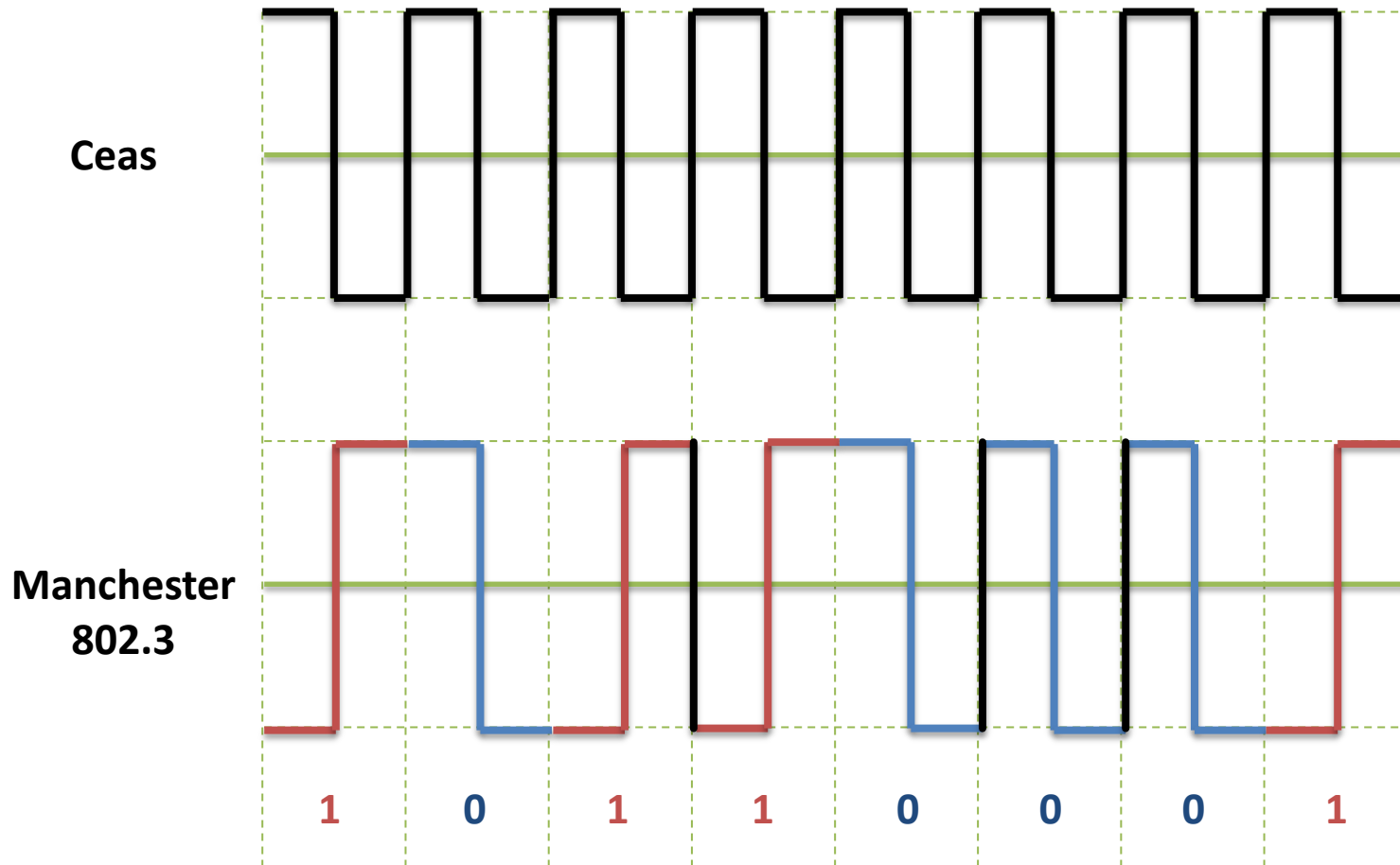
## Transmisii digitale

- Caracteristici
- Manchester
- Manchester diferențial
- NRZ-L
- NRZ-I
- MLT-3
- PAM-5
- Exemplu: Fast Ethernet
- Exemplu: Gigabit Ethernet

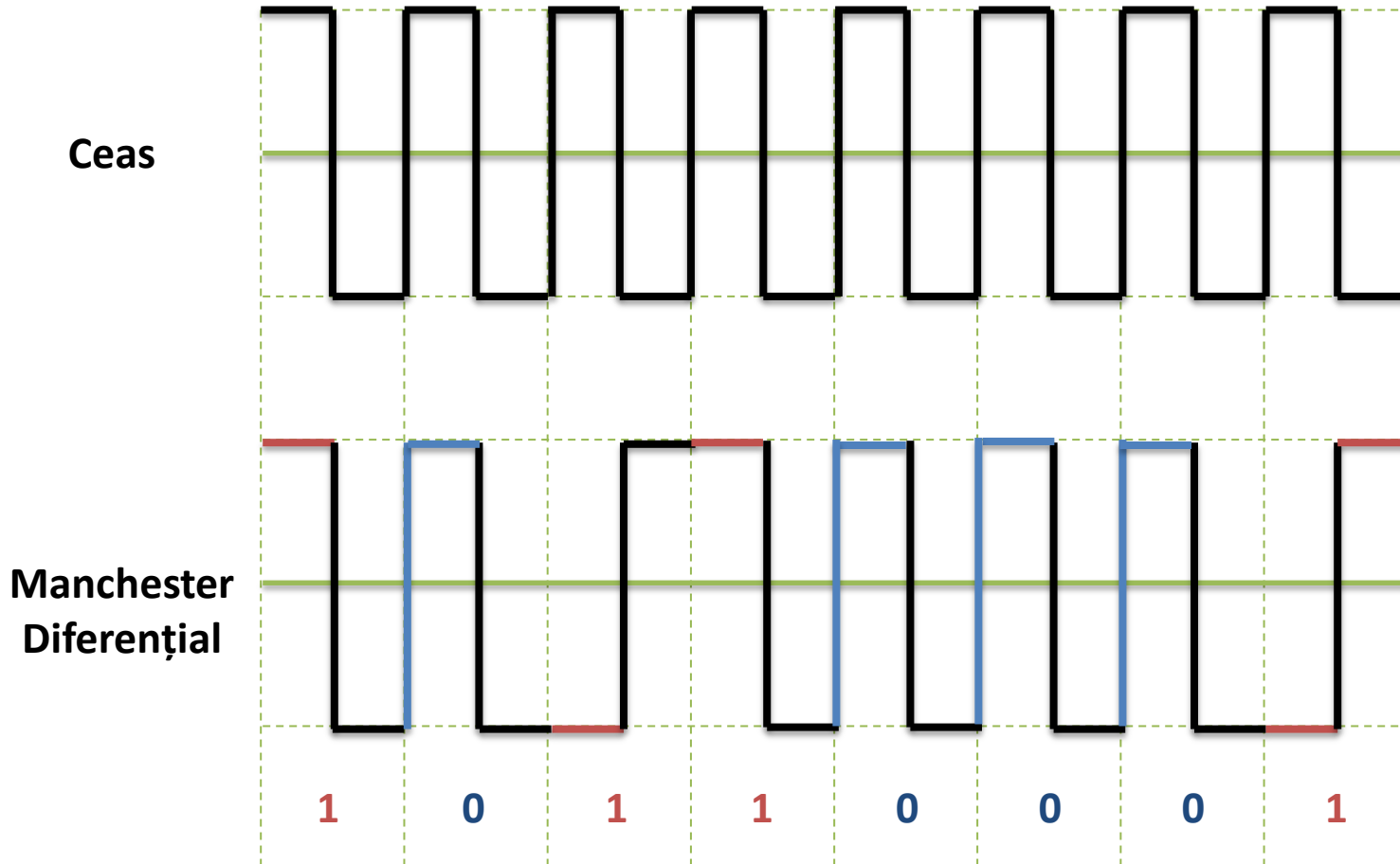
- Folosesc valori discrete pentru a transmite informație
- Caracteristici:
  - Bit interval (echivalent perioadă)
  - Bit rate (echivalent frecvență)
- Line coding – este denumită și digital baseband modulation
  - Unipolară – un singur nivel de tensiune care reprezintă 1; absența înseamnă 0
  - Polară – două niveluri de tensiune
  - Bipolară – trei niveluri: pozitiv, negativ și zero



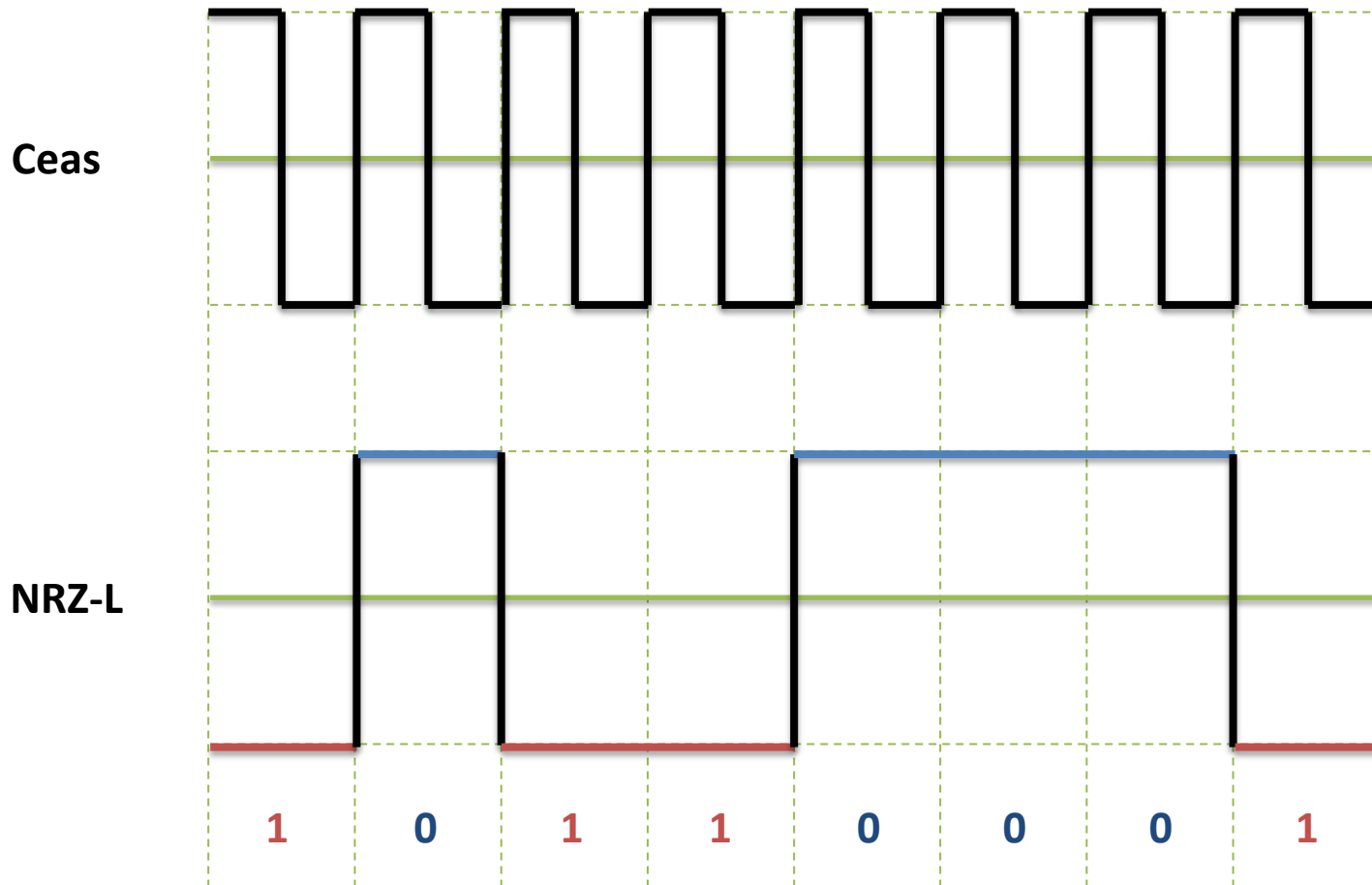
# Codificare Manchester IEEE 802.3



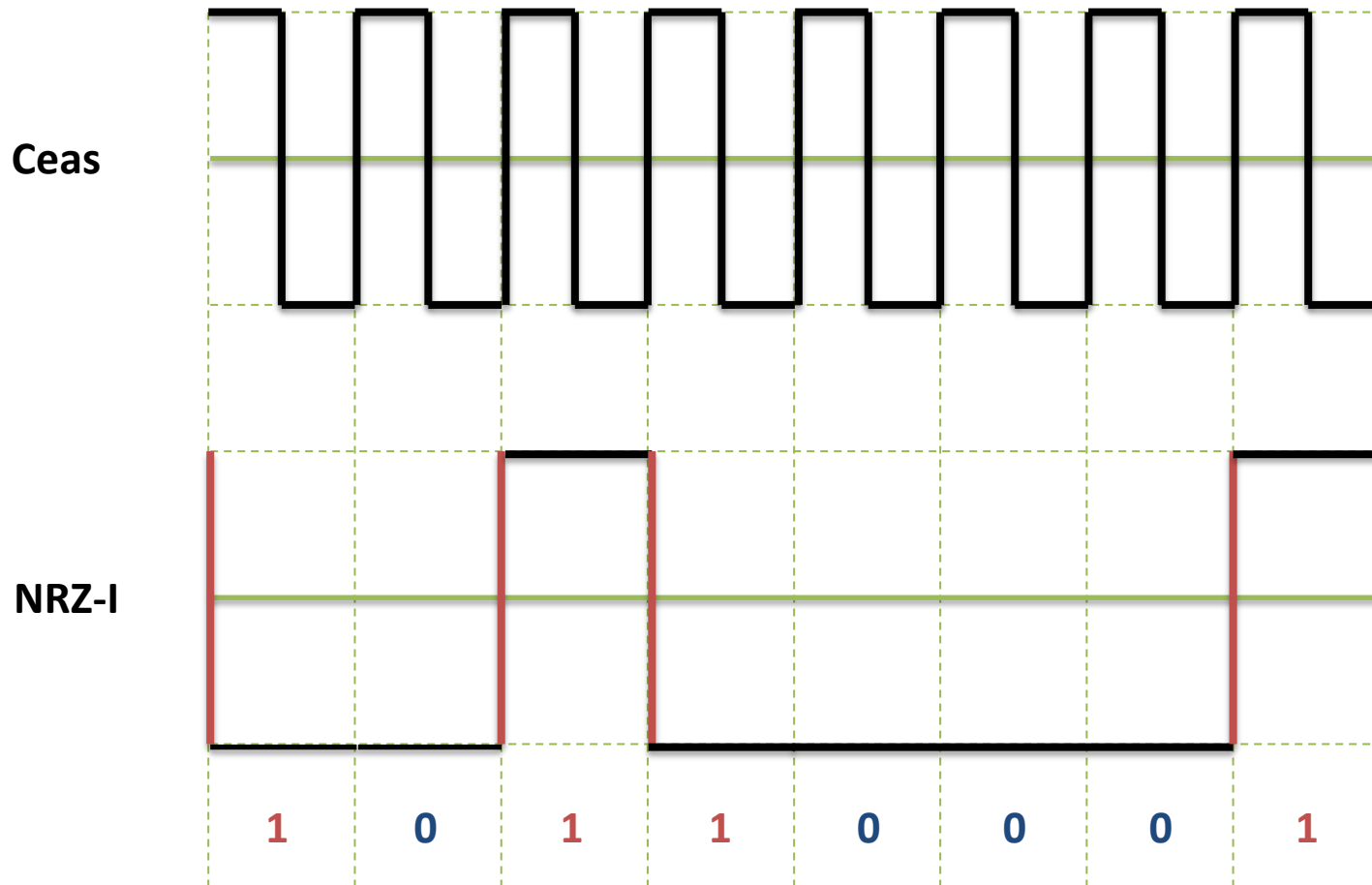
# Codificare Manchester Diferențial

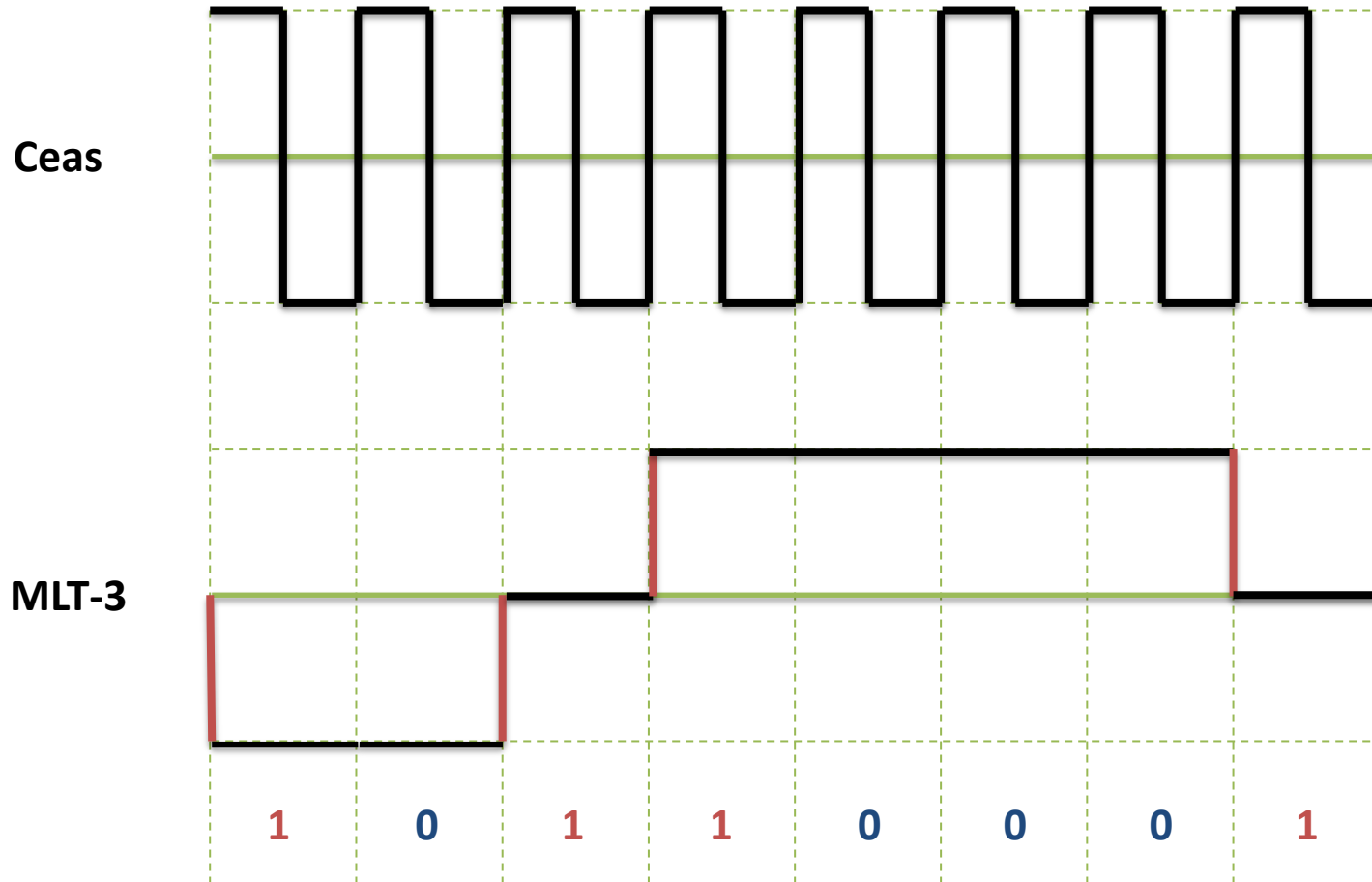


# Codificare Non-Return-To-Zero Level

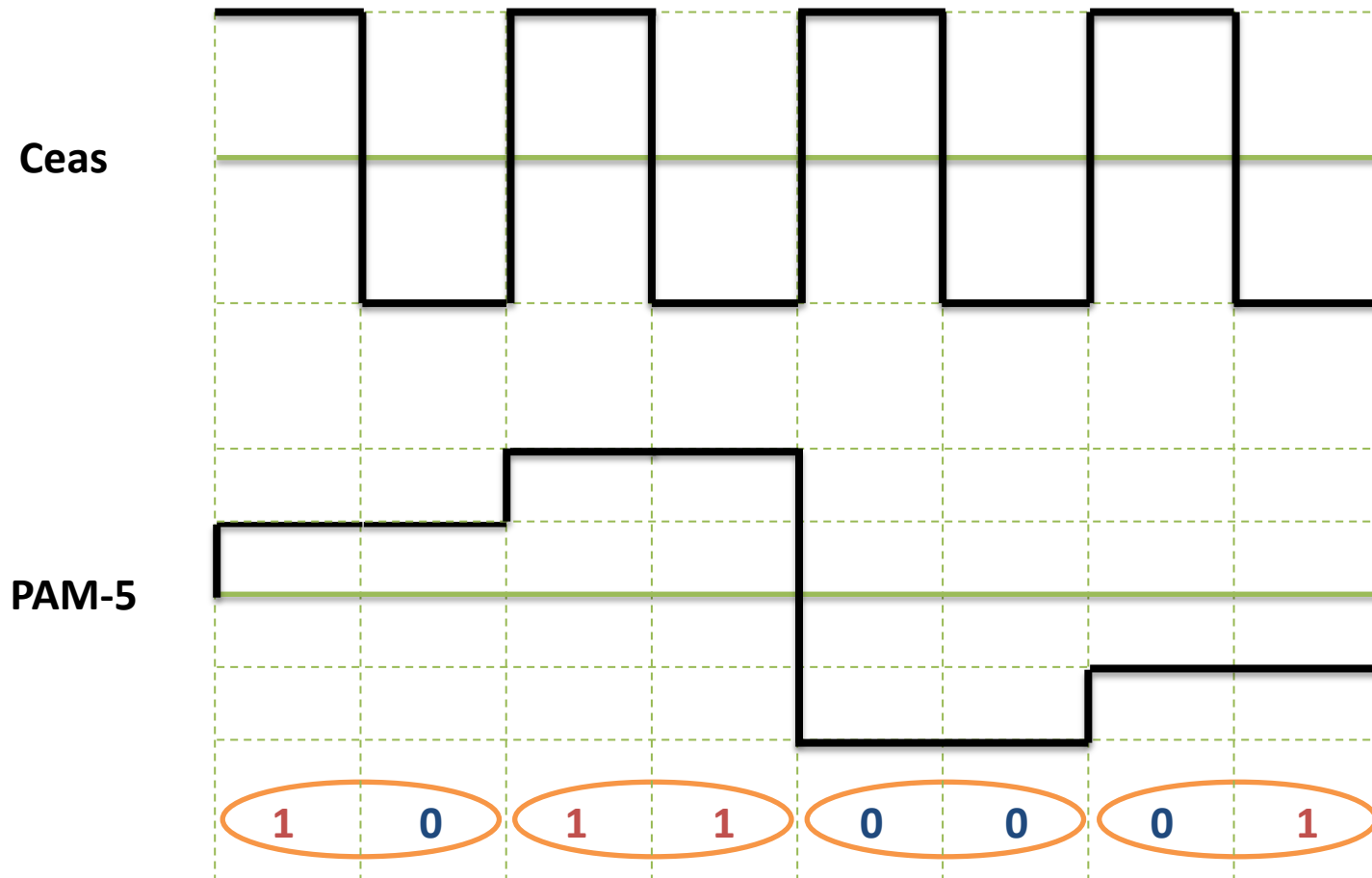


# Codificare Non-Return-To-Zero Inverted





- Un nivel din cele 5 poate fi folosit pentru corecția erorilor
- Transmite doi biți într-o perioadă de ceas

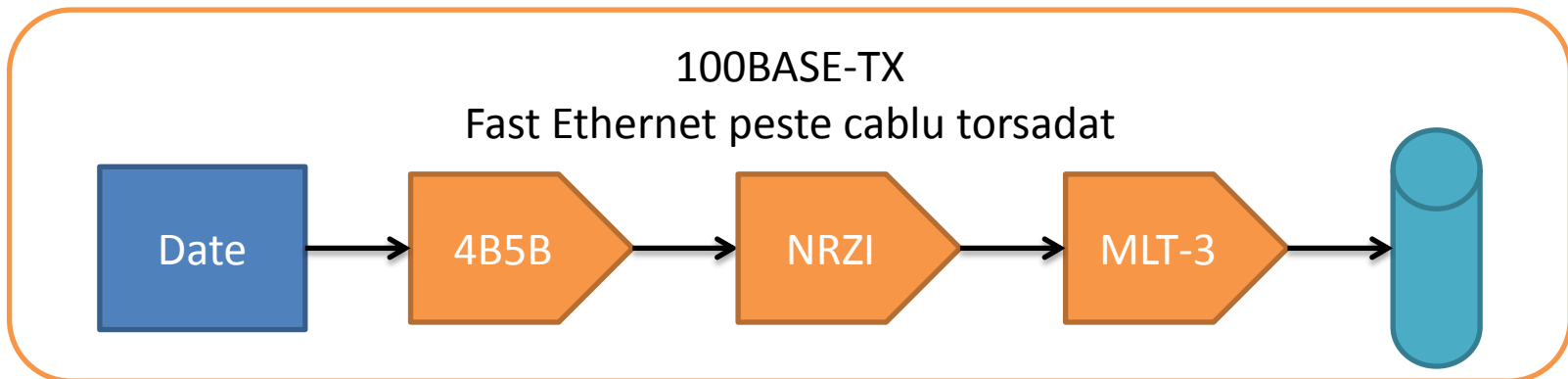
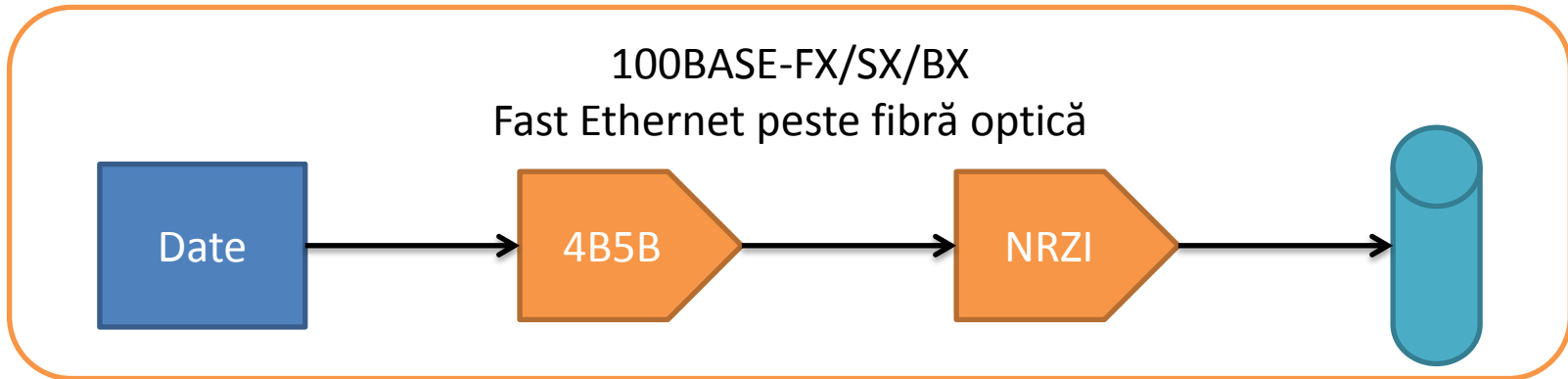


- Convertește blocuri de 4 biți în blocuri de 5
- Folosit în combinație cu NRZ-I (fibră optică) sau MLT-3 (100BASE-TX, FDDI peste cupru)
- Blocurile de 5 au suficient de mulți biți de 1 a.î. NRZ-I/MLT-3 să nu piardă sincronizarea
- Nu se pot obține mai mult de 3 biți de 0 consecutivi

Nume	4b	5b
0	0000	11110
1	0001	01001
2	0010	10100
3	0011	10101
4	0100	01010
5	0101	01011
6	0110	01110
7	0111	01111

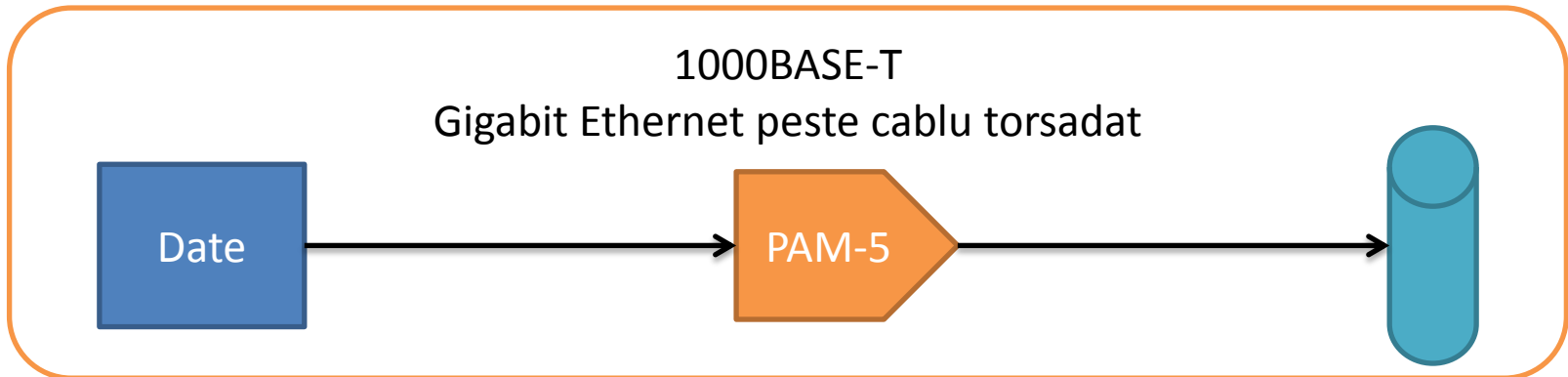
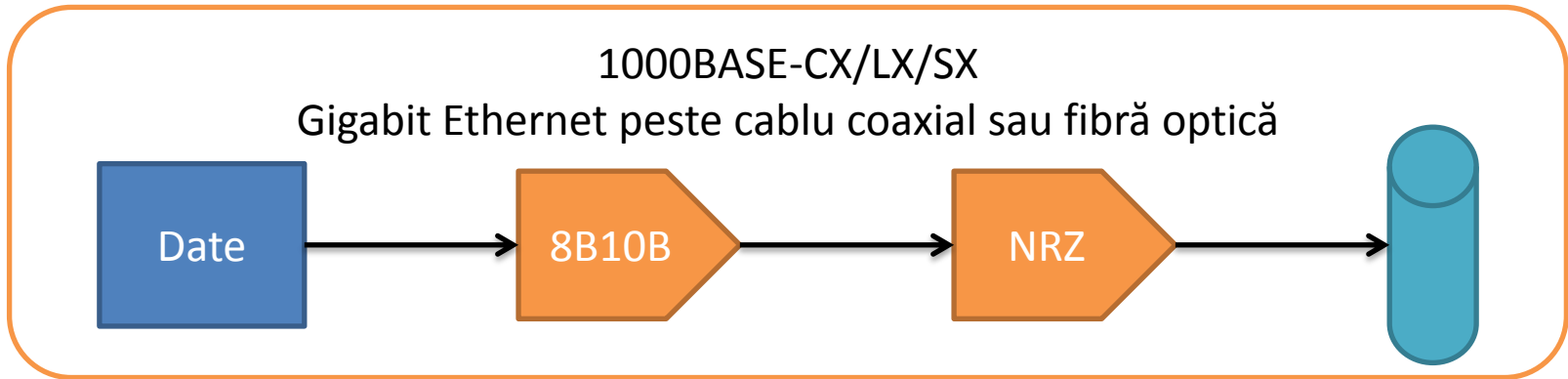
Nume	4b	5b
8	1000	10010
9	1001	10011
A	1010	10110
B	1011	10111
C	1100	11010
D	1101	11011
E	1110	11100
F	1111	11101

Nume	4b	5b
Q	-	00000
I	-	11111
J	-	11000
K	-	10001
T	-	01101
R	-	00111
S	-	11001
H	-	00100



(Tehnologiile Ethernet vor fi studiate în detaliu în cadrul cursului 2)

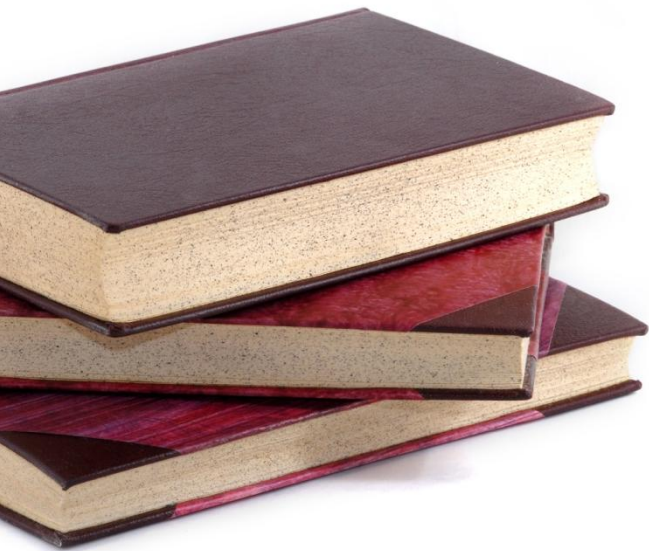




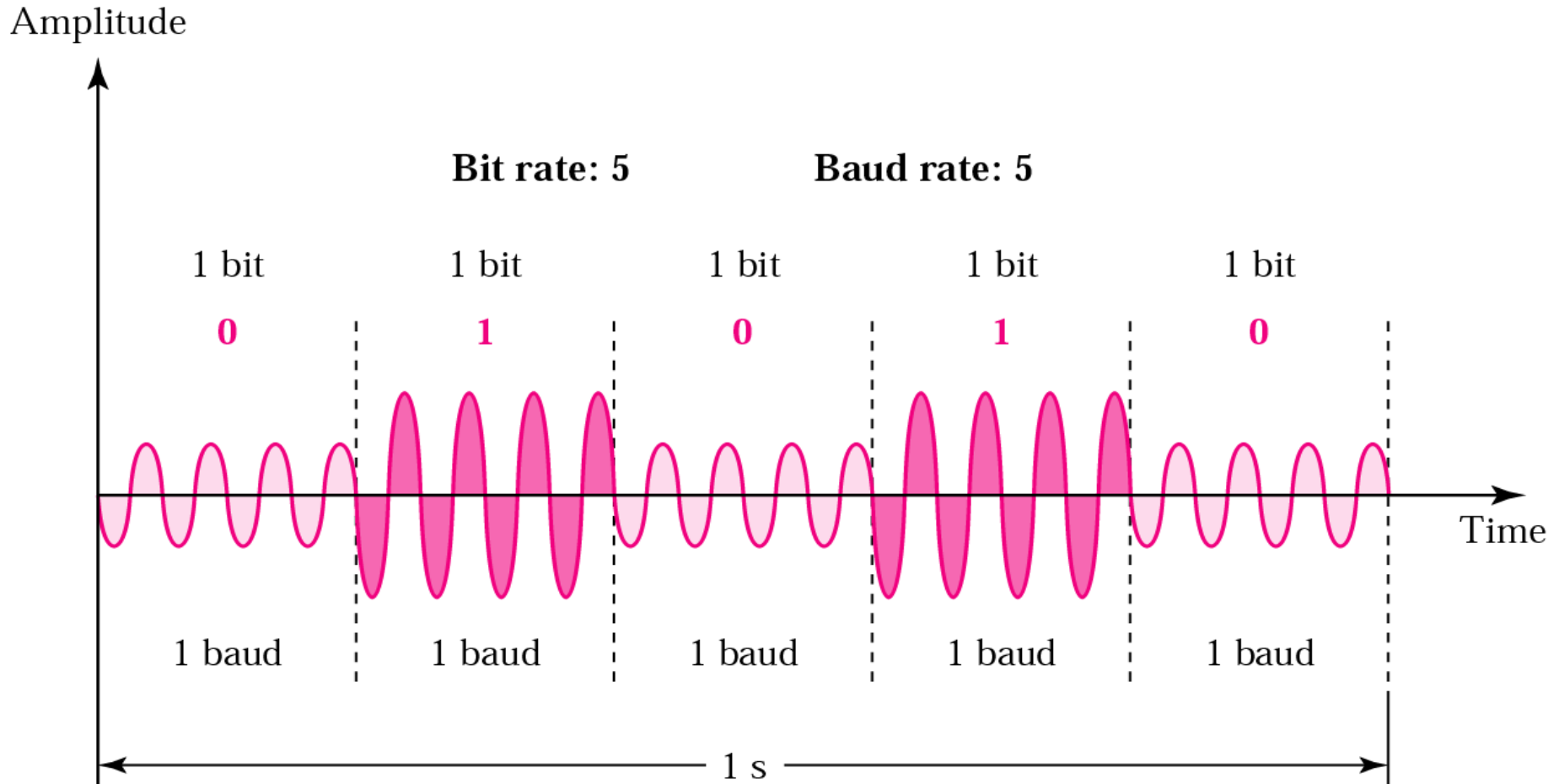
(Tehnologiile Ethernet vor fi studiate în detaliu în cadrul cursului 2)

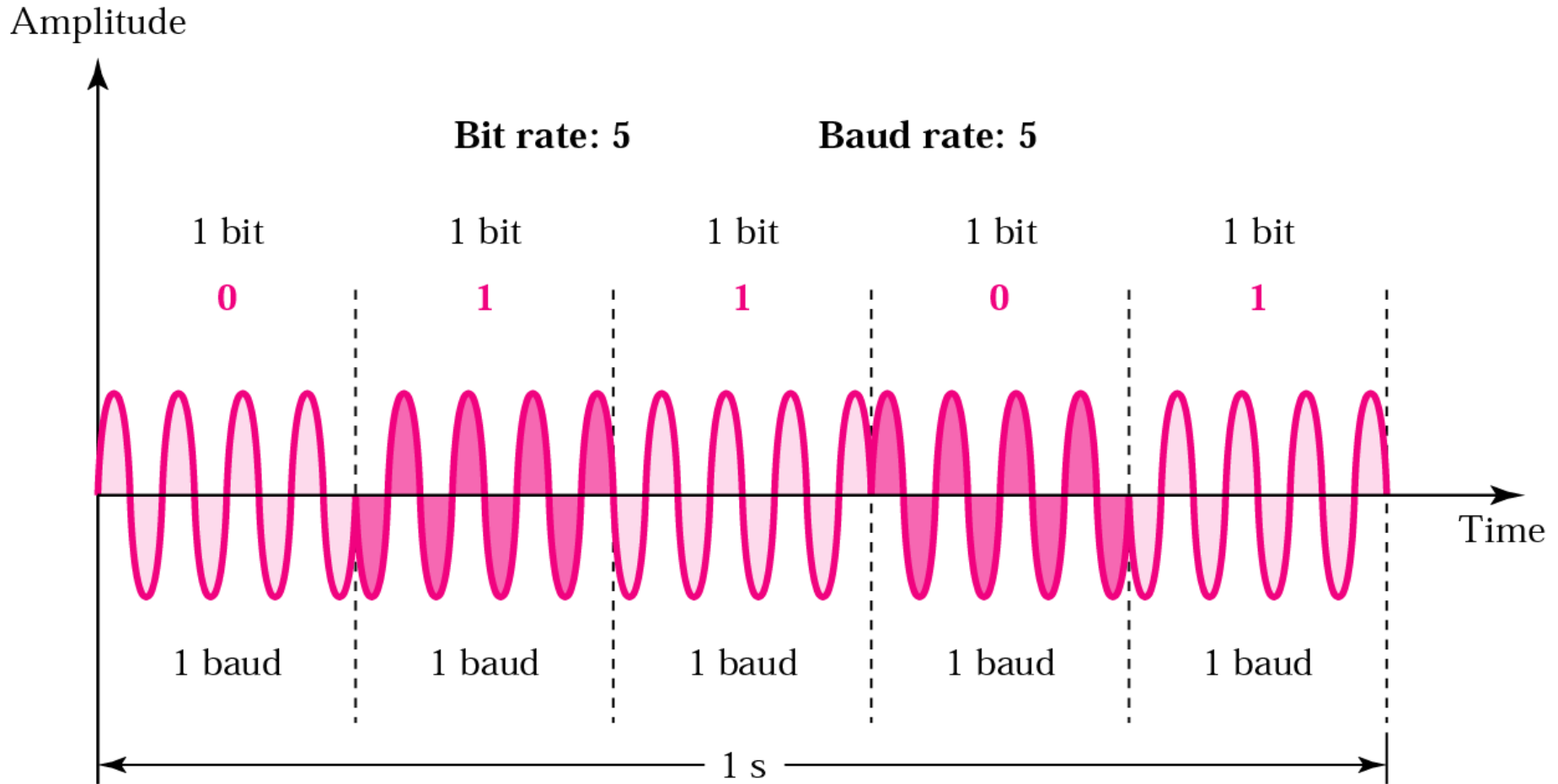
# Transmiterea datelor digitale cu carrier analog

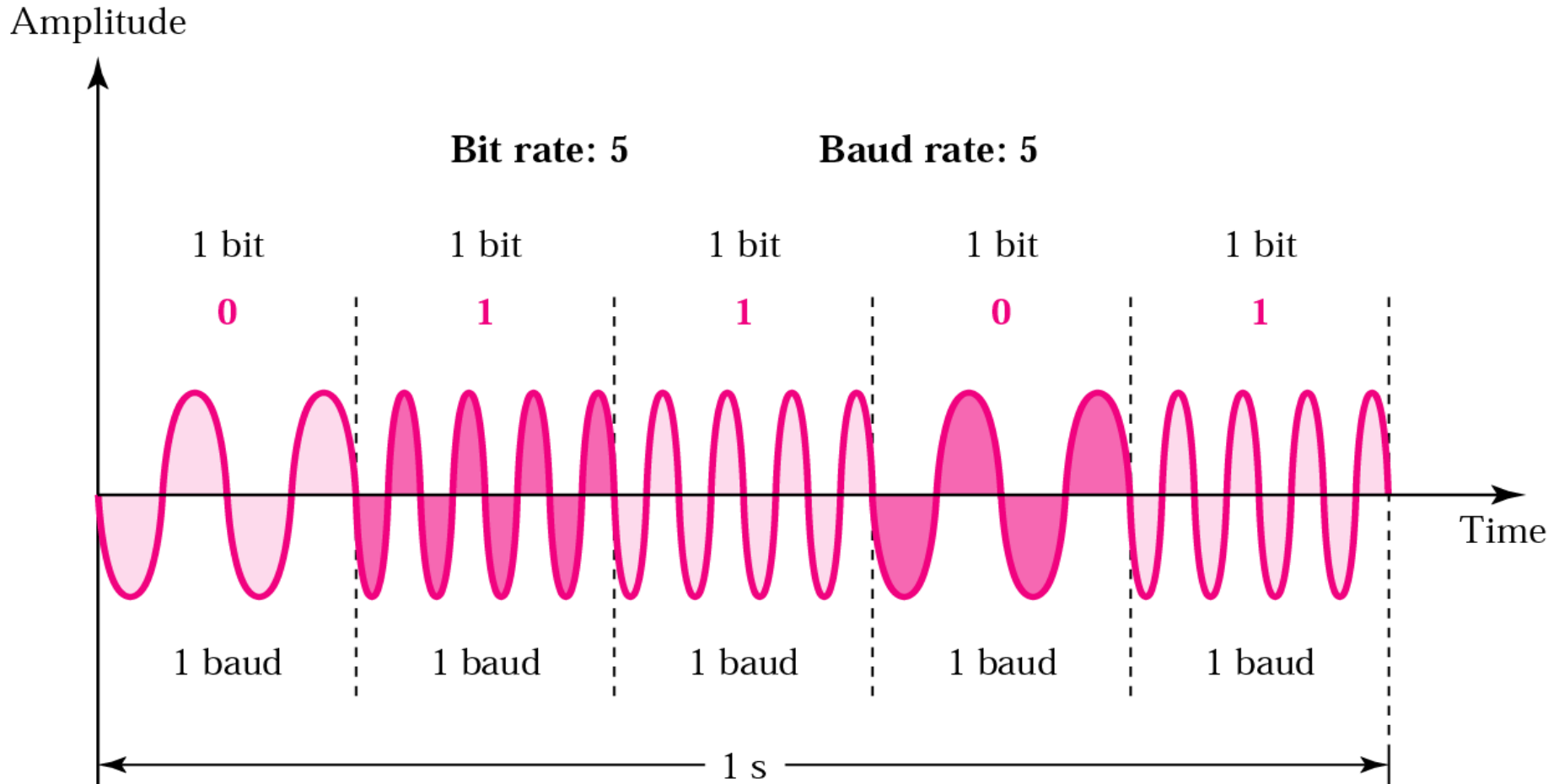
- Caracteristici
- ASK
- PSK
- FSK
- Diagrame de constelații



- Dacă se dorește transmiterea datelor digitale peste un mediu ce folosește semnale analogice (de exemplu linii telefonice), semnalul analog trebuie modulat
- Există mai multe tipuri de modulare:
  - ASK – Amplitude Shift Keying
  - PSK – Phase Shift Keying
  - FSK – Frequency Shift Keying
- **Bit rate** – numărul de biți pe secundă
- **Baud rate** – numărul de semnale pe secundă
- Baud rate  $\leq$  bit rate
- Tehnicile de modulare sunt caracterizate prin raportul  $\frac{\textit{bit rate}}{\textit{baud rate}}$

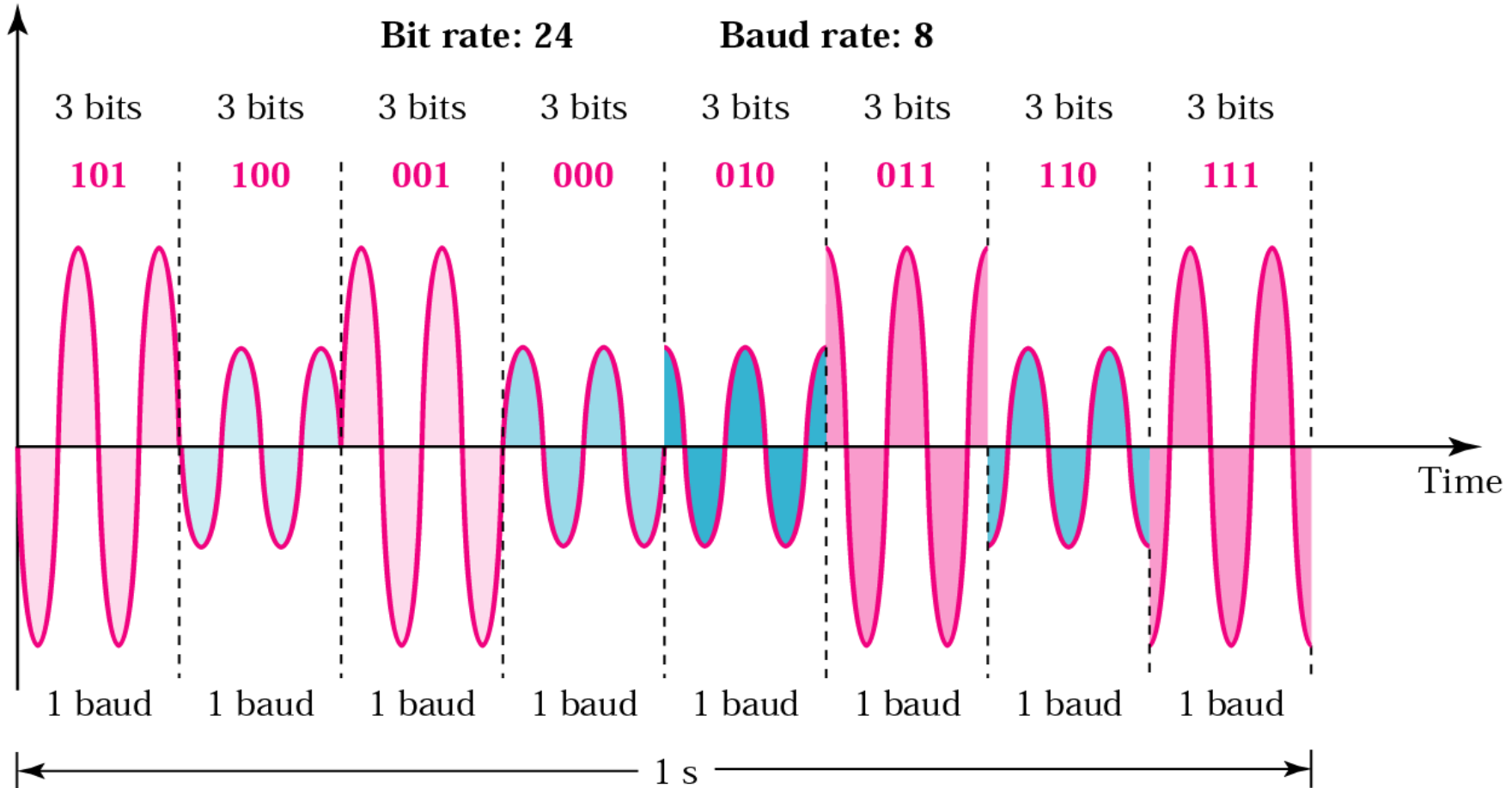




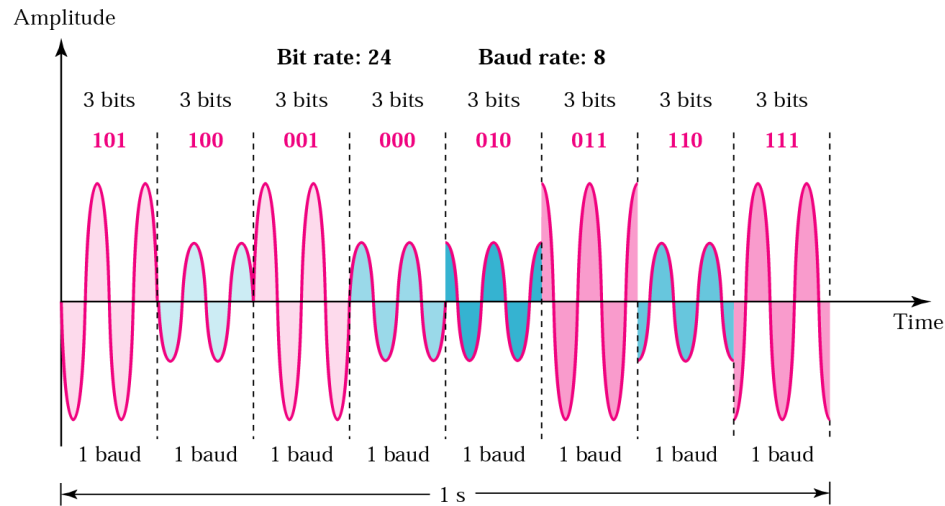


# Combinatie PSK-ASK

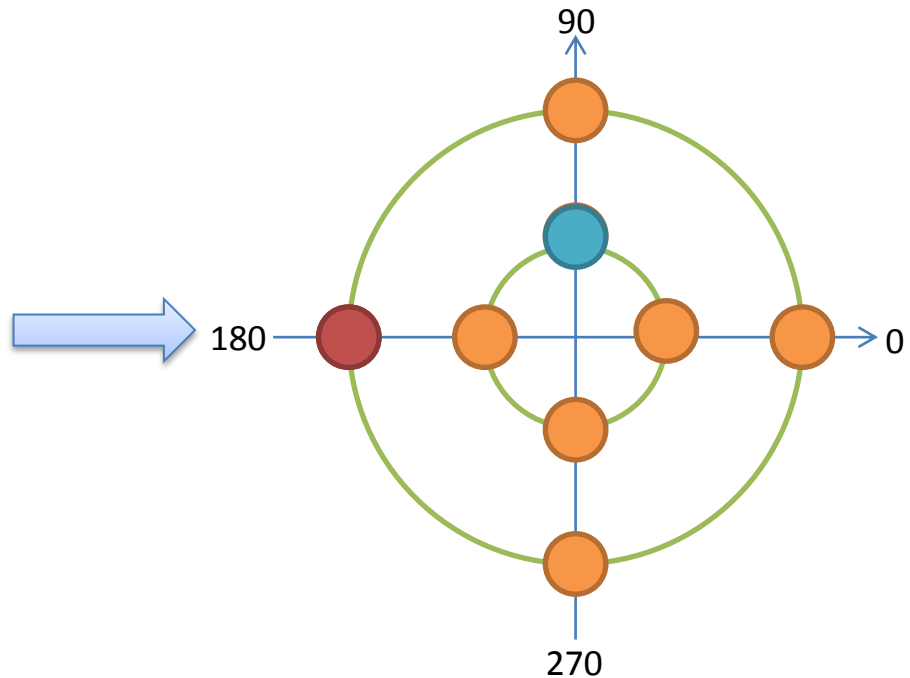
Amplitude



# Diagrame de constelații

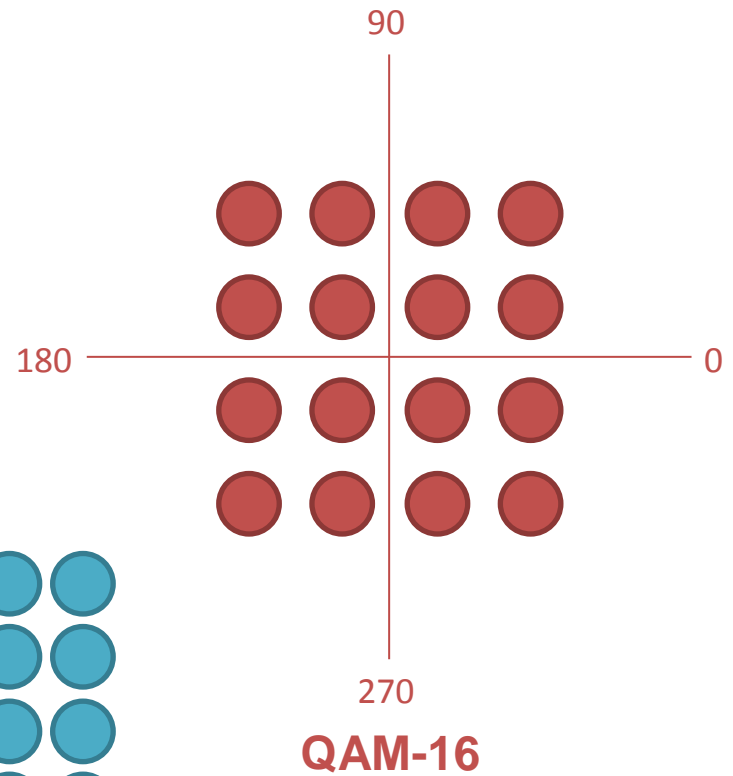
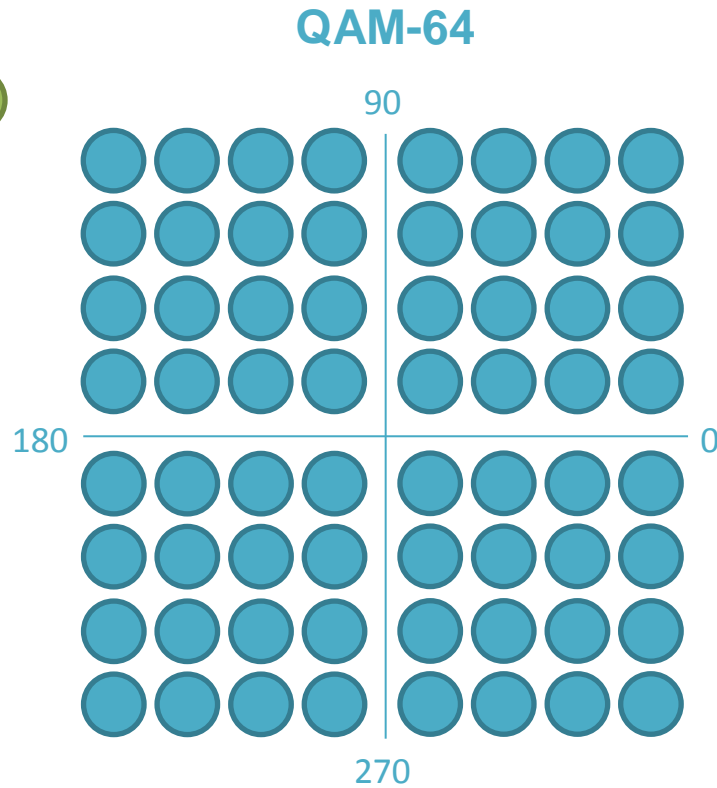
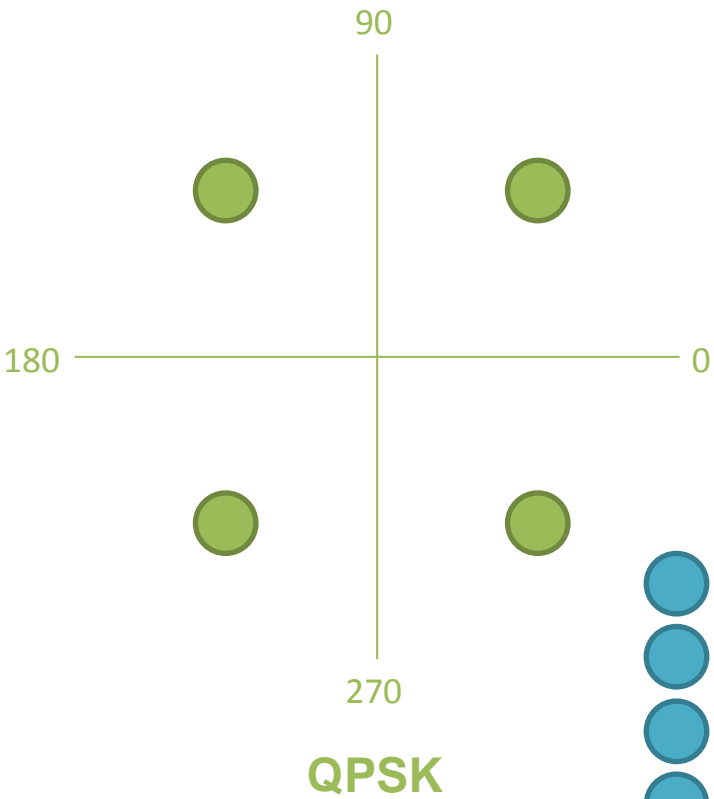


Cod	A	$\phi$	Cod	A	$\phi$
000	1	$0^\circ$	100	1	$180^\circ$
001	2	$0^\circ$	101	2	$180^\circ$
010	1	$90^\circ$	110	1	$270^\circ$
011	2	$90^\circ$	111	2	$270^\circ$



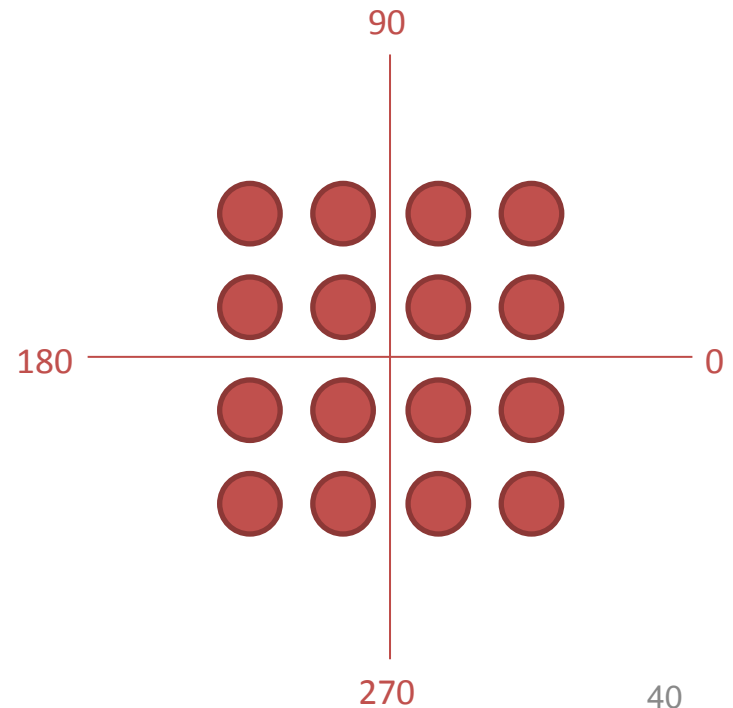


# Exemple de constelații

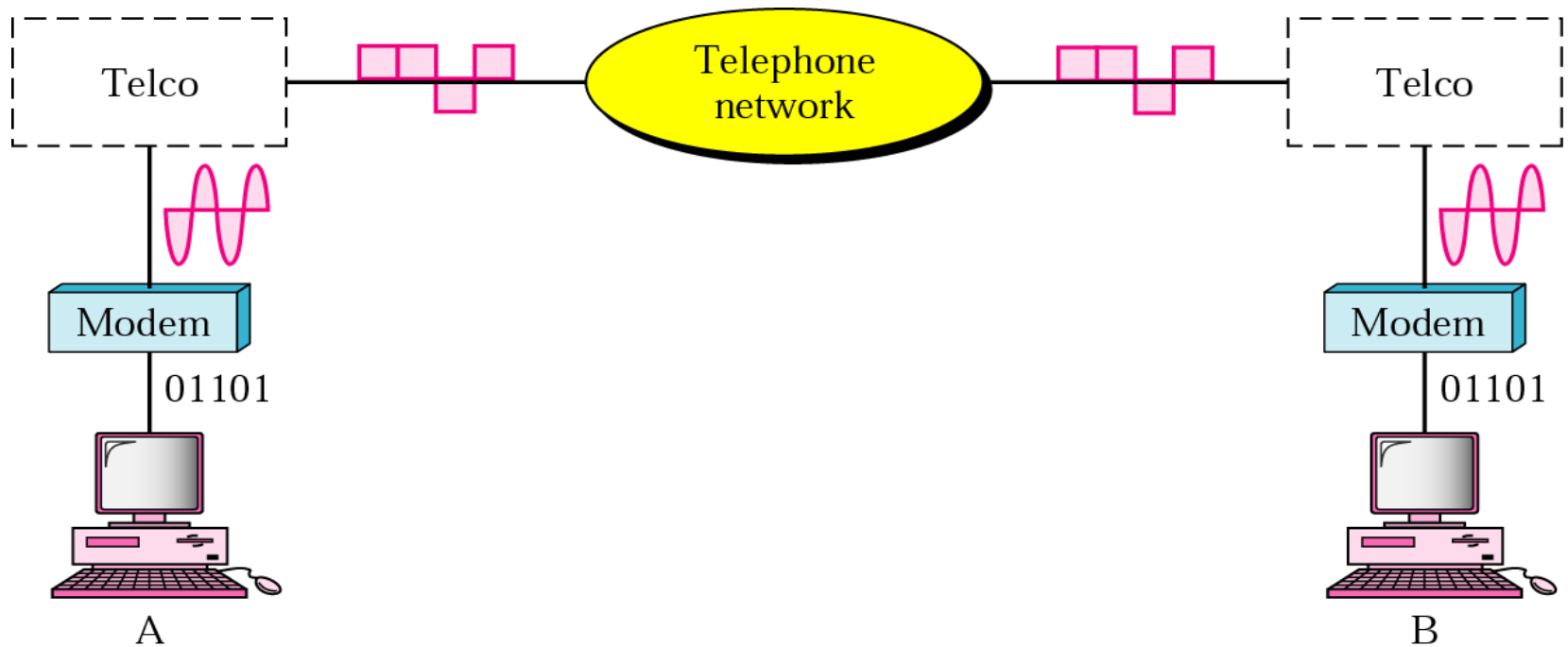


- Se consideră o linie cu o capacitate de 2400 baud. Câți biți de date pot fi trimiși pe secundă dacă se folosește QAM-16 pentru modulare?
- **R:** Sunt folosite 16 puncte de constelație pentru a trimite 4 biți per simbol, ceea ce înseamnă:

$$4 \cdot 2400 = 9600 \text{ bps}$$

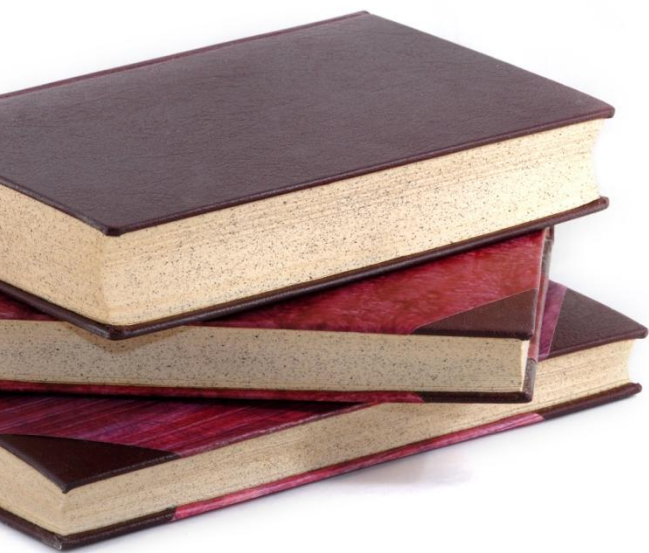


- MOdulator/DEModulator



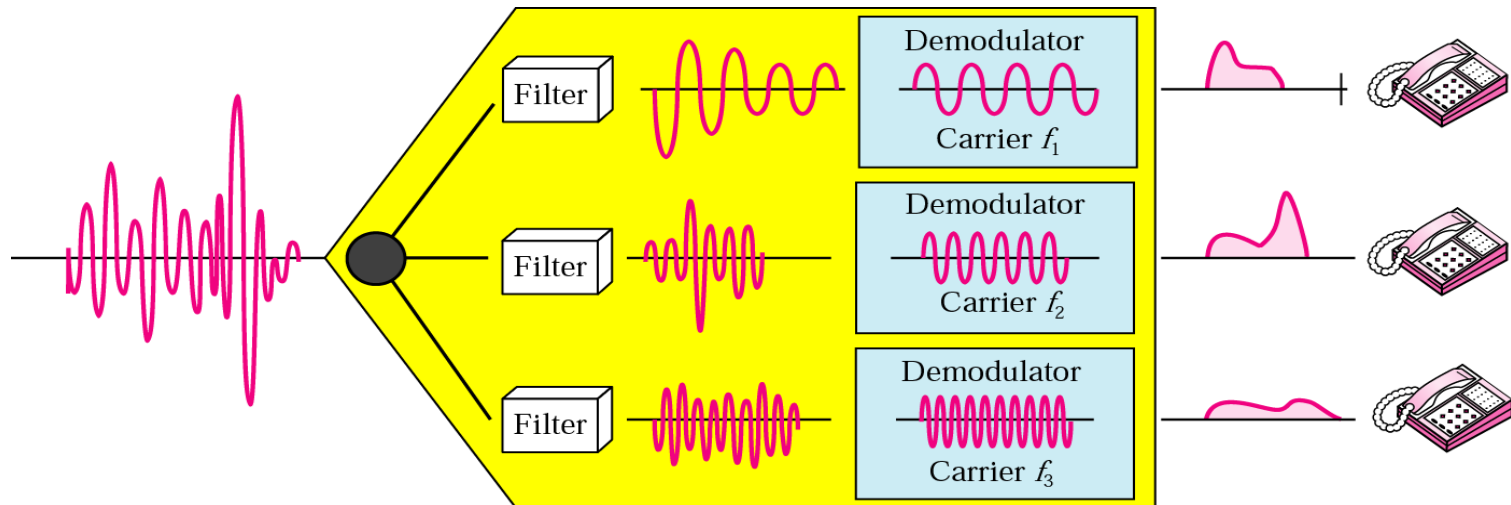
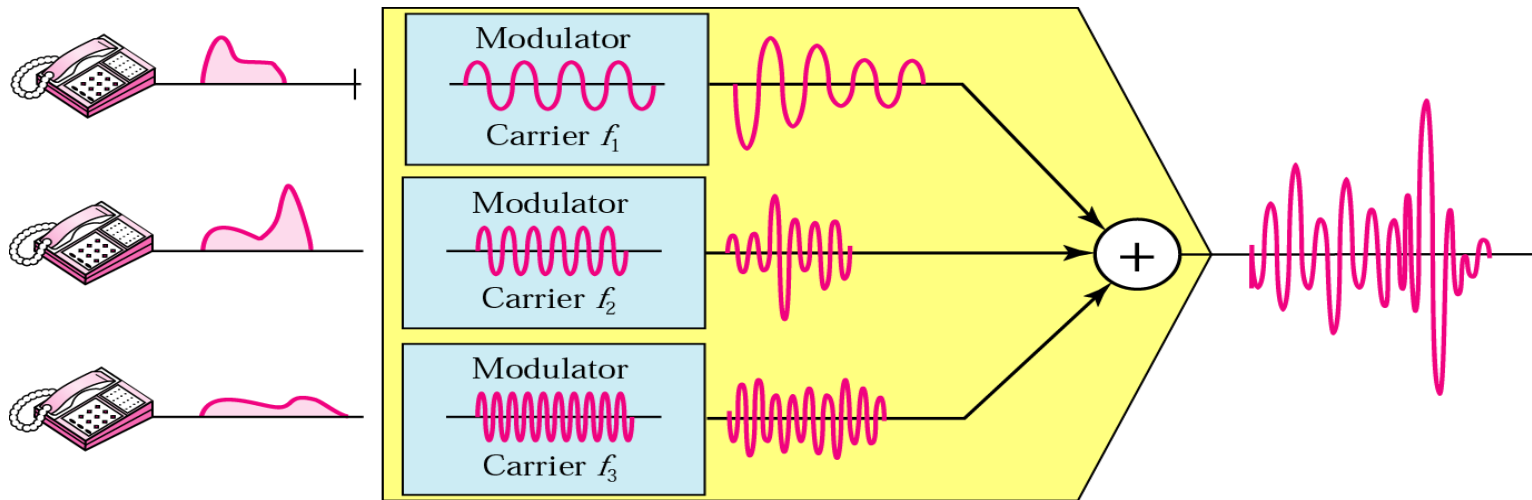
# Multiplexare

