

2. Protocoale. Stiva de protocoale. Modele pentru rețele de calculatoare

2.1 Protocoale

O rețea de calculatoare este alcătuită dintr-un ansamblu de mijloace de transmisie și de sisteme de calcul, pentru a realiza atât funcții de transport a informației cât și funcții de prelucrare a acesteia. O rețea de calculatoare care interconectează diferite sisteme de calcul poate funcționa în bune condiții numai dacă există o convenție care stabilește modul în care se transmite și se interpretează informația, convenție numită **protocol**.

Pentru ca două calculatoare să poată comunica unul cu celălalt amândouă trebuie să respecte aceleași reguli. Ingineria programării ne învață că pentru a construi sisteme complexe trebuie să le spargem în piese mai simple, pe care apoi le putem construi independent. Din cauza asta, o rețea de calculatoare se specifică mai multe protocoale independente pe care calculatoarele trebuie să le respecte. Pentru fiecare sub-problemă pe care vrem să o rezolvăm avem un "mic" protocol.

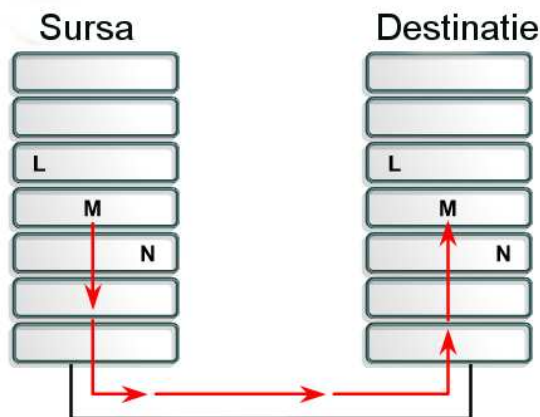
De pildă avem un protocol prin care asociem unei anumite diferențe de potențial de pe sarmă valoarea 0 și altele 1; protocolul acesta probabil specifică care sarmă ce valoare are, cât timp trebuie să dureze un semnal pentru "1", care este limita între 0 și 1, etc.

Din cauza interferențelor electrice semnalele propagate printr-o sarmă pot fi stricate. Un alt protocol specifică cum anume codificăm un mesaj în așa fel încât atunci când o eroare se strecoară în el avem șanse să o detectăm.

Și tot așa, pentru fiecare problemă avem un alt protocol. Protocoalele se folosesc împreună; de exemplu cele două de mai sus vor funcționa în ambele capete ale unei transmisiuni.

Protocolul de detecție a erorilor va funcționa "deasupra" celui alt, pentru că după ce transmitem datele le verificăm corectitudinea. Protocolul pentru erori folosește rezultatele oferite de protocolul pentru transmisiune: datele transmise.

Un exemplu este prezentat în figura:



Se observă cum informația trece de la sursă la destinație într-un sens (este împachetată într-un format compatibil cu mediul prin care se face comunicarea) și la destinație este interpretată în sens invers (informațiile sunt despachetate).

În concluzie un **protocol** este un set de reguli și convenții ce se stabilesc între participanții (de exemplu, sursă - destinație) la o comunicare în vederea asigurării bunei desfășurări a comunicății respective; sau protocolul este o înțelegere între părțile care comunică asupra modului de realizare a comunicării.

Uneori este nevoie, pentru a realiza comunicarea, de mai multe reguli (protocoale)

care se stabilesc între membrii de pe același nivel și între membrii din cadrul aceluiași grup. Acest concept se numește **familie de protocoale (stivă de protocoale)** și reprezintă o listă de protocoale utilizate de către un anumit sistem, având specificat câte un protocol pentru fiecare nivel.

Protocoalele sunt de două feluri:

- rutabile: sunt acele protocoale care acceptă comunicații LAN - LAN pe mai multe căi;
- nerutabile: protocoale care operează la nivel local, fără posibilitatea conectării de calculatoare folosind internetul.

În cadrul unui aceluiași grup între participanții la comunicare schimbul de informații se face pe baza unor alte convenții, numite **servicii**. În general participanții la comunicare se numesc entități. Entitățile de pe un nivel n furnizează un serviciu utilizat de către nivelul $n+1$. Nivelul n se numește **furnizor de servicii**, iar nivelul $n+1$ se numește utilizator de servicii.

Pentru rețele de calculatoare, stabilirea protocoalelor este reglementată de mai multe organizații: Electrical and Electronic Engineers (IEEE), American National Standards Institute (ANSI), Telecommunications Industry Association (TIA), Electronic Industries Alliance (EIA) și International Telecommunications Union (ITU), fosta Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique (CCITT).

