

CAPITOLUL 1

REȚELE DE DATE - Prezentare generală

1.1 Date. Transmisiuni de date. Comunicații de date

Conform definiției furnizate de IEEE și ISO, prin *date* se înțelege o reprezentare a faptelor, noțiunilor sau instrucțiunilor într-un mod convențional (formal), adecvat pentru comunicație, interpretare sau prelucrare manuală sau automată. Într-un mod mai simplu putem spune că datele reprezintă informație codată.

Dacă, într-un context mai larg, vocea și imaginile sunt socotite date, putem clasifica datele în două categorii: *date analogice* (cu valori într-un domeniu continuu) și *date digitale* (cu valori discrete). Într-o astfel de accepțiune vocea și imaginile constituie date analogice, iar textele și valorile numerice reprezintă date digitale. Ambele tipuri de date pot fi reprezentate prin *semnale analogice* sau prin *semnale digitale*.

Semnalele analogice și digitale pot fi transmise pe un mediu de transmisiune adecvat. Modul în care sunt prelucrate aceste semnale depinde de tipul transmisiunii: analogică sau digitală.

Transmisiunea analogică este o metodă de transmitere a semnalelor analogice fără a interesa conținutul lor; semnalele pot reprezenta date analogice (de exemplu voce) sau date digitale (de exemplu date binare prelucrate de un modem). Din cauza atenuării introduse de mediul de transmisiune, pentru a mări distanța de transmisiune este necesar să se folosească amplificatoare. Atât mediul de transmisiune, cât și amplificatoarele, introduc zgomot și distorsiuni. Cu cât distanța de transmisiune crește, cu atât semnalele transmise vor fi mai distorsionate. Pentru datele analogice, așa cum este vocea, efectul acestor distorsiuni și zgomote poate fi tolerat, datele rămânând inteligibile. Totuși, în cazul datelor digitale vor apărea erori.

Transmisiunea digitală, spre deosebire de cea analogică, ține seama de conținutul semnalului. Un semnal digital poate fi transmis, fără ca atenuarea introdusă de suportul de transmisiune să modifice conținutul său (datele reprezentate), pe distanțe limitate. Pentru a mări distanța de transmisiune se utilizează repetitoare regeneratoare. Un astfel de

repetor recepționează semnalul digital, reconstituie conținutul său (datele digitale – secvență de simboluri binare 0 și 1) și retransmite un nou semnal.

Aceeași tehnică poate fi utilizată și în cazul semnalelor analogice care reprezintă date digitale. În loc de amplificatoare se vor folosi repetoare care reconstituie datele digitale din semnalul analogic și generează un semnal nou, analogic, fără zgomot.

Comunicațiile de date includ comunicațiile între calculatoare digitale, între terminale și aceste calculatoare sau între terminale. Calculatoarele și celelalte echipamente digitale au o arhitectură bazată pe circuitele logice digitale, capabile să ia decizii de tipul da sau nu. Elementul fundamental în transferul informației în cadrul acestor echipamente este digitul binar (*bit* – binary digit). Bitul este cea mai mică unitate de măsură a informației, reprezentată fie (matematic) prin 1 sau 0, fie (electric) prin două stări diferite, de exemplu o tensiune pozitivă (+V) pentru 1 logic și o tensiune negativă (–V) pentru 0 logic.

Deoarece un sistem de calcul operează cu informație digitală pură (simboluri binare 1 și 0), pentru comunicația om – mașină este nevoie de o reprezentare a caracterelor alfa numerice (litere și cifre), familiare oamenilor, într-o formă acceptabilă pentru calculator. În acest scop fiecare caracter este reprezentat printr-un grup distinct de simboluri binare. În afara caracterelor grafice (litere, cifre, semne de punctuație, alte simboluri grafice, cum sunt @, \$, #, &, etc.) trebuie reprezentate și caracterele de control (cu funcții de control), cum sunt: spațiu, schimbarea rândului, deplasarea la stânga sau la dreapta, etc.

Dacă se utilizează un cod cu n biți pentru reprezentarea fiecărui caracter, grafic sau de control, numărul diferitelor caractere ce pot fi reprezentate este 2^n . În prezent sunt utilizate coduri de 5, 6, 7 și 8 biți.

Transmisiuni de date înseamnă transferul datelor dintr-un punct către unul sau mai multe puncte prin mijloace de telecomunicații.

Comunicații de date înseamnă transferul datelor între unități funcționale, efectuat conform unui ansamblu de reguli privind transmisiunea datelor și coordonarea schimbului de date.

Comunicațiile de date au un înțeles mai larg decât transmisiunile de date, incluzând nu numai transmisia electrică ci și mulți alți factori implicați în controlul,

verificarea și coordonarea transmiterii informației într-un sistem de calcul bazat pe comunicații. Ele includ, spre exemplu:

- rețele, sisteme și circuite de transmisiune;
- componente hardware și software necesare pentru realizarea funcțiilor pentru comunicații de date;
- standarde pentru interfațarea echipamentului de utilizator la rețeaua de transmisiune;
- o diversitate de reguli și proceduri (*protocol de comunicație*) pentru a asigura un schimb disciplinat al informației.

Unitățile funcționale între care se face transferul datelor mai sunt numite generic și *stații de date*. O stație de date furnizează date pentru transmisiune, este deci sursă de date, acceptă datele transmise de o altă stație de date, este deci și colector de date și realizează toate funcțiile pentru comunicația cu o altă stație de date.

