

4 ELEMENTE DE TELEINFORMATICĂ

Telematica (telematica) se poate defini ca fiind domeniul informaticii care utilizează mijloace de transmisie la distanță a informațiilor.

Rețelele de calculatoare sunt constituite din elemente ale informaticii și ale sistemelor de telecomunicații.

Evoluția telematicii a cunoscut mai multe etape:

- a) transmiterea datelor între două calculatoare (anii '60);
- b) accesarea informației la distanță, deci o tendință de descentralizare prin utilizarea stațiilor de intrare/ieșire (anii '70);
- c) rețele de terminale (comutare de circuite cu concentratori, multiplexare), rețele de calculatoare (comutare mesaje, pachete) (sfârșitul anilor '70);
- d) telematica cu utilizarea pe scară largă a rețelelor publice, locale, comunicație între rețele prin tehnica sateliților, utilizarea fibrelor optice ca suport fizic, comunicația digitală etc. (anii '80 și în prezent).

În general, o **rețea** poate fi definită ca o mulțime de noduri legate printr-un ansamblu de drumuri (deci poate fi reprezentată printr-un graf).

Topologia rețelei vizează localizarea nodurilor și modul de înlănțuire al acestora.

În mod obișnuit se utilizează un număr de rețele, ca de exemplu: șosele, căi ferate, linii aeriene, poșta, telefon, electricitate, apă, radio, televiziune etc.

Noțiunea de rețea nu este un concept nou și exemplele anterioare permit evidențierea unor caracteristici generale ale rețelelor:

- a) serviciul oferit prin rețea depinde de tipul legăturii folosite în rețea. De exemplu, șoselele furnizează o rețea **punct la punct**, în timp ce apa este **difuzată** în toate nodurile rețelei;
- b) utilizarea unei rețele în bune condițiuni implică respectarea unui anumit număr de reguli. De exemplu, pe șosele se poate circula respectând regulile de circulație;
- c) o rețea se poate construi pe alte rețele. De exemplu, poșta utilizează șosele, căi ferate, linii aeriene.

O **rețea telematică** (o vom numi, fără riscul confuziei, rețea) este o rețea ale cărei noduri sunt constituite din unități de prelucrare a informației, schimbul de informație realizându-se prin intermediul legăturilor dintre noduri, numite **canale de transmisie**.

În practică, nodurile pot fi calculatoare sau echipamente terminale (ecran de vizualizare + tastatură + imprimantă) și canalele de transmisie

sunt adesea linii telefonice pentru marile rețele și cabluri coaxiale pentru rețelele locale.

Pentru schimbul de informație, două unități de prelucrare trebuie să respecte aceleași **protocoale**, care sunt reguli complexe de comunicare.

4.1 Transmisia informațiilor

Suporturi fizice ale unei căi de transmisie

Toate căile de transmisie se bazează pe propagarea undelor electromagnetice:

- a) **cale metalică**: este o linie electrică ce poate fi o linie telefonică sau un cablu electric. Această soluție prezintă unele inconveniente care se referă la sensibilitatea la zgomote, scăderea semnalului transmis la distanță etc;
- b) **fascicol hertzian**: utilizează unde radioelectrice pentru transportul informației;
- c) **fibre optice**: transportul informației este realizat prin propagarea undelor luminoase în fibre de sticlă, prezența sau absența unui semnal luminos permițând codificarea unui bit de informație.

Utilizarea acestor diverse suporturi de informație poate fi schematizată astfel: o legătură intercontinentală este realizată cu ajutorul unui satelit, o legătură între calculatoarele unei țări se realizează prin linii telefonice, o legătură între două clădiri din același oraș se face prin fibre optice, legătura între diverse echipamente din aceeași clădire utilizează cablu coaxial, iar dacă echipamentele sunt apropiate, se folosește un simplu cablu electric.

Moduri de transmisie a informației

- a) **transmisie paralelă**: se transmit mai mulți biți simultan, de exemplu, **bus**-ul unui microcalculator transmite 8 sau 16 biți simultan, o linie telefonică de lungă distanță poate asigura 12 comunicații simultane etc.;
- b) **transmisie serială**: informațiile se transmit pe aceeași linie și se succed în timp.

