

Arhitecturi de retea

Lenuta Alboaie
adria@info.uaic.ro

Cuprins

- Retele de calculatoare – organizare
- Modele de arhitecturi de retea (OSI, TCP/IP)
- Modelul TCP/IP
- ISO/OSI versus TCP/IP

Retele de calculatoare – organizare

- Organizarea rețelelor de calculatoare – **stiva de nivele**
 - Functionalitate:
 - **Interfata**: asigura comunicarea intre doua nivele consecutive
 - **Serviciu**: furnizeaza functionalitatea unui nivel
 - Rezultat: reducerea complexitatii proiectarii
 - Principiul de comunicare: **ce transmite emitatorul la nivelul n este ceea ce se primeste la destinatar la nivelul n**
- **Protocol** – regulile si conventiile prin care se realizeaza comunicarea



Exemplu: legatura - nivele, protocoale si interfete

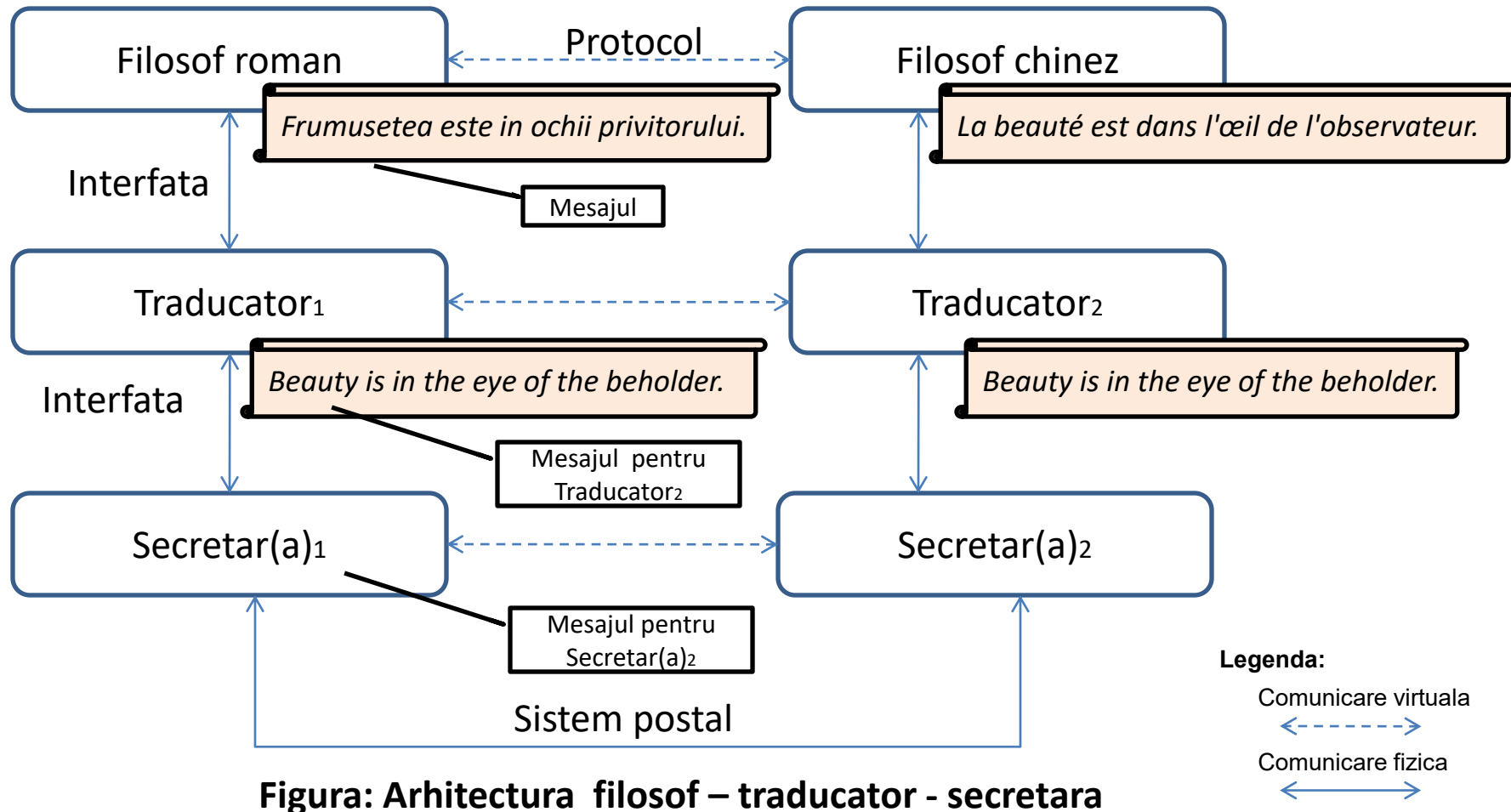
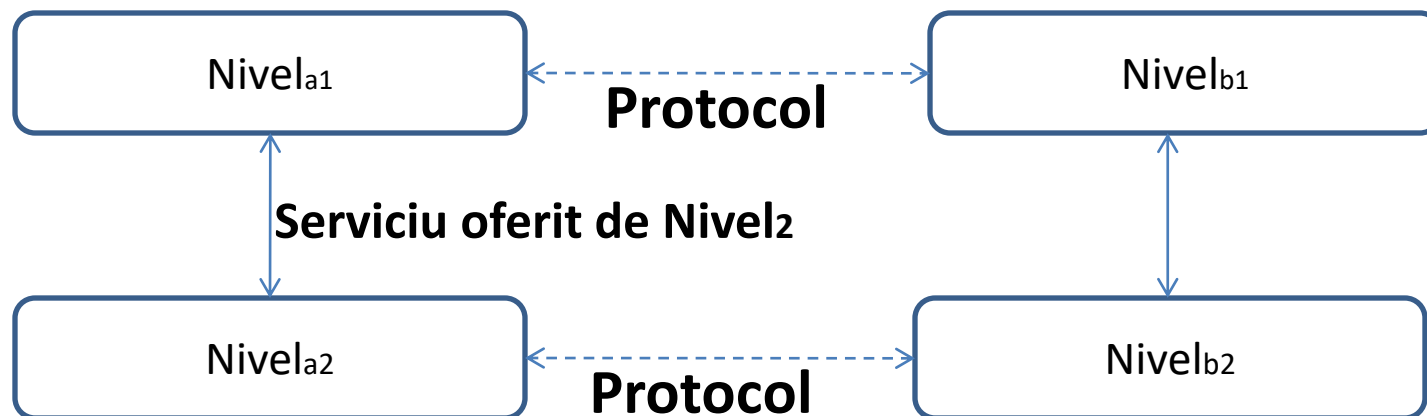