În figura 1.1 este prezentată schematic o *legătură de date* – ansamblu compus din elementele a două *echipamente terminale de date* (DTE – Data Terminal Equipment) care sunt controlate de un protocol și care, prin intermediul *circuitului de date* ce le interconectează, permit împreună transferul datelor.

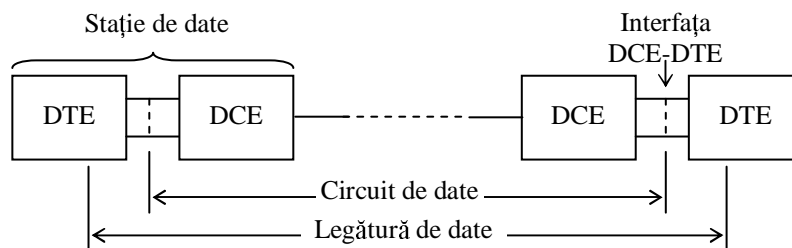


Fig. 1.1 Legătură de date

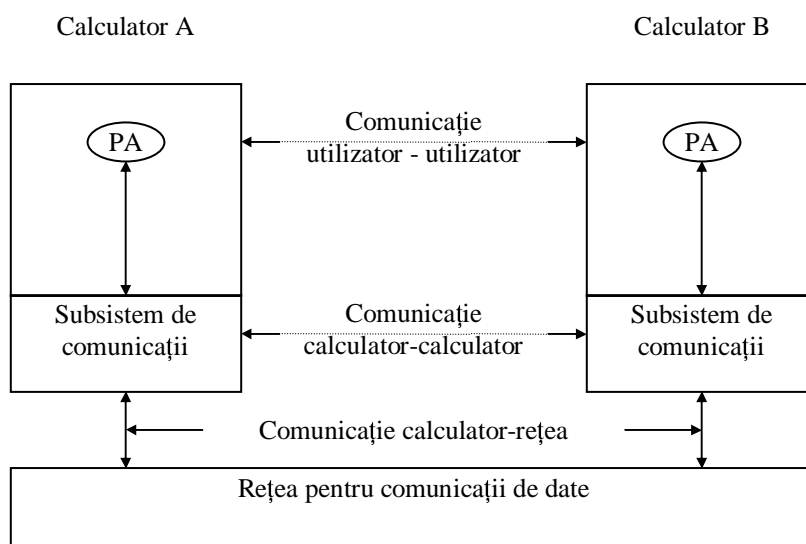
Echipamentul terminal de date este acea parte a unei stații de date care servește ca sursă de date, ori colector de date, sau și una și alta. *Echipamentul de terminare a circuitului de date* (DCE – Data Circuit-terminating Equipment) este o parte a stației de date care asigură conversia și codarea semnalelor între DTE și linie. El poate fi un echipament separat sau poate fi integrat în DTE sau într-un echipament intermediar. În

multe aplicații acest echipament este numit *modem*, după numele a două funcțiuni pe care le realizează, modulare și demodulare.

1.2 Cooperarea și schimbul de date între calculatoare

Prin cooperarea între procese de aplicație care rulează în două sau mai multe calculatoare sunt oferite diferite servicii utilizatorilor. Astfel se poate realiza transferul unui fișier de la un calculator la altul, se poate accesa de la distanță o bază de date, se pot transmite mesaje, se pot utiliza de la distanță resursele hardware și software ale unui supercalculator, se poate partaja utilizarea unor periferice costisitoare, etc.

Schema simplificată a comunicației între două sisteme de calcul este prezentată în figura 1.2. Două procese de aplicație, ce se desfășoară în două calculatoare, cooperează și comunică între ele prin intermediul *subsistemelor de comunicații*, având componente hardware și software, instalate în aceste calculatoare. La rândul lor, subsistemele de comunicații comunică între ele prin intermediul unei *rețele de comunicații de date*.



PA - Proces de aplicație

Fig. 1.2 Schema comunicației între două calculatoare

Subsistemele de comunicații permit schimbul de date între procesele de aplicație care se execută în calculatoare. Există o gamă largă de echipamente de comunicații ce

pot fi utilizate, fiecare fiind destinat unei aplicații specifice. Spre exemplu, dacă se transferă un fișier dintr-un calculator în altul similar, aflat în aceeași încăpere, mijloacele de comunicație utilizate vor fi mult mai simple decât cele necesare în cazul transferului între calculatoare diferite plasate în locuri distante. Indiferent însă de tipul mijloacelor de comunicație utilizate, în cele mai multe aplicații datele sunt transmise între calculatoare în modul serial (bit cu bit). Cum în interiorul calculatorului datele sunt transferate, între subsistemele acestuia, în modul paralel (simultan toți biții unui cuvânt), este necesară *conversia paralel-serie* înainte de transmiterea datelor de la calculator și *conversia serie-paralel* înainte de recepția datelor de către calculator. De asemenea, modul de transmisiune și circuitul de date necesar depind de separarea fizică a calculatoarelor și de debitul datelor.

