Rețele locale de calculatoare

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
ȚĂPUŞ, NICOLAE
Rețele locale de calculatoare / Nicolae Țăpuş, Răzvan Rughiniş. - Bucureşti : Editura Academiei Oamenilor de Ştiință din România, 2011
Bibliogr.
Index
ISBN 978-606-8371-15-3

I. Rughiniş, Răzvan

004.732

Editura Academiei Oamenilor de Ştiință din România

Adresa: Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 Bucureşti, România

Redactor: ing. Mihail CĂRUȚAŞU

Documentarist: ing. Ioan BALINT

Coperta: ing. sist. Adrian Nicolae STAN

Nicolae Ţăpuş

Răzvan Rughiniş

Rețele locale de calculatoare

Editura Academiei Oamenilor de Ştiință din România

Bucureşti

2011

Cuprins

1. Introducere în rețele de calculatoare

Clasificarea rețelelor de calculatoare

În ultimele două decenii am asistat la o evoluție spectaculoasă a rețelelor de calculatoare. Acest lucru a dus la dezvoltarea unor noi tehnologii de rețea care fac posibile viteze din ce în ce mai ridicate, precum şi performanțe crescute de calitate a serviciilor.

A fost parcursă o cale lungă de la proiectul de cercetare ce urmărea conectarea unor baze militare americane printr-o legătură de date şi casa IP din San Jose, o casă în care fiecare mic dispozitiv casnic, de la aragaz şi frigider până la televizor, pot fi controlate uşor la distanță printr-o interfață web. Odată cu trecerea timpului, aria de folosire a rețelelor s-a extins treptat, transformându-se dintr-un subiect de speculații şi romane SF în anii ’70 şi ’80 într-o realitate cotidiană. Zilnic folosim telefonia mobilă, fără să ne gândim că în spatele acestui serviciu este o rețea de date. Televiziunea a fost regândită pentru a folosi avantajele noilor tehnologii din rețelele de calculatoare, astfel că multe țări au un serviciu de televiziune integral digitală. Jocurile de calculator au schimbat modul de folosire a timpului liber la începutul anilor ’90, iar rețelele de calculatoare au transformat jocurile de rețea într-una dintre cele mai populare forme de petrecere a timpului liber.

Termenul de rețea de calculatoare este adesea folosit pentru a sublinia noțiunea de conectivitate, şi nu pe cea de calculator, deoarece multe dintre tehnologiile tratate în cărțile de rețele nu se referă doar la PC-uri, ci la un mediu mult mai general ce poate include agende electronice, imprimante, dar şi telefoane sau televizoare. Totuşi, în prezent termenul de rețele de calculatoare se referă cel mai adesea la rețelele de PC-uri, datorită multitudinii de soluții disponibile pentru acestea precum şi a libertății de alegere oferite utilizatorilor.

Numărul mare de producători de soluții de rețea şi complexitatea domeniului au generat multiple clasificări ale rețelelor de calculatoare. Cu toate acestea există trei criterii care se regăsesc în toate prezentările rețelelor de calculatoare: tehnologia de transmisie folosită, modul de acces la mediu şi dimensiunea rețelei.

Din punct de vedere al tehnologiei folosite, se deosebesc două mari categorii: rețele cu difuzare şi rețele punct-la-punct. Prima categorie, cea a rețelelor bazate pe difuzare, are drept caracteristică principală asigurarea unui mediu comun la care să aibă acces toate dispozitivele din rețea. Acest mediu comun se traduce prin constrângerea ca oricare dintre mesajele trimise de un membru al acestui tip de rețea să poată fi recepționat de toți ceilalți membri din rețea. Astfel, implementarea unei rețele bazate pe difuzare presupune şi asigurarea unui mecanism de identificare atât a celui ce a trimis, cât şi a destinatarului. În plus, acest tip de rețea, trimițând mesajul tuturor membrilor din rețea, va forța fiecare stație să recepționeze mesajul şi apoi să decidă dacă respectivul mesaj îi este sau nu destinat. Asta înseamnă consum de bandă şi de resurse interne. Cu toate acestea, soluțiile bazate pe rețelele cu difuzare sunt foarte adesea mult mai uşor de implementat, ceea ce explică popularitatea lor. Pentru a pune într-o perspectivă mai largă eficiența comunicării prin difuzare trebuie să observăm că acest tip stă la baza unei proporții semnificative dintre interacțiunile noastre cotidiene. De exemplu, când comunicăm cu un grup de oameni folosim nume pentru a defini destinatarii mesajelor, fără ca acest lucru să îi împiedice pe cei din jur să audă mesajul.