În rețele de calculatoare protocoalele asigură

- Specificațiile comunicării prin mediul de transmisie
- Modul de conectare a calculatoarelor la rețea
- Formatarea datelor pentru transmisie
- Modul de desfășurare al unei transmisii
- Procedee pentru tratarea situațiilor în care apar erori.

2.2. Modelul de referință OSI

Modelul de referință OSI (Open Systems Interconnect), realizat în 1984 este primul model pentru standardizarea comunicațiilor în rețele. Există și alte modele, dar majoritatea producătorilor de echipamente respectă aceste standarde. Modelul permite utilizatorilor să vadă funcțiile rețelei pe măsură ce ele apar la fiecare nivel în parte. În modelul de referință OSI există 7 niveluri, fiecare dintre acestea ilustrând o funcție particulară a rețelei. Separarea între funcțiile rețelei este denumită *nivelare* (layering).

Nivelul 7: Aplicație

Este nivelul situat cel mai aproape de inima utilizatorului. Oferă servicii pentru aplicațiile utilizatorilor, dar nu oferă servicii celorlalte niveluri. Nivelul aplicație identifică și stabilește disponibilitatea partenerului de comunicație, sincronizează aplicațiile între ele și stabilește procedurile pentru controlul integrității datelor și erorilor. De asemenea, identifică dacă există suficiente resurse pentru a sprijini comunicația între parteneri.

Nivelul 6: Prezentație

Este nivelul care asigură că informațiile, pe care nivelul aplicație al unui sistem le transmite, pot fi citite de către nivelul aplicație al altui sistem. Atunci când este necesar, nivelul aplicație face translație între diferitele formate ale datelor folosind un format comun pentru reprezentarea acestora.

Nivelul 5: Sesiune

După cum spune chiar numele său, acest nivel stabilește, gestionează și finalizează sesiunile de comunicație între aplicații. Prin sesiune se înțelege dialogul între două sau mai multe entități. Nivelul sesiune sincronizează dialogul între nivelurile sesiune ale entităților și gestionează schimbul de date între acestea. În plus, acest nivel oferă garanții în ceea ce privește expedierea datelor, clase de servicii și raportarea erorilor.

Nivelul 4: Transport

Este nivelul la care are loc segmentarea și reasamblarea datelor. El furnizează un serviciu pentru transportul datelor către nivelurile superioare și caută să vadă cât de sigur este transportul prin rețea. Nivelul transport oferă mecanisme prin care stabilește, întreține și ordonă închiderea circuitelor virtuale; detectează „căderea” unui transport și dispune refacerea acestuia; controlează fluxul de date pentru a preveni rescrierea acestora.

Nivelul 3: Rețea

Este unul dintre cele mai complexe niveluri; asigură conectivitatea și selecția căilor de comunicație între două sisteme ce pot fi localizate în zone geografice diferite.

Nivelul 2: Legătură date

Este nivelul care asigură tranzitarea datelor de la nivelul fizic pe baza adresării fizice, topologiei rețelei, notificării erorilor, ordonarea cadrelor și controlul fluxului informațional.

Nivelul 1: Fizic

Definește specificațiile electrice, mecanice, procedurale și funcționale necesare activării, întreținerii și dezactivării legăturii fizice între sisteme. Specificațiile vizează nivelul voltajului, ratele de transmisie



a datelor, distanța maximă de transmisie, conectorii fizici.

2.3. Modelul TCP/IP

Am început cu modelul OSI deoarece reprezintă abecedarul acestui domeniu. Cu toate acestea, pentru transmisiile de date din cea mai mare rețea existentă - Internetul, standardul folosit este *TCP/IP* (*Transport Control Protocol/Internet Protocol*). Modelul TCP / IP este mult mai vechi decât modelul OSI și a fost utilizat drept model de referință de către ARPANET, și apoi de către Internet. ARPANET a fost o rețea de cercetare sponsorizată de către DoD (Department of Defense - Departamentul de Apărare al Statelor Unite). Era extrem de important să fie creată o rețea capabilă să opereze cu o infrastructură distrusă în proporție de peste 90%, fără să aibă vreo importanță starea fizică a anumitor segmente ale rețelei.

Spre deosebire de OSI, modelul TCP/IP are doar patru niveluri: aplicație, transport, internet și rețea. Deși există două niveluri cu același nume ca la modelul OSI, nu trebuie confundate cu acelea pentru că fiecare nivel are funcții total diferite.