- FDM
- WDM
- TDM
- Exemplu: DSL

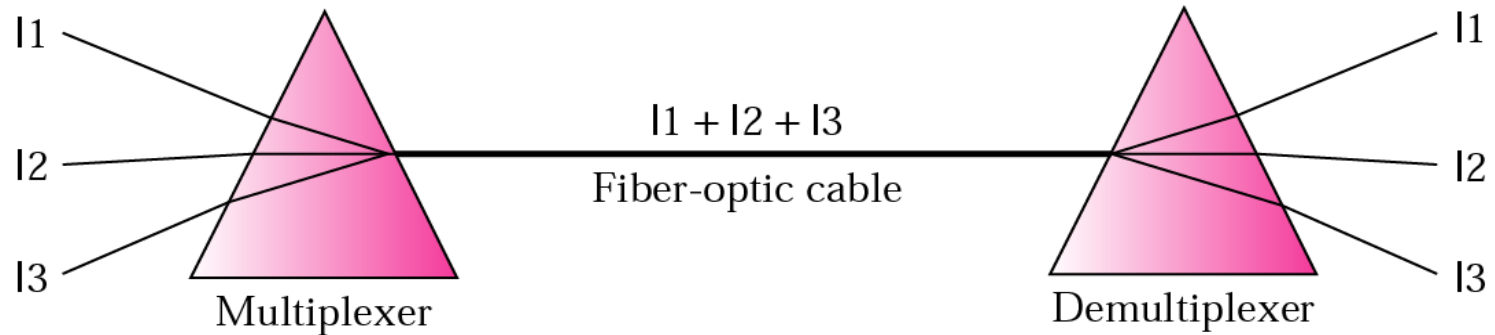
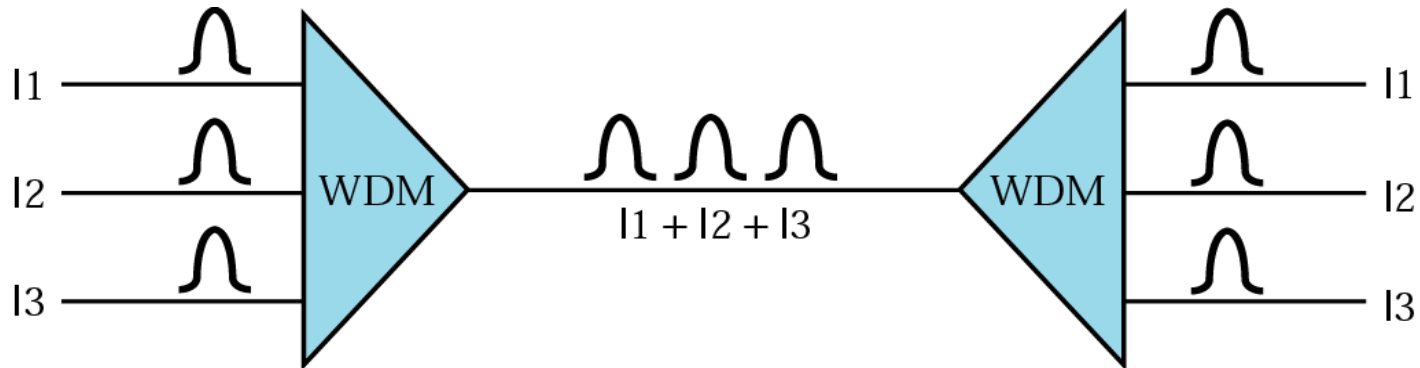


- Constă în gruparea mai multor fluxuri de date într-un singur semnal peste un singur mediu partajat
- Analogică
  - FDM – frequency division multiplexing
  - WDM – wavelength division multiplexing (mediu optic)
- Digitală
  - TDM – time division multiplexing

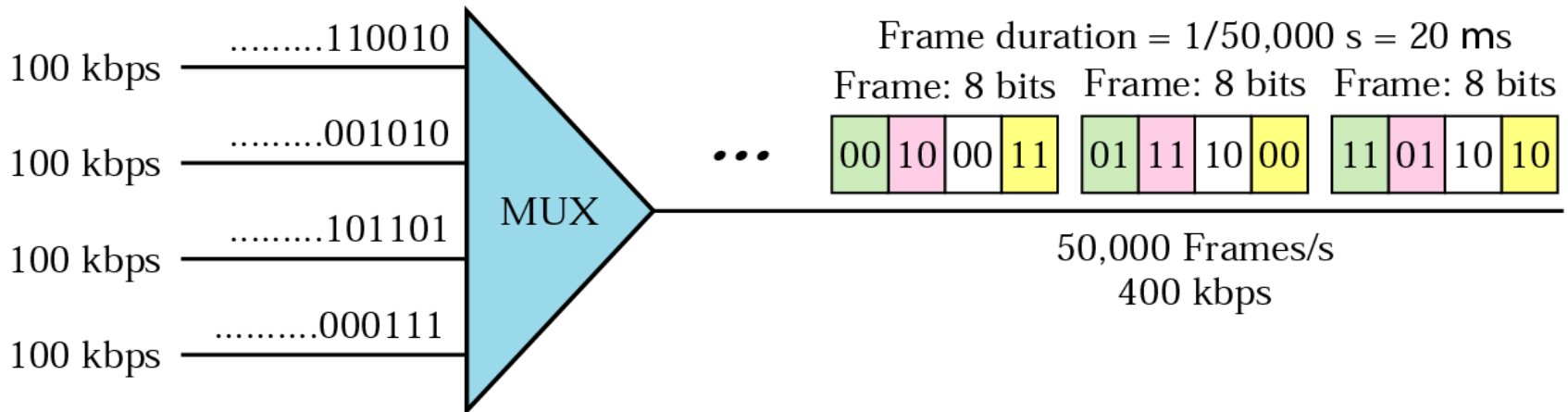
# Multiplexare - FDM



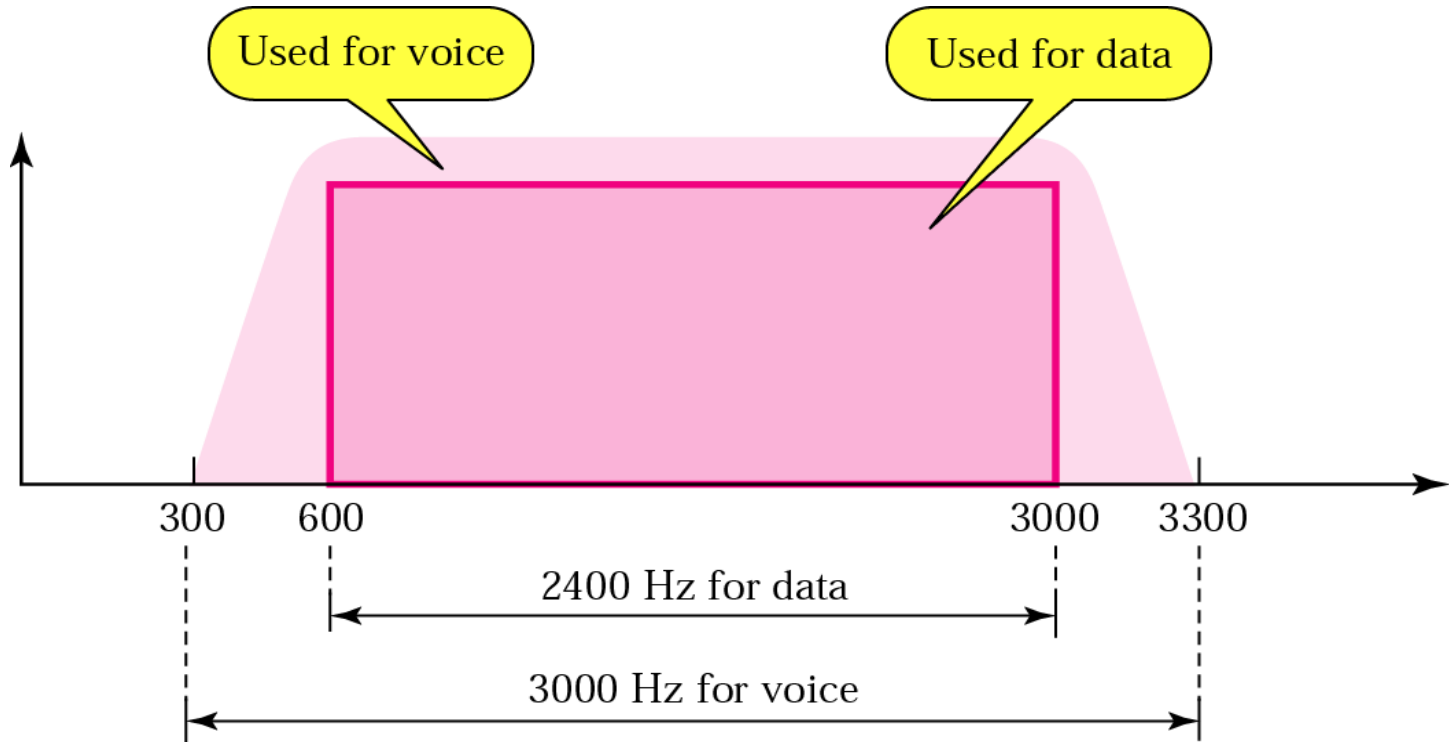
# Multiplexare - WDM



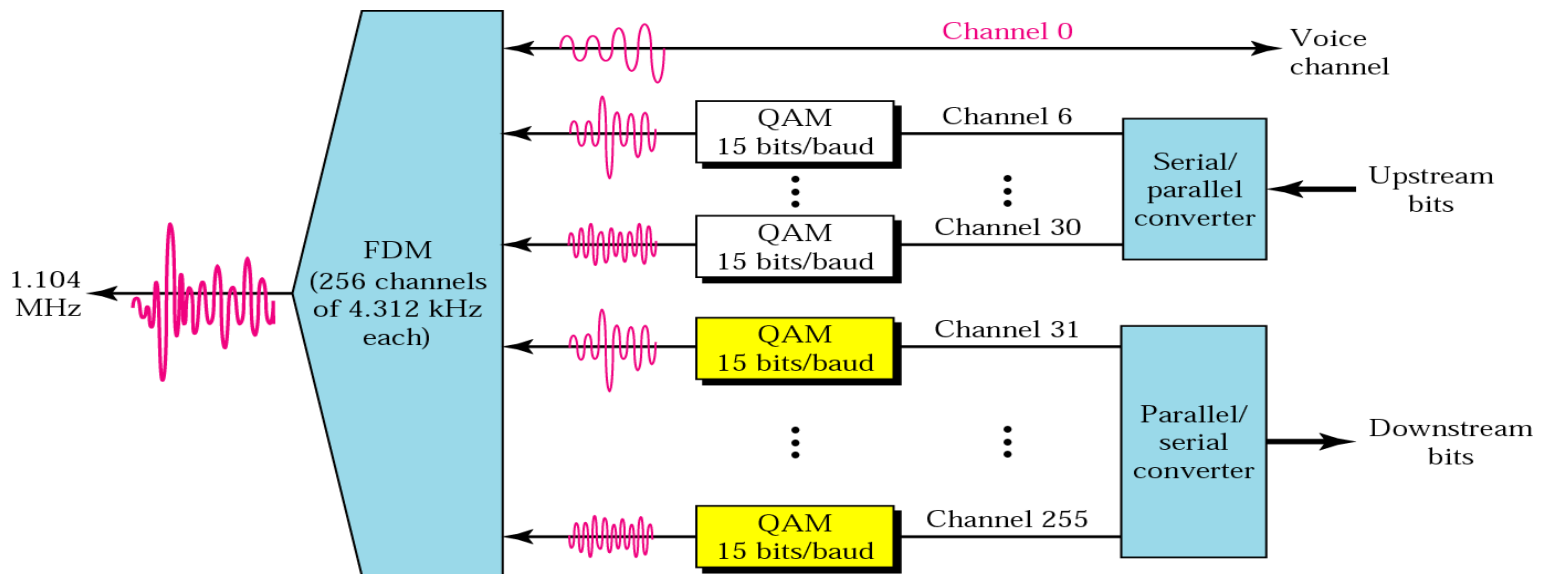
# Multiplexare - TDM



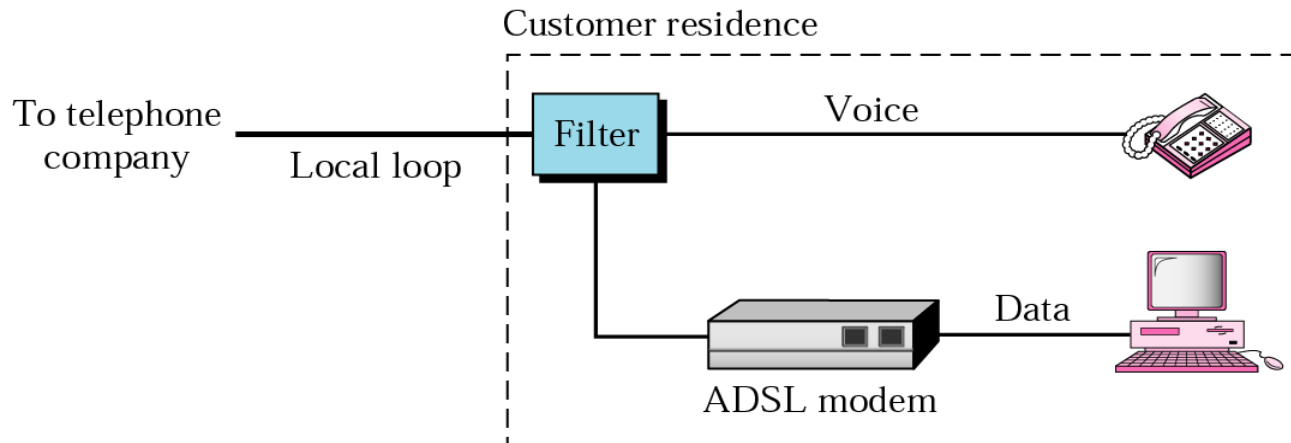
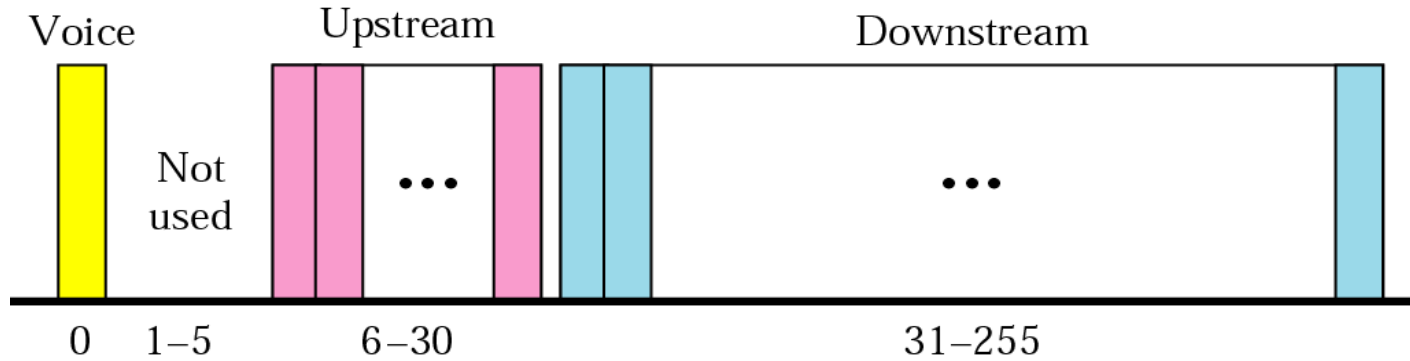




- Digital Subscriber Line
- ADSL – Asymmetric DSL: destinata utilizatorilor; nepotrivită pentru mediu business
- Lățimea de bandă poate ajunge la 1.1 MHz

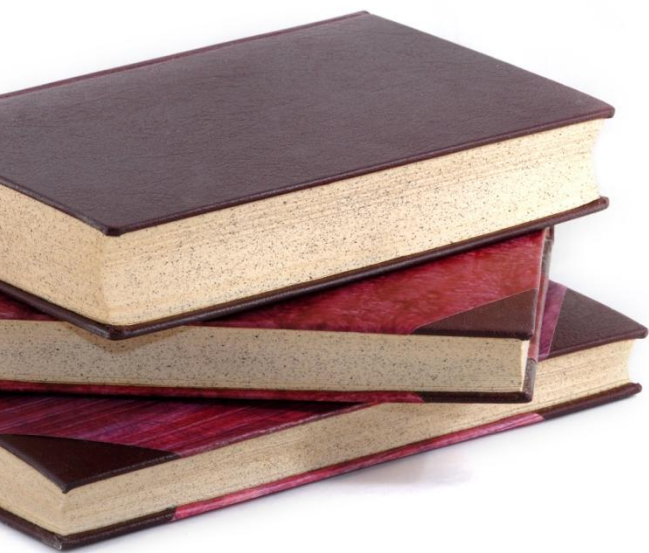


# DSL (2)

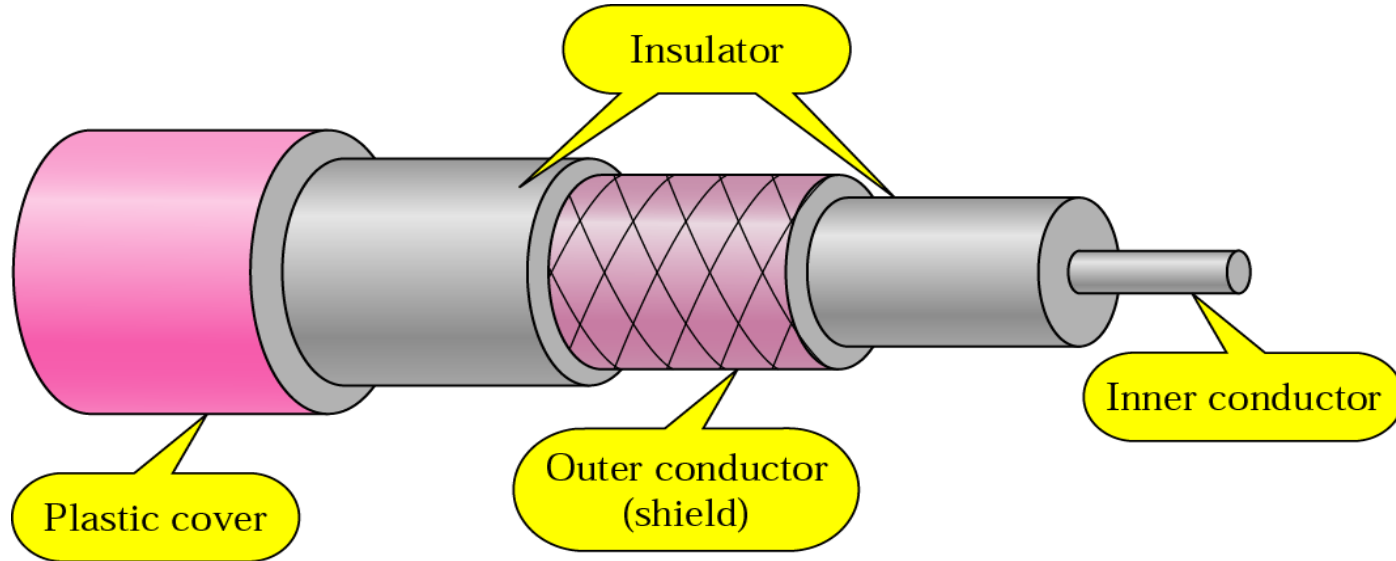


## Medii de transmisie

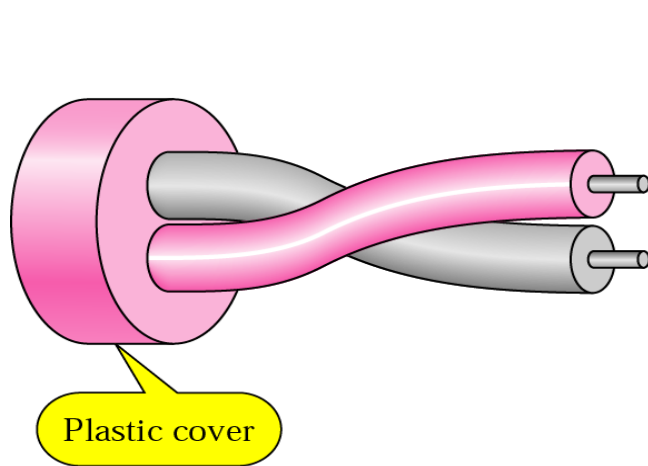
- Cablu coaxial
- Cablu torsadat
- Fibră optică
- Wireless



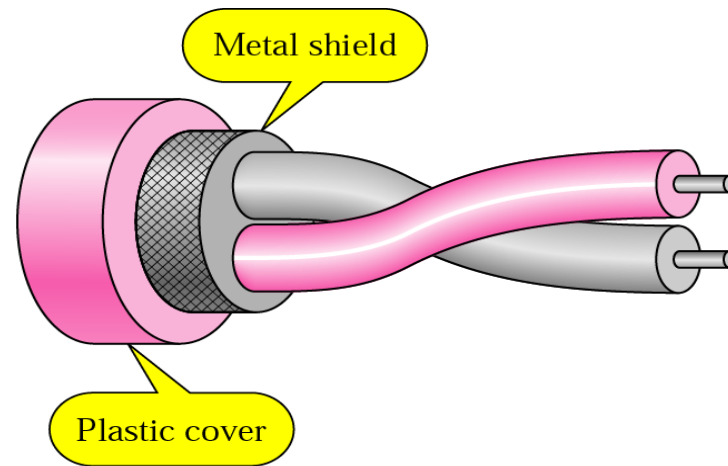
- Cu fir (ghidat)
  - Cablu coaxial
  - Cablu torsadat (twisted-pair cable)
    - UTP
    - STP / FTP
    - ScTP
  - Fibră optică
    - Multimode
    - Singlemode
- Fara fir (neghidat)
  - Unde radio
  - Microunde
  - Infraroșii



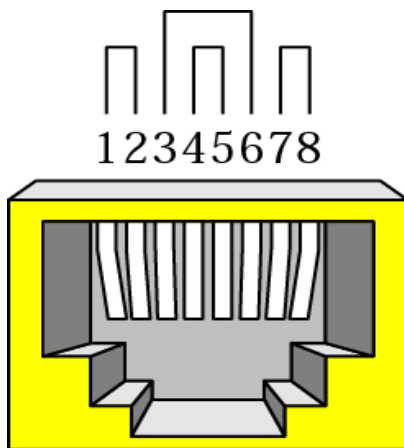
Category	Impedance	Use
<b>RG-59</b>	75 $\Omega$	Cable TV
<b>RG-58</b>	50 $\Omega$	Thin Ethernet
<b>RG-11</b>	50 $\Omega$	Thick Ethernet



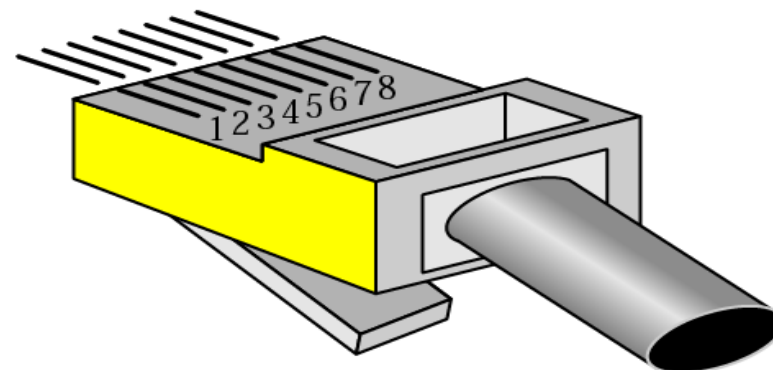
a. UTP



b. STP



RJ-45 Female



RJ-45 Male

# Categoriile de cablu torsadat

Categorie	Frecvență	Viteză	Standard
Cat 1		1Mbps	Telefonia clasică
Cat 2		4Mbps	Transmisiuni seriale
Cat 3	16MHz	10 Mbps 100 Mbps	TokenRing 10BaseT 100BaseT4
Cat 4	20MHz	16 Mbps 100 Mbps	TokenRing 10BaseT 100BaseT4
Cat 5	100MHz	10 Mbps 100 Mbps	TokenRing, 10BaseT 100BaseTX
Cat 5e	155MHz	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps	10BaseT, 100BaseTX, 1000BaseT
Cat 6	250MHz	100Mbps 1 Gbps	100BaseTX 1000BaseT
Cat 6a	500MHz	10 Gbps	10GBaseT
Cat 7	625MHz	10 Gbps	10GbaseT
Cat 8	1200Mhz	10 Gbps	10GbaseT



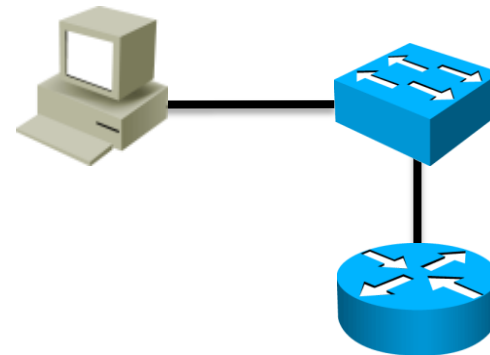
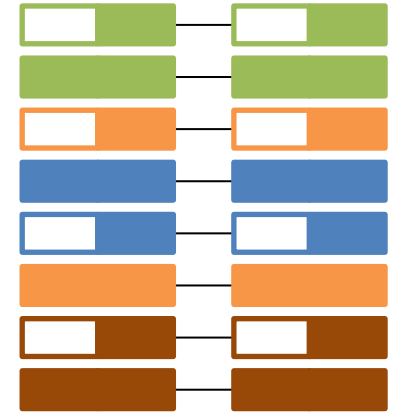
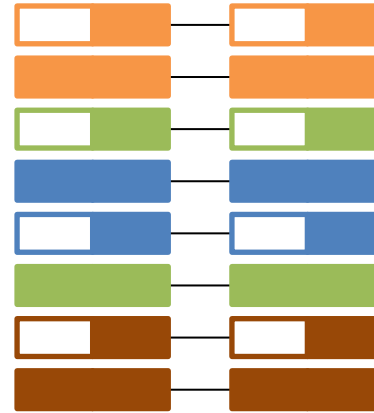
# Cablări twisted-pair: Straight-through



TIA/EIA-568B



TIA/EIA-568A

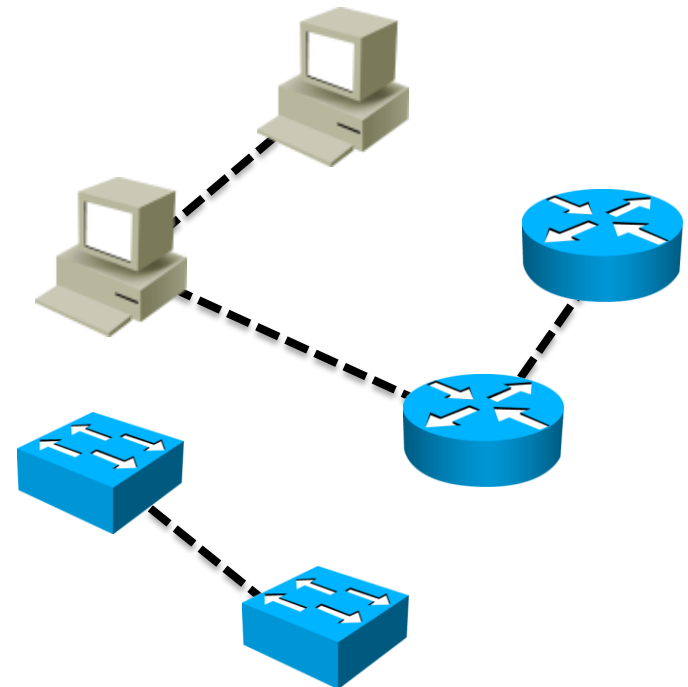


# Cablări twisted-pair: Crossover

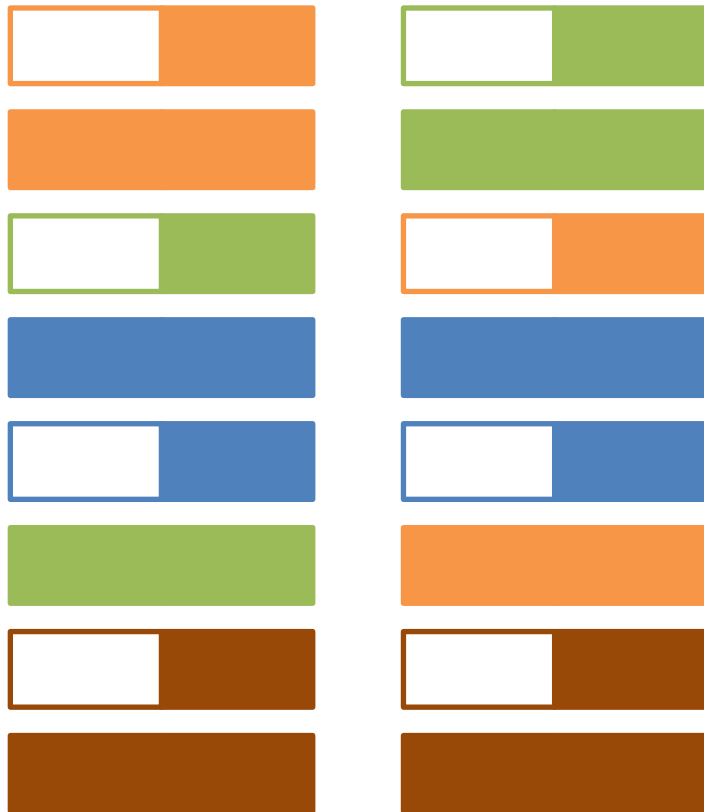


TIA/EIA-568B

TIA/EIA-568A

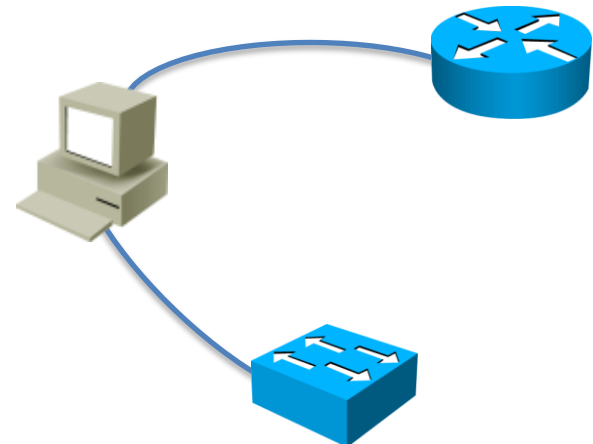
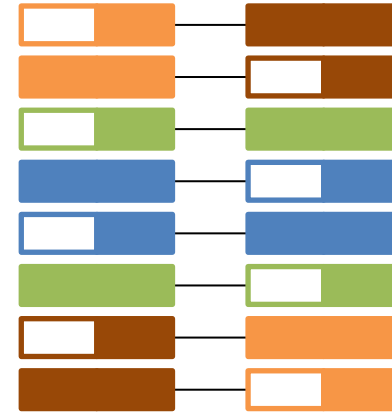


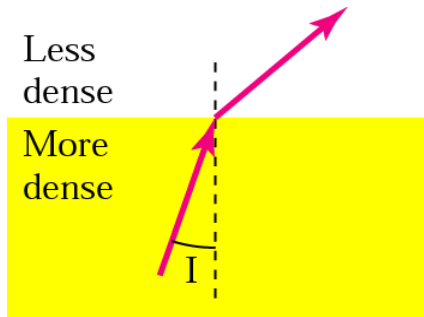
# Cablări twisted-pair: Rollover



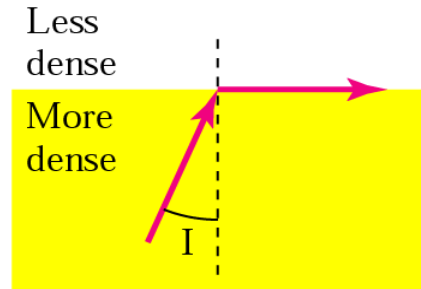
TIA/EIA-568B

TIA/EIA-568A

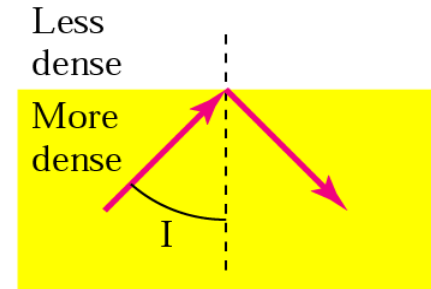




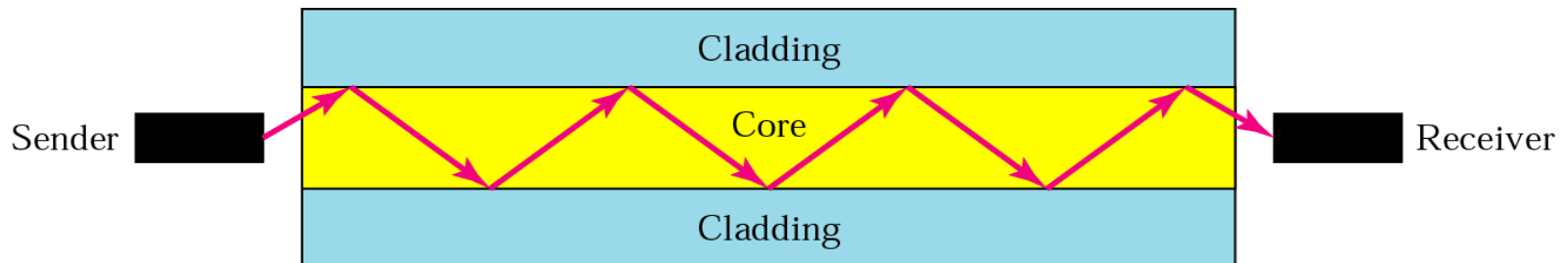
$I < \text{critical angle}$ ,  
refraction



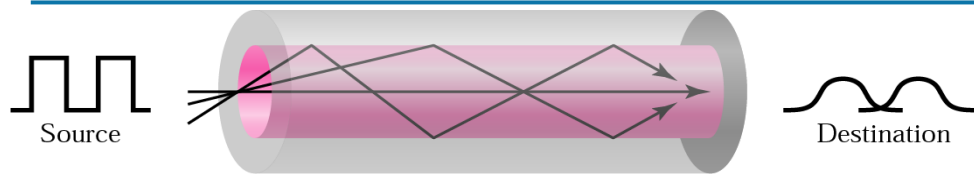
$I = \text{critical angle}$ ,  
refraction



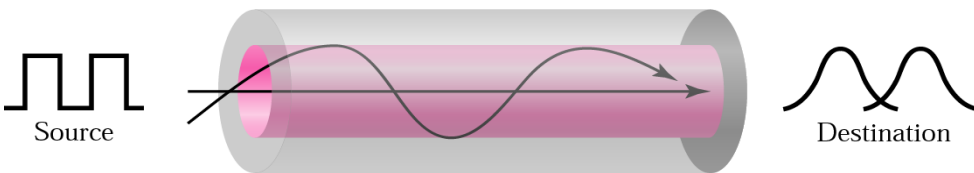
$I > \text{critical angle}$ ,  
reflection



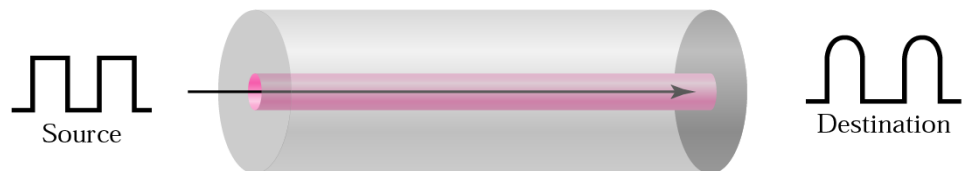
# Fibră optică (2)



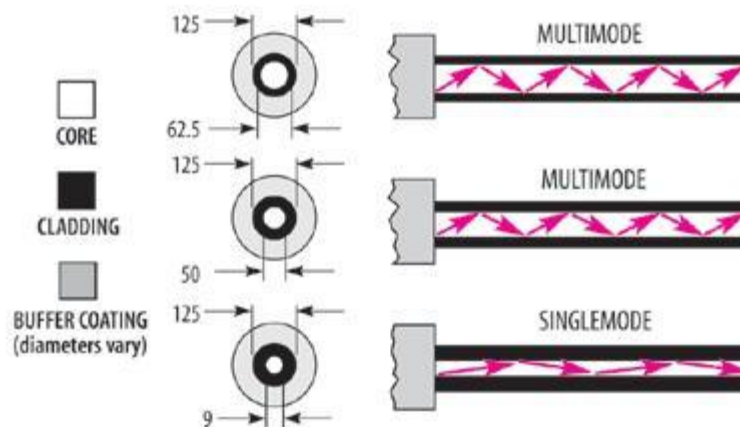
a. Multimode, step-index



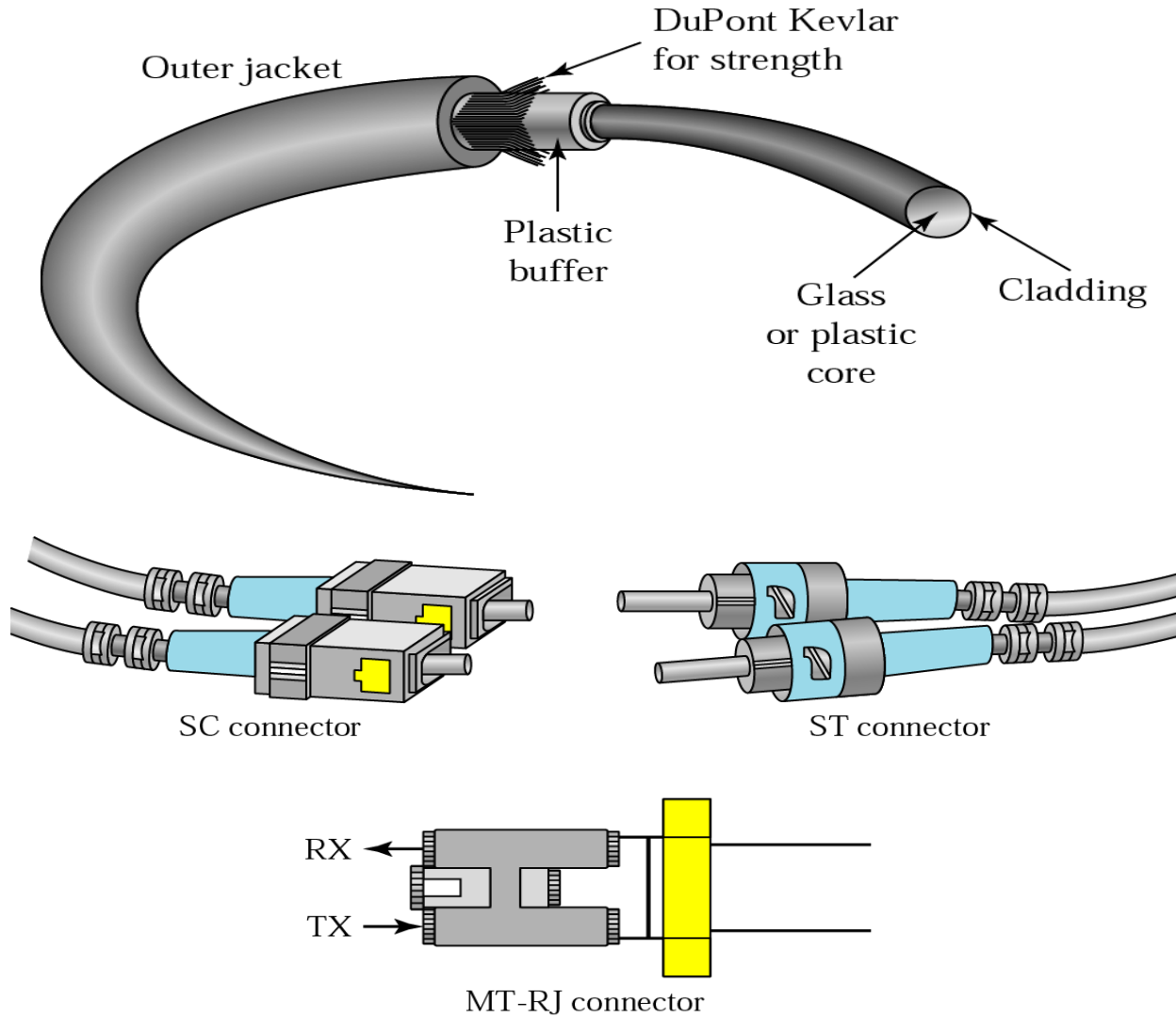
b. Multimode, graded-index



c. Single-mode

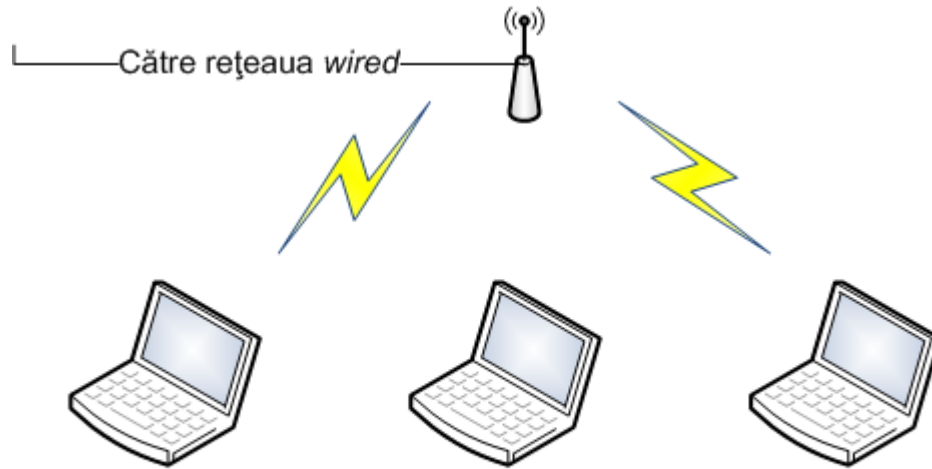


Type	Core	Cladding	Mode
<b>50/125</b>	50	125	Multimode, graded-index
<b>62.5/125</b>	62.5	125	Multimode, graded-index
<b>100/125</b>	100	125	Multimode, graded-index
<b>7/125</b>	7	125	Single-mode

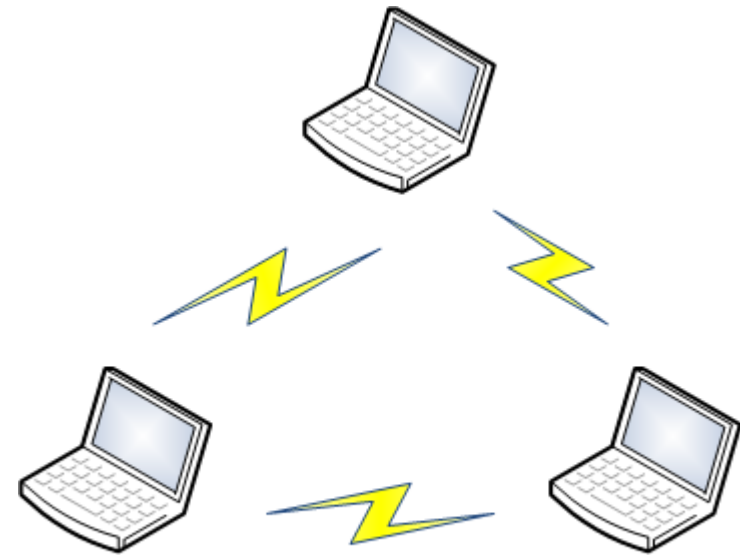




Tip splice	Loss
Mecanic	0,2 dB
Sudură	0,05 dB



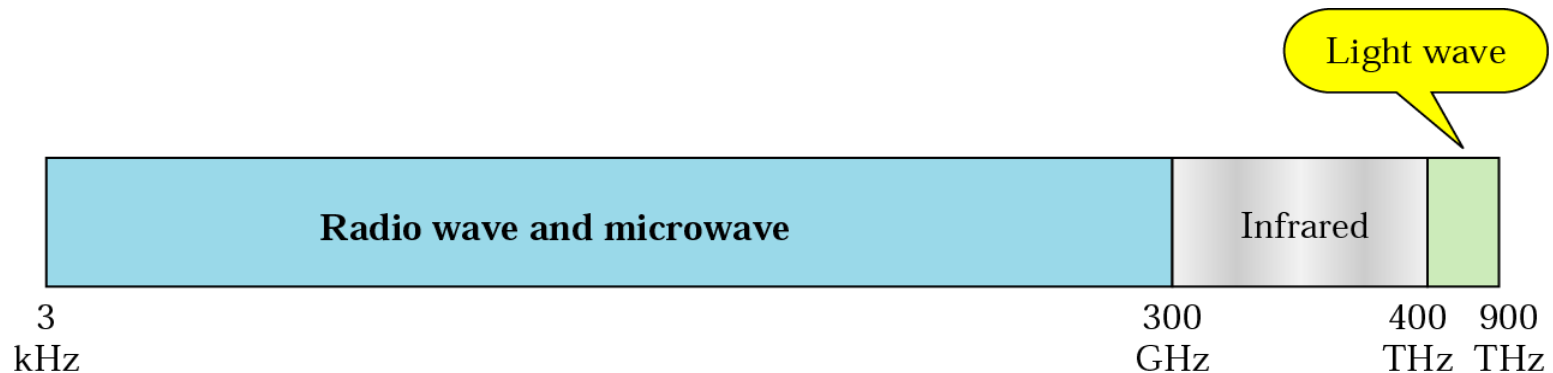
Rețea wireless de tip  
infrastructură



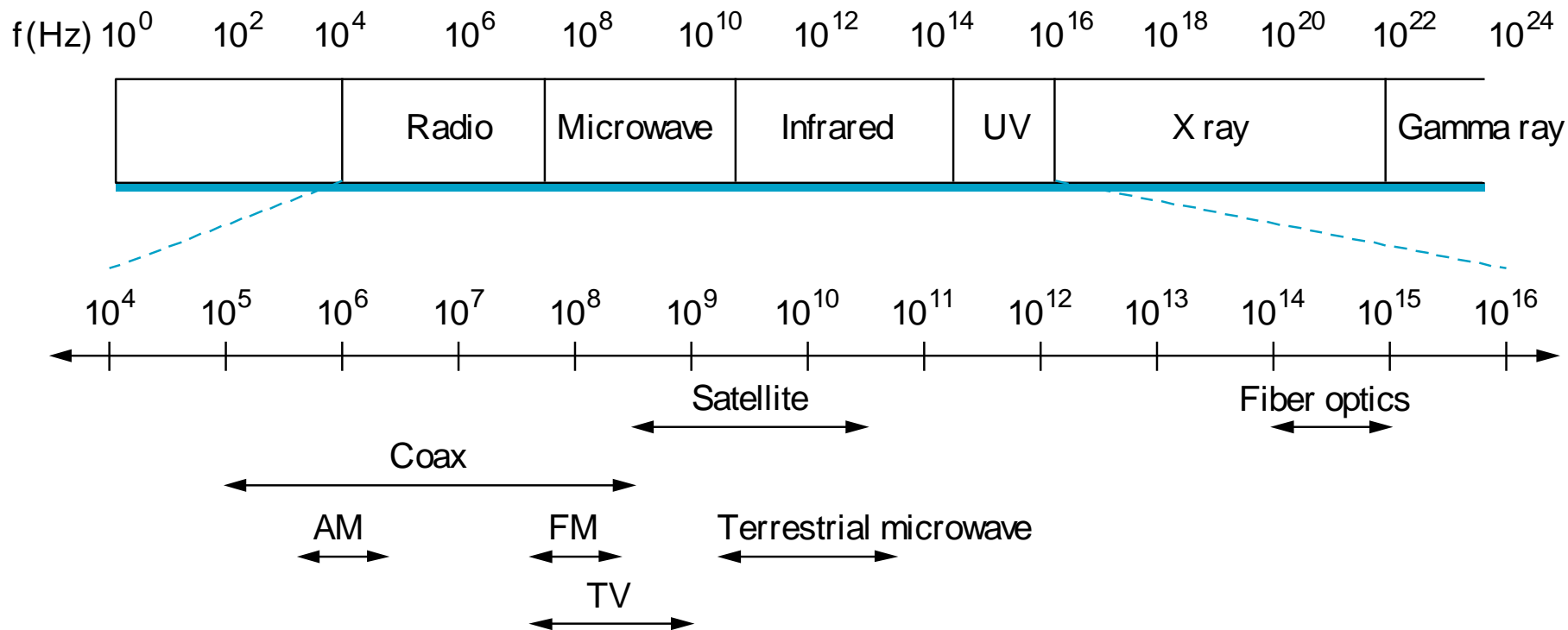
Rețea de tip ad-hoc



- Unde radio – comunicații multicast: radio și televiziune
- Microunde – comunicații unicast: telefoane mobile, rețele de sateliți, Wireless LAN
- Infraroșii – transmisii pe distanță scurtă



# Spectrul electromagnetic



**Atenuare**

Soluție: Repetor



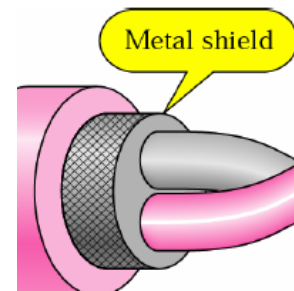
**Crosstalk**

Soluție: Torsadare



**Zgomot**

Soluție: Ecranare



**Electric - electric**



**Electric - optic**



**Electric - wireless**



**Repetor electric**



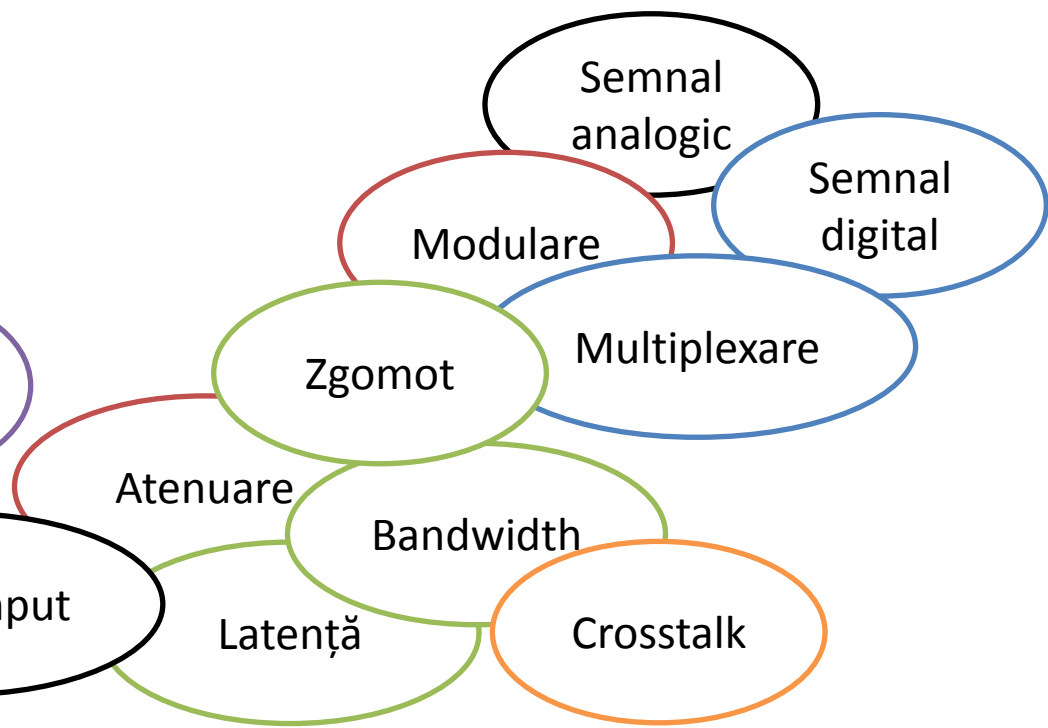
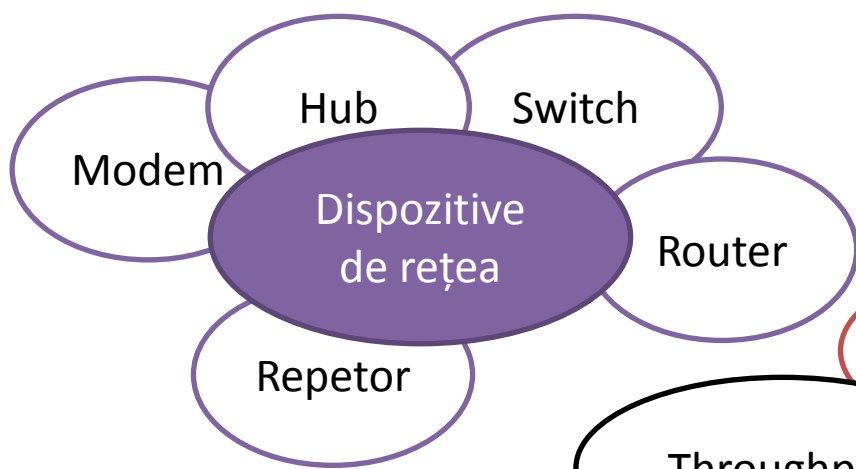
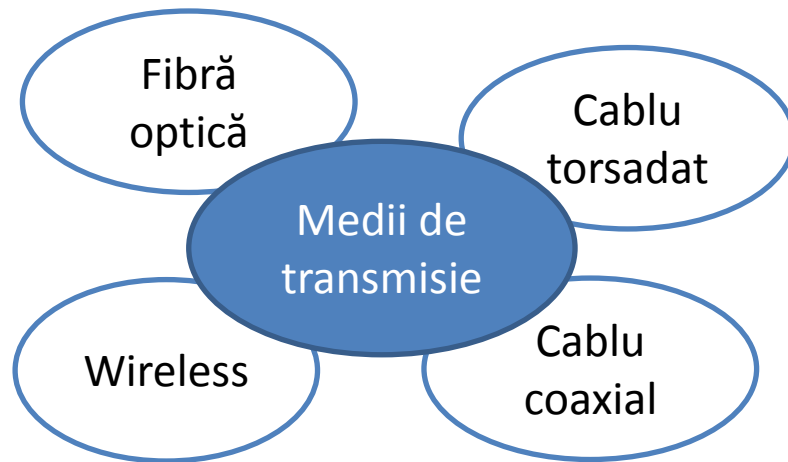
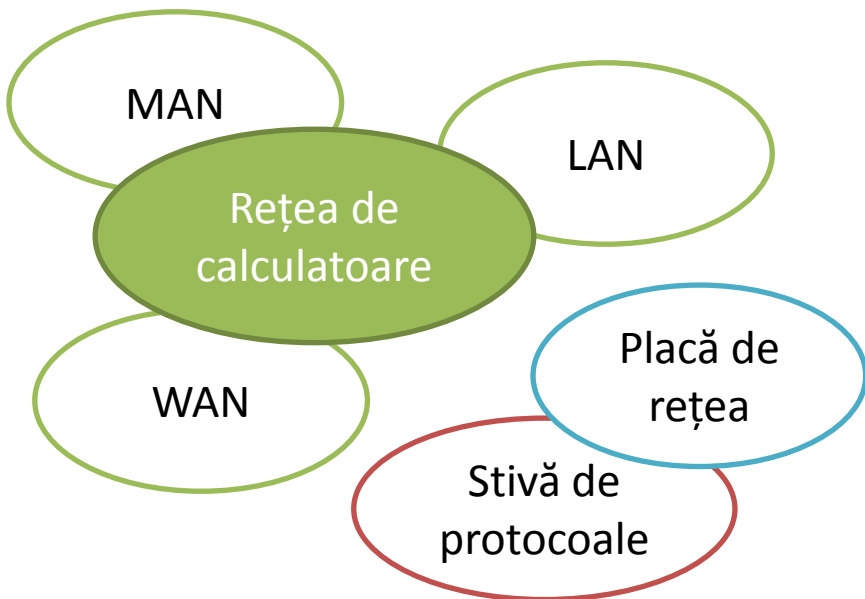
**Repetor optic**



**Repetor wireless**



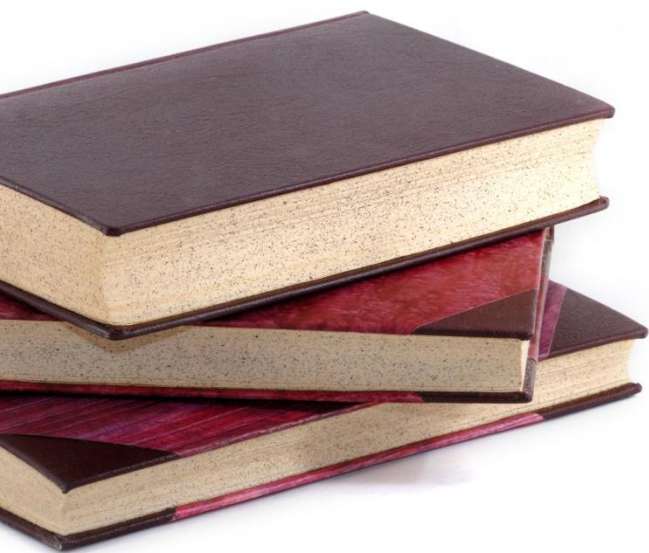
- Throughput
  - Cantitatea de date transmise în unitatea de timp
  - Unități de măsură:
    - KB =  $2^{10}$  bytes
    - Mbps =  $10^6$  bits per second
- Latența
  - Timpul necesar pentru ca un semnal (sau bit) să ajungă din punctul A în punctul B
  - *one-way vs round-trip time* (RTT)
  - Componente:
    - Timpul de propagare
    - Latența introdusă de echipamente



?







# 1

## Introducere Mediul fizic

4 octombrie 2011

- Ce este o rețea de calculatoare?
- Dispozitive de rețea
- Topologii de rețele
- Stiva de protocoale
- Funcțiile nivelului fizic
- Medii de transmisie
- Exemple de codificări

“Getting information off the Internet is like taking a drink from a fire hydrant.”

Mitchell Kapor

“The Internet is the first thing that humanity has built that humanity doesn't understand, the largest experiment in anarchy that we have ever had.”