Un alt avantaj semnificativ al rețelelor cu difuzare este posibilitatea trimiterii mesajelor către toți membrii rețelei sau numai către un grup de membri, aceste tipuri de comunicare fiind definite de mecanismul de adresare. Forme ale acestor tipuri de comunicare pot fi întâlnite nu numai în lumea calculatoarelor, ci şi în jurul nostru. De exemplu, anunțurile făcute într-o gară, cum ar fi: "Trenul accelerat 1415, în direcția Iaşi, pleacă peste 5 minute" nu sunt adresate tuturor celor ce le aud, ci doar pasagerilor respectivului tren. Tot în gară pot fi întâlnite şi mesaje adresate tuturor persoanelor, de exemplu: "Fumatul interzis!".

Rețelele de tip punct-la-punct sunt alcătuite din perechi de maşini care comunică între ele. Un exemplu îl constituie o firmă care are două locații conectate direct între ele prin fibră optică (nu prin intermediul unui furnizor de servicii Internet).

Accesul la mediu se referă la un set de reguli pentru a permite accesul tuturor stațiilor la mediul comun. Să ne imaginăm o oră cu nişte elevi de clasa I: când învățătoarea întreabă ceva, toți se agită cu mâinile în sus să răspundă, însă nu poate răspunde decât un singur elev odată. Trebuie găsită o metodă de a acorda fiecărui elev un interval de timp în care să răspundă, sau, revenind la rețelele de calculatoare, de a aloca fiecărei stații o cuantă de timp în care să transmită. Această alocare poate fi de trei tipuri: alocare statică (TDMA, FDMA), dinamică (Token Ring, Token Bus) sau aleatoare (CSMA, CSMA/CD).

În cazul alocării statice, fiecărei stații sau fiecărui modul i se alocă o cuantă de timp (în cazul TDMA - Time Division Multiple Access) sau o bandă de frecvență (FDMA - Frequency Division Multiple Access). Această alocare este statică în sensul că dacă jumătate din stații nu transmit, cuantele alocate lor nu sunt reutilizate. În cazul alocării dinamice, se alocă pe rând o cuantă de timp stațiilor care vor să transmită. De exemplu, în cazul tehnologiilor de tip Token Passing, există o secvență de biți, un mesaj, numit jeton. Acest jeton permite stației care îl deține să transmită ce vrea. După ce a terminat de transmis, dă drumul la jeton care se "plimbă" pe rețea până ajunge la următoarea stație. Dacă aceasta are ceva de transmis, ia jetonul; dacă nu, îl cedează şi jetonul merge mai departe la următoarea stație. Când ajunge la o stație care are de transmis, jetonul este preluat de acea stație, după care se începe transmisia. În cazul alocării aleatoare, fiecare stație procedează astfel: ascultă să vadă dacă nu cumva altă stație transmite în acel moment. Dacă da, aşteaptă până când nu mai transmite nimeni. După ce aude că e "liniște", se apucă de transmis. Fiecare stație procedează exact la fel, nu există stații preferențiale, toate au drept egal de a începe transmisia. Există, evident, riscul ca două stații să asculte simultan şi când nimeni nu mai transmite să înceapă ambele transmisia în acelaşi timp. În acest caz, mesajele celor două stații se "ciocnesc" pe fir, dând naştere unei coliziuni.