Figura: Arhitectura filosof – traducator - secretara

Aspecte privind proiectarea nivelurilor

- Specificarea serviciului este realizata printr-un set de primitive (operatii) puse la dispozitia celui ce foloseste serviciul
- **Serviciu \neq Protocol**



Aspecte privind proiectarea nivelurilor

- Tipuri de servicii
 - **Orientat-conexiune** (eng. *connection-oriented*)
 - Comunicarea necesita stabilirea unei conexiuni
 - Similar serviciului telefonic
 - **Fara conexiune** (eng. *connectionless*)
 - Comunicarea nu necesita stabilirea unei conexiuni
 - Similar serviciului postal

Aspecte privind proiectarea nivelurilor

- **Arhitectura de retea:** multimea de nivele si de protocoale
 - Specificatia unei arhitecturi trebuie sa ofere suficiente informatii pentru ca programele sau echipamentele destinate unui nivel sa indeplineasca protocoalele corespunzatoare
- **Stiva de protocoale:** lista de protocoale (de pe toate nivelele) utilizate de catre un anumit sistem



Aspecte privind proiectarea nivelurilor

- Fiecare nivel trebuie sa realizeze indentificarea emitorilor & receptorilor printr-un *mecanism de adresare*
- Identificarea regulilor de transfer a datelor
 - comunicare simplex
 - Exemplu: TV
 - comunicare half-duplex
 - Exemplu: "walkie-talkie"
 - comunicare full-duplex
 - Exemplu: telefon

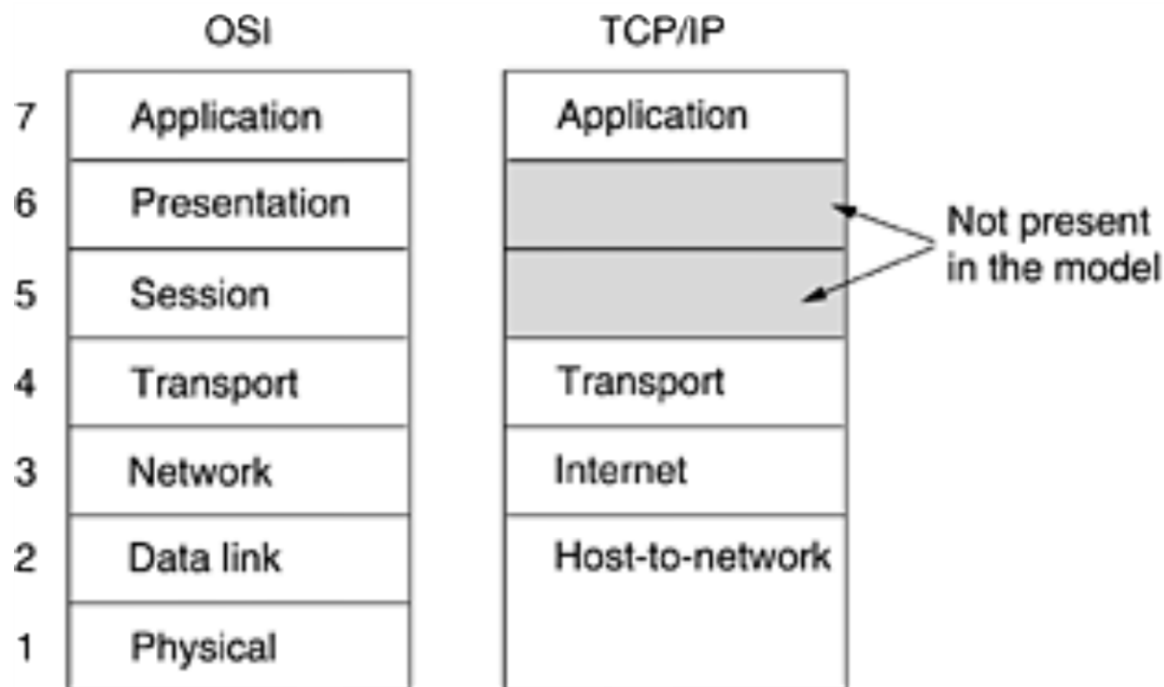


Aspecte privind proiectarea nivelurilor

- In general canalele de comunicatie nu pastreaza ordinea mesajelor trimise => necesitatea unui protocol ce furnizeaza un mecanism de reconstituire a ordinii corecte a mesajelor
- Exista situatii in care receptorul nu poate face managementul mesajelor de lungime variabila => trebuie sa existe un mecanism de impartire/asamblare a mesajelor
- Costuri mari in alocarea de conexiuni separate? => multiplexarea – utilizarea aceleiasi conexiuni pentru conversatii independente
- In general exista mai multe cai intre sursa si destinatie => mecanism de rutare
- Circuitele fizice de comunicatii nu sunt perfecte => necesitatea unui mecanism de control al erorilor

Modele de referinta pentru arhitecturi de retea

- **ISO/OSI** (*International Standard Organization/ Open System Interconnection*)
- **TCP/IP** (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*)



[conform Computer Networks, 2010 – Andrew S. Tanenbaum, et.al.]