Eric Schmidt

- Sistem de interconectare a mai multor sisteme de calcul
- Conexiunea între componentele unui calculator se realizează prin magistrale (circuite electrice pe placa de bază) și chipset-uri
- Conexiunea între sisteme de calcul diferite se realizează prin intermediul unor dispozitive (plăci de rețea, switch-uri, rutere) și a unor medii de comunicație (cabluri electrice, fibră optică) dedicate





Distanța între procesoare	Localizare procesoare	Rețea
1 mm	Centimetru pătrat	Micro nw (pe siliciu)
1 cm	Decimetru pătrat	Platformă multiprocesor
1m	Metru pătrat	Personal Area Network
10 m	Cameră	Local Area Network
100 m	Clădire	
1 km	Campus	
10 km	Oraș	Metropolitan Area Net
100 km	țară	Wide Area Network
1000 km	Continent	
10 000 km	Planetă	Internet

- Clasificare în funcție de distanța între nodurile rețelei, concretizată printr-un număr de protocoale specifice fiecărui tip de rețea
- 

## LAN – Local Area Network

Standardele dominante sunt Ethernet și WLAN (IEEE 802.11)

Separația (conectarea) între LAN și MAN/WAN se realizează cu un ruter (gateway)



**MAN** – Metropolitan Area Network  
rar întâlnite în rețelele actuale

## WAN – Wide Area Network

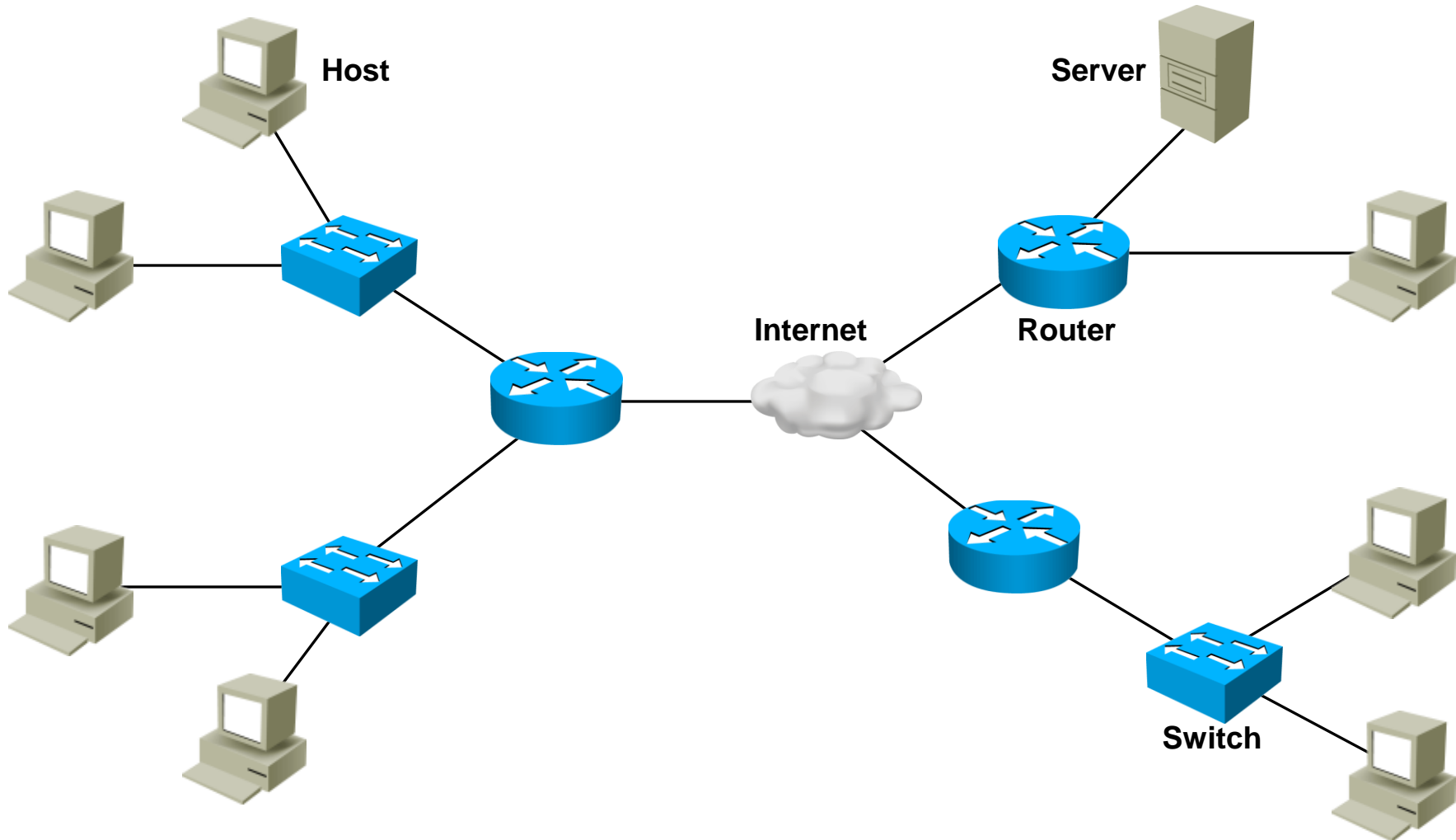
Numeroase protocoale: MPLS, ATM, Frame Relay, PPP



- **Placă de rețea** – network card, network adapter, NIC (Network Interface Controller)
  - Permite sistemului să comunice cu un altul aflat în aceeași rețea
- **Repetor, hub** – folosit pentru regenerarea și amplificarea semnalului
- **Switch** – folosit pentru interconectarea sistemelor de calcul dintr-o rețea (topologie stea)
- **Ruter** – folosit pentru interconectarea mai multor rețele de calculatoare (LAN); folosit în WAN



# Dispozitive de rețea - imagine



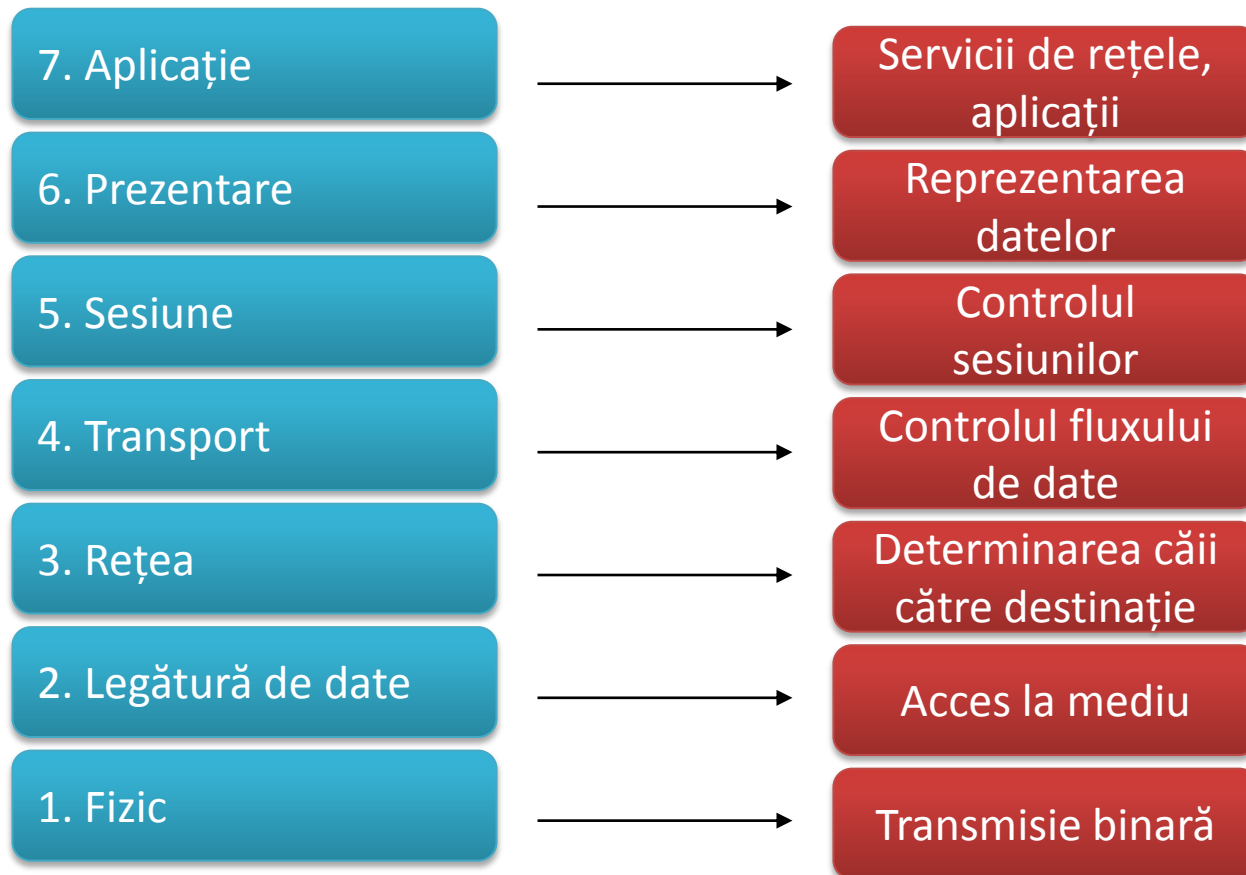
- Network interface
- Se referă la un punct de comunicație cu o rețea de calculatoare (o placă de rețea, un port al unui dispozitiv avansat de rețea)
- Un calculator cu o placă de rețea are o singură interfață de rețea; un calculator cu două plăci are două interfețe
- Un switch/ruter are mai multe interfețe de rețea – mai multe porturi de comunicație
- Denumirea de interfață de rețea se referă și la abstracția dată de sistemul de operare
  - configurarea unei plăci de rețea sau a unui port al unui ruter se numește “configurarea unei interfețe”
  - pe un sistem Unix/Linux, interfețele de plăci de rețea Ethernet sunt denumite **eth0**, **eth1**, etc.
  - o interfață virtuală denumită interfață de **loopback** este folosită pentru a referi stația curentă ca și cum aceasta s-ar afla într-o rețea (deși aceasta nu există fizic)

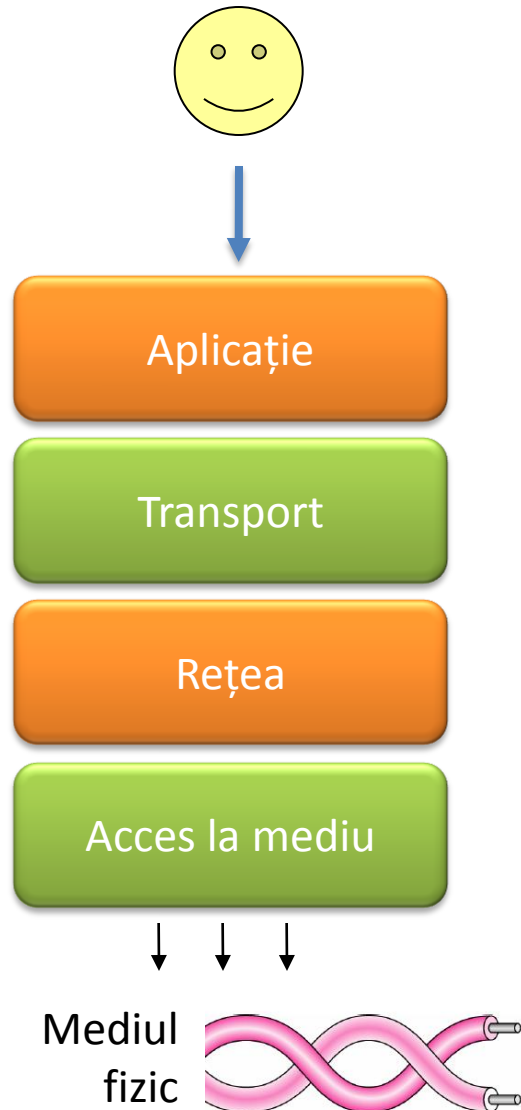


- Comunicația între două entități necesită existența unui protocol
- Ce este un protocol?
  - Un set de reguli care guvernează modul în care două dispozitive schimbă informație într-o rețea

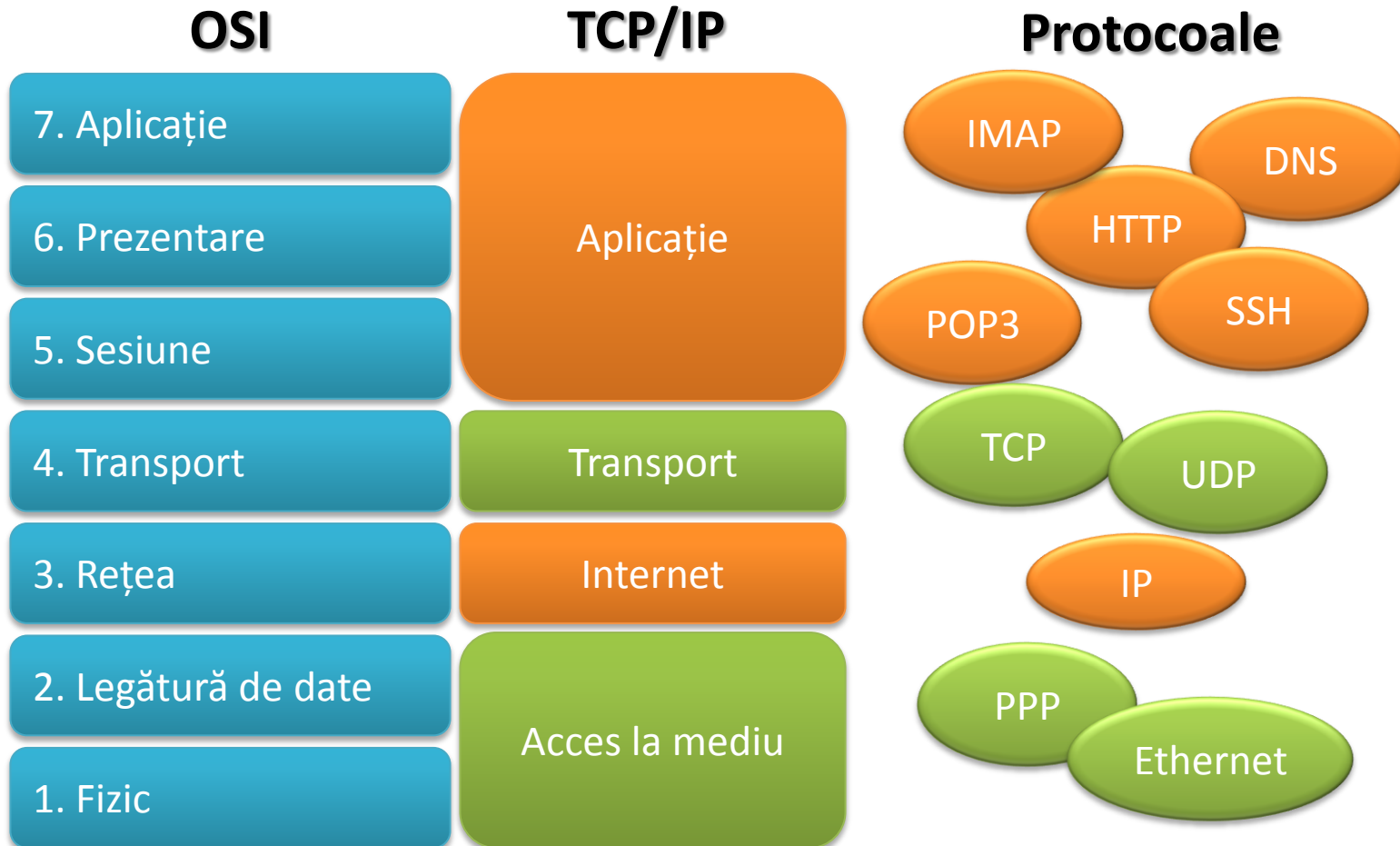


- Pentru a abstractiza complexitatea lucrului cu rețeaua, se stabilește o stivă de protocoale; protocolul de nivel inferior oferă servicii celui de nivel superior



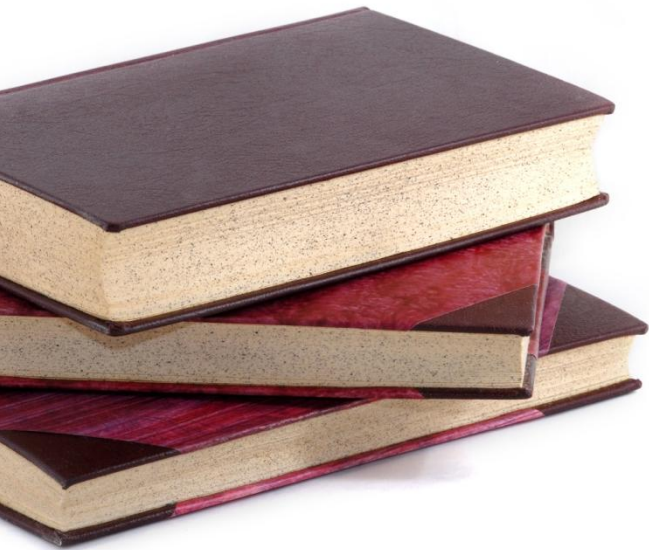


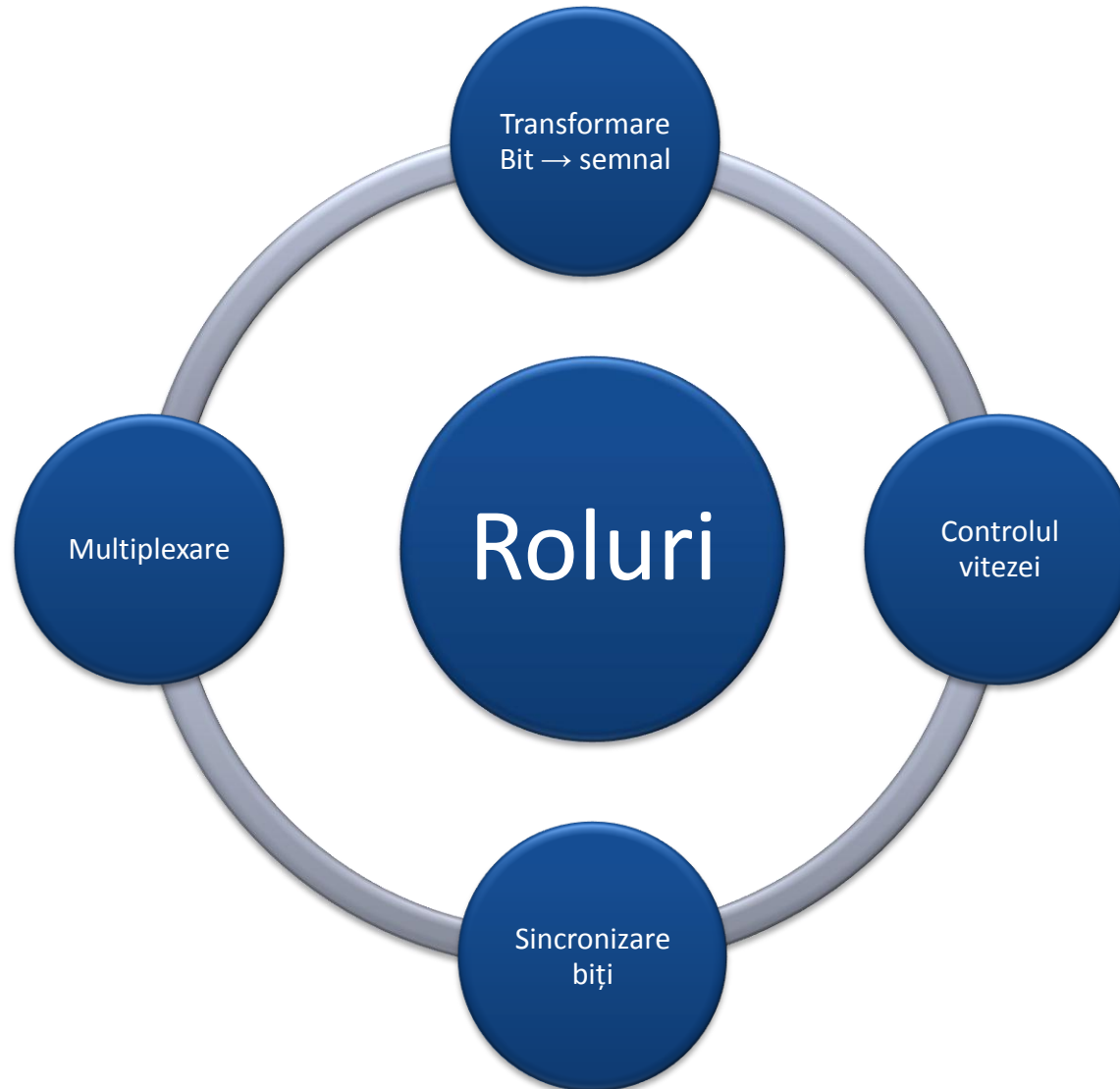
- Stiva de protocoale utilizată în Internet este stiva TCP/IP
- IP este protocolul esențial de la nivelul Rețea, iar TCP de la nivelul Transport
- Nivelul Aplicație este cel care oferă servicii utilizatorului (transfer de fișiere, control de la distanță, transmitere e-mail, etc.)
- Nivelul Transport este responsabil cu asigurarea **controlului fluxului** (pachetele să ajungă în ordine și nealterate)



## Nivelul fizic

- Roluri
- Transmisii analogice
- Transmisii digitale
- Transmiterea datelor digitale cu carrier analog
- Medii de transmisie
- Multiplexare
- Exemple

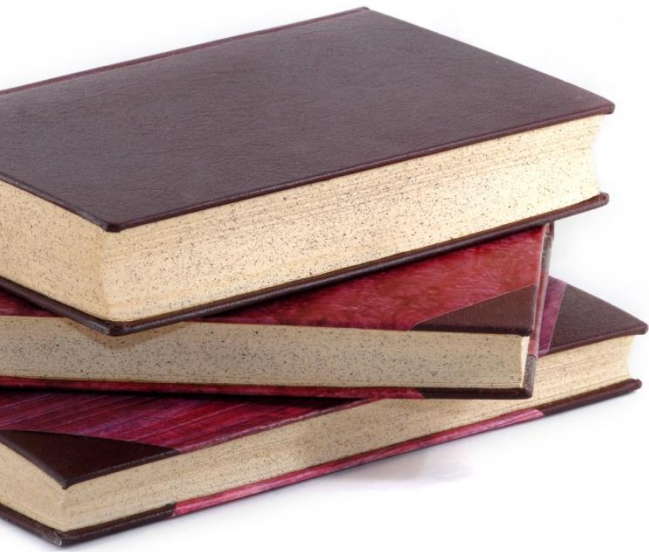




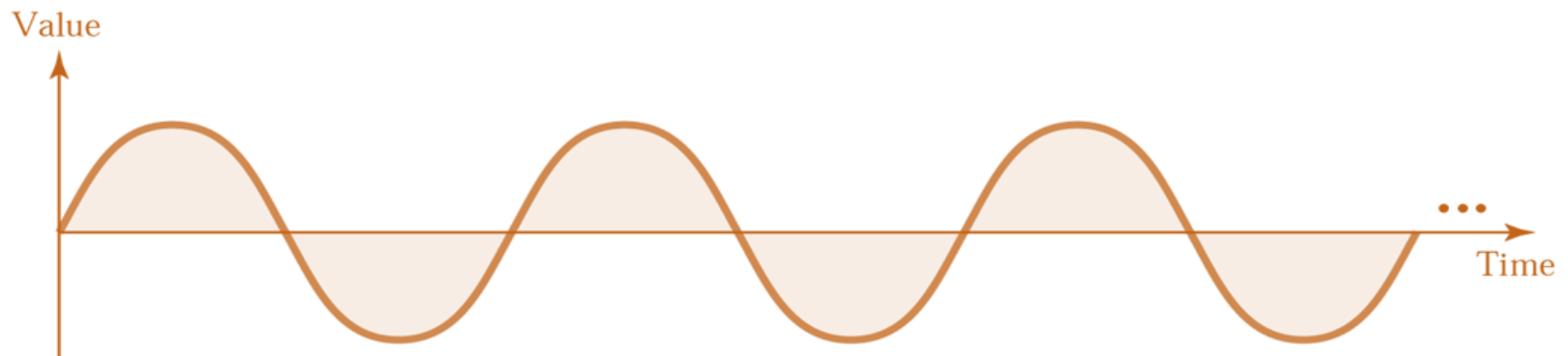


# Transmisii analogice

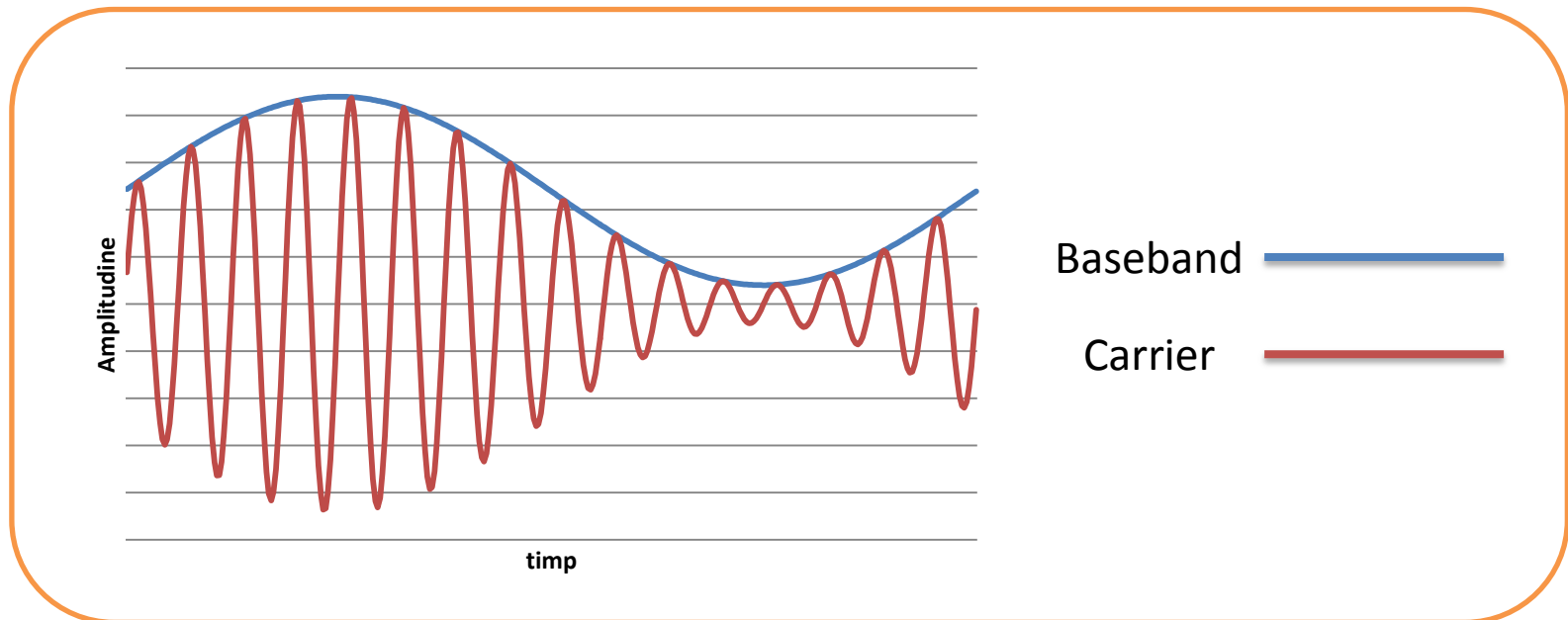
- Caracteristici
- AM
- FM



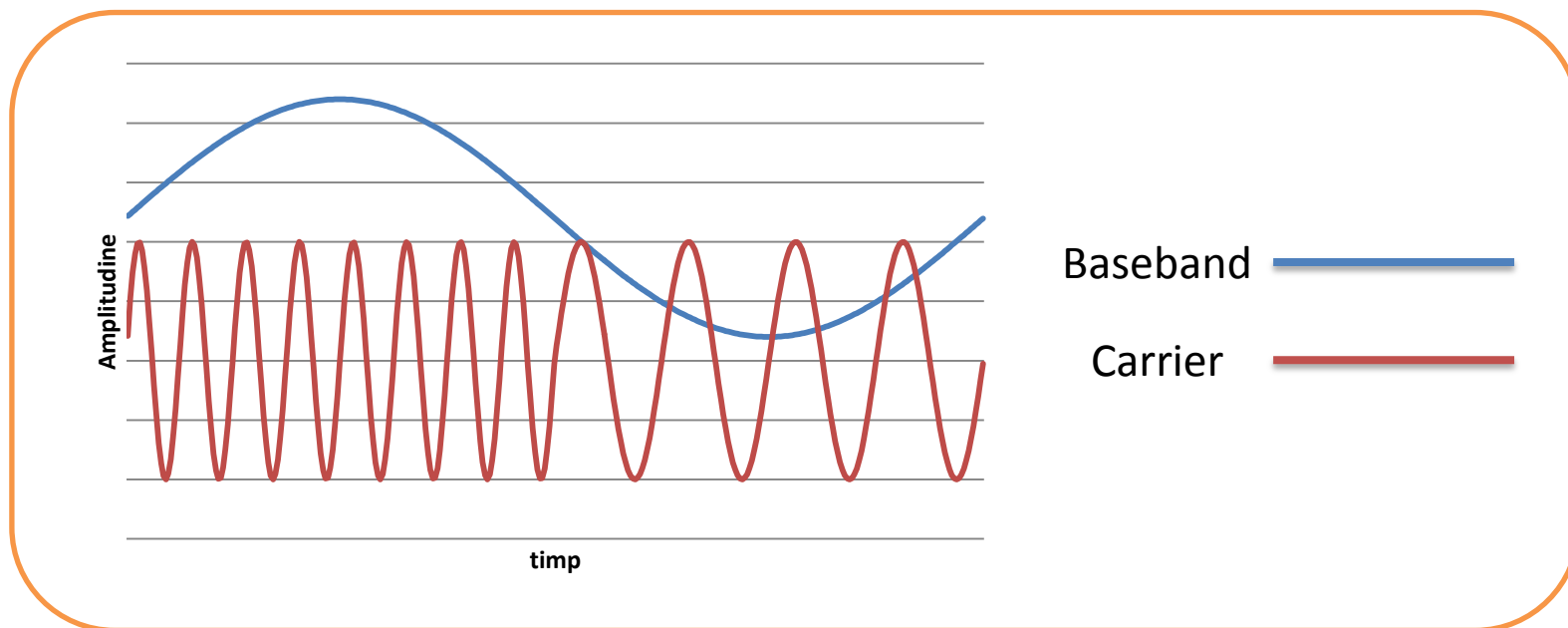
- Folosesc valori continue pentru a transmite informația
- Caracteristici
  - Amplitudine – nivelul maxim al semnalului
  - Perioada/frecvența – viteza de schimbare raportată la timp
  - Faza – poziția formei de undă raportată la momentul de timp zero

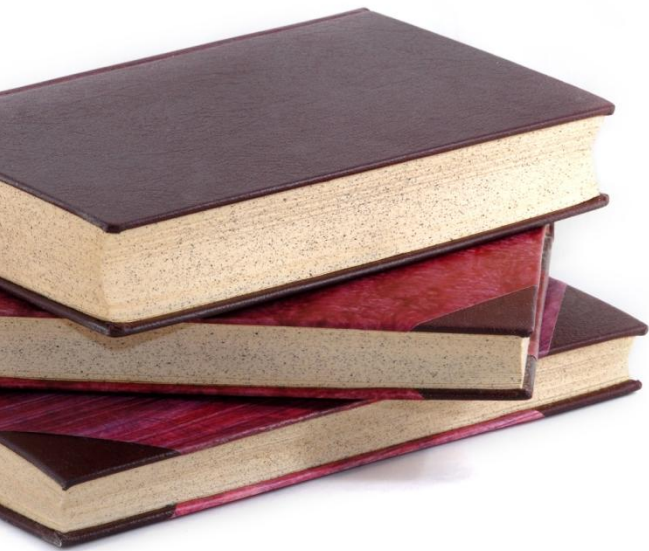


- AM = Amplitude modulation
- Folosește valori continue ale amplitudinii pentru a transmite informația
- Folosită în special în transmisiile radio



- FM = Frequency modulation
- Folosește valori continue ale frecvenței pentru a transmite informația
- Folosită în special în transmisiile radio



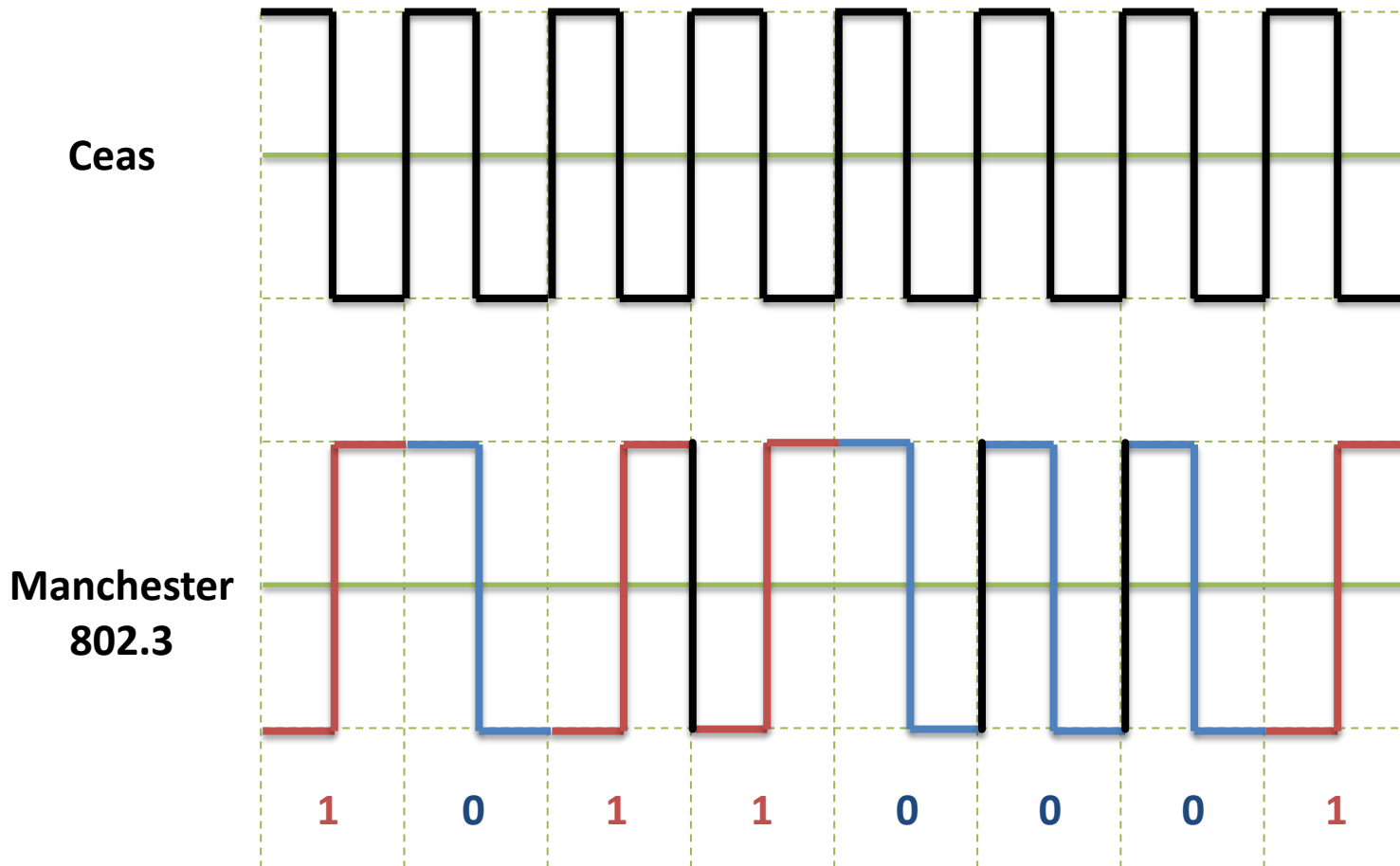


## Transmisii digitale

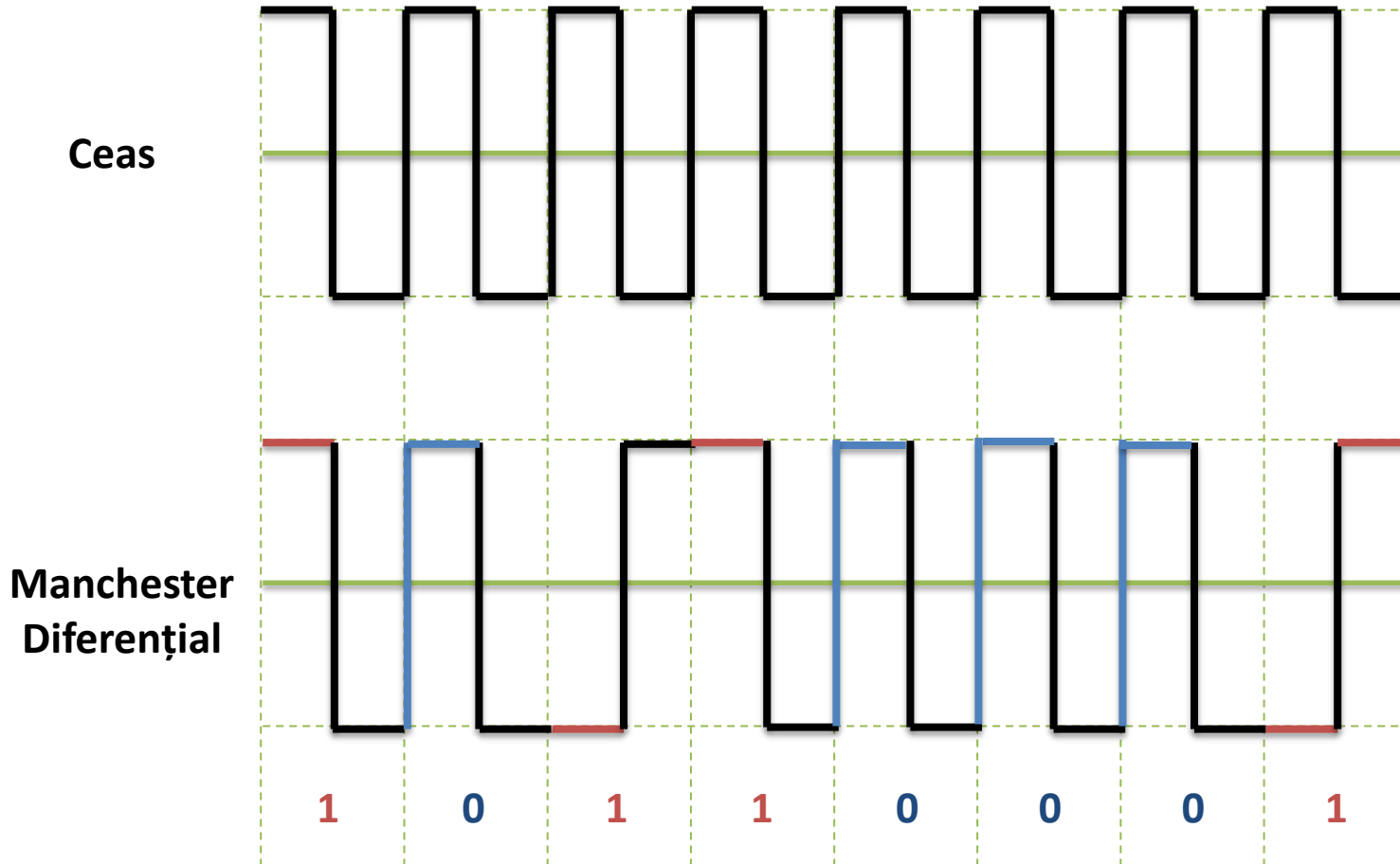
- Caracteristici
- Manchester
- Manchester diferențial
- NRZ-L
- NRZ-I
- MLT-3
- PAM-5
- Exemplu: Fast Ethernet
- Exemplu: Gigabit Ethernet

- Folosesc valori discrete pentru a transmite informație
- Caracteristici:
  - Bit interval (echivalent perioadă)
  - Bit rate (echivalent frecvență)
- Line coding – este denumită și digital baseband modulation
  - Unipolară – un singur nivel de tensiune care reprezintă 1; absența înseamnă 0
  - Polară – două niveluri de tensiune
  - Bipolară – trei niveluri: pozitiv, negativ și zero

# Codificare Manchester IEEE 802.3

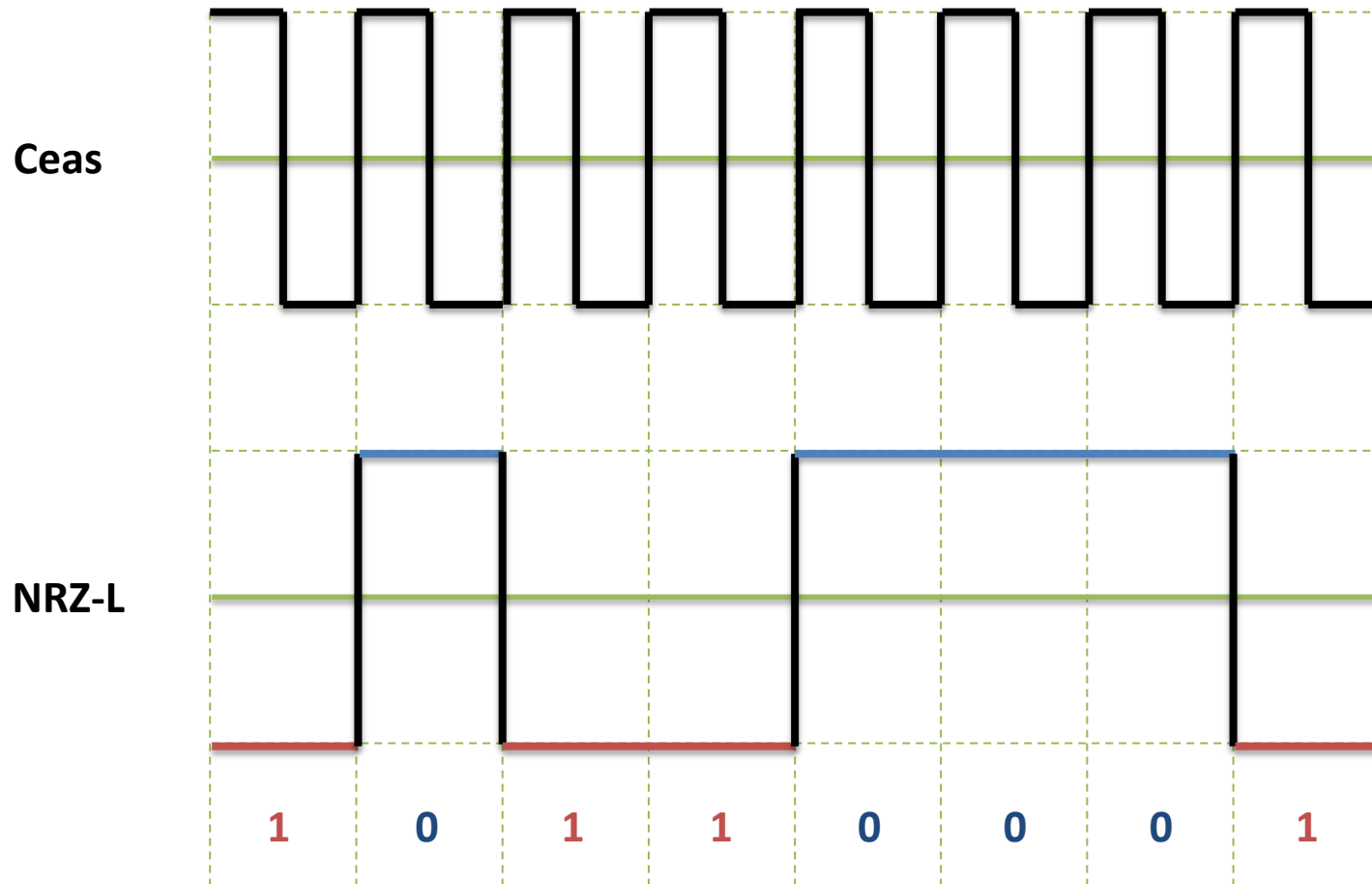


# Codificare Manchester Diferențial

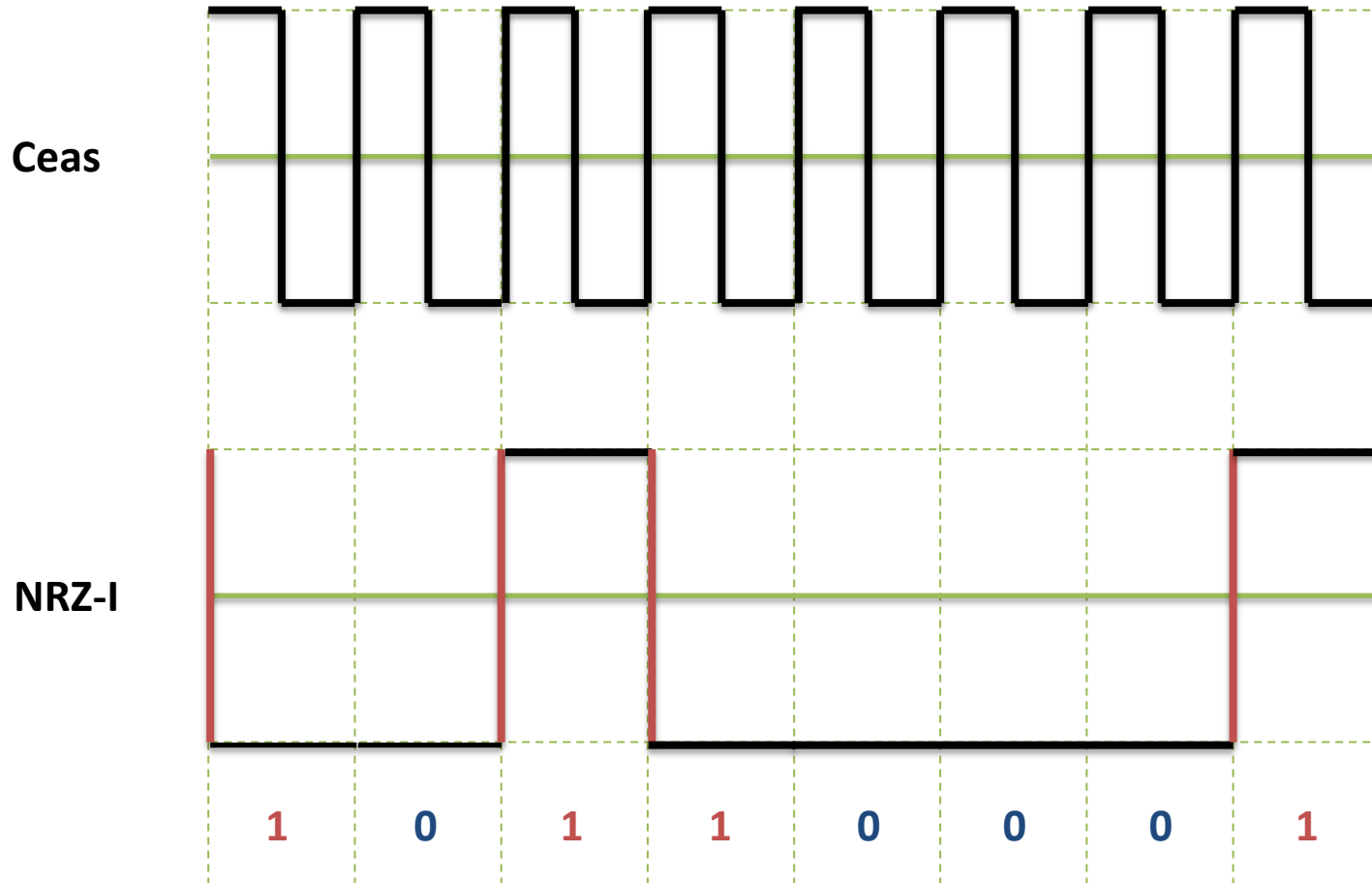




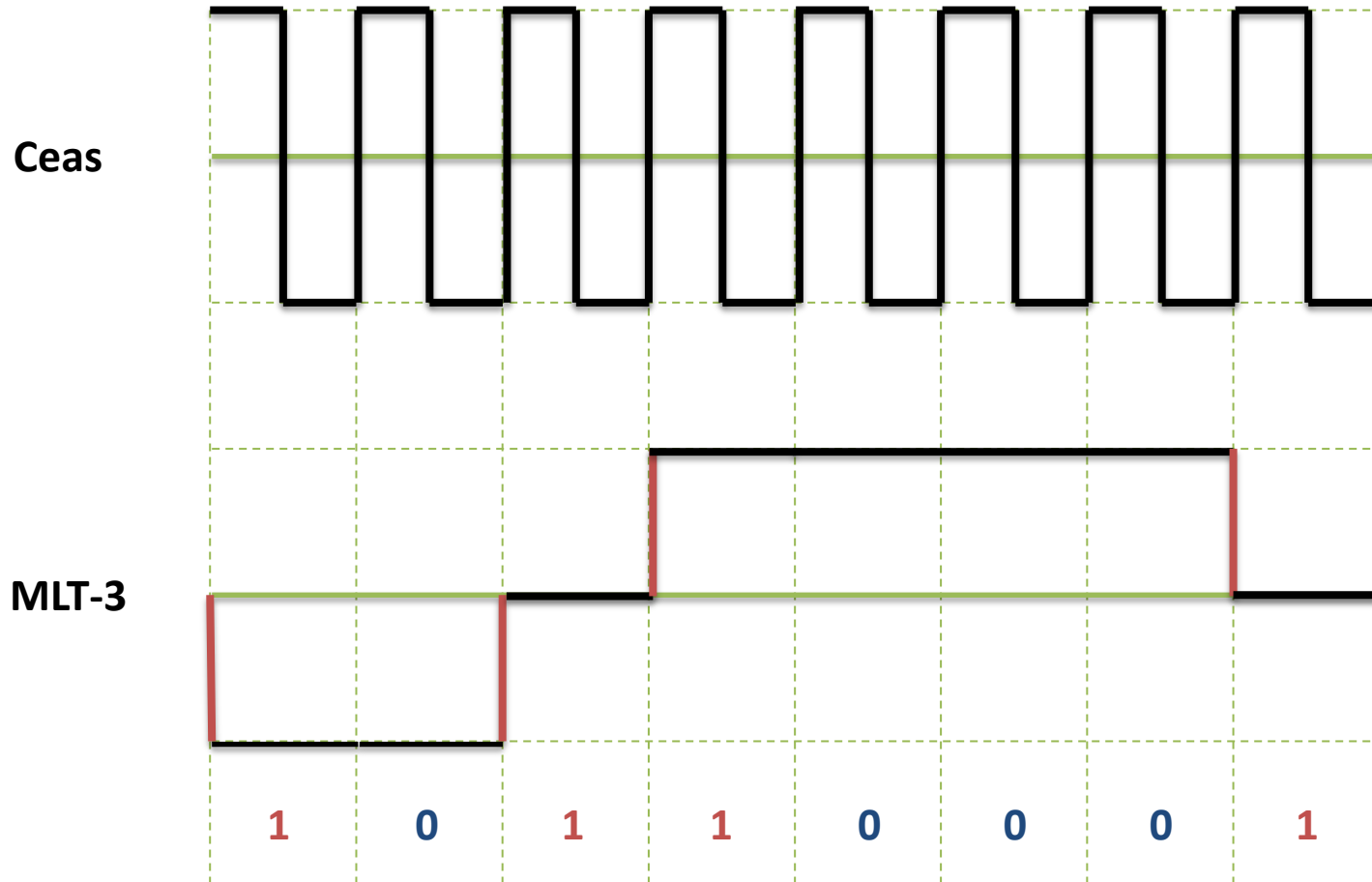
# Codificare Non-Return-To-Zero Level



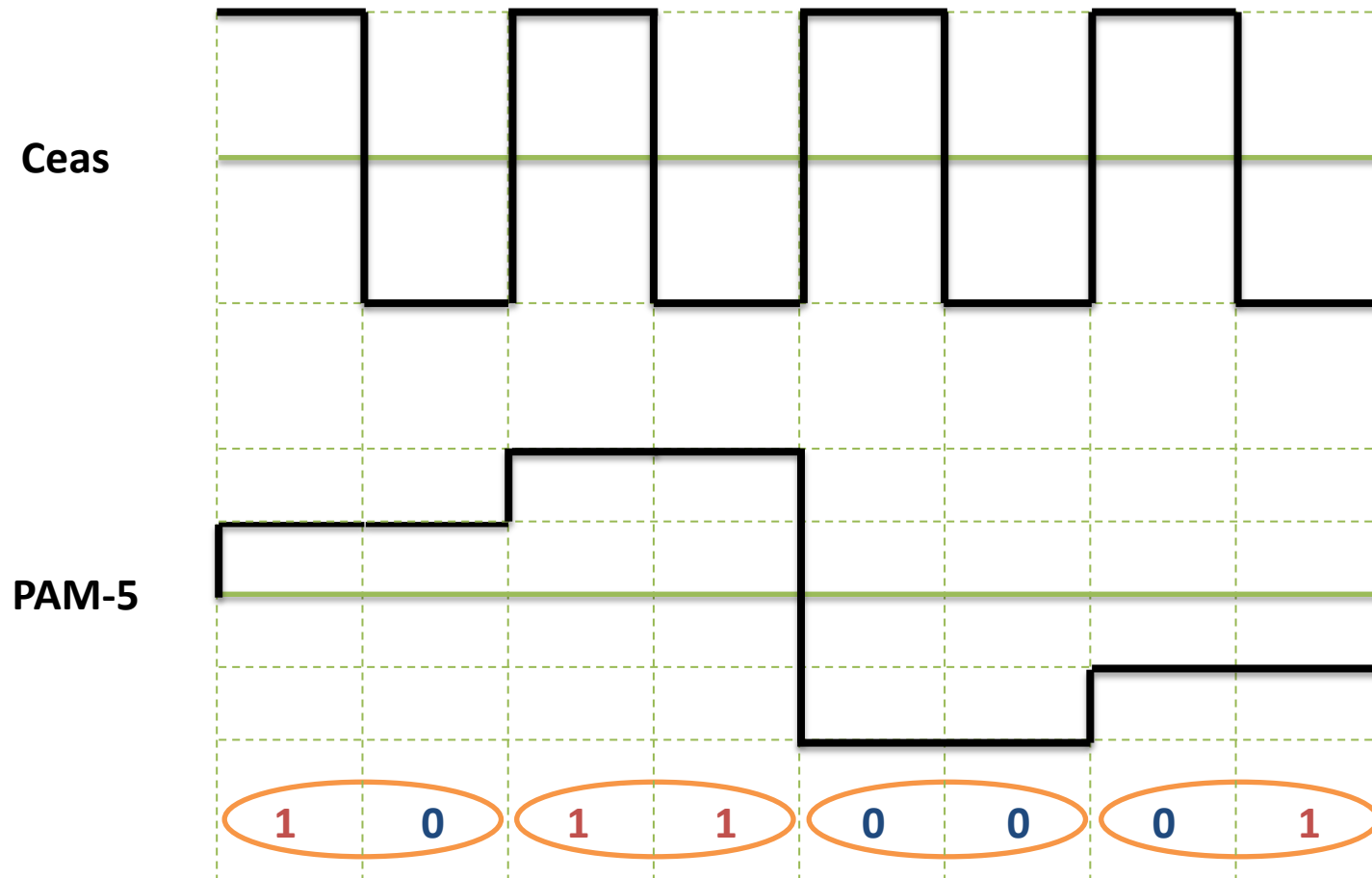
# Codificare Non-Return-To-Zero Inverted



# Codificare Multi-Level Transmit 3



- Un nivel din cele 5 poate fi folosit pentru corecția erorilor
- Transmite doi biți într-o perioadă de ceas

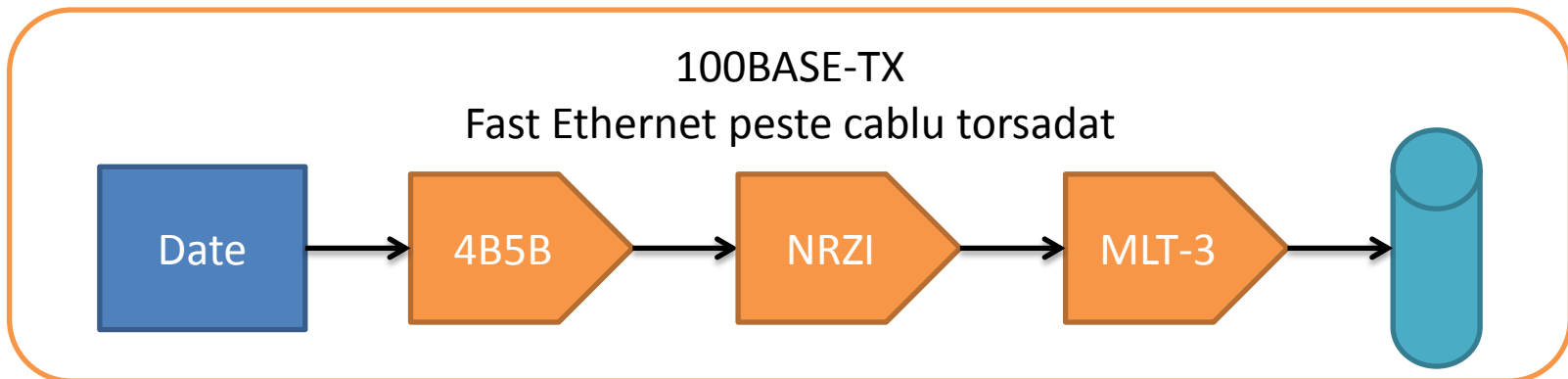
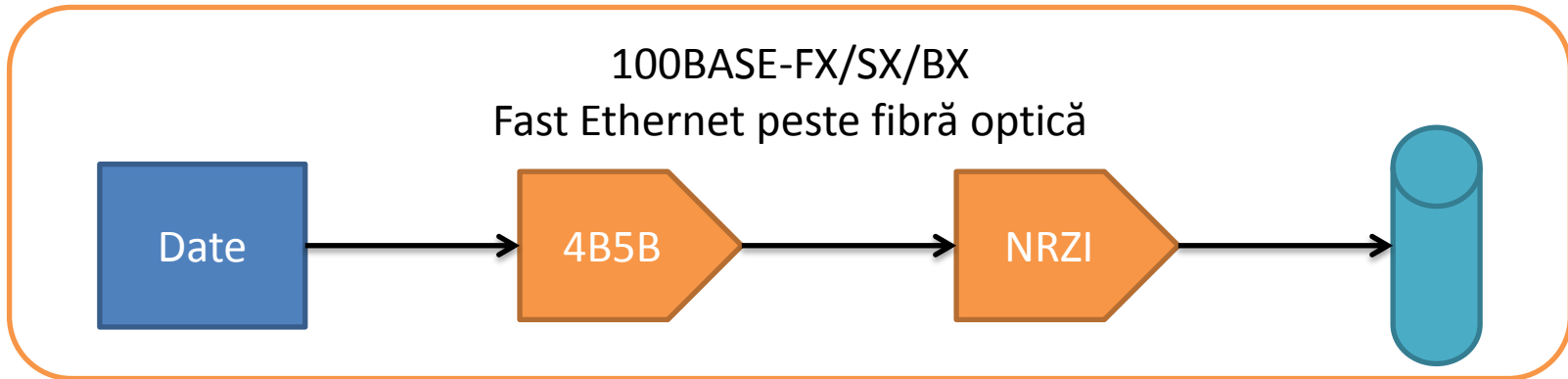


- Convertește blocuri de 4 biți în blocuri de 5
- Folosit în combinație cu NRZ-I (fibră optică) sau MLT-3 (100BASE-TX, FDDI peste cupru)
- Blocurile de 5 au suficient de mulți biți de 1 a.î. NRZ-I/MLT-3 să nu piardă sincronizarea
- Nu se pot obține mai mult de 3 biți de 0 consecutivi

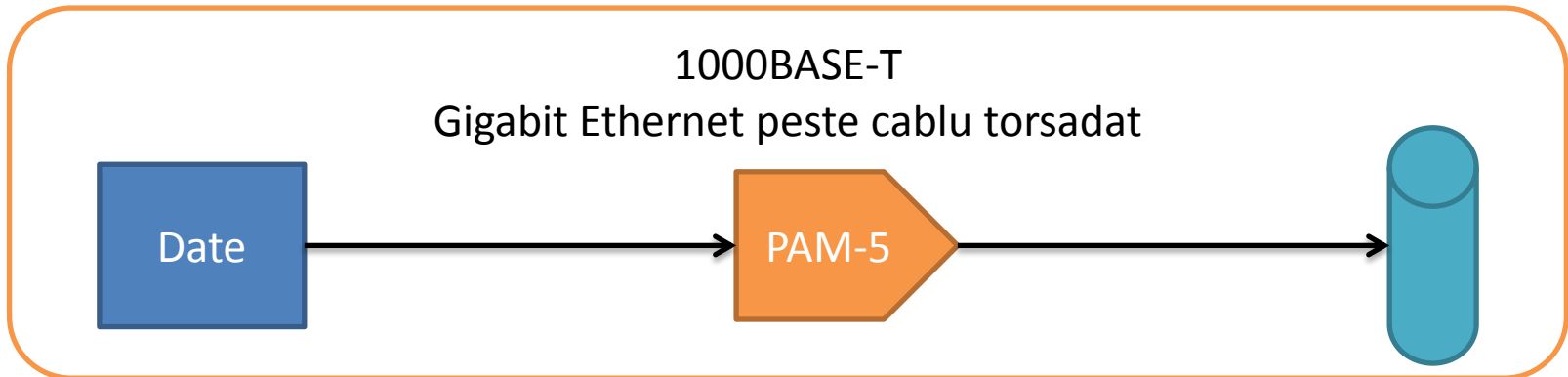
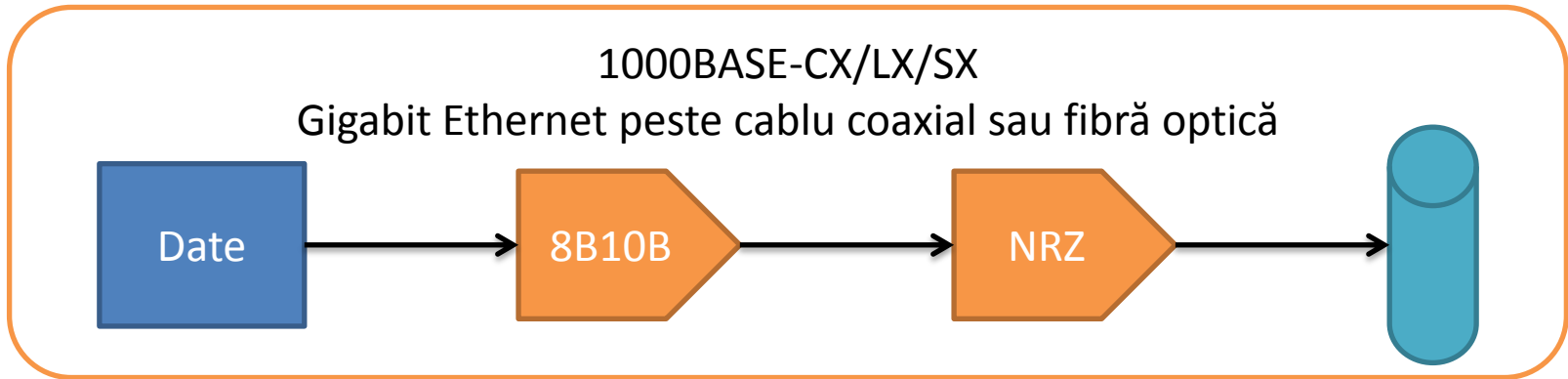
Nume	4b	5b
0	0000	11110
1	0001	01001
2	0010	10100
3	0011	10101
4	0100	01010
5	0101	01011
6	0110	01110
7	0111	01111

Nume	4b	5b
8	1000	10010
9	1001	10011
A	1010	10110
B	1011	10111
C	1100	11010
D	1101	11011
E	1110	11100
F	1111	11101

Nume	4b	5b
Q	-	00000
I	-	11111
J	-	11000
K	-	10001
T	-	01101
R	-	00111
S	-	11001
H	-	00100