Sincronizarea transmisiei informației

Orice transfer de informație care utilizează telecomunicațiile este în general realizat sub formă serială. Una din principalele probleme ale transmisiei seriale constă în sincronizarea emițătorului cu receptorul informației. Transmisia paralelă ridică probleme de sincronizare și mai mari și nu se utilizează decât pe distanțe scurte. Majoritatea echipamentelor informatice sunt dotate cu o ieșire (poartă) RS232C, care este ieșire standard permițând o transmisie serială. Sincronizarea determină eșantioane

ale semnalului transmis pentru a recunoaște biții constituind informația. O secvență de biți corespunde unui șir de schimbări ale stării semnalului, fiecare stare durează un interval foarte scurt de timp. Receptorul trebuie să fie sincronizat pentru ca începutul și sfârșitul eșantioanelor să corespundă schimbărilor de stare (**sincronizare bit**). Când receptorul primește biții de informație ele trebuie să reconstituie semnalul, deci să reconstituie caracterele (**sincronizare caracter**). Se disting două moduri de transmisie:

- a) **transmisia asincronă**: caracterele sunt emise în mod neregulat, ca de exemplu caracterele tastate. Sincronizarea între emițător și receptor se realizează în timpul transmiterii fiecărui caracter. Datorită transmisiei aleatoare a caracterelor, acestea sunt încadrate de biți suplimentari pentru asigurarea corectitudinii transmisiei (**start-bit, stop-bit**, bit de paritate). Acest mod de transmisie este relativ simplu și ieftin, dar redondanța datorată biților adăugați nu permite realizarea unei mari capacități de transmisie și utilizarea sa este limitată la terminale lente ca tastatura sau imprimanta;
- b) **transmisia sincronă**: biții sunt emiși în mod regulat, fără separare între caractere. Pentru sincronizare se utilizează un **ceas-bit** atât de către emițător cât și de către receptor. Sincronizarea caracterelor se realizează prin recunoașterea secvențelor particulare de biți. Acest mod de transmisie permite debite mai mari de informație (superioare de 12000 biți/sec).

Moduri de exploatare a unei căi de transmisie

- a) **simplex**: transmisia este unidirecțională, o extremitate emite iar cealaltă recepționează. Difuziunile radio și TV sunt exemplele cele mai caracteristice;
- b) **semiduplex** [half-duplex] (bidirecțional alternat): permite o transmisie în două sensuri, dar alternativ, fiecare din cele două extremități primește și emite la rândul său, dar niciodată simultan;
- c) **duplex** [full-duplex] (bidirecțional simultan): permite o transmisie simultană în cele două sensuri.

Banda de trecere

O cale de transmisie nu permite decât transportul semnalelor care aparțin unui anumit domeniu (bandă) de frecvențe. Banda de frecvențe corect transmisă este numită **bandă de trecere** (notată W), și constituie caracteristica esențială care determină direct **capacitatea de transmisie**.

H. Nyquist a arătat că **rapiditatea de semnalizare** (capacitatea de transmisie) a unei căi este $C = 2 \cdot W$ bound, unde W este mărimea benzii de trecere. **Bound**-ul este unitatea de rapiditate a semnalizării și corespunde

unui anumit număr de semnale pe secundă, iar dacă fiecare semnal permite transmiterea a n biți, atunci $C = 2 \cdot n \cdot W$ biți/sec (bps).

În anul 1948, C. Shannon a arătat că rapiditatea de semnalizare este determinată nu numai de banda de trecere ci și de raportul **semnal (S) / bruiaj (B)**, și anume: $C = W \cdot \log_2(1 + S/B)$ (Hz).