În transmiterea datelor pe mediul de transmisiune este posibil să apară erori. Este necesar, prin urmare, să se realizeze o funcție de *control al erorii* pentru a detecta și a corecta erorile apărute. O altă funcție, de *control al fluxului*, este utilizată pentru a regla ritmul în care sunt transferate datele. Dacă între cele două calculatoare comunicația urmează a se stabili prin intermediul unei rețele de date va fi necesară o funcție de *rutare* pentru a alege o rută prin care să se transfere datele.

În unele aplicații calculatoarele care sunt în comunicație pot fi de tipuri diferite, cu reprezentări diferite pentru caractere și valori numerice. Va fi nevoie în aceste cazuri de o funcție care să asigure că datele transferate sunt interpretate în același fel în fiecare calculator. De asemenea, calculatoarele pot utiliza sisteme de operare diferite, ceea ce înseamnă că interfețele între programele de aplicație (de utilizator) și serviciile de comunicație calculator-calculator vor fi diferite. Este evident că și astfel de aspecte trebuie avute în vedere pentru realizarea comunicațiilor între calculatoare.

1.3 Rețele pentru comunicații de date

Configurațiile rețelelor utilizate pentru comunicațiile de date depind de natura aplicației (legătură punct-la-punct, legătură multipunct), numărul calculatoarelor implicate, distanța între calculatoare, etc. În cele ce urmează vor fi prezentate câteva situații tipice.

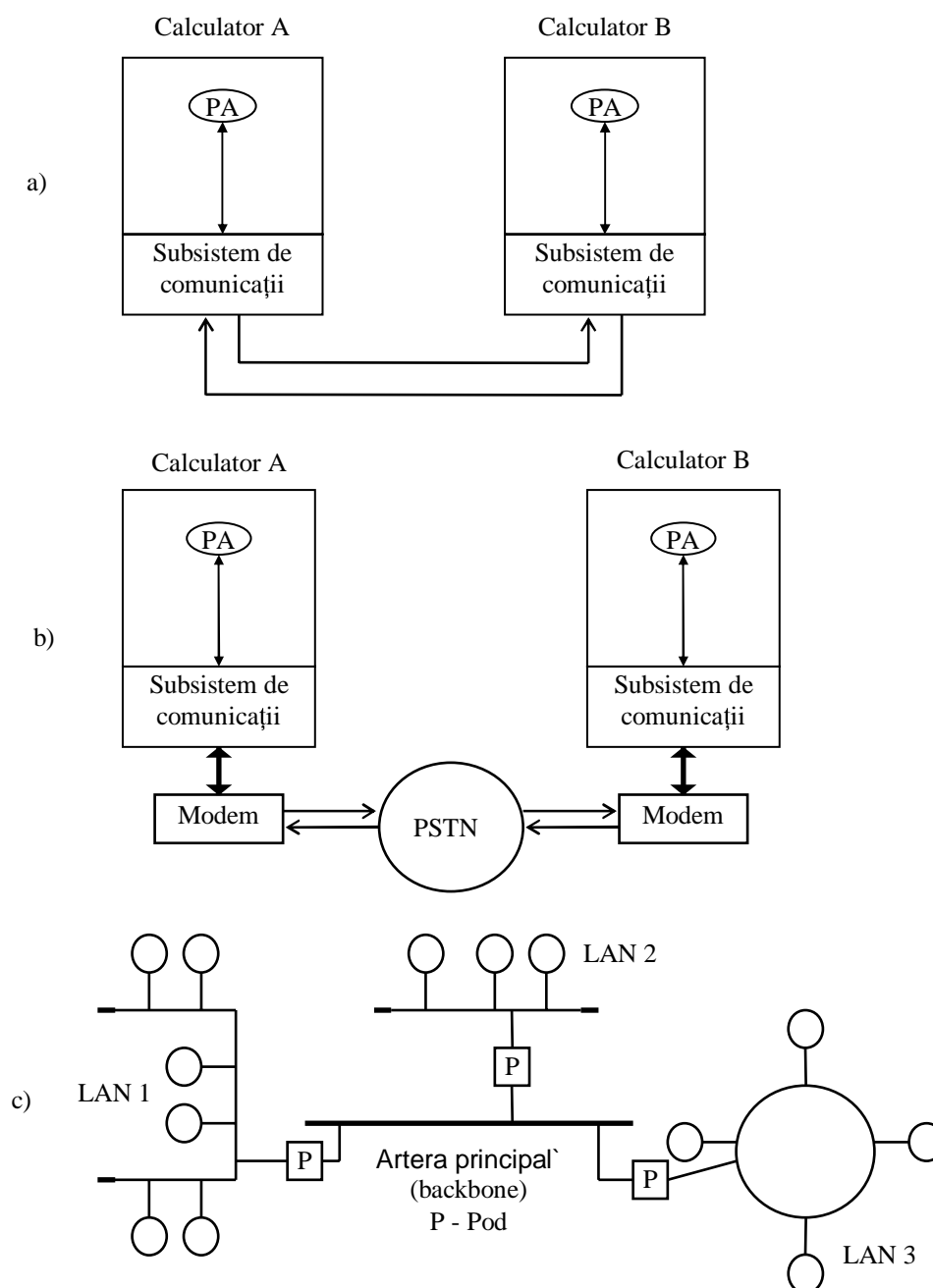


Fig. 1.3 Scheme de comunicații între calculatoare:

- (a) legătură punct la punct directă;
- (b) legătură prin PSTN și modemi;
- (c) rețele LAN interconectate.

