

# REȚELE DE CALCULATOARE

## Bibliografie:

- Computer Networks** (5th Ed.), Tanenbaum, A. S., Wetherall, D. J., *Prentice Hall*, 2010
- Data Communications and Networking** (5th Ed.), Forouzan, B.A., McGraw-Hill, 2012
- Alcatel-Lucent Scalable IP Networks Self-Study Guide**, Hundley K., Wiley, 2009
- Computer Networks: A Systems Approach** (5th Ed.), Peterson, L. L., Davie, B. S., *Elsevier*, 2011
- Computer Networking A Top-Down Approach** (6th Ed.), Kurose, J. F., Ross, K. W., Pearson, 2012
- TCP/IP Illustrated, Vol. 1: The Protocols**, Stevens, W. R., Addison-Wesley, 1993
- Unix Network Programming, Vol. 1: The Sockets Networking API** (3rd Ed.), Stevens, W. R., Fenner, B., Rudoff, A. M., Addison-Wesley, 2003

# **1. Introducere în rețele de calculatoare**

Vechiul model al unui singur calculator (mainframe) care servește problemele de calcul ale unui sistem a fost înlocuit cu un model în care munca este făcută de un număr mare de calculatoare, care sunt utilizate separat, dar interconectate.

**Def. 1: rețeaua de calculatoare** reprezintă un ansamblu de echipamente de calcul răspândite geografic, interconectate prin intermediul unor medii de comunicație, asigurându-se în acest fel utilizarea în comun de către un număr mare de utilizatori a tuturor resurselor fizice (hardware), logice (software și aplicații de bază) și informaționale (baze de date) de care dispune ansamblul de calculatoare conectate.

**Def. 2: prin rețea de calculatoare** înțelegem o colecție de calculatoare autonome interconectate între ele. Se spune despre două calculatoare că sunt interconectate dacă sunt capabile să schimbe informații între ele.

## Avantajele rețelelor de calculatoare:

- asigurarea comunicării între sistemele de calcul;
- creșterea eficienței în transferurile de date;
- scăderea costurilor în funcționare;
- protejarea simplă și eficientă a datelor;
- asigurarea disponibilității;
- optimizarea supraîncărcării sistemelor de calcul;
- optimizarea întreținerii.

***După tehnologia de transmisie:***

- rețele cu difuzare (broadcast);
- rețele punct – la – punct.

***După scara la care operează rețeaua (distanța):***

- rețele personale (PAN);
- rețele locale (LAN);
- rețele metropolitane (MAN);
- rețele de arie întinsă (WAN);
- internet (GAN).

***După topologie:***

- rețele tip magistrală (bus);
- rețele tip stea (star);
- rețele tip inel (ring);
- rețele combinate.

***După tipul sistemului de operare utilizat:***

- rețele peer-to-peer;
- rețele bazate pe server.

***După tipul mediului de transmisie al semnalelor:***

- rețele prin medii ghidate (cablu coaxial, perechi de fire răsucite, fibra optică);
- rețele prin medii neghidate (transmitere în infraroșu, unde radio, microunde).

***După tipul utilizatorilor:***

- private (de uz industrial, militar, civil);
- publice (internet).

***După tipul accesului la mediu***

- ethernet;
- token ring;
- token bus.

**Rețelele cu difuzare** (broadcast) sunt acele rețele care au un singur canal de comunicație care este partajat de toate (este accesibil tuturor) calculatoarele din rețea. Mesajul (numit pachet) poate fi adresat unui singur calculator, tuturor calculatoarelor din rețea (acest mod de operare se numește difuzare) sau la un subset de calculatoare (acest mod de operare se numește trimitere multiplă).

**Rețelele punct - la - punct** sunt acele rețele care dispun de numeroase conexiuni între perechi de calculatoare individuale. Pentru a ajunge de la calculatorul sursă la calculatorul destinație, un pachet s-ar putea să fie nevoit să treacă prin unul sau mai multe calculatoare intermediare. Deseori sunt posibile trasee multiple, de diferite lungimi, etc.

În general rețelele mai mici (locale) tind să utilizeze difuzarea, în timp ce rețelele mai mari sunt de obicei punct - la - punct.

**Rețelele LAN - Local Area Network** - sunt în general rețele private localizate într-o singură cameră, clădire sau într-un campus de cel mult câțiva kilometri.

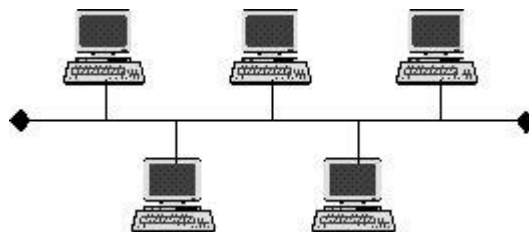
**Rețelele MAN - Metropolitan Area Network** - reprezintă o extensie a rețelelor LAN și utilizează în mod normal tehnologii similare cu acestea. Aceste rețele pot fi atât private cât și publice. Un aspect important al acestui tip de rețea este prezența unui mediu de difuzare la care sunt atașate toate calculatoarele. Aceste rețele funcționează, în general, la nivel de oraș.

**Rețele WAN - Wide Area Network** - sunt acele rețele care acoperă o arie geografică întinsă - deseori o țară sau un continent întreg.

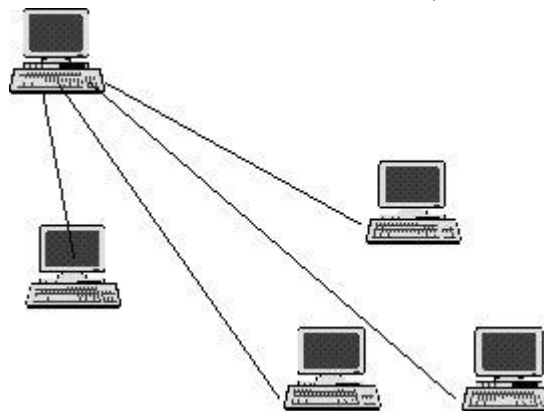
**Rețeaua GAN - Global Area Network** – descrie întinderea WAN-urilor la o dimensiune globală.