Transmisie analogică și digitală

- a) **transmisia analogică**: constă în a utiliza un semnal simplu numit **undă purtătoare** căreia i se modifică unul sau mai mulți parametri: amplitudine, frecvență, fază;
- b) **modularea**: constă în transformarea informațiilor digitale în informații analogice prin modelarea unei **unde purtătoare** sinusoidală periodică ce se poate reprezenta $s(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$, sau $s(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$ unde: A este amplitudinea semnalului, ω este pulsația, f este frecvența, iar φ este faza inițială. Există trei posibilități de modulare a semnalului:
 - **modulare în amplitudine**: $s(t) = A(t) \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$;
 - **modulare în frecvență**: $s(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f(t) \cdot t + \varphi)$;
 - **modulare de fază**: $s(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi(t))$.

Transmisia digitală și modularea

Transmisia digitală sau numerică constă în a transmite biții sub formă de impulsuri electrice pătrate având o durată și o amplitudine pătrate.

Codificarea informațiilor se realizează în mod asemănător cu cea utilizată pentru memorare pe un suport magnetic. Transmisia digitală necesită o bandă de trecere largă. Noile tehnologii bazate pe fibre optice permit transmisii digitale.

Pentru transmisia informațiilor analogice este necesară efectuarea unei modulări care constă în eșantionarea semnalului analogic la emisie, transmisia eșantioanelor sub formă digitală și reconstituirea semnalului la recepție. Un rafinament al acestei tehnici, **modularea delta**, constă în transmiterea diferențelor între două eșantioane în locul acestora.

Multiplexare

Multiplexarea înseamnă partajarea unei căi de transmisie între mai multe legături. O **legătură** este stabilirea unei comunicații între două echipamente informatice. Sunt utilizate în principal două tehnici:

- a) **multiplexare frecvențială** [FDM: Frequency Division Multiplexing] (spațială) care constă în divizarea benzii de trecere a căii de transmisie, semnalele sub-benzilor de trecere sunt adăugate unele altora pentru a fi transmise pe calea de transmisie cu ajutorul

multiplexorului, iar la recepție un **demultiplexor** filtrează semnalul primit. Semnalele transmise astfel sunt analogice, pentru semnalele numerice trebuie utilizat un **modem** pentru modularea acestora;

- b) **multiplexarea temporală**: [TDM: Time Division Multiplexing] constă în partajarea în timp a căii de transmisie între mai multe transmisii, tehnică ce se poate utiliza și pentru transmisii digitale. **Multiplexoarele inteligente** [ITDM: Intelligent TDM] sau statistice rezolvă problema alocării tranșelor de timp potrivit necesităților fiecărei legături (mod asincron) (se mai numesc **concentratoare**).

3.2 Rețele de calculatoare

O **rețea de calculatoare** [network] este o mulțime de calculatoare (și echipamente terminale), geografic dispersate, conectate între ele prin una sau mai multe legături pentru a permite schimburi de informații.

Calculatoarele unei rețele pot să aparțină unor categorii diverse, de la supercalculatoare până de la microcalculatoare care evident, pot fi de tipuri diferite. Dacă sistemele de calcul ale rețelei sunt compatibile între ele rețeaua este **omogenă**, altfel rețeaua este **neomogenă**.

O rețea are drept scop de a oferi un anumit număr de servicii utilizatorilor, bazate pe schimbul informațiilor (acces la distanță):

- acces la informații (programe, date) stocate pe alte calculatoare ale rețelei;
- acces la alte calculatoare (de exemplu un supercalculator sau calculator specializat);
- permite schimbul de informații între utilizatori (mesagerie);

În funcție de “diametrul” rețelei, adică depărtarea maximă între noduri, există următoarea clasificare a rețelelor:

- a) **rețea extinsă** [WAN: Wide Area Network]: rețea ale cărei noduri sunt geografic foarte îndepărtate unele de altele (mai multe sute, sau chiar mii de kilometri). Acest tip de rețea utilizează în general rețelele publice (de exemplu, linii telefonice);
- b) **rețea metropolitană** [MAN: Metropolitan Area Network]: rețea ale cărei noduri se situează în aceeași metropolă. Fibrele optice sunt adesea utilizate pentru realizarea unei asemenea rețele;
- c) **rețea locală** [LAN: Local Area Network]: rețea ale cărei noduri se găsesc în aceeași clădire sau în clădiri vecine, deci depărtate până la câteva sute de metri.