Pentru comunicația între două calculatoare, mereu aceleași, situate la mică distanță unul de altul (în aceeași cameră) se utilizează o legătură simplă, punct-la-punct, prin fire (Fig. 1.3, a). Dacă ele sunt distanțate se utilizează suport de transmisiune oferit de rețeaua de telecomunicații. Frecvent este utilizată în acest scop rețeaua telefonică publică cu comutație (PSTN – Public Switched Telephone Network) și este nevoie de un echipament, numit modem, pentru a adapta semnalele ce reprezintă datele la caracteristicile liniei de transmisiune (Fig. 1.3 b).

Dacă într-o aplicație sunt implicate mai multe calculatoare se va utiliza o rețea care să permită tuturor calculatoarelor să comunice unul cu altul. Dacă aceste calculatoare sunt distribuite într-o zonă relativ restrânsă, într-o clădire sau în mai multe clădiri apropiate, se poate instala o rețea proprie (Fig. 1.3 c) - LAN (Local Area Network). Rețelele locale situate la distanțe mari una de alta pot fi interconectate folosind canale de comunicații oferite de rețeaua de telecomunicații publică, rezultând o rețea ce acoperă o arie mare (WAN – Wide Area Network). O astfel de soluție este recomandabilă în cazurile în care traficul între rețelele interconectate este mare.

Pe de altă parte, pentru aplicațiile în care sunt implicate calculatoare aflate la distanțe mari unele de altele, se pot utiliza rețelele publice de date, elaborate special pentru a transmite date. Pentru astfel de rețele sunt standardizate interfețele utilizator-rețea (Fig. 1.4).

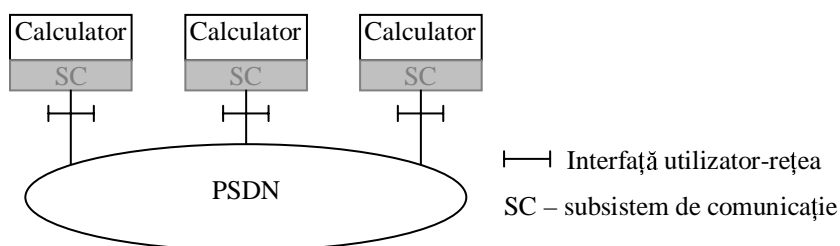


Fig. 1.4 Rețea publică de date

Prin digitalizarea completă a rețelei telefonice, nu numai a comutației în centralele telefonice și a transmisiunii pe liniile de interconexiune și de mare distanță, ci și a transmisiunii pe liniile de abonat, va fi posibilă transmiterea semnalelor ce reprezintă voce, date, imagini utilizând același tip de echipamente. O astfel de rețea, care

funcționează complet digital, este numită rețea digitală cu servicii integrate (ISDN – Integrated Services Digital Network).

Desigur, sunt cazuri în care nu toate calculatoarele implicate într-o aplicație sunt conectate la aceeași rețea, ci la rețele diferite: LAN, WAN, rețele publice de date, ISDN.

1.4 Modelul de referință al interconectării sistemelor deschise

Compatibilitatea între sistemele eterogene dintr-o rețea de comunicații poate fi asigurată numai prin definirea unor norme de interconexiune pe care trebuie să le respecte fiecare sistem.

Pentru compatibilitate maximă, minimizând în același timp constângerile impuse fiecărui sistem, ISO (International Standards Organization) și ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunications Standardization Sector, fost CCITT) au stabilit un model de referință (RM-Reference Model) al interconectării sistemelor deschise (OSI-Open Systems Interconnection). Acest model de referință constituie o bază comună pentru coordonarea elaborării standardelor privind interconectarea sistemelor.

Sistemele de comunicații care folosesc metodele și procedurile de comunicații normalizate, derivând din modelul de referință, sunt numite uneori sisteme deschise deoarece, respectând aceleași reguli pentru schimbul de informații între ele, sunt deschise unul față de altul, este posibilă comunicația între ele.

Un *sistem deschis* este reprezentarea, în cadrul modelului de referință, a acelor aspecte ale unui sistem deschis real care corespund standardelor OSI.

OSI are în vedere numai interconectarea sistemelor deschise, nu și funcționarea internă a fiecărui sistem deschis real. Interconectarea sistemelor deschise privește transferul informației între sisteme și capacitatea acestora de a coopera pentru a îndeplini o sarcină comună.

Sunt foarte dificile elaborarea și implementarea unui singur protocol, care să includă toate funcțiunile necesare într-o rețea de comunicații între calculatoare. Dar, din punct de vedere logic, ansamblul acestor funcțiuni poate fi împărțit în două categorii, corespunzând celor două sarcini principale pe care trebuie să le asigure rețeaua: transferul informației și prelucrarea informației.

Soluționarea acestor probleme poate fi ușurată prin ordonarea lor pe baza principiilor de ierarhizare și descentralizare. Organizarea ierarhică și descentralizată facilitează studiul și realizarea rețelelor, simplifică funcționarea lor prin utilizarea unor reguli formale, îmbunătățește fiabilitatea prin compartimentarea strictă a funcțiilor și asigură, datorită modularității create, facilități de extensie.