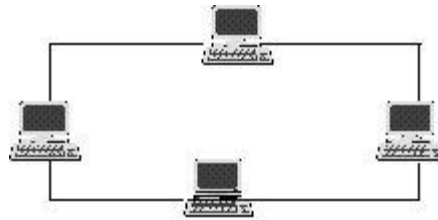
**Topologia magistrală (bus)** sau **liniară** - este cea mai simplă și mai uzuală metodă de conectare a calculatoarelor în rețea. Ea constă dintr-un singur cablu, numit *trunchi* care conectează toate calculatoarele din rețea pe o singură linie;



**Topologia stea (star)** - atunci când se utilizează această topologie toate calculatoarele sunt conectate la un nod central care joacă un rol particular în funcționarea rețelei. Orice comunicație între două calculatoare va trece prin acest nod central, care se comportă ca un comutator față de ansamblul rețelei.



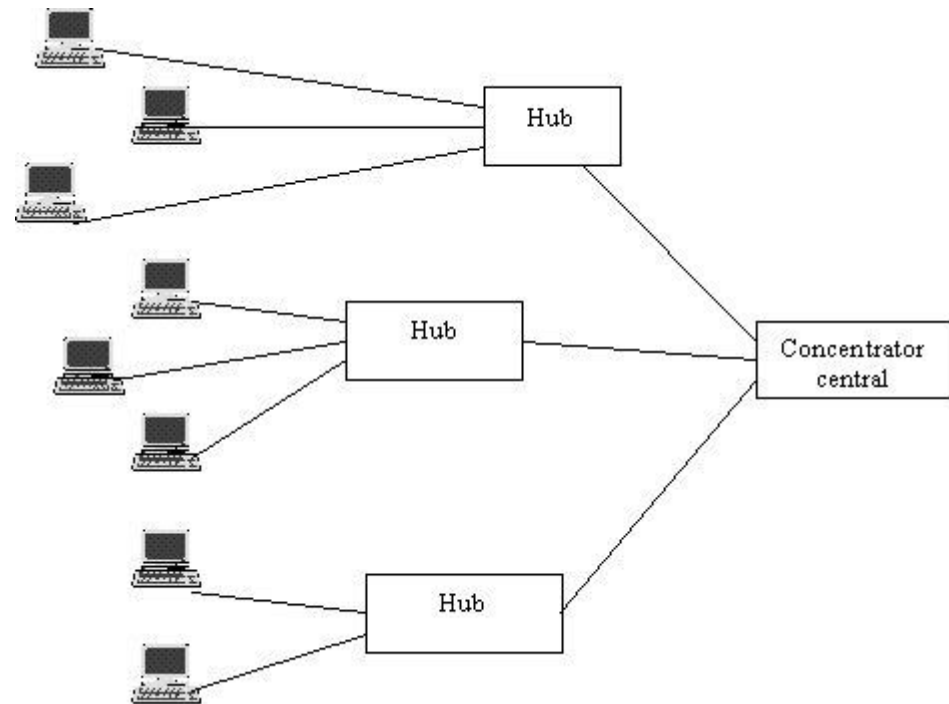
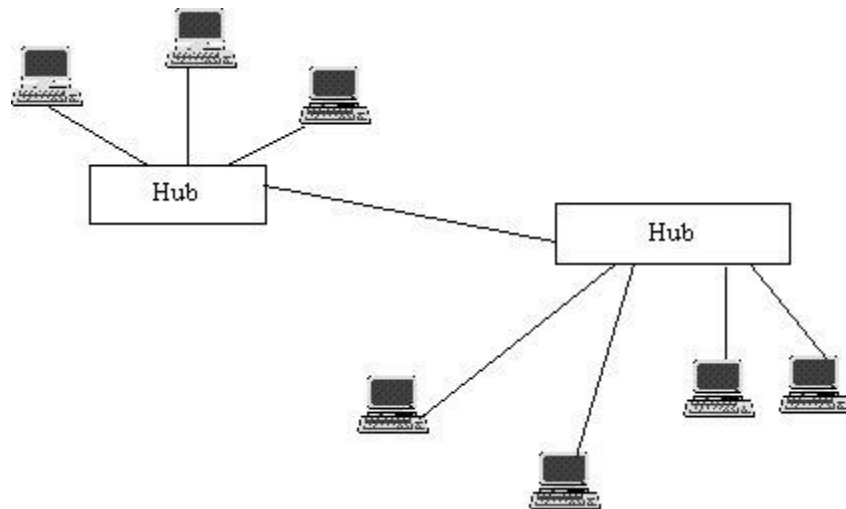
**Topologia inel (ring)** - într-o astfel de configurație toate calculatoarele sunt legate succesiv între ele, două câte două, ultimul calculator fiind conectat cu primul.



În afara acestor topologii standard există și alte variante combinate, dintre care cele mai uzuale sunt:

- **topologia magistrala-stea** leagă mai multe rețele cu topologie stea prin intermediul unor trunchiuri liniare de tip magistrală;
- **topologia inel-stea** este asemănătoare topologiei magistrală - stea. Deosebirea constă în modul de conectare a concentratoarelor: în topologia magistrală - stea ele sunt conectate prin trunchiuri lineare de magistrală, iar în topologia inel - stea sunt conectate printr-un concentrator principal.

# Clasificare după topologie



**Rețelele peer-to-peer** sunt acele rețele în care partajarea resurselor nu este făcută de către un singur calculator ci toate aceste resurse sunt puse la comun de către calculatoarele din rețea.

**Rețele bazate pe server (client / server)** sunt acele rețele care au în componență un server specializat: (ex. de fișiere, de tipărire, de aplicații, de poștă, de fax, de comunicații).