Nivelul aplicație: Proiectanții **TCP/IP** au considerat că protocoalele de nivel înalt din acest model trebuie să includă detalii cu privire la sesiunile de lucru și modul de prezentare a datelor. Astfel, într-un singur nivel sunt combinate toate facilitățile legate de reprezentarea datelor, codificarea și controlul dialogului. Câteva protocoale întâlnite la acest nivel: File Transfer Protocol (FTP), Hypertext Transfer Protocol (HTTP), Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), Domain Name System (DNS), Trivial File Transfer Protocol (TFTP).

Nivelul transport: Acest nivel vizează calitatea serviciilor oferite: încrederea în transmisie, controlul fluxului de date și corectarea erorilor. Unul dintre protocoalele întâlnite la acest nivel (*Transport Control Protocol*) oferă o modalitate flexibilă de realizare a comunicațiilor în rețea. Fiind un protocol orientat conexiune, dialogul dintre sursă și destinație se realizează prin împachetarea informațiilor de la acest nivel în segmente. Celălalt protocol de la acest nivel este UDP (User Datagram Protocol) și nu este orientat pe conexiune.

Nivelul internet: Scopul acestui nivel este de a trimite pachetele sursă din orice rețea către o altă și să facă astfel încât acestea să ajungă la destinație indiferent de ruta și rețeaua din care au fost transmise. Protocolul care guvernează acest nivel este Internet Protocol, funcțiile îndeplinite de acesta fiind determinarea și comutarea pachetelor.



TCP și IP sunt două protocoale separate care lucrează împreună, execută acțiuni care dirijează și ghidează deplasarea generală prin Internet a pachetelor de date. Ambele protocoale folosesc anteturi speciale care definesc conținutul fiecărui pachet și, dacă sunt mai multe, câte pachete urmează. TCP se ocupă de stabilirea conexiunilor între calculatoarele gazdă aflate la distanță; IP se ocupă cu adresarea și dirijarea pachetelor astfel încât acestea să ajungă la destinația dorită.

TCP este responsabil cu:

- Stabilirea conexiunii (handshaking)
- Dirijarea pachetelor
- Controlul fluxului
- Detecția și tratarea erorilor

Din punct de vedere arhitectural protocoalele TCP/IP au patru niveluri:

- Aplicație
- Transport
- Rețea
- Legătură de date

Iată schema interconexiunilor unor protocoale esențiale din Internet:

OSI		TCP/IP				
Layer	Function	Protocol				
1	Application	Telnet	FTP	SMTP	TFTP	DNS
2	Presentation					Others
3	Session	TCP		UDP		
4	Transport					
5	Network	IP		ICMP		ARP RARP
6	Datalink	Ethernet		TokenRing		Other
7	Physical					

Protocole ale nivelului aplicatie:

- File Transfer Protocol (FTP)
- Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
- Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)
- Domain Name System (DNS)
- Trivial File Transfer Protocol (TFTP)

Protocoale la nivel transport:

- Transport Control Protocol (TCP)
- User Datagram Protocol (UDP)

Protocoale la nivel retea:

- Internet protocol (IP)

2.4 Alte modele folosite in retelele de comunicatii

Pana in anii '90 nu era deloc clar ca suita de protocoale folosite in Internet (TCP/IP) va domina lumea. Marile firme de calculatoare dezvoltasera protocoalele proprii, care nu erau publice (structura lor era secret comercial, deci nu puteau fi implementate de oricine; de fapt asta a isi dus la pieirea lor). Cele mai faimoase suite de protocoale apartineau firmei Digital (protocoalele DECnet) isi IBM (SNA: System Network Architecture). Si la ora actuala retelele automatelor bancare din intreaga lume folosesc in mod preponderent SNA. Multe din protocoalele din Internet se inspira puternic din aceste protocoale de firma.

Pe deasupra mai exista o suita de protocoale (numite OSI: Open System Interconnection) standardizate de organizatia mondiala a standardelor; suita de protocoale X: X25, X400, etc. Multe retele europene folosesc in continuare aceste protocoale, mai ales retelele bancare.