Un alt criteriu pentru clasificarea rețelelor este mărimea lor. Există mai multe categorii de rețele, dar vom prezenta în continuare cea mai simplă împărțire a rețelelor în funcție de mărimea lor: LAN (Local AreaNetwork) şi WAN (Wide Area Network)

Rețelele locale, numite şi LAN-uri, sunt rețele private localizate într-o singură clădire sau într-un campus de cel mult câțiva kilometri. Un exemplu bun este o rețea de bloc, în care doi sau mai mulți vecini cumpără cablu şi îşi conectează calculatoarele din în rețea. O rețea larg răspândită geografic se mai numeşte şi WAN şi acoperă deseori o țară sau un continent. Un exemplu de WAN este o rețea care leagă Franța de Statele Unite peste Atlantic. Această rețea aparține de obicei unei companii de telefonie sau unui furnizor de servicii Internet (ISP - Internet Service Provider). Clienții se conectează la această mare rețea folosind echipamente speciale şi plătind o taxă lunară. Datorită distanțelor uriaşe, nu mai este posibilă instalarea unei rețele proprii de către persoane fizice sau de firme mici sau mijlocii.

Rețelele de tip LAN şi WAN nu se exclud însă reciproc. De exemplu, să ne imaginăm o firmă mixtă româno-americană, cu două sedii (unul în România şi unul în SUA) şi câte o sută de angajați în fiecare sediu. În fiecare sediu este instalată o rețea locală (LAN) care este proprietatea firmei şi care interconectează toți angajații din interiorul acelui sediu, singurele

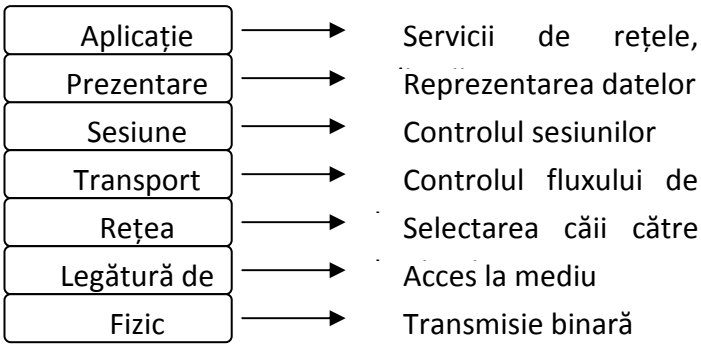
costuri fiind cel al instalării inițiale şi cel al întreținerii. Însă, pentru a interconecta cele două sedii e nevoie de un contract cu un furnizor de servicii (ISP). Acesta are deja o infrastructură construită, cu alte cuvinte are deja o rețea de tip WAN. În schimbul unei taxe lunare, firma mixtă utilizează serviciile rețelei WAN, cu alte cuvinte conectează rețeaua sa LAN la rețeaua mare WAN.

Un alt tip de rețele, uneori tratat separat, îl reprezintă rețelele metropolitane (MAN - Metropolitan Area Network) care acoperă un oraş. În continuare acest tip de rețele este inclus în categoria WAN datorită multiplelor asemănări între cele două. Rețeaua metropolitană aparține unui furnizor de servicii şi accesul la această rețea se face prin intermediul unui contract cu furnizorul de servicii.

Stiva OSI

ISO (Organizația Internațională de Standardizare), una din cele mai importante organizații de standardizare, a propus în 1984 un model de referință numit OSI (Open System Interconnection) după ce a studiat diferite tipuri de rețele existente în acea vreme (DECNET, SNA, TCP/IP).

Acest model defineşte şapte niveluri, împreună cu standarde şi un set de protocoale pentru ele. Este un model teoretic, construit pentru a schematiza comunicația într-o rețea de calculatoare şi pentru a explica traseul informației dintr-un capăt în altul al rețelei. Deşi nu este singurul model existent, este cel mai folosit în învățământ, pentru că ilustrează clar separarea între niveluri şi împărțirea comunicației în elemente mai simple, mai uşor de definit şi în consecință mai uşor de dezvoltat. Deşi există multe protocoale care sunt mai greu de încadrat pe niveluri OSI, totuşi toți producătorii de echipamente de rețea şi de protocoale noi îşi definesc produsele cu ajutorul nivelurilor OSI.



