

Arhitecturi de rețele și internet

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

GALAȚCHI, DAN

Arhitecturi de rețele și internet / Dan Galațchi, Teodor Petrescu. -
București : Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-33-7

I. Petrescu, Teodor

004

Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

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

Redactor: ing. Mihail CĂRUȚAȘU

Documentarist: ing. Ioan BALINT

Coperta: ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,
București, 2011**

Dan Galațchi
Teodor Petrescu

Arhitecturi de rețele și internet



Editura Academiei Oamenilor de Știință din România
București
2011

PREFATĂ

În stadiul actual de dezvoltare a societății, lipsa de informații este un fapt de neconceput. Obținerea sau transmiterea de informații a devenit o cerință firească, indiferent de situarea geografică a celor implicați. Dacă acum pare normal ca, oriunde te-ai afla, să poți deschide calculatorul și să te conectezi la orice sursă de informații de pe întinsul planetei, trebuie conștientizat, totuși, efortul depus de specialiști pentru a realiza acest uriaș sistem de telecomunicații care a acoperit întreg globul.

La început a fost calculatorul. Din nevoia de colaborare între mai multe calculatoare a apărut rețeaua de calculatoare realizată la nivel de companie. Imediat a apărut nevoia de colaborare între companii. Pentru ca rețelele acestora să poată fi interconectate, trebuia să se asigure o compatibilitate. Astfel a apărut modelul de referință pentru interconectarea sistemelor deschise. Tipuri de rețele simple și modelul de referință sunt prezentate în capitolul 1.

Informația trebuie să străbată drumul de la sursă spre destinație. Internetul a devenit o rețea globală, așa că procesul de dirijare s-a complicat și a căpătat o importanță deosebită. Metode de dirijare (rutare) statică sau dinamică și protocoale de rutare bazate pe vectori distanță, pe starea legăturii sau hibride sunt prezentate în capitolul 2.

Pentru a putea dirija pachetele prin rețea este nevoie de informații de adresare și de control. Acestea se obțin cu ajutorul unei suite de protocoale, aplicabilă interconectării sistemelor deschise, din care ies în evidență Protocolul Internet și Protocolul de Mesaje de Control Internet (versiunea 4) prezente în capitolul 3.

Dezvoltarea explozivă a Internetului a făcut ca unele dintre funcțiile protocoalelor inițiale să își arate și aproape să își atingă limitele. Ca urmare, au fost

aduse îmbunătățiri și adăugate funcții noi, adaptate cerințelor actuale, rezultând o nouă versiune de protocoale, versiunea 6 (capitolul 4).

Datorită miniaturizării, având un notebook, ne putem deplasa cu acesta cu ușurință. Prezența rețelilor pretutindeni face posibilă conectarea dispozitivului în locații geografice diferite. Asigurarea mobilității în Internet este discutată în capitolul 5.

În schimbul de informații, pe lângă dirijarea mesajelor, trebuie asigurate și o legătură cap-la-cap fiabilă, un control al fluxului de date prin rețea, precum și evitarea congestiei. Acestea sunt funcții ale protocoalelor de nivel transport (capitolul 6).

Deoarece numărul de servicii oferite de Internet este în continuă creștere, implementarea unui serviciu de comunicație vocală a fost un proces natural. Serviciul Voce peste Protocolul Internet (VoIP) este prezentat în capitolul 7.

Sunt situații în care informația nu trebuie să fie accesibilă tuturor. Confidențialitatea este obținută prin aplicarea unor metode de securitate constând în criptare și autentificare. Noțiuni privind securitatea în Internet sunt descrise în capitolul 8.

Acest curs se adresează acelor care, utilizând calculatorul și Internetul sunt doriți să afle și ceea ce se ascunde în spatele prizei de conectare la rețea.

mai 2011

conf. dr. ing. Dan Galațchi

prof. dr. ing. Teodor Petrescu

CUPRINS

1. Arhitecturi de rețele	1
Modelul de arhitectură OSI pentru rețelele de telecomunicații	1
Topologii simple de rețele	4
2. Protocoale de rutare	9
Rutarea statică	9
Rutarea pe calea cea mai scurtă	10
Rutarea multiplă (multicale)	11
Rutarea dinamică	12
Protocoale vector-distanță	13
Algoritmul Bellman-Ford	13
Protocolul de rutare a informațiilor (Routing Information Protocol - RIP)	15
Protocoale starea-legăturii	18
Algoritmul Dijkstra	18
Protocolul Deschide primul drumul cel mai scurt (Open Shortest Path First - OSPF)	21
Protocoale de rutare hibride	25
Protocolul de rutare pentru porți interioare îmbunătățit (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol - EIGRP)	25
3. Protocolul Internet versiunea 4 – IPv4	29
Adresarea IP	31
Adrese IP rezervate	34
Subrețele IP	35
Adrese IP private	37
Translația Adreselor de Rețea (Network Address Translation – NAT)	37