Arhitectura de retea - Echipamente

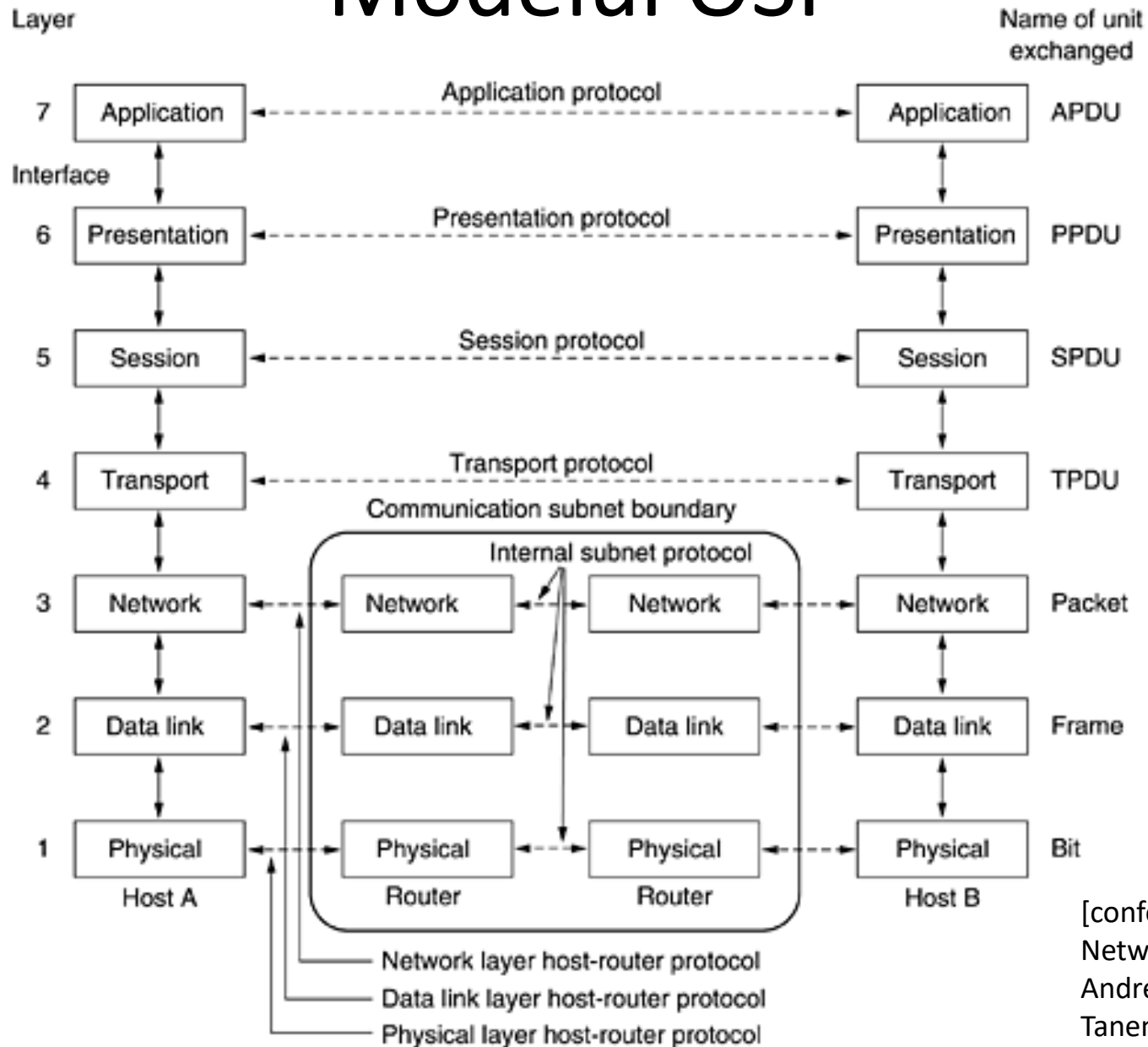
Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub

Figura: Dispozitive si nivelele corespunzatoare

Modelul OSI- motivatie

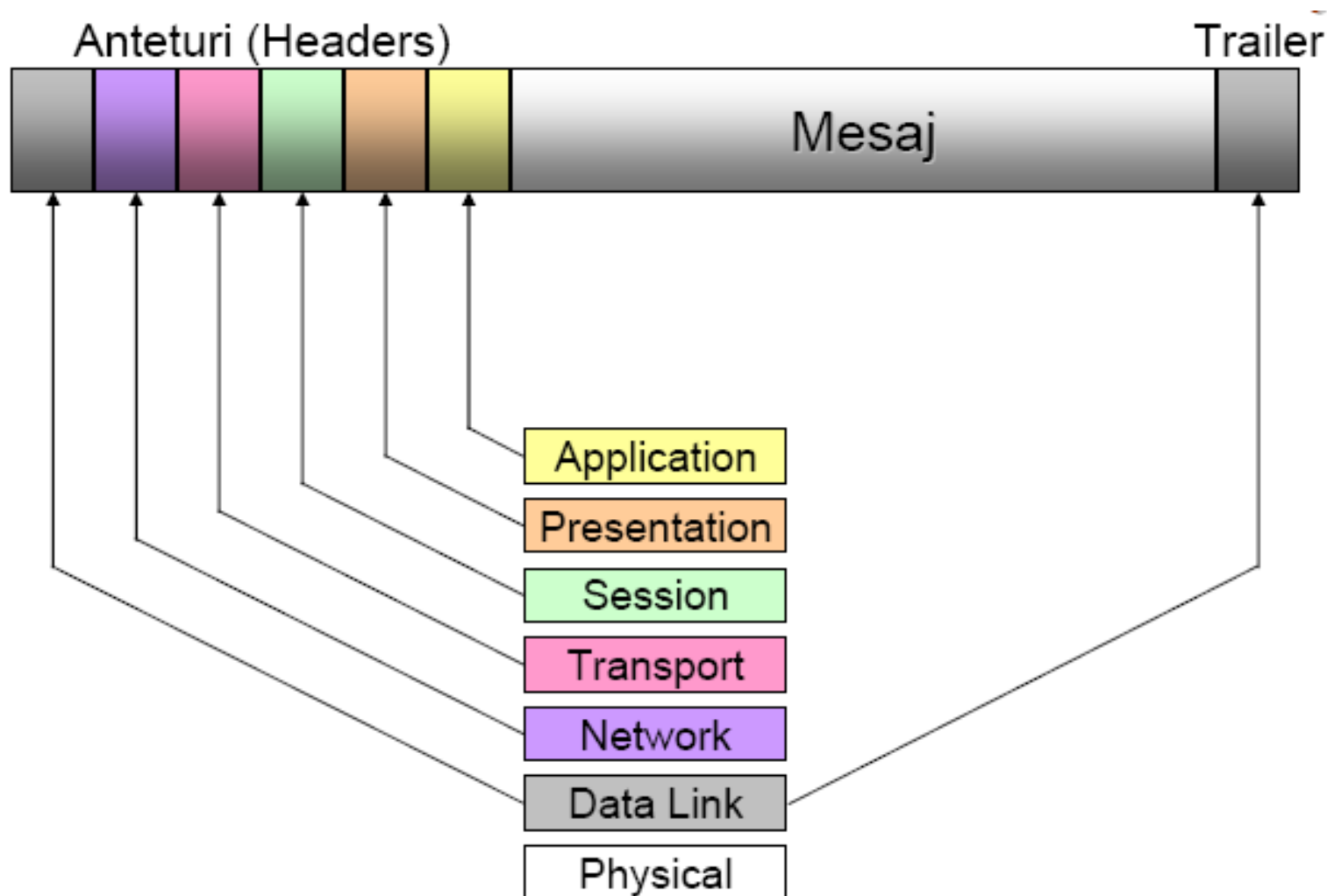
- Necesitatea unui nivel de abstractizare diferit => crearea unui nou nivel
 - Obs. Numarul de niveluri trebuie sa fie optim a.i. acelasi nivel sa aiba functii diferite, dar arhitectura sa fie functionala
- Un nivel are un rol bine definit; functia nivelului trebuie aleasa acordindu-se atentie definirii de protocoale standardizate pe plan international
- Minimizarea fluxului de informatii intre nivele este realizata printr-o buna delimitare a nivelelor
 - => nivelele pot fi modificate si implementate in mod independent
- Fiecare nivel ofera un serviciu nivelului superior (folosind servicii de pe nivelurile anterioare)
- Nivelurile “*peer*” al sistemelor diferite comunica via un protocol