Figură 1.1: Modelul ISO-OSI

Modelul OSI al Organizației Internaționale pentru Standardizare (ISO) este structurat pe şapte niveluri: Aplicație, Prezentare, Sesiune, Transport, Rețea, Legătură de date şi Fizic. Memorarea nivelurilor acestui model este absolut necesară pentru înțelegerea rețelelor de calculatoare şi pentru a avea o reprezentare permanentă a modulelor funcționale care fac o rețea să meargă. Pentru a reține mai uşor cele şapte niveluri, un ajutor ar fi propoziția în limba engleză "All People Seem To Need Data Processing", ale cărei cuvinte încep exact cu literele cu care încep şi numele în limba engleză ale celor şapte niveluri privite de sus în jos (Application, Presentation, Session, Transportation, Network, Data connection şi Physical). Alte propoziții ajutătoare sunt: "Please Do Not Throw Sausage Pizza Away" şi "Please Do Not Tell Sales People Anything", care reprezintă prima literă din nivelurile OSI privite de jos în sus. Desigur, putem forma diverse propoziții în limba română care servesc aceluiaşi scop: "Am Plecat Să Trimit Roze La Fete".

Nivelul fizic cuprinde două mari clase de standarde, deseori corelate între ele. Astfel nivelul fizic va include specificații atât pentru mediul de transmisie cât şi pentru caracteristicile propriu-zise ale transmisiei.

În prima categorie vor fi incluse o gamă largă de standarde, de la cele de etichetare (precum EIA/TIA 606-A), de cablare structurată, până la standarde ce definesc caracteristici specifice ale mediului de transmisie (de exemplu pentru o transmisie pe cupru: impedanța, nivelul de impurități, atenuarea mediului pe unitatea de lungime, etc.).

Cea de a doua categorie cuprinde standarde ce definesc detaliile şi limitele de implementare ale transmisiei, incluzând convenții de codare a semnalului, frecvența semnalului, dar şi proprietăți specifice, cum ar fi nivelurile de tensiune ce pot fi folosite într-o comunicație pe cupru, sau puterea de transmisie pentru o legătură fără fir.

La nivelul fizic nu există nici o formă de adresare sau de încapsulare a datelor, fiind singurul nivel din stiva OSI în care unitatea de organizare a datelor este bitul şi nu octetul, acest bit fiind un semnal electric, optic sau radio.

Nivelul legătură de date oferă un suport de comunicație simplu, prin implementarea a trei funcții importante: încapsularea datelor în cadre, o schemă de adresare, şi un mecanism de detectare a erorilor.

Ca şi în cazul standardelor de nivel fizic, cele de nivel legătură de date pot fi grupate în două categorii importante: standarde pentru rețele locale (Ethernet, Token Ring, etc.) şi standarde pentru legături WAN (X.25, Frame Relay, etc.). Pentru standardele de WAN principalele deziderate sunt: capacitatea prelucrării unui volum de trafic semnificativ mai mare decât în cazul rețelei locale, asigurarea şi garantarea serviciilor (QOS), agregarea traficului, asigurarea unui mecanism de contabilizare a traficului. Multe dintre aceste funcții sunt implementate atât în protocoalele de nivel legătură de date, cât şi în cele de nivel rețea.

Încapsularea pachetelor primite de la nivelul rețea în cadre se face adăugând un antet, în cazul unora dintre protocoale fiind adăugată informație şi la finalul cadrului (trailer). Informațiile adăugate sunt puțin numeroase, rezumându-se adesea doar la un delimitator de cadru, o adresă sursă şi una destinație precum şi un câmp CRC.

În ceea ce priveşte adresele folosite, la nivelul legătură de date putem întâlni mai multe scheme de adresare: de la adresele MAC, ce domină rețelele locale, până la identificatorii de conexiune (DLCI - Data Link Connection Identifier) folosiți de Frame Relay, sau la etichetele MPLS. Singurul lucru pe care îl au în comun toate aceste scheme de adresare este simplitatea (toate sunt scheme de adresare neierarhică sau plată). Această simplitate le face imposibil de dimensionat la nivelul întregului Internet, dar foarte eficiente pentru porțiuni restrânse ale acestuia: adresele MAC, spre exemplu, sunt suficiente pentru comunicația într-o rețea locală.

Multe dintre standardele de nivel legătură de date includ şi specificații pentru nivelul fizic, aceste două niveluri fiind deseori tratate unitar. Astfel, standarde precum Ethernet sau standardele de transmisie fără fir cuprind atât specificații legate de mediul de transmisie (lungimea maximă a unui segment de rețea, frecvența semnalului, etc.) cât şi despre formatul cadrelor sau schema de adresare folosită.