Protocolul de Mesaje de Control Internet Internet Control Message Protocol (ICMP)	39
Mesaje ICMP	40
4. Protocolul Internet versiunea 6 – IPv6	45
Stiva duală “Dual stack”	46
Tunelarea “Tunneling”	46
Formatul pachetelor IPv6	47
Extensia antetelor	49
Adresarea IPv6	51
Modelul de adresare IPv6	53
Adrese unicast	53
Adrese multicast	58
Adresa anycast	60
Protocolul de Mesaje de Control Internet versiunea 6 (ICMPv6)	60
5. Mobilitate IPv4	63
Privire de ansamblu, istorie, motivație	63
Soluția propusă de Mobile IP	63
Concepte Mobile IP	64
Rolurile dispozitivelor Mobile IP	67
Funcțiile Mobile IP	67
Adresarea Mobile IP	69
Tipurile adreselor care-of	69
Avantajele și dezavantajele tipurilor de adrese care-of	70
Tehnici Mobile IP de încapsulare a datelor	71
Eficiența Mobile IP	72
Măsuri de securitate Mobile IP	74
6. Protocoale ale nivelului transport	77
Porturi	79
Sockets	79

Protocolul de Control al Transmisiei (Transmission Control Protocol – TCP)	80
Stabilirea și eliberarea unei conexiuni TCP	81
Principiul ferestrei	83
Protocolul Datagramă Utilizator (User Datagram Protocol – UDP)	86
7. Voce peste Protocolul Internet (VoIP)	89
Modalitatea tipică de realizare a unui apel într-o aplicație VoIP	92
Standardul H.323	93
Arhitectura unei rețele H.323	93
Fluxul de mesaje pentru realizarea unui apel H.323.	95
Protocolul de Inițiere a Sesiunii (Session Initiation Protocol – SIP)	98
Arhitectura unei rețele SIP	98
Înregistrarea utilizatorilor	100
Fluxul de mesaje pentru realizarea unui apel SIP	102
8. Securitate IP	107
Elemente de criptografie	107
Terminologie de bază	107
Criptosisteme și rolul acestora	108
Protocoale pentru comunicații criptografice simetrice	112
Protocoale pentru comunicații criptografice asimetrice (cu chei publice) și hibride	113
Protocoale pentru semnături digitate	114
Protocolul de securitate Internet (Internet Protocol Security-IPsec)	118
Antetul de autentificare (Authentication Header - AH)	118
Încapsularea de securitate a încărcăturii utile (ESP)	119
Schimbul de chei Internet (IKE)	120
Bibliografie	121

1. ARHITECTURI DE REȚELE

Modelul de arhitectură OSI pentru rețelele de telecomunicații

Modelul arhitectural definește funcțiile unei rețele de telecomunicații și legăturile dintre aceste funcții, fără a impune o anumită implementare particulară. Funcțiile sunt grupate în mai multe niveluri funcționale, aceste niveluri având interfețe bine definite. Principalul merit al acestei organizări este acela că, prin standardizarea părții de interfață, se pot folosi în comun echipamente realizate de către diferiți producători. Organizația Internațională de Standarde (ISO) a elaborat un model arhitectural de referință pentru interconectarea sistemelor deschise numit ISO OSI (Open Systems Interconnection).

Obiectivele definirii modelului de referință OSI sunt:

- optimizarea schimbului între terminale, eventual de construcție diferită;
- independența serviciilor în raport cu rețeaua de interconexiune; o aplicație dată între două terminale poate să se deruleze indiferent de drumul care leagă cele două terminale;
- limitarea modificărilor legate de evoluția serviciilor numai la funcțiile necesare pentru furnizarea acestor servicii.

Modelul este structurat pe mai multe straturi (niveluri). Criteriile conform cărora OSI a repartizat funcțiile pe niveluri au fost:

- omogenitatea în interiorul fiecărui strat;
- reducerea la minim a interacțiunii dintre niveluri;

- limitarea numărului de niveluri.

Modelul ISO OSI cuprinde șapte niveluri, cum este prezentat în figura 1.1.