Toate aceste considerente au condus la definirea unei arhitecturi de rețea care nu este nici un produs hardware, nici un produs software, ci un concept de organizare hardware și software cu ajutorul unei *structuri ierarhizate stratificate* (Fig. 1.5).

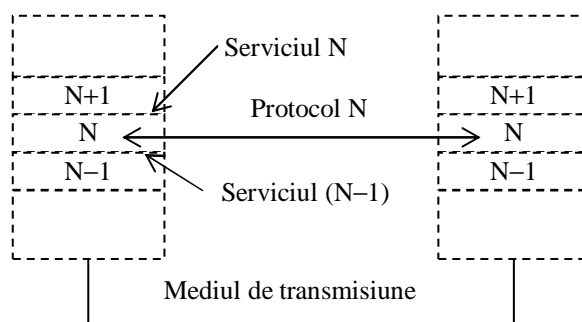


Fig. 1.5 Relația între nivele în cazul unei structuri stratificate

Subsistemul de comunicație este considerat ca un ansamblu format din mai multe *nivele* (straturi), fiecare nivel realizând funcțiuni bine definite. Fiecare nivel dintr-un subsistem de comunicații realizează funcțiunile sale în cooperare cu nivelul omolog din sistemul corespondent. Cooperarea se realizează prin schimbul de mesaje între cele două nivele omoloage, schimb de mesaje efectuat conform unor reguli ce constituie un protocol de comunicație. Acest schimb de mesaje se face prin intermediul serviciului oferit de nivelul imediat inferior.

Relațiile unui nivel cu nivelele adiacente și cu nivelul omolog din sistemul corespondent se pot observa în figura 1.5. Această relații sunt o relații logice, nu fizice. Nivelul (N-1) oferă un serviciu nivelului N. Nivelul N, la rândul său, oferă, în colaborare cu nivelul omolog din sistemul corespondent, un serviciu mai amplu nivelului (N+1), incluzând serviciul oferit de nivelul (N-1). Modul în care nivelele adiacente comunică determină interfața între aceste nivele.

Serviciul furnizat de nivelul cel mai jos constă în transmiterea fizică prin rețea a elementelor binare. Avansând spre nivelele superioare fiecare nivel adaugă funcțiuni noi serviciului oferit de nivelele inferioare, așa încât ultimul nivel, cel de sus în această structură stratificată, permite proceselor de aplicație să coopereze, realizând sarcini de prelucrare distribuită a informației, indiferent de tipul calculatoarelor în care se desfășoară aceste procese.

Standardele relative la un astfel de model, care are în vedere o arhitectură stratificată a interconectării, se referă la comportarea exterioară a elementelor din model și nu la structura lor internă; standardele specifică serviciile furnizate, definesc formatele protocoalelor și factorii ce permit interpretarea corectă a informației transmise în cadrul protocoalelor, dar nu impun modul în care acestea vor fi implementate într-un sistem oarecare.

Arhitectura definită de *modelul de referință OSI* este constituită din suprapunerea a șapte nivele (Fig. 1.6), după principiul prezentat mai sus, numerotate de jos în sus și numite: fizic, legătură de date, rețea, transport, sesiune, prezentare, aplicație

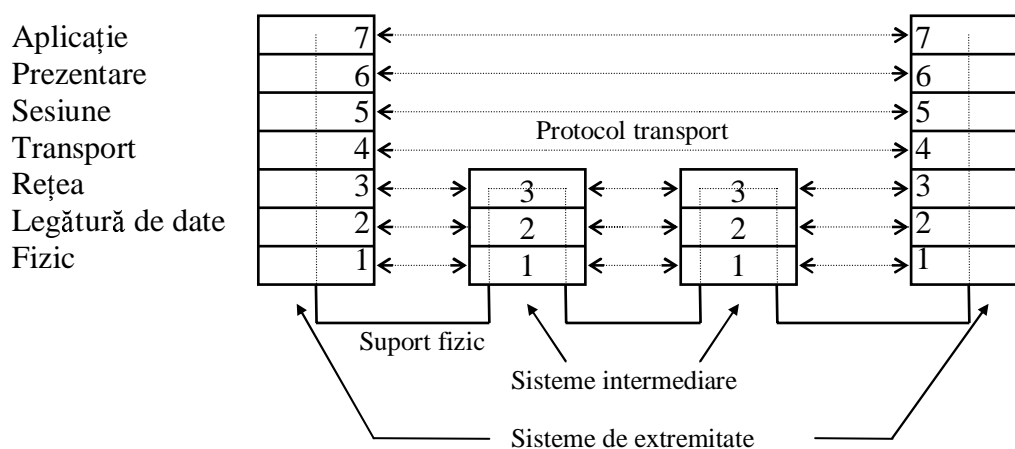


Fig. 1.6 Modelul de referință OSI

Primele trei nivele de jos sunt dependente de rețea și protocoalele corespunzătoare acestor nivele operează între sisteme adiacente. Este posibil ca între sistemele de extremitate, cele în care rulează programele de aplicație a căror cooperare este asigurată prin subsistemele de comunicație interconectate, să existe sisteme intermediare care

acționează ca releu pentru datele transmise, dirijând datele de la un sistem la altul. Nivelul cel mai înalt care poate participa la realizarea acestei funcții de releu este nivelul 3 (rețea).