Mecanismul de detectare a erorilor se bazează în general pe folosirea unui cod ciclic redundant (CRC), adăugat în finalul cadrului. Multe dintre standardele de nivel legătură de date au fost scrise la începutul anilor `80, iar mediile de transmisie din acea vreme erau mult mai puțin protejate de erori decât cele din prezent. Odată cu dezvoltarea mediilor de transmisie mai

sigure, precum fibra optică sau chiar cablul torsadat, o mare parte din rațiunea detectării erorilor de la nivelul legătură de date s-a pierdut. Astfel, deşi fiecare cadru Ethernet va transporta doi sau patru octeți de CRC, numărul cadrelor ce ajung să fie retransmise datorită unei erori de CRC este extrem de mic. Din acest motiv, în prezent puțini administratori de rețea se vor obosi măcar să încerce să inspecteze numărul de cadre retransmise de nivelul legătură de date; ei vor înțelege cu atât mai puțin acest nivel ca fiind legat în vreun fel de controlul fluxului de date, după cum încă mai sugerează unii autori de cărți de rețele de calculatoare.

Nivelul rețea oferă un suport de comunicație peste Internet, asigurând o schemă de adresare ierarhică, mecanisme de informare a ruterelor despre schimbările apărute şi criterii de ierarhizare a căilor către aceeaşi destinație.

Nivelul rețea are două funcții principale: construirea şi întreținerea tabelei de rutare pe de o parte şi rutarea propriu-zisă pe de altă parte. Altfel spus nivelul rețea oferă ruterelor mecanismele de comunicare a informațiilor despre rețelele cunoscute de fiecare dintre ele, astfel încât acestea să poată determina calea optimă pe care fiecare pachet trebuie să o urmeze pentru a ajunge la destinație – ceea ce reprezintă chiar procesul de rutare.

Schemele de adresare logică oferite de nivelul rețea oferă posibilitatea scalării procesului simplu de comunicație între două stații aflate în aceeaşi rețea locală la comunicația a sute de milioane de noduri aflate în rețele plasate în arii geografice extrem de îndepărtate. Informațiile legate de adresa logică, precum şi alte informații relevante pentru procesul de transfer a cadrului între sursă şi destinație (precum TTL, indicatorii ce controlează fragmentarea, etc.) sunt incluse într-un antet de nivel rețea, segmentele primite de la nivelul transport fiind încapsulate în pachete.

O caracteristică comună a comunicațiilor de nivel rețea este că acestea în marea majoritate sunt comunicații fără conexiune: comunicația nu include şi mecanisme de confirmare şi retransmisie, scopul nivelului rețea fiind acela de a asigura conectivitatea şi nu siguranța acesteia.

Spre deosebire de nivelul rețea, nivelul transport oferă un suport de comunicație sigură peste Internet, prin implementarea de mecanisme de control a fluxurilor de date, de succesiune şi reordonare a segmentelor, dar şi a unei scheme de adresare ce are drept rol identificarea resurselor specifice locale.

Nivelul transport cuprinde atât protocoale orientate conexiune, cât şi protocoale fără conexiune. Datele sosite de la nivelul aplicație (după ce au trecut de nivelul prezentare şi sesiune) sunt încapsulate pentru prima oară în drumul lor către nivelul fizic. În funcție de complexitatea protocolului folosit, antetul de nivel transport poate varia considerabil. De exemplu, antetul pentru UDP cuprinde doar: o adresă sursă, una destinație, un câmp

de lungime a segmentului şi un câmp CRC, conținând aceleaşi informații ca şi cele adăugate la nivelul legătură de date. În cazul TCP, antetul este mult mai extins având o dimensiune de 2,5 ori mai mare decât antetul UDP. Antetul TCP include informații despre succesiunea datelor, confirmări şi mecanisme de reglare a dimensiunii ferestrei de transmisie.