Erorile de transmisie a informațiilor în rețea constituie o problemă importantă. Există metode de detectare a erorilor, iar estimarea posibilității de apariție a erorilor este exprimată astfel:

- 1 bit eronat din 10^{12} în rețelele locale;
- 1 bit eronat din 10^5 în rețelele extinse.

Rețelele punct la punct și rețelele de difuziune

Pentru a permite schimbul de informații între doi utilizatori este necesar să se poată adresa membrii rețelei. O tehnică constă în a adăuga fiecărui mesaj adresa destinatarului, într-o manieră analoagă corespondenței poștale. Deoarece destinatarul nu este în mod obligatoriu legat direct cu expeditorul, mesajul va tranzita prin nodurile intermediare care decodifică adresa și care transmit în continuare mesajul la un nod apropiat, într-o bună direcție. Aceasta este o **rețea punct la punct**.

O altă tehnică de transmisie la distanță utilizează o **rețea de difuziune** [broadcasting], care difuzează direct informația către toți membrii rețelei. Mesajul este întotdeauna etichetat cu o adresă pe care numai destinatarul o recunoaște. Acest tip de rețea necesită în mod normal utilizarea unui satelit pentru transmisia informațiilor.

Tehnici de comutație a datelor

În general, drumul urmat de informație de la expeditor la destinatar, parcurge un anumit număr de noduri intermediare care trebuie să asigure respectarea corectitudinii datelor pe care le primesc. Există mai multe metode care permit efectuarea comutațiilor necesare fiecărui nod:

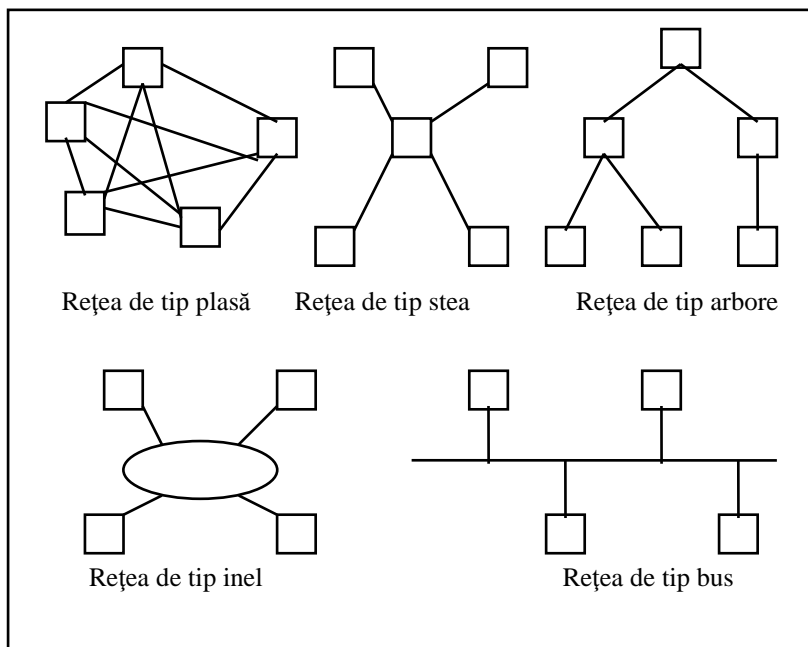
- a) **comutația de circuite** [circuit switching]: se stabilește o conexiune fizică temporară între nodurile implicate în schimbul de informație. Transferul are loc din momentul stabilirii conexiunii care rămâne activă pe tot parcursul comunicației, chiar și în perioadele când nu are loc nici-un schimb de informație. Acest tip de comutație este rentabil pentru o linie care suportă puține schimburi de informație, exemplul cel mai sugestiv fiind cel al unei rețele telefonice.
- b) **comutația de mesaje** [message switching]: cu această tehnică se trimite un mesaj cu adresa sa în rețea. Când mesajul sosește la un nod, acesta decodifică adresa și-l trimite nodului următor, în direcția destinatarului, conform **tabelei de rutare**. Mărimea mesajelor poate fi variabilă, ceea ce impune nodurilor să dispună de mijloace de stocare a mesajelor. Acest tip de comutație este mai suplă decât cel precedent deoarece permite înregistrarea mesajului dacă nodul receptor nu este disponibil.
- c) **comutația de pachete** [packet switching]: este similară cu comutația de mesaje, dar limitează mărimea informațiilor transmise.