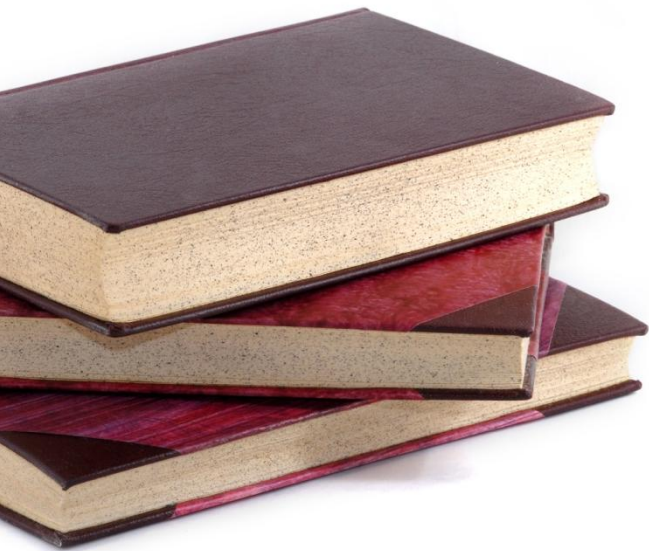
(Tehnologiile Ethernet vor fi studiate în detaliu în cadrul cursului 2)



(Tehnologiile Ethernet vor fi studiate în detaliu în cadrul cursului 2)

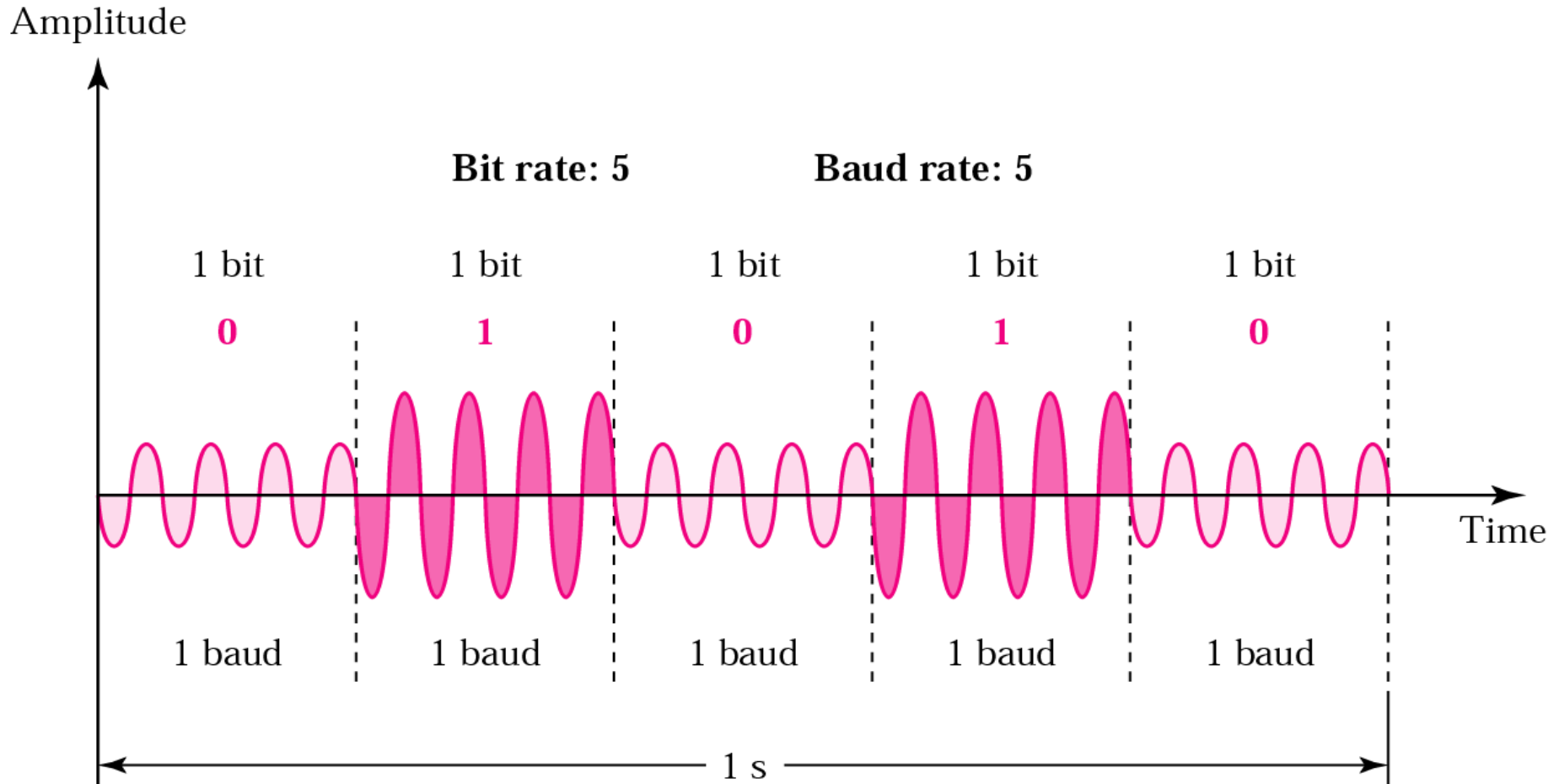
# Transmiterea datelor digitale cu carrier analog

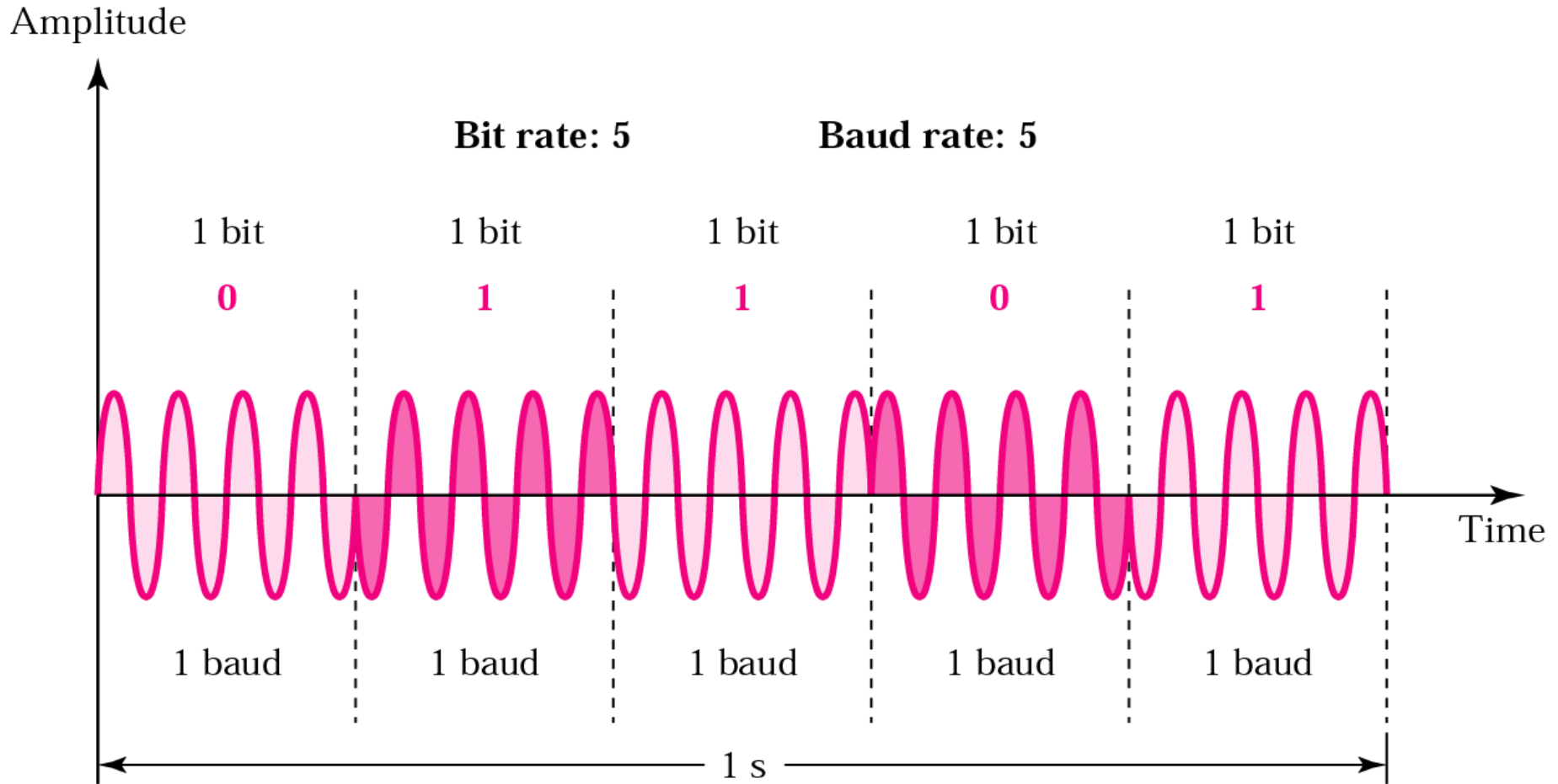
- Caracteristici
- ASK
- PSK
- FSK
- Diagrame de constelații

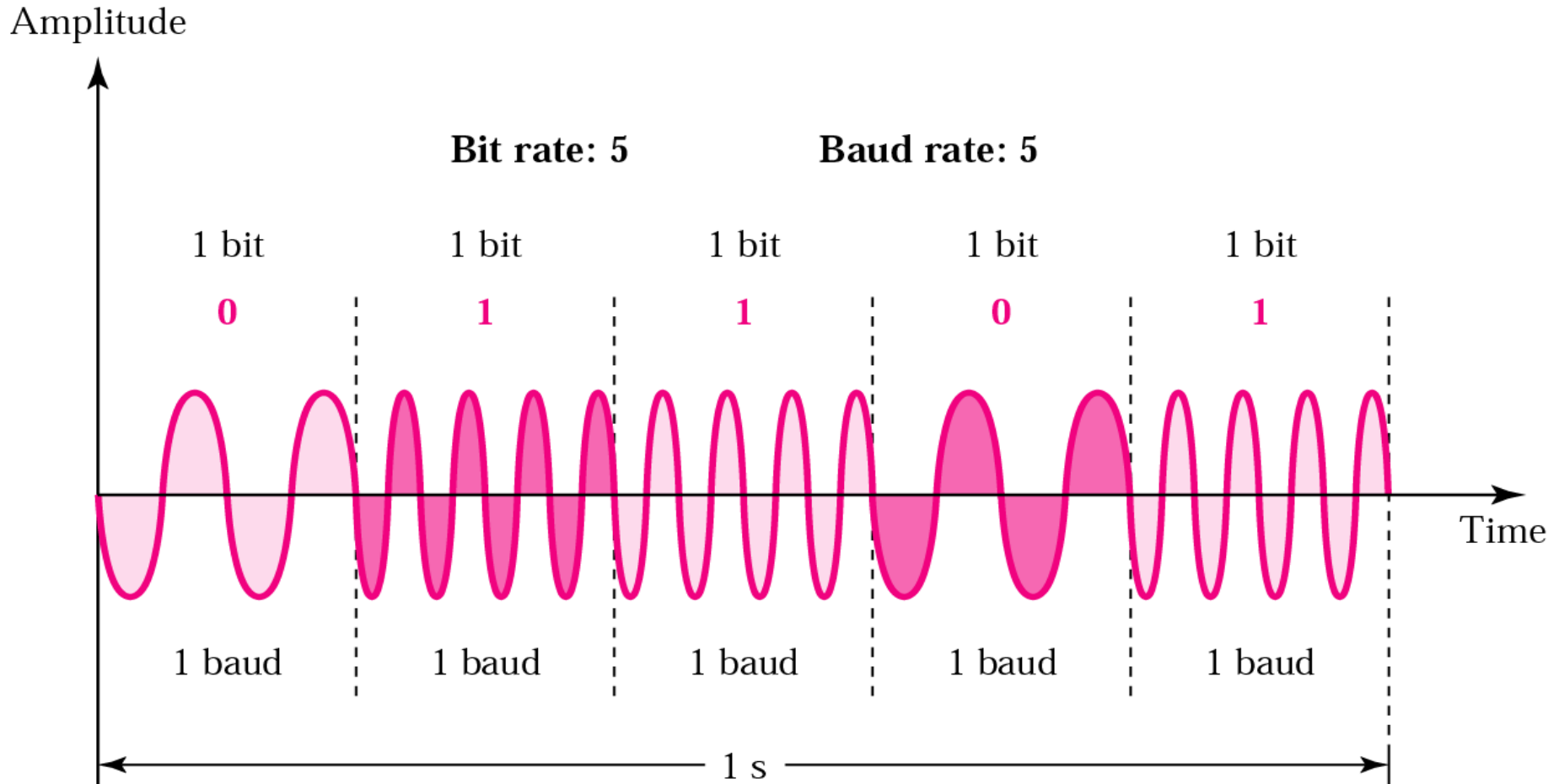




- Dacă se dorește transmiterea datelor digitale peste un mediu ce folosește semnale analogice (de exemplu linii telefonice), semnalul analog trebuie modulat
- Există mai multe tipuri de modulare:
  - ASK – Amplitude Shift Keying
  - PSK – Phase Shift Keying
  - FSK – Frequency Shift Keying
- **Bit rate** – numărul de biți pe secundă
- **Baud rate** – numărul de semnale pe secundă
- Baud rate  $\leq$  bit rate
- Tehnicile de modulare sunt caracterizate prin raportul  $\frac{\textit{bit rate}}{\textit{baud rate}}$

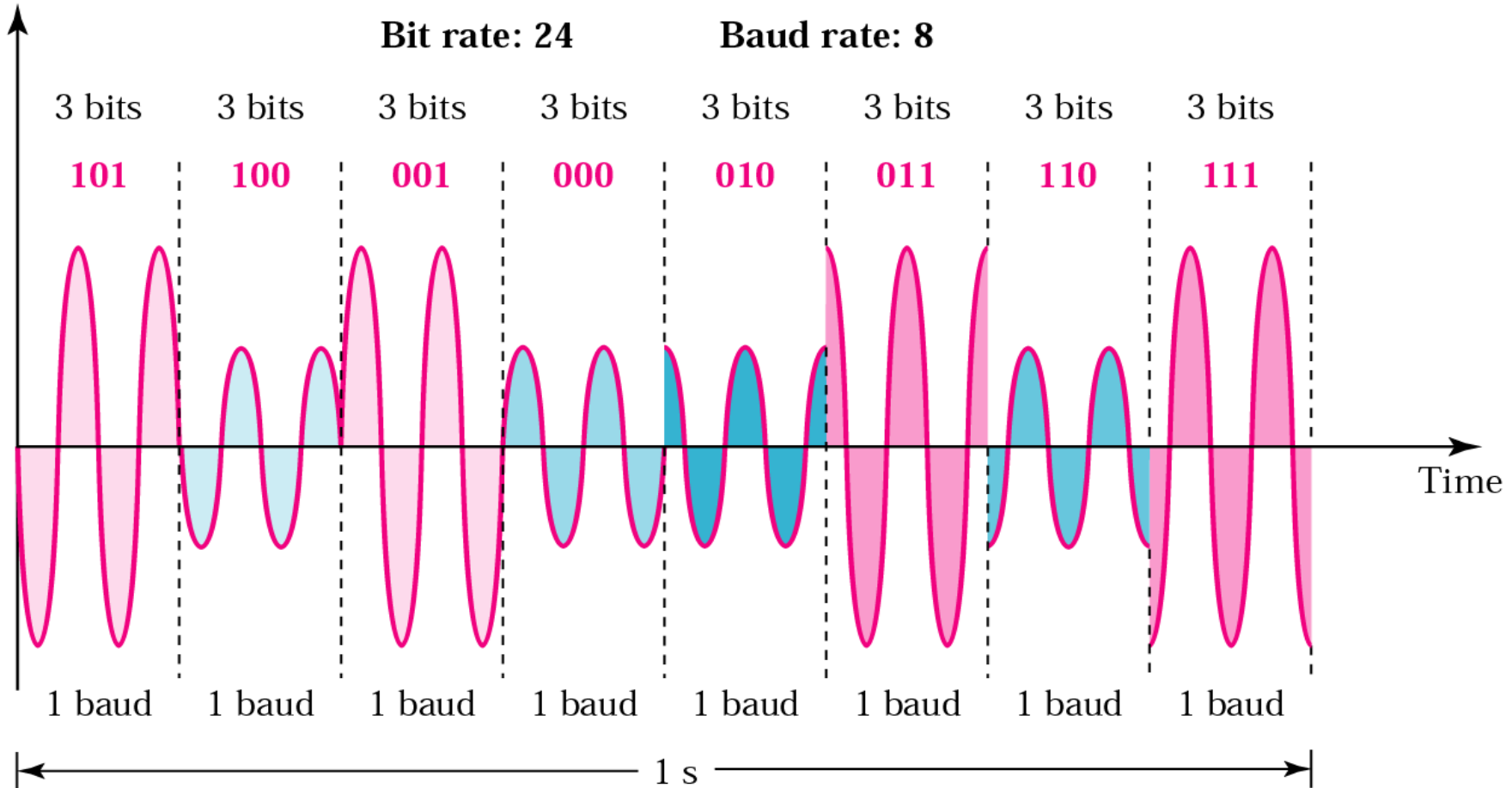




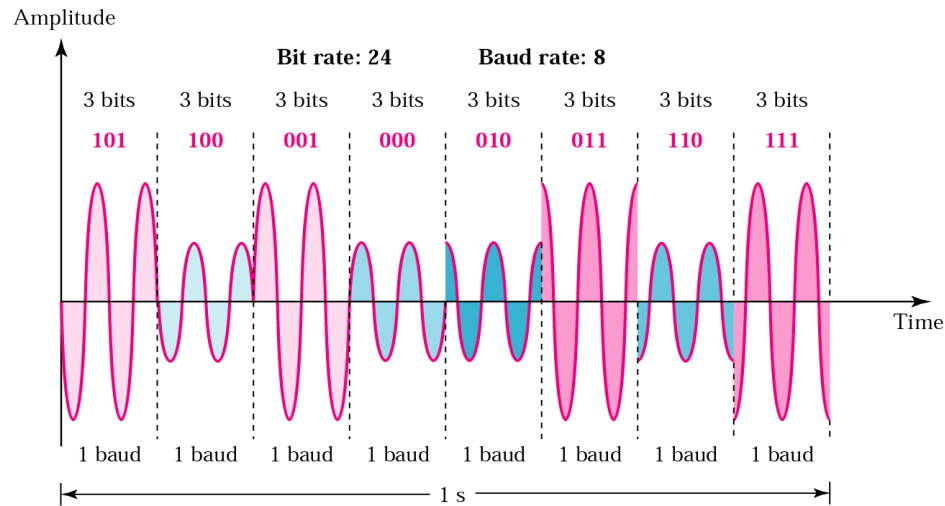


# Combinatie PSK-ASK

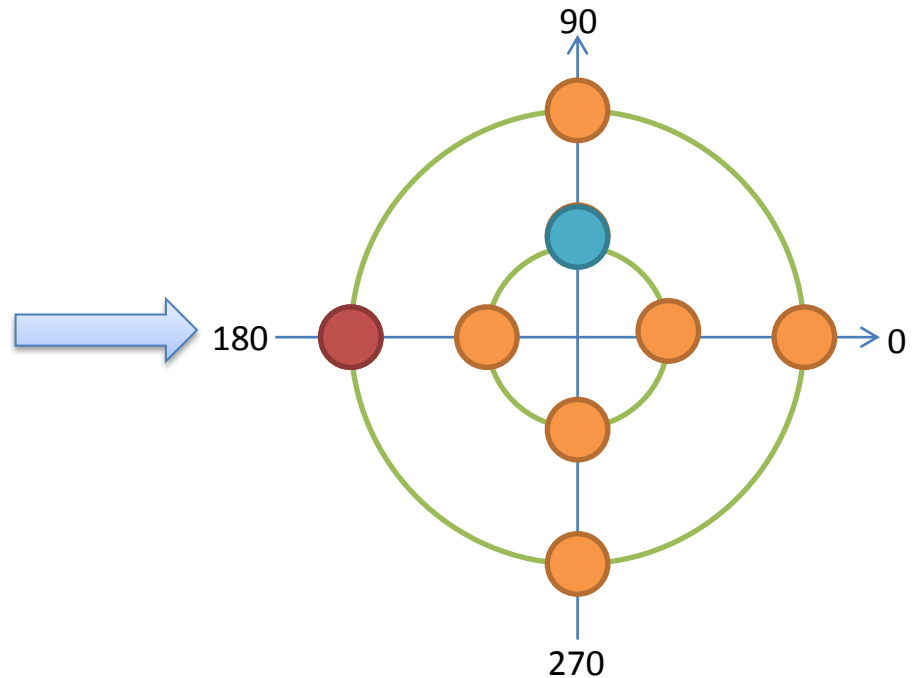
Amplitude



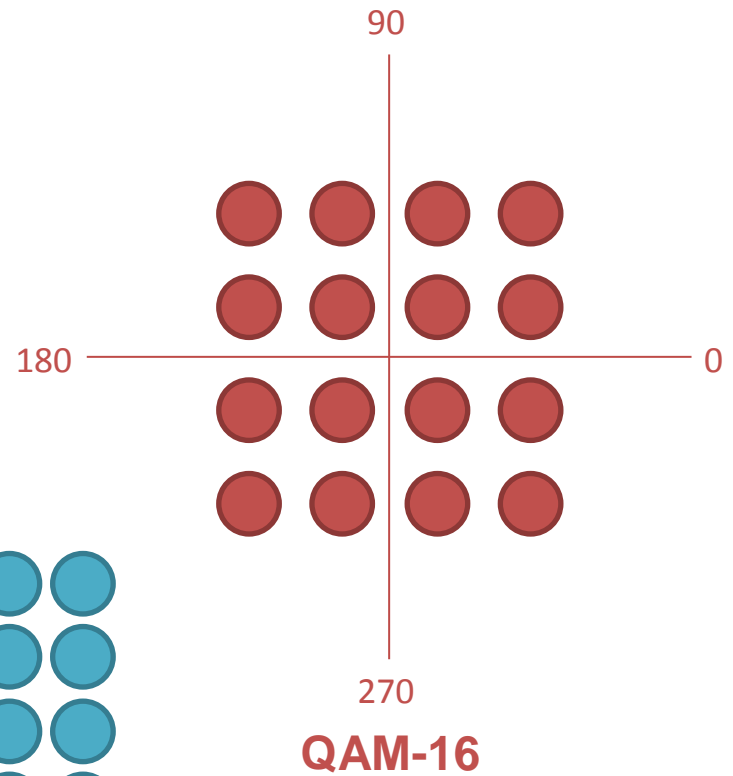
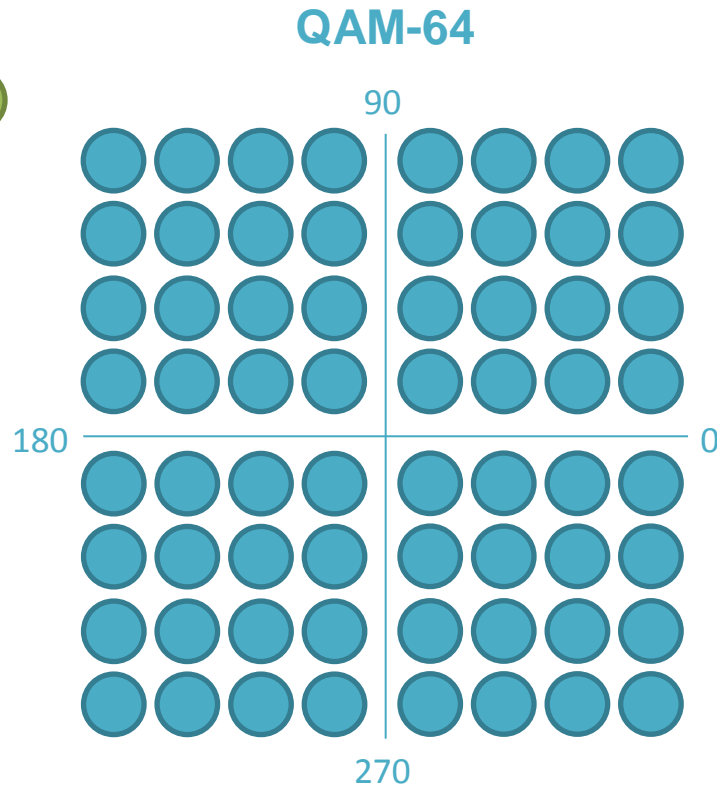
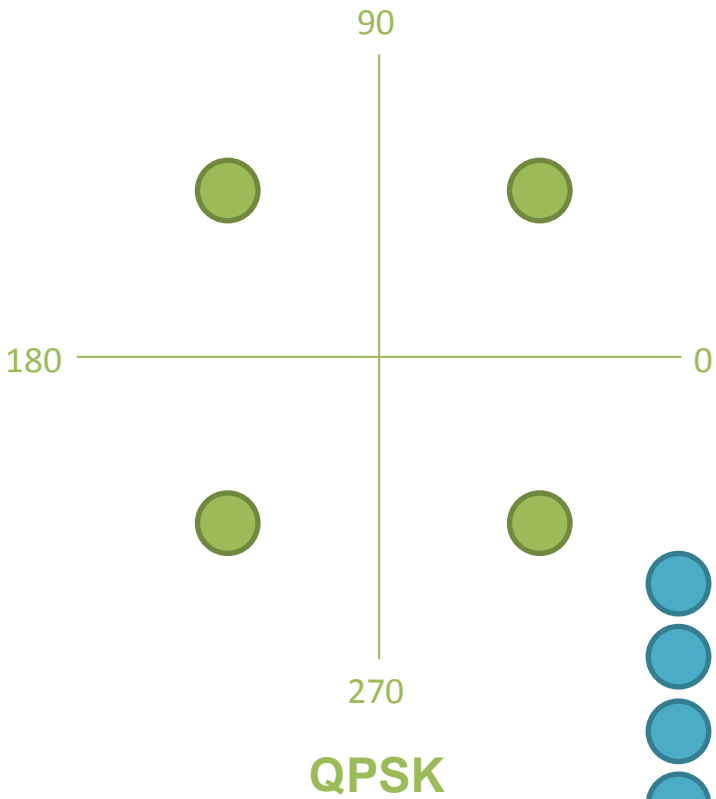
# Diagrame de constelații



Cod	A	$\phi$	Cod	A	$\phi$
000	1	$0^\circ$	100	1	$180^\circ$
001	2	$0^\circ$	101	2	$180^\circ$
010	1	$90^\circ$	110	1	$270^\circ$
011	2	$90^\circ$	111	2	$270^\circ$

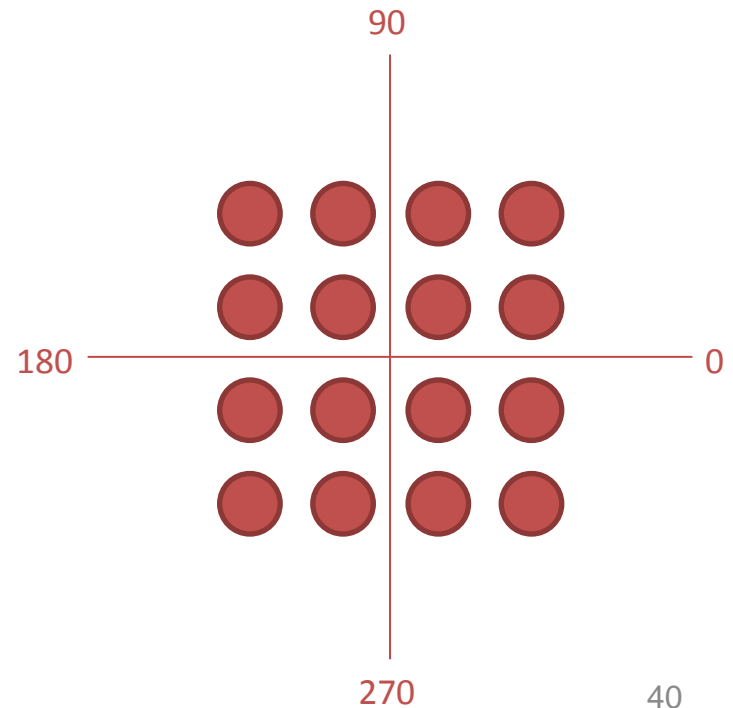


# Exemple de constelații



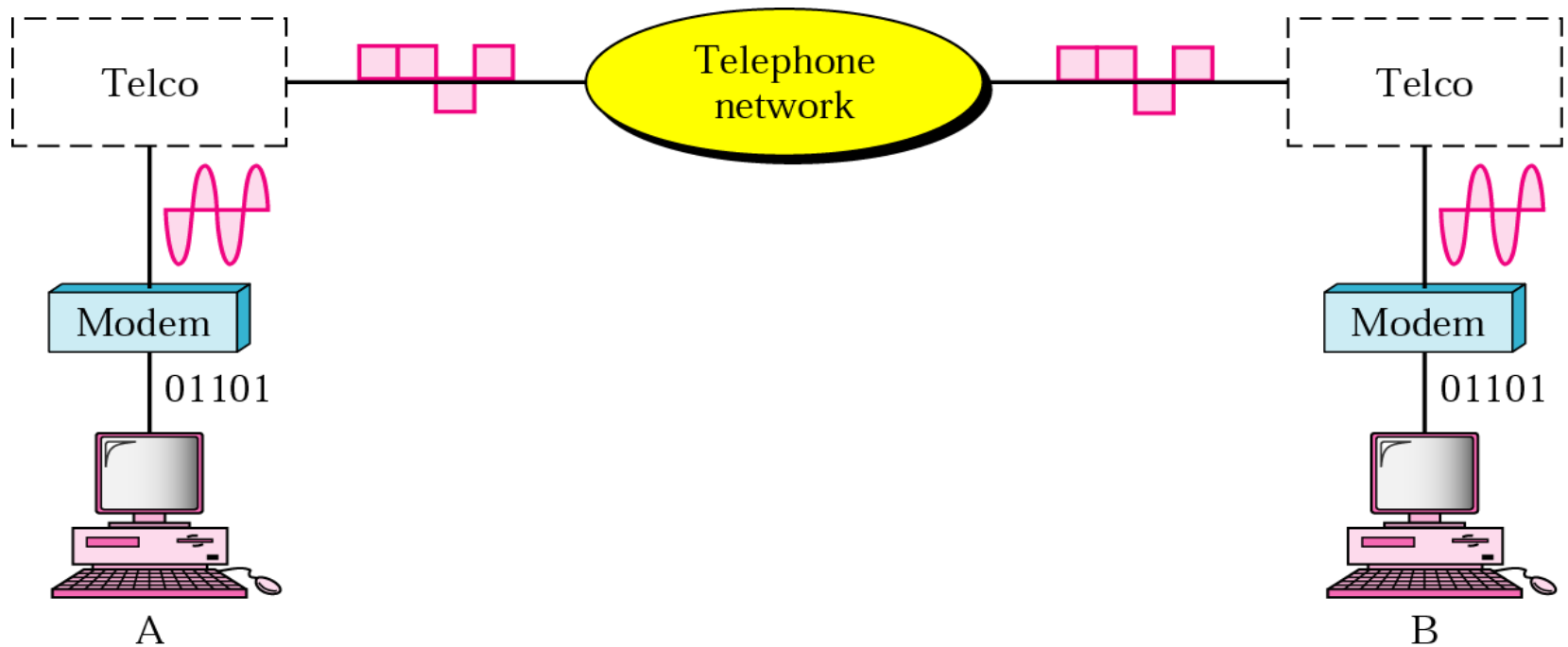
- Se consideră o linie cu o capacitate de 2400 baud. Câți biți de date pot fi trimiși pe secundă dacă se folosește QAM-16 pentru modulare?
- **R:** Sunt folosite 16 puncte de constelație pentru a trimite 4 biți per simbol, ceea ce înseamnă:

$$4 \cdot 2400 = 9600 \text{ bps}$$



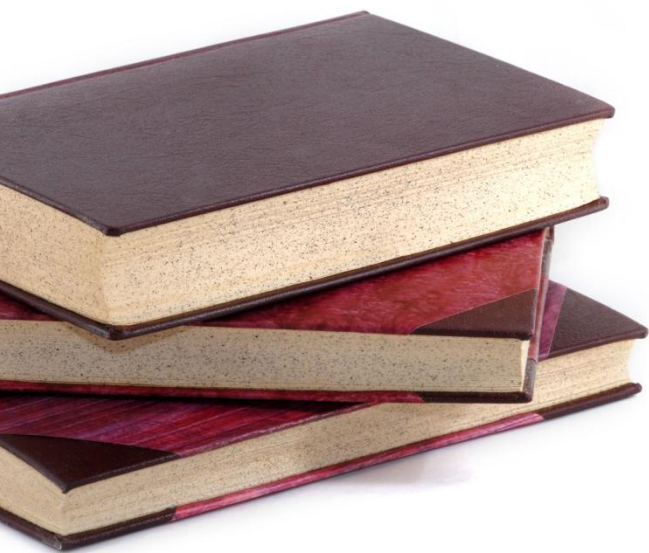


- MOdulator/DEModulator



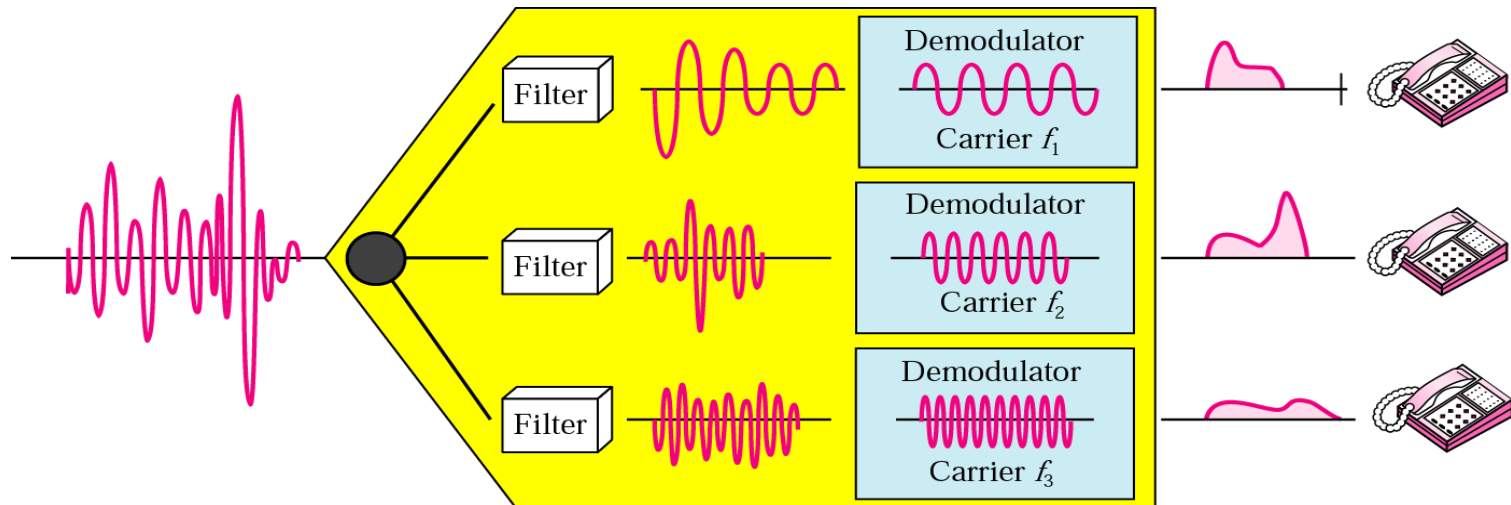
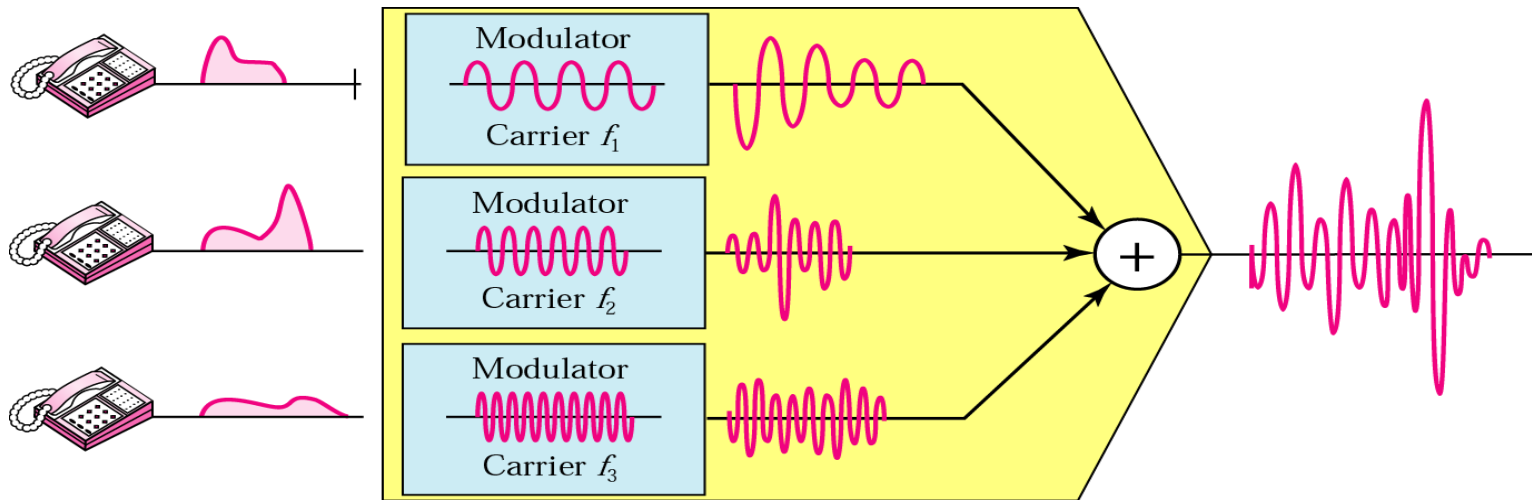
# Multiplexare

- FDM
- WDM
- TDM
- Exemplu: DSL

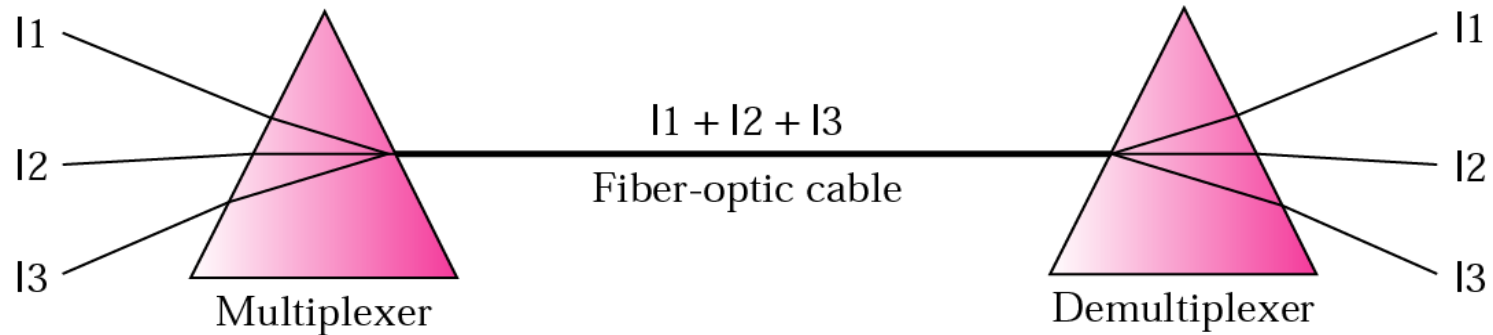
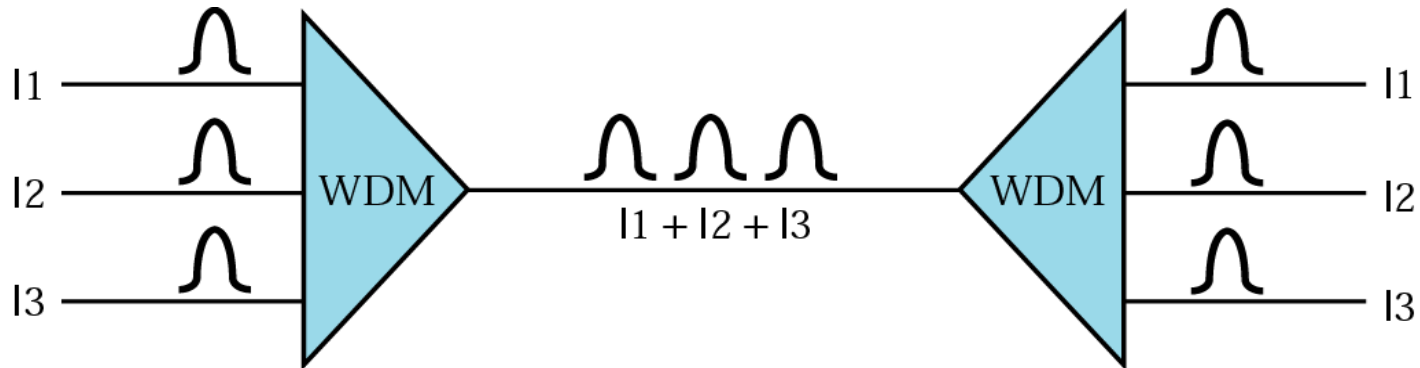


- Constă în gruparea mai multor fluxuri de date într-un singur semnal peste un singur mediu partajat
- Analogică
  - FDM – frequency division multiplexing
  - WDM – wavelength division multiplexing (mediu optic)
- Digitală
  - TDM – time division multiplexing

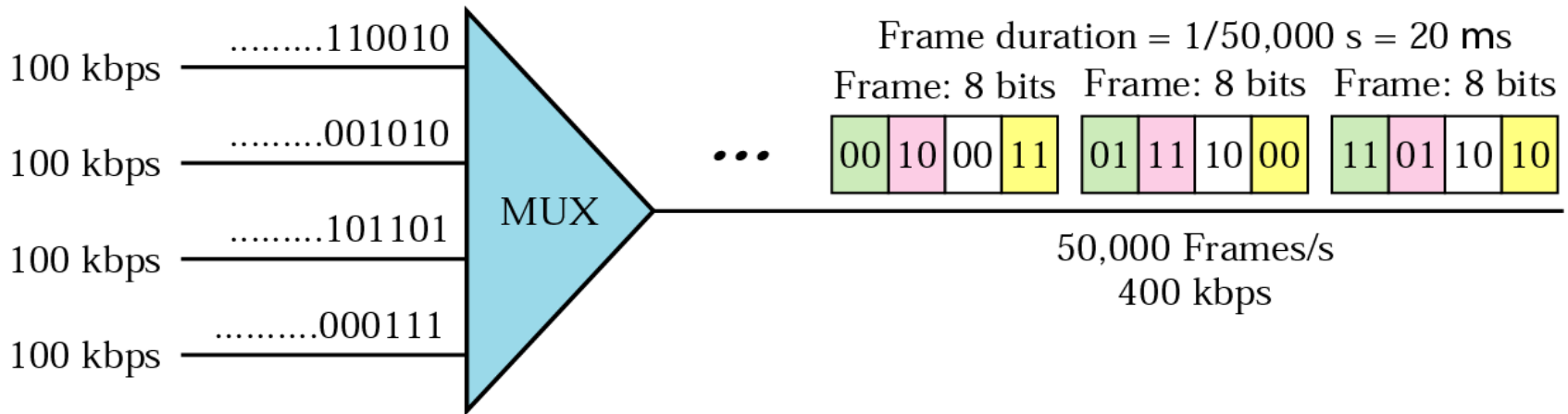
# Multiplexare - FDM

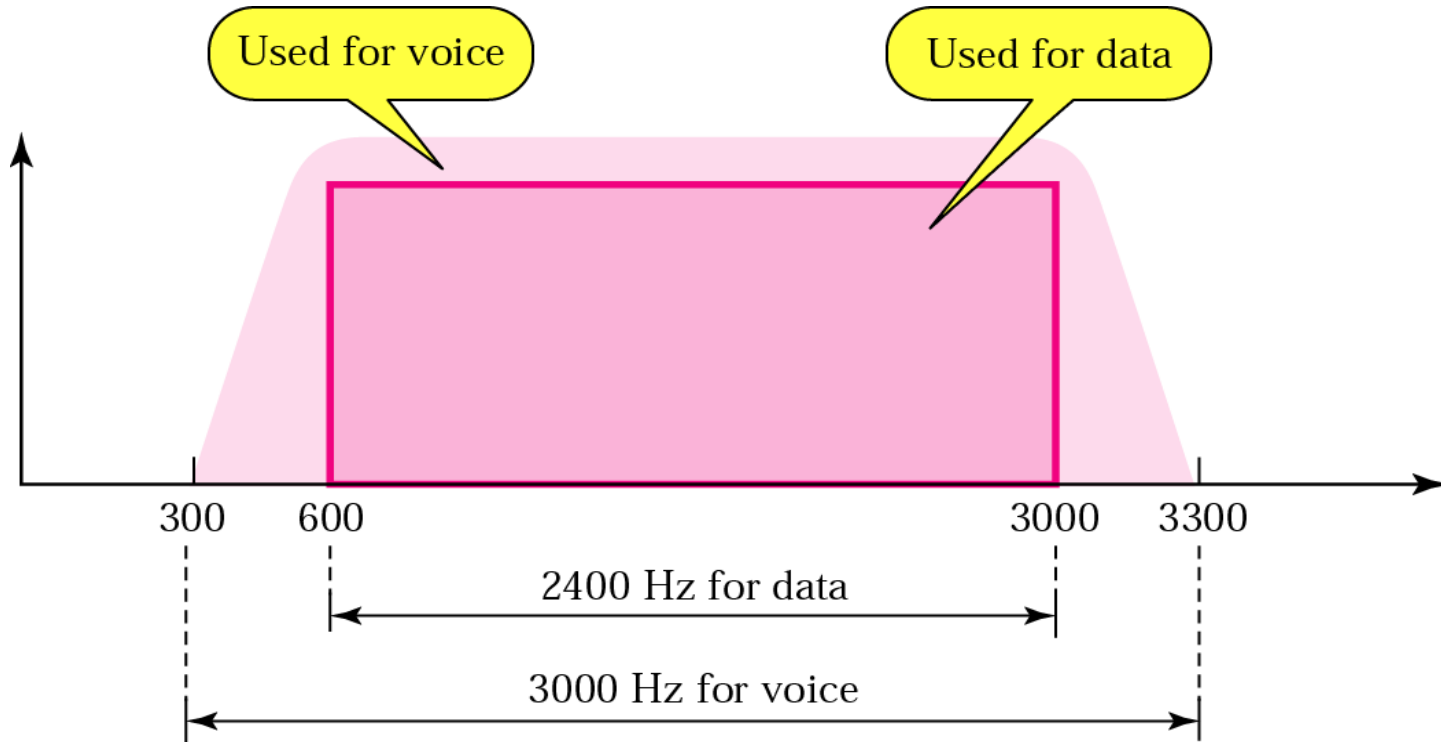


# Multiplexare - WDM

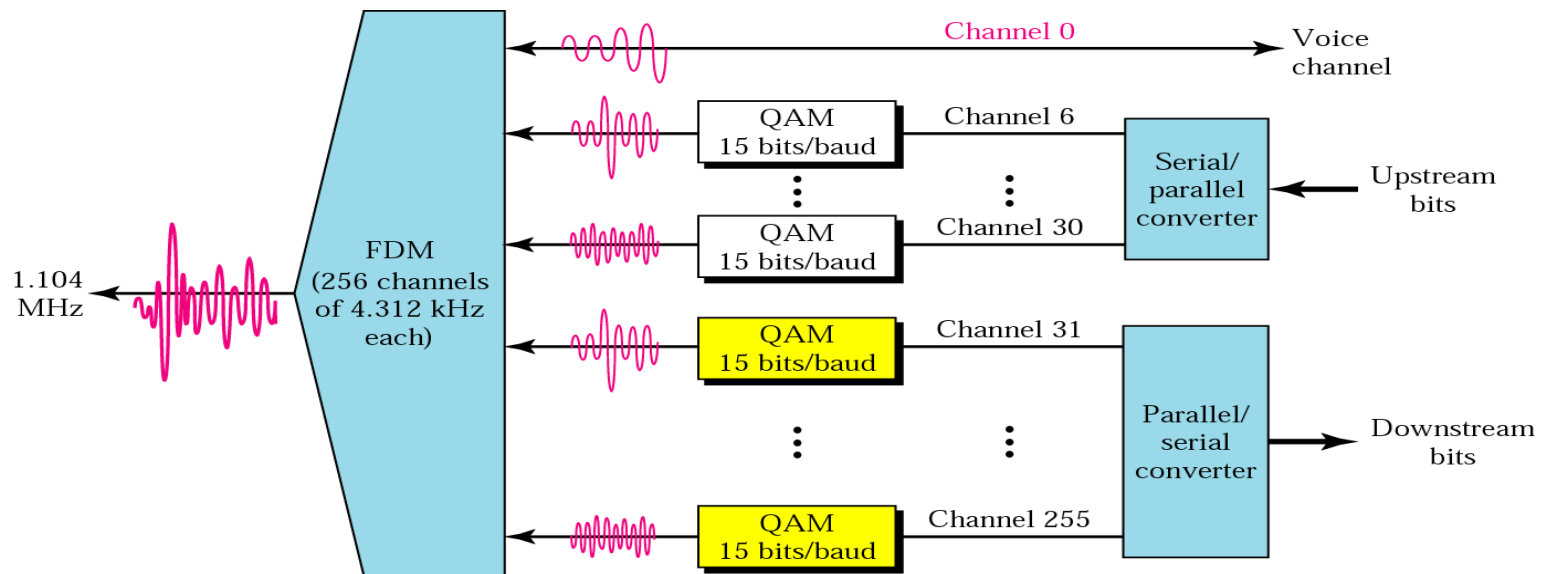


# Multiplexare - TDM



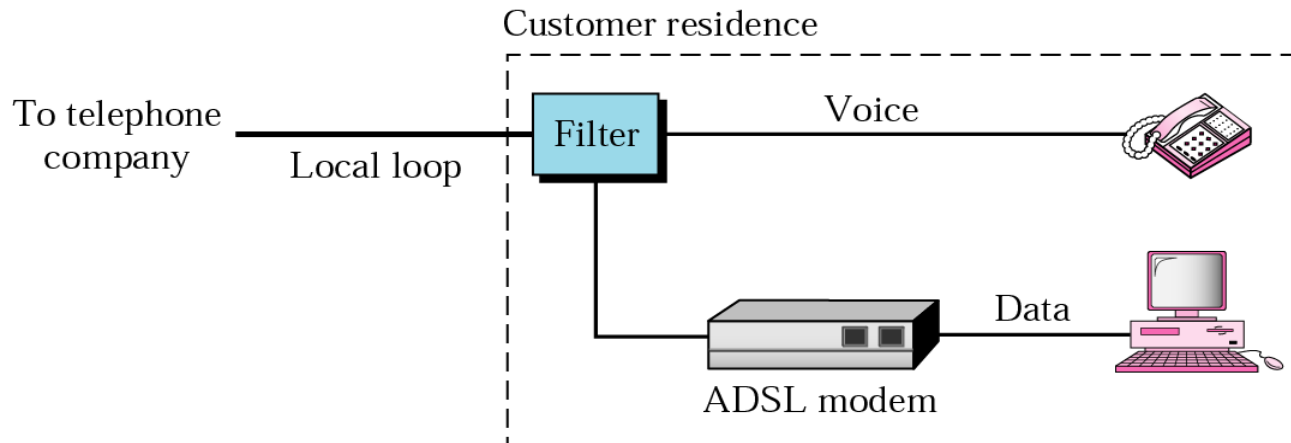
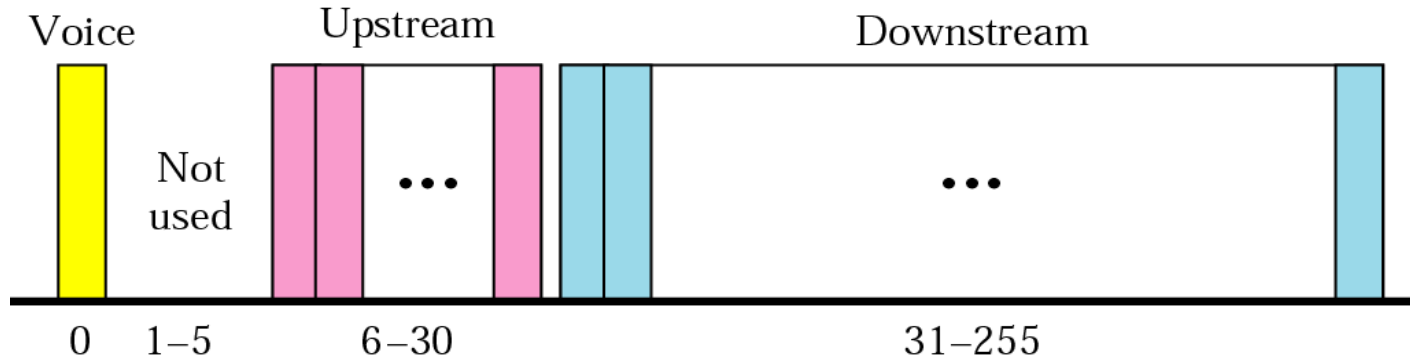


- Digital Subscriber Line
- ADSL – Asymmetric DSL: destinata utilizatorilor; nepotrivită pentru mediu business
- Lățimea de bandă poate ajunge la 1.1 MHz



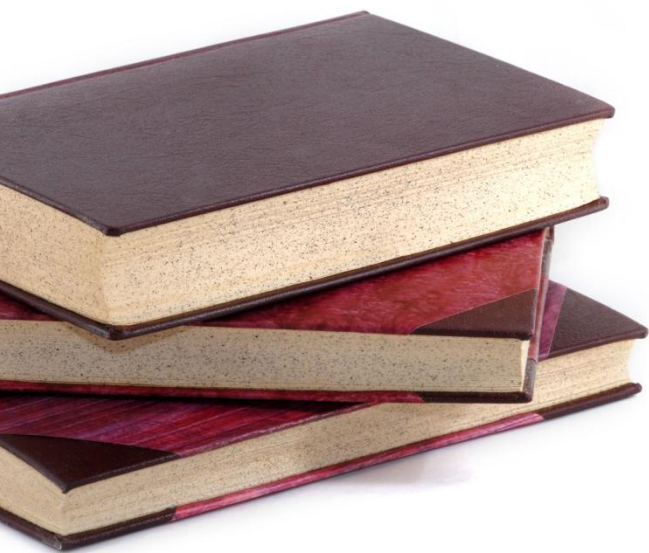


# DSL (2)

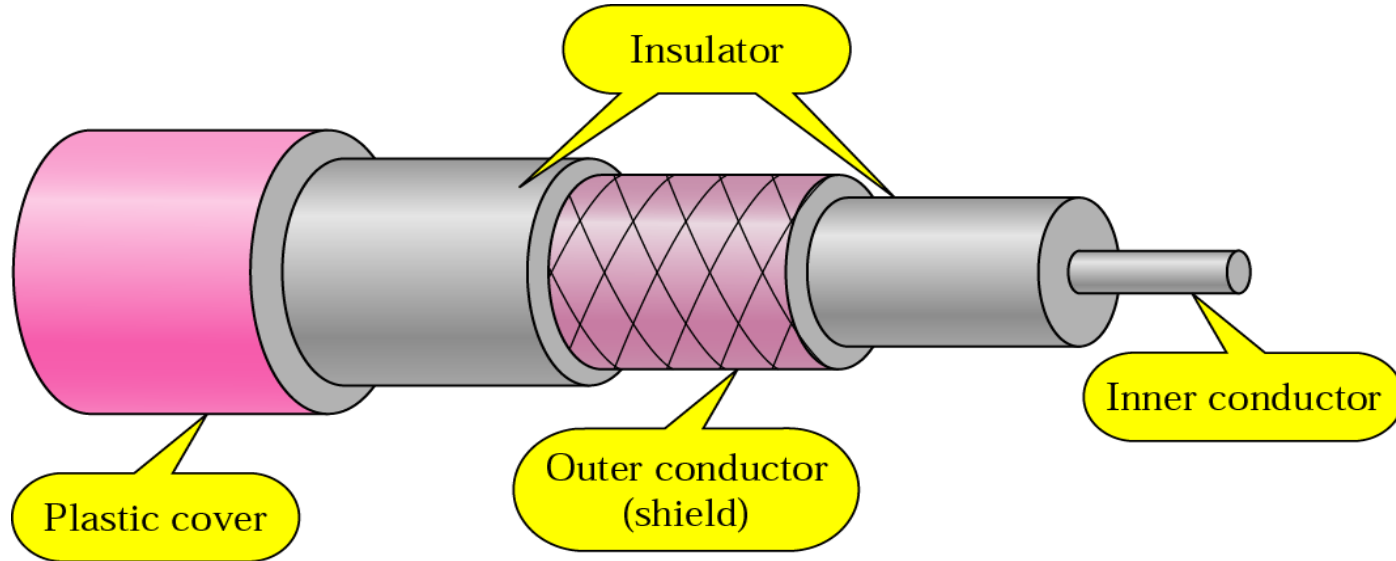


## Medii de transmisie

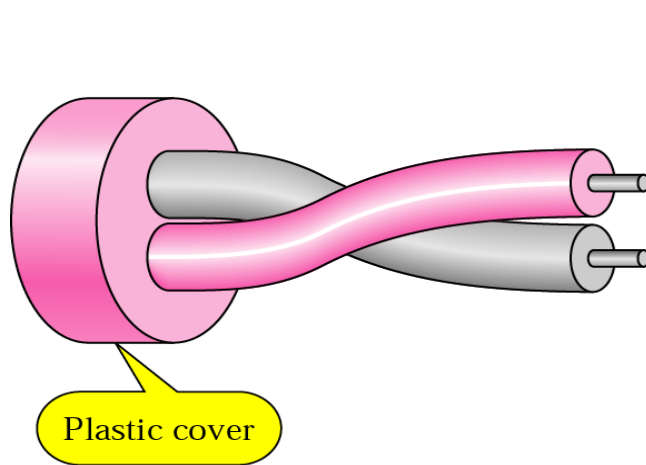
- Cablu coaxial
- Cablu torsadat
- Fibră optică
- Wireless



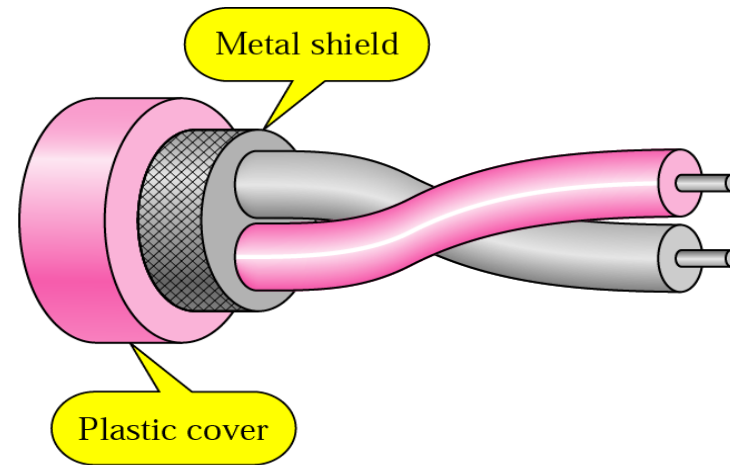
- Cu fir (ghidat)
  - Cablu coaxial
  - Cablu torsadat (twisted-pair cable)
    - UTP
    - STP / FTP
    - ScTP
  - Fibră optică
    - Multimode
    - Singlemode
- Fara fir (neghidat)
  - Unde radio
  - Microunde
  - Infraroșii



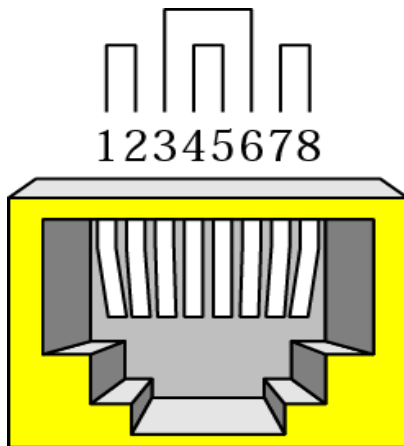
Category	Impedance	Use
<b>RG-59</b>	75 $\Omega$	Cable TV
<b>RG-58</b>	50 $\Omega$	Thin Ethernet
<b>RG-11</b>	50 $\Omega$	Thick Ethernet



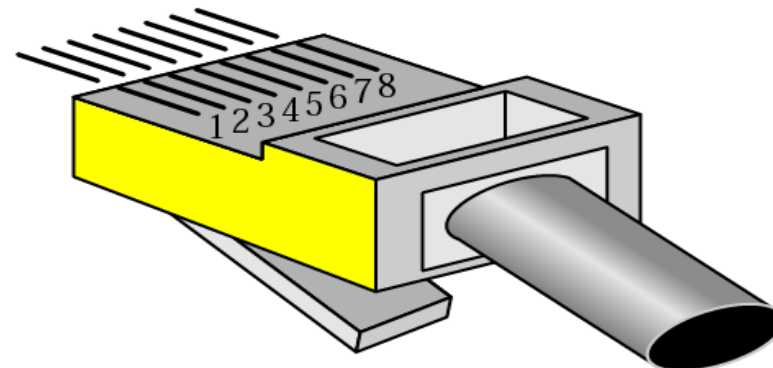
a. UTP



b. STP



RJ-45 Female



RJ-45 Male

# Categoriile de cablu torsadat

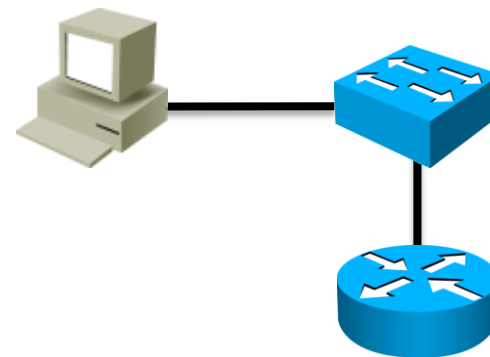
Categorie	Frecvență	Viteză	Standard
Cat 1		1Mbps	Telefonia clasică
Cat 2		4Mbps	Transmisiuni seriale
Cat 3	16MHz	10 Mbps 100 Mbps	TokenRing 10BaseT 100BaseT4
Cat 4	20MHz	16 Mbps 100 Mbps	TokenRing 10BaseT 100BaseT4
Cat 5	100MHz	10 Mbps 100 Mbps	TokenRing, 10BaseT 100BaseTX
Cat 5e	155MHz	10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps	10BaseT, 100BaseTX, 1000BaseT
Cat 6	250MHz	100Mbps 1 Gbps	100BaseTX 1000BaseT
Cat 6a	500MHz	10 Gbps	10GBaseT
Cat 7	625MHz	10 Gbps	10GbaseT
Cat 8	1200Mhz	10 Gbps	10GbaseT