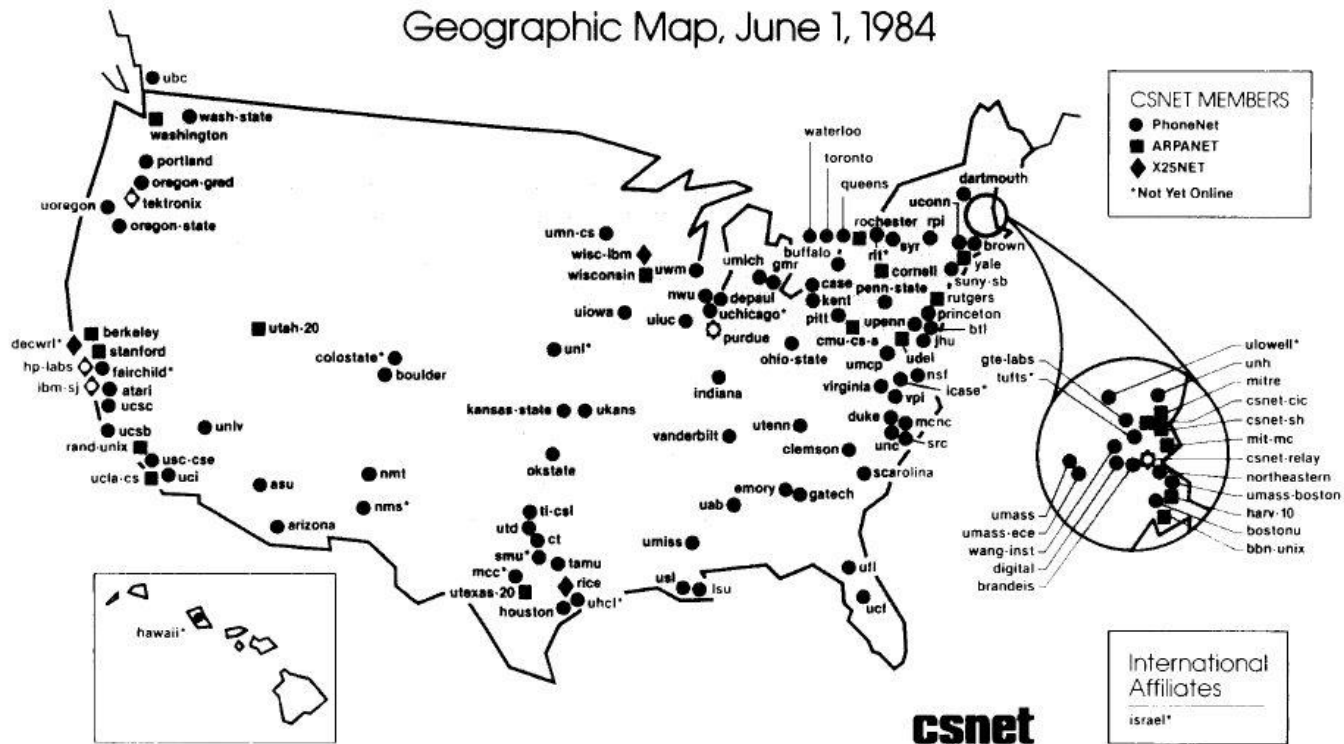


The ARPANET in December 1969

1969 ARPANET (<https://www.vox.com/a/internet-maps>)

1969 – telnet

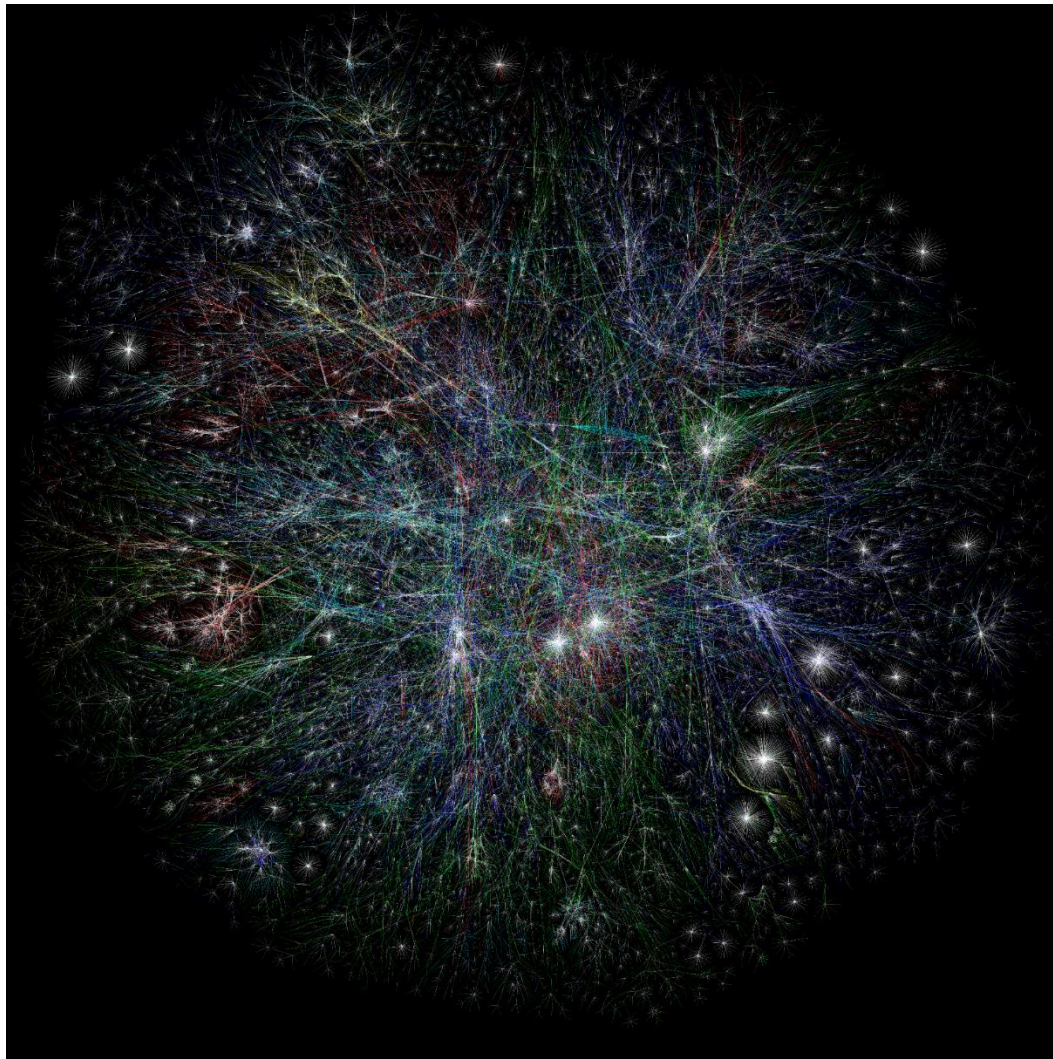
1971 – email (Ray Tomlinson)