În determinarea celor șapte nivele ale modelului de referință s-au avut în vedere mai multe principii, ca de exemplu:

- să se creeze o frontieră (între două nivele) acolo unde descrierea serviciilor poate fi concisă și numărul interacțiunilor la traversarea acestei frontiere este minim;
- să se creeze nivele separate pentru funcțiuni care diferă prin prelucrarea efectuată sau prin tehnologia utilizată;
- să se regrupeze funcțiuni similare în același nivel;
- să se creeze un nivel acolo unde este nevoie să se distingă o modalitate de administrare a datelor (morfologică, sintactică, semantică);
- să fie posibilă efectuarea de modificări ale funcțiilor sau protocoalelor fără a afecta alte nivele;
- pentru fiecare nivel să se creeze frontiere numai cu nivelele imediat inferior și superior.

Totodată s-a ținut seama și de următoarele considerente.

a) Este esențial ca arhitectura să permită utilizarea unei varietăți realiste de medii fizice de interconexiune, asociate cu diferite proceduri de control. De aceea s-a ales nivelul fizic ca nivelul cel mai de jos al arhitecturii.

b) Unele suporturi fizice de comunicații (spre exemplu liniile telefonice) necesită folosirea de tehnici particulare pentru a transmite datele între sisteme, deoarece prezintă un procent de erori mare, inacceptabil pentru majoritatea aplicațiilor. Aceste tehnici particulare sunt utilizate în procedurile de control al legăturii de date, care au fost deja studiate și normalizate. Trebuie de asemenea să se țină seama că noile suporturi fizice de comunicații, cum ar fi fibrele optice, vor necesita alte proceduri pentru controlul legăturii. Aceste considerente au condus la identificarea unui nivel legătură de date, deasupra nivelului fizic al arhitecturii.

c) Nivelul legătură de date asigură o conexiune numai între noduri adiacente ale rețelei; pentru a stabili o conexiune cap-la-cap între terminale este nevoie de nivelul rețea

care să grupeze protocoalele de rutare. Nivelul rețea furnizează astfel o conexiune între entități de transport, incluzând cazurile când intervin și noduri intermediare.

d) Controlul transportului datelor de la un sistem de extremitate, sursă, la un sistem de extremitate, destinație, control care nu se face în nodurile intermediare, este ultima funcțiune care trebuie realizată pentru a furniza integral serviciul transport. Nivelul cel mai de sus al părții care asigură serviciul de transport al arhitecturii este deci nivelul transport, situat deasupra nivelului rețea. Acest nivel transport eliberează entitățile nivelelor superioare de orice problemă privind transportul datelor între ele.

e) Deși nivelul transport poate furniza o conexiune cap-la-cap fără erori (virtual), asigurând retransmiterea informației eronate sau pierdute, informația poate fi pierdută în terminale datorită suprasaturării memoriilor. Mai mult, unele aplicații pot necesita ca fluxul de informație între terminale să fie unidirecțional, bidirecțional alternant sau bidirecțional simultan. Nivelul sesiune va furniza această funcționalitate prin utilizarea punctelor de sincronizare și a jetoanelor. Punctele de sincronizare sunt înserate în fluxul informației la cererea entităților de aplicație și, dacă este necesar, fluxul informației poate fi reluat de la un punct de sincronizare anterior.

f) Funcțiunile privind reprezentarea și manipularea datelor structurate pentru scopul programelor de aplicație au fost incluse în nivelul prezentare, aflat deasupra nivelului sesiune.

g) Nivelul aplicație, cel mai de sus al arhitecturii, constituind unul din aspectele proceselor de aplicație, conține protocoalele care le servesc pentru a comunica.

Având în vedere cele de mai sus, funcțiunile celor șapte nivele ale modelului de referință OSI pot fi prezentate după cum urmează.

Nivelul cel mai de sus, **aplicație** (7), conține entitățile de aplicație, prin a căror cooperare se asigură proceselor de aplicație mijloacele pentru accesul la mediul OSI. Fiecare proces de aplicație este reprezentat pentru perechea sa printr-o entitate de aplicație. Nivelele inferioare furnizează serviciile prin intermediul cărora cooperează entitățile de aplicație. Schimbările de informație între procesele de aplicație se realizează prin intermediul entităților de aplicație, al protocoalelor de aplicație și al serviciilor nivelului imediat inferior. Procesele de aplicație pot comunica după ce, în prealabil, prin

intermediul serviciilor oferite de nivelele inferioare, s-a stabilit o asociere (conexiune) între entitățile de aplicație corespunzătoare.

Nivelul **prezentare** (6) se ocupă de reprezentarea informației transferate între entitățile de aplicație. Reprezentarea datelor poate diferi de la un calculator la altul. Numerele, spre exemplu, sunt reprezentate prin cuvinte de 16 biți sau 32 biți, în complement de 1 sau de 2. Unele calculatoarele folosesc codul EBCDIC pentru reprezentarea caracterelor, în timp ce altele codul ISO-7 (ASCII). Nivelele 1-5 au sarcina de a oferi o transmisiune fiabilă a octeților, dar un același octet are semnificații diferite de la un calculator la altul. Nivelul prezentare asigură o reprezentare comună a datelor transferate între entitățile de aplicație. Acestea pot folosi orice sintaxă în reprezentarea datelor, iar nivelul prezentare asigură transformarea dintre aceste sintaxe și sintaxa comună de transfer.