# Cablări twisted-pair: Straight-through

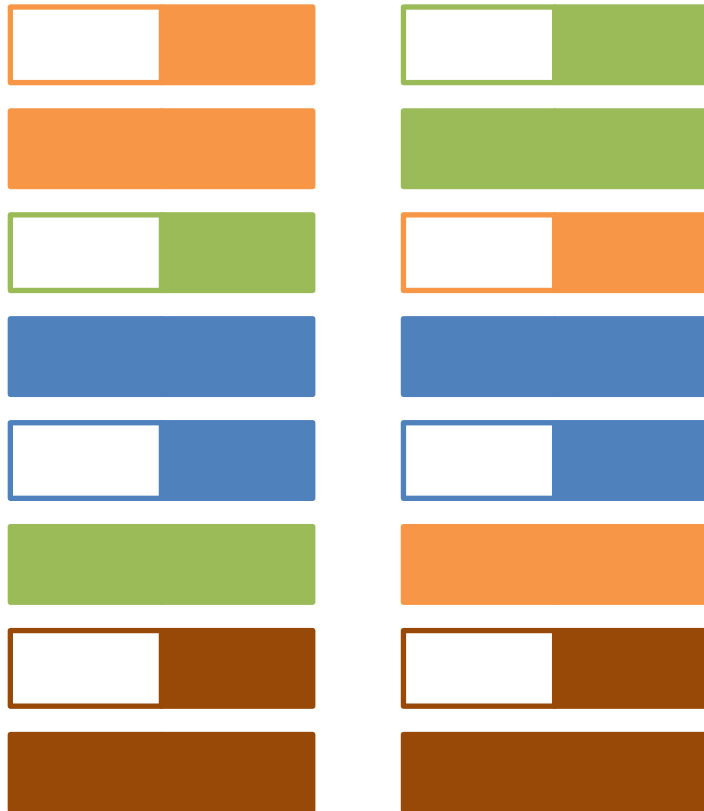


TIA/EIA-568B

TIA/EIA-568A

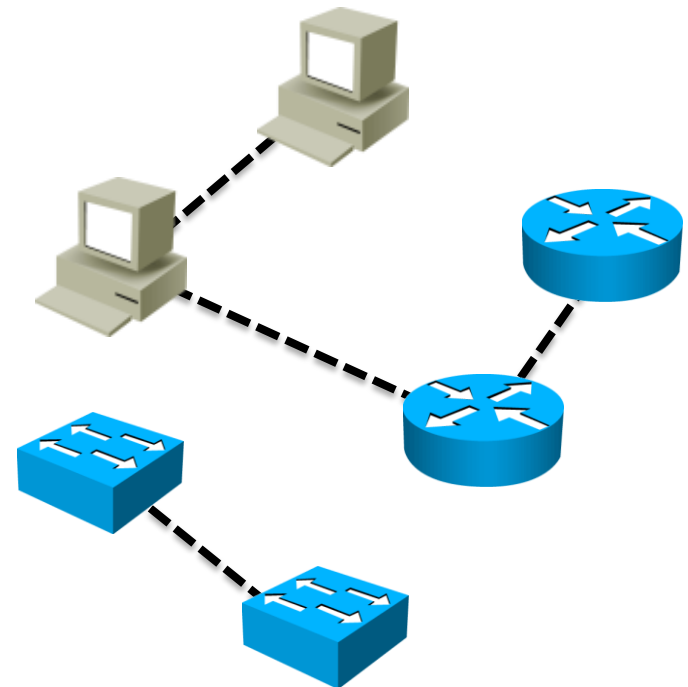


# Cablări twisted-pair: Crossover



TIA/EIA-568B

TIA/EIA-568A



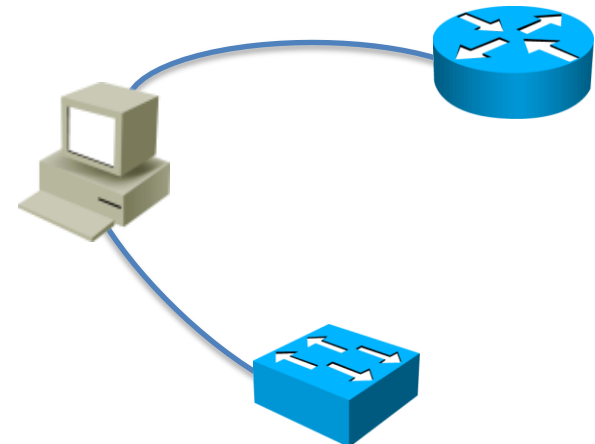
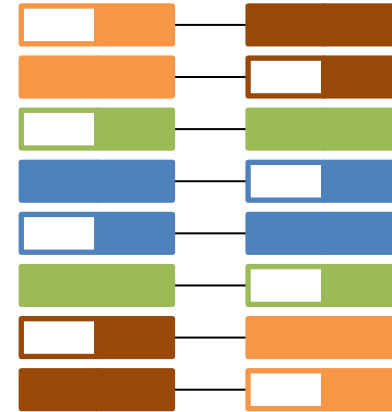


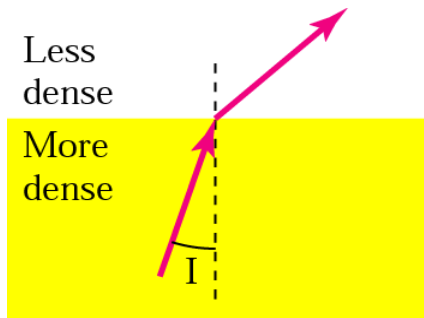
# Cablări twisted-pair: Rollover



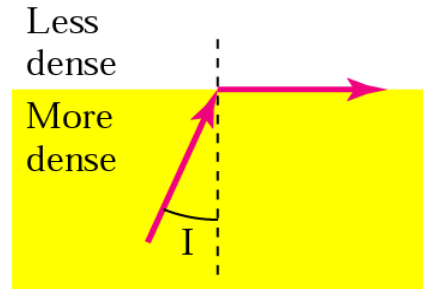
TIA/EIA-568B

TIA/EIA-568A

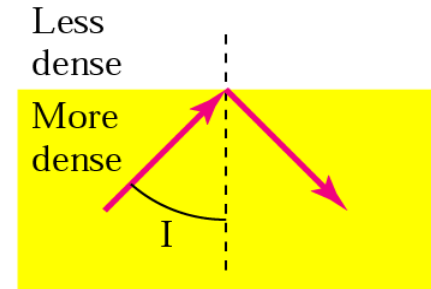




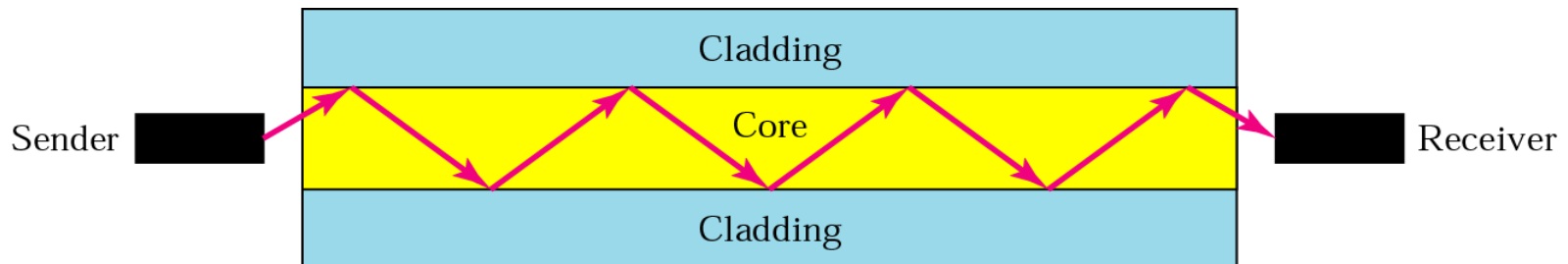
$I < \text{critical angle}$ ,  
refraction



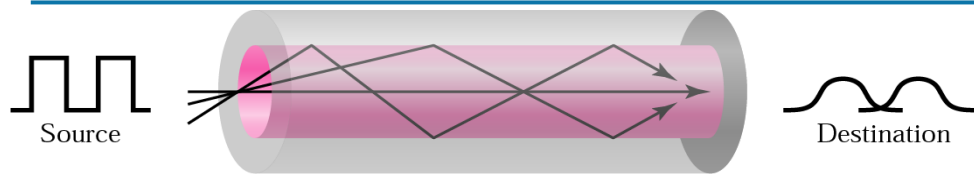
$I = \text{critical angle}$ ,  
refraction



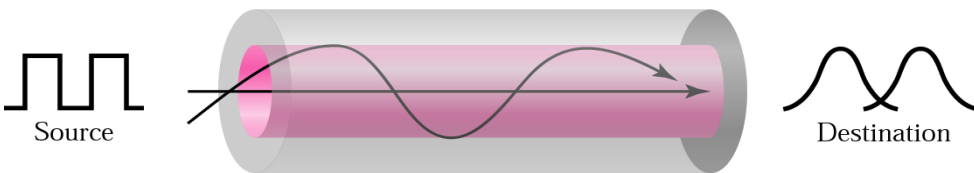
$I > \text{critical angle}$ ,  
reflection



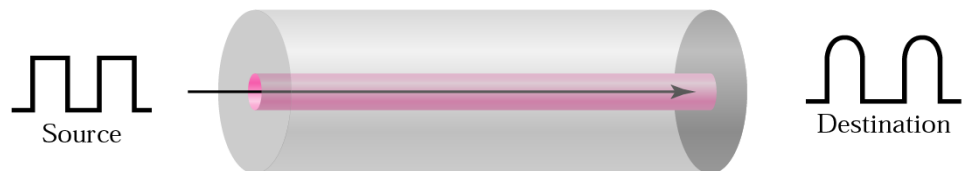
# Fibră optică (2)



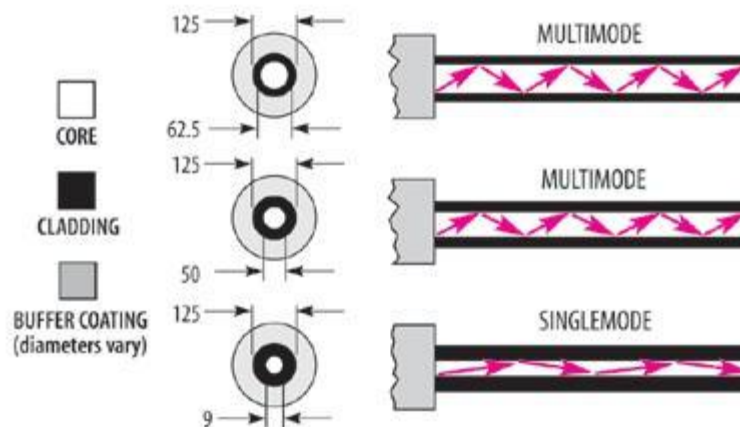
a. Multimode, step-index



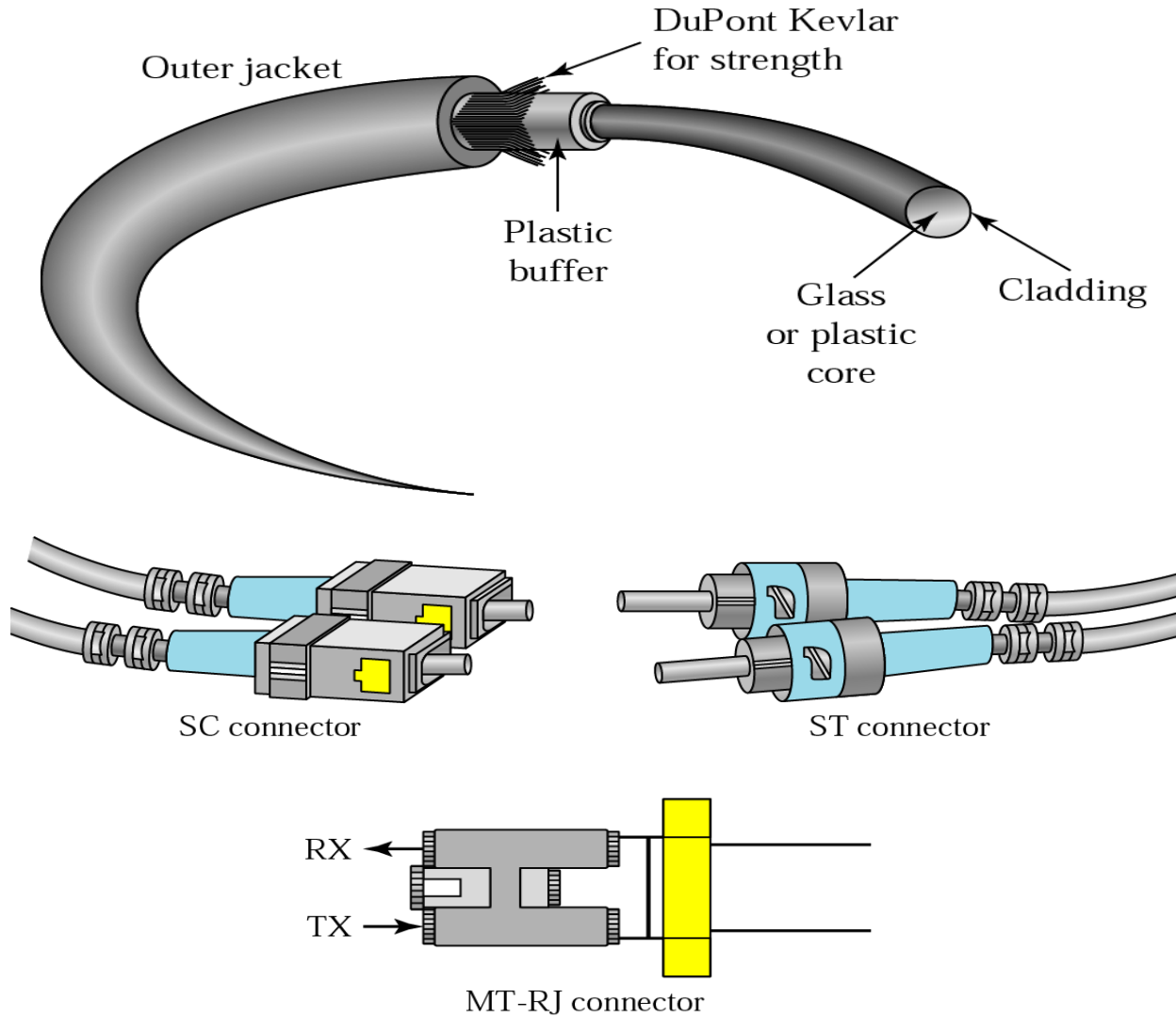
b. Multimode, graded-index



c. Single-mode

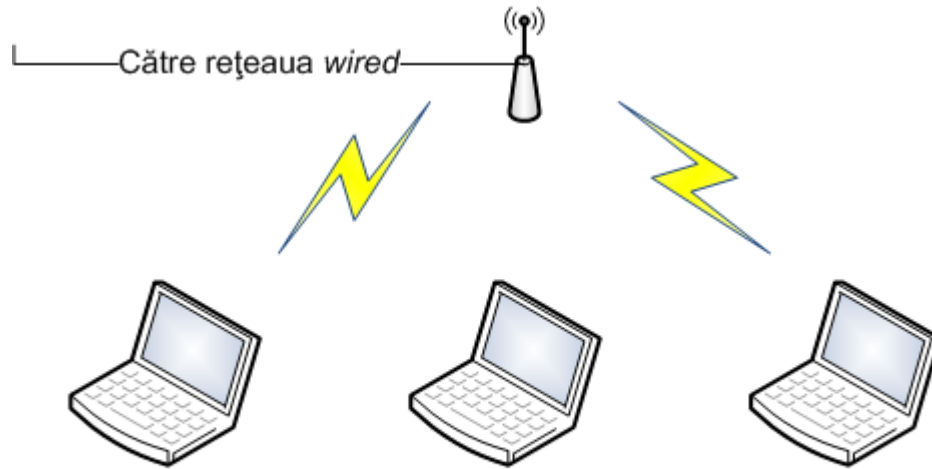


Type	Core	Cladding	Mode
<b>50/125</b>	50	125	Multimode, graded-index
<b>62.5/125</b>	62.5	125	Multimode, graded-index
<b>100/125</b>	100	125	Multimode, graded-index
<b>7/125</b>	7	125	Single-mode

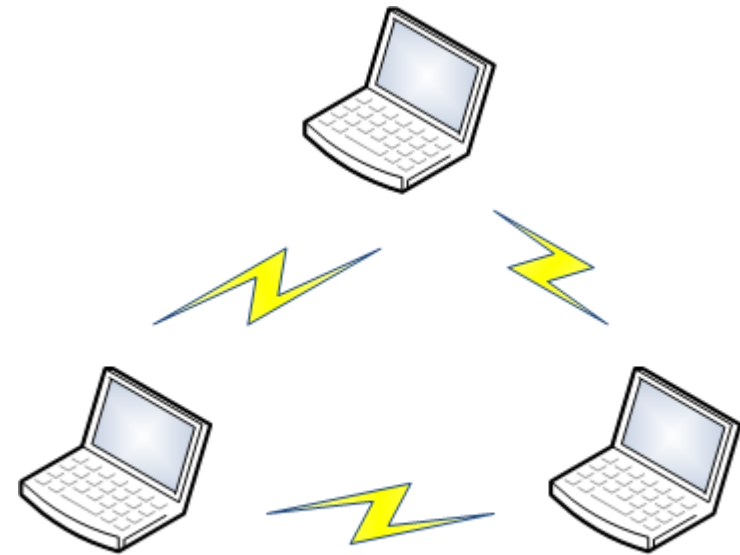




Tip splice	Loss
Mecanic	0,2 dB
Sudură	0,05 dB

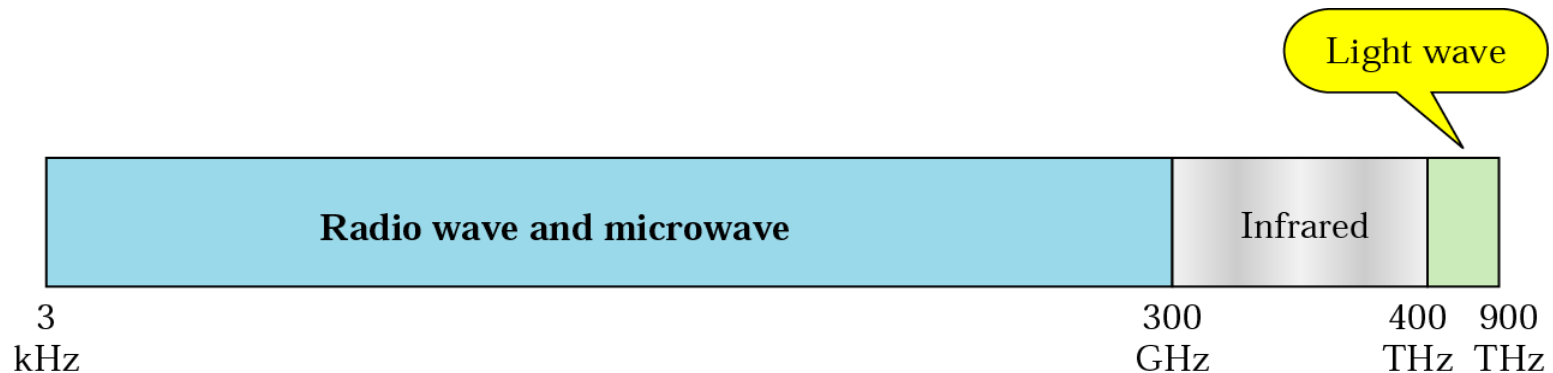


Rețea wireless de tip  
infrastructură

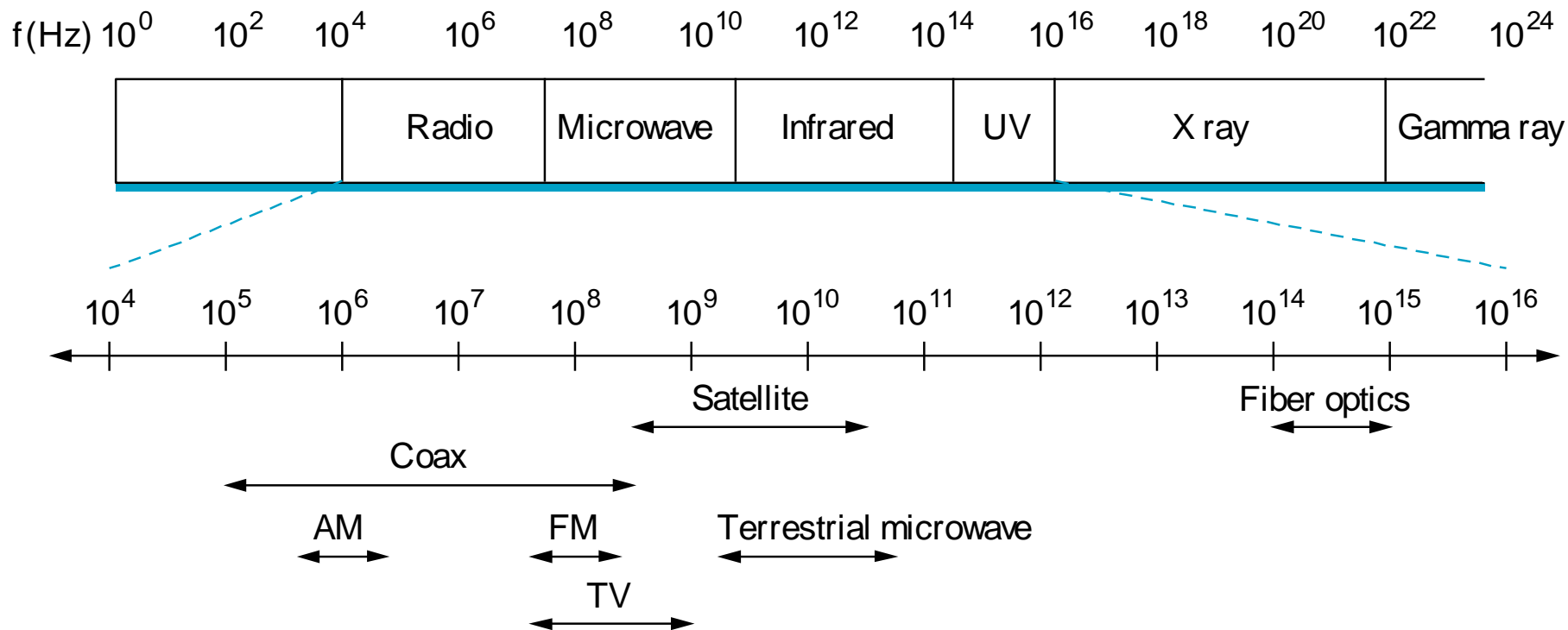


Rețea de tip ad-hoc

- Unde radio – comunicații multicast: radio și televiziune
- Microunde – comunicații unicast: telefoane mobile, rețele de sateliți, Wireless LAN
- Infraroșii – transmisii pe distanță scurtă



# Spectrul electromagnetic





**Atenuare**

Soluție: Repetor



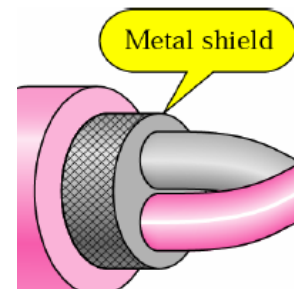
**Crosstalk**

Soluție: Torsadare



**Zgomot**

Soluție: Ecranare



**Electric - electric**



**Electric - optic**



**Electric - wireless**



**Repetor electric**



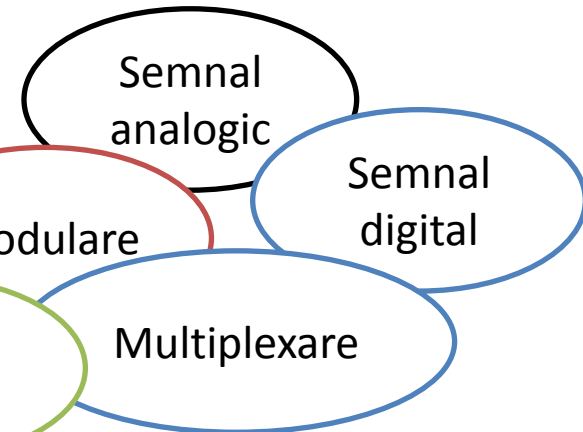
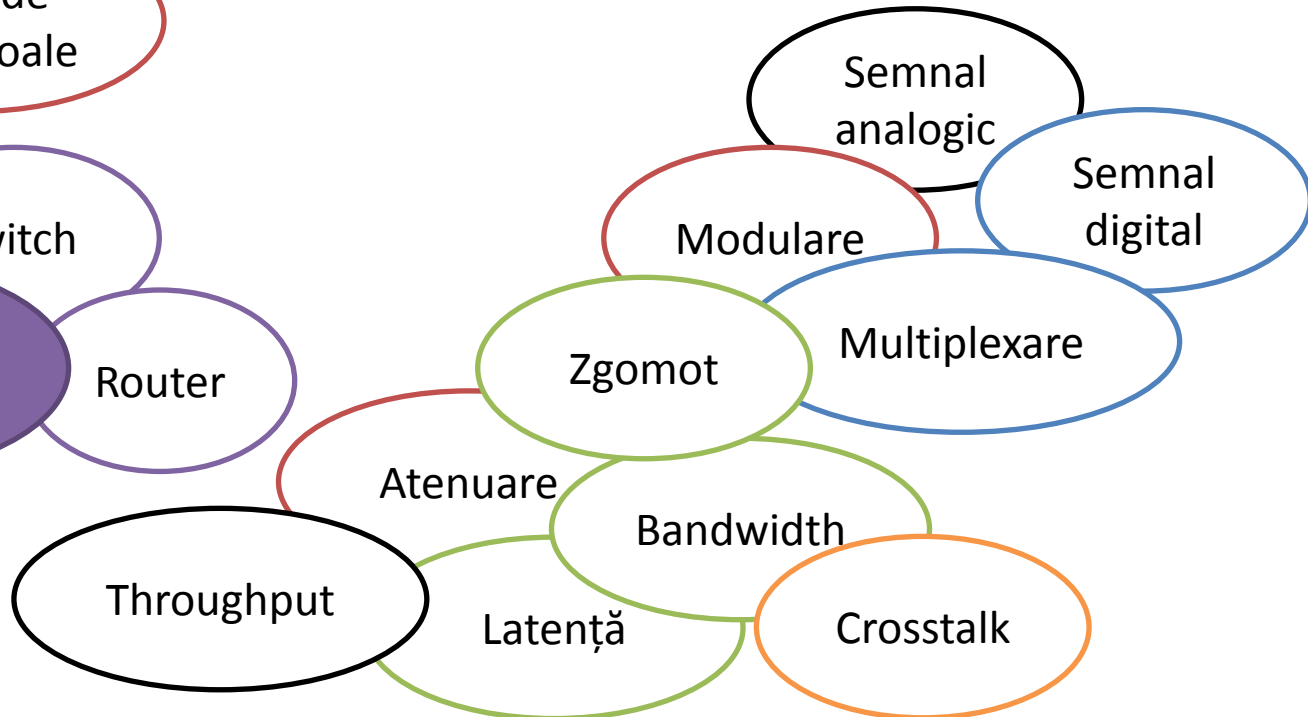
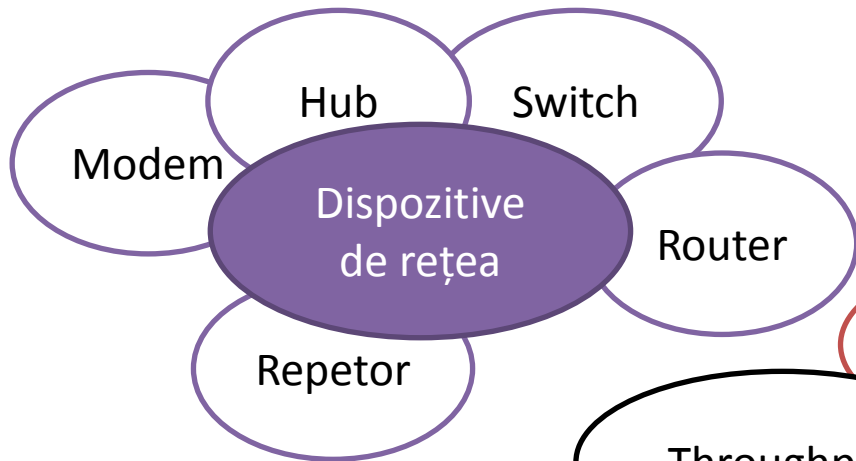
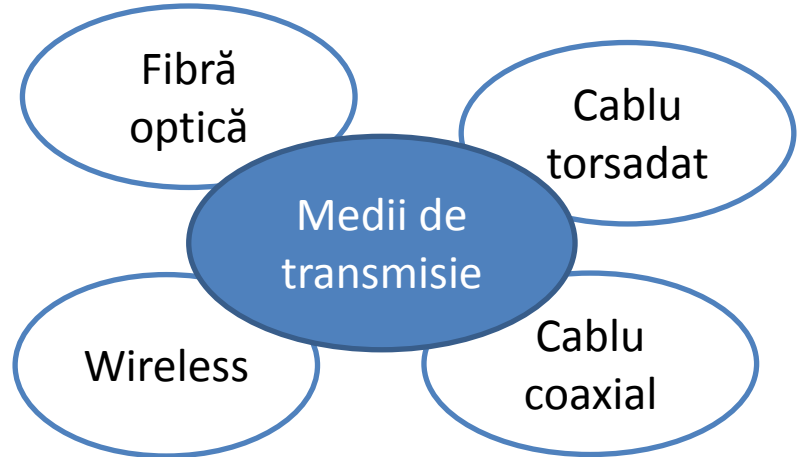
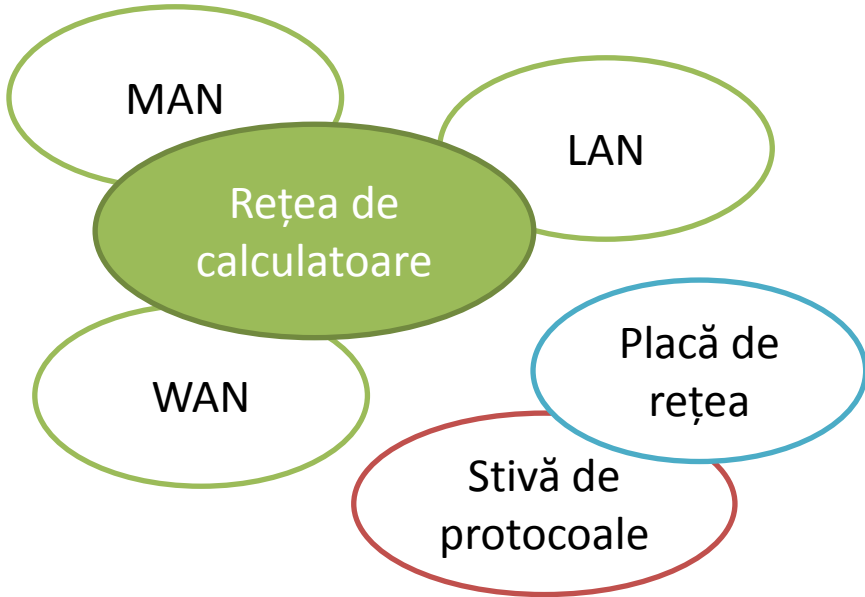
**Repetor optic**



**Repetor wireless**



- Throughput
  - Cantitatea de date transmise în unitatea de timp
  - Unități de măsură:
    - KB =  $2^{10}$  bytes
    - Mbps =  $10^6$  bits per second
- Latența
  - Timpul necesar pentru ca un semnal (sau bit) să ajungă din punctul A în punctul B
  - *one-way vs round-trip time* (RTT)
  - Componente:
    - Timpul de propagare
    - Latența introdusă de echipamente



?



## Capitolul 2 Managementul resurselor fizice ale unei rețele de calculatoare

### 2.1. Componentele fizice ale rețelei

Componentele fizice (*hardware*) ale rețelei reprezintă dispozitivele care conectează în mod fizic toată rețeaua și permit calculatoarelor și perifericelor să comunice între ele. Acestea corespund nivelului fizic din stratificarea rețelelor. Calculatoarele și perifericele dintr-o rețea se numesc **noduri**.

Componentele fizice elementare ale rețelei includ trei tipuri de dispozitive:

- **echipamente de procesare și acces la rețea;**
- **echipamente de transmisie;**
- **echipamente de conectare.**

Aceste componente sunt elementare deoarece toate rețelele trebuie, fie să le conțină, fie cel puțin să funcționeze cu ajutorul lor.

Toate aceste resurse fizice (procesorul, mediile de stocare, mediul de transmisie, dispozitivele de acces, dispozitivele de conectare) influențează funcționarea rețelei. Fiecare dintre aceste resurse fizice vor fi analizate în continuare referitor la administrare și performanțe. Echipamentele de stocare sunt tratate în capitolul 4 pentru că au legătură administrarea datelor.

### 2.2. Componenta fizică în ierarhia OSI

Nivelul fizic are sarcina de a transmite șiruri de biți, convertindu-le în semnale care să poată fi transmise eficient pe canalul fizic de comunicație. Nivelul 1 este implementat doar prin hard.

Nivelului 2 OSI îi revine sarcina de a marca și recunoaște limitele cadrelor (*framing*) și a conversiilor în cadrul unei punți de interconectare a două rețele care folosesc același protocol de nivel 3, dar la care diferă protocoalele de la nivelul legătură de date. Nivelul 2 este implementat prin soft și parțial prin hard. În subnivelul MAC este stocată adresa fizică - unică în lume a mașinii.

### 2.3. Echipamente de procesare și acces la rețea

În această categorie se găsesc echipamentele care pregătesc datele pentru a fi transmise: **componentele calculatorului și dispozitivele de acces** (placa de rețea).

Componentele calculatorului cuprind: **infrastructura de calcul** (procesorul) și **mediile de stocare** (memoria principală și harddiscul).

#### 2.3.1. Procesorul (unitatea centrală de prelucrare)

Procesorul este piesa cea mai importantă a unui calculator și de aceea nu trebuie făcută nici o economie atunci când o cumpărăm. Puterea unui procesor este dată în general de viteza cu care face calculele (măsurată în MHz sau GHz), dar și de cantitatea de memorie cache existentă pe pastila procesorului.

**Viteza unui procesor** este dată de produsul dintre viteza magistralei principale de date (Front Side Bus - FSB) și factorul de multiplicare a acesteia (*multiplier*).

O unitate centrală de prelucrare (UCP) conține:

- **registre**: memorii mici de viteză mare folosite pentru a stoca rezultate temporare și informații de control;
- **unitatea de aritmetică și logică** (UAL): care efectuează majoritatea operațiilor aritmetice și logice ale calculatorului și utilizează registrele;
- **unitatea de comandă și control** (UCC): coordonează cererile de memorie, decodează și execută instrucțiunile;
- **memoria cache** (cache = registre asociative de depozitare): memorie rapidă folosită (exclusiv) de procesor pentru executarea operațiilor sale;
- **ceasul intern**: trimite impulsuri pentru sincronizarea tuturor activităților unității centrale de prelucrare (frecvența ceasului se măsoară în impulsuri/sec) ;
- **memorie-tampon**: folosită de procesor ca zonă de stocare a informațiilor de I/O.

Registrii văzuți de utilizator, folosiți pentru a minimiza referințele la memorie sunt: registrii de date, registrii de adresă (registrarul index, registrarul indicator de segment, registrarul indicator de stivă) și registrarul indicatorilor de condiții.

Registrii folosiți de procesor pentru a controla operațiile procesorului sunt registri de stare și control (contor program și registri de instrucțiune).

Setul de instrucțiuni executate de procesor sunt pentru transferul procesor–memorie, pentru procesor-date I/O, pentru prelucrare date și pentru control.

Utilizați memorii SRAM în loc de DRAM, deoarece SRAM nu are nevoie de rescriere a datelor după ce acestea au fost citite și nici de reîmprospătarea celulei de memorie. Astfel, timpii de acces sunt mult mai mici, iar viteza la care lucrează acest tip de memorie este cu mult peste performanțele memoriei dinamice. Datorită prețului de cost mare pentru obținerea unei celule SRAM, acest tip de memorie este utilizat numai pentru fabricarea memoriei cache. Memoria cache L1 funcționează la aceeași frecvență cu cea a procesorului în timp ce pentru memoria cache L2 (pentru placa de bază) frecvența de lucru este jumătate față de frecvența procesorului. Memoria cache a fost introdusă ca un artificiu tehnologic, care trebuie să suplinească diferența de frecvență dintre procesor și memorie.

### 2.3.1.1. Arhitecturi ale procesorului

Administratorul de rețea trebuie să aleagă procesorul optim, ținând seama de următoarele arhitecturi:

- mașină stivă (de exemplu mașina virtuală Java);
- mașină acumulator;
- mașină registrar (de exemplu procesoarele SPARC, MIPS, Alpha, Power PC cu set redus de instrucțiuni).

Arhitectura X86 este o mașină cu set complex de instrucțiuni, care include aspecte din toate celelalte 3 tipuri de arhitecturi.



### 2.3.1.2. Performanțele unității centrale de prelucrare

În alegerea unui procesor trebuie să luăm în considerare că performanțele unității centrale de prelucrare sunt influențate de:

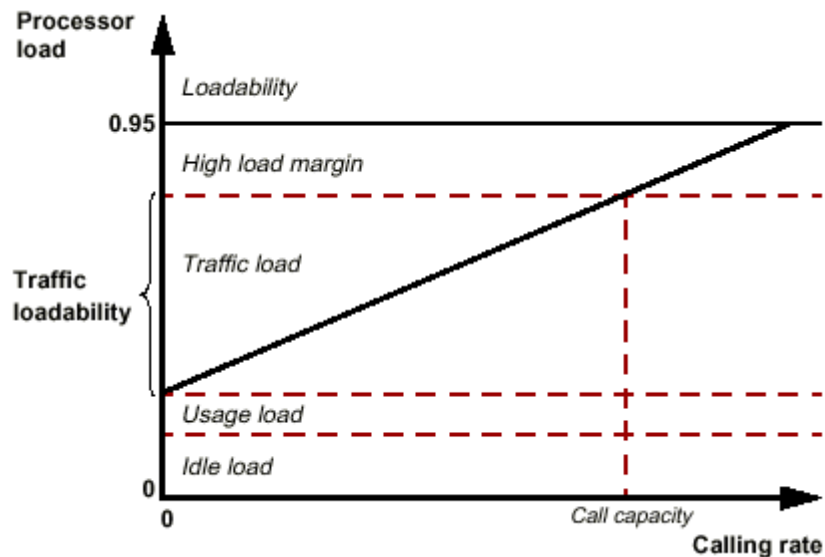
- viteza de procesare;
- memoria cache a unității centrale de prelucrare (registre și nivelul L1);
- algoritmi de alocare a timpului pentru sistemul de operare;
- canalele de acces ale memoriei.

### 2.3.1.3. Capacitatea procesorului în traficul prin circuitele comutate

În cazul traficului prin circuitele comutate trebuie luată în considerare care este capacitatea procesorului necesară în timpul comunicației

Fiecare conectare și fiecare încercare de conectare încarcă procesorul central pentru câteva milisecunde.

Figura 2.1 prezintă încărcarea procesorului și viteza apelurilor



### 2.3.1.4. Factorii care afectează capacitatea procesorului

Din punctul de vedere al procesorului, deoarece acesta constituie o gâtuire, nodurile rețelei trebuie dimensionate astfel încât să țină seama de:

- a) creșterea schimbului de informații;
- b) creșterea mobilității;
- c) dezvoltarea multimedia;
- d) dezvoltarea unei noi arhitecturi stratificate de rețea;
- e) dezvoltarea tehnologiilor informaționale;
- f) modularizare;
- g) gradul de deservire al rețelelor vecine.

a) Conduce la cerința unui procesor cu capacitate de lucru mai mare (de exemplu în cazul bazelor de date cu număr tot mai mare de intrări care trebuie accesate).

b) Apelurile GSM solicită de aproape 10 ori mai mult capacitatea procesorului decât apelurile tradiționale PSTN.

Sistemele mobile actuale pot manipula peste 500.000 de utilizatori, de aceea capacitatea procesorului trebuie să fie corect dimensionată și să existe și condiții pentru a putea crește numărul de utilizatori.

c) Conexiunile multimedia solicită procesorul pentru că manevrează lățime de bandă mai mare și solicită procesorul să lucreze în timp real.

d) Pot apărea protocoale noi, pot apărea anumite niveluri și deci procesorul trebuie să poată lucra suplimentar (pentru manevrarea de noi tipuri de protocoale).

e) Procesorul trebuie să fie ușor adaptabil și compatibil cu noile tehnologii hardware și software.

f) Flexibilitate pentru o varietate de aplicații care să permită utilizare facilă a acestor platforme: PSTN, ISDN, PLMN, SS7.

g) Să poată face față dacă rețelele vecine nu funcționează corespunzător, iar această încărcare să nu afecteze proprii utilizatori.

În funcție de acești factori și de situația în care se folosește rețeaua respectivă trebuie ales tipul de procesor corespunzător și numărul lor. În lucrare există teste pentru numărul de procesoare.

### 2.3.2. Memoria

Memoria este o resursă hardware care cuprinde următoarele niveluri ierarhice:

- **memorie principală;**
- **memorie auxiliară;**
- **memorie virtuală** (folosită pe harddisc);
- **memorie cache.**

Memoria principală a sistemelor de calcul reprezintă un mediu de stocare temporară de date.

Memoria cache este o memorie rapidă și este utilă numai dacă informațiile sunt folosite mult și frecvent. În capitolul 4 se calculează eficiența memoriei cache.

#### 2.3.2.1. Factorii care afectează performanța memoriei

În afară de capacitatea memoriei, care trebuie să fie cât mai mare, **timpul de acces** și **timpul de așteptare** sunt factorii care influențează performanța memoriei.

De exemplu, timpul de acces al memoriei este de ~ 60-70 nanosecunde, iar timpul de acces al discului este de ~ 10 milisecunde.

**Timpul de acces** reprezintă intervalul de timp dintre solicitarea unei date din memorie și obținerea acesteia:  $t = t_2 - t_1$ ,

unde  $t$  - timpul de acces;

$t_1$  - momentul solicitării unei date din memorie;

$t_2$  - momentul obținerii datei.

**Timpul de așteptare** reprezintă timpul scurs până când data respectivă este găsită în memorie.

Pentru transmiterea adreselor între procesor, chipset și memorie se utilizează 2 cicluri de tact. Pentru transmiterea informației către interfața de date se consumă 1 ciclu, iar pentru ultima operație, transmiterea datelor către chipset și apoi către procesor, încă 2 cicluri. După transmiterea informațiilor, în cazul în care cererea emisă de procesor este mai mare decât lățimea magistralei pentru date, următoarele cuvinte sunt transmise către procesor în modul rafală (*burst mode*) la fiecare ciclu de tact, acest lucru este posibil datorită unui numărator intern care identifică următoarea coloană și transmite conținutul.

### 2.3.3. Harddiscul

Orice calculator personal și server din ziua de azi conține unul sau mai multe dispozitive de tip harddisc. **Spațiul pe disc** poate fi folosit tot sau partajat pentru sistemul de fișiere (directoare și fișiere), zona de boot, programe de sistem, baze de date, programe de aplicații, duplicarea unui alt volum. Cotele de utilizare a harddiscului pot fi limitate prin hard sau prin programe.

#### 2.3.3.1. Probleme ale harddiscurilor

Datorită vitezei de rotație, temperatura platanelor crește, cauzând o dilatare a acestora ceea ce poate conduce la scrierea/citirea de date eronate. În acest caz este nevoie de recalibrare (foarte rar) de 2 sau 3 ori de la pornirea discului până ajunge la temperatura sa medie de funcționare pentru o aplicație ce necesită flux continuu de date. Întreruperea cauzată de recalibrare poate fi fatală, de aceea au apărut memorii cache și în partea electronică a discurilor. **Atenție!** Un câmp magnetic foarte puternic poate afecta informațiile de pe harddisc, chiar dacă carcasa discurilor are ecranare magnetică. Fiind magnetizat permanent sau demagnetizat datele în zona respectivă nu mai pot fi recuperate. Atenție și la șocurile tipice apărute în timpul funcționării.

#### 2.3.3.2. Performanțele harddiscurilor

Viteza discurilor este importantă când calculatorul găzduiește mulți utilizatori. Interfața pentru harddiscuri de viteză mare este SCSI (de la 10000 la 15000 rotații pe minut) și UltraSCSI. Sub IDE numărul de rotații pe minut (viteza de rotație) al discurilor este de la 5400 la 7200. IDE limitează la 2 numărul harddiscurilor per controler.

Pentru servere, unde aveți nevoie de un număr mai mare de harddiscuri, folosiți interfețe SCSI (limita este de 15 harddiscuri per controler). În cazul IDE accesul concurrent la aceste discuri, are un impact negativ asupra performanțelor operațiilor de I/O.

Dacă pentru dispozitivele mai vechi folosiți magistrală ISA, aceasta poate fi cauza gâtuirii, deoarece este lentă. În general, ISA funcționează bine pentru plăci de sunet și plăci cu porturi seriale, dar nu pentru flux continuu de date.

Dacă doriți lățime de bandă disponibilă ridicată și impact scăzut pe server mai bine să cumpărați un adaptor PCI de rețea de calitate.

Deoarece această componentă hardware are legătură și cu partea informațională a rețelei, în capitolul 4 sunt prezentate informații despre tehnologiile de stocare.

### 2.3.3.3. Factorii care afectează performanța harddiscurilor

#### Viteza de citire

Discul se rotește la viteze foarte mari (7200, 10000, chiar 15000 rotații pe minut) ceea ce înseamnă o viteză între capul de citire și disc de aproximativ 300km/h. Harddiscul are o viteză de rotație constantă.

Există trei criterii ce caracterizează performanța unui harddisc:

- **rata de transfer** reprezintă cantitatea de informație pe care un harddisc o poate transfera unității centrale de prelucrare într-o secundă și se măsoară în numărul de biți pe secundă. Ratele obișnuite de transfer sunt cuprinse între 5 și 40 de megaocteți/sec. Viteza susținută de transfer este importantă pentru aplicațiile multimedia și acces la Internet, pentru ca transferul să fie în flux continuu.

- **timpul de acces și timpul de căutare** reprezintă durata de timp ce se consumă din momentul emiterii unei cereri de citire sau scriere a unei informații de către unitatea centrală de prelucrare până în momentul când începe efectiv operația respectivă (la primirea primului bit din acea informație) și se măsoară în milisecunde. Timpul de căutare (*seek time*) al informației pe harddisc poate avea valori între 5 și 25 ms. Timpul de acces obișnuit al harddiscului este cuprins între 10 și 20 ms, iar pentru CD-ROM sub 100 ms. Timpul de acces între 2 piste consecutive poate fi de aproximativ 1 ms.

- **capacitatea** reprezintă numărul de biți pe care îi poate stoca un harddisc și se măsoară în megaocteți sau gigaocteți.

**Atenție!** Deschiderea unui hard-disk duce la distrugerea definitivă a datelor acestuia.

### 2.3.4. Dispozitivele de acces la rețea

În cadrul oricărei rețele, în afară de calculatoare (noduri) există cel puțin două componente hardware care sunt obligatorii. Una dintre aceste componente este constituită din placa de interfață cu rețeaua (plăci Ethernet, ARCnet, Token Ring, sau modem-uri), iar cealaltă sistemul de cablare.

Un dispozitiv de acces răspunde de:

- formatarea corectă a datelor, astfel încât să fie acceptate de rețea;
- plasarea datelor în rețea;
- acceptarea datelor care îi sunt adresate.

#### 2.3.4.1. Placa de interfață cu rețeaua

Într-o rețea locală, dispozitivul de acces este cunoscut drept **placa de interfață cu rețeaua** (NIC - Network Interface Card) sau simplu **placa de rețea** sau **adaptor de rețea**. Într-o rețea WAN, dispozitivul de acces este un **rutor**. Rutorul va fi prezentat în subcapitolul "Echipamente de interconectare".

Plăcile de rețea, în mod obișnuit, sunt folosite pentru a conecta fizic un calculator la rețea, între cablul de rețea și magistrala (*bus*) internă a calculatorului. Există diferite tipuri de arhitecturi bus (PCI, ISA, EISA, PCMCIA, Micro Channel, etc.). Fizic este o placă de circuite instalată în

calculator într-un slot de intrare/ieșire de pe placa de bază a acestuia, având un port prin care se realizează conectarea în rețea a calculatorului.

Fiecare placă de rețea este identificată printr-un cod unic numit controlul accesului la mediu (Media Access Control - MAC).

**Plăcile adaptoare pentru rețea** au o mică memorie folosită ca memorie-tampon.

Similar altor dispozitive hardware, placa de rețea are nevoie de un driver prin care să poată fi controlată. În sistemele Plug-and-Play (PnP), plăcile de rețea sunt configurate automat fără intervenția utilizatorului, în timp ce pe sisteme non-PnP configurarea se face manual prin programul de setare a comutatoarelor DIP.

Testul de eroare în calitatea semnalului SQE (Signal Quality Error) este folosit pentru a testa dacă circuitul dintre transmițător și interfața de rețea (NIC) prezintă coliziuni. În majoritatea rețelelor moderne Ethernet, testul SQE nu mai este folosit. Cele mai multe plăci de rețea (NIC) au un transmițător integrat și testul pentru coliziuni nu mai este necesar.

#### **2.3.4.2. Funcțiile plăcii de rețea**

Placa de rețea realizează următoarele funcții:

- pregătește datele pentru a putea fi transmise printr-un mediu;
- transmite datele;
- controlează fluxul datelor de la calculator la mediul de transmisie.

Prin rețea datele circulă în serie (un bit o dată), în timp ce în interiorul calculatorului circulă în paralel (16, 32 sau 64 biți o dată, în funcție de bus-ul sistemului). Deci, placa de rețea trebuie să convertească datele care circulă în interiorul calculatorului în format serial. Pentru a funcționa, fiecare placă de rețea necesită o întrerupere (IRQ - Interrupt Request Line), o adresă I/O și o adresă de memorie. Întreruperea o puteți asocia unei resurse prin care procesorul și celelalte componente ale calculatorului își acordă atenție unele altora. Unele din aceste întreruperi sunt atribuite anumitor dispozitive chiar dacă acestea nu au fost încă instalate fizic în calculator (de exemplu, LPT2 pentru o a doua imprimantă). În cazul plăcilor de rețea, atribuirea unei întreruperi depinde de numărul întreruperii disponibile pe calculator și de numărul întreruperii prin care placa de rețea a fost proiectată să acceseze sistemul. Dacă întreruperea pe care este proiectată să lucreze placa de rețea este ocupată de alt dispozitiv, trebuie rezolvat conflictul care apare reconfigurând placa pentru a lucra pe altă întrerupere.

Adresa de memorie (Memory I/O Address) va conține informații despre zona de memorie pe care respectivul dispozitiv și sistemul de operare o vor folosi pentru a-și transmite date. Intervalul uzual de adrese pe care o placă de rețea îl folosește este 0x240-0x360. O parte dintre aceste adrese sunt deja atribuite unor dispozitive. De exemplu, adresa 0x278 este folosită de cel de al doilea port paralel, iar 0x378, de primul. Cartelele de sunet pot folosi 0x220, iar drive-urile CDROM pot folosi 0x300.

PXE (Preboot Execution Environment) reprezintă o modalitate de a buta (porni) calculatorul din rețea, nu de pe un harddisc, dischetă sau CDROM. Tehnologia a fost dezvoltată de Intel și este suportată de marea majoritate a cardurilor de rețea și a calculatoarelor fabricate în prezent. Există și alte protocoale de butare prin rețea.

### 2.3.4.3. Adaptoare și dispozitive pentru rețele locale

Este important ca să configurați ambele adaptoare sau alte puncte finale de pe cablu (comutatoare Ethernet sau alte adaptoare dacă rulează într-o configurație punct-la-punct fără un comutator Ethernet) în același mod (aceeași viteză, mod duplex), altfel legătura (comutatoarele) va merge lent.

Folosiți pentru configurare comenzile proprii fiecărui comutator Ethernet.

Tabelul 2.2 prezintă o multitudine de interfețe de rețea.

Nume	Viteza
Ethernet (en)	10 Mbit/sec - Gigabits/sec
IEEE 802.3 (et)	10 Mbit/sec - Gigabits/sec
Token-Ring (tr)	4 or 16 Mbit/sec
X.25 protocol (xt)	64 Kb/sec
Serial Line Internet Protocol, SLIP (sl)	64 Kb/sec
loopback (lo)	N/A
FDDI (fi)	100 Mbit/sec
SOCC (so)	220 Mbit/sec
ATM (at)	100s Mbit/sec (many Gb/sec)

**Notă:** Numărul de adaptoare care poate fi suportat pentru conectivitate este limitat. Numărul de adaptoare care poate fi suportat pentru performanță maximă este specificat în referințele tehnice ale acestora.

Tabel 2.3 prezintă numărul de noduri și numărul de interfețe recomandat pentru o rețea.

Numărul de noduri	Numărul de interfețe
1 - 64	1 - 3
65 - 128	4
129 - 256	5
257 - 512	mai multe

Adaptoarele diferă nu doar prin protocolul de comunicație și mediul de transmisie pe care îl suportă, dar și prin interfața la magistrala de I/O și procesor. Unele adaptoare nu se recomandă să fie folosite pe magistrala PCI secundară, deoarece lucrează lent pe aceasta.

Dispozitivele variază și în funcție de tehnica folosită pentru a transmite date între memorie și adaptor.

Următoarea descriere a fluxului de emisie și recepție se aplică la marea majoritate a adaptoarelor și dispozitivelor, dar detaliile variază. Când toate datele au fost trimise, se întoarce controlul către aplicație, care apoi rulează asincron în timp ce adaptorul transmite date. Dependent de dispozitiv, când adaptorul a transmis complet, îi trimite o întrerupere la sistem. Când întreruperea este tratată, rutina de întrerupere a dispozitivului este apelată pentru a adapta cozile de transmisie și eliberează memoriile-tampon care țineau datele transmise.

Dimensiunea MTU recomandată pentru comutator este 65520 octeți.

**Calculul limitei cozii de transmisie pentru adaptorul de rețea se face folosind formula:**

**(dimensiunea cozii de așteptare a adaptorului) x (dimensiunea MTU a adaptorului de rețea)**

## 2.4. Echipamentele de transmisie

Echipamentele de transmisie reprezintă mediul de comunicație utilizat pentru a transporta semnalele (datele) unei rețele către destinație.

Tipurile de medii LAN includ **legături punct-la-punct** (cabluri coaxiale, cabluri torsadate, fibre optice) sau **legături fără fir multipunct** (unde radio, microunde, etc.).

Rețelele WAN au de asemenea echipamente de transmisie proprii. Astfel de echipamente sunt descrise de obicei prin viteza de tact și structurile lor de cadre, un ca simple medii de transmisie. Mediul lor fizic este irelevant comparativ cu performanțele lor.

### 2.4.1. Tipuri de medii de transmisie

Prezentăm în continuare câteva medii de transmisie pentru a putea alege cel mai potrivit pentru rețelele pe care le proiectăm și administrăm. Fibra optică și undele sunt analizate pe larg în subcapitole separate.

Tabelul 2.4 prezintă o comparație între tipurile de cabluri

Tipul de cablu	Lățimea de bandă tipică	Distanța
fire răsucite cat. 5	10-100 Mbps	100 m
cablu coax. subțire	10-100 Mbps	200 m
cablu coax. gros	10-100 Mbps	500 m
fibră optică multimod	100 Mbps	2 km
fibră optică monomod	100-2400 Mbps	40 km

#### **Cablul coaxial (coax)**

Este cablul cu cea mai bună ecranare. Acest tip de cablu nu se mai folosește decât la rețele foarte vechi, de aceea nu este prezentat detaliat..

#### **Pereche de fire răsucite neprotejate (UTP-Unshielded Twisted-Pair)**

Prin răsucirea perechilor de fire apare efectul de anulare, efect ce limitează degradarea semnalelor din cauza interferențelor magnetice sau radio. Deși este considerat cel mai rapid mediu de transmisie bazat pe cupru, este mai vulnerabil în fața zgomotelor electrice în comparație cu alte categorii de cabluri.

#### **Pereche de fire răsucite protejate (STP-Shielded Twisted-Pair)**

Cablul STP combină trei tehnici legate de transmisia datelor: protejarea (*shielding*), anularea (*cancellation*) și torsadarea (*twisted*) firelor. Cablul STP de 100 ohm folosit în rețelele Ethernet oferă rezistență atât la interferențele electromagnetice, cât și la cele radio. Este mai scump decât UTP, dar oferă protecție împotriva tuturor tipurilor de interferențe.

### 2.4.2. Fibra optică

Fibra optică este un mediu de unde ghidat, fiind apreciat pentru că folosește pentru transmisie lumina (unde optice) și pentru că oferă lățime de bandă foarte mare. Unda optică purtătoare este modulată la o frecvență în gama  $10^{13}$  -  $10^{16}$  Hz, adică de 3 până la 6 ori mai mare decât frecvențele microundelor. Cu toate acestea, atmosfera este săracă din punct de vedere al mediului de transmisie pentru undele luminoase.

Semnalul optic, în formă de impulsuri de lumină generate de o sursă laser, este transmis prin fibra optică. Fibra optică are diametrul cu dimensiuni tipice de la 1000  $\mu\text{m}$  până la 1500  $\mu\text{m}$ . În condiții de laborator în cadrul unei fibre au fost formate 512 canale, fiecare din care cu viteza de transfer date OC-48 (2,488 Gbps); adică pe o singură fibră optică se asigură o viteză sumară de transfer date de 1,27 Tbps =  $1,27 \cdot 10^{12}$ bps.

Deși în teorie comunicațiile optice au lățimi de bandă foarte mari, în practică acest lucru nu este realizat. În fapt, lățimea de bandă a unei fibre individuale este în prezent mult asemănătoare cu cablurile coaxiale de calitate. Dar, prin alăturarea mai multor sute de fibre optice în același cablu lățimea de bandă oferită de acest cablu este foarte mare comparativ cu a unui singur cablu coaxial.

În afară de **lățime de bandă mare**, comunicația prin fibră optică oferă un număr de beneficii:

- **dimensiune, greutate, flexibilitate;**

Fibrele optice au diametre mici și un număr foarte mare de fibre optice pot transporta într-un cablu coaxial subțire.

- **izolare electrică;**

Fibrele optice sunt imune la câmpurile exterioare (de exemplu interferențe radio, diafonie, etc.)

- **securitate;**

Este aproape imposibil să te conectezi (*tap*) la o fibră optică pentru a prelua semnal fără a se sesiza acest lucru.

- **pierderi mici de date la transmisie;**

Pentru fibra optică pierderile de date sunt mult mai reduse decât în cazul cablurilor coaxiale.

Fibra optică are o pierdere până la 0,2 dB/Km.

Principalul **dezavantaj** al fibrelor optice este din punct de vedere tehnic, respectiv dificultatea instalării, conectori scumpi și necesitatea existenței unor circuite optice.

Viteza circuitelor optice care este controlată electronic este limitată de obicei de viteza de transfer a biților.

Prima generație de sisteme de transmisie utilizau lumina cu lungimea de undă de  $\sim 850$  nm, deoarece echipamentul de conversie între semnalul electric și optic era disponibil pentru această lungime de undă.

În prezent, a 2-a și a 3-a generație de sisteme au lungimi de undă de 1,310 și respectiv 1,550 nm.

### 2.4.3. Tipuri de fibre optice

Printr-o fibră optică pot circula una sau mai multe raze. Aceste raze sunt numite **moduri**.

Există fibre **mono-mod** sau **singur-mod** și **multi-mod**.

Pentru fibra mono-mod toate undele luminoase parcurg aceeași distanță.

Pentru fibrele multi-mod acestea pot fi de 2 categorii:

a) index pe loc, cu lățimea de bandă cuprinsă între 10 și 50 MHz x km. Miezul (fibra) are un indice de refracție, iar învelișul alt indice.

b) index gradual, cu lățimea de bandă cuprinsă între 300 și 500 MHz x km. Indexul de refracție descrește gradual de la centru spre exterior.



Cele 3 figuri de mai jos arată cele trei forme de transmisie ale cablurilor de fibră optică.

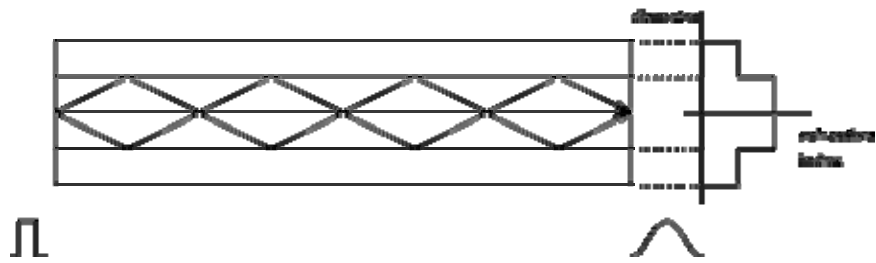


Figura 2.5 Fibră multi-mod index pe loc

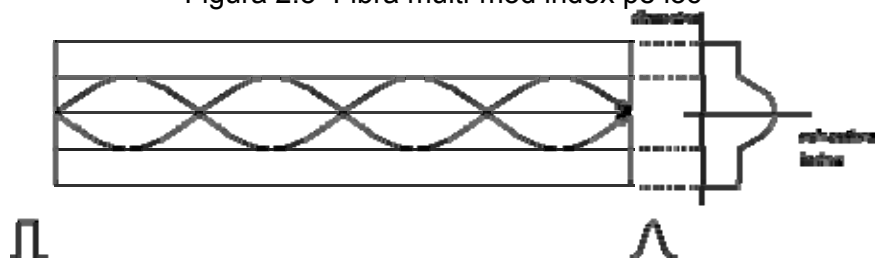


Figura 2.6 Fibră multi-mod index gradual

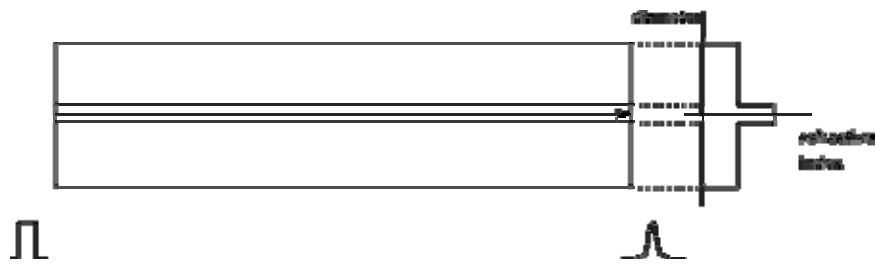
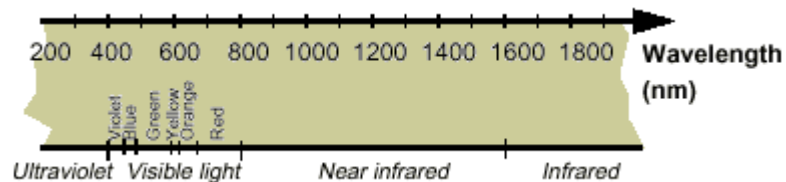


Figura 2.7 Fibră mono-mod

#### 2.4.4. Proprietățile luminii

Lumină este o undă folosită în fibrele optice, a cărei lungime de undă face parte din spectrul electromagnetic fiind cuprinsă în intervalul 800 - 1600 nm.

Figura 2.8 prezintă intervalul lungimii de undă pentru fibra optică.



Unda luminoasă se propagă la diferite viteze prin medii diferite. În aer viteza luminii este aproape egală cu viteza în vid. Aceasta este  $3 \times 10^8$  m/s. Lumina traversează sticla la aproximativ 2/3 din viteza sa în aer.

Raportul între viteza luminii în aer (notată  $c$ ) și viteza luminii prin alt material (notată  $v$ ) se numește **indexul de refracție** (notat  $n$ ):

$$n = \frac{c}{v}$$

Dacă raza luminoasă este propagată prin 2 materiale cu indici diferiți de refracție, atunci unghiul de refracție la interfața între cele 2 materiale se modifică. Relația între **unghiul de incidență** ( $\alpha$ ) și **unghiul de refracție** ( $\beta$ ) este dat de legea lui Snell a refracției:

$$n_1 * \sin \alpha = n_2 * \sin \beta,$$

unde  $n_1$  și  $n_2$  sunt indicii de refracție a celor 2 materiale.

Dacă unghiul de incidență  $\alpha$  crește,  $\beta$  crește până atinge  $90^\circ$ . Dacă  $\alpha$  crește în continuare, apare totala reflexie care înseamnă că lumina este reflectată în interfața cu același unghi ca unghiul de incidență ( $\alpha = \beta$ ).

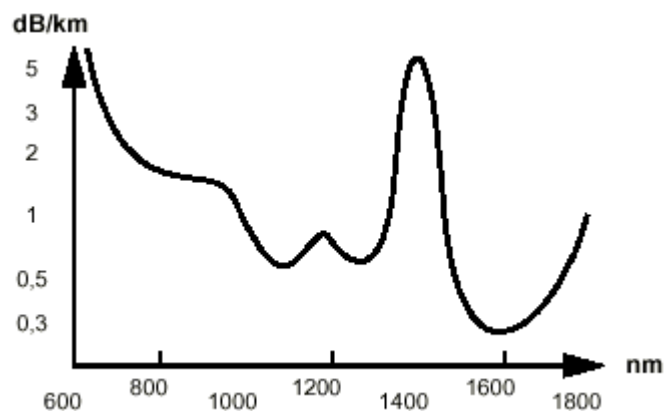
Reflexia totală este folosită în comunicația prin fibre optice. Dacă unghiul de incidență este suficient de mare, atunci lumina din fibră va fi reflectată rapid la interfața dintre materiale.

#### 2.4.5. Impedimentele transmisiei în fibra optică

În ciuda tuturor proprietăților bune, fibra optică nu este lipsită de constrângeri. Defectele de fabricație, precum impurități (ioni de metal sau de hidroxid) și mici variații în indicele de refracție, determină ca o parte din lumină să fie absorbită sau reflectată în afară.