Adresele folosite la nivelul transport sunt porturile şi identifică de fapt resursele specifice locale - fie că acestea sunt pe nodul sursă, fie că sunt cele de pe nodul destinație. În ciuda diferențelor mari între protocoalele de nivel transport, funcții precum controlul fluxului, succesiunea datelor şi reordonarea segmentelor sunt considerate specifice nivelul transport. Aceasta asociere există deoarece implementarea lor la un alt nivel din stiva OSI ori este mai costisitoare, ori este mult mai dificilă (atât nivelul legătură de date cât şi nivelul rețea fiind extrem de sensibile la creşterea latenței).

Este important de precizat că primele patru niveluri din stiva OSI (de la fizic până la transport), sunt cele care în general sunt asociate cu rețelele de calculatoare, fiind dependente de tehnologiile de rețea disponibile. Nivelurile sesiune, prezentare şi aplicație sunt mai degrabă asociate cu sisteme de operare sau chiar cu dezvoltarea aplicațiilor. Demarcația între nivelurile transport şi sesiune face distincția dintre un inginer de sistem şi un administrator de rețea. Cele mai importante atribuțiuni ale inginerului de sistem sunt proiectarea şi întreținerea infrastructurii de comunicație: de la alegerea mediului de transmisie până la configurarea şi monitorizarea funcționării dispozitivelor de interconectare. Sarcinile principale ale unui administrator de rețea sunt instalarea, configurarea şi întreținerea serverelor şi a diverselor servicii specifice ce rulează pe acestea.

Nivelul sesiune este fără îndoială cel mai greu de definit dintre nivelurile stivei OSI, datorită lipsei unor funcții clare care să îi fie asociate. Identificarea unor protocoale specifice acestui nivel ar fi mult mai utilă decât definiția clasică a nivelului sesiune: "nivelul sesiune se ocupă cu stabilirea, menținerea, gestionarea şi terminarea sesiunilor în comunicația dintre două stații". O listă cu protocoalele de nivel sesiune include: NFS (Network File System), NIS (Network Information Service), LDAP (Lightweight Directory Application Protocol), SQL (Simple Query Language), precum şi SSL (Secure Sockets Layer).

Nivelul prezentare asigură trei funcții principale: compatibilizarea reprezentării datelor, criptarea şi compresia datelor. Datele într-un calculator personal sunt reprezentate folosind convenția Little Endian (cel mai semnificativ bit este cel din stânga). Cu toate acestea, multe dintre protocoalele de rețea au fost scrise pentru rețele de mainframe, astfel încât transmisia peste suportul de rețea se face folosind convenția de reprezentare a datelor Big Endian (cel mai semnificativ bit este cel din dreapta).

Conversia datelor din Little Endian în Big Endian şi vice-versa are loc la nivelul prezentare.

Criptarea fluxurilor de date se poate realiza fie folosind infrastructura oferită de un protocol de nivel sesiune precum SSL, sau prin primitive specifice ale nivelului prezentare. Cele două categorii importante de metode de criptare sunt criptarea cu chei publice şi criptarea cu chei secrete, cea din urmă deşi mai puțin flexibilă este semnificativ mai rapidă decât criptarea cu chei publice.

Compresia datelor este una dintre funcțiile principale a nivelului prezentare. Cu toate acestea compresia datelor poate avea loc şi la alte niveluri ale stivei de protocoale OSI. Astfel un modem poate include funcții hardware de compresie a datelor, această compresie fiind realizată la nivelul legătură de date. Un număr foarte mare de algoritmi de compresie sunt disponibili la nivelul aplicație.

Nivelul aplicație este cel care este situat cel mai aproape de utilizator; el oferă servicii de rețea aplicațiilor utilizatorului. Specificul său față de celelalte niveluri OSI constă în faptul că nu oferă servicii nici unui alt nivel, ci numai unor aplicații ce sunt situate în afara modelului OSI. Exemple de astfel de aplicații sunt: editoare de texte, utilitare de calcul tabelar, terminale bancare etc.

Nivelul aplicație stabileşte disponibilitatea unui calculator cu care se doreşte inițierea unei conexiuni, stabileşte procedurile ce vor fi urmate în cazul unor erori şi verifică integritatea datelor. Daca doriți să rețineți în cât mai puține cuvinte nivelul aplicație, gândiți-vă la un browser de web.