Prin urmare, există trei versiuni sintactice ale datelor: sintaxa utilizată de entitatea de aplicație transmițătoare, sintaxa utilizată de entitatea de aplicație receptoare și sintaxa utilizată între entitățile de prezentare (sintaxa de transfer). Nivelul prezentare posedă funcțiunile necesare pentru a realiza transformarea între sintaxa de transfer și sintaxa utilizată de entitatea de aplicație.

Nu există o sintaxă de transfer unică, predeterminată. Sintaxa de transfer ce va fi utilizată într-o conexiune prezentare este negociată între entitățile de prezentare corespondente.

O altă funcție a nivelului prezentare este legată de securitatea datelor. În unele aplicații, datele transmise de o entitate aplicație sunt mai întâi criptate (cifrate) și sunt decriptate de entitatea prezentare corespondentă.

Nivelul **sesiune** (5) asigură mijloacele necesare pentru organizarea și sincronizarea dialogului dintre entitățile de prezentare cooperante, precum și pentru administrarea schimburilor de date dintre ele. Pentru a permite transferul datelor între entitățile de prezentare se stabilește o conexiune sesiune la cererea uneia dintre aceste entități. Nivelul sesiune definește trei tipuri de dialoguri: bidirecțional simultan, bidirecțional alternant și unidirecțional. Serviciile nivelului sesiune includ stabilirea unor puncte de sincronizare în cadrul dialogului, permițând întreruperea unui dialog și reluarea lui de la un punct de sincronizare.

Nivelul **transport** (4) asigură transferul transparent al datelor între entitățile de sesiune. El optimizează utilizarea serviciului rețea disponibil, pentru a asigura, cu un cost minim, performanța cerută de fiecare entitate sesiune. Toate protocoalele definite la nivelul transport au o semnificație cap la cap, indiferent de releele intermediare pe care, eventual, datele le traversează. Pentru nivelele inferioare protocoalele acționează între sisteme vecine și nu între sistemele de extremitate.

Calitatea serviciului conexiunii transport este negociată între entitățile de sesiune și serviciul transport. În momentul stabilirii unei conexiuni transport se poate selecta, dintr-un ansamblu definit de clase de serviciu disponibile, clasa serviciului de transport ce urmează a fi furnizat.

Conexiunea tipică de transport constă într-o legătură punct la punct, asigurând la destinație mesajele în ordinea în care au fost emise. Alte tipuri de servicii posibile permit transportul de mesaje izolate, fără a garanta ordinea lor la recepție, și difuzarea mesajelor către mai mulți destinatari. Tot la nivelul transport se poate asigura un control al erorii cap la cap.

Nivelul **rețea** (3) furnizează, pe de o parte, mijloacele pentru a stabili, a menține și a elibera conexiunile rețea între sisteme deschise conținând entități de aplicație ce trebuie să comunice, precum și, pe de altă parte, mijloacele funcționale și procedurale pentru schimbul unităților de date ale serviciului rețea, pe conexiuni rețea, între entități de transport. Nivelul rețea asigură entităților de transport independența față de problemele de rutare și de releu legate de stabilirea și funcționarea oricărei conexiuni de rețea, inclusiv în cazul în care sunt utilizate în tandem mai multe subrețele. El conține funcțiunile necesare pentru a masca, pentru nivelul transport, diferențele dintre caracteristicile diferitelor tehnologii de transmisiune și de subrețele, asigurând un serviciu de rețea coerent. Entitățile de transport se identifică prin adresele de rețea care, în fapt, identifică în mod unic fiecare sistem de extremitate (reprezentate prin entități de transport).

Nivelul **legătură de date** (2) furnizează mijloacele funcționale și procedurile necesare pentru stabilirea, menținerea și eliberarea conexiunilor legătură de date între entități de rețea, precum și pentru transferul unităților de date ale serviciului legătură de date. O conexiune legătură de date este realizată cu ajutorul uneia sau al mai multor conexiuni fizice. Sarcina principală a nivelului legătură de date este de a prelua un mijloc

de transmisiune “brut” (cel fizic) și a-l transforma într-o cale de comunicație ce pare, pentru nivelul rețea, scutită de erori. El realizează această funcțiune prin formatarea datelor de transmis în cadre (de câteva sute sau mii de octeți), transmiterea cadrelor în succesiune și administrarea cadrelor de confirmare transmise de receptor. Dacă un cadru este perturbat în transmisiunea sa el trebuie retransmis.

Transmisiunile repetate ale aceluiași cadru pot provoca duplicate (spre exemplu, dacă nu este recepționat un cadru de confirmare). Problemele privind cadrele eronate, pierdute sau duplicate sunt rezolvate de nivelul legătură de date. Mecanismul prin care se rezolvă aceste probleme este astfel conceput încât, simultan, cu ajutorul lui, se face și un control al fluxului, pentru a evita saturarea unui receptor lent de către un emițător mai rapid.

Nivelul **fizic** (1) furnizează mijloacele mecanice, electrice, funcționale și procedurale necesare activării, menținerii și dezactivării conexiunilor fizice destinate transmiterii biților între entități ale legăturii de date. O conexiune fizică poate implica mai multe sisteme deschise intermediare, fiecare constituind un releu pentru transmiterea biților în cadrul nivelului fizic. Nivelul fizic trebuie astfel conceput încât biții transmiși de la un capăt al conexiunii fizice să fie recunoscuți ca atare la celălalt capăt. La acest nivel se pun deci probleme de genul următor: cum se reprezintă biții, durata fiecărui bit, posibilitatea de a transmite în cele două sensuri simultan, inițializarea conexiunii și eliberarea ei când cele două părți au terminat, tipul conectorilor utilizați, suportul fizic utilizat, etc.