**Atenuarea**, care depinde de lungimea de undă, are 3 minime prezentate în figura următoare.

Figura 2.9 indică atenuarea în fibra de sticlă



Atenuarea luminii ghidate poate avea numeroase surse. (vezi subcapitol despre atenuare) Absorbția luminii apare în sticlă datorită devierii și aceasta descrește cu frecvența.

Dispersia materialului și distorsiunea datorată formei sunt 2 fenomene care perturbă semnalul în cablurile optice.

Lățimea de bandă a fibrelor optice este dominată de **dispersie**. Dispersia este descompunerea spațială a luminii în radiațiile monocromatice componente. (vezi subcapitol despre dispersie).

**Dispersia materialului** este cauzată de către surse de lumină. Dispersia apare deoarece viteza luminii variază oarecum cu lungimea de undă. Astfel, lățimea spectrului sursei de lumină poate cauza o creștere a duratei pulsului. Dispersia materialului descrește cu creșterea lungimii de undă și tinde către 0 la 1.300 nm.

**Distorsiunea formală** este cauzată de proiectarea fibrei. Dacă lungimea fibrei are diferite căi de propagare (cum este cazul sistemului multimod), atunci aceste căi vor varia în mărime și vor determina diferite momente de sosire la receptor.

Dacă se micșorează considerabil dispersia, fibrele vor putea transmite în viitor la viteze de transfer de 10 Gbit /sec și peste.

#### 2.4.6. Fibra optică și tehnologia WDM

##### Multiplexare cu divizarea lungimii de undă WDM (Wavelength division multiplexing)

Metoda de multiplexare TDM (time division multiplexing) cu divizarea timpului este limitată pentru cerințele tot mai crescute de transmisii de mare capacitate.

O alternativă interesantă, pentru viteza de biți în jurul a 10 Gbps o reprezintă combinarea TDM cu WDM.

WDM permite un număr de canale care să trimită la diferite lungimi de undă în aceeași fibră, într-o singură direcție sau în ambele direcții, dublând capacitatea. Pot fi folosite fie între 2 - 10 canale care au o separare între ele de lungime de undă cuprinsă între 5 - 50 nm sau 5 - 100 canale cu lungimea de undă de separare între canale de 0,1 - 5 nm).

Tehnologia WDM (Wavelength Division Multiplexing) este o nouă tehnologie optică care oferă multiple lungimi de undă la viteza de 10 Gbps pe fibra optică, pe fiecare lungime de undă. Protocolul IP peste rețele WDM unde pachetele IP sunt direct transportate prin tehnologia WDM oferă infrastructură pentru următoarea generație Internet.

Tabelul 2.10 prezintă legături între componentele rețelei folosind linii închiriate.

Serviciu	Lățime de bandă	Echivalențe
DS1/T1	1.544 Mbps	equivalent to 24 digital voice circuits of 64 Kbps each
DS3/T3	44.736 Mbps	equivalent to 30 DS1 links
<b>Fiber</b>		
STS-N - Synchronous Transport Signal - electrical transmission designation		
OC-N - optical carrier designation		
STS-1	51.840 Mbps	
STS-3	155.250 Mbps	
STS-12	622.080 Mbps	
STS-24	1.244.160 Gbps	
STS-48	2.488.320 Gbps	
OC-192	10 Gbps	

## 2.4.7. Unde electromagnetice

În acest subcapitol se prezintă comportamentul undelor electromagnetice din spațiul liber și influența atmosferei asupra propagării undelor electromagnetice.

Undele electromagnetice sunt caracterizate prin:

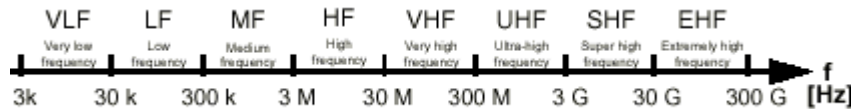
- frecvența cu care undele oscilează (măsurată în Herzi);
- distanța maximă sau minimă acceptată între vecinătăți, tipic măsurată în metri, numită

**lungime de undă.**

Lungimea de undă este dată de formula:

$$\text{lungimea de undă} = \frac{\text{viteza luminii în mediu}}{\text{frecvență}}$$

Figura 2.11 prezintă spectrul de frecvențe pentru undele electromagnetice.



Spectrul electromagnetic este împărțit într-un număr de benzi prezentate în tabelul 2.12:

Denumire	Frecvență	Lungime de undă
frecvențe înalte (HF)	3 - 30 MHz	100 - 10 m
frecvențe foarte înalte (VHF)	50 - 100 MHz	6 - 3 m
frecvențe ultra înalte (UHF)	400 - 1000 MHz	75 - 30 cm
microunde	$3 \times 10^9 - 10^{11}$ Hz	10 cm - 3 mm
unde milimetrice	$10^{11} - 10^{12}$ Hz	3 mm - 0,3 mm
infraroșii	$10^{12} - 6 \times 10^{14}$ Hz	0,3 mm - 0,5 μm
Lumina	$6 \times 10^{14} - 8 \times 10^{14}$ Hz	0,5 μm - 0,4 μm
ultraviolete	$8 \times 10^{14} - 10^{17}$ Hz	0,4 μm - $10^{-9}$ m
raze X	$10^{17} - 10^{19}$ Hz	$10^{-9}$ m - $10^{-13}$ m
raze gamma	$> 10^{19}$ Hz	$< 10^{-13}$ m

Propagarea undelor în spațiul liber este diferită de propagarea în cabluri sau alte unde ghidate.

Pentru fiecare dublare a distanței dintre sursă și destinație se pierd 6 dB (demonstrat în practică).

Pentru toate frecvențele peste frecvența undelor millimetrice această pierdere datorată spațiului liber este cea mai importantă sursă de pierdere.

Undele 3D radiază sferic. În propagare, suprafața ocupată de acestea crește cu pătratul distanței transportate.

Dacă energia este conservată, energia pe unitate de suprafață descrește cu pătratul distanței.

Când undele traversează prin spațiul liber ele sunt obstrucționate și se compun cu interacțiunile, rezultând noi unde.

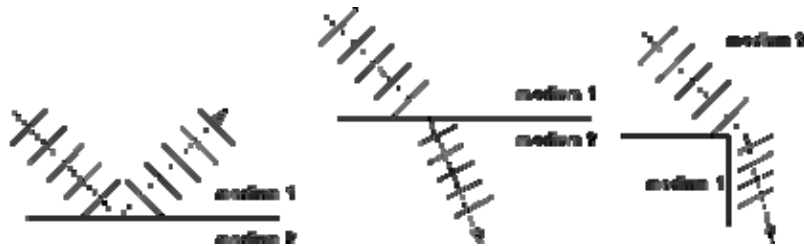
Cele 4 tipuri de **interacțiuni** sunt:

- **reflexia**, care apare când unda întâlnește un obiect plan; unda este reflectată înapoi cu distorsiune;

- **refracția**, care apare când unda întâlnește un mediu cu viteză de propagare diferită; direcția și viteza undei sunt alterate;

- **difracția**, care apare când undele întâlnesc o margine; unda are abilitatea de a se întoarce în colțul marginii;

Figura 2.13 prezintă reflexia, refracția și difracția.



- **împrăștierea**, cuprinde orice interacțiune a undelor care nu reprezintă reflecție, refracție sau difracție. Împrăștierea este puternic dependentă de frecvență și de obicei, crește cu frecvența.

Propagarea undelor electromagnetice este puternic dependentă de atmosferă.

Troposfera este cel mai de jos nivel al atmosferei (se întinde până la 50 Km). Troposfera cuprinde vaporii de apă, gaze, precum și poluarea.

Ionosfera urmează troposferei și are un rol foarte important în comunicațiile radio.

Propagarea frecvențelor înalte se compune din 2 unde: una circulară prin ionosferă, alta se propagă de-a lungul solului. Propagarea undelor VHF și UHF nu sunt afectate de troposferă, dar sunt puternic afectate de ionosferă.

VHF este folosită pentru stații radio FM și UHF pentru transmisii TV.

#### 2.4.8. Linii de comunicații de tip microunde

**Liniiile cu microunde** operează în spectrul de unde ultracurte, au capacitate mare și asigură o protecție bună la perturbații. Ele constau din șiruri de stații de retransmisie, plasate în raza vizuală directă a antenelor lor (până la 40-50 km). Se folosesc, deși mai rar, și linii cu microunde troposferice cu raza de acțiune a unei stații de până la 800 km. De o răspândire largă se bucură **liniile cosmice** - linii cu microunde ce utilizează retranslatoare instalate pe stațiile-satelit ale Pământului.

Microundele sunt de obicei complet blocate de obstrucționări.

Tehnologiile de radio-frecvență au permis utilizarea microundelor drept canal de comunicație pentru transportul datelor pe distanțe mari.

Utilizarea microundelor are următoarele **avantaje** față de sistemul cablat:

- **libertatea pentru o țară de a-și achiziționa drepturile;**

Când utilizăm legături radio aceasta presupune doar achiziționarea stației de transmisie/recepție spre deosebire de sistemul cablat unde pozarea cablurilor, repararea lor precum și accesul la întreg sistemul cablat necesită un cost mai ridicat.

- **comunicarea facilă între locații unde este dificil să instalăm o rețea cablată.**

**Dezavantajele** apar ca urmare a utilizării spațiului liber (eter) de comunicație:

- **lățimea de bandă** alocată este foarte limitată, deoarece spectrul lățimii de bandă radio-frecvența este foarte îngust.

- **efecte atmosferice;**

Deoarece se folosește pentru comunicare spațiul liber, efectele meteo, îndeosebi ploaia, produc efecte susceptibile.

- **calea de transmisie trebuie să fie dreaptă;**

Comunicațiile prin microunde cer comunicație punct-la-punct, în line dreaptă, fără obstacole.

- **interferența;**

Microundele sunt deschise la interferențe de radio frecvență.

- **costuri ridicate.**

Pentru proiectare, implementare și întreținere a unei legături prin microunde presupune costuri ridicate.

Numeroase țări nu sunt echipate corespunzător din punct de vedere tehnic pentru a oferi eficient o astfel de comunicație.

Legăturile prin microunde nu vor fi capabile să ofere lățime de bandă tot mai mare, așa cum se va cere din ce în ce mai mult în viitor.

#### 2.4.9. Comunicații prin satelit

Sateliții aflați la o distanță de 36000 Km de Pământ sunt geostaționari.

Legea lui Kepler calculează perioada de rotație  $T$  a satelitelui în jurul Pământului:

$$T = \frac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{gR^2}}$$

Creșterea razei orbitei scade viteza angulară.

Sistemele de satelit sunt foarte scumpe ceea ce implică și prețuri ridicate la comunicațiile mobile prin satelit.

De exemplu, costurile unui sistem satelit sunt aproximativ următoarele: 300 milioane Euro pentru construirea satelitelui, 300 milioane Euro pentru întreținere și 100 milioane Euro pentru lansare.

#### 2.4.10. Comunicații mobile

Utilizarea telefoanelor mobile digitale are următoarele **avantaje**, care le-au făcut să fie folosite din ce în ce mai mult:

- acces la sistemul național și internațional de telefonie;
- transmisii independente de date;
- extinderea aproape infinită a numărului de canale;
- comunicație secretă.

Tehnologia fără fir este mai puțin costisitoare de instalat comparativ cu rețelele cu fire. Comunicațiile mobile pot fi realizate prin următoarele legături fără fir:

- AMPS (analog);
- PCS - Personal Communication Services (digital);
- GSM - Global Mobil Service (satelit);
- Bluetooth și PICONET.

AMPS (Advanced Mobile Phone Service) a reprezentat prima generație a sistemului de telefonie mobilă (lățimea de bandă împărțită în două, jumătate pentru transmisie și jumătate pentru recepție).

Bluetooth este un sistem de comunicație fără fir proiectat pentru a fi standard industrial pentru dispozitive mobile de putere scăzută, comunicațiile fără fir fiind bazate pe costuri scăzute și pe un sistem radio cu acțiune pe distanțe scurte. Domeniul de aplicație este cunoscut ca Wireless Personal Area Network.

**Avantaje:**

- substituie cablurile;
- acționează ca un bridge;
- realizează rețele mici ad-hoc.

Bluetooth este compatibil cu standardul IEEE 802.15.1. Tehnologia Bluetooth este prezentată în acest capitol.

**2.4.11. Standarde pentru comunicații mobile**

Pentru comunicații mobile există câteva standarde:

- **standardul 802.11**, elaborat de IEEE;
- **standardul Bluetooth**, dezvoltat de IBM, Intel, Ericsson, Nokia și Toshiba;
- **HiperLan**, dezvoltat de Institutul European pentru Standarde în Telecomunicații (ETSI - European Telecommunications Standards Institute).

Cele mai cunoscute sunt primele două, care vor fi prezentate în continuare comparativ.

Pe baza standardului 802.11, au fost realizate câteva variante, toate acestea formând ceea ce se numește **familia de standarde 802.11**. Pot fi incluse aici: 802.11a (802.11 la 5 GHz), 802.11b (sau 802.11 HR), 802.11g, 802.1X și 802.11i. Primele trei au avut ca obiectiv principal creșterea vitezei de transmitere a datelor. Ultimele două - abordează problema stringenta a asigurării unui nivel înalt de securitate în rețelele *wireless*.

Tabelul 2.14 prezintă familia de standarde 802.11.

Standard	Descriere	Stadiu
IEEE 802.15.1	WPAN; compatibil Bluetooth 2,4 GHz	aprobat 2002
IEEE 802.11	WLAN; peste 2Mb/s; 2,4 GHz	aprobat 1997
IEEE 802.11a (Wi-Fi5)	WLAN peste 54 Mb/s; 5 GHz	aprobat 1999
IEEE 802.11b (Wi-Fi)	WLAN peste 11 Mb/s; 2,4 GHz	aprobat 1999
IEEE 802.11g	WLAN; peste 54Mb/s; 2,4 GHz	aprobat 2003
IEEE 802.11e	noile distribuții pentru calitatea serviciilor	în dezvoltare
IEEE 802.11f	IAPP (Inter-AP Protocol)	în dezvoltare
IEEE 802.11h	folosit în Europa în banda de 5 GHz	în dezvoltare
IEEE 802.11i	noile standarde de încriptare	în dezvoltare

Standardul 802.11 este prezentat în acest capitol comparativ cu Bluetooth.

Standardul 802.11 are frecvențe limitate, atunci când suportă un număr mai mare de utilizatori care au nevoie să le fie garantată lățimea de bandă.

802.11g este o tehnologie de rețea fără fir care operează la viteze mari (54 Mbps) și care este compatibilă cu versiunea anterioară mai lentă 802.11b. Ambele operează în banda de frecvență radio de 2,4 GHz.

802.11g extinde nivelul fizic al modelului OSI al lui 802.11b de la 11Mbps folosind modulare DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) la 54 Mbps folosind modelare OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Proiectul standardului 802.11e definește precizii similare pentru calitatea serviciului și garantează viteza serviciilor (ECDF) și satisface fluxul (FCDF), dar se lucrează în continuare la detalii.

Interferențele de radio-frecvență reprezintă de obicei o problemă semnificativă pentru 802.11 datorită licenței de liberă operare, atunci când se dorește acoperirea unei zone largi. Nu există temei legal pentru a remedia această situație. De aceea IEEE a inițiat grupul de lucru pentru 802.16 pentru a crea standarde pentru acces fără fir prin bandă largă pentru a oferi capacitate ridicată, cost redus și o soluție scalabilă pentru a extinde coloanele vertebrale din fibră optică.

Primul standard IEEE 802.16 a fost publicat în aprilie 2002 și definea Wireless MAN Air Interface pentru rețele metropolitane fără fir, pentru a oferi acces la rețea de acasă, din birouri și centre comerciale ca o alternativă la conexiunile tradiționale prin fire.

802.16 suportă o arhitectură **punct-la-multipunct** în intervalul 10-66 GHz, transmițând date la viteze de până la 120 Mbps. La aceste frecvențe, transmisia cere să fie în linie directă cu locația și acoperișurile clădirilor, să ofere cea mai bună localizare pentru montarea stațiilor bază și ale abonaților. Stația de bază este conectată la coloana vertebrală a rețelei cu fire și poate transmite prin aer și până la ~ 50 Km pentru un număr mare de stații staționare ale abonaților (probabil de ordinul sutelor).

802.16 din ianuarie 2003 include suport pentru arhitectura de tip plasă și operează cu frecvențe cu licență sau nu, între 2 GHz și 11 GHz folosind multiplexare prin divizare ortogonală a frecvenței OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

#### **2.4.12. Comparație IEEE 802.11 – Bluetooth**

În continuare, vor fi prezentate două standarde care operează la nivelul MAC: IEEE 802.11 și Bluetooth. IEEE 802.11 are aplicabilitate în rețelele locale fără fir.

#### **Nivelul fizic pentru IEEE 802.11 și Bluetooth**

Standardul 802.11 acopera aspecte legate de nivelul fizic și de nivelul de control al accesului la mediu (MAC)[6], [8], [9]. Nivelul fizic se refera la transmisia/receptia datelor între stații. Nivelul MAC gestioneaza accesul la mediu, având în sarcina și securitatea transmisiilor. În plus, ofera facilitati precum:

- protecție împotriva stațiilor ascunse,
- fragmentare,
- roaming,
- autentificare și comunicare privată.



La nivel fizic comunicația se realizează prin infraroșu.

La nivelul fizic, standardele IEEE 802.11 și Bluetooth acoperă diferite tehnici de modulare a frecvențelor radio. Ambele folosesc tehnica spectru împărțiat.

Bluetooth folosește FHSS cu 1 MHz lățime pentru canale, în timp ce 802.11 folosește tehnicile DSSS, CCK (Complementary Frequency Code Keying) și OFDM cu ~ 16 MHz lățime a canalelor.

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) este o tehnologie de transmisie la distanță mai redusă a semnalelor radio, sub formă de rafale și la frecvențe variabile folosită de către dispozitivele Bluetooth. Pentru IEEE 802.11, FHSS operează în banda 2,4 GHz.

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) este o tehnologie de transmisie la distanță a semnalelor radio prin extinderea într-un spectru mai larg de frecvențe și putere redusă a unui semnal de bandă îngustă și putere mare. DSSS operează în banda 2,4 GHz. Fiecare canal are lungime de 0,33 MHz, iar frecvențele centrale trebuie să fie separate la o distanță de 25 MHz unele de altele, pentru a limita interferența.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) este folosit în produsele comerciale 802.11.

**Notă:** În 2003, IEEE a aprobat 802.11g ca evoluție a standardului 802.11. 802.11g oferă același performanțe cu 802.11a; lucrează în banda 2,4 GHz; este disponibilă și în Europa și este compatibilă din punct de vedere al dispozitivelor cu 802.11b.

## Structura Bluetooth

Nu este definită doar o interfață radio, ci și o întreagă stivă de comunicație, care permite dispozitivelor să se găsească unele cu altele și anunță serviciile pe care le oferă.

Administratorul liniei asigură funcțiile:

- autentificare;
- securitate;
- calitatea serviciului;
- consumul de putere;
- ce fel de configurație are legătura;
- planificarea transmisiei.

## Adresarea IEEE 802.11

În 802.11 există un mecanism de adresare globală, astfel că dispozitivele sunt identificate prin adresa MAC 802.

Bluetooth nu are adresare globală, astfel acesta poate fi oferită de protocoalele de nivel înalt (de exemplu la nivelul IP).

## Pachetizarea IEEE 802.11

Pachetele 802.11 au lungime variabilă cu încărcare în intervalul 0 - 2304 octeți, funcție de datele, ce se transportă. Valoarea comună este 1500 octeți. Pachetele sunt protejate cu CRC de 32 de biți.

## Adresarea Bluetooth

Figura 2.15 prezintă adresarea Bluetooth.

cel mai puțin semnificativ bit

Precizarea companiei						Identificatorul companiei					
LAP (Lower Address Part)						UAP(Upper Address Part)		NAP (Non-significant Address Part)			
0000	0001	0000	0000	0000	0000	0001	0010	0111	1011	0011	0101

Adresa are 48 de biți lungime, împărțiți în 24 de biți pentru LAP (inițiază legătura), 8 biți pentru UAP (inițiază mecanismul de corecție a erorilor) și 16 biți pentru NAP (inițiază mecanismul de criptografie).

### Servicii oferite de IEEE 802.11

Serviciile sunt realizate prin comunicarea între diferite tipuri de cadre MAC (unele de tip administrare, altele de tip date).

### Calitatea serviciilor Bluetooth

Pentru Bluetooth calitatea serviciilor pentru servicii asincrone (linii ACL) este cerută pentru: viteze de date pe durată mare (care definește dimensiunea maximă a datelor de tip rafală), viteza datelor de vârf, întârzierea datelor. Acești parametri permit controlul admisiei canalului și planificarea politicilor. Bluetooth oferă pentru modul sincron servicii la viteze de biți constante.

### Securitatea IEEE 802.11

Securitatea 802.11 este prezentată pe larg în paragraful "Securitatea rețelelor WLAN".

**Securitatea Bluetooth** este împărțită în 3 moduri:

- fără securitate;
- securitate cerută de nivelul servicii (după stabilirea canalului);
- securitate cerută de nivelul legătură (înainte de stabilirea canalului).

Autentificarea și criptarea la nivelul legăturii se face în 4 feluri:

- prin adresa dispozitivului Bluetooth, care atribuie pentru fiecare dispozitiv un identificator unic de 48 biți;
- o cheie privată de autentificare (număr aleator);
- o cheie privată de criptare (număr aleator);
- un număr aleator de 128 biți, care se modifică frecvent, generat dinamic de fiecare dispozitiv.

### 2.4.12. Studiu de caz pentru medii de transmisie: Rețele locale fără fir (WLAN)

Wireless LAN-ul devine tot mai mult o soluție demnă de luat în seamă pentru completarea sau înlocuirea LAN-ului cablat. Domeniile sale de aplicare sunt din cele mai diverse, de la cel educațional până la cel de divertisment, de la cel medical la cel de business.

Rețelele locale wireless (WLAN, rețele "Wi-Fi" - Wireless Fidelity sau "wireless Ethernet") oferă organizațiilor și angajaților acestora libertatea de acțiune independent de locul în care se află.

#### 2.4.12.1. Structuri tipice pentru rețelele LAN fără fir

Pe baza standardului 802.11 pot fi construite două tipuri de rețele *wireless* [8],[9]:

- **rețele ad-hoc**: realizate pe loc fără structură și necoordonate. Aria de acoperire este limitată la nivelul unui singur terminal. Este cel mai simplu tip de rețea și devine operativă de îndată ce două dispozitive *wireless* se află suficient de aproape pentru a se stabili o conexiune între ele.

- **rețele cu infrastructură**: terminalele sunt coordonate, deoarece îndeplinesc servicii și sunt conectate la rețele cablate sau la rețele WAN (precum Internetul). Unul sau mai multe puncte de acces (Access Point – AP) joacă rol de intermediar între un client și o rețea cablată.

Fizic, rețelele wireless sunt extensii ale rețelelor cu arie de acoperire locală clasice, doar că utilizează unde radio pentru transportul datelor. Ele sunt construite în jurul unui emițător care este conectat la Internet. Calculatoarele ce posedă o antenă și o cartelă WLAN pot accesa Internetul pe o rază de câteva sute de metri de la emițător. În interiorul clădirilor aria de acoperire este de circa 300 de metri, iar în exterior de circa 2 km (dacă nu există bariere fizice - cum ar fi clădirile, denivelările de teren, copacii sau ploaia).

**Capacitatea spațială a unei rețele fără fir**: reprezintă raportul între viteza totală de transfer a datelor și suprafața folosită pentru transmisie.

Rețelele wireless pot conecta locurile unde instalarea de cablu este dificilă sau în rețelele temporare.

Utilizarea rețelelor fără fir este comodă, se elimină complet cablurile și în special cele aeriene, mai ales dacă trecerea se face peste șosele sau zone cu activitate electrică intensă, dar viteza de transfer este mai mică și scade odată cu distanța, iar creșterea ei implică noi cheltuieli. Pentru utilizatorul casnic efortul pentru achiziționarea unui card wireless sau a unui Acces Point nu este deloc de neglijat, soluția cu sârmă fiind mai ieftină, însă pentru companii soluția Wi-Fi reprezintă o alternativă demnă de luat în considerare.

Pentru extinderea rețelei fără fir la o rețea metropolitană, tehnologiile de bridge wireless care transmit semnale de-a lungul zonelor publice, pot fi folosite pentru a crea o rețea MAN.

#### 2.4.12.2. Avantajele rețelelor fără fir

Utilizarea rețelelor wireless determină creșterea productivității transmisiilor de date și informație. Ele sunt totodată o alternativă ieftină la rețelele costisitoare de generația a treia (3G), lucru prefigurat și de giganții telefoniei mobile.

Emițătoarele pentru o rețea locală radio costă doar câteva sute de euro, iar o antenă care mărește semnificativ aria de acoperire costă câteva zeci de euro.

Frecvențele utilizate nu necesită licență spre deosebire de cele folosite de telefonia mobilă, pentru care se plătesc sume mari de bani.

#### 2.4.12.3. Dezavantajele rețelelor fără fir

Obstacolele fizice care pot diminua mult aria de acoperire a rețelelor radio. De asemenea, cartelele WLAN consumă multă energie electrică - o problemă pentru asistenții personali digitali

și telefoanele mobile.

Banda de frecvențe utilizată de standardul actual, 2,4 GHz, este folosită și de alte tehnologii cum este Bluetooth și acest lucru poate cauza probleme.

La scară largă, WLAN-urile nu și-au dovedit încă robustețea. Cele mai mari rețele WLAN au circa 100 de noduri.

Un dezavantaj care se mai poate adăuga este acela că WLAN-urile nu funcționează bine dacă au o structură defectuoasă ori sunt supraîncărcate.

Pentru rețelele fără fir securitatea, autentificarea și administrarea sunt mult mai complexe.

Comparativ cu rețelele cu fir tabelul 2.16 sintetizează avantajele și dezavantajele rețelelor mobile.

<b>Avantaje (argumente pro)</b>	<b>Dezavantaje (argumente contra)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• mobilitate</li><li>• conectare/deconectare dinamică</li><li>• ușor de dezvoltat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• slabă fiabilitate datorită interferențelor</li><li>• consum mare de putere</li><li>• securitate redusă datorită proprietăților de difuzare ale mediului radio</li><li>• viteze scăzute de date</li><li>• nesiguranța utilizatorului ca urmare a expunerii continue la radio frecvențe</li></ul>

#### **2.4.12.4. WLAN -uri cu infraroșii**

Aceste rețele fără fir sunt folosite pe suprafețe reduse, în interiorul unei singure încăperi, deoarece utilizează o porțiune din spectrul infraroșu (folosit pentru dispozitive de tip telecomandă).

**Avantajele** acestor rețele sunt:

- nu sunt probleme de licență;
- radiația nu poate trece prin pereți sau alte suprafețe opace, dar poate fi împrăștiată de către obiecte colorate;
- 2 rețele WLAN aflate în camere alăturate nu interferează;
- costul și complexitatea dispozitivelor este relativ scăzută;
- spectrul infraroșu este virtual nelimitat, astfel încât transmisiile de mare capacitate pot fi atinse.

#### **Dezavantaje**

Fiind o undă luminoasă interferează cu alte surse de lumină (soare, lumina artificială). Se poate crește puterea de emisie, dar apar alte probleme care trebuie luate în considerare.

#### **2.4.12.5. Configurații WLAN**

Undele radio au o propagare mai mare sau mai mică în funcție de puterea transmițătorului, de caracteristicile fizice ale mediului care poate reflecta în diverse moduri aceste unde. Acest lucru influențează dimensiunea celulei.

În cea mai simplă formă, stațiile comunică direct una cu cealaltă, de la egal-la-egal (*peer-to-peer*), în regiunea de acoperire a celulei. Acest tip de rețea este de obicei creată temporar, purtând denumirea de IBSS (Independent Basic Service Set).

Celulele pot fi conectate la un Ethernet LAN în două moduri: **prin conectarea la rețea cablată Ethernet folosind un Access Point (AP)** sau **prin conectarea la un LAN îndepărtat folosind un bridge radio (wireless)**. Când este prezent un AP, stațiile nu comunică de la egal-la-egal. Toate comunicațiile dintre stații, sau dintre o stație și un client al unei rețele cablate, trec prin AP. Deoarece AP-urile nu sunt mobile, ele formează o parte a infrastructurii cablate a rețelei, iar rețeaua se numește BSS (Basic Service Set).

Mai multe rețele BSS care se suprapun, fiecare conținând un AP, și conectate între ele printr-un sistem de distribuție (SD) formează așa-numita rețea ESS (Extended Service Set). Nodurile mobile se pot deplasa între celulele diferitelor AP-uri, astfel că pot acoperi o arie mai mare.

În cazul conectării cablate AP-ul asigură conectarea la o coloană vertebrală a unei rețele LAN Ethernet folosind pentru aceasta un simplu cablu. El funcționează ca un bridge între celula și rețeaua LAN cablată. Stațiile de lucru din interiorul celulei precum și din alte celule conectate la LAN pot accesa acum toate facilitățile rețelei cablate. Odată realizată conexiunea între o rețea cablată și o celulă, funcțiile de management ale rețelei cablate și ale rețelei radio ESS pot fi cu ușurință integrate pentru realizarea unui management centralizat.

Numărul de stații fără fir dintr-o celulă BSS depinde de tipul și cantitatea de date tranzacționate. În cazul unui trafic intens, o celulă poate conține până la 50 de stații, iar pentru un trafic mai „relaxat” se poate ajunge la interconectarea unui număr de 200 de stații. **Punctul de acces** este cel mai important element al unei celule, întrucât el administrează toate tranzacțiile de date efectuate.

Celulele pot fi de asemenea conectate la o rețea îndepărtată folosind un Wireless Bridge. Acest bridge poate fi montat spate-în-spate (*back-to-back*) la un Access Point.

#### **2.4.12.6. Standarde și tehnologii WLAN**

Principalul standard care guvernează produsele wireless este denumit 802.11, care este de fapt compus din trei standarde separate: unul pentru comunicațiile în spectru de secvență directă (Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS), unul pentru saltul în frecvență în spectru extins (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS) și unul pentru tehnologia de comunicare în infraroșu. Funcționarea primelor două standarde, DSSS și FHSS, are loc în banda de 2,4 GHz, care este universal alocată, fără licență, pentru transmisii de date.

În tehnologia FHSS, datele sunt transmise în rafale scurte, la diferite frecvențe determinate după o secvență prestabilită, emițătorul și receptorul fiind obligate să-și sincronizeze realizarea secvenței. În esență, emițătorul și receptorul schimbă frecvența de emisie/recepție de cel puțin 50 de ori pe secundă, într-un spectru de 80 de canale a câte 1MHz, după un algoritm stabilit de comun acord în perioada de asociere. Transmisia în FHSS este considerată ca fiind mai puțin influențată de interferențe datorită modificării constante a frecvențelor și aproape imposibil de interceptat. La asociere, emițătorul și receptorul trebuie să dea dovadă recunoașterii unei parole de 32 de octeți care face lucrurile și mai complicate pentru un presupus hacker. FHSS este de fapt tehnologia folosită în interiorul clădirilor prin crearea de celule suprapuse, în interiorul cărora orice stație de lucru se poate deplasa, fără a pierde legătura cu rețeaua.

Sistemele DSSS folosesc o tehnologie similară celei folosite în sateliții GPS, sau în unele tipuri de telefoane celulare. Fiecare bit de informație este combinat printr-o funcție XOR cu o secvență numerică pseudo-aleatoare (SNP). Rezultatul obținut este un flux de semnal digital de

mare viteză, care este apoi modulată într-o frecvență purtătoare, folosind codarea diferențială a defazajului DPSK (Differential Phase Shift Keying). DPSK este un tip de codare a semnalelor la transmisia radio;

Dacă unul sau mai mulți biți se deteriorează în timpul comunicației, datele originale pot fi recuperate (recompuse) și nu trebuie retransmise. Tehnologia este folosită mai ales în cazul comunicării între clădiri sau pentru legarea între ele a unor rețele cablate LAN existente. Deși deplasarea în spațiu a stațiilor de lucru este limitată doar la punctele de acces corespunzătoare aceluiași canal de comunicație, sistemele DSSS pot transmite la lățimi de bandă de până la 11 Mb/s, la distanțe de 40 km. Selectarea antenelor de recepție devine în acest caz esențială. Pierderea de semnal poate fi înlăturată prin alegerea unei antene cu câștig mare, amplificatoare și poziționarea corectă, neobturată, în raport cu emițătorul.

Secvența numerică aleatoare „împrăștiată” lățimea de bandă transmisă și reduce prin aceasta puterea maximă necesară. De remarcat că puterea totală rămâne neschimbată. La recepție, semnalul este corelat cu aceeași secvență aleatoare pentru a rejecta interferențele apărute în banda îngustă și a restabili datele originale. Indiferent dacă rata de transfer este de 1, 2, 5.5 sau 11 Mbps, lățimea de bandă a canalului este de aproximativ 20 MHz pentru sistemele DSSS. Astfel, banda alocată între 2,4 și 2,4835 GHz va putea cuprinde până la trei canale nesuprapuse.

Investiția în echipamente este foarte rentabilă și din punct de vedere al costurilor deoarece, la o lărgime de bandă comparativă (un flux de 2 MB/s prin fibră optică), prețul unei perechi de echipamente care să facă legătura radio între două sedii este de circa 2/3 din costul unei legături tradiționale. De asemenea, nu va mai trebui plătită nici o chirie, ceea ce va duce în scurt timp la mari economii financiare.

#### **2.4.12.7. Administrarea configurației pentru rețelele locale fără fir**

Administrarea configurației pentru rețelele locale fără fir trebuie să țină seama de:

- **canalul de radiofrecvență și acoperirea;**

Pentru a maximiza capacitatea și performanța rețelei locale fără fir, punctele de acces din aceeași zonă care comunică unele cu altele trebuie setate în canalele care interferează;

- **puterea de transmisie;**

Un punct de acces este necesar să fie setat la o valoare mai mică pentru a activa instalația punctelor de acces suplimentare cu scopul de a reduce dimensiunea celulei și numărul utilizatorilor asociați la fiecare punct de acces. Efectul pentru ansamblu este de a crește lățimea de bandă disponibilă pentru fiecare utilizator. Când facem această modificare, trebuie să fim siguri că rezultă o acoperire adecvată în toate zonele unde sunt utilizatori. Dacă facem o modificare care crește puterea de transmisie, asigurați-vă că accesul între punctele de interfață este ținut la minim;

- **aplicațiile;**

Un utilizator sau administrator poate solicita o nouă aplicație (de exemplu video - conferință) care să traverseze rețeaua locală fără fir. Dimensionați cu grijă rețeaua pentru a vă asigura că are suficientă capacitate pentru aplicație de-a lungul rețelei existente. În alte situații puteți seta accesul la o rețea Internet fără fir, publică, existentă care în mod frecvent oferă astfel de servicii.

- **firmware;**

Firmware reprezintă un fel de BIOS pentru echipament, definit ca software în hardware. Poate fi chiar un driver și este greu de modificat.

Periodic trebuie actualizat firmware-ul punctului de acces și cardul radio din dispozitivele utilizatorului pentru a beneficia de avantajele interoperabilității, securității și performanței oferite de furnizorul echipamentului.

Asigurați-vă că firmware va suporta toate aplicațiile ce rulează în rețelele locale fără fir.

- **îmbunătățirea securității.**

Modificările pentru a trece la o rețea locală fără fir le veți face după ce analizați soluțiile posibile și după ce definiți cerințele de securitate.

#### **2.4.12.8. Securitatea rețelelor WLAN**

Una dintre cele mai frecvente întrebări referitoare la rețelele radio este aceea referitoare la gradul de securitate pe care îl oferă. Poate pentru că datele nu mai circulă pe un fir, care aparține clădirii, ci prin aer, administratorii de rețea prezintă un grad mai mare de îngrijorare privind securitatea unei rețele radio.

Prin codificare, același bit de informație se va transmite pe o lățime de bandă mai mare, fapt ce diminuează vârful de putere necesar.

De fapt, orice rețea, inclusiv una cablată, este supusă unor riscuri privind securitatea: riscuri privind integritatea fizică, riscuri privind accesul neautorizat și interceptărilor sau atacuri din partea utilizatorilor care sunt autorizați să acceseze rețeaua. Din acest punct de vedere, o rețea WLAN are toate avantajele și dezavantajele unei rețele LAN cablate.

Însă rețelele LAN radio includ un set suplimentar de elemente de securitate, care nu sunt disponibile în rețelele cablate, și care le conferă, în opinia multor specialiști, calitatea de a fi mai sigure decât cele clasice.

Tehnicile de împărțire a spectrului de frecvență fac aproape imposibilă recepția semnalului de către un hacker. În cazul DSSS, un interceptor trebuie să știe codul pseudo-aleator, iar la FHSS, parola de 32 de octeți. Sistemele radio folosesc totodată un sistem de „scrambling” din motive pur tehnice, în scopul asistenței privind administrarea sincronizării și decodării semnalelor radio.

Toate aceste tehnici permit folosirea criptării și de aceea, majoritatea echipamentelor și software-ului de rețele WLAN au implementată o anumită formă de criptare ca o componentă standard sau opțională. De exemplu, în standardul IEEE 802.11 se specifică așa-numita tehnică de securizare privată WEP, care este bazată pe folosirea unor chei de 64 biți și algoritmul de criptare RC4. Utilizatorii care nu cunosc parola de decriptare vor fi excluși din trafic. Criptarea, în sensul de mai sus, este recomandată în cazul oricărui tip de rețea, dar este mult mai ușor implementabilă în rețele wireless LAN decât în cele cablate.

Din punct de vedere al integrității fizice, eliminarea unor cantități semnificative de cabluri va reduce substanțial numărul de locații în care se pot monta aparate de „ascultare” (tap). Deși partea rețelei folosită pentru interconectarea cu exteriorul, la punctul de acces, este cablată, lungimea cablului este relativ redusă, acesta putând fi securizat prin metode clasice. În plus, deoarece punctele de acces funcționează ca bridge-uri către alte rețele, utilizatorii individuali din rețeaua radio sunt izolați poate de majoritatea traficului din LAN, fiindu-le limitat accesul la pachetele de date primare.

Importanța securității în domeniul wireless derivă din faptul că datele transportate prin rețelele radio sunt de fapt datele care circulă în mod obișnuit prin rețelele tradiționale ale companiilor. Ele sunt adesea confidențiale sau chiar secrete și necesită o protecție adecvată. Problema protejării lor este mai sensibilă decât în rețelele „clasice”, pe de o parte pentru că dispozitivele portabile au încă multe neajunsuri în domeniul securității, iar pe de altă parte pentru că implementarea tehnologiilor wireless, ca a oricăror tehnologii noi, este cu un pas înaintea securizării acestora.

#### 2.4.13. Clasificarea mediilor de transmisie

Mediile de transmisie și implicit rețelele, pot fi clasificate după mai multe criterii:

- modul de transmisie;
- tipul de conexiune;
- topologie;
- metoda de transmisie;
- metoda de acces;
- raza de acțiune;
- tipul de comutare;
- clasa de adresă;
- bazate pe server sau de la egal-la-egal;
- capacitatea canalului sau viteza de transmisie.

Toate aceste criterii sunt expuse în continuare.

#### 2.4.14. Modul de transmisie

Modul de transmisie al semnalelor (undelor electromagnetice) între emițător și receptor poate fi:

- **ghidat**: unde ghidate de-a lungul unei căi fizice, fire răsucite, fibre optice, cablu coaxial;
- **neghidat**: unde care nu au ghidare (de exemplu, unde radio, microunde).

#### 2.4.15. Tipul de conexiune

În funcție de dispozitivele de pe mediul de comunicație, conexiunile (legăturile) pot fi:

- **conexiune directă**;

Semnalul care merge între emițător și receptor și nu trece prin dispozitive intermediare, altele în afara amplificatoarelor și receptoarelor.

- **conexiune punct-la-punct**;

Este un mediu ghidat cu legătură directă, dedicată între 2 dispozitive, aceste 2 dispozitive fiind singurele care partajează mediul.

- **conexiune multipunct**;

Este un mediu ghidat în care mai mult de 2 dispozitive partajează același mediu de transmisie.



## 2.4.16. Topologia

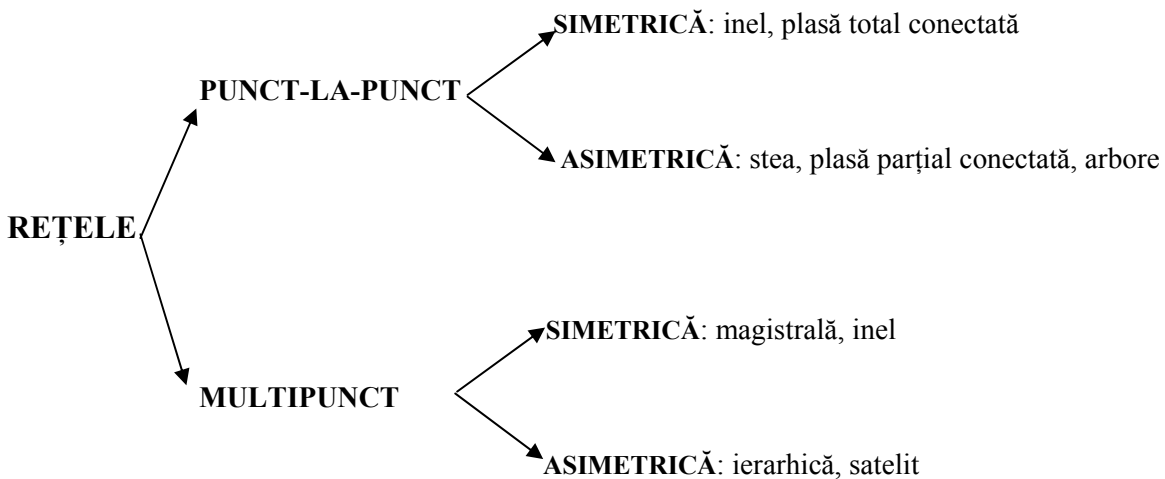
Pentru desemnarea manierei de proiectare a unei rețele se folosește termenul **topologie**. Topologia reprezintă modalitatea de aranjare în spațiu și interconectare a componentelor.

Există două tipuri de topologii: fizică și logică.

**Topologia fizică** a unei rețele se referă la configurația mediilor de transmisie, a calculatoarelor și a perifericelor (partea hard).

Aceasta poate fi magistrală, stea, inel, etc. La toate topologiile, cu excepția topologiei magistrală, stațiile și nodurile de comutație sunt conectate prin canale punct-la-punct, realizând comunicarea directă, fără comutație, între perechile de stații sau noduri adiacente. **Stabilirea clasei topologice are în vedere tipul canalului de transmisie** (punct-la-punct sau multipunct) **și interconectarea nodurilor rețelei** (simetrică sau nesimetrică).

Figura 2.17 sintetizează topologiile rețelelor funcție de canalul de transmisie.



Cea mai frecvent întâlnită topologie la rețelele de arie largă este **topologia plasă**. Ea oferă două sau mai multe căi de transmisie date între fiecare pereche de noduri.

Un caz particular al rețelelor de topologie magistrală sunt rețelele radio cu difuzare, în care ca mediu de transmisie se folosește spațiul înconjurător.

În cadrul **topologiei inel** instalarea cablurilor este destul de dificilă și atunci se recurge la un compromis între acest tip de rețea și cel de tip magistrală folosindu-se o unitate centrală care să închidă cercul numită **unitate de acces a mediilor** (MAU - Media Acces Unit).

**Topologia logică** definește metoda prin care calculatorul gazdă accesează rețeaua pentru a transmite date la celălalt calculator. Topologia logică a unei rețele determină modul cum calculatoarele gazdă comunică de-a lungul mediului.

Cele mai importante tipuri de topologie logică sunt: **difuzare** (*broadcast*) și **trecerea jetonului** (*token passing*). Folosirea topologiei cu difuzare determină ca fiecare calculator gazdă să transmită către toate celelalte calculatoare gazdă din rețea, neexistând nici o ordine pe care stațiile să o urmeze, primul venit fiind primul servit. Folosirea celei de-a doua topologii implică transmiterea unui **jeton electronic** (*token*) fiecărui calculator gazdă. Când un calculator gazdă recepționează jetonul, acel calculator poate transmite informații în rețea. Dacă acest calculator nu are nimic de transmis, pasează jetonul următorului calculator gazdă din rețea, procesul repetându-se. Două exemple de topologii care folosesc token passing sunt Token Ring și Fiber Distributed Data Interface (FDDI).

#### 2.4.17. Metoda de transmisie

Din punct de vedere tehnic, se folosesc două metode principale de transmisie a semnalelor prin mediul fizic:

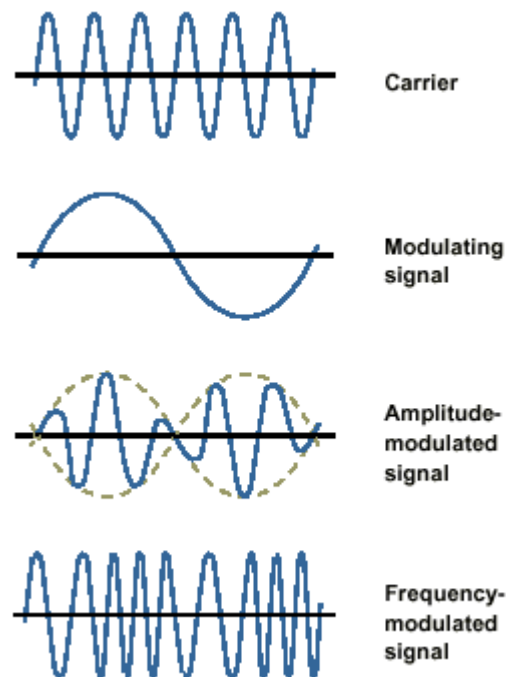
- **tehnica digitală sau transmisia în bandă de bază** (*baseband*);

Folosește un semnal ce reprezintă o combinație între semnalul de date și cel de ceas. Deși orice stație poate transmite un semnal, numai o stație poate transmite la un moment dat. Mai multe stații împart mediul de transmisie prin utilizarea multiplexării cu divizarea timpului.

- **tehnica analogică sau transmisia în bandă largă** (*broadband*).

Semnalul numeric modulează o purtătoare, la fel ca la transmiterea datelor prin linie telefonică. În acest caz se întrebuințează unde electromagnetice, împărțind frecvențele disponibile în mai multe canale. Datele se transmit prin una din modulațiile de amplitudine, frecvență și fază. Această modalitate de transmisie implică o tehnologie mai complexă, dar are avantajul unei viteze foarte mari și suportă multe dispozitive. Mediul de comunicație este împărțit între mai multe stații prin utilizarea multiplexării cu divizarea frecvenței, multiplexării cu divizarea timpului sau ambele.

Figura 2.18 prezintă modulația în amplitudine și în frecvență.



După felul transmisiei aceasta poate fi: **simplex** (într-un singur sens), **semi-duplex** (în ambele sensuri, dar nu simultan) și **full duplex** (în ambele sensuri, dar simultan).

Transmisia poate fi de asemenea:

- **transmisie sincronă**: datele se emit continuu, neexistând un interval de separare între două caractere succesive transmise;
- **transmisie asincronă**: se folosesc biți de START, STOP și PAUZĂ pentru a delimita două caractere succesive. Datele se trimit în serie pe linie, caracter după caracter, sincronizarea stației receptoare cu cea emițătoare se face cu ajutorul biților speciali de START și STOP, care încadrează fiecare caracter emis.

Detectarea erorilor depinde de viteză. O viteză de transmisie scăzută are o probabilitate de detecție ridicată, dar o redundanță crescută. Viteza de transmisie este mai mare pentru modul sincron, de aceea detecția erorilor este mai sigură în transmisia asincronă decât în cea sincronă. Transmisia asincronă este mai stabilă și are și avantajul simplității tehnicii de sincronizare. În transmisiile asincrone, orientate pe caracter, se folosesc biți, singulari de paritate, în schimb în transmisiile sincrone trebuie folosite simboluri de paritate suplimentare.

#### 2.4.18. Metoda de acces

Există trei metode de acces la un canal și fiecare dintre ele abordează în diferite moduri problema multiplexării cu divizarea timpului (TDM):

- **alocare centralizată** (*centralized polling*);

Alocarea centralizată presupune ca un nod de pe rețea să acționeze ca un master (stăpân). Datoria sa este să stabilească nodul următor care poate transmite. Nodul master poate folosi o simplă politică de alocare round-robin sau o metodă mult mai complicată funcție de priorități.

- **alocare descentralizată** (*decentralized polling*);

Alocarea descentralizată scoate din folosință nodul master. Un exemplu de alocare descentralizată este trecerea jetonului (*token passing*).

Timpul de așteptare datorat așteptării jetonului înainte de transmisie scade performanțele rețelei la rate scăzute de utilizare, dar este o metodologie adecvată pentru rate înalte de utilizare a rețelei datorită lipsei coliziunilor.

- **dezbateri** (*contention*).

**Metoda de acces bazată pe dezbateri poate fi folosită doar cu rețele cu difuzare.**

Principiul de bază din spatele acestei metode de acces este că nodurile transmit când doresc ele și coliziunile apar atunci când mai mult de un nod transmite în același timp. Există variante ale acestei metode care încearcă să minimizeze numărul coliziunilor (de exemplu, CSMA/CD).

#### 2.4.19. Raza de acțiune a rețelelor

În funcție de distanța dintre componentele rețelei acestea pot fi:

- **rețele locale** (LAN - Local Area Networks);
- **rețele metropolitane** (MAN - Metropolitan Area Networks);
- **rețele pe arie largă** (WAN – Wide Area Networks).

La început dezvoltarea LAN și WAN a fost haotică.

Ethernet este cea mai folosită tehnologie de comunicație pentru LAN-uri.

Tabelul 2.19 clasifică rețelele după aria de acoperire.

Distanța între procesoare	Localizarea procesoarelor	Denumirea tipului de rețea
10 m	cameră	LAN
100 m	clădire	LAN
1 Km	campus universitar	LAN
100 Km	regiune, țară	MAN
1.000 Km	continent	WAN
10.000 Km	planetară	WAN, Internet
100.000 Km	extraplanetară	WAN

#### **2.4.19.1. Avantajele rețelelor locale**

Rețelele locale prezintă următoarele avantaje:

- reducerea costurilor și creșterea calității (operativității, fiabilității, securității) prelucrării informațiilor;
- facilitatea comunicațiilor în cadrul unității economice, instituțiilor;
- îmbunătățirea integrității datelor;
- lărgirea gamei de aplicații și facilitarea administrării produselor program;
- creșterea flexibilității mijloacelor informatice.

#### **2.4.19.2. Rețele de arie largă**

Primele rețele de calculatoare construite au fost rețelele de arie largă. Rețelele de arie largă interconectează rețelele locale.

De regulă rețelele de arie largă sunt cu comunicații comutate.

Rețelele WAN funcționează la primele 3 nivele OSI și pot folosi tehnologiile: modem-uri, ISDN (Integrated Services Digital Network), DSL (Digital Subscriber Loop), Frame Relay, ATM (Asynchronous Transfer Mode), T-Carrier Series (în SUA T1, T2, T3), SONET (Synchronous Optical Network).

#### **2.4.19.3. Proiectarea WAN**

Performanțele cerute de aplicații constituie factori în proiectarea WAN.

Rețelele LAN din componența noii rețele WAN trebuie examinate atent, deoarece vor fi interconectate cu alte rețele WAN.

În afară de traficul total, trebuie analizate aspectele:

- tipul și viteza transmisiei pentru fiecare LAN;
- numărul de utilizatori conectați la LAN;
- numărul de calculatoare conectate la LAN;
- protocoalele de rutare folosite (IP, IPX, etc.);
- numărul de rutere conectate și protocoalele de rutere folosite (RIP, OSPF, IGRP, etc.);
- schema de adresare Internet;
- securitate.

Aceste aspecte colectate de la fiecare rețea LAN vor fi folosite pentru noul WAN.

#### **2.4.19.4. Studiu de caz pentru rețele pe arie largă: Rețeaua Internet**

Internetul nu este o entitate omogenă, este o grupare de diverse rețele. Internetul este o rețea internațională de calculatoare care este conectată cu alte rețele de calculatoare.

Internetul este unul din cele mai complexe sisteme create de tehnologia umană, care nu poate fi controlat în totalitate. De aceea, el trebuie administrat pe porțiuni.

Internetul nu este proprietatea cuiva, dar fiecare componentă este proprietatea cuiva și astfel acest colos poate fi administrat. În schimb, furnizorii au monopolizat piața și percep taxe în schimbul navigării sau transferului de date.

Internetul este o rețea descentralizată, uneori chiar anarhică, dar fără această descentralizare nu s-ar fi ajuns la creșterea și dezvoltarea ei spectaculoasă. Internetul este administrat prin consens de diferite organizații care se întrunesc pentru a găsi cea mai bună metodă globală pentru funcționarea sa. Principalele organisme existente în Europa sunt: Ebone și Europanet. Ebone este o asociație care gestionează numeroase rețele europene. Europanet este gestionat de DANTE (Delivery of Advance Network Technology to Europe), asociație creată în 1993 cu sprijinul mai multor rețele naționale pentru a sprijini cercetarea științifică. Există și o organizație a utilizatorilor Internetului, numită ISOC (Internet Society), cu caracter voluntar, unicul ei scop fiind promovarea schimbului global de informații. Conducătorii acestei organizații au responsabilitatea de a gestiona din punct de vedere tehnic Internet-ul și de a standardiza tehnologia folosită.

Diferența dintre Web și Internet este similară cu diferența dintre un serviciu de transport și un sistem de autostrazi. Sondajele arată că mai mult de 80 % din traficul Internet este destinat navigării Web.

Atâta timp cât "pachetele" sunt corect adresate, ele pot fi transmise de la oricare calculator de pe Internet, pe orice rută. Dacă o parte a rețelei Internet nu funcționează fluxul de date ocolește pur și simplu defecțiunea apărută.

Conexiunea dintre calculatorul utilizatorului și Internet poate fi una permanentă, dedicată exclusiv Internetului, sau una temporară realizată prin telefon (*dial-up*), folosind un modem. O conexiune permanentă folosește o tehnologie de tipul ADSL/DSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), un modem pentru cablu, un circuit închiriat sau printr-o rețea locală care are acces la Internet. Rețelele ADSL sunt rețelele dedicate ce operează folosind liniile de abonat telefonice existente cu recepția datelor la viteze de la 9 Mbps și transmisia datelor cu viteze de la 16 la 840 Kbps. Folosirea sistemelor de TV prin cablu pentru transferul datelor prevede utilizarea unor **modemuri pentru cabluri** speciale, asigurând viteze de transfer de date până la 10-30 Mbps.

#### **2.4.19.5. Evoluția modurilor în care este accesat Internetul**

Această evoluție nu s-a axat pe mărirea vitezei de transfer a datelor pe Internet, ci pe mobilitate. Primele soluții mobile de conectare la Internet au fost WAP și GPRS, însă acestea ofereau o viteză destul de mică, și de aceea sunt folosite mai mult în domeniul telefoniei mobile. Următorii pași au fost făcuți prin tehnologiile EDGE, CDMA și EV-DO. EDGE este de fapt un GPRS îmbunătățit, pentru că se schimbă doar schema de modulație, iar rezultatul este o viteză de aproximativ 3 ori mai mare (maxim 215 Kbps). Modul de conectare este asimetric, adică viteza de download este mai mare decât cea de upload. Deși accesul la Internet prin EDGE este mai rapid decât cel prin apel telefonic, EDGE nu este o soluție de înlocuire a telefonului de acasă, fiind folosit doar celor aflați în mișcare.

CDMA este o tehnologie care oferă viteze de transfer de maxim 153 Kbps, iar EV-DO este de fapt CDMA2000 1xEVDO (Evolution - Data Optimised), adică un CDMA îmbunătățit care oferă viteze de transfer de aproximativ 2 Mbps. Tehnologia este în mare vogă, fiind folosită de multe companii de comunicații fără fir. Ținta de atins este CDMA2000 1xEV-DV (Evolution - Data & Voice), tehnologie cu care se pot atinge viteze teoretice în jurul a 3 Mbps și care suportă și date și voce în același timp.

## 2.4.20. Tipul de comutare

**Modurile de transfer** reprezintă modalitate prin care informația trece de-a lungul căii de transmisie multiplexată sau comutată.

În funcție de tehnica transferului de date utilizată, rețelele de transfer date se împart în:

- **rețele cu comunicații comutate;**
- **rețele cu difuzare** (fără comutare).

**Rețelele cu comunicații comutate** constau din noduri de comutație (NC) interconectate prin canale de comunicație comutabile. Canalele comutabile se formează temporar, pe durata transmisiei de date; ulterior ele se desființează. Nodurile de comutație sunt destinate comutării canalelor sau a traficului de date între canalele rețelei. Utilizarea lor permite reducerea numărului de canale și, respectiv, a costului rețelei. În aceste rețele cu comutare fiecare nod utilizator poate comunica la cerere cu oricare altul.

În funcție de tipul de comutare, se deosebesc:

- **rețele cu comutare de circuite** (canale);
- **rețele cu comutare logică** (*store and forward*) care se împart în rețele cu comutare de mesaje și rețele cu comutare de pachete.

Comutarea logică mai poate fi și comutare de caractere, dar acest tip de comutare nu se mai folosește pentru rețele.

**Rețelele cu difuzare** au un singur canal de comunicație, necomutabil, partajat între stațiile atașate. Canalele necomutabile, numite și dedicate, sunt canale permanente între perechea de noduri sau perechea de stații respective ale rețelei.

În funcție de mediul de transmisie utilizat și aria de cuprindere se deosebesc:

- **rețele radio cu difuzare;**
- **rețele de sateliți cu difuzare** (cosmice);
- **rețele locale cu difuzare** (infraroșu).

În **rețelele cu comutare de circuite**, nodurile de comutație, denumite comutatoare de circuite, la cerere stabilesc conexiunile solicitate între canalele de comunicație adiacente. Pentru transferul de date între două stații, mai întâi se stabilește conexiunea între ele via nodurile de comunicație respective. Acest canal este fizic rezervat și disponibil pe întreaga durată a comunicației. Într-o astfel de situație se apelează la: resursele necesare stabilirii apelului, independent de volumul informației transmise și resursele necesare comunicării, ce determină ocuparea calculatoarelor din rețea și a canalelor. Circuitul comutat format are o viteză uniformă de transmisie pe toată lungimea sa. După transmisia de date, când necesitatea păstrării conexiunii decade, conexiunea se desființează.

În **rețelele cu comutare de mesaje**, nodurile de comutație, denumite comutatoare de mesaje, recepționează fiecare mesaj, îl memorizează temporar, determină canalul de ieșire și retransmit mesajul următorului nod din rețea în conformitate cu destinația lui. Fiecare mesaj este transmis de la un nod la altul în întregime, ca o entitate unică. De menționat, că transmisia unui mesaj la un alt nod se face doar după recepția lui în întregime și analiza respectivă.

Acest mod de comutare nu poate asigura administrarea optimă a resurselor și ca urmare a fost înlocuit prin comutarea de pachete.

**Comutarea de pachete** este o dezvoltare firească a comutării de mesaje, prin fragmentarea mesajelor în unități de mărime mai mică (pachete), fiecare conținând propria adresă ca și informația necesară pentru rutare. Comutarea de pachete înlătură în mare măsură neajunsurile comutării de mesaje, reducându-se astfel durata transmisiei și capacitatea necesară memoriei din nodurilor de comunicație. Pentru aceasta se limitează dimensiunea unităților de date ce pot fi transmise în rețea. Dimensiunile tipice sunt de la zeci de octeți până la câteva mii de octeți.

Dacă mesajul de transmis depășește limita stabilită, atunci el se împarte de către stația-sursă în segmente mai mici. La fiecare segment sunt adăugate anumite informații de control, formând unitatea de date numită **pachet**. Fiecare pachet este transmis prin rețea, de la un nod la altul, până la stația destinație. La stația destinație din pachetele sosite este asamblat mesajul corespunzător.

Pierderea de pachete și întârzierea cap-la-cap a pachetului sunt caracteristici importante în rețelele cu comutare de pachete, deoarece întârzierea pachetelor cuprinde întârzierea de transmisie și cea de propagare (acestea sunt componente fixe), precum și o componentă variabilă (întârzierea dată de procesare).

Cea mai răspândită este tehnica cu comutare de pachete și modificările ei mai recente: tehnica cu **comutare cadre** (*Frame Relay*) și tehnica cu **comutare de celule** (*Cell Relay*).

**Serviciul de date multimegabiți cu comutare SMDS** (*Switched Multimegabit Data Service*) este o rețea de calitate mai înaltă decât Frame Relay, inclusiv în ce privește întârzierea de transmisie, pachete eronate dirijate, pachete pierdute. În esență SMDC seamănă mai mult cu o rețea locală cu multiacces decât cu o rețea publică de transfer date. SMDS se bazează pe tehnologia de comutare pachete **releu de celulă** (*Cell Relay*). O celulă de date are dimensiunea fixă de 53 octeți, din 5 octeți conțin informații de serviciu, iar 48 octeți sunt informații utilizator.

Se utilizează și tehnica cu comutare de circuite, datorită dezvoltării puternice a rețelelor telefonice analogice și mai târziu a celor digitale (numerice), iar în ultimii ani a rețelelor numerice cu servicii integrate.

Folosind canale telefonice comutate sau dedicate, se obține un transfer de date "punct-la-punct" între perechile de stații respective. În baza lor pot fi construite rețele de calculatoare cu comutare de circuite și canale dedicate.

Într-o rețea **ISDN** nodurile de comutație realizează atât comutarea de canale, neapărat necesară transmisiei vocii la distanță, dar care poate fi utilizată și pentru transferul de date, cât și comutarea de pachete pentru transmisia de date.

Uzual însă, pentru transferul de date, mai ales la distanțe mari, se folosesc rețele cu comutare de pachete. În asemenea rețele canalele de transfer date între nodurile de comutație pachete deseori sunt realizate pe bază de canale telefonice dedicate analogice sau numerice, uneori trunchiuri (mai multe canale paralele). Conectarea terminalelor, calculatoarelor la nodurile de comutație se face prin canale telefonice comutate sau dedicate.

#### 2.4.20.1. Exemplificarea tipurilor de comutări în rețelele existente

Comutarea poate fi:

- **comutare de circuite** folosită în rețelele telefonice;

Pentru aceste rețele, resursele cerute de conexiune trebuie să fie disponibile în momentul stabilirii conexiunii și în timpul transferului și apoi eliberate la închiderea conexiunii.

Acest tip de tehnologie folosește **multiplexarea timpului TDM** (*Time Division*

*Multiplexing*) și modul de transfer sincron.

- **comutare de circuite la viteze multiple MRCS** (*Multi-Rate Circuit Switching*);

Este similară cu prima categorie, dar permite diferite viteze de bază, date de diferite tipuri de canale folosite pentru transmisie, iar utilizatorul poate alege ce tip de canal să folosească. Acest mod de transfer este limitat la numărul de canale.

- **comutare rapidă de circuite FCS** (*Fast Circuit Switching*);

Primele 2 moduri sunt ineficiente pentru date rafală. FCS adună informații cu privire la tipul conexiunii și resursele necesare. Deoarece nici în acest caz nu există o rezervare a resurselor, calitatea serviciilor (QoS) nu poate fi întotdeauna garantată.

- **modul de transfer asincron ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*);

Este un mod de transfer orientat pe conexiune care setează conexiunea, o multiplexează și comută fixând dimensiunea celulelor pe conexiune.

- **eliberarea cadrelor** (*Frame Relay*);

Este similară și precursora al lui ATM, cadrele nefiind fixate la o dimensiune.

- **comutare de cadre** (*Frame Switching*);

Asemănător cu eliberarea cadrelor (*Frame Relay*), diferența constând doar în modul în care se permite controlul erorilor la nivelul legătură de date. Eliberarea cadrelor nu are control cap-la-cap al erorilor sau control al fluxului, în timp ce comutarea cadrelor le are pe amândouă.

- **comutarea pachetelor PS** (*Pachet Switching*).