Se procedează la divizarea mesajului de transmis în pachete de mărime limitată (de exemplu 1024 biți = 128 octeți) și se trimite separat pachetele în rețea. Datorită mărimii reduse, pachetele sunt mai puțin sensibile la erori, mai ușor de stocat (este suficientă memoria centrală). Printr-o numerotare corespunzătoare a pachetelor se poate reconstitui mesajul la destinație.

Topologia rețelelor de calculatoare

În figura următoare sunt prezentate diverse topologii de rețea:

Rețeaua de tip plasă este caracterizată prin faptul că două noduri oarecare sunt legate între ele. Acest tip de rețea asigură o mare suplețe și siguranță în utilizare, dar este dificil de realizat pentru un număr foarte mare de noduri. În general plasa nu este perfectă (sunt anumite noduri nelegate), situație în care se vorbește despre **rețea plasă parțială**. Toate celelalte tipuri de rețele sunt particularizări ale rețelei de tip plasă, obținute prin impunerea unor restricții asupra legăturilor între noduri.



- a) **Rețeaua de tip stea** este o rețea centralizată, un singur nod este legat direct la toate celelalte, fără ca acestea să aibă legături între ele. Nodul central suportă orice sarcină a rețelei.

- b) **Rețeaua de tip arbore** este o rețea ierarhică repartizată pe mai multe nivele, nodurile aceluiași nivel nu sunt legate între ele dar sunt legate la un nod de nivel superior (rețeaua telefonică este un exemplu caracteristic).
- c) **Rețeaua de tip buclă** sau **inel** este o rețea în care fiecare nod este legat la două noduri pentru a forma un inel. Este o rețea descentralizată de tip punct la punct.
- d) **Rețeaua de tip bus** este o rețea de difuzine, în care toate nodurile sunt conectate pe același suport.

Rețelele extinse au în general o topologie obținută pornind de la o combinație de trei topologii: rețea parțială de tip plasă, rețea de tip stea și rețea de tip arbore.

Topologiile cele mai utilizate pentru rețelele locale sunt cele de tip bus și inel.

Supportul fizic de transmisie cel mai utilizat în rețelele locale este cablul coaxial.

Rețelele locale funcționează în general prin difuziune, adică o stație ce dorește să transmită un mesaj îl expediază în rețea, stația vizată prin mesaj recunoaște adresa sa și în consecință ea tratează acest mesaj, în timp ce alte stații, nerecunoscând mesajul, îl ignoră.

Protocoale de rețea

Un **protocol de rețea** este constituit din mulțimea regulilor care trebuie să fie respectate pentru a realiza un schimb de informații între sistemele de calcul din cadrul rețelei.

O modalitate de simplificare a **problemei comunicării** în rețea este aceea de divizare a acesteia prin definirea mai multor nivele de comunicare și stabilind un protocol pentru fiecare nivel.

Problema standardizării presupune definirea de norme pentru simplificarea comunicațiilor în rețelele eterogene.

În timp ce constructorii au tendința de a defini propriile lor protocoale, totuși, un anumit număr de instituții și organizații internaționale încearcă să definească standarde, și anume:

- departamentul apărării americane [DOD] a definit protocolul TCP/IP pentru rețeaua **Arpanet**;
- instituțiile internaționale:
 - CCITT [Comité Consultatif International du Téléphone et du Télégraphe] a definit recomandări reunite sub denumirea de seria V (pentru transmisia datelor prin telefon) și seria X (pentru rețele publice);

- ISO [International Standards Organization] cu modelul OSI [Open Systems Interconnection];

Modelul ISO - OSI

Modelul OSI [Open Systems Interconnection], elaborat de organizația ISO [International Standards Organization] între anii 1975-1985, trebuie să permită interconectarea sistemelor de calcul de tipuri diferite.