1984 Internet (<https://www.vox.com/a/internet-maps>)

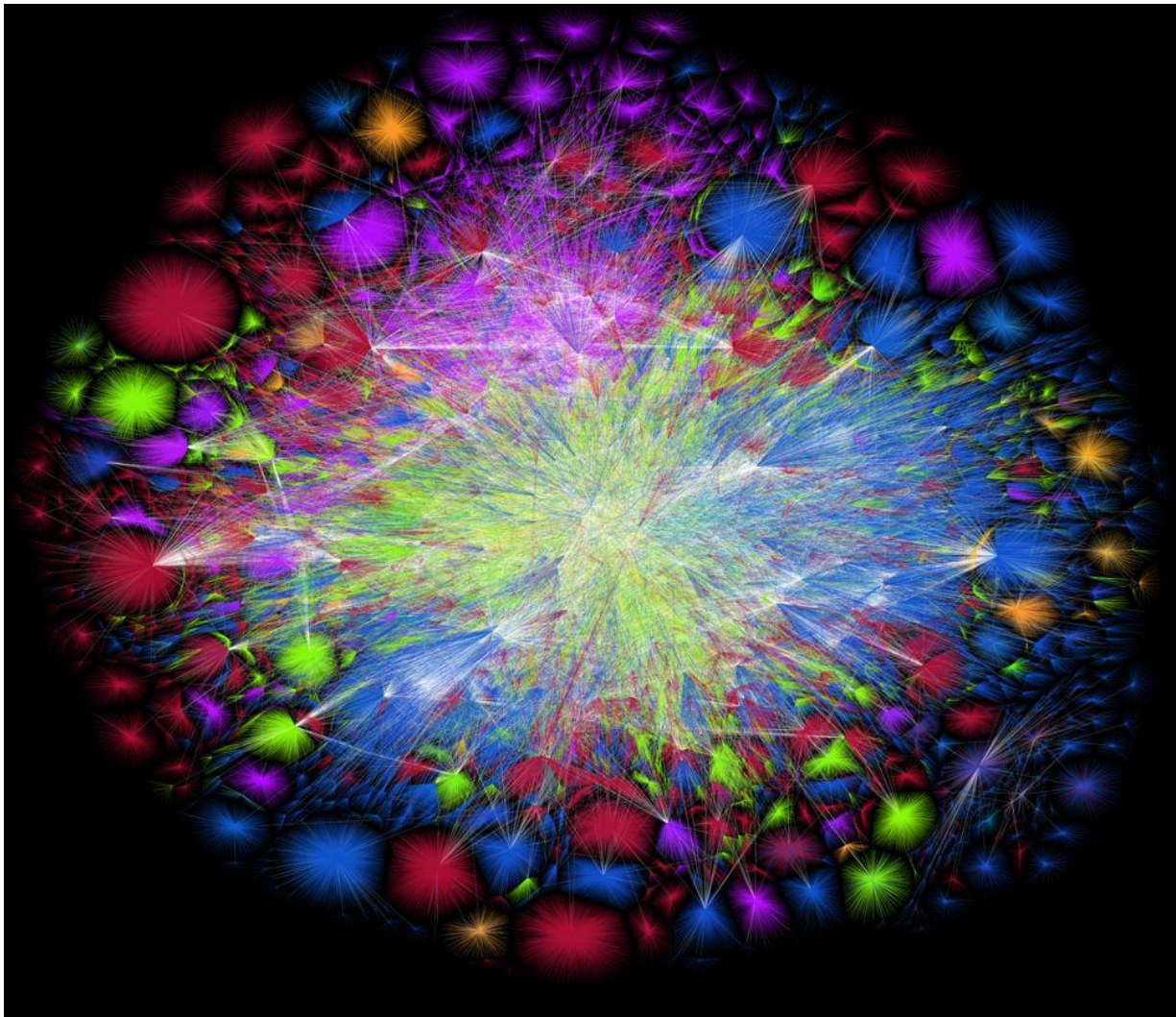
1983 - TCP/IP (Robert Kahn și Vint Cerf)





Asia Pacific - Red  
Europe/Middle East/Central Asia/Africa - Green  
North America - Blue  
Latin American and Caribbean - Yellow  
RFC1918 IP Addresses - Cyan

2003 (<http://www.opte.org>)



North America (ARIN)
Europe (RIPE)
Latin America (LACNIC)
Asia Pacific (APNIC)
Africa (AFRINIC)
"Backbone" (highly connected networks)

2015 (<http://www.opte.org>)



# **Standardizare. Modele de rețea**

## Telecomunicații

- ITU** – International Telecommunication Union  
(peste 200 membrii guvernamentali)
  - ITU-T – telecomunicații
  - ITU-R – radiocomunicații
  - ITU-D – dezvoltare

## Standarde internaționale

- ISO** – International Standards Organization (157 țări membre)
- IEEE** – Institute of Electrical and Electronics Engineers

## Internet

- IAB** – Internet Architecture Board (guvernate de Internet Society )
  - IETF** – Internet Engineering Task Force,
  - IETF** – Internet Engineering Research Force
- (RFC-> Draft Standard -> Internet Standard)
- W3C** – World Wide Web Consortium

## Protocol

- limbaj, set de reguli;
- definește ce se comunica, cum se comunica și când se comunica.

Elementele unui protocol:

1. **Sintaxa** – definește structura sau formatul datelor și ordinea în care sunt prezentate.
2. **Semantica** – definește rolul fiecărei secțiuni de date.
3. **Sincronizare temporală** – precizează când se trimite datele și cu ce viteză.

Marea majoritate a rețelelor de calculatoare sunt organizate pe mai multe niveluri (straturi), permitându-se astfel împărțirea unor sarcini complexe în unele mai mici de o complexitate mai redusă. Numărul nivelurilor, numele și conținutul acestora diferă de la o rețea la alta. Rolul fiecărui nivel este de a oferi anumite servicii nivelurilor superioare, fără a furniza detalii legate de modul de implementare a acestor servicii. Colaborarea între serviciile diverselor straturi se realizează cu ajutorul unor interfețe (logice și/sau fizice) standardizate. Se poate face o analogie aici cu dezvoltarea software, unde serviciile oferite de o funcție dintr-o bibliotecă pot fi utilizate atâta timp cât cunoaștem interfața funcției, fără a avea detalii legate de modul de implementare.