Nu există o conexiune prearanjată între punctele finale, iar informația care circulă între ele conține pachete, fiecare cu propriul antet care oferă informații pentru facilitarea comutării, controlul erorilor, controlul fluxului, etc.

Tabelul 2.20 prezintă caracteristicile unor canale utilizate pentru transferul datelor.

Tipul transmisiei	Denumire canal	Viteza de transmisie	Tipul conexiunii
Analogică	Telefonic 0,3-56Kbps	0,3-56 Kbps	Comutată
Numerică	Telefonic DSO	56,64 Kbps	Dedicată
Numerică	Trunchi(cadru)TI (DS1)	1,544Mbps	Dedicată
Numerică	Tmnci (cadru) E3**	2,048 Mbps	Dedicată
Numerică	Tmnci (cadru) T3 (DS3)	44,768 Mbps	Dedicată
Numerică	Tub ISDN, acces de bază 2B+D	144 Kbps	Comutată
Numerică	Tub ISDN, acces de primar 30B+D**	2,048 Mbps	Comutată
Numerică	Tub ISDN, acces de primar 23B+D*	1,544Mbps	Comutată
Numerică	Canal STS-n sau OC-n, unde n=1,3,9, 12,18,24,36,48 sau 192 (10Gbps)	Nx51,84Mbps	Comutată
Numerică	Canal STM-n (SDH)	Nx155Mbps	Comutată

\*este utilizat în SUA, Canada și Japonia

\*\*standard CCITT, este utilizat în Europa, Africa ș.a.

Tabelul 2.21 prezintă funcțiile diferitelor moduri de transfer.

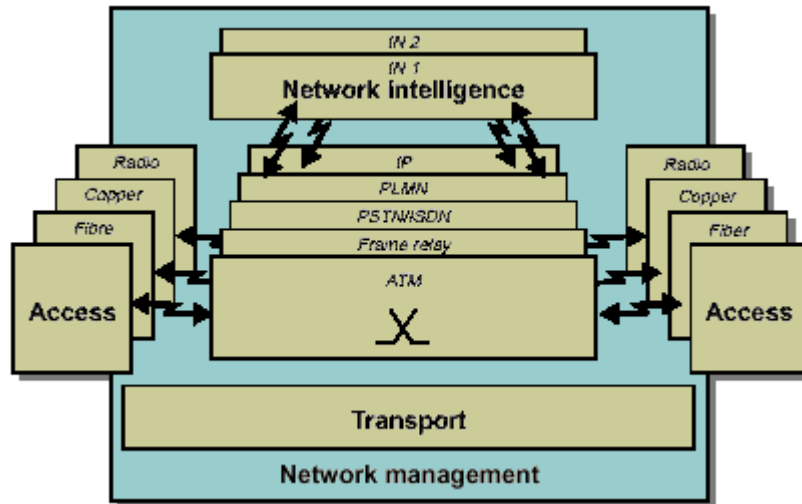
Funcție	X.25	Frame Switching	Frame Relay	ATM
încadrare( <i>framing</i> )	da	da	da	da
verificarea datelor (CRC)	da	da	da	parțial
controlul erorilor	da	da	nu	nu
controlul fluxului	da	da	nu	da
multiplexare	da	nu	nu	parțial

Multiplexarea este o metodă de împărțire a canalului între mai mulți utilizatori.



## 2.4.20.2. Coexistența tipurilor diferite de rețele

Figura 2.22 arată coexistența rețelelor diferite, iar tabelul următor prezintă o comparație între caracteristicile diferitelor rețele, fiecare cu avantajele și dezavantajele sale.



Tabelul 2.23 prezintă o comparație între diferite caracteristici ale rețelelor existente.

Caracteristică	PSTN <sup>1</sup>	ISDN	GSM (PLMN <sup>2</sup> )	SS7	X.25	Frame Relay	ATM	Internet
<b>Modul de transfer</b>	circuit	circuit; pachet (cadru)	circuit; pachet (GPRS)	pachet (MSUS)	pachet	cadru	celulă	pachet (IP)
<b>Tipul de serviciu asigurat; în paranteză serviciu opțional</b>	voce date	voce date video	voce date	(date)	date	date (voce)	date voce video	date (voce) (video)
<b>Limita lățimii de bandă de acces (accesate)</b>	300 - 3400 Hz	128 Kbps pt. acces la viteza de bază	9,6 Kbps pt. date 13 Kbps pt. voce	-	-	-	-	depinde de rețeaua de bază
<b>Tipul de circuit</b>	comutat	normal comutat	normal comutat	transfer fără conexiune SVC	SVC PVC	PVC	SVC	transfer
<b>Lățimea de bandă comutată (limita superioară)</b>	64 Kbps	< 2 Mbps	64 Kbps (rețeaua centrală)	-	64 Kbps-2 Mbps	2 - 50 Mbps	> 620 Mbps	depinde de rețeaua de bază rutere peste nivelul Gbps
<b>Mobilitate</b>	ceva	ceva	DA	-	ceva	ceva	ceva	ceva
<b>Suport pt. Internet</b>	DA	DA	DA	-	DA	DA	DA	-
<b>Suport pt. rețele private</b>	VPN	VPN	VPN	-	CUG	CUG	VPN	VPN Internet Extranet
<b>Semnalizare UNI</b>	DTMF	DSS1	BSSAP	OPC, DPC	X.25	SVC	DSS2 (normal)	-
<b>Semnalizare NNI</b>	TUP / ISUP	ISUP	MAP / ISUP	-	X.75 internă	SVC	B-ISUP B-ICI	-

1 PSTN-Public Switched Telephone Network 2 PLMN-Public Land Mobile Network

### 2.4.21. Clasa de adrese

**Adresa IP** este unică pentru fiecare sistem final conectat direct la Internet. Și rutoarele au o adresă IP pe fiecare port. Mașinile care sunt conectate la mai multe rețele au adrese diferite de rețea.

Numerele de rețea sunt atribuite de InterNIC (Internet's Network Information Center) și ARIN (American Registry for Internet Numbers) pentru a nu exista duplicate. La instalarea unei noi rețele, administratorul de sistem trebuie să contacteze NIC pentru a obține un nou număr de rețea.

IP este un protocol fără conexiune, adică nu există o conexiune continuă între cele două puncte care comunică. Cea mai folosită versiune a protocolului IP este Ipv4, dar ultima versiune IPv6 oferă posibilitatea creșterii numărului de utilizatori de Internet. IPv6 este compatibil cu versiunile anterioare.

Există următoarele tipuri de clase de adrese IP, funcție de numărul componentelor din rețea, care sunt prezentate în figura 2.24.

#### Clasa A pentru rețele mari

0	1	7	8	31 biți
0	Identificatorul rețelei		Identificatorul hostului	

#### Clasa B pentru rețele medii

0	1	2	15	16	31 biți
1	0	Identificatorul rețelei		Identificatorul hostului	

#### Clasa C pentru rețele mici din punct de vedere al numărului de hosturi

0	1	2	3	23	24	31 biți
1	1	0	Identificatorul rețelei		Identificatorul hostului	

Tabelul 2.25 prezintă numărul toate clasele de adrese IP, structura acestora și numărul maxim de rețele și de noduri componente.

#### Clasa A de la 1.0.0.0 la 127.255.255.255

0	adresa de rețea pe 7 biți permite adresarea a 126 de rețele	adresa de gazdă (nod) pe 24 de biți permite adresarea a peste 16 milioane de gazde și a unui număr maxim de 128 de rețele
---	--	--

#### Clasa B de la 128.0.0.0 pana la 191.255.255.255

10	adresa de rețea pe 14 biți permite adresarea a 16.382 de rețele	adresa gazdă pe 16 de biți permite adresarea a 64.000 de gazde și a unui număr maxim de 16384 de rețele
----	--	--

#### Clasa C de la 192.0.0.0 pana la 223.255.255.255

110	adresa de rețea pe 21 de biți permite adresarea a 2 milioane de rețele	adresa gazdă pe 8 biți permite adresarea a 254 de gazde și a unui număr maxim de $2,1 \cdot 10^6$ de rețele
-----	---	--

**Clasa D de la 224.0.0.0 pana la 239.255.255.255**

1110	adresa de trimitere multiplă
------	------------------------------

**Clasa E de la 240.0.0.0 la 247.255.255.255**

1111	rezervat pentru folosiri viitoare
------	-----------------------------------

**2.4.21.1. Adrese speciale**

Pentru adresele de rețea de 32 de biți, fiecare grupă de 4 octeți poate lua valori de la 0 la 255. Valorile 0 și 1 au semnificații speciale. Valoarea 0 reprezintă rețeaua curentă sau gazda curentă. Valoarea 1 este folosită ca o adresă de difuzare pentru a specifica toate gazdele din rețeaua indicată.

**Adresa IP 0.0.0.0 este folosită de gazde atunci când sunt pornite, dar nu mai este folosită ulterior. Adresele IP cu 0 ca număr de rețea se referă la rețeaua curentă.** Aceste adrese permit ca mașinile să refere propria rețea fără să cunoască numărul de rețea (dar ele trebuie să cunoască clasa adresei pentru a ști câte zerouri să includă). Adresele care conțin numai 1-uri pot difuza numai în rețeaua curentă, în mod uzual un LAN. Adresele cu un număr exact de rețea și numai 1-uri în câmpul gazdă permit mașinilor să trimită pachete de difuzare în LAN-uri aflate la distanță.

Adresele de forma **10.x.x.x.** sunt adrese de clasă A pentru rețele private, iar cele de forma **192.168.x.x.** sunt adrese de clasă B pentru rețele private.

**Toate adresele de forma 127.xx.yy.zz sunt rezervate pentru testări în buclă locală (loopback).** Pachetele trimise spre aceste adrese nu sunt trimise prin cablu. Ele sunt prelucrate local și tratate ca pachete sosite. Aceasta permite pachetelor să fie trimise către rețeaua locală fără ca emițătorul să cunoască numărul său. Această facilitate este folosită pentru depanarea programelor de rețea.

Tabelul 2.26 prezintă intervalele cu adrese speciale IP.

Adresa IP	Scopul
224.0.0.0 - 224.0.0.255	controlul rețelei locale
224.0.1.0 - 224.0.1.255	control inter-rețele
224.0.2.0 - 224.0.255.0	bloc AD-HOC
224.1.0.0 - 224.1.255.255	grupuri ST de difuzare multiplă
224.2.0.0 - 224.2.255.255	SDP/SAP
224.252.0.0 - 224.255.255.255	DIS Transient
225.0.0.0 - 231.255.255.255	rezervați
232.0.0.0 - 232.255.255.255	sursă proprie de difuzare multiplă
233.0.0.0 - 233.255.255.255	bloc GLOP
234.0.0.0 - 238.255.255.255	rezervați
239.0.0.0 - 239.255.255.255	scop administrativ

**Adresa IP 255.255.255.255 specifică o transmisie limitată.** Programele IP acceptă și transmit mai departe pachete care specifică adresa de transmisie limitată, chiar înainte ca programul să afle propria adresa IP.

### 2.4.21.2. Adresarea Ipv6

IPv6 mai este numit și "IPng" (Internet Protocol next generation). IPv6 crește mărimea adresei de la 32 la 128 biți și reprezintă identificatori ai unor interfețe sau ale unor seturi de interfețe. Adresele IPng sunt asignate interfețelor și nu nodurilor. Fiecare interfață aparține unui singur nod, și deci adresele unicast ale nodurilor pot fi folosite ca identificatori pentru noduri. Unei interfețe i se pot asigna mai multe adrese de orice fel. IPv6 include extensii care suportă autentificarea, integritatea datelor și confidențialitatea. În utilizarea adresei IPv6 este obligatorie utilizarea spațiilor de nume simbolice. IPv6 suportă 3 tipuri de adresări:

- **difuzare unică** (*unicast*): de la o gazdă la o gazdă;  
Adresele unicast identifică o singură interfață.
- **difuzare** (*anycast*): de la o gazdă la cea mai apropiată gazdă;  
Pachetele anycast pot fi folosite pentru actualizarea tabelelor de rutare.
- **difuzare multiplă** (*multicast*): de la o gazdă spre mai multe gazde.

În IPv6 nu există adrese de broadcast, deoarece funcția lor este îndeplinită de adresele multicast.

Dar datorită alocării și rutării se crează ierarhii de adrese IP care reduc numărul posibil de adrese în beneficiul eficienței protoalelor de rutare. Pentru a avea viteză în rutare, Internet-ul se apropie de limita superioară de adrese disponibile și de aceea a fost necesară apariția unei alte rețele mondiale numită I2 (Internet2). În afara motivelor de ordin tehnic această nouă rețea are la bază și interese financiare. **Noua schemă de adresare** renunță la clasele definite de IPv4 în locul lor fiind definite tipuri de adrese cu difuzare unică (*unicast*). În locul clasei D se introduce un nou format de adresă multicast și o nouă adresă de tip difuzare către oricine.

### 2.4.21.3. Subrețele

**Toate gazdele dintr-o rețea trebuie să aibă același număr de rețea.** Această proprietate a adresării IP poate crea probleme când rețeaua crește.

LAN-urile pot fi separate prin punți pentru a forma o singură rețea IP.

Mutarea unei mașini dintr-un LAN în altul presupune schimbarea adresei sale IP, care implică modificarea fișierelor de configurare și comunicarea către celelalte rețele a noii adrese IP.

Aceste probleme se evită atunci când rețeaua este divizată în mai multe părți pentru uz intern, dar pentru lumea exterioară se comportă ca o singură rețea. În literatura de specialitate aceste părți se numesc **subrețele**. În afara rețelei, împărțirea în subrețele nu este vizibilă, astfel încât alocarea unei noi subrețele nu necesită contactarea InterNIC sau schimbarea unor baze de date externe.

Fiecare ruter are o tabelă care memorează un număr de adrese IP de forma (**rețea, 0**) și un număr de adrese IP de forma (**această\_rețea, gazdă**). Primul tip indică cum se ajunge la rețelele de la distanță. Al doilea tip spune cum se ajunge la gazdele locale. Cu fiecare tabelă este asociată interfața de rețea care se folosește pentru a ajunge la destinație și alte câteva informații.

Fiecare ruter trebuie să memoreze numai rețele și gazde, nu perechi (rețea, gazdă), reducând considerabil dimensiunea tabelelor de dirijare.

Când apare împărțirea în subrețele, tabelele de dirijare sunt schimbate, adăugând înregistrări de forma (**această\_rețea, subrețea, 0**) și (**această\_rețea, această\_subrețea, gazdă**). Fiecare ruter

dintr-o subrețea nu trebuie să știe date referitoare la gazdele din alte subrețele. Tot ce trebuie este ca fiecare ruter să facă un AND logic cu masca de subrețea a rețelei pentru a scăpa de numărul de gazdă și a căuta adresa rezultată în tabelele sale (după ce determină cărei clase de rețele aparține).

Tabelul 2.27 prezintă masca implicită a subrețelei pentru clasele de adresă A, B și C.

Clasă adrese	Interval	Masca implicită a subrețelei
A	10.0.0.0 – 10.255.255.255	255.0.0.0
B	172.16.0.0 – 172.31.255.255	255.255.0.0
C	192.168.0.0 – 192.268.255.255	255.255.255.0

Ruterul dintr-o subrețea este astfel ușurat de munca de a memora toate adresele de nivel legatură de date ale altor gazde decât a celor din aceasta. Împărțirea în subrețele reduce astfel spațiul de memorare al tabelor de dirijare prin crearea unei ierarhii pe trei nivele.

#### 2.4.22. Bazate pe server sau de la egal-la-egal

Se cunosc patru tehnologii majore de cooperare a stațiilor în rețele:

- **stăpân-aservit** (*master-slave*);
- **server-de-fișiere** (*file-server*);
- **client-server**; clienții sunt stațiile de lucru conectate la server.
- **egal-la-egal** sau punct-la-punct (*peer-to-peer*); calculatoarele nu sunt conectate la un server.

Pentru a se evita pierderile de performanță, datorită gestiunii protocoalelor orientate pe conexiune, modelul client-server are la bază un protocol simplu, fără conexiune, de tipul întrebare-răspuns și poate deservi mai multe stații client concomitent.

La implementarea modelului client-server se ține seama atât de adresarea proceselor server cât și de tipul primitivelor utilizate în transferul mesajelor. Acestea pot fi: primitive sincrone/asincrone sau cu blocarea/fără blocarea procesului, în timpul în care acesta emite un mesaj; primitive cu/fără tampon, mesajele care sosesc premature pot fi stocate sau distruse; primitive fiabile/nefiabile, când recepția este însoțită sau nu de confirmare.

##### 2.4.22.1. Studiu de caz pentru rețele punct-la-punct: Rețele virtuale private VPN

VPN (Virtual Private Network) este o rețea privată care este construită pe infrastructura unei rețele publice, cum ar fi de exemplu Internetul. Folosind VPN, un utilizator poate accesa de la distanță rețeaua unei companii. Prin Internet, un tunel securizat poate fi construit între un computer al unui utilizator și un ruter de VPN de la sediul companiei. VPN este un serviciu care oferă securitate și conexiune de încredere peste o infrastructură publică. Într-un VPN se mențin aceleași concepte de configurare și securitate ca într-o rețea privată. Folosirea VPN este cea mai eficientă din punct de vedere al costului pentru a stabili o conexiune punct-la-punct între utilizatori de la distanță și o rețea a unei companii.

Există trei tipuri principale de VPN:

- Access VPN, asigură acces la distanță la un Intranet sau Extranet peste o rețea publică. Access VPN folosește linii analogice, digitale, ISDN, DSL sau mobile IP.

- Intranet VPN, folosește conexiuni dedicate pentru a lega birouri îndepărtate la o rețea internă peste o rețea publică. Intranet VPN diferă de Extranet VPN doar prin faptul că oferă acces doar angajaților unei întreprinderi.

- Extranet VPN, folosește conexiuni dedicate pentru a conecta parteneri de afaceri la o rețea internă peste o infrastructură publică. Extranet VPN diferă de Intranet VPN doar prin faptul că oferă acces utilizatorilor din afara companiei.:

#### 2.4.23. Capacitatea canalului

Acest criteriu de clasificare al rețelelor este descris în subcapitolul "Viteza de transfer și capacitatea canalului".

#### 2.4.24. Proprietăți ale mediului de transmisie

**Semnalul**, trimis prin mediu de la un emițător, este o funcție de timp sau frecvență (compunând componente ale diferitelor frecvențe).

Semnalele pot fi:

- **semnale continue**, în care intensitatea semnalului variază slab în timp și nu există discontinuități sau întreruperi în semnal;

- **semnale discrete**, în care intensitatea semnalului poate lua una din 2 valori prespecificate pentru orice interval de timp;

- **semnale periodice**, în care structura semnalului se repetă în timp. Un semnal este periodic dacă:

$$s(t+T) = s(t), \quad -\infty < t < \infty$$

unde T este perioada semnalului (pentru unde sinusoidale).

- **semnale aperiodice**, în care structura semnalului nu este periodică.

##### 2.4.24.1. Caracteristici ale semnalelor

Frecvența, spectru, lățime de bandă reprezintă caracteristici ale semnalelor.

**Frecvența**, notată f, reprezintă periodicitatea cu care semnalul se repetă, măsurată în cicluri pe secundă sau Hz.

**Perioada**, notată T, reprezintă cantitatea de timp necesară pentru o repetare a semnalului.  $T=1/f$

**Faza** reprezintă măsura poziției relative în timp într-o singură perioadă a semnalului.

Pentru semnale periodice f(t), faza este partea fracțională t/P a unei perioade P prin care t a avansat relativ la o origine arbitrară.

**Vârful amplitudinii** reprezintă intensitatea maximă în timp a semnalului, tipic măsurată în volți.

**Frecvența fundamentală** reprezintă frecvența de bază pentru care frecvențele tuturor componentelor pot fi exprimate cu multipli întregi în funcție de aceasta.

**Spectrul** reprezintă domeniul de frecvențe conținut de un semnal.

**Lungimea de undă**, notată  $\lambda$ , reprezintă distanța ocupată pentru un singur ciclu.

Dacă considerăm că semnalul traversează cu viteza  $v$ , lungimea de undă relativ la o perioadă este  $\lambda = vT$  și  $\lambda f = v$ .

**Lățimea de bandă absolută** reprezintă lățimea spectrului (întinderea).

**Lățimea de bandă efectivă** reprezintă limitele benzii de frecvențe conținând cea mai mare energie a semnalului.

Lățimea de bandă este proporțională cu costul.

Pentru date digitale, viteza datelor trebuie să fie ridicată pe cât posibil într-o limită a ratei erorilor pentru o lățime de bandă dată.

#### 2.4.24.2. Unde sinusoidale

Cele mai multe semnale transportate de canalele de comunicații sunt modulate după forma undelor sinusoidale descrise prin funcția  $\sin$ .

Matematic **unde sinusoidale** sunt exprimate prin:

$$s(t) = A \sin(2\pi f t + \Phi)$$

unde  $A$  este amplitudinea,  $f$  frecvența și  $\Phi$  faza undelor sinusoidale.

Undele sinusoidale au o singură frecvență.

Descrierea semnalului se poate face în 2 moduri: modelul domeniu timp (evoluție în timp) și modelul domeniu frecvență.

Urmând teorema lui Fourier, orice semnal  $s(t)$  funcție de timp poate fi reprezentat ca o sumă de unde sinusoidale de frecvențe și faze diferite:

$$s(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \Phi_1) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \Phi_2) + A_3 \sin(2\pi f_3 t + \Phi_3) + \dots$$

Descrierea unui semnal din punct de vedere al frecvențelor componente se numește **spectru de frecvențe**.

#### 2.4.24.3. Viteza de transfer și capacitatea canalului (mediului de transmisie). Proiectarea limitelor pentru viteza maximă de transfer a datelor și de capacitate a canalului

În continuare se arată în ce măsură alegerea felului de modulație determină o limită asupra vitezei de transfer a datelor. **Modulația** reprezintă amplitudinea codării datelor binare (sus, jos). Această limită este impusă de numărul de nivele al fiecărui interval de semnalizare. Pentru sistemul binar există 2 nivele pentru intervalul de semnalizare și viteza maximă de transfer a datelor egalează viteza de semnalizare. S-a observat că adăugarea informației de încadrare (*framing*) și sincronizare (*timing*) afectează negativ viteza de transfer a datelor, de aceea în general pentru sistemul binar viteza de transfer a datelor va scădea sub viteza de semnalizare (*signaling*). Aceste limitări există în practică, dar prin introducerea unor circuite din ce în ce mai complexe și procesare a semnalelor, viteza transferului de date poate spori.

Capacitatea canalului depinde de 4 factori:

- **viteza de transfer a datelor** (în bps);
- **lățimea de bandă** - depinde mediului de transmisie (exprimată în biți pe secundă sau Hz);

- **zgomotul** (media nivelului de zgomot prin canal);
- **viteza de apariție a erorilor** (procentul de timp când biți sunt afectați).

**Notă: Este important să înțelegem distincția între viteza maximă și capacitatea canalului.**

#### 2.4.24.4. Formula lui Nyquist. Viteza maximă a datelor transmise de-a lungul căii de comunicație

Dacă semnalul ce va fi transmis este binar cu frecvența de  $H$  Hz, atunci capacitatea unui canal binar este de  $2H$  (fiecare tic-tac reprezintă un bit), unde  $H$  este lățimea de bandă a canalului. Sau altfel spus, entru o lățime de bandă  $H$ , viteza posibilă cea mai mare a semnalului este  $2H$ . De exemplu, pentru un canal de 3 kHz, cel mult 6 Kbps pot fi transmiși dacă se folosesc doar 2 nivele de tensiune.

Nyquist în 1924 a exprimat capacitatea canalului prin formula:

$$C=2H\log_2V,$$

unde  $H$  este lățimea de bandă a canalului și  $V$  este numărul de semnale discrete sau nivele de voltaj.

Pentru un canal liber (fără zgomot), limita vitezei de transfer a datelor este egală cu lățimea de bandă a canalului.

Afirmațiile de mai sus sunt valabile pentru semnalele cu 2 nivele de voltaj.

Dacă se folosesc 8 nivele de voltaj diferit, capacitatea canalului va fi de 6 ori lățimea de bandă

Pentru o lățime de bandă dată, viteza de transfer a datelor poate fi crescută prin creșterea numărului de semnale elementare (componente).

Pentru semnalele multinivel, formula Nyquist este:  $C = 2B\log_2M$

Valoarea lui  $M$  este practic limitată de către zgomot și alte impedimente de pe linia de transmisie.

#### 2.4.24.5. Formula lui Shannon pentru capacitatea canalului

Formula lui Nyquist dă o relație între lățimea de bandă și viteza de transfer a datelor.

**Viteză mai mare de transfer date înseamnă rată mai mare de apariție a erorilor.**

Biți mai scurți înseamnă că mai mulți biți au fost corupți de către un model de zgomot dat.

Teorema lui Nyquist este valabilă pentru canale fără zgomot. Luând în considerare zgomotul canalului, Shannon în 1948 a exprimat capacitatea maximă a canalului prin formula:

$$C=B\log_2(1+S/N),$$

unde  $S/N$  este raportul semnal-zgomot și  $C$  capacitatea canalului.  $C$  se măsoară în biți pe secundă (bps), iar lățimea de bandă  $B$  a canalului Hz.

Formula de mai sus se numește legea lui Hartley-Shannon și exprimă viteza maximă cu care informația poate fi transmisă fără erori printr-un canal de comunicație care are zgomot.

De exemplu, dacă avem un raport semnal-zgomot de 1000:1, atunci capacitatea maximă a canalului pentru 3 kHz este:  $C = 3,000 \log_2 (1 + 1000) \approx 30.000$  bps.



Pentru o lățime de bandă dată, raportul **S/N** tinde la  $\infty$ , la fel și capacitatea. În practică este cu totul altceva.

Zgomotul poate afecta biți de date. O putere mai mare a semnalului poate conduce la o mai bună distincție a semnalului în prezența zgomotului.

Formula lui Shannon oferă capacitatea maximă posibilă luând în considerare doar zgomotul alb. Nu ia în considerare atenuarea, întârzierea datorată distorsiunii sau zgomotul datorat mișcării.

Acești factori trebuie reduși ca efect prin cunoașterea lor de către administratorul rețelei.

Teorema lui Shannon pentru codificarea canalului spune că pentru un canal dat există un cod care va permite o transmisie fără erori de-a lungul unui canal la viteza  $R$  oferind  $R \leq C$ , unde  $C$  este capacitatea canalului.

Pentru un canal binar, fie  $p$  probabilitatea ca transmisia să fie corectă și  $(1-p)$  probabilitatea în caz contrar.

Capacitatea canalului poate fi:  $C = 1 + p \log_2(p) + (1-p) \log_2(1-p)$ , unde  $p$  este probabilitatea de a apărea bit eronat.

#### 2.4.24.6. Raportul semnal-zgomot (SNR)

SNR reprezintă raportul între puterea semnalului și puterea zgomotului. În mod tipic măsurat la receptor pentru a procesa semnalul și a elimina zgomotul nedorit.

Măsurat în decibeli are formula:

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \frac{\text{(puterea semnalului)}}{\text{(puterea zgomotului)}} \text{ [dB]}$$

SNR exprimă cantitatea prin care semnalul destinat depășește nivelul zgomotului.

SNR mare implică o mare calitate a semnalului (util), în timp ce SNR mic indică necesitatea de repetoare.

#### 2.4.24.7. Tehnica spectrului împrăștiat

Conform legii lui Hartley-Shannon putem stabili legătura între puterea semnalului și lățimea de bandă pentru a crește capacitatea canalului.

Datorită relației de tip logaritmice  $C = B \log_2(1 + S/N)$ , o creștere semnificativă a puterii semnalului  $S$ , nu produce o creștere proporțională similară pentru capacitatea canalului. Pentru a obține rezultatul dorit putem crește lățimea de bandă.

Raportul  $S/N$  este tipic de dimensiune 0,1 în tehnicile de spectru împrăștiat, deși toate fracțiile din descompunerea logaritmului, cu excepția primului termen sunt neglijabile. De exemplu, pentru un canal de 32 Kb/s cu raportul semnal-zgomot de 0,001 (-30dB)  $B \approx 22$  MHz.

Două criterii principale se utilizează în **spectrul împrăștiat**:

- lățimea de bandă pentru transmisie este mult mai mare decât minimul lățimii de bandă minimă pe care semnalul o solicită (așa cum rezultă din legea Hartley-Shannon);
- numeroase funcții, altele decât informația trimisă, determină lățimea de bandă de radio frecvență.

#### 2.4.24.8. Relația între lățimea de bandă și viteza de transfer a datelor

Orice sistem emițător/receptor poate găzdui doar un domeniu limitat de frecvențe.

Orice formă de undă digitală are o lățime de bandă infinită, doar că sistemul de transmisie limitează forma de undă la un semnal printr-un mediu (de orice tip).

Pentru oricare mediu de comunicație dat, costul este direct proporțional cu lățimea de bandă transmisă.

**Lățimea de bandă** (*bandwidth*) este definită ca fiind cantitatea de informație care poate circula printr-o conexiune de rețea dintr-o locație în alta, într-o anumită perioadă de timp.

Acest termen de lățime de bandă provine din domeniul electric, unde lățimea de bandă (*bandwidth*=capacitatea conexiunii) reprezintă distanța totală sau nivelul între cel mai mare și cel mai mic semnal de pe canalul de comunicație, numit **bandă**.

Unitatea de bază folosită în descrierea fluxului informațiilor într-un calculator este **bitul**. **Biți pe secundă** reprezintă unitatea de măsură pentru lățimea de bandă în sistemul digital.

Pe lângă lățimea de bandă mai există un concept ce trebuie luat în calcul: *throughput*. Throughput se referă la lățimea de bandă actuală, efectivă, măsurată la un moment dat. Lățimea de bandă efectivă, este de multe ori mai mică decât lățimea maximă a benzii pe care un mediu de transmisie o poate folosi. Factorii principali care conduc la acest lucru sunt: echipamentele din rețea, tipul datelor ce sunt transferate, topologia rețelei, numărul utilizatorilor, calculatorul folosit, serverul din rețea, fluctuațiile de tensiune.

Când se proiectează o rețea se ia în calcul lățimea de bandă teoretică. Dar rețeaua nu va fi mai rapidă decât o permite mediul fizic de transmisie a datelor. Acesta este motivul pentru care se recomandă măsurarea lățimii de bandă disponibile pentru a se decide dacă mediul de transmisie respectiv este adecvat.

Este important să înțelegem conceptul de lățime de bandă din următoarele motive :

- **lățimea de bandă este limitată**. Indiferent de mediul folosit pentru a construi o rețea, există limite ale capacității rețelei de a transporta informație. Lățimea de bandă este limitată de legile fizicii și de tehnologiile folosite pentru a transmite în rețea.

Lățimea de bandă variază în funcție de mediul fizic pe care circulă informația cât și în funcție de tehnologia folosită. Semnalele trec prin cablurile UTP, coaxiale, fibră optică sau aer. Diferențele fizice de propagare a semnalelor sunt date de capacitățile mediului folosit. Lățimea de bandă a unei rețele este determinată de o combinație între mediul fizic și tehnologiile alese pentru detectarea și generarea de semnale de rețea. De exemplu, caracteristicile fizice ale cablului de cupru UTP, ne spun ca limita lățimii de bandă teoretică este 1Gbps. Lățimea de bandă actuală este determinată de metoda de generare a semnalului, placa de rețea și alte echipamente de rețea alese. De aceea, lățimea de bandă nu depinde doar de limitele mediului folosit.

- **lățimea de bandă nu este gratuită**. Pentru LAN se poate cumpara echipament care să ofere o lățime de bandă pe o perioadă de timp îndelungată. Pentru conexiunile de WAN, este necesar să se cumpere lățime de bandă de la un furnizor de servicii (*service provider*).

- **lățimea de bandă este un factor important care este folosit la analiza performanțelor unei rețele, a proiectării rețelelor și la înțelegerea Internetului**. Un administrator de rețea, trebuie să înțeleagă impactul lățimii de bandă și a transferului efectiv

asupra performanțelor unei rețele. Informația se transmite ca un flux de biți de la calculator la calculator prin toată lumea.

- **cererea de lățime de bandă continuă să crească.** Cu cât noile tehnologii de rețea sunt concepute pentru o mai mare lățime de bandă, noi aplicații sunt create pentru a beneficia de aceste capacități. De exemplu, sistemul de telefonie IP este acum frecvent instalat în locul celui clasic.

**Deși termenii lățime de bandă și viteză sunt folosiți alternativ, nu reprezintă exact același lucru.**

Termenul viteză pentru domeniul rețelelor de calculatoare se referă la viteza de transport a datelor suportată de către o conexiune de rețea sau o de către interfață de rețea.

Lățimea de bandă a rețelei reprezintă unul din factorii care determină „viteza” rețelei (**performanța de lucru a rețelei**) percepută de utilizator.

Timpul necesar transmiterii informației folosind un anumit mediu se calculează cu formula:

$$\text{timpul estimat} = \frac{\text{cantitatea de date}}{\text{lățimea de bandă}}$$

Rezultatul obținut reprezintă **viteza maximă** cu care pot fi transmise datele. Această formulă însă nu ia în calcul nici una din cauzele ce pot afecta lățimea de bandă. Ea face o estimare generală a timpului necesar pentru a transmite informații folosind un anumit mediu de transmisie și o anumită aplicație.

Mărimea lățimii de bandă este o informație critică în specificațiile rețelei. Un LAN obișnuit poate fi construit să asigure 100 Mbps către fiecare stație, dar asta nu înseamnă că fiecare utilizator poate transporta 100 Mbps prin rețea în fiecare moment. Acest lucru se poate realiza numai în circumstanțe ideale. De exemplu, rețelele Fast Ethernet teoretic suporta 100 Mbps lățime de bandă, dar acest nivel nu poate fi atins în practică (datorită hardware-ului, sistemului de operare). Același lucru este valabil și pentru alte tipuri de medii de comunicație.

Proiectanții de rețea și administratorii sunt adesea puși să ia decizii referitoare la lățimea de bandă. Una dintre decizii poate fi să mărească conexiunea WAN.

Un prim punct de plecare este o simplă calculare a ratei de transfer. Folosind formula:

$$\text{timpul de transfer} = \frac{\text{mărimea fișierului}}{\text{lățimea de bandă}}$$

se pot estima câteva dintre componentele importante de rețea. La acest calcul trebuie să ținem seama de două lucruri importante :

- rezultatul este doar o aproximare, deoarece dimensiunea fișierului nu include nici un antet adăugat de încapsulare;
- rezultatul este tot o aproximare a celui mai bun timp, deoarece lățimea de bandă nu este niciodată la mărimea teoretică. O estimare mai precisă poate fi făcută dacă am folosi lățimea de bandă efectivă.

#### 2.4.24.9. Lățimea de bandă pentru diverse tipuri de conexiuni

Tabelul 2.28 prezintă viteza conexiunii funcție de tipul acesteia. Lățimea de bandă poate fi mai mare sau mai mică decât aceste valori, depinzând de congestia Internet.

Tipul conexiunii	Viteza conexiunii
28,8 Kbps	dial - up 28,8 k
33,6 Kbps	dial - up 33,6 k
53,3 Kbps	dial - up 56 k
128 Kbps	ISDN 128 k
384 Kbps	DSL / cable 384 k
768 Kbps	DSL / cable 768 k
1500 Kbps	cable / DSL 1,5 MB

#### 2.4.24.10. Administrarea lățimii de bandă

Lățimea de bandă reprezintă capacitatea unei rețele de a transporta informații și este unul dintre factorii care au impact asupra performanței rețelei.

**Lățimea de bandă a rețelei interne** se referă la capacitatea disponibilă în rețeaua locală.

**Lățimea de bandă a rețelei externe** se referă la capacitatea între rețeaua locală și Internet.

Administrarea lățimii de bandă a rețelei este folosită în acest caz pentru a controla volumul de date transferate între calculatoarele conectate la rețeaua locală și alte calculatoare din Internet.

Administrarea lățimii de bandă oferă atunci când trebuie lățime de bandă cu prioritate anumitor aplicații din rețea. Fără administrarea lățimii de bandă o aplicație sau un utilizator ar putea consuma toată lățimea de bandă disponibilă.

Tehnologiile folosite la implementarea managementului lățimii de bandă sunt bazate pe o abordare numită **calitatea serviciului** QoS. Managementul lățimii de bandă lucrează prin identificarea traficului ce trece prin rețea pentru aplicație și aplicarea politicilor QoS folosite pentru a proteja, priorita sau restricționa aceste aplicații. QoS se referă la măsurarea și menținerea în limite optime a performanței unei rețele.

#### 2.4.25. Semnale analogice. Semnale digitale.

Transmisia radio, TV și telefonică se realizează prin aer sau fire folosind unde electromagnetice. Aceste unde sunt denumite analogice, deoarece au aceeași formă ca undele de lumină și sunetul produse de emițătoare.

Banda analogică este măsurată în funcție de cât spectru electromagnetic este ocupat de fiecare semnal. **Unitatea de bază a măsurării lățimii de bandă analogice este hertzul (Hz)**, sau cicluri pe secundă. **Unitatea de bază a măsurării lățimii de bandă digitale este bitul pe secundă (bps)**. Cu toate că semnalele analogice sunt capabile de a transporta o varietate de informații, ele au câteva dezavantaje semnificative în comparație cu semnalele digitale. Semnalul video analog care necesită o lățime de bandă mare pentru transmisie nu poate fi rupt în bucăți mai mici. Din această cauză dacă nu există banda analogică necesară, semnalul nu poate fi transmis.

La semnalele digitale, totul este transmis ca biți, indiferent de tipul informației transmise. Vocea, imaginea și datele, toate devin înșiruiți de biți când sunt pregătite pentru transmisie peste un mediu digital.

ITU-T a recomandat ca parametrii cei mai importanți care afectează transmisia să fie ținuti între valorile limită astfel încât comunicația rețelei (prin conexiuni, terminale, puncte de acces, echipamente de comutare) să fie de bună calitate.

#### **2.4.26. Probleme pentru transmisia analogă**

Transmisia analogă este afectată de atenuare, distorsiune, suprapunere, zgomot și alte influențe externe. Aceste impedimente sunt prezentate în continuare.

##### **2.4.26.1. Atenuarea**

Atenuarea este un exemplu de parametru de transmisie, fiind o mărimea care arată cu cât descrește amplitudinea (puterea) semnalului la receptor.

**Pentru medii ghidate** este logaritmică. Scade cu un număr constant de decibeli pe unitatea de distanță.

**Pentru medii neghidate** fluctuează în mod mai complex, funcție de distanță și condițiile atmosferice. Efectul de atenuare al ploii devine notabil la frecvențe peste 10 GHz, când lungimea de undă coboară la dimensiune unei picături de ploaie.

Atenuarea este dependentă de frecvență și poate fi păstrată între limite de-a lungul unei benzi de frecvențe. Atenuarea reduce amplitudinea (puterea) semnalului electric și crește funcție de frecvență (pentru cablu coaxial, legături radio).

Amplitudinea semnalului electric analog descrește datorită rezistenței pe care o întâmpină semnalul din partea conductorului, la transferul semnalului prin acesta.

Pentru transmisie semnalul recepționat trebuie să fie suficient de puternic pentru a permite detectarea, dar nu atât de puternic ca să supreîncarce circuitele emițătorului sau receptorului, care vor fi cauza distorsiunii.

Semnalul trebuie să mențină un nivel suficient de ridicat față de zgomotul canalului pentru ca să fie recepționat fără erori.

Odată cu creșterea distanței, atenuarea se resimte și se impune folosirea repetoarelor sau amplificatoarelor pentru a reface semnalul.

Utilizarea amplificatoarelor poate amplifica mai mult frecvențele înalte decât frecvențele joase.

**Notă:** Atenuarea rețelei a unei conexiuni poate fi calculată ca o sumă de atenuări ale porțiunilor.

Valoarea obținută a atenuării în nici un caz nu indică puterea reală a semnalului recepționat.

##### **2.4.26.2. Distorsiunea amplitudinii**

Tot atenuarea cauzează și așa-numita distorsiune a amplitudinii. Atenuarea distorsionează semnalul recepționat reducându-i „înțelesul”. Distorsiunea reprezintă modificarea nedorită a a semnalelor în timpul transferului.

## Întârzierea datorată distorsiunii

Întârzierea datorată distorsiunii este specifică pentru mediile de transmisie ghidate și este cauzată de faptul că viteza de propagare a semnalului prin mediul ghidat variază cu frecvența.

Componentele de frecvențe diferite ale semnalului ajung la receptor în timpi diferiți, rezultând deplasări în fază între diferite frecvențe.

Pentru semnalele cu lățime de bandă limitată, viteza tinde să fie mai mare în apropierea frecvenței centrale (din interval) și scade spre ambele extremități ale benzii.

### 2.4.26.3. Suprapunere

Un alt tip de atenuare în volum a sunetului, care afectează transmisiile radio se numește **mixaj**, adică o suprapunere (*fading*), care reduce intensitatea semnalului pentru o componentă sau mai multe din semnalul radio.

Este un fenomen care apare cât timp semnalele radio sunt reflectate și refractate de diferite straturi atmosferice și pământ și reprezintă una dintre cele mai dificile probleme de stăpânit în comunicațiile radio. Efectul de suprapunere, care este dependent de timp și frecvență se manifestă însuși drept variație în amplitudine și fază a semnalului.

Cauzele cele mai comune ale suprapunerii sunt:

- devierea anormală a undelor radio datorită refracției;
- propagare multi-căi datorită undelor radio reflectate de către pământ sau de către straturile de aer cu diferite densități;
- atenuare datorită precipitațiilor.

Indicele de refracție este afectat de temperatura aerului, presiune și umiditate. Indicele de refracție al aerului pentru undele radio variază invers proporțional ca înălțimea (altitudinea).

La frecvențe mai joase de 10 GHz, suprapunerea este în principal cauzată de interferențele care apar între semnalele directe și cele reflectate de pământ sau între diferite căi de prin atmosferă. Acest tip de propagare multi-căi este cel mai des întâlnită în nopțile de vară și de toamnă timpurie.

### 2.4.26.4. Zgomotul

Zgomotul reprezintă semnale nedorite care se inserează în semnalul real și în timpul transmisiei. Este prezent în toate circuitele electronice. Nu există sistem care să nu aibă zgomot. Putem doar să reducem cât mai mult zgomotul. Valorile limită sunt recomandate de ITU-T. Nu nivelul zgomotului (absolut) trebuie luat în considerare, ci **raportul semnal-zgomot** (vezi subcap. "Raportul semnal-zgomot"). Relația (raportul) între nivelul semnalului transmis și zgomot determină capacitatea de înțelegere a aceluia semnal.

Când există atenuare trebuie folosite amplificatoare pentru a descrește raportul semnal - zgomot. Desigur și zgomotul este amplificat exact la fel de mult ca și semnalul. Dacă nivelul zgomotului este mai mare decât al semnalului, se selectează semnalul de nivel scăzut.

Există 4 tipuri de zgomot:

### a) zgomotul termal numit și zgomot alb.

Apare ca urmare a agitației tehnice a electronilor care degajă temperatură. Este prezent în toate dispozitivele electronice.

Zgomotul termal are o distribuție uniformă de-a lungul spectrului de frecvențe, nu poate fi eliminat și se plasează la limita de sus pentru performanța unui sistem.

Zgomotul alb într-o lățime de bandă de 1 Hz pentru orice dispozitiv electronic sau conductor este:

$$N_0 = kT \text{ [W/Hz]},$$

unde  $N_0$  = densitatea de putere a zgomotului în wați pe 1 Hz de lățime de bandă,  $k$  = constanta Boltzmann =  $1,3803 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$ , iar  $T$  = temperatură măsurată în grade Kelvin.

Se observă că **zgomotul alb este funcție de temperatură**, fiind direct proporțional. Rezultă că **sistemul de răcire (disipare de căldură) pentru dispozitivele electronice este foarte important, deoarece cu cât acesta este mai eficient, cu atât zgomotul alb este mai redus.**

De exemplu, dacă într-o cameră temperatura este de  $17^\circ\text{C}$  ( $T=17^\circ\text{C}$  sau  $T=290^\circ\text{K}$ ) densitatea de putere a zgomotului este:  $N_0 = 1,3803 \times 10^{-23} \times 290 = 4 \times 10^{-21} \text{ W/Hz} = -204 \text{ dBW/Hz}$

Zgomotul termal într-o lățime de bandă de  $B$  Hz poate fi exprimat prin:  **$N = kTB$**  sau în decibeli-wați  $N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B = -228,6 + 10 \log T + 10 \log B \text{ dBW}$

Pentru un receptor cu temperatura efectivă de  $100^\circ\text{K}$  și cu lățimea de bandă de 10 MHz, nivelul zgomotului termal la ieșire este:  $N = -228,6 + 10 \log 10^2 + 10 \log 10^7 = -228,6 + 20 + 70 = -136,6 \text{ dBW}$  și reprezintă pierderea în dB-wați datorată zgomotului alb.

### b) zgomotul de intermodulare

Semnale de diferite frecvențe partajează același mediu de transmisie.

Pot rezulta semnale care sunt suma sau diferența sau produsul diferitelor frecvențe originale.

Acest zgomot apare când există ceva neliniaritate pentru emițător, receptor sau pentru sistemele ce intervin în transmisie. Neliniaritatea poate fi cauzată de către funcționarea defectuoasă a componentelor sau semnal excesiv de puternic.

Trebuie evitat ținând seama de cauzele care pot duce la apariția sa și nu poate fi stăpânit matematic deoarece variază aleator.

### c) zgomot de perturbare (diafonie)

Diafonia este fenomenul prin care o conexiune este perturbată de o transmisie de pe o altă conexiune. Acest fenomen apare în transmisiile prin perechi de cabluri, ca urmare a cuplării electrice între apropierea perechilor de fire tosadate sau a semnalelor multiple (alăturate) în cablurile coaxiale. Poate apare și ca urmare a semnalelor nedorite recepționate de către antenele de microunde.

În cazul cablului coaxial, diafonia poate fi luată în considerare la frecvențe sub 60 kHz. Peste 60 kHz, diafonia descrește cu frecvențe și este mai greu măsurabilă la 500 kHz.

În general are același ordin de mărime sau mai scăzut cu zgomotul termal.

#### d) zgomotul datorat mișcării

Acesta este un zgomot care un este continuu, constând în pulsuri sau zgomote de vârf iregulate, de scurtă durată și amplitudine mare.

Poate fi cauzat de către iluminare sau defecte în sistemele de comunicații.

Pentru datele analogice nu este o problemă majoră, dar pentru datele digitale poate fi semnificativă.

De exemplu, un vârf de 0,01s nu va distruge nici o dată vocală, dar va distruge 560 biți în timpul transmisiei la viteza de 56 Kbps.

#### 2.4.26.5. Interferențe externe

În sistemele metalice, interferențele externe cauzate de către puterea liniilor și emițătoarele radio pot degrada serios calitatea transmisiei.

Interferența poate de asemenea fi cauza efectelor iluminărilor în vecinătatea cablurilor metalice, deci este necesară o iluminare adecvată.

Pentru telefonie există și fenomenul de *sidetone* (tonuri adiacente, alăturate), un fel de ecou.

#### 2.4.27. Probleme pentru transmisia digitală

Transmisia digitală este afectată de raportul biților de eroare, distorsiune, zgomot, diafonie, ecou, etc..

##### 2.4.27.1. Lățimea de bandă

Când informația este transmisă digital, lățimea de bandă sau capacitatea transmisiei este specificată în biți pe secundă (bps).

Transmisia digitală (ca o formă de impuls electric) prin linii de cupru este direct relaționată cu „lățimea de bandă analogă”.

Distanța între frecvențele componente este întotdeauna egală cu frecvența fundamentală a informației transportate:  $f_0 = 1/T$ .

Amplitudinea este întotdeauna 0 la frecvența  $1/t_p$ , unde  $t_p$  este durata impulsului.

##### 2.4.27.2. Raportul biților de eroare

Unul dintre cei mai comuni parametri de calitate a conexiunii în rețelele digitale este **BER** (Bit Error Ratio) și reprezintă media biților recepționați incorect de către receptor din numărul total de biți transmiși. Trimitem un șablon de biți și numărăm numărul de biți.

Pentru următoarele servicii, un BER acceptabil pentru transmisii fără disturbări are valorile din tabelul 2.29.

Serviciu	BER acceptabil
date	$10^{-7} - 10^{-8}$
fax	$10^{-5} - 10^{-6}$
video-telefon	$10^{-6} - 10^{-7}$
e - mail	$10^{-5} - 10^{-6}$



De exemplu, pentru transmisie de voce printr-o conexiune de 64 kbit/sec, BER este  $10^{-6}$  sau mai puțin, în timpul unei perioade arbitrare de timp, în care receptorul nu sesizează degradarea calității. Dacă BER este  $10^{-6}$ , degradarea calității transmisiei este neglijabilă; pentru BER de  $10^{-4}$ , distubarea este considerată oarecum iritantă, iar pentru BER de  $10^{-3}$ , perturbarea calității este severă.

În practică, biții de eroare apar în rafale.

### 2.4.27.3. Timpul de propagare și întârzierea datorată distorsiunii

#### Distorsiuni datorate cuantificării

La conversiile analog-digital numite cuantificări, se generează distorsiuni ale curbelor vocale, deoarece doar un număr limitat de intervale de cuantificare sunt folosite pentru a descrie informația.

Acumulările datorate distorsiunilor de cuantifiere determină efecte asupra calității transmisiei degradându-se considerabil dacă se realizează mai multe conversii A/D.

**Timpul de propagare este timpul pe care îl consumă un semnal de o anumită frecvență când circulă între emițător și receptor.**

Timpul de propagare este dependent de frecvență.

**Întârzierea datorată distorsiunii** apare când sunt frecvențe într-un semnal care ajung la receptor înaintea altora.

Valorile limită pentru întârzierea datorată distorsiunii sunt specificate ca diferența în ms dintre timpul de propagare al celei mai rapide frecvențe și timpii de propagare ai frecvențelor limită superioară, respectiv inferioară.

Pentru a compensa diferențele din timpul de propagare sunt proiectate echipamente care adaugă întârziere frecvențelor mai mari. Totuși, timpul de propagare total nu trebuie să fie prea lung. ITU-T recomandă maxim 150 ms între 2 utilizatori. Pentru limitele internaționale cu trafic via satelit este permisă o întârziere de 400 ms.

### 2.4.27.4. Zgomotul

Zgomotul joacă un rol crucial în sistemele de comunicație.

În teorie acesta determină capacitatea teoretică a canalului și poate fi descris matematic (vezi poziția [11] din bibliografie).

În practică acestea determină numărul de erori apărute în comunicațiile digitale.

Zgomotul în conexiunile digitale este predominant cauzat de biții de eroare.

Astfel, semnalul rezultat (semnalul care transmite date împreună cu zgomotul) poate fi interpretat eronat la receptor.

Zgomotul poate avea cauze multiple, de aceea trebuie făcută distincție între:

- **zgomotul alb** (și constant pentru toate frecvențele);
- **zgomotul  $1/f$**  (care descrește cu creșterea frecvenței).

#### Zgomotul alb

Zgomotul alb include zgomotul termic, pocnetul și zgomotul despărțitor.

Semnalul purtător prin material se mișcă și produce temperatură, care crește odată cu

viteza semnalului și invers. Acesta este zgomotul termic.

Pocnetul (*shot noise*) apare în semiconductori și se datorează schimbului între purtători. În tranzistorii bipolari apare zgomotul de separare sau despățitor (*partition noise*).

### **Zgomotul 1/f**

Zgomotul tremurat este un exemplu de zgomot 1/f.

Zgomotul tremurat (*flicker noise*) apare în semiconductori ca urmare a schimburilor de purtători la suprafața semiconductorului.

### **Alte interferențe**

#### **Diafonia**

Există diafonie finală apropiată (apare între perechi de fire care transmit în direcții opuse) și îndepărtată (apare între prechi de fire care transmit în aceeași direcție).

**Ecoul** pentru transmisie digitală apare la fel ca în transmisia analogă. Ecoul este cauzat de întâzieri lungi, iar în sistemele digitale moderne pot fi foarte disturbatoar.

#### **Oscilații**

Sistemele de transmisie pot cauza apariția constantă a schimburilor de fază. Acest fenomen se numește deviere sau oscilație (*jitter*). Oscilația poate apare atât în sistemele analoge cât și în sistemele digitale când justificat biții sunt înlocuiți la tranziția de la viteze mari multiplexate de biți la viteze mici de biți.

### **2.4.28. Metode sigure și fiabile de transfer a informației**

Problemele prezentate în aceste subcapitole trebuie eliminate sau reduse. Administratorul trebuie să țină seama în proiectarea rețelei și de perturbațiile la care sunt supuse mediile de transmisie, adică componenta hardware a rețelei (legături, conectori, puncte de acces).

Trebuie conceput un **plan de transmisie** (vezi cap.1) constând în planificarea rețelei de transmisie în termeni de calitate.

### **2.4.29. Indicații pentru administratori pentru îmbunătățirea calității semnalului**

În continuare sunt prezentate măsuri de îmbunătățire a calității semnalului util, prin reducerea atenuării, distorsiunii și dispersiei.

Pentru sistemele digitale BER-ul trebuie ținut scăzut.

În transmisiile digitale de date, pot apare interferențe intersimbol. Interferențele pot fi reduse prin folosirea tehnicilor de egalizare (a frecvențelor).

Regenerarea semnalului (adică toate interferențele semnalului de intrare dispar) poate avea loc în repetoarele intermediare dacă este necesar. Semnalul de ieșire este nou și identic cu cel original. Codarea liniei este metoda de a face regenerarea mult mai fiabilă.

#### **2.4.29.1. Reducerea atenuării și distorsionării**

Semnalele electronice trimise printr-un cablu se vor deteriora în mod inevitabil, fiind afectate mai mult de atenuare și distorsionare. Fiecare dintre aceste forme de deteriorare trebuie să fie abordată și rectificată separat.

Atenuarea poate fi compensată prin dimensionarea cablurilor la o lungime minimă, pentru a garanta că semnalul este suficient de puternic pentru a ajunge la toate destinațiile din lungul cablului. În cazul în care cablul trebuie să fie relativ lung, poate fi instalat pe linie un repetor.

Distorsionarea este o problemă mai gravă în transmiterea semnalelor. Aceasta este diferită de atenuare. Semnalele distorsionate pot altera orice date transportate.

Repetoarele sunt incapabile de a face diferența dintre semnalele corecte și cele distorsionate, ele doar repetă semnalele fără deosebire. Există totuși mai multe metode de combatere a distorsiunilor:

- urmați riguros orice instrucțiuni de instalare care v-au fost furnizate împreună cu mediul dumneavoastră de transmisie;
- identificați toate sursele care pot cauza distorsiuni. În continuare, încercați să îndepărtați cablurile de sursele respective. De asemenea, poate fi util să folosiți tehnologii speciale de transmisie în rețea, precum cablarea prin fibre optice, care pot împiedica apariția distorsiunilor.
- utilizați protocoalele de rețea care au capacitatea să detecteze și să corecteze automat orice erori de transmisie posibile.

#### **2.4.29.2. Reducerea dispersiei**

O fibră specială poate fi folosită pentru a se scăpa de dispersie. O fibră DS (dispersion shifted fibre) este o fibră modificată, o fibră singur mod purificată. Dispersia are un minim care poate fi între 1.310 nm și 1.550 nm. Ambele, dispersia minimă și atenuarea cea mai joasă, apar la aceeași lungime de undă. Fibra DS este mai mult sau mai puțin adecvată pentru transmisiile viitoare la viteze de biți de 10 Gbit/s și peste.

#### **2.4.30. Măsurători pentru mediul de rețea**

Măsurătorile pentru mediul de rețea sunt organizate în 6 zone prin care se poate crește calitatea transiterii datelor:

- utilizatorii și tipul lor;
- costurile;
- traficul datelor din rețea;
- utilizarea rețelei;
- numărul serviciilor și tipurile acestora;
- suportul rețelei (asistența).

De exemplu, fiind dat un set de măsurători de performanță corespunzătoare unei rute, cum putem construi imaginea de ansamblu a performanțelor unei rețele ?

O metodă simplă este să preluăm un set complet de măsurători ale fiecărei căi de-a lungul rețelei și să le combinăm pentru a obține metricile medii (valorile medii).

Măsurătorile medii ale performanței rețelei sunt într-o oarecare relație cu performanțele oricărei căi individuale.

## 2.4.31. Probleme ale mediului fizic al rețelei

### 2.4.31.1. Coliziuni. Analiza coliziunilor

Pentru Ethernet doar un singur calculator gazdă poate transmite la un moment dat. Orice calculator care dorește să transmită verifică dacă mediul de comunicație este ocupat. Dacă rețeaua este fără activitate și nu se detectează purtătoare pe cablul o perioadă de timp specificată, atunci calculatorul gazdă începe să transmită datele proprii.

În timp ce este transmis un cadru, un calculator ascultă pentru a se asigura că nici o altă stație nu începe să transmită. Dacă orice alt calculator gazdă începe transmisiia în același timp apare **coliziune**. Atât timp cât doar un singur dispozitiv poate transmite la un moment dat, ambele dispozitive trebuie să aștepte pentru a retransmite din nou. Algoritmul de retransmisie cere ca fiecare dispozitiv să aștepte o cantitate de timp aleatoare, astfel cele 2 calculatoare gazdă vor reîncerca la momente diferite, al 2-lea calculator gazdă va sesiza dacă rețeaua este ocupată și așteaptă până ce cadrul se termină de transmis.

Dacă cele 2 dispozitive reîncearcă în același timp, se vor coliza încă odată. Acest proces se repetă până când fiecare trimite în final pachetul prin rețea fără coliziune sau după 16 coliziuni consecutive pachetul este abandonat (**coliziune excesivă**) (vezi subcapitolul următor).

**Coliziunile care apar din cauza a 2 stații de pe aceeași rețea care transmit în același timp sunt evenimente normale în Ethernet. Dacă traficul din rețea crește, crește de asemenea și numărul coliziunilor din rețea.**

Dacă coliziunea se produce din cauza a 2 stații care transmit la momente diferite, aceasta este considerată anormală. Se numește **coliziune întârziată** (*late collision*) (vezi subcapitolul următor).

Un număr neobișnuit de coliziuni într-o rețea poate indica o problemă rezultată de cele mai multe ori din cauza configurației greșite a rețelei sau din cauza dispozitivului de transmisie. **Cel mai probabil, coliziunile sunt rezultatul reflexiilor sau altor probleme de natură fizică, cum ar fi transmitătorul defect. O buclă de împământare este o altă cauză a coliziunilor în cazul în care cablul este împământat în două puncte, sau cablul este defect sau stația (calculatorul) este incorect conectată la rețea.**

### 2.4.31.2. Rata coliziunilor. Măsurarea coliziunilor

Frecvența de apariție a coliziunilor sau rata coliziunilor este un procent calculat cu formula:

$$\text{rata coliziunilor} = \frac{\text{numărul pachetelor cu coliziuni}}{\text{numărul total de pachete}} * 100 \text{ (în procente)}$$

Numărul total de pachete reprezintă pachetele ieșite din interfață de la ultima pornire a calculatorului.

Care este nivelul de coliziuni acceptat ?

Acest nivel depinde de protocolul și de aplicațiile folosite de rețea.

Coliziunile fac parte din funcționarea normală a Ethernetului. O rețea Ethernet

funcționează la parametri optimi, dacă rata **coliziunilor** nu depășește 10 %. **Ethernet rulează eficient cu pierderi de până la 40%**. Un număr prea mare de coliziuni reduce lățimea de bandă disponibilă și crește timpul de răspuns pentru utilizatori. Dacă rata de apariție a coliziunilor este mai mare de 10% semnifică o rețea supra-încărcată, care funcționează lent și care poate fi considerată bună pentru **segmentare**. Rețeaua poate fi segmentată pe criteriul satisfacerii anumitor funcții.

Numărul de coliziuni este un indicator al traficului de rețea prin interfața specificată.

Numărul crescut al coliziunilor este deseori rezultatul existenței prea multor utilizatori intrați simultan în rețea, producându-se o scădere a lățimii benzii de comunicație a rețelei și, în consecință, o reducere a performanțelor. Dacă numărul de coliziuni per pachet la o interfață este considerat mare, interfața de rețea este supraîncărcată. Se recomandă să reorganizați rețeaua pentru a reduce numărul de coliziuni. Segmentarea rețelei, acolo unde aceasta este divizată în părți distincte ce se leagă împreună logic prin punți sau comutatoare, este singura modalitate de reducere a supraîncărcării rețelei.

Dacă o nouă stație de lucru este adăugată în rețea sau dacă aranjamentul subrețelei este schimbat, atunci coliziunile rețelei la interfață trebuie monitorizate pentru a verifica dacă noua configurație nu cauzează probleme.

**O rețea bandă de bază** are un singur canal care este folosit pentru comunicația între stații.

**O rețea în bandă largă** oferă diferite servicii care comunică pe diferite frecvențe de-a lungul aceluiași cablu. Comunicațiile în bandă largă permit rețelei Ethernet să partajeze același cablu fizic pentru voce sau servicii video.

Pentru măsurători care determină rata coliziunilor pentru un singur calculator gazdă folosim comanda: **netstat** (vezi capitolul 3).

Vitezele de apariție a coliziunilor în rețea se calculează colectând statistici de rețea cu ajutorul comenzii de mai sus pentru toate mașinile active și calculând încărcarea medie a rețelei prin adunarea numărului total de coliziuni împărțind la numărul total de pachete ieșite prin porturi.

**Viteza de producere a coliziunilor pentru un singur calculator gazdă este pachete cu coliziuni \* 100 totul împărțit la pachete trimise prin portul de ieșire.**

#### **2.4.31.3. Măsurile pentru detectarea coliziunilor: Controlul accesului la mediu pentru viteze mari de transfer de date**

Cea mai răspândită formă de controlul accesului la mediu (MAC) este acces multiplu cu detectarea purtătoarei și a coliziunilor CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect*) care este bazat pe folosirea unei rețele magistrală-partajată.

Stațiile din rețelele locale CSMA/CD pot accesa rețeaua în orice moment. Înainte de a trimite date, stațiile CSMA/CD ascultă rețeaua pentru a vedea dacă este folosită. Dacă este, stația așteptată înainte de a transmite. Dacă nu este folosită stația transmite. O coliziune apare când 2 stații transmit simultan. În acest caz, ambele transmisii sunt afectate și stațiile trebuie să retransmită mai târziu. Algoritmii din spate determină când stațiile aflate în coliziune să transmită. Stațiile CSMA/CD pot detecta coliziunile, astfel încât ele știu când trebuie să retransmită.

Considerăm următoarele formule care definesc:

• **întârzierea de propagare:**

$$T_p = \frac{D}{V}$$

•  **timpul de transmitere a unui cadru de nivel MAC:**

$$T_t = \frac{B_f}{R}$$

$$A = \frac{T_p}{T_t}$$

•  **timpul maxim necesar pentru detectarea coliziunii [s]:**

$$T_c = 2T_p$$

unde D este distanța care separă emițătorul de receptor [m], V este viteza de propagare [m/s],  $B_f$  este numărul de biți dintr-un cadru și R este viteza de transmisie a legăturii (viteza de biți) [b/s].

**Rețelele CSMA/CD funcționează bine când întârzierea de propagare este mai mică în comparație cu timpul necesar pentru transmiterea cadrului.** Acest lucru este necesar pentru a detecta coliziunea în timpul transmisiei. Timpul maxim pentru care un nod în rețelele CSMA/CD trebuie să-l aștepte, pentru a putea detecta coliziunea este  $T_c = 2T_p$ . Dacă  $T_p$  este mult mai mic decât  $T_t$ , atunci nu există suficient timp de așteptare până când o coliziune poate fi detectată.

De exemplu, considerăm o rețea de 2,5 Km care are viteza de transfer a datelor  $V = 2 \times 10^8$  m/s. Din calculele se obține  $T_c = 25$  μs. Pentru detectarea coliziunii, dimensiunea cadrului trebuie să fie de 10.000 biți.

În tabelul 2.30 se prezintă informații pentru detectarea coliziunilor, în funcție de viteza de transfer a biților.

Viteza de biți [Mb/s]	$T_t$ [μs]	2 Λ	Numărul de biți
10	1000	0,05	500
100	100	0,5	5000
200	50	1,0	10000

2 Λ = porțiunea din cadru care va fi transmisă înainte ca să se detecteze coliziunea.