Calea de comunicație în mediul fizic pentru OSI, între două entități fizice, împreună cu facilitățile necesare în nivelul fizic pentru transmiterea biților pe această cale, se numește **circuit de date**.

1.5 Medii de transmisiune

Tipul mediului de transmisiune este important pentru că de el depind debitul cu care se transmit datele și distanța de transmisiune.

Cel mai simplu mediu de transmisiune este *linia aeriană bifilară*, având firele izolate și dispuse în spațiul liber. Este utilizată pentru distanțe mici, de ordinul zecilor de

metri și debite relativ mici (maximum 20 kb/s). De fapt, conectarea unui terminal la calculator sau interconectarea a două calculatoare necesită mai mult de două fire. Semnalele perturbatoare care apar prin transferul de pe un circuit pe altul, datorită cuplajului electromagnetic dintre fire, ca și tensiunile de zgomot provenite de la alte surse de semnal, limitează atât distanța de transmisiune cât și debitul datelor.

Perechile răsucite în cabluri, ecranate sau neecranate (STP – Shielded Twisted Pair, UTP – Unshielded Twisted Pair), sunt mai puțin afectate de cuplajele dintre ele și de perturbațiile externe, permițând astfel debite mult mai mari (1 – 100 Mb/s), pe distanțe de până la 100 m.

Și mai puțin sunt afectate de perturbațiile externe *cablurile coaxiale*, utilizate pentru debite de 1 – 10 Mb/s, pe distanțe de câteva sute de metri.

Pentru debite și distanțe mari se folosesc *fibrele optice*, *liniile de radiorelee*, terestre sau pe satelit, și *canalele radio*.

Rețeaua globală de telecomunicații, prin modul în care este structurată, oferă canale analogice și digitale de diferite capacități. Rețeaua telefonică publică cu comutație (PSTN – Public Switched Telephone Network) oferă, cu un mare grad de accesibilitate, circuite telefonice vocale analogice sau digitale. *Circuitul telefonic vocal analogic* se caracterizează printr-o bandă de frecvențe utilizabilă cuprinsă între 0,3 kHz și 3,4 kHz. *Circuitul telefonic vocal digital* are un debit de 64 kb/s.

Ierarhia sistemelor de multiplexare cu diviziune în frecvență (FDM – Frequency Division Multiplexing) oferă *canale telefonice analogice de bandă largă*. Astfel, așa numita *legătură în grup primar* are o bandă de frecvențe utilizabilă cuprinsă între 60 kHz și 108 kHz, iar *legătura în grup secundar* are banda de frecvențe cuprinsă între 312 kHz și 552 kHz.

Pentru sistemele de multiplexare cu diviziune în timp sunt standardizate mai multe ierarhii. *Ierarhia digitală plesiocronă* (PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy) utilizează multiplexarea digitală cu intercalare de bit. Ierarhia plesiocronă *europenească* oferă canale digitale cu debitele: 2,048 Mb/s, 8,448 Mb/s, 34,368 Mb/s și 139,264 Mb/s. Ierarhia plesiocronă *americană* oferă canale digitale cu debitele: 1,544 Mb/s, 6,312 Mb/s, 44,736 Mb/s, 139,992 Mb/s (și 274,16 Mb/s) și 564,992 Mb/s. *Ierarhia digitală sincronă* (SDH – Synchronous Digital Hierarchy, în SUA numită SONET – Synchronous Optical

Network), utilizează multiplexarea prin intercalarea de octeți și oferă canale digitale cu debitele de $155,52 \text{ Mb/s}$, $622,08 \text{ Mb/s}$ și $2488,32 \text{ Mb/s}$. Orice flux PDH poate fi multiplexat în fluxul SDH de $155,52 \text{ Mb/s}$.

Utilizarea canalelor digitale pentru transmiterea datelor nu ridică probleme deosebite, exceptând cazurile în care este necesară o adaptare de viteză de la valorile standardizate ale debitului sursei de date la debitul canalului digital.

În cazul utilizării canalelor analogice este nevoie de modemuri pentru a face adaptarea semnalelor ce reprezintă datele la caracteristicile canalului (în primul rând translatarea spectrului de frecvențe al semnalului de date din banda de bază în banda utilizabilă a canalului de transmisiune). Debitul maxim al datelor pe astfel de canale este dat, teoretic, de formula lui Shannon pentru capacitatea canalului (în biți/s):

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

în care B este banda de frecvențe a canalului, în Hz, iar S și N sunt puterile semnalului și, respectiv, zgomotului. Shannon a demonstrat că, dacă debitul sursei conectate la canal nu depășește capacitatea canalului, există un procedeu de prelucrare a informației astfel încât recepția să fie posibilă cu o probabilitate de eroare arbitrar de mică. Formula de mai sus corespunde unor canale ideale, invariante în timp, perfect egalizabile (distorsiunile de amplitudine și de timp de propagare de grup corectate perfect).