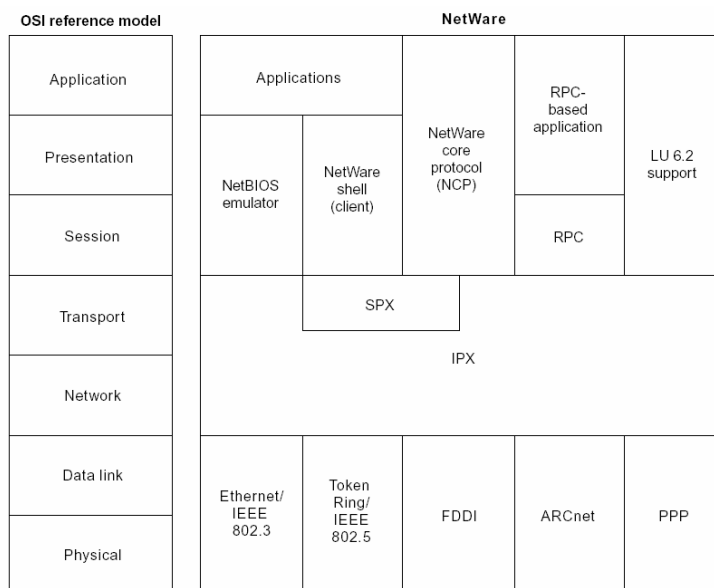
O alta suita de protocoale a fost dezvoltata de marile companii de telecomunicatii, dar nu a fost inca implementata pe scara larga: protocoalele numite generic ATM: Asynchronous Transfer Mode. ATM promitea anumite calitati care structural scapa Internet-ului, dar nu este prea clar daca va avea sau nu succes.

La inceputul dezvoltarii internetului, erau foarte raspandite retelele de tip Novell. Acestea foloseau o suita de protocoale numita Netware. NetWare este un adevarat sistem de operare pentru retea (NOS - network operating system) , care furnizează la distanță accesul la fișiere și alte numeroase servicii distribuite de rețea , incluzând accesul la imprimantă și suportul pentru diverse aplicații cum ar fi transferul de mail electronic și accesul la baze de date. NetWare specifică doar cele 5 nivele de sus ale modelului de referință OSI, și ca atare , poate folosi orice protocol al nivelului legatura de date (Ethernet IEEE 802.3,Token Ring IEEE 802.5, Fiber Distributed Data Interface (FDDI), și Point to Point Protocol(PPP)).

NetWare a fost dezvoltat de către Novell Inc, și a fost introdus la începutul anilor '80.El a provenit din Xerox Network Systems (XNS) , care a fost creat de Xerox Corporation la sfârșitul anilor '70, și se bazează pe o arhitectură de tip client-server. Clienții (deseori numiti stații de lucru) cer

servicii, cum ar fi: accesul la fișiere și imprimată, la baze de date etc.

Figura următoare ilustrează protocoalele Netware și corespondența lor în cadrul modelului OSI:



Suita de protocoale Netware este sinonimă în majoritatea cazurilor cu SPX/IPX, cele două protocoale care operează la nivelul 3 și 4 al arhitecturii OSI

Internetwork Packet Exchange (IPX) este protocolul la nivelul 3 folosit pentru transferul (rutarea) pachetelor prin rețeaua Netware. IPX este un protocol de rețea fără conexiune și, ca atare, este similar cu Internet Protocol care se găsește în rețelele TCP/IP.

IPX folosește serviciile de rutare (transfer) ale protocolului RIP (Routing Information Protocol – de tip vector de distanță) sau ale protocolului de rutare NLSP (Netware Link-state Protocol – ce transmite starea legăturilor). IPX RIP trimite update-uri la fiecare 60 secunde către routerele vecine. Pentru a face determinarea căii optime pe care trebuie transmise datele, IPX RIP folosește intervalul de timp „tick” (un “tick” este 1/18 dintr-o secundă) ca metrică. În cazul a două căi către destinație care au un număr egal de tick-uri, IPX RIP folosește numărul de salturi (hop-count: un salt indică trecerea pachetelor de date printr-un router) pentru determinarea distanței mai scurte. IPX RIP nu e compatibil cu implementările RIP folosite în alte rețele.

Ca și alte adrese de rețea, adresa de rețea Novell IPX trebuie să fie unică. Aceste adrese sunt reprezentate în formatul hexazecimal și conțin 2 părți: un număr de rețea și un număr nod. Numărul IPX de rețea, care este dat de administratorul de rețea, este de 32 de biți. Numărul nod, care de obicei este adresa plăcii de rețea (Media Access Control – adresa înscrisă pe producător în placa de rețea), este unic pentru un anumit sistem și are 48 de biți. Folosirea de către IPX a adreselor MAC pentru numărul de nod permite sistemelor să specifice adresa MAC poate fi folosită la nivelul legăturii de date (În contrast cu TCP/IP, unde adresa de internet (IP) nu se corelează cu adresa de rețea MAC, deci nodurile IP trebuie să folosească un procedeu de interogare Address Resolution Protocol (ARP) ca să determine adresa de rețea a calculatorului cu adresa IP cunoscută).