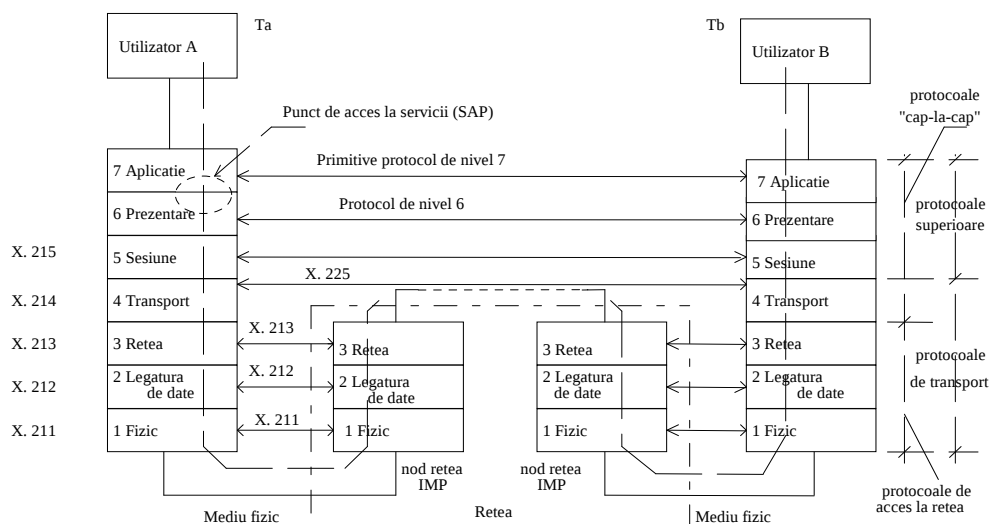


Figura 1.1: Modelul de referință de Interconectare pentru Sisteme Deschise (OSI)

Nivelurile de baza (1-3) sunt folosite pentru a realiza transferul informațiilor prin rețea. Ele sunt:

Nivelul 1 (Fizic): tratează aspectul fizic al racordării terminalelor la liniile de comunicație. Aici se definesc interfețele cu linia și protocoalele de schimb ale șirurilor de biți. Standardele folosite sunt ISO 8802.

Nivelul 2 (Legătura de date): corespunde transferului de date la nivel logic pe liniile de comunicație. Nivelul 2 realizează livrarea biților în aceeași ordine în care au fost transmiși între nodul sursă și nodul destinație. Definește proceduri pentru detectarea și corectarea erorilor. La acest nivel se face control de flux (controlul ratei de transmisie a transmițătorului de către receptor prin intermediul unui canal de reacție) și, eventual, multiplexarea respectiv demultiplexarea mai multor legături de nivel 3 pe o singură conexiune de nivel 2. Se mai realizează, de asemenea, controlul accesului la mediu (stabilirea utilizatorului care poate folosi la un moment dat mediul comun de transmisie) ca și

controlul legăturii logice (stabilirea unei modalități de transfer al datelor între utilizatori cu/fără conexiune și cu/fără confirmare). Nivelul legătura de date este descris în standardele ISO 8802/2 și ISO 7776.

Nivelul 3 (Rețea): asigură stabilirea/deconectarea conexiunilor cât și dirijarea (rutarea) informațiilor prin rețea. Dirijarea ține seama de informațiile conținute în nodurile din rețea privitoare la drumurile posibile între sursă și destinație. În cazul comunicației de pachete se asigură și funcții suplimentare (controlul fluxului de transmisie de către receptor, supravegherea secvențialității pachetelor). Standardele pentru nivelul rețea sunt ISO 8348 și ISO 8208.

Nivelurile superioare (4-7) conțin funcții specifice fiecărui tip de terminal folosit (telex, telefax, videotext, calculator...). Aceste niveluri furnizează utilizatorilor (notați pe figură cu T_a și T_b) protocoale "cap-la-cap", oferind o legătura care "ascunde" caracteristicile reale ale rețelei de comutație

Nivelul 4 (Transport): asigură transportul "cap-la-cap" al informației prin rețea. Acest nivel se ocupă în principal de unele probleme cum sunt: adresarea extremităților, proceduri de conexiune, controlul fluxului și al erorilor (la nivel 4), sincronizarea schimbului. Nivelul transport "ascunde" pentru nivelurile superioare caracteristicile rețelei. Primitivele nivelului transport sunt specificate în standardele ISO 8072 și ISO 8073.

Nivelul 5 (Sesiune): definește organizarea schimbului de informații și structurează dialogul între aplicații. La acest nivel se verifică, de exemplu, drepturile de acces ale unui utilizator și coerența secvențelor de mesaje emise sau recepționate din punct de vedere al procedurilor folosite. Protocoalele nivelului sesiune pentru rețele publice de date se conformează standardelor ISO 8326 și ISO 8327.