Modelul OSI



[conform Computer Networks, 2010 – Andrew S. Tanenbaum, et.al.]

Modelul OSI – structura unui mesaj



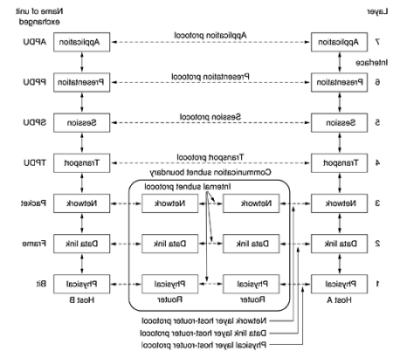
[Rețele de calculatoare – curs 2007-2008, Sabin Buraga]

Modelul OSI – structura

- Nivelul Fizic
- Nivelul Legaturii de Date
- Nivelul Retea
- Nivelul Transport
- Nivelul Sesiune
- Nivelul Prezentare
- Nivelul Aplicatie

Modelul OSI

- **Nivelul Fizic:** mediu de transmisie a datelor
 - Rol: asigura faptul ca secventa de biti transmisa de la emitator ajunge la receptor
 - Medii de transmisie:
 - Cu fir (cablu torsadat, cablu coaxial, fibre optice)
 - Fara fir (spectru electromagnetic - radio, microunde, infrarosii,...) → curs viitor



Modelul OSI

- **Nivelul Fizic:**

Transmiterea datelor:

- Analogic (valori continue)
 - Exemplu: vechi sisteme telefonice
- Digital (valori discrete)
 - Exemplu: computerele, ...

Conversia datelor din format analogic în format digital si invers

- Modem: date în format digital sunt transmise în format analogic
- Codec (coder/decoder): date în format analogic sunt transmise în format digital

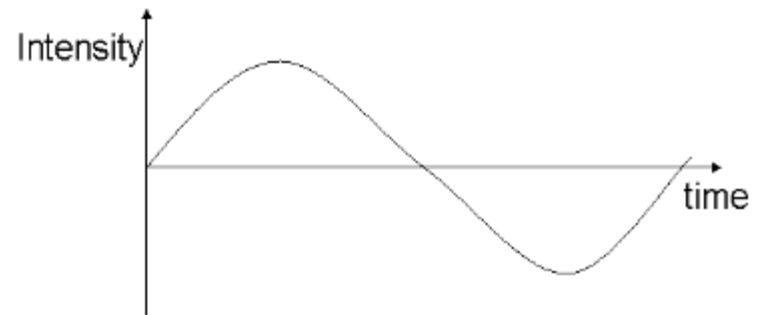


Figura. Semnal Analogic

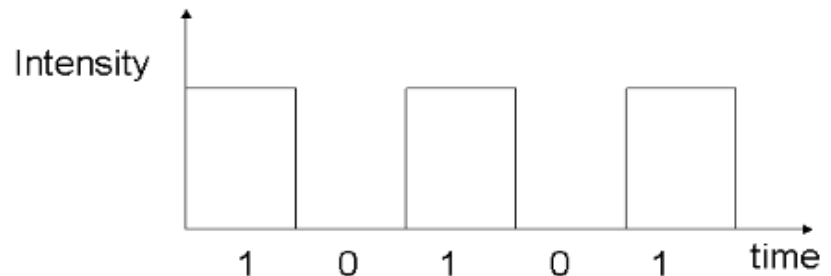


Figura. Semnal Digital

Modelul OSI

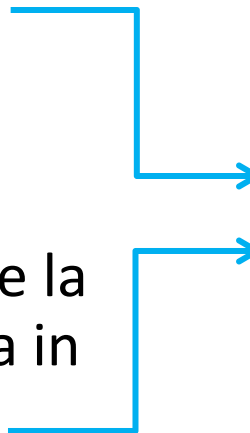
- **Nivelul Fizic - aspecte:**

- **Largimea de banda (*Bandwidth*)**: numarul de biti care pot fi transmisi pe retea intr-o anumita perioada de timp (viteza transfer de date)