Deoarece Netware este orientat pe conexiunile client/server, trebuie implementat și un mecanism prin care clienții să cunoască serviciile puse la dispoziție de serverele din rețea.

Service Advertisement Protocol (SAP) este un protocol IPX prin care resursele rețelei (ca exemplu servere de fișiere sau servere de imprimante) își anunță adresele lor și serviciul care îl furnizează. Anunțurile sunt trimise prin SAP la fiecare 60 secunde. Serviciul este identificat printr-un număr hexazecimal, care este număr identificator SAP (de exemplu, 4 = file server, și 7 = print server). O operație SAP începe când router-ul ascultă serverele și construiește un tabel al tuturor serviciilor acestora împreună cu adresele lor de rețea. Routerele apoi trimit tabelul lor SAP la fiecare 60 secunde către clienți. Clienții Novell pot trimite o cerere de fișiere, imprimantă, sau un serviciu gateway. Router-ul local răspunde la cerere cu adresa de rețea a serviciului cerut, și clientul apoi poate contacta serviciul direct.

Protocolul **Sequenced Packet Exchange (SPX)** este cel mai folosit la nivelul transport al Netware. SPX se executa avand la baza IPX. SPX este fiabil (verifica transferarea corecta a datelor), si orientat pe conexiune completand serviciul de datagrame (care nu verifica transferul datelor, deci nu este orientat pe conexiune) furnizat de IPX la nivelul 3.SPX deriva din Xerox Networking Systems(XNS) Sequenced Packet Protocol (SPP).Novell de asemenea oferă suportul pentru transportul printr-o retea IP sub forma: User Datagram Protocol (UDP). Datagramele IPX sunt incapsulate în interiorul formatului UDP/IP pentru transportul printr-o retea IP.

Netware suportă o varietate de protocoale de nivel inalt, incluzând Netware Shell, NetWare Remote Procedure Call, NetWare Core Protocol, și Network Basic Input/Output System. Pe NetWare Shell rulează clienții (adesea numiți stație de lucru în cadrul Netware) și cererile acestora de servicii sunt interceptate pentru a vedea dacă necesită acces la serviciile de retea.

NetWare Core Protocol (NCP) sunt o serie de rutine de server proiectate pentru a satisface cererile de aplicatii cerute, de exemplu, de NetWare Shell. Serviciile furnizate de către NCP includ accesul la fișiere, accesul la imprimată, management utilizatorilor, securitate și sincronizarea de fișiere.

Netware de asemenea suportă interfațare la nivelul sesiune cu Network Basic Input Output System(Netbios), specificație a IBM și Microsoft. Emularea software a Netbios de NetWare permite programelor scrise de firme pentru interfața Netbios sa ruleze în sistemele Netware.

Formatul a unui pachet Netware IPX:

IPX packet structure

Checksum	
Packet length	
Transport control	Packet type
Destination network	
Destination node	
Destination socket	
Source network	
Source node	
Source socket	
Upper-Layer data	

• **Checksum** Indică că suma de control nu este folosita când acest câmp de 16-biti începe cu (FFFF).

• **Packet length** -Specifică lungimea în bytes a unui întreg IPX datagram. Pachetele IPX pot fi de orice lungime, pîna la dimensiune lor maxima: media maximum transmission unit(MTU) (nu este permis nici un pachet fragmentat)

• **Transport control** Indică numarul de routere prin care pachetul a trecut. Când această valoare ajunge 16, pachetul este eliminat deoarece exista posibilitatea aparitiei unui routing loop (o eroare de rutare- bucla de rutare în cerc, fara iesire).

• **Packet type** Specifică care dintre protocoalele de nivel superior ar trebui sa primească informația pachetelor. El are 2 valori comune: 5-Specific Sequenced Packet Exchange (SPX) sau 17-Specific Netware Core Protocol(NCP)

• **Destination network, Destination node, and Destination socket**—Specifică informații despre destinație.

• **Source network, Source node, and Source socket**—

Specifică informații despre sursa (transmitatorul datelor).

• **Upper-Layer data**- Conține informații pentru procesele de nivel inalt.