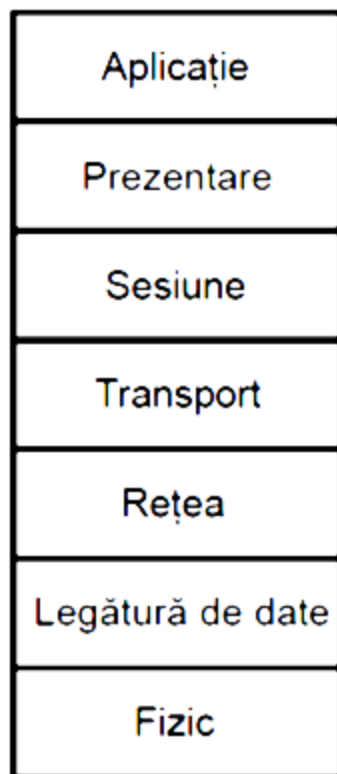
Unul dintre avantajele impartirii pe straturi este separarea serviciilor oferite de implementarea lor, asigurandu-se in acest fel modularitatea rețelei. Astfel, se faciliteaza interconectarea echipamentelor avand producatori diferiti. Daca interfetele de intrare/iesire (fizice si logice) ale unor echipamente, ce au o implementare diferita, sunt identice (sau macar compatibile), aceste echipamente pot fi interconectate sau interschimbate.

In general, pentru transmisia datelor intre o sursa si o destinatie sunt necesare o serie de echipamente intermediare de interconectare a rețelelor ce compun traseul. Impartirea pe straturi permite echipamentelor intermediare sa implementeze doar anumite servicii strict necesare pentru transportul datelor. Astfel, echipamentele intermediare implementeaza doar anumite straturi, scazand costurile de productie. Aceasta facilitate reprezinta un alt avantaj al impartirii pe straturi.

## **Nota:**

Cand nivelul  $n$  al unui echipament de retea comunica cu nivelul  $n$  al altui echipament, totalitatea regulilor si conventiilor folosite in conversatie alcatuiesc protocoalele respectivului nivel (denumite protocoale de nivel  $n$ ).

**Model de rețea** – colecție de standarde, cu o structura modulara, ce definește unul sau mai multe tipuri de rețele.

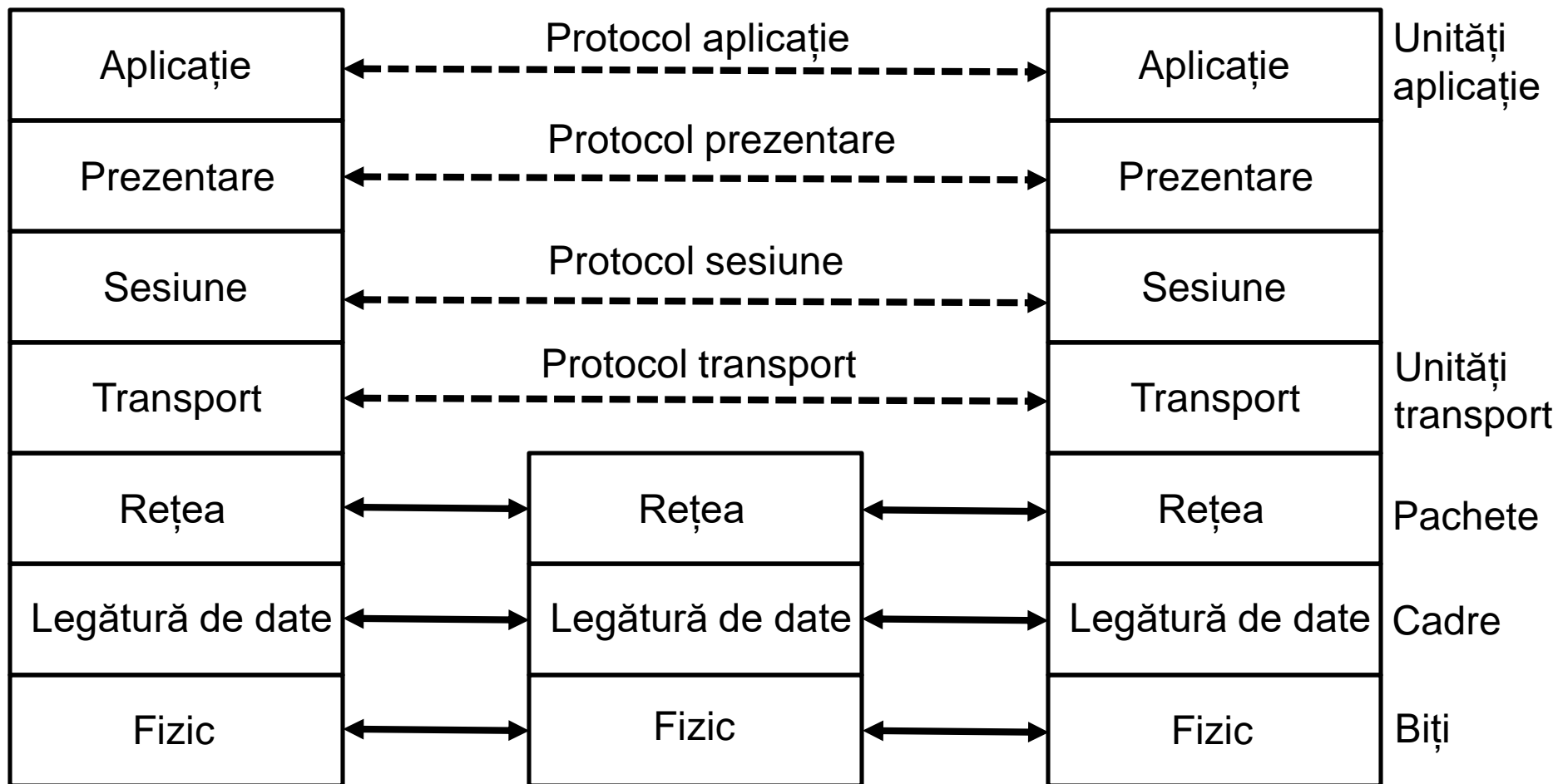


Modelul OSI

**Modelul OSI** - Open Systems Interconnection:

- propus de ISO ca prim pas în standardizarea protocoalelor;
- împărțit pe 7 straturi;
- model didactic, de referință;
- protocoale neutilizate în practică.