- Se exprima de obicei in *bits/secunda*

- **Latenta**: reprezinta intervalul de timp maxim necesar unui bit de a se propaga de la o extremitate la alta a retelei si se exprima in unitati de timp

- **RTT(*Round Trip Time*)** - Timpul necesar unui bit să traverseze de la un capăt la altul, și înapoi mediul



Parametrii fundamentali de asigurare a performantei retelei

Modelul OSI

- **Nivelul Fizic – Aspecte**

Modificari suferite de semnale in timpul propagarii in mediile de transmisie:

- **Atenuarea:** pierderea de energie în timpul propagării semnalului printr-un mediu de transmisie
- **Zgomotul:** modificarea semnalului cauzata de factori externi (e.g. fulgere, alte echipamente electronice etc)
 - Diafonia = zgomot provenit din semnal transmis de mediul de transmisie vecin
- **Distorsiune** (engl. *Distortion*)- este o modificare determinista a semnalului receptionat fata de cel emis



Modelul OSI

- **Nivelul Fizic – Concluzii**

Ofera servicii de transport, asupra carora putem indentifica o serie de probleme posibile

- Datele pot fi alterate/distruse din cauza zgomotului
- Daca destinatia nu poate prelucra datele in ritmul celor emise, o parte se vor pierde
- Daca un acelasi mediu de transmisie este utilizat de mai multe emitatoare, exista riscul ca pachetele trimise sa se altereze reciproc
- Este mai putin costisitoare construirea de legaturi logice care sa partajeze aceeaasi legatura fizica, decat crearea de legaturi fizice independente



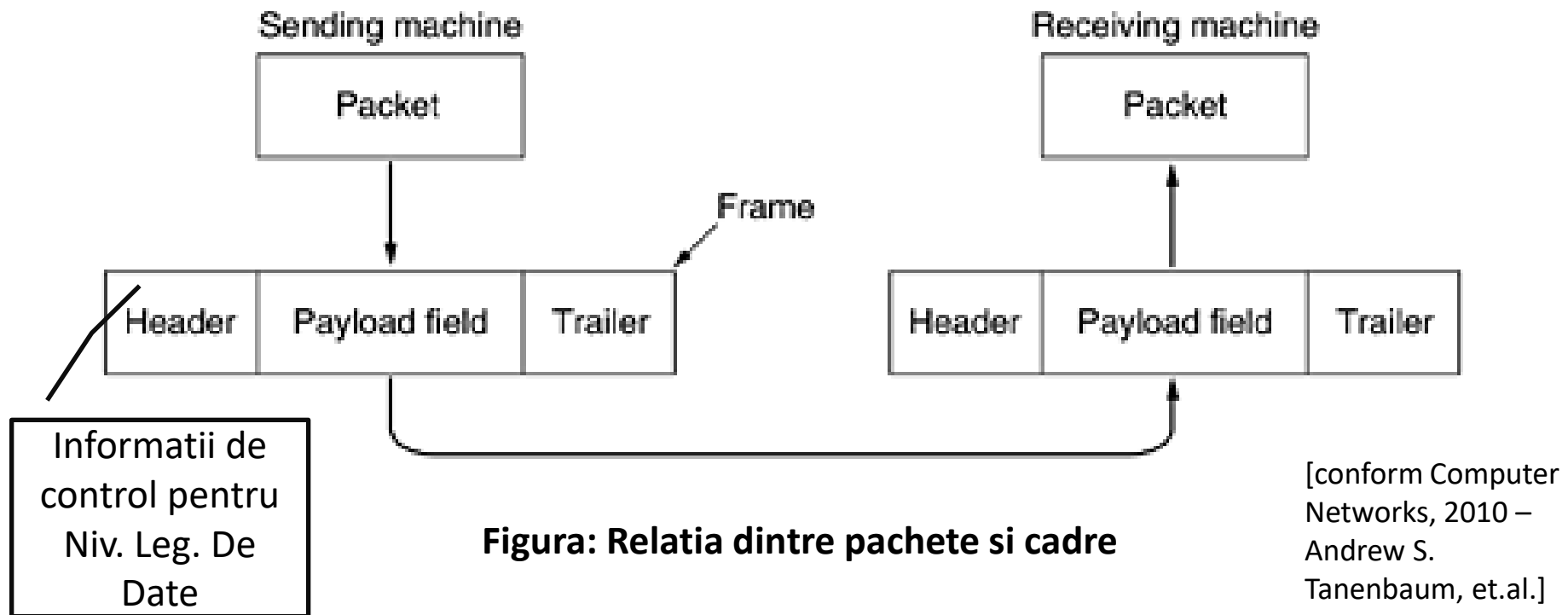
Un nou nivel?

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**
 - Oferă
 - mecanisme de detectie si corectare a erorilor
 - mecanisme de reglementare a fluxului de date
 - mecanism de control al accesului la mediu
 - servicii nivelului retea, unitatea de date fiind cadrul (engl. *frame*)

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**
 - Datele se incapsuleaza in cadre (*frame-uri*)
 - Analogie: *frame*=plic digital



Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**

- Ofera servicii nivelului retea

- Servicii neconfirmate fara conexiune
 - » Emitatorul transmite cadre independente catre destinatar fara sa astepte confirmare
 - » Un cadru pierdut nu este recuperat
 - Servicii confirmate fara conexiune
 - » Se realizeaza confirmarea cadrelor trimise
 - » Transmiterea cadrelor nu se face in ordine
 - Servicii confirmate orientate-conexiune
 - » Inainte de transmiterea datelor se stabileste o conexiune
 - » Cadrele sunt numerotate pentru a se pastra ordinea

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**

- Divizat in doua subniveluri:

- **Controlul logic al legaturii – LLC** (Logical Link Control)

- Rol: Oferă nivelelor superioare o vedere independentă de mediul de comunicare

- **Controlul accesului la mediu – MAC** (Medium Access Control)

- Rol: Folosit pentru a determina cine urmează să transmită într-un canal multi-acces (engl. *multiaccess channel*)

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**
- **Controlul accesului la mediu – MAC** (Medium Access Control)
 - Contextul problemei: acelasi mediu fizic e folosit de mai multi emittori (identificati unic printr-o adresa fizica sau adresa MAC) care activeaza simultan, de exemplu:
 - transmisie semi-duplex, intre entitati care utilizeaza acelasi mediu fizic pentru ambele sensuri
 - comunicatia prin unde radio, cand exista statii care emit pe aceeasi lungime de unda (Wireless Ethernet – IEEE 802.11, Bluetooth, etc).