Nivelul 6 (Prezentare): definește sintaxa de reprezentare a informațiilor (alfabet, prezentare grafică pe ecran...). El rezolvă eventualele diferențe de sintaxă între cele două procese aplicație. Tot aici se asigură și funcții de protecție (criptare) și compresie a informației. Standardele sunt ISO 8822, ISO 8823, ISO 8824 și ISO 8825.

Nivelul 7 (Aplicație): conține mecanisme comune ce pot fi folosite pentru diverse tipuri de servicii. Prin intermediul acestui nivel utilizatorul are acces la servicii. Aplicațiile rețelelor pot fi foarte variate (transferul, accesul și gestiunea fișierelor, poșta electronică, serviciile de terminal virtual și cataloage, servicii telematice). Nivelul 7 asigură funcții care pot fi folosite de către toate tipurile de aplicații. Standardele pentru nivelul aplicație sunt specificate în ISO 8571, ISO 8572, ISO 8831, ISO 8832, ISO 9040 și ISO 9041.

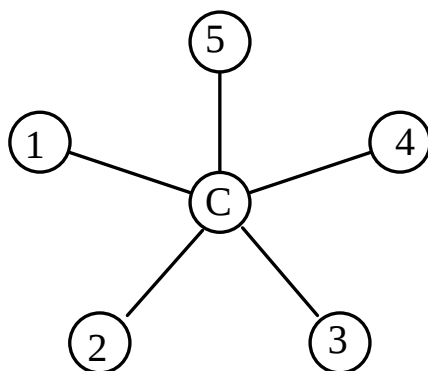
Topologii simple de rețele

Funcționarea unei rețele de comunicații este dependentă de asigurarea unui algoritm de dirijare adecvat. Într-o rețea cu comutare de circuite, algoritmul funcționează în timpul stabilirii circuitului atunci când se selectează o rută. Într-o rețea cu comutare de pachete algoritmul poate fie să determine ruta în mod individual pentru fiecare pachet, fie să stabilească o rută care va fi urmată de către o secvență de pachete.

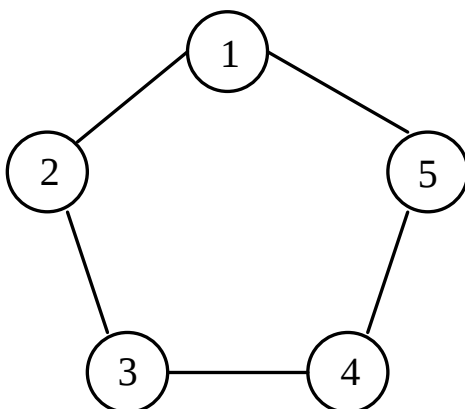
În continuare vom analiza modul în care unele din metodele de dirijare folosite în rețelele telefonice cu comutație de circuite pot fi aplicate în domeniul comutării de pachete.

Dificultatea dirijării în orice rețea este dată de topologia rețelei.

Pentru rețele foarte simple, dirijarea nu constituie o problemă. Astfel, pentru o rețea în stea cu linii duplex, fiecare nod din rețea care acceptă și livrează trafic utilizatorilor este conectat la un singur nod, nodul central. Prin nodul central trebuie să treacă tot traficul. Nodul central posedă informațiile care definesc topologia rețelei. Fiecare nod destinatar este conectat la nodul central printr-o linie distinctă, iar tabela de dirijare a nodului central indică pentru fiecare destinație linia de ieșire corespunzătoare. Rezultă un algoritm de dirijare dintre cele mai simple.

**Figura 1.2: Topologie de rețea în stea**

O a doua structură foarte simplă de rețea o constituie rețeaua în care nodurile sunt conectate în inel. Dacă liniile sunt duplex, traficul poate ajunge la orice destinație de la orice sursă, în orice direcție, parcurgând traseul în inel. Și în acest caz rezultă un algoritm foarte simplu în care nu este nevoie nici măcar de o tabelă de dirijare, lucru care constituie o caracteristică esențială a acestui tip de rețea. Se poate pune însă o problemă: în majoritatea cazurilor ruta pe o direcție este mult mai scurtă decât în cealaltă direcție. În acest caz se poate prevedea o tabelă de dirijare în fiecare nod care să indice calea cea mai scurtă către fiecare destinație. O altă soluție ar fi aceea ca fiecare nod să calculeze, pe baza sistemului de numerotare a nodurilor, care este calea cea mai scurtă și să ia o decizie de direcție.