# Modelul OSI. Conexiuni logice între straturi



Pentru o mai buna intelegere a functionalitatilor fiecarui nivel, ne putem imagina existenta unor legaturi logice intre niveluri. Fiecare nivel al unui echipament comunica cu acelasi nivel al unui interlocutor. Dupa cum se poate observa din figura de pe diapozitivul anterior, nivelurile aplicatie, prezentare, sesiune si transport implementeaza servicii de tip capat-la-capat (end-to-end), comunicand strict intre sursa si destinatie. In schimb, in cazul celorlalte trei niveluri, comunicatia este de tip nod-la-nod (hop-to-hop), unde un nod poate fi un echipament intermediar sau unul final.

## Nivelul fizic

Coordoneaza functiile necesare transmisiei unui flux de biti pe mediul fizic, intre echipamentele de calcul.

La acest nivel sunt definite:

- specificatiile mecanice si electrice ale interfetelor si ale mediilor de transmisie, precum si functiile pe care acestea le au.
- modalitatile de reprezentare a bitilor (tipul si proprietatile semnalelor, modalitati de codificare)
- ratele de transmisie (numarul de biti pe secunda; durata fiecarui bit)
- modalitatile de sincronizare a bitilor
- tipurile de topologii fizice utilizate (bus, star, mesh etc)
- modurile de transmisie (simplex, half-duplex, full duplex)



## Nivelul legatura de date

Abstractizeaza mediul fizic, definindu-l ca si un canal de comunicare fiabil, capabil sa transmita date fara erori.

Principalele responsabilitati ale acestui nivel sunt:

- controlul erorilor (detectia si corectia);
- controlul fluxului (pentru evitarea suprasaturarii receptorului);
- impartirea datelor in cadre (incapsularea si decapsularea);
- adresarea fizica a echipamentelor;
- controlul accesului la mediu.

## Nivelul retea

Este responsabil de transmisia datelor de la sursa la destinatie, indiferent de numarul de retele intermediare.

Principalele responsabilitati ale acestui nivel sunt:

- interconectarea retelelor (internetworking);
- rutarea datelor (identificarea caii optime catre destinatie/comutarea pachetelor de date);
- impartirea datelor in pachete (incapsularea si decapsularea);
- fragmentarea pachetelor de date;
- adresarea logica a echipamentelor de retea;
- asigurarea calitatii serviciului.

## Nivelul transport

Este responsabil de transmisia datelor intre procese (aplicatiile implicate in schimbul de mesaje, ce ruleaza pe sistemele de operare ale sursei si destinatiei).

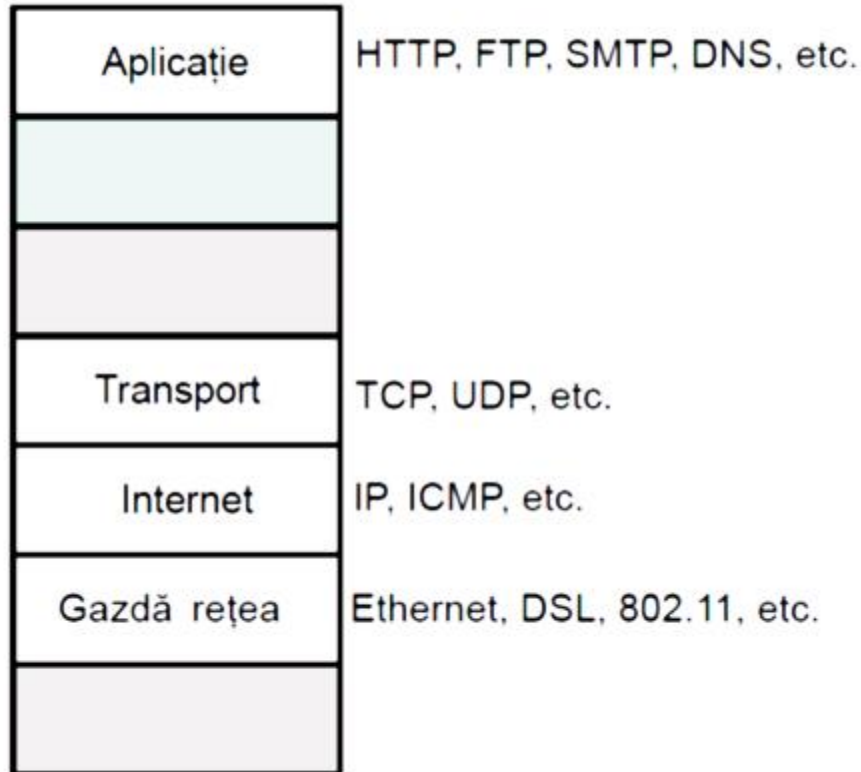
Principalele responsabilitati ale acestui nivel sunt:

- implementarea de servicii orientate/neorientate pentru nivelul aplicatie;
- controlul fluxului de date;
- controlul congestiei;
- adresarea proceselor (socket-urilor) ce comunica in retea;
- impartirea datelor in segmente/datagrame (incapsularea si decapsularea)