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**
- **Controlul accesului la mediu – MAC (Media Access Control)**
 - Strategii:
 - Alocare statica
 - » FDM (Frequency Division Multiplexing)
 - » TDM (Time Division Multiplexing)
 - Acceptarea posibilitatii coliziunilor si retransmiterea pachetelor afectate de coliziuni – alocare dinamica

Coliziune=transmiterea simultana a datelor

Mecanism general: o statie ce are date de transmis, le transmite imediat; in caz de coliziune va face retransmitere pana la transmitere cu succes

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**

Controlul accesului la mediu – **protocoale:**

- **ALOHA**

- Pure ALOHA : “transmite oricind doresti”
- Slotted ALOHA

- **CSMA (Carrier Sense - Multiple Access):** protocol cu detectia transmisiei (“canal liber inainte de a transmite?”)

- *1-persistent CSMA*
- ...
- *p-persistent CSMA*

Modelul OSI

- **Nivelul legatura de date:**
 - Controlul accesului la mediu – **protocoale:**
 - **CSMA** (Carrier Sense - Multiple Access)
 - CSMA/CD (*CSMA with Collision Detection*)
 - » “canalul e liber in timp ce transmiti?”
 - » baza pentru Ethernet LAN (IEEE 802.3)
 - **MACA (Multiple Access with Collision Avoidance)**
 - Baza pentru rețelele wireless (IEEE 802.11)
 - **MACAW**
 - Imbunatateste MACA

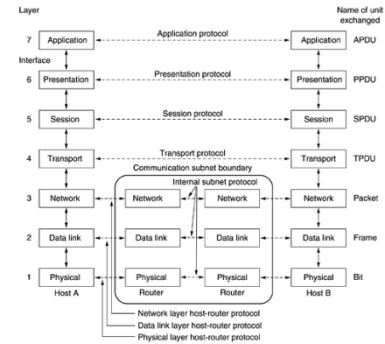
Standard IEEE	Descriere
802	Grupul de standarde pentru rețele LAN și MAN
802.2	LLC (Logical Link Control)
802.3	Ethernet (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect (CSMA/CD))
802.3u	Fast Ethernet
802.3z	Gigabit Ethernet
802.11 a/b/g/n/ac	Rețele fără fir – wireless (WLAN)
802.15	Wireless PAN (802.15.1 Bluetooth, ...)
802.16	Rețele wireless WAN

Accesul la mediu – Exemplu de Standarde

Modelul OSI

- Nivelul legatura de date - echipamente
 - **punti (engl. *bridges*)**
 - Retransmit frame-urile dintre doua retele (LAN)
 - Nu modifica continutul frame-urilor si pot schimba doar antetele acestora
 - Imbunatatesc siguranta transiterii si performanta
 - Pot oferi controlul fluxului si congestiei datelor
 - Retransmiterea datelor se realizeaza via rute statice sau folosind un arbore de acoperire
 - STP (IEEE 802.1D) – Spanning Tree Protocol
 - Alte echipamente? (Curs 1)

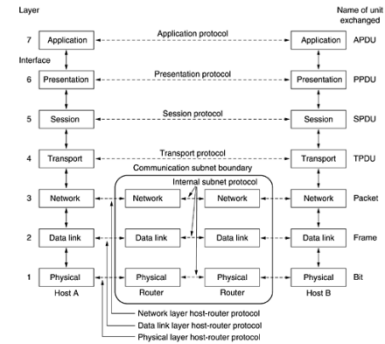
Modelul OSI



- Nivelul rețea:

- Preia pachetele de la sursă și le transferă către destinație
- Oferă servicii nivelului transport
 - ce fel de servicii?
 - Comunitatea Internet propune:
 - » servicii neorientate conexiune: SEND PACKET, RECEIVE PACKET
 - » Pachetele (numite **datagrama**) sunt independente și sunt dirijate în mod individual
 - » Serviciile de tip datagrama sunt similare sistemului de poștă (obsinuita)

Modelul OSI



- Nivelul rețea:

- Preia pachetele de la sursă și le transferă către destinație
- Oferă servicii nivelului transport
 - ce fel de servicii?
 - Companiile telefonice propun:
 - » Servicii orientate conexiune, sigure
 - » Înainte de transfer se inițiază o negociere pentru stabilirea unei conexiuni (**VC-virtual circuit**)
 - » Serviciile de acest tip sunt similare sistemului telefonic

Modelul OSI

- Nivelul retea:

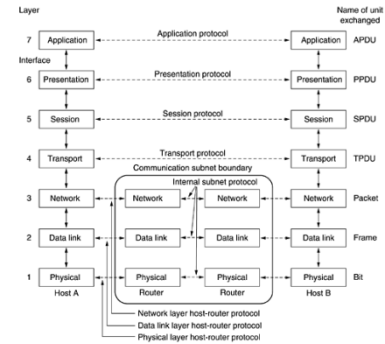
- Protocoale folosite

- X.25 (orientat conexiune)
 - IP

- Probleme

- Conversii de protocol si adrese
 - Controlul erorilor (flux, congestie)
 - Divizarea si recompunerea pachetelor
 - Securitatea – criptare, *firewall*

Modelul OSI



- **Nivelul transport:** ofera siguranta si cost-eficient in transportul datelor de la masina sursa la masina destinatie, independent de retea fizica sau retelele in prezent in uz
 - **Servicii:** ofera servicii orientate-conexiune si fara conexiune



Diferente intre nivelul transport si nivelul retea?