**Figura 1.3: Topologie de rețea în inel**

O altă structură care poate utiliza sistemul de numerotare a nodurilor în algoritmul de dirijare este cea sub formă de matrice rectangulară regulată, caz în care există de regulă cel puțin două căi egale de cea mai mică lungime între o sursă și o destinație. Excepția o constituie nodurile vecine. Într-o astfel de topologie numerotarea nodurilor se face astfel încât să indice linia și coloana ocupate de către fiecare nod în matrice. Rezultă necesitatea ca fiecare nod să cunoască cum trebuie să direcționeze traficul spre nodurile de pe liniile și coloanele cu numere mai mari sau mai mici. Aceste informații pot fi inserate în fiecare nod sub forma unor tabele de dirijare rudimentare.

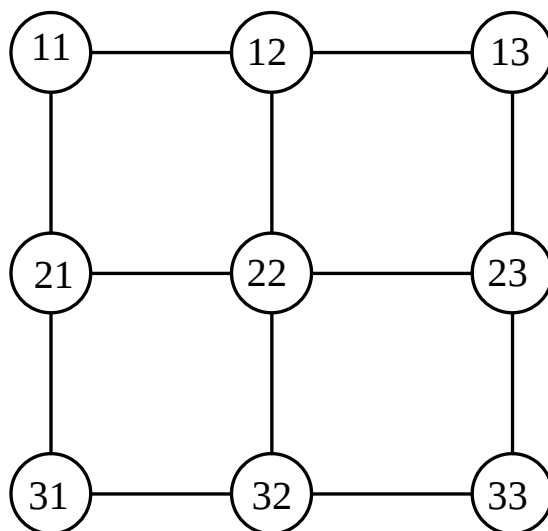
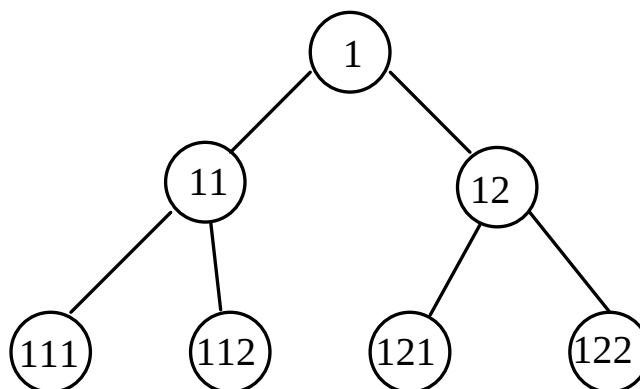
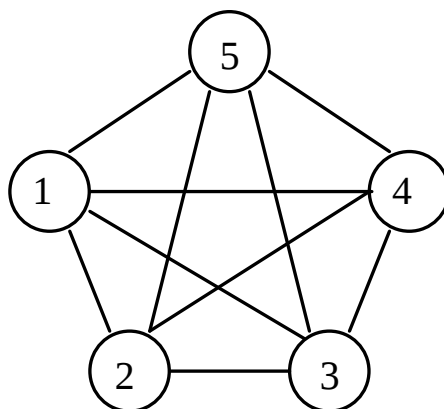


Figura 1.4: Rețea sub formă de matrice rectangulară regulată

Un al patrulea tip de structură de rețea care necesită algoritmi de dirijare foarte simpli este rețeaua arborescentă, la care sistemul de adresare poate fi proiectat pentru a specifica în mod unic calea de urmat de la un nod la altul. Într-o astfel de rețea există un singur drum de la un nod sursă la un nod destinație. La acest tip de rețea informațiile de dirijare pot fi conținute în adresă. Nu mai sunt necesare tabele de dirijare în noduri, ci numai o indicație privind modul în care se va parcurge arborele: în sus sau în jos.

**Figura 1.5: Structură de rețea arborescentă**

Un ultim tip de rețea care utilizează algoritmi de dirijare simpli este rețeaua conectată total. În acest caz fiecare nod are o linie directă cu toate celelalte noduri și deține o tabelă de dirijare în care se definește linia unică de utilizat pentru a ajunge la destinație.

**Figura 1.6: Rețea total conectată**

Aceste topologii care conduc la algoritmi de dirijare simpli se întâlnesc în practică, dar destul de rar, majoritatea rețelelor reale având topologii mult mai complexe, cu configurații parțial conectate. Localizarea nodurilor rețelei este dictată în general de cerințele utilizatorilor. Liniile ce unesc nodurile depind de disponibilitatea rutei și lățimii de bandă, considerațiile privind costul având un rol determinant.