**Nivelul sesiune** – gestioneaza crearea si distrugerea de sesiuni de date.

**Nivelul prezentare** – defineste modul de formatare a datelor: encoding, codificare, etc.

**Nivelul aplicatie** – faciliteaza accesul utilizatorilor si al aplicatiilor la retea.



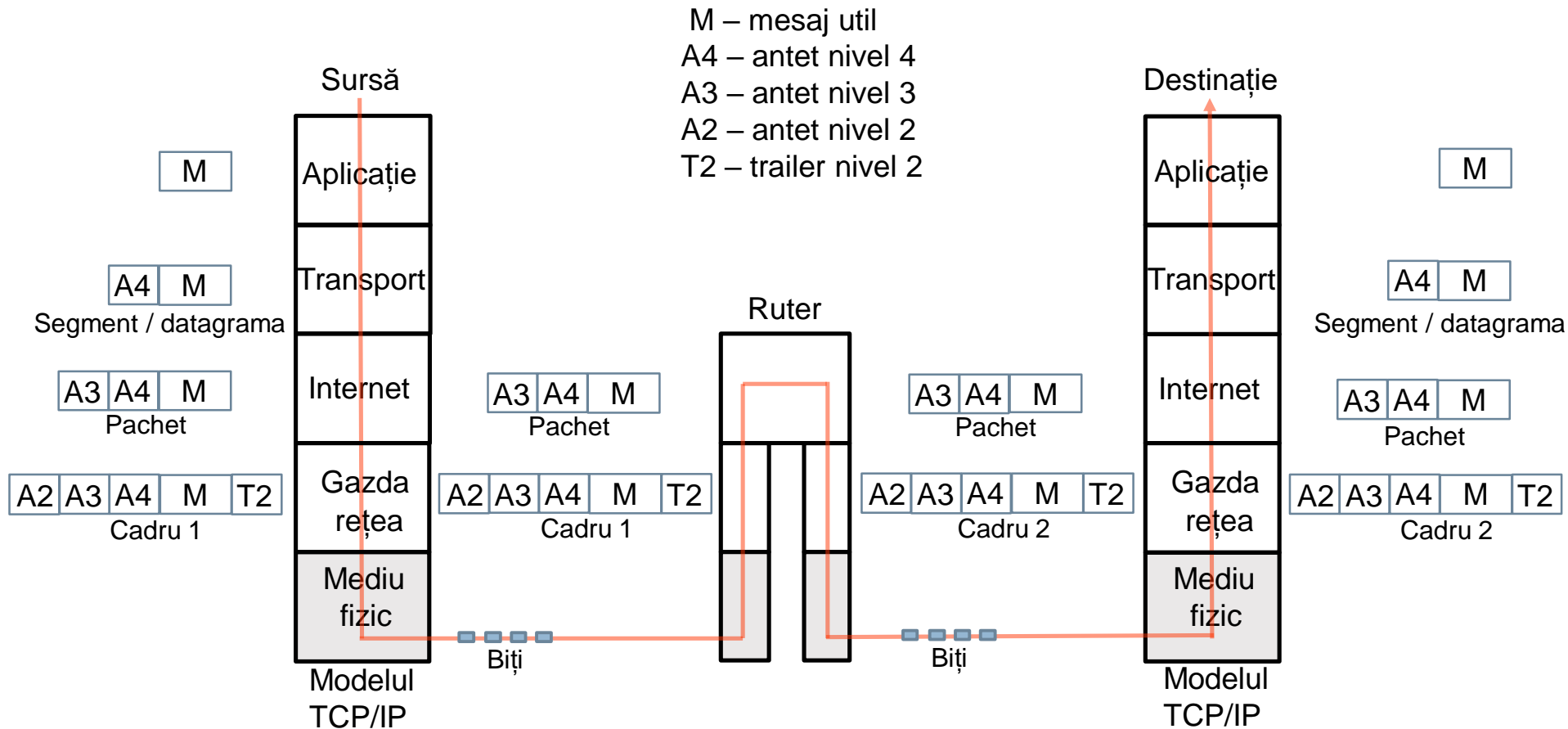
Modelul TCP/IP

## Modelul TCP/IP:

- model suport pentru internet;
- definit în urma dezvoltării protoalelor, în vederea documentării acestora.

# Incapsularea / decapsularea datelor

Un concept important, introdus o data cu impartirea pe niveluri a serviciilor de rețea, este cel de incapsulare / decapsulare date.



Echipamentul sursa realizeaza incapsularea datelor.

1. La nivelul aplicatie, protocolul specific imparte datele in mesaje, de diverse dimensiuni. Aceste mesaje se transmit la nivelul transport. Protocolul de nivel aplicatie s-ar putea sa introduca la randul sau un antet, dar nefiind obligatoriu il vom considera ca parte integranta din mesaj.
2. Nivelul transport preia mesajul de la nivelul aplicatie si il imparte in segmente sau datagrame (in functie de protocolul de nivel transport utilizat). Pe langa informatia utila din mesaj, segmentul/datagrama va contine un antet specific protocolului de nivel 4. Acest antet include, in anumite cazuri, pe langa adresele (porturi) ce definesc aplicatiile sursa si destinatie si informatii necesare controlului erorilor, fluxului, al congestiei etc. Segmentele/datagramele sunt transmise mai departe nivelului internet.
3. Nivelul internet adauga antetul propriu informatiei primita de la nivelul 4 si construiesc pachetul de date. Antetul contine adresa echipamentului sursa si a celui destinatie, precum si alte informatii legate de o posibila fragmentare, calitatea serviciului etc. Pachetul de date este transmis mai departe nivelului gazda la retea.
4. Nivelul gazda-retea preia pachetul de date si ii adauga un antet specific si posibil un trailer, rezultand cadrul de date. Antetul introdus va contine adresele fizice ale sursei si nodului urmator de retea prin care trece pachetul catre destinatie.

Echipamentul de tip ruter realizeaza ambele operatii, deoarece acesta este conectat la mai multe retele si retransmite mesajul primit dintr-o retea in alta.

1. In urma primirii multimii de biti ce formeaza cadrul de date, nivelul gazda-retea reface cadrul de date, interpreteaza antetul si trailerul si, in cazul in care cadrul i se adreseaza, il decapsuleaza si transmite pachetul inclus nivelului internet.