Modelul OSI

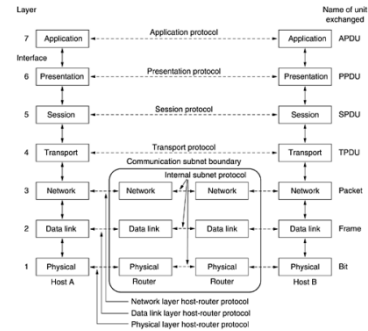
- **Nivelul transport:**

- **Primitive:**

- LISTEN – se blocheaza pina cind un proces incearca sa se conecteze
 - CONNECT – incearca sa stabileasca o conexiune
 - SEND – trimite date
 - RECEIVE – se blocheaza pina se primesc datele
 - DISCONNECT – eliberarea conexiunii

- **Performanta** – calitatea serviciilor (QoS – Quality of Service): stabilirea/eliberarea conexiunii, rata de eroare, protectia, prioritatea, rezilienta (probabilitatea ca o conexiune sa se inchida din ratiuni interne), duplicarea pachetelor, controlul fluxului

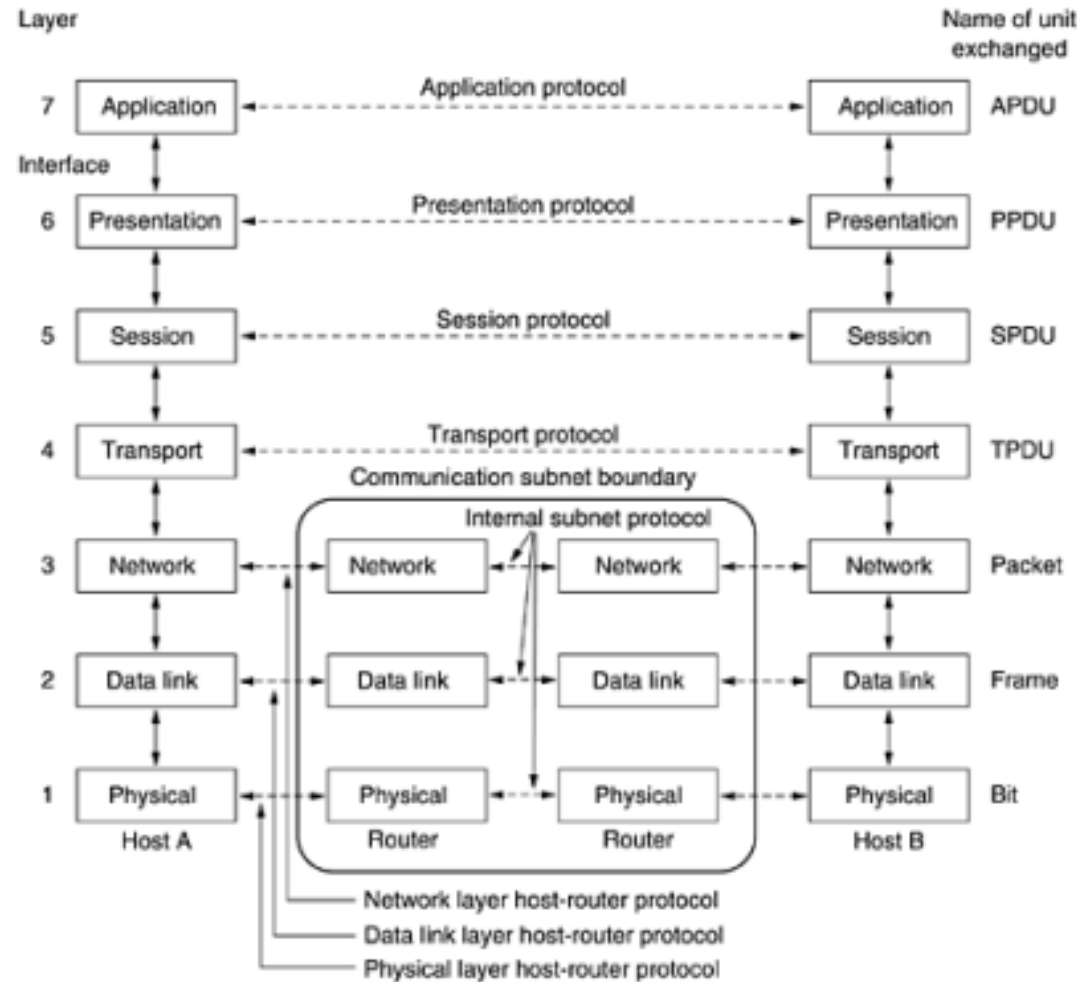
Modelul OSI



- **Nivelul sesiune:** se refera la probleme de stabilire de sesiuni (servicii de control al dialogului, de sincronizare etc.)
- **Nivelul prezentare:** se ocupa de prezentarea datelor, codificindu-le intr-un format standard
 - Pentru a se asigura comunicarea intre calculatoare cu reprezentari diferite, nivelul prezentare asigura conversia reprezentarilor interne a structurilor de date in reprezentare standardizata din retea si invers

Modelul OSI

- **Nivelul aplicatie:** gestioneaza servicii ale retelei: terminal virtual abstract, transfer de fisiere, posta electronica, executia la distanta a aplicatiilor,...