Din tabel se observă că este posibil ca întreg cadrul să fie transmis înainte de a detecta coliziunea, dar este inacceptabil. O soluție la această problemă poate fi să creștem mai mult dimensiunea minimă a cadrului pentru vitezele mai mari de transmisie și lungimi mai mari de cablu, dar acest lucru este risipitor cu capacitatea rețelei. Acesta este motivul pentru care rețelele de mare viteză (LAN-uri și MAN-uri) trebuie să folosească alte metode MAC (de control al accesului la mediul de comunicație).

#### 2.4.32. Problemele mediului de transmisie

Pentru mediul de transmisie Ethernet există următoarele cauze și modalități de rezolvare a acestora:

- zgomot excesiv;
- coliziuni excesive;
- cadre-balast în exces;
- coliziune întârziată;
- legătură cu probleme.

a) Cu ajutorul comenzii **show interfaces Ethernet** (vezi capitolul 3) determinați starea interfeței dispozitivului Ethernet. Prezența multor erori CRC, dar nu a multor coliziuni, indică zgomot excesiv.

Inspectați cablurile să nu fie deteriorate, legătura între magistrală și un cablu de scurgere care conectează o stație de lucru la magistrală poate cauza reflexii, ce categorie de cablu este folosită pentru cablare (de exemplu, CAT5 se folosește și pentru trafic de voce și de date).

b) Cu ajutorul comenzii **show interfaces Ethernet** verificați frecvența de apariție a coliziunilor. Numărul total de coliziuni cu referire la numărul total de pachete produse (*output*) trebuie să fie 0,1% sau mai puțin.

Folosiți un reflectometru pentru a găsi orice cablu Ethernet neterminat. Reflectometrul este un dispozitiv care trimite semnale prin mediul de transmisie al rețelei pentru a verifica continuitatea cablului și alte caracteristici.

Inspectați și transmițătorul atașat la calculatorul gazdă pentru jabbering (neclaritate) . Aceste poate cere inspectare calculator-gazdă-la-calculator-gazdă sau folosirea unui analizor de protocol (analizor de protocol = un calculator specializat sau un program care analizează traficul printr-o rețea locală).

c) Într-un mediu Ethernet partajat, cadrele-balast sunt întotdeauna cauzate de coliziuni. Dacă frecvența de apariție a cadrelor este mare vedeți problemele de la punctul b).

Dacă cadrele-balast apar când frecvența de apariție a coliziunilor nu este mare sau într-un mediu Ethernet comutat, atunci acestea sunt rezultatul unei subrulari sau a aplicației defecte pe interfața de rețea.

Folosiți un analizor de protocol pentru a determina adresa sursă a cadrelor-balast.

d) A fost prezentată în capitolul anterior.

Folosiți un analizor de protocol pentru a verifica aceste coliziuni. Aceste coliziuni nu vor apărea într-o rețea Ethernet proiectată corespunzător. Ele apar de obicei când cablurile Ethernet sunt prea lungi sau când sunt prea multe repetitoare în rețea. Verificați diametrul rețelei conform specificației.

e) legătura nu este integrală

Verificați lipsurile (placa ce nu lucrează cu o interfață particulară). Determinați dacă există conexiune încrucișată (*cross*) și dacă există zgomot excesiv.

De câte ori un transmițător rulează mai rapid decât un dispozitiv de rulare, dispozitivul de rutare raportează o subrulare (subexecutare).

### 2.4.33. Erori și probleme Ethernet

**Coliziunile nu sunt erori.** Numărul total de coliziuni care apar într-o rețea poate avea legătură cu traficul sau utilizarea.

În rețelele Ethernet, *jam* este un semnal de la un dispozitiv către toate celelalte dispozitive că a apărut o coliziune. Poate fi tradus prin blocaj.

Când o coliziune este recunoscută de către stația care transmite, atunci o secvență de biți numită jam este transmisă. Lungimea acestui jam este de 32 biți fiind suficienți pentru a traversa întregul domeniu de coliziune, astfel încât toate stațiile care transmit pot detecta coliziunea.

Actualul format pentru jam nu este specificat în 802.3. Producătorii folosesc alternanțe de 1 și 0 care să prezinte 0101 (0 x 5) sau 1010 (0 x A).

În marea majoritate a implementărilor Ethernet, jam are o altă valoare arbitrară: 1101 000 0 (0 x D0) sau 1000 0110 (0 x 43).

O coliziune este considerată întârziată dacă jam-ul apare după un timp de 512 biți sau 64 octeți. Coliziunile care apar după primii 64 octeți, ai cadrului pot indica o problemă de proiectare a rețelei (rețeaua este prea mare (întinsă) astfel încât jam-ul nu poate traversa întreaga lungime în timpul cât sunt transportați cei 32 de biți (pentru a putea fi detectate coliziunile) sau este o problemă hardware sau o problemă cu fireware Ethernet.

Tabelul 2.31 prezintă exemple de viteze de propagare pentru diverse medii de transmisie (c reprezintă viteza luminii în vid sau 300.000 km/sec).

Mediul de transmisie	Viteza de propagare
cablu coaxial gros	0,77c (231.000 km/sec)
cablu coaxial subțire	0,65c (195.000 km/sec)
pereche de fire răsucite	0,59c (177.000 km/sec)
fibră	0,66c (198.000 km/sec)
cablu AUI	0,65c (195.000 km/sec)

De exemplu pentru 100BaseT la viteza de 177.000 km/secundă se transportă 100 milioane de biți per secundă, fiecare bit parcurgând într-o secundă 177 metri.

**Întârzierea maximă de propagare prin rețea poate fi calculată prin împărțirea la viteză a lungimii maxime a mediului respectiv pentru segmentul de rețea.**

Dacă această întârziere de propagare de la un cap la altul al rețelei este mai mare decât valoarea obținută prin calculul de mai sus, poate apare **coliziune întârziată**.

**Pauza între cadre** (*interframe gap*)

Pauza între cadre este cantitatea de timp care este specificată între cadrele transmise de la o stație de lucru. Proiectanții specificațiilor Ethernet aleg arbitrar 96 biți (ca timp) pentru a apărea între cadrele de la stația transmițătoare.

Această întârziere este proiectată pentru a oferi stațiilor de lucru de pe o rețea Ethernet cu ceva timp „de respirație” între cadre putând astfel să execute în mod normal funcțiile Ethernet la interfața de rețea.

## 2.5. Echipamente de interconectare

În această categorie sunt incluse echipamentele de conectare și orice altă componentă hardware (precum concentratoare și amplificatoare) care se găsește în exteriorul calculatorului. Aceste echipamente sunt prezentate așa cum apar ele în ierarhia OSI, de la nivelul fizic în sus. Chiar dacă **plăcile de rețea** sunt considerate dispozitive de **nivel 2**, deoarece fiecare din plăcile produse în lume are un cod unic, numit adresă MAC (Media Acces Control) acestea au fost analizate la echipamente de acces pentru că sunt în interiorul calculatorului. Uneori, plăcile de rețea sunt dotate cu dispozitiv numit **transceiver** (transmitter/receiver) sau **dispozitiv de atașare la mediu**, care convertește un anumit tip de semnal electric în alt tip sau chiar în semnal optic. Acest echipament transmite și receptează semnalul între placa de rețea și un mediu fizic de transmisie, altul decât cel suportat de placa de rețea, cum ar fi transmisia prin unde radio. **Transceiverul** este considerat un dispozitiv de **nivel 1**, deoarece menirea sa este de a converti biții dintr-o formă în alta.



Distanța maximă a segmentelor de rețea pentru Ethernet și Fast Ethernet depinde de tipul de cablu de transmisie folosit. În cazul Ethernet cablul se numește **cablu de transmisie** (transceiver). Acest cablu este conectat la dispozitivul de transmisie atașat la mediul fizic al rețelei. În configurația IEEE 802.3 cablul de conectare este referit ca o interfață de atașare a unității AUI (Attachment Unit Interface) și transmițătorul se numește **unitate de atașare la mediu MAU** (Media Attachment Unit). Cablul de conectare se atașează la o interfață în stația finală.

Legătura între nivelele modelului OSI la care operează echipamentele și numele acestora este: **nivelul fizic - repetoare**, copiază biți individuali între segmente diferite de cablu; **nivelul legătură de date - punți**, interconectează rețele LAN de același tip sau de tipuri diferite; **nivelul rețea - rutere**, interconectează mai multe rețele locale de tipuri diferite, dar care utilizează același protocol de nivel fizic; **nivelul transport - porți de acces**, fac posibilă comunicația între sisteme de diferite arhitecturi și medii incompatibile; **de la nivelul 4 în sus - porți de aplicații**, permit cooperarea de la nivelul 4 în sus, făcând conversia de la un set de protocoale de comunicație la alt set de protocoale de comunicație.

### 2.5.1. Repetorul

Repetorul (*repeater*) sau repetatorul este un dispozitiv de rețea care acceptă semnalele trimise, le amplifică și le plasează din nou în rețea. Amplificarea semnalului are rolul de a mări raza de acțiune a rețelei. Într-un LAN, un repetor este cunoscut mai mult sub numele de **concentrator (hub)** și permite conectarea în rețea a mai multor dispozitive, prin furnizarea mai multor puncte de intrare în rețea. Această funcție este atât de importantă pentru rețelele LAN actuale, încât adevăratul lor rol de regenerare a semnalului este adesea uitat. Repetoarele regenerează semnalele analogice sau digitale care sunt perturbate de pierderile de semnal și atenuarea acestuia. Capacitatea concentratorului de a regenera semnalele este la fel de vitală pentru succesul unui LAN ca și capacitatea de a asigura mai multe puncte de intrare.

Sunt componente de rețea de nivel 1 (fizic), deoarece acționează doar la nivel de biți. Un repetor nu face decizii inteligente cu privire la destinația pachetelor cum face un ruter sau un bridge. Repetoarele pot fi single port in - single port out, stackable (modulare) sau multi port (cunoscute mai ales sub denumirea de hub-uri). Scopul unui hub este de a amplifica și a retransmite semnale, la nivel de bit, către un număr mai mare de utilizatori: 4, 8, 16, sau 24. Procesul prin care se realizează această funcție se numește **concentrare**. Fiecare hub are propriul său port prin care se conectează la rețea și mai multe porturi disponibile pentru calculatoare. Unele hub-uri au un port prin care pot fi legate de o consolă, ceea ce înseamnă că sunt hub-uri cu management. Majoritatea, însă sunt fără administrare (*dumb hubs*), deoarece doar preiau un semnal din rețea și îl repetă către fiecare port în parte.

Huburile sau amplificatoarele de semnal sunt folosite în cazul în care calculatoarele se află la o distanță mai mare decât distanța maximă pe care o poate atinge o placă de rețea în transmiterea de date, de regulă între 100 m pentru plăci pe slot PCI și în jur de 300 m pentru plăci pe slot ISA. Huburile sunt necesare și pentru conectarea calculatoarelor într-o rețea de tip stea, prin cabluri individuale.

Repetorul are rolul de a copia biți individuali între segmente de cablu diferite, și nu interpretează cadrele pe care le recepționează, și reprezintă cea mai simplă și ieftină metodă de extindere a unei rețele locale. Pe măsură ce semnalul traversează cablul, el se atenuează și este distorsionat. Repetorul permite transportarea semnalului pe o distanță mai mare, regenerând

semnalele din rețea și retransmițându-le mai departe pe alte segmente. Ele sunt utilizate în general pentru a extinde lungimea cablului acolo unde este nevoie. Pentru a putea fi utilizate, pachetele de date și protocoalele LLC (Logical Link Control) trebuie să fie identice pe ambele segmente (nu se pot conecta rețele LAN 802.3 (Ethernet) cu rețele LAN 802.5 (Token Ring); de asemenea ele trebuie să folosească aceeași metodă de acces (CSMA/CD). De asemenea, repetorul este folosit pentru a face legătura dintre medii de transmisie diferite (cablu coaxial - fibră optică, cablu coaxial gros - cablu coaxial subțire).

**Atenție!** Prezența huburilor în rețea crește întârzierea peste tot în rețea.

Repetoarele în prezent nu mai sunt atât de des folosite ca altădată, din cauză că în prezent se folosesc tehnologii de transmisie și medii de comunicație mai rapide.

**Distribuitorul** este dispozitivul central al majorității rețelelor care au topologie stea. Distribuitorul are conexiuni sau porturi în care se introduc cablurile de rețea. Are aceeași funcție ca repetorul, dar nu amplifică semnalul.

### 2.5.2. Puntea

Puntea (*bridge*) sau podul lucrează la subnivelul MAC (Media Access Control) și funcționează pe principiul că fiecare nod de rețea are propria adresă fizică. Puntea interconectează rețele LAN de același tip sau de tipuri diferite, fiind o legătură între 2 sau mai multe rețele. Spre deosebire de rutator, pachetele transferate prin punte sunt invizibile. Două segmente de rețea apar ca fiind un singur segment până la nodurile aflate de fiecare parte a punții. Puntea doar expediază pachetele care trebuie să treacă dintr-un segment într-altul, astfel printre altele este un mod facil de a reduce traficul într-o rețea complexă și permite în plus oricărui nod să acceseze oricare alt nod când este necesar.

**Datorită naturii „invizibile”, o interfață într-o punte poate sau nu poate avea o adresă IP proprie. Dacă are adresă, interfața are 2 moduri de operare, unul ca partea a unei punte, altul ca NIC de sine stătător.** Dacă nici o interfață nu are adresă IP, puntea va pasa datele prin rețea, dar nu le va păstra. Puntea este simetrică, adică pachetele trec dintr-o parte în alta, în ambele direcții. Filtrarea pachetelor poate fi utilizată pentru a restricționa traficul care trece prin punte. Dacă puntea are 2 interfețe și datele trec prin ambele interfețe este suficient să filtrăm doar o interfață.

Punțile despart calculatorul de celelalte dispozitive în grupuri de calculatoare, denumite segmente de rețea. **Segmentarea** păstrează traficul local de date în limite corespunzătoare, reducând traficul în rețea, ceea ce conduce la îmbunătățirea performanței în cadrul segmentului. De regulă, punțile au câte un port pentru fiecare segment de rețea. Deci, sunt utile în situațiile următoare: extinderea fizică a unei rețele LAN sau interconectarea rețelelor locale ce utilizează tehnici de control al accesului la medii diferite.

Punțile sunt de mai multe tipuri:

- **punți transparente;**

În acest caz puntea examinează adresele MAC din pachetele care circulă în rețelele la care este conectată puntea și, pe baza unor tabele de adrese, decide pentru fiecare pachet dacă trebuie transmis pe o rețea sau pe alta.

- **punți cu rutare prin sursă sau punți Token Ring.**

În acest caz punțile utilizează informația de rutare inclusă de sistemul sursă în câmpul din

cadrul MAC. Aceste punți sunt specifice pentru interconectarea rețelelor Token Ring. Dacă într-o firmă există mai multe rețele cu topologii diferite, atunci administrarea fluxurilor de date poate fi făcută de un calculator echipat cu mai multe cartele de rețea, care va juca rolul de punte între aceste rețele, ea asociând rețelele fizice diferite într-o aceeași rețea logică. **Toate calculatoarele din această rețea logică au aceeași adresă logică de subrețea.** În corespondență cu modelul OSI puntea lucrează la nivelul legăturii de date (nivelul 2 - subnivelul MAC) și în consecință operează cu adresele fizice ale calculatoarelor. Spre deosebire de repetor, puntea este capabilă să decodeze cadrul pe care-l primește pentru a face prelucrările necesare transmiterii pe rețeaua vecină.

### 2.5.3. Comutatorul

La prima vedere un comutator (*switch*) seamănă foarte bine cu un hub, dar are un flux informațional bidirecțional. Comutatorul este un dispozitiv ce combină conectivitatea unui hub cu posibilitatea regularizării traficului pentru fiecare port, realizată cu ajutorul punții. Menirea acestui dispozitiv este de a concentra conectivitatea, garantând în același timp lățimea de bandă. Ca manieră de lucru, el comută pachetele de pe porturile transmițătoare către cele destinate, asigurând fiecărui port lățimea de bandă maximă a rețelei. Această comutare a pachetelor se face pe baza adresei MAC, ceea ce face din comutator un dispozitiv de nivel 2.

Comutatorul funcționează ca un distribuitor cu câte o punte individuală pentru fiecare port și este folosit în rețele Ethernet cu comutare. Fiecare port al unui comutator poate fi un minipunte. Comutatorul stabilește segmente în fiecare port pentru a diminua traficul și a îmbunătăți performanța rețelei. **Comutatoarele sunt mult mai rapide decât punțile.**

Comutatoarele Ethernet oferă capacități precum conectivitate full-duplex și pentru rețele locale virtuale (VLAN).

#### 2.5.3.1. Comutarea pachetelor în rețelele de calculatoare. Funcțiile unui comutator

Comutatoarele au ajuns astăzi să fie considerate componenta fundamentală prin care se realizează segmentarea celor mai multe rețele. Ele permit utilizatorilor dintr-o rețea să transmită informații, prin același mediu, în același timp, fără a încetini traficul. Așa cum ruterele permit diferitelor rețele să comunice unele cu altele, comutatoarele permit diferitelor noduri din rețea să comunice direct unele cu altele, într-o manieră eficientă. Prin porturile sale, un comutator împarte rețeaua în mai multe canale de comunicație. Aceste canale independente cresc randamentul comutatorului în ceea ce privește lățimea de bandă folosită. Comutatoarele mai simple sunt auto-configurabile, nu au nevoie de personal specializat pentru punerea lor în funcțiune.

Modul de funcționare al unui comutator este următorul: pentru un segment de rețea atașat la un port al comutatorului, CSMA/CD va controla accesul la mediul de transmisie pentru respectivul segment. Dacă la respectivul port este atașată o singură stație de lucru, nu este nevoie de nici un mecanism prin care să se controleze accesul la mediu. Comutatorul verifică adresele MAC sursă și destinație ale cadrelor pe care le recepționează și transmite respectivele cadre către porturile corespunzătoare. Prin urmare, comutarea pachetelor la nivelul 2 OSI se bazează pe hardware sau, altfel spus, folosește adrese fizice (MAC).

Din punct de vedere funcțional, comutarea este exact la fel cu trecerea prin punte. Un comutator îndeplinește două funcții principale: **comularea cadrelor** și **gestionarea operațiilor**

**de comutare.** Prima funcție are loc atunci când un cadru ajunge la comutator dintr-un anumit mediu sau de pe un anumit port și este transferat către un alt mediu sau port. Pentru a doua funcție comutatorul creează și întreține tabele de comutare sau de filtrare, folosind în proiectarea hardware circuite ASIC (Application Specific Integrated Circuits) (pentru a executa funcțiile de traversare și trimitere a pachetelor) și sunt implementate cu unitate centrală de prelucrare și program specializat. **Fiecare comutator folosit într-o rețea Ethernet induce latență. Un comutator interpus între un server și o stație de lucru crește timpul de transmisie cu 21 microsecunde.** Un pachet de 1000 octeți are un timp de transmisie de 800 microsecunde. Dacă comutarea realizată de comutator este de tip store-and-forward, latența indusă crește.

Menționăm cele două tipuri de comutare (*switching*): de nivel 2 sau de nivel 3. Diferența între aceste două tipuri de comutări constă în tipul informațiilor conținute în cadru. La nivel 2 se folosește adresa MAC, iar la nivel 3 informațiile nivelului 3. Comutatorul nu analizează informațiile de nivel 3 conținute de un cadru, ci doar adresa MAC a destinatarului. Dacă adresa este cunoscută, cadrul este transmis către interfața (portul) corespunzătoare. Comutatorul construiește tabele cu adresele MAC corespunzătoare fiecărui port în parte. Dacă nu se cunoaște adresa destinatarului, cadrul este transmis către toate porturile (difuzare) pentru ca astfel comutatorul să-i poată „învăța” destinația corectă. Când este reprimis cadrul, comutatorul adaugă adresa în tabela cu adrese MAC a portului respectiv. Cu excepția SNA (Systems Network Architecture), utilizatorii nu au control asupra adreselor de nivel 2. În majoritatea rețelelor, **administratorilor le revine sarcina de a atribui doar adrese de nivel 3.** În acest caz, **putem spune că administratorii creează rețele locale ce se comportă ca un singur spațiu de adresare.** Un comutator Ethernet poate „învăța” adresa oricărui dispozitiv din rețea prin citirea adresei sursă conținută în fiecare pachet și notarea portului prin care cadrul a „intrat” în comutator. Aceste adrese sunt memorate într-o bază de date. Adresele echipamentelor din rețea sunt memorate în mod dinamic, altfel spus, pe măsură ce apare un dispozitiv nou, adresa sa este citită, învățată și memorată într-o zonă de memorie CAM (Content Addressable Memory). Când comutatorul identifică o adresă pe care nu o regăsește în CAM, o memorează pentru o utilizare viitoare, în momentul memorării, adresa este „marcată” și cu data când a fost adăugată în CAM. Ori de câte ori o adresă este referită sau adăugată în CAM, i se înregistrează și noua dată (inclusiv ora) la care a avut loc operațiunea. Adresele la care nu se face referire o anumită perioadă de timp sunt șterse din CAM. Prin acest mecanism, baza de date cu adresele MAC ale dispozitivelor din rețea este actualizată în mod constant și continuu.

### 2.5.3.2. Aplicații pentru comutatoare: rețele virtuale locale VLAN

Folosirea comutatorului într-o rețea Ethernet are ca efect segmentarea acesteia în domenii de coliziune individuale. Numărul total de segmente ce se pot obține prin folosirea unui comutator alcătuiește domeniul de difuzare (*broadcast*). Acest lucru înseamnă că toate nodurile aparținând tuturor segmentelor pot să vadă difuzarea transmisă de un nod al unui segment. O rețea virtuală presupune gruparea logică a echipamentelor și/sau utilizatorilor unei rețele fără a mai exista restricții legate de segmentul fizic din care fac parte. Altfel spus, o rețea virtuală reprezintă un domeniu de difuzare dintr-o rețea cu comutatoare. **Cu ajutorul comutatoarelor se poate crea o singură rețea virtuală sau mai multe.** În cel de al doilea caz, difuzarea unei astfel de rețele nu va fi „văzută” de către celelalte. Implementarea rețelelor virtuale permite administratorilor diminuarea domeniilor de difuzare și creșterea disponibilității lățimii de bandă.

### 2.5.3.3. Topologia VLAN-urilor

Datorită nenumăratelor soluții și strategii de implementare existente, este dificil de dat o definiție cât mai exactă a VLAN. Tehnologia pusă la dispoziție de VLAN-uri oferă posibilitatea grupării porturilor și a utilizatorilor în grupuri logice. Dacă această grupare implică folosirea mai multor comutatoare, VLAN-urile pot partaja aceeași clădire, mai multe clădiri sau chiar WAN-uri. Pentru orice arhitectură VLAN, importantă este posibilitatea transferului de informații între comutatoare și rutere. În mod tradițional, ruterul gestionează difuzarea și procesează rutele pachetelor. Chiar dacă comutatoarele unei rețele VLAN preiau o parte din aceste sarcini, ruterul rămâne vital pentru arhitectura oricărei rețele, deoarece prin intermediul lui se pot interconecta VLAN-uri diferite.

### 2.5.3.4. Configurarea VLAN-urilor

Aceasta se poate realiza manual, semi-automat și automat.

Pentru **configurarea manuală**, atât setarea inițială, cât și modificările și re poziționările ulterioare de echipamente în rețea sunt controlate de către administratorul de rețea. Configurarea manuală are însă și avantajul controlului total asupra rețelei. Însă, cu cât complexitatea rețelei și dimensiunea acesteia crește, cu atât devine mai dificilă întreținerea acesteia, astfel încât mentenanța manuală este aproape imposibilă. Administrarea manuală înlătură unul dintre avantajele pe care le presupune existența unui VLAN, și anume eliminarea timpului necesar pentru administrarea schimbărilor și mutărilor (deși mutarea unui utilizator în interiorul unui VLAN este mai ușor de realizat decât mutarea unui utilizator dintr-o subrețea în alta).

**Configurarea semi-automată** se referă la existența posibilității de a automatiza fie configurarea inițială, fie modificările și mutările ulterioare, fie ambele. Automatizarea inițială este realizată de obicei printr-un set de instrumente care mapează VLAN-urile la subrețelele existente. Configurarea semi-automată poate de asemenea însemna că inițial, configurarea se realizează manual, urmând ca toate modificările și mutările ulterioare să fie îndeplinite automat. În configurarea semi-automată, administratorul are încă posibilitatea de a interveni manual și de a face orice schimbare.

**Configurarea automată** presupune un sistem care are automatizată funcția de configurare a unui VLAN. Astfel, stațiile de lucru se conectează automat și dinamic la VLAN, în funcție de aplicație, ID-ul utilizatorului sau alte politici predefinite de către administrator

### 2.5.4. Rutorul

Rutorul (*router*) sau ruterul reprezintă cea mai avansată formă a dispozitivelor de rețea, deoarece ele determină calea cea mai eficientă pentru ca datele să ajungă la destinație. Rutoarele sunt importante pentru rețele cu număr mare de calculatoare. Rutoarele fac și translația între mai multe protocoale.

Rutorul ar trebui folosit neapărat atunci când conectăm un LAN la Internet, indiferent de mărimea LAN sau pentru interconectarea mai multor rețele locale de tipuri diferite, dar care utilizează același protocol de nivel fizic.

Calculatoarele din rețele fizice diferite sunt interconectate prin rutere (adică rețele Ethernet, Token Ring, FDDI).

Ruterele controlează fluxul de informații și optimizează căile de transfer a datelor; acestea sunt capabile să traducă protocoale de comunicare diferite.

Rutorul are două funcții importante: **selecția căii de transmitere a informațiilor și comutarea pachetelor** către cea mai bună rută. Componentele principale ale ruterului sunt interfețele prin care rețeaua proprietară se conectează la alte segmente de rețea. Din acest motiv el este considerat un dispozitiv inter-rețele. Rutorul examinează pachetele recepționate, alege cea mai bună cale de transmitere a acestora și, în final, să le transferă către portul corespunzător. **Pentru rețelele mari, el reprezintă cel mai important dispozitiv prin care se reglează traficul rețelei.** Rutoarele au tabele de rutări pentru a determina cum circulă informația din și spre Internet. Ruterele au un IP pentru fiecare legătură. IP este componenta care mută pachetele de date către un nod al rețelei către altul. TCP este componenta care verifică dacă datele au ajuns unde trebuie. Deciziile ruterului, în ceea ce privește selectarea căii de rutare, se iau pe baza informațiilor de la nivelul 3 (adresele de rețea), motiv pentru care sunt considerate echipamente de nivel 3.

Rutoarele operează la nivelul 3 (rețea) al modelului de referință OSI și includ două tipuri de protocoale: **de rutare** (*routing*) și **rutabile** (*routable*).

Protocoalele de rutare furnizează toate funcțiile necesare realizării următoarelor operații:

- determinarea căilor optime prin rețeaua WAN pentru orice adresă de destinație dată;
- acceptarea și trimiterea pachetelor prin aceste căi la destinațiile lor.

Protocoalele rutabile, precum IP (Internet Protocol), IPX (Internet Packet Exchange) sau AppleTalk sunt utilizate pentru a transporta datele dincolo de limitele domeniilor de nivel 2. Utilizarea nivelului rețea este opțională și este necesară numai dacă sistemele de calculatoare se află în segmente ale rețelei separate printr-un rutor. În capitolul 3 sunt analizate protocoalele.

Rutoarele învață topologia Internetului și când primesc pachete pentru o anumită adresă, folosesc informația despre topologie pentru a trimite pachetul spre destinație. Dacă totul funcționează bine, un pachet de date sare din ruter în ruter, la fiecare pas fiind mai aproape de destinație.

#### 2.5.4.1. Comparație punte-rutor

Utilizarea ruterelor asigură o mai mare flexibilitate a rețelei în ceea ce privește topologia acesteia. Diferența între o punte și un ruter este ca în timp ce puntea operează cu adresele fizice ale calculatoarelor (luate din cadrul MAC), rutoarele utilizează adresele logice, de rețea, ale calculatorului. În timp ce o punte asociază rețele fizice diferite într-o singură rețea logică, un ruter interconectează rețele logice diferite. Aceste adrese logice sunt administrate de nivelul rețea și nu depind de tipul rețelei locale. O caracteristică este aceea ca ele nu pot comunica direct cu calculatoarele aflate la distanță, din această cauză ele nu cercetează adresa sistemului destinație, ci doar adresa rețelei de destinație. Rutorul permite rutarea mesajelor de la sursă la destinație, atunci când există mai multe posibilități de comunicare între cele două sisteme. Datorită capacității de a determina cel mai bun traseu, printr-o serie de legături de date, de la o rețea locală în care se află sistemul sursă la rețeaua locală în care se află sistemul destinație, un sistem de rutere poate asigura mai multe trasee active între cele două rețele, făcând posibilă transmiterea mesajelor de la sistemul sursă la sistemul destinație pe căi diferite. În general, un ruter utilizează un singur tip de protocol de nivel rețea, și din acest motiv el nu va putea interconecta decât rețele la care sistemele folosesc același tip de protocol. Acest ruter se mai

numește **ruter dependent de protocol**. Există însă și rutere care au implementate mai multe protocoale, făcând astfel posibilă rutarea între două rețele care utilizează protocoale diferite, și care se numesc **rutere multiprotocol**.

#### 2.5.4.2. Rutere conectate în Internet

Se pot distinge trei feluri de rutere conectate în Internet:

- **ruter-frunză (A)**: orice calculator care are o singură interfață este o "frunză" (termen împrumutat din teoria grafurilor);

- **rutere "mici" (B)**: un astfel de calculator separă o rețea relativ mică (locală) de restul Internet-ului; toate pachetele care trec dintr-o parte într-alta trebuie să treacă prin el;

- **rutere de coloană vertebrală (C)**: "miezul" Internetului arată ca o mare pînză de păianjen; aceasta este coloana vertebrală a Internetului, formată din trunchiuri de mare viteză care se încrucișează în rutere.

Modul în care funcționează cele trei feluri de calculatoare din punct de vedere al rutării este complet diferit și este prezentat în continuare.

Frunzele trebuie să știe care este ruterul care leagă propria lor rețea de Internet. Calculatorul A trebuie să știe că rețeaua sa locală are ca legătură, de exemplu, interfața e1 a ruterului. Acest lucru este de obicei configurat de administratorul rețelei.

Pentru celelalte tipuri de calculatoare situația este diferită. Un ruter din a doua categorie (B) poate fi încă configurat manual. El trebuie să știe care sunt toate frunzele pentru care el este "responsabil". Un astfel de ruter va schimba permanent informații despre topologia rețelei cu vecinii săi. Protocolul prin care ruterele schimbă informații se numește protocol de rutare.

În prezent, sunt standardizate aproape o duzină de astfel de protocoale pentru Internet. Ruterele vor schimba informații astfel: fiecare îi va spune celuilalt cu ce calculatoare "frunză" este direct conectat și vor raporta ruterelor din coloana vertebrală acest lucru.

Caracteristica centrală a unui astfel de ruter (B) este că trebuie să memoreze relativ puține informații în tabela de rutare (zeci sau sute de înregistrări), putându-se baza în continuare pe rute implicite, care trec prin cel mai apropiat ruter de tip C.

Astfel de rutere pot fi tot stații de lucru, calculatoare personale rulând Unix sau calculatoare specializate (cum sunt întotdeauna ruterele de tip C).

Ruterele de tip C nu pot fi configurate manual. Cel mai important motiv este că o rețea mai mare suferă în mod frecvent schimbări, care sunt greu de centralizat și administrat. Din această cauză, astfel de rutere calculează singure topologia rețelei.

Ruterele de tip C sunt întotdeauna calculatoare special construite pentru acest scop. Au sisteme de operare speciale, nu au discuri (folosesc memorii nevolatile flash pentru a ține sistemul de operare), pot suporta foarte multe plăci de rețea (zeci simultan) și nu fac tot timpul altceva decât să permită administrarea rețelei și calculul de tabele de rutare. Cam 80% din ruterele din Internet sunt fabricate de firma Cisco Systems din Statele Unite. Un ruter de mare performanță poate transfera date de ordinul a 10 Gbps.

Sarcina unui ruter de tip C este de cu totul altă natură decât cea a ruterelor de tip A sau B. Spre deosebire de acelea, un ruter de tip C trebuie să știe întreaga topologie a Internetului, nu numai rețelele care se învecinează direct cu el.

Inițial, la butare, un ruter C va ști numai vecinii săi (introduși tot de administrator). După prima rundă de comunicații va afla însă și vecinii vecinilor săi, după care vecinii vecinilor vecinilor săi, și așa mai departe. Cum Internetul la ora actuală are un diametru în jur de 30 (adică distanța dintre oricare două calculatoare trece prin mai puțin de 30 de rutere), după 30 de runde de comunicație între vecini orice ruter C cunoaște întreaga topologie a rețelei Internet. Asta înseamnă zeci de megaocteți de informație.

În realitate, tabelele de rutare ar fi foarte mari, așa încât pentru întregul Internet se folosește în mod normal o **adresare ierarhică pe 3 nivele. Nivelul cel mai de jos este calculatorul, apoi rețeaua, iar deasupra vine sistemul autonom** (Autonomous System, AS). În general, un sistem autonom este o unitate administrativă și reprezintă o colecție de rețele IP, sub controlul unei singure entități, de regulă un ISP sau organizații foarte mari, cu conexiuni redundante la restul Internetului.

Fiecărui sistem autonom îi este alocat un număr (AS number) pentru utilizare cu protocolul BGP. Aceste numere (întregi de 16 biți) sunt alocate de către aceleași autorități care alocă adresele IP, în domeniul 1 - 64511 pentru utilizare pe Internet și în domeniul 64512 - 65535, care pot fi utilizate în interiorul unei organizații. Informația este apoi compactată în ruterele de tip C.

Un ruter cunoaște topologia completă a întregului sistem autonom din care face parte;

Pentru celelalte sisteme autonome un ruter știe numai două feluri de informații:

- ce rețele sunt în fiecare;
- ce șir de sisteme autonome trebuie traversat pentru a ajunge la un sistem autonom anume.

#### 2.5.4.3. Zidul de foc

**Zidul de foc** (*firewall*) este un rutor special programat care se găsește între un calculator și restul rețelei, care filtrează pachetele de la surse particulare bazat pe adresele sale IP și respinge pachetele destinate unei adrese IP particulare sau unui număr de port TCP. Filtrarea pachetelor controlează traficul TCP/IP și face translatarea adreselor de rețea. În plus este capabil să normalizeze și condiționeze traficul TCP/IP și să ofere controlul lățimii de bandă și prioritate pachetelor.

Limitările firewall sunt:

- nu protejează utilizatorii interni unii de alții;
- nu protejează împotriva acceselor wireless rău intenționate;
- nu protejează împotriva calculatoarelor mobile.

#### 2.5.5. Poarta

Poarta poate fi **poartă de acces** sau **poartă de aplicație**.

**Poarta de acces** (*gateway*) face posibilă comunicația între sisteme de diferite arhitecturi și medii incompatibile, permițând conectarea unor rețele de calculatoare care folosesc protocoale diferite. Poarta de acces funcționează la nivelul transport al modelului ISO/OSI. În general, aceste echipamente permit conectarea la un mainframe a rețelelor locale. Porțile reprezintă de obicei servere dedicate într-o rețea, care convertesc mesajele primite într-un limbaj de poștă care poate fi înțeles de propriul sistem.

**Poarta de aplicație** realizează o conversie de protocol pentru toate cele șapte niveluri OSI, și operează la nivel de aplicație.



### 2.5.5.1. Poarta WLAN

Porțile WLAN au două roluri:

- oferă autentificarea utilizatorului și manevrează comunicare internațională (*roaming*) între punctele de acces și subrețele. Adaugă securitate, trafic incriptat, inspectează pachetele și asigură calitatea serviciilor.

- servește ca portal spre rețele locale, adună traficul WLAN înainte de a-l expedia prin rețele cu fire. **Portalul** este un dispozitiv care permite interconectare între o rețea locală 802.11 și o altă rețea 802. x (mai mult sau mai puțin este o punte).

Legătura LAN - WLAN se realizează prin porți pentru a nu afecta infrastructura existentă a rețelei locale.

### 2.6. Criteriul de proiectare pentru partea fizică a rețelei

Tehnologiile Ethernet și Fast Ethernet au reguli de proiectare care trebuie respectate pentru a funcționa corect. Numărul maxim de noduri și cel de repetoare, precum și distanțele maxime de segment sunt definite de proprietățile constructive mecanice și electrice ale fiecărui tip de mediu Ethernet și Fast Ethernet.

Standardul Ethernet presupune că va dura aproximativ **50 de microsecunde** pentru ca un semnal să ajungă la destinație. Pierderea unui număr excesiv de pachete conduce la retransmisie, care la rândul ei înrăutățește performanța rețelei.

Când condițiile necesită o distanță mai mare sau un număr mai mare de noduri sau repetoare, se poate folosi o punte, un ruter sau un comutator pentru a conecta mai multe rețele împreună.

Pentru proiectarea părții fizice a rețelei trebuie să se țină seama de o serie de parametri de rețea care pot afecta funcționarea rețelei. Cei mai importanți parametri sunt prezentați în continuare.

### 2.7. Parametrii rețelei

În acest subcapitol sunt prezentați cei mai importanți parametri care caracterizează o rețea: utilizarea rețelei, încărcarea rețelei, capacitatea rețelei și nu în ultimul rând întârzierea rețelei. Aceștia pot fi folosiți și pentru analiza performanței rețelei.

#### 2.7.1. Utilizarea rețelei

Un factor important în performanțele rețelei este utilizarea fiecărui segment de rețea de-a lungul căii între 2 puncte finale. **Utilizarea rețelei reprezintă procentul de timp în care rețeaua este folosită la un moment dat (activă).**

Utilizarea rețelei este măsurată pentru a determina cât din rețea este folosită pentru aplicații și ce procent pentru erorile de transmisie.

Din utilizarea rețelei stabilim câți octeți din traficul rețelei au fost transportați prin rețea în timpul unei perioade setate. Această valoare depinde de timpul interfeței de rețea care a fost monitorizată.

Prin definiție, segmentele Ethernet individuale pot transporta la un moment dat un singur pachet. Când transportă pachetul (în acel moment) segmentul Ethernet este utilizat 100%,

respectiv când nu transportă procentul este 0%.

Pentru a determina numărul total de biți recepționați de o interfață fiecare pachet de octeți recepționat se înmulțește cu 8. Această valoare se împarte la capacitatea totală a interfeței înmulțită cu intervalul de timp dorit pentru test (în secunde).

Dispozitivele cu transmisie de date într-un singur sens la un moment dat (semi-duplex), calculează utilizarea rețelei totalizând atât octeții care au plecat, dar și cei care au sosit în respectiva perioadă de timp și împărțind acest număr la capacitatea totală a dispozitivului pentru acea perioadă.

Formula utilizării rețelei este (în procente):

$$\text{utilizare rețelei} = \frac{(\text{datele trimise} + \text{datele recepționate}) * 8}{\text{viteza rețelei} * \text{timpul de test}} * 100 ,$$

Rezultatul obținut în procente, reprezintă utilizarea rețelei doar pentru perioada de timp testată. Timpul de testare este în general de 5 secunde.

Se pot obține utilizări ridicate ale rețelei pentru perioade scurte de timp. De exemplu, traficul Ethernet este de obicei în rafale (salve). **O rețea Ethernet funcționează la parametrii optimi dacă rata de utilizare este sub 35 %.**

Dacă alegeți un interval de timp de 5 sau 30 secunde și utilizarea rețelei este însă ridicată, atunci există probleme în utilizarea rețelei.

**Atenție!** Formula de mai sus calculează utilizarea rețelei pe un segment de rețea individual, în schimb determinarea utilizării rețelei între 2 puncte finale separate din rețea este complexă. Trebuie să calculați utilizarea rețelei pentru fiecare segment ce traversează calea respectivă din rețea și să determinați în ce măsură fiecare utilizare de segment afectează timpul de răspuns total al pachetului.

Din cauza complexității metodei de calcul cele mai multe aplicații de performanță de rețea folosesc elemente de tipul: încărcarea rețelei și capacitatea lățimii de bandă a rețelei pentru a determina performanța rețelei între 2 puncte finale aflate la distanță.

### 2.7.2. Încărcarea rețelei

Încărcarea rețelei la un moment dat este similară conceptului de utilizare a rețelei.

**Încărcarea rețelei reprezintă cantitatea de lățime de bandă disponibilă pentru aplicațiile de rețea în orice moment de timp dat**, de-a lungul legăturilor rețelei.

Deoarece aplicațiile de rețea folosesc lățime de bandă, cantitatea de lățime de bandă disponibilă pentru alte aplicații descrește. Multe aplicații de rețea „cad” din cauza lipsei de lățime de bandă disponibilă. Această cantitate de lățime bandă disponibilă este considerată în termeni de specialitate *network throughput*.

Cantitatea totală de lățime de bandă disponibilă între 2 puncte finale de rețea poate afecta considerabil performanța rețelei.

Determinarea lățimii de bandă disponibile a rețelei permite administratorului rețelei să găsească gâtuirile rețelei, care descreș performance de-a lungul unei legături de rețea între clienți și servere. Găsirea punctelor de gâtuire a rețelei nu este simplă. De obicei, un administrator de rețea novice plasează un grup de utilizatori la un dispozitiv de rețea de viteză

ridicată pentru a crește performanța aplicației. Ce uită administratorul este ca cele 2 dispozitive de viteză ridicată sunt conectate printr-o legătură de viteză scăzută. În această situație dispozitivele de rețea de viteză mare au performanțe de rețea bune, în schimb dispozitivele de rețea pentru interconectare pot cauza probleme de performanță. Performanța scade dacă există și alți utilizatori care împart aceste dispozitive lente de interconectare. Dispozitivele conectate direct la comutatoare de rețea performante vor avea performanțe mult mai bune decât cele conectate la dispozitive mai lente.

Calcularea lățimii de bandă disponibile a rețelei este un proces matematic laborios. Aceasta implică trimiterea periodică de șiruri de pachete și determinarea vitezei la care serverul primește aceste pachete. Fiecare flux de date produce elemente folosite pentru a determina cantitatea de lățime de bandă rămasă pe legătură. Fluxurile sunt crescute până când se observă lățimea de bandă maximă și apoi se revine astfel încât să nu afecteze performanța rețelei. Acest calcul este dependent de aplicațiile existente în rețea și de cum acestea încarcă rețeaua la un moment dat. De aceea, testele se fac pe medii de lucru care nu includ și alte aplicații. Este cel mai bine să calculăm lățimea de bandă disponibilă a rețelei la diferite momente ale zilei și în zile diferite din săptămână.

Aplicațiile pentru performanțe de rețea ar trebui să fie capabile să determine lățimea de bandă disponibilă cap-la-cap a rețelei, pentru rețelele cu viteze diferite ale legăturilor. Fiecare legătură pe care un pachet o traversează trebuie să fie inclusă în performanța totală a rețelei. Aplicațiile calculează lățimea de bandă disponibilă pentru fiecare legătură intermediară și apoi asupra intrării conexiuni cap-la-cap.

În rețele complexe există numeroase dispozitive de rețea între clienți și servere. Partea cea mai grea pentru determinarea lățimii de bandă disponibile a rețelei este să calculăm efectul pe care fiecare legătură intermediară îl are asupra întregii conexiuni cap-la-cap.

### 2.7.3. Capacitatea lățimii de bandă

Capacitatea lățimii de bandă este un alt factor care determină lățimea de bandă disponibilă a rețelei.

Traficul constant care trece între dispozitivele de rețea afectează viteza legăturii.

Două tehnici se utilizează pentru a determina capacitatea lățimii de bandă maxime a rețelei, fără a afecta traficul normal: **perechi de pachete** și **trenuri de pachete** (*packet pairs* și *packet trains*).

Prima trimite o pereche de pachete către dispozitivul îndepărtat la intervale separate cunoscute. A doua trimite mai multe pachete separate prin același interval de timp precum înșuruirea vagoanelor unui tren putând plasa o cantitate mare de date în rețea. Dacă intervalul între 2 pachete care traversează rețeaua variază, aceasta depinde de traficul existent. Când pachetele sosesc la destinație se determină intervalele de separație.

Diferența între intervalul original și intervalul calculat reprezintă **încărcarea rețelei** (separarea între pachete).

Odată ce este calculată valoarea încărcării, o rafală mare de pachete poate fi trimisă de la client la server. Viteza la care pachetele sosesc de la client reprezintă viteza la care rețeaua este capabilă să transporte date. Cu factorul de încărcare și viteza datelor, aplicațiile pentru performanțele de rețea pot calcula viteza teoretică maximă la care legătura rețelei este capabilă să proceseze datele.

Formula de calcul a lăţimii de bandă disponibile este:

$$\text{lăţimea de bandă disponibilă} = \frac{\text{octeţi trimişi} + \text{octeţi recepţionaţi}}{\text{timpul de test}},$$

Timpul de testare este în general de 1 minut sau mai mult.

#### 2.7.4. Întârzierea reţelei

**Nu trebuie confundată lăţimea de bandă cu viteza reţelei.** Viteza reţelei este legată de întârziere. Lăţimea de bandă şi întârzierea sunt şi ele în relaţie.

Deoarece lăţimea de bandă teoretică este fixată, lăţimea de bandă efectivă variază şi poate afecta destul de mult întârzierile. Întârzierea afectează performanţa reţelei. Şi întârzierea poate crea gâtuire (*bottleneck*), care conduce la scăderea lăţimii de bandă efective.

Întârzierea se referă în general la "lentoare" în procesarea datelor din reţea (ceea ce se reflectă tot printr-o viteză de lucru a reţelei). De aici confuzia.

Întârzierea pachetelor prin reţea este de mai multe feluri. Una din principalele componente ale întârzierii este **întârzierea de propagare** şi alta **întârzierea de transmisie** datorată proprietăţilor mediului fizic de comunicaţie, precum şi **întârzierea de procesare** (datorată transferului prin servere proxy sau salturi prin Internet).

##### Întârzierea nodală cuprinde:

- **întârzierea de procesare:** depinde de procesarea în noduri; constantă pentru un rutor dat, dependentă de viteza rutorului şi „spune” dacă rutorul are "suficientă" capacitate. Se exprimă în microsecunde şi este neglijabilă, fiind tipic de câteva microsecunde sau mai puţin. Pentru această întârziere verificaţi biţii de eroare şi determinaţi capacitatea legăturii.

- **întârzierea în coada de aşteptare:** reprezintă aşteptarea pentru ca legătura să fie disponibilă; este dependentă de natura traficului şi de congestie; se exprimă de la micro la milisecunde. Este neglijabilă dacă nu există congestie, altfel semnificativă.

- **întârzierea de transmisie** (întârzierea stochează sau memorează-şi-retransmite). Este timpul pentru a trimite biţi prin legătură. Acest timp este semnificativ pentru legături de viteză mică. De exemplu, pentru 1000 octeţi la 1 Mbps întârzierea este 8 ms. Aşteaptă ca întregul pachet să sosească o dată ce primul bit a sosit.

Independentă de distanţă şi de trafic sau congestie, poate fi semnificativă pe legăturile de viteză mică (se exprimă de la micro la milisecunde).

- **întârzierea de propagare:** cât timp îi ia unui bit să traverseze legătura.

Este dependentă de distanţă şi pentru reţele locale se exprimă în microsecunde, iar pentru celelalte de la milisecunde la sute de milisecunde.

În schimb, viteza de propagare a unui mediu se referă la viteza cu care datele trec prin acel mediu. Întârzierea de propagare diferă între diferite medii de comunicaţie şi afectează lungimea maximă posibilă a topologiei Ethernet rulând pe acest mediu.

De exemplu, lumina şi alte radiaţii electromagnetice traversează circa 300.000 Km per secundă).

Formulele de calcul pentru toate aceste întârzieri se găsesc în capitolul 4.

**Atenție!** În rețelele LAN întârzierea de propagare este neglijabilă. În rețelele larg răspândite geografic și Internet începe să devină interesantă, iar pentru legături cu satelitul este un factor semnificativ.

### 2.7.5. Întârzierea nodală totală

Întârzierea totală pentru un hop(salt)/nod = întârzierea de procesare + întârzierea de așteptare în coadă + întârzierea de transmisie + întârzierea de propagare.

Întârzierea de propagare este neglijabilă între 2 rutoare de pe o rețea locală, dar de ordinul sutelor de milisecunde pentru două rutoare conectate via legătură geostaționară.

Întârzierea de transfer este neglijabilă pentru viteze ale legăturii de 10 Mbps și mai mari, dar poate fi de ordinul a câtorva sute de milisecunde pentru pachete mari care circulă prin legături telefonice.

Întârzierea de procesare este în general neglijabilă pentru rutoarele moderne.

Întârzierea rețelei reprezintă timpul mediu pentru pachetele IP să traverseze prin rețea (dus-întors) prezentat în milisecunde pentru o perioadă de timp.

**Întârzierea rețelei sau a unui segment de rețea este suma întârzierilor din fiecare nod din acea rețea sau de pe acel segment sau întârzierea totală minis întârzierea serverului.**

### Măsurarea întârzierii rețelei

**Ping și traceroute** măsoară întârzierea în sensul determinării timpului pe care îl consumă un pachet în traversarea sa de la sursă la destinație și înapoi, așa numitul timp dus-întors (RTT), care nu este singurul mod de a specifica întârzierea, dar este cel mai folosit. Mai multe despre ping și traceroute în capitolul 3.

## 2.8. Modelarea performanței Ethernet. Măsurarea capacității Ethernet

În aceste subcapitol se va urmări analiza comportamentului Ethernet în practică.

În practică, Ethernet nu obține o performanță mai mare de 37% din utilizare.

Parametrii care afectează performanța Ethernet sunt parametrii ficși și parametrii utilizatorului.

În categoria parametrilor ficși (de bază) avem:

- **viteza de bit sau de transmisie**; reprezintă viteza de transport a biților (de exemplu, 100 Mbps);

Tot parametru fix este și capacitatea lățimii de bandă care se poate folosi în local vitezei rețelei.

- **întârzierea maximă de propagare**; reprezintă întârzierea maximă dus-întors între oricare 2 transmițătoare. Este de cel mult 46,4 us (464 bit times); echivalent cu 5 kg de cablu coaxial.

- **timpul maxim de blocare (jam)**; un transmițător care detectează o coliziune continuă să transmită un timp echivalent cu cel mult 32- 48 biți pentru ca să se asigure că ceilalți participanți pot să detecteze cu certitudine coliziunea;

- **timpul prin canal**, între sloturi (*slot time*); trebuie să fie mai mare decât suma dintre timpul maxim de propagare dus-întors și timpul maxim de blocaj (definit să fie 51,2 us = 512 bit times, unde bit time este durata de transmitere a bitului care se rotește în jurul rețelei).

- **lungimea minimă a pachetului**; cel mai scurt pachet nu trebuie să fie mai scurt decât biții care trec în 51,2 us, astfel încât dacă există coliziune aceasta să fie detectabilă. Această lungime are 64 octeți incluzând 14 octeți pentru antet și 4 octeți pentru secvența cadrului de verificare (FCS).

- **lungimea maximă a pachetului**; reprezintă mărimea memoriilor-tampon pe care receptorii trebuie să le mențină (1518 octeți);

- **numărul de calculatoare gazdă**; specificațiile Ethernet limitează numărul de calculatoare gazdă pentru segmentul de cablu la 100 (limită electrică) și numărul total de calculatoare gazdă într-un segment Ethernet multiplu la 1024;

- **persistența** (continuitatea); CSMA/CD este un protocol persistent. Protocoalele nepersistente așteaptă o perioadă aleatoare de timp, iar transmisia are probabilitatea P.

**În categoria parametrilor utilizatorului** (bazați pe aplicațiile aflate în uz) avem:

- distribuția lungimii pachetului;
- numărul actual (real) de calculatoare gazdă;
- viteza de sosire a pachetelor;
- lungimea reală (practică) a cablului.

**Observație:** Traficul Ethernet prin rețelele locale are similitudine proprie (Willinger 1997).

Ethernet lucrează bine sub încărcare, lățimea de bandă disponibilă se depreciază proporțional cu numărul de calculatoare gazdă, iar întârzierea crește liniar cu numărul de calculatoare gazdă.

## 2.9. Factorii care au legătură cu performanța fizică a rețelei

În acest subcapitol am sintetizat toți factorii care contribuie la viteza rețelei și care afectează performanțele componente fizice din rețea, presupunând că viteza din legături este optimă sunt:

- **viteza de procesare a plăcii de bază**

Placa de bază (și în particular procesorul) trebuie actualizată la 18 luni, deoarece viteza de lucru a plăcii de bază (*motherboard*) poate scădea performanțele rețelei.

- **viteza de transfer a harddiscului**

Performanța discului constând în cantitatea de informație citită sau scrisă de disc într-o secundă constituie de obicei o gâtuire primară a performanței de rețea.

Puteți spori performanțele discului prin folosirea unui disc mai rapid, care are o interfață mai eficientă și care procesează la un moment dat o cantitate mai mare de informație și nu în ultimul rând are o capacitate mai mare de stocare.

Ultimele generații de harddiscuri sunt mai rapide (peste 10k rotații per minut) și au interfețe de tip SCSI, IDE, Fibre Channel.

Actualizarea driver-ului de disc și a interfeței acestuia va crește cu siguranță performanța rețelei.

- **adaptorul de rețea**

Adaptorul de rețea este un dispozitiv care conectează fizic calculatorul la rețea.

Putem crește viteza rețelei și prin cumpărarea unui adaptor de rețea mai rapid. Aceasta este o cale simplă de a spori viteza rețelei, presupunând de asemenea și achiziționarea unui hub sau comutator mai rapid.

- **hubul sau comutatorul Ethernet**

Acestea servesc drept puncte centrale de conectare precum și transport al datelor. Comutatorul trebuie să suporte aceeași viteză cu adaptoarele de rețea folosite de acestea pentru rețeaua dvs.

Trebuie folosite huburi și comutatoare care suportă vitezele adaptoarelor de rețea, pentru a nu limita calculatoarele de mare viteză.

Comutatoarele sunt mai eficiente decât huburile în rețelele de mare viteză.

- **serverul de rețea**

În rețelele de la egal-la-egal este de preferat ca serverul care le administrează să fie dedicat acestui scop. De asemenea, ar fi indicat ca serverul pentru aplicații să fie separat de serverul de poștă și de serverul de backup. În acest fel prin împărțirea sarcinilor pe mai multe servere va crește lățimea de bandă disponibilă a rețelei.

- **aplicația de rețea**

Software-ul folosit pentru transferul datelor prin rețea trebuie periodic actualizat, astfel că alegeți adaptoare ce se pot actualiza din când în când. **Acest factor ține de managementul logic al rețelei.**

- **protocolul de transport folosit (TCP/IP sau altul)**

În urma testelor din această lucrare se poate trage o concluzie cu privire la tipul protocolului de transport folosit, iar aceste trebuie să fie ales funcție de ce se dorește să se transporte.

- **Internet partajat**

Performanța rețelei este de asemenea limitată și de factori externi (din afara rețelei locale), precum conexiunea la Internet.

Performanța trebuie asigurată pe rețeaua locală și abia după ce am optimizat-o o conectăm la Internet.

Dacă toate rețelele din Internet ar fi optimizate întregul Internet ar funcționa mai bine.

Unii dintre acești factori aparțin managementului logic al rețelei, dar au fost prezentați și aici, deoarece influențează fizic viteza rețelei.

## **2.10. Administrarea securității fizice a rețelei**

Securitatea fizică trebuie să constituie obiectul unei analize atente în cazul rețelelor de calculatoare. Securitatea fizică a rețelei cuprinde atât securitatea mediului de transmisie cât și a componentelor rețelei.

Conform statisticilor 70 % din atacuri pornesc din interiorul rețelei.

Este foarte dificil să se obțină o schemă completă a tuturor entităților și operațiilor existente la un moment dat în rețea, deoarece rețelele sunt ansambluri foarte complexe de

calculatoare, linii de legătură și echipamente dedicate și din această cauză rețelele sunt vulnerabile la diferite tipuri de atacuri și abuzuri. Complexitatea este generată de dispersarea geografică, uneori internațională a componentelor (nodurilor) rețelei și implicarea mai multor organizații în administrarea unei singure rețele, existența unor tipuri diferite de calculatoare și sisteme de operare, existența unui număr foarte mare de entități (hosturi, rutere, stații de lucru, programe ce implementează diverse servicii (publice sau private) de rețea, agenți de monitorizare sau control, etc.).

Personalul care se ocupă de administrarea rețelei trebuie să asigure și să respecte următoarele măsuri de bună funcționare și securitate fizică a rețelei:

- mediul fizic de transmisie, precum cablurile rețelei locale, rutoarele, comutatoarele trebuie să fie adecvat protejate;
- serverele rețelei locale trebuie protejate de accesul fizic al altor persoane care nu fac parte din departament;
- sistemele, perifericele, dispozitivele trebuie protejate de fluctuații și perturbații în alimentarea cu energie electrică.

Rețeaua trebuie să conțină sisteme online UPS pentru a proteja împotriva fluctuațiilor de tensiune și pentru a putea realiza copii de siguranță (*backup*). Sistemele UPS trebuie să asigure funcționarea non-stop a celor mai importante echipamente din rețea.

- datele backup se salvează regulat conform unui grafic (backup complet, incremental) testând restaurarea și erorile de backup;
- mediile de stocare pentru backup trebuie să fie fizic sigure (fără a avea acces persoane neautorizate). Backup-urile săptămânale trebuie plasate în locații fizice diferite și găzduite în siguranță în caz de calamități (incendiu, inundație, cutremure).
- procesul de recuperare a datelor trebuie să fie testat periodic;
- accesul la sistemele critice trebuie restricționat prin chei, coduri, senzori electronici și de mișcare, identificare biometrică;
- de asemenea, cheia și cardurile de acces trebuie și ele păstrate în camere speciale, cu acces restrictiv și protejate de calamități;
- organizația trebuie să asigure personal adecvat, capabil să suporte aceste operații mai sus prezentate.

Cele menționate mai sus sunt sugestii care trebuie luate în considerare, dar ele depind de felul organizației, mărimea și activitatea acesteia, numărul de calculatoare, tipul mediilor de stocare și de compartimentul IT care stabilește ce reguli trebuie respectate.

## 2.11. Măsuri pentru securitate în rețelele locale

În cele ce urmează sunt prezentate mai multe măsuri care împreună conduc la o securitate sporită în rețelele locale:

1. instalarea pe stațiile de lucru din rețea a **programeelor (online) antivirus** pentru unitățile de dischetă și CD-ROM și pe server pentru poșta electronică.
2. achiziționarea de componente fizice (hard) și logice (soft) să fie verificată și controlată; **să nu se permită instalarea neautorizată în rețeaua locală de soft și hard**; aceste permisiuni numai persoanelor autorizate.



3. **verificarea porturilor deschise** de pe fiecare sistem utilizând un scanner de port pentru a verifica orice servicii nedorite ce rulează în rețea. Aceste porturi reprezintă serioase amenințări pentru securitate.

4. **configurarea listelor și a zidului de foc** pentru controlul accesului în rețeaua internă.

Politicile pentru zidul de foc și listele de acces controlat trebuie menținute și actualizate când apar schimbări în rețea (se elimină un calculator din rețea sau pentru liste se modifică contul utilizatorului sau grupului). Reguli pentru prevenirea atacurilor de tip refuzul serviciului (denial of service) sau pentru prevenirea spoofing-ului (de exemplu cereri care vin din afara rețelei și au origine IP din rețeaua locală internă).

Fiecare utilizator trebuie să aibă un nume unic de utilizator. Parola aleasă de utilizator trebuie să aibă minim 6 caractere care să fie o combinație alfa-numerică și unul din caracterele speciale (, #, %, ^, &, \$, ...). Parole trebuie schimbată cu regularitate. Conectarea trebuie dezactivată după 4-6 încercări de conectare fără succes și sistemul să deconecteze contul (conectare) după un timp de inactivitate scurs de la conectare, stabilit pentru sistemul respectiv.

5. **monitorizarea proceselor de descărcare și trimitere** (*download/upload*).

6. **folosirea DHCP pentru alocarea adreselor LAN** de obicei bazele pe adrese MAC face la transferul datelor între sursă și destinație, acestea să autentifice unele pe altele sau sursă / destinația să fie identificabilă.

8. **existența licențelor confirmate pentru produsele software.**

Pentru controlul accesului fiecare din privilegiile utilizatorului trebuie definite, documentate și controlate la cel mai apropiat control de acces.

## 2.12. Sumar capitol

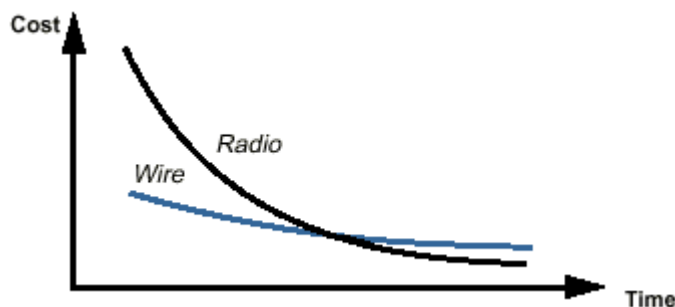
Pe parcursul acestui capitol au fost prezentate probleme legate de administrarea echipamentelor de procesare, echipamentelor de transmisie și echipamentelor de conectare ale unei rețele. La începutul capitolului sunt analizate resursele calculatorului (procesor, memorie, disc, placa de rețea) din punct de vedere al performanțelor acestora. Pentru echipamentele de transmisie sunt analizate doar cele care ofera performanțe sporite, precum fibra optică și undele electromagnetice folosite în comunicații. Tot la acest subiect sunt prezentate rețelele locale fără fir, în ceea ce privește administrarea și securitatea lor. Mediul de transmisie este analizat în continuare cu privire la caracteristicile sale și la problemele și erorile care pot apărea pe mediul de transmisie. Pentru parte alocată echipamentelor de conectare, acestea sunt enumerate și descrise corespunzător nivelelor la care acționează. Capitolul se încheie cu criteriile care stau la baza proiectării părții fizice a unei rețele, cu analiza parametrilor care contribuie la performanța fizică a rețelei și cu măsurile de securitate fizică ale rețelei.

## 2.13. Concluzii

La proiectarea părții fizice a rețelei administratorul trebuie să se țină seama de o serie de parametri de rețea care afectează funcționarea rețelei. Cei mai importanți parametri sunt prezentați în subcapitolul 2.6. "Parametrii rețelei".

Timpul de răspuns al rețelei suferă pe măsură ce crește încărcarea acesteia, iar la creșteri semnificative ale traficului (din punct de vedere al utilizatorului) performanța descrește foarte mult. Aceasta deoarece în Ethernet numărul de coliziuni crește odată cu creșterea încărcării rețelei, cauzând retransmisii care încarcă și mai mult rețeaua, producând mai multe coliziuni, această supraîncărcare conducând considerabil la îngreunarea traficului.

Făcând o comparație din punct de vedere al costurilor mediilor de transmisie se poate observa așa cum este arătat și în figura 2.32 că în timp costul pentru comunicații radio devine similar și chiar mai mic cu costul pentru comunicațiile prin fire.



Având în vedere ca majoritatea echipamentelor de la ora actuală sunt conforme cu standardul 802.11, la implementarea unui WLAN trebuie ținut seama de următoarele recomandări:

- rețeaua nu trebuie considerată sigură nici dacă, din punct de vedere geografic, este amplasată într-o zonă sigură. Undele radio nu pot fi oprite la o distanță dorită, deci, pot părăsi zona în cauza, permițând, astfel, interceptarea lor;
- toate opțiunile de securitate de pe AP și client trebuie activate;

- confidențialitatea comunicațiilor poate fi îmbunătățită prin folosirea unor măsuri suplimentare de criptare/decriptare;

- combinarea tuturor măsurilor de securitate (SSID, filtrarea adreselor MAC și WEP) în cazul 802.11 este binevenită;

- introducerea unui management al cheilor este, de asemenea, binevenită.

Dacă aceste măsuri se dovedesc insuficiente, trebuie luate în considerare și evoluțiile standardului 802.11, chiar dacă implementarea acestora presupune o creștere considerabilă a costurilor.

Tot drept concluzii pot fi amintiți și factorii care au legătură cu performanța fizică a rețelei care au fost prezentați în subcapitolul 2.9.