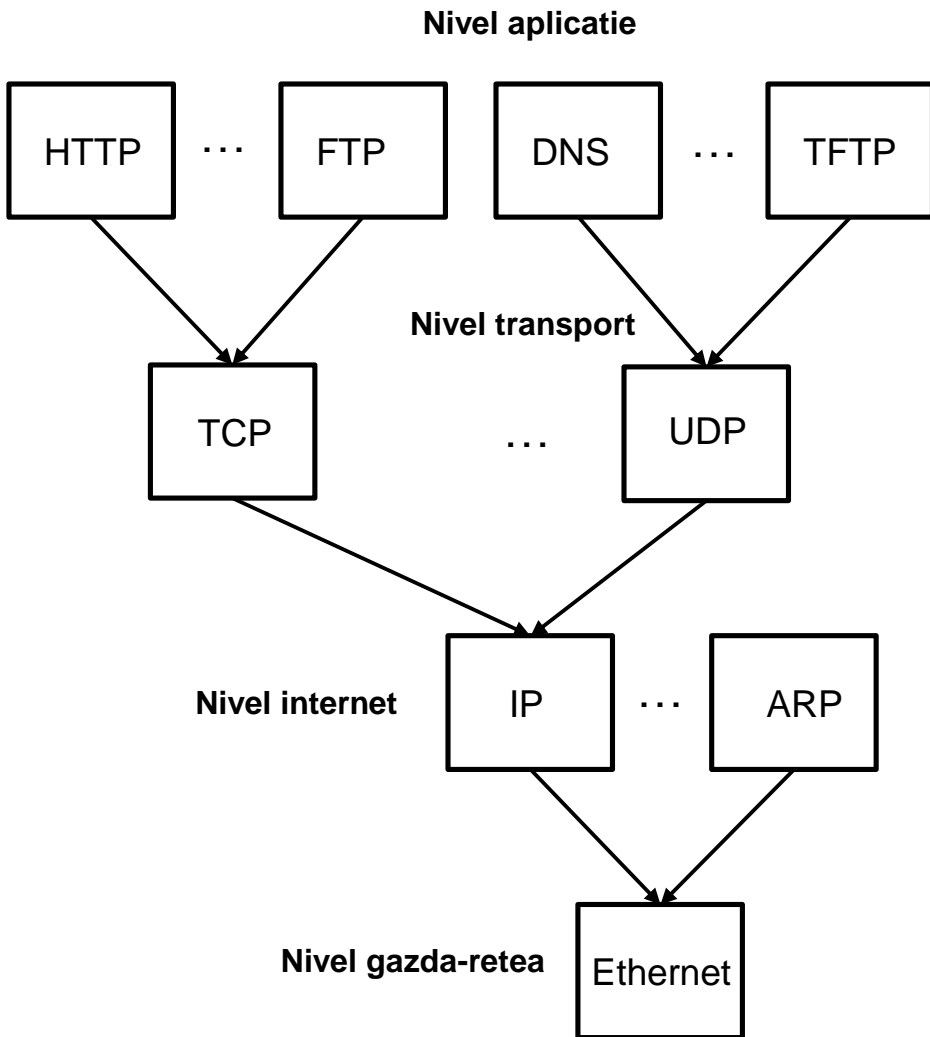
2. Nivelul internet verifica adresele logice sursa si destinatie din antetul pachetului si incearca sa identifice urmatorul nod de retea la care trebuie sa ii transmita pachetul in drumul sau catre destinatie si reteaua prin care trebuie sa il transmita pentru a ajunge la acel nod intermediar.

3. Nivelul gazda-retea reincapsuleaza pachetul intr-un cadru de date specific protocolului de nivel 2 utilizat pentru comunicarea cu nodul intermediar si transmite mesajul pe mediul fizic.

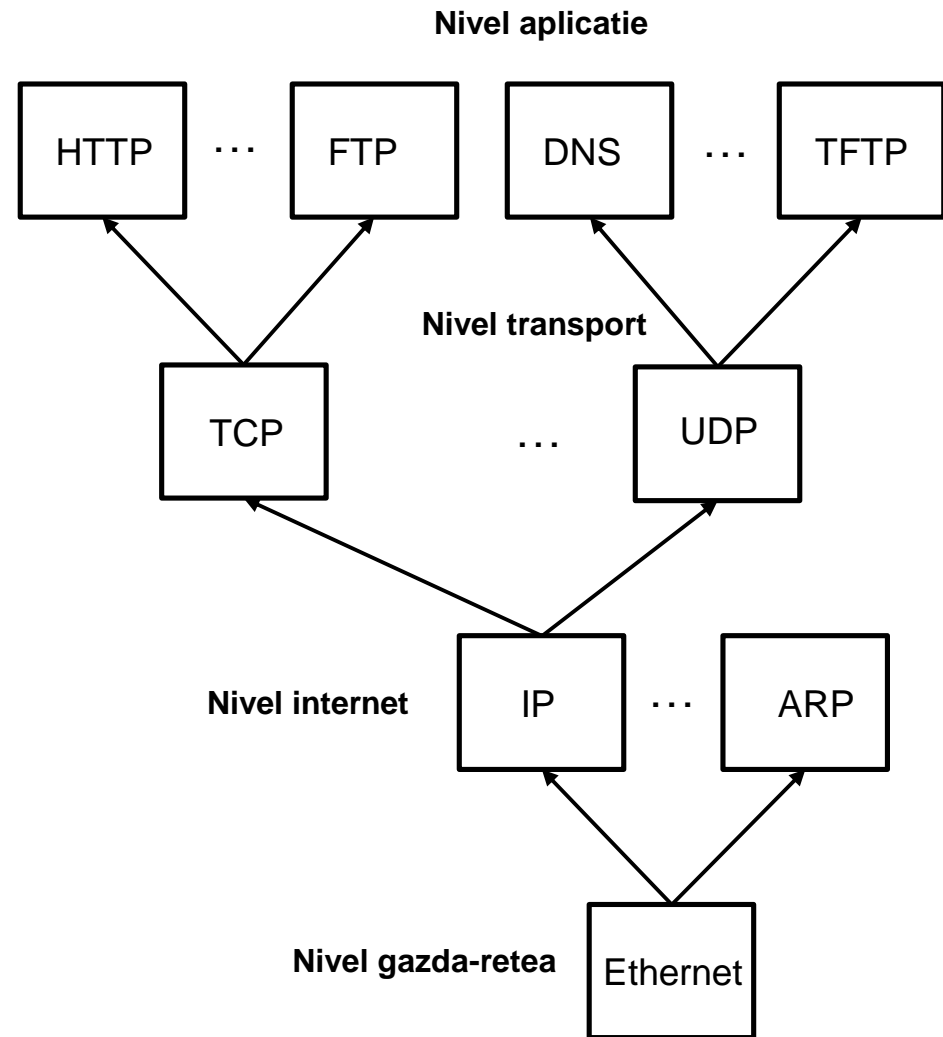
La destinatie, fiecare nivel inferior decapsuleaza informatia, transmitand-o mai departe nivelului superior.



# Multiplexarea / demultiplexarea protocoalelor



Multiplexarea protocoalelor la sursa



Demultiplexarea protocoalelor la destinatie

Cum modelul TCP/IP utilizeaza mai multe protocoale pe fiecare nivel, un protocol de pe un nivel poate la un moment dat incapsula date de la mai multe protocoale de pe nivelul ierarhic superior. Vorbim in aceasta situatie de o multiplexare a protocoalelor la sursa si o demultiplexare a lor la destinatie. Pentru a permite multiplexarea si demultiplexarea protocoalelor de pe nivelul ierarhic superior, un protocol are nevoie de un camp de date special in antetul sau care sa ii permita stabilirea protocolului caruia ii apartin datele incapsulate.

Principiul este valabil si in cazul altor modele de retea.