Interesul acestui model este acela de a diviza mulțimea protocoalelor de rețea în șapte nivele, între care sunt definite două tipuri de relații:

- **verticale**, între nivelele aceluiași sistem (se numesc **interfețe**);
- **orizontale**, relative la dialogul la același nivel între sisteme diferite (protocoale care definesc reguli de schimb).

Fiecare nivel furnizează nivelului superior un anumit număr de informații cunoscute sub denumirea de primitive.

Vom prezenta în continuare o descriere succintă a celor șapte nivele ale modelului ISO-OSI:

- a) **Nivelul 1** (fizic) este cel mai de jos nivel și descrie caracteristicile electrice și echipamentul fizic de transmisie (cabluri, fascicule hertziene etc.). El se ocupă de conexiunea fizică a stației la rețea, permite transmisia de biți între două sisteme, definește dacă transmisia este sincronă sau asincronă, rezolvă probleme de modulare/demulare ale informațiilor.
- b) **Nivelul al 2-lea** (legătură de date, sau linie) [data link] are drept scop transmisia datelor structurate în pachete de biți fără erori (în caz de eroare se procedează la retransmisia acestora).
- c) **Nivelul al 3-lea** (rețea) servește în principal asigurării comutației și rutării pachetelor de date între nodurile rețelei, de asemenea efectuează controlul fluxului informațiilor.
- d) **Nivelul al 4-lea** (transport) permite stabilirea, întreținerea și întreruperea conexiunilor de transport. Se efectuează controlul fluxului informațiilor și se asigură segmentarea și reasamblarea mesajelor, precum și multiplexarea căilor de transmisie.
- e) **Nivelul al 5-lea** (sesiune) permite stabilirea unei conexiuni logice între două aplicații, asigură organizarea și sincronizarea dialogului, modul de transmisie: simplex, semiduplex, duplex.
- f) **Nivelul al 6-lea** (prezentare) se ocupă de aspectele prezentării (sintaxa) datelor, conversia codului, formatul datelor, optimizarea transferului prin diverse metode de comprimare și asigurarea securității datelor prin criptare.

- g) **Nivelul al 7-lea** (aplicație) furnizează servicii și interfețe de comunicație ale utilizatorului, deci constituie mulțimea punctelor de intrare în programele utilizatorilor.

Conexiuni între rețele

Rețele, sau anumite părți ale rețelelor locale pot fi legate, utilizând:

- a) **repetor** [repeater]: ce permite conectarea a două rețele la nivelul fizic, lucrează deci la nivelul 1 OSI și are drept scop unic transmiterea de biți de la o rețea la alta;
- b) **pod** [bridge]: lucrează la nivelul al 2-lea OSI și asigură trimiterea fizică a informațiilor sub formă de pachete, garantând absența erorilor;
- c) **rutor** [router]: lucrează la nivelul al 3-lea OSI și asigură rutarea pachetelor între diferite rețele;
- d) **pasarelă** [gateway]: lucrează în general la nivelul al 7-lea OSI și leagă două rețele oricare ar fi natura lor, ocupându-se de toate conversiile necesare.

Conexiuni inter-rețele: internet și TCP/IP

Pentru a încerca rezolvarea conexiunii între diferite rețele a apărut noțiunea de **internetwork** sau general referită **internet**. Internet definește o mulțime de protocoale independente de rețea. O versiune UNIX a acestor protocoale a fost dezvoltată în ultima perioadă și a avut ca efect conexiunea unui mare număr de universități, firme și persoane fizice.

Un anumit număr de aplicații sunt bazate pe protocoale TCP/IP de înalt nivel și pot fi considerate ca servicii universale:

- poșta electronică;
- transfer de fișiere la distanță;
- emularea unui terminal la distanță;
- gestiunea automată a rețelelor.

Adresarea stațiilor într-o rețea internet se realizează printr-o adresă pe 32 biți descompusă în două părți (identificatorul rețelei și identificatorul local al stației) și reprezentată în general prin patru numere de câte 8 biți.

Conceptul client - server

O utilizare importantă a rețelelor este cooperarea între aplicații. Conceptul de bază utilizat pentru cooperare este acela de **client - server**, care este folosit ca model de bază pentru aplicațiile distribuite.

Termenul **server** se aplică oricărui program care oferă un serviciu care poate fi extins de-a lungul rețelei. Un server primește cereri, le tratează și le retrimite celui care le-a solicitat (client).

Termenul **client** se aplică oricărui program care trimite o cerere unui server și așteaptă rezultatele.

Evoluția rețelelor de calculatoare

În situația actuală, rețelele de telecomunicații existente permit transportul unei mari varietăți de informații sub forme diverse, ca de exemplu: cuvinte (telefon), mesaje (telex), imagini (telecopiator, televiziune), ca și date informatice. Pentru a se putea transporta toate aceste tipuri de informații au fost realizate: rețea telefonică, rețea telex, diverse rețele specializate permițând schimbul de informații între sistemele de calcul. Cea mai importantă este rețeaua telefonică bazată pe transmisia semnalelor analogice.

Rețelele viitorului vor fi bazate pe transmisii numerice, vor utiliza cabluri coaxiale, fibre optice și sateliți pentru a transmite date, imagini și conversații telefonice.

- a) **RNIS (rețea numerică de servicii integrate)** [ISDN], este implementată în cea mai mare parte a țărilor europene și SUA. Legăturile internaționale ridică însă unele probleme datorită particularităților de implementare a rețelelor specifice fiecărei țări. Această rețea oferă servicii deosebite:
 - servicii suport de informații (transmisie date + servicii telefonice);
 - servicii complementare (identificare apel, sub-adresare terminale, portabilitate etc);
 - teleservicii (transmisii de fișiere cu imagini fixe sau animate, videofonia, videoconferința etc);
- b) **Evoluția comutației prin pachete** vizează următoarele aspecte importante:
 - creșterea performanțelor prin sporirea debitului și simplificarea protocoalelor de rețea;
 - posibilitatea transmisiei izocrone (vocea);
- c) **Releu de cadre** [frame relay]: este o simplificare a transmisiei prin pachete. În acest caz se utilizează același protocol de rutare, dar se suprimă protocoalele de control a erorilor și a fluxului (nivelul rețea este vid). Această abordare este de 4-10 ori mai rapidă decât comutația prin pachete și se dovedește bine adaptată pentru interconexiunea rețelelor locale.
- d) **Releu de celule** [cell relay] are drept principiu descompunerea informațiilor în mici pachete de lungime fixă și determinarea rutei acestora. Comutația prin circuite permite transportul informațiilor izocrone (vocea), în timp ce comutația prin pachete este mai

- adaptată transmisiei informațiilor numerice. Releul de celule realizează deci un compromis între cele două moduri de comutație.
- e) **RNIS cu bandă largă:** permite transportul tuturor tipurilor de informații (de exemplu, imaginile de televiziune). Spre deosebire de RNIS prima versiune, care nu solicită modificarea cablajului abonaților, RNIS cu bandă largă cere modificări multiple în rețeaua de transport și va utiliza în acest sens tehnica sateliților și fibrele optice, mod de transfer asincron potrivit tehnicii ATM [Asynchronous Transfer Mode].
 - f) **Rețele locale fără fir [CLAN: Cordless LAN]:** nu necesită cablare, se utilizează doar în cazuri particulare datorită tehnologiei foarte costisitoare. Transmisia se realizează prin unde radio sau prin infraroșu.
 - g) **Rețele de foarte înalt debit:** dezvoltă viteze de transfer de ordinul gigabiților pe secundă prin utilizarea fibrelor optice. Încă nu s-au definit protocoale standard ci doar protocoale particulare care realizează conexiuni punct la punct și care necesită echipamente specifice foarte perfecționate.