Modelul TCP/IP

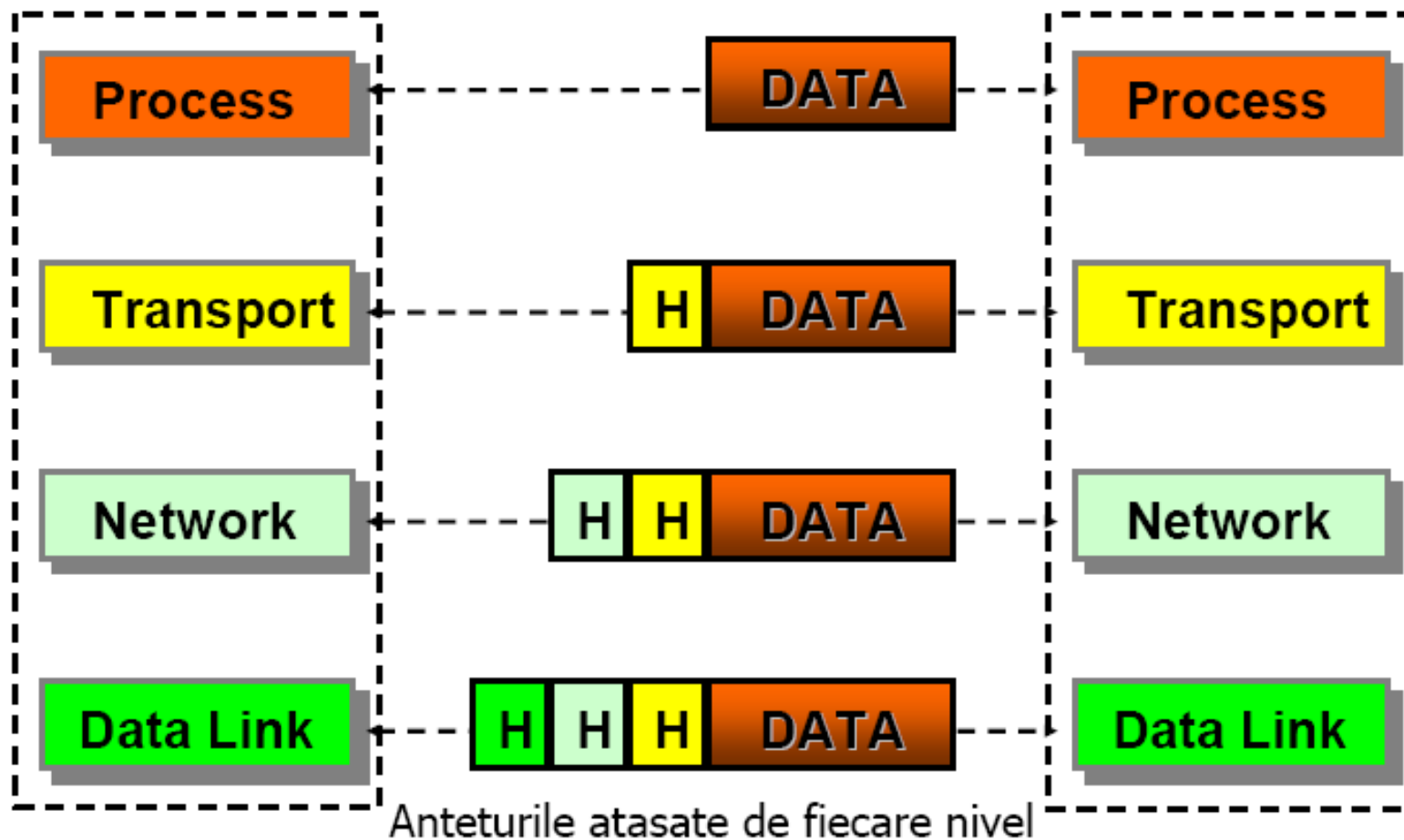
- **Termeni:**
 - **sistem terminal** (eng. *end-system*) – gazda (eng. *host*)
 - **retea** (eng. *network*) - ofera suportul pentru transferul de date intre sisteme terminale
 - **internet** - colectie de retele (interconectate)
 - **subretea** (eng. *subnetwork*) - componenta din internet
 - **sistem intermediar** (eng. *intermediate system*) - conecteaza doua subretele

Modelele de referinta: OSI si TCP/IP

TCP/IP Model	TCP/IP - Protocols	OSI Model
Application	FTP, Telnet, HTTP,...	Application
		Presentation
Transport	TCP, UDP, ...	Session
		Transport
Internetwork	IP, ...	Network
Host to Network	Ethernet, ...	Datalink
		Physical

Figura: Imaginea generala a modelelor OSI si TCP/IP

Modelul TCP/IP



Modelul TCP/IP

- Oferă posibilitatea de a interconecta mai multe tipuri de rețele
- Are ca axa nivelurile rețea și transport
- Implementat cu succes peste Ethernet (IEEE 802.3) – suportat de multe implementări ale nivelului fizic (cablu coaxial, *twisted pair*, fibră optică)

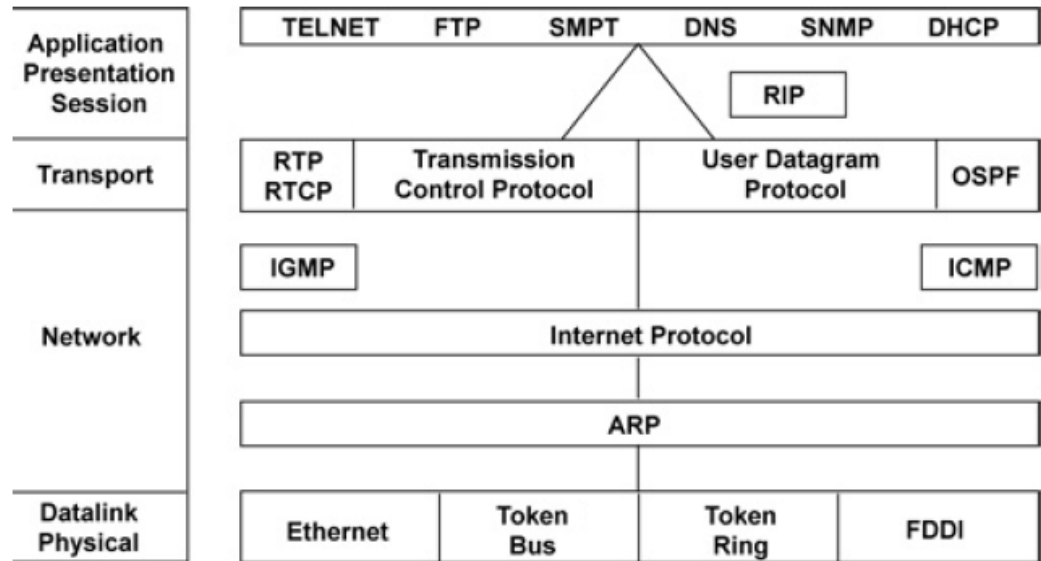


Figura. Modelul TCP/IP - protocoale

Modelul TCP/IP

- Nivelul “fizic”

- Asigura conectarea *host*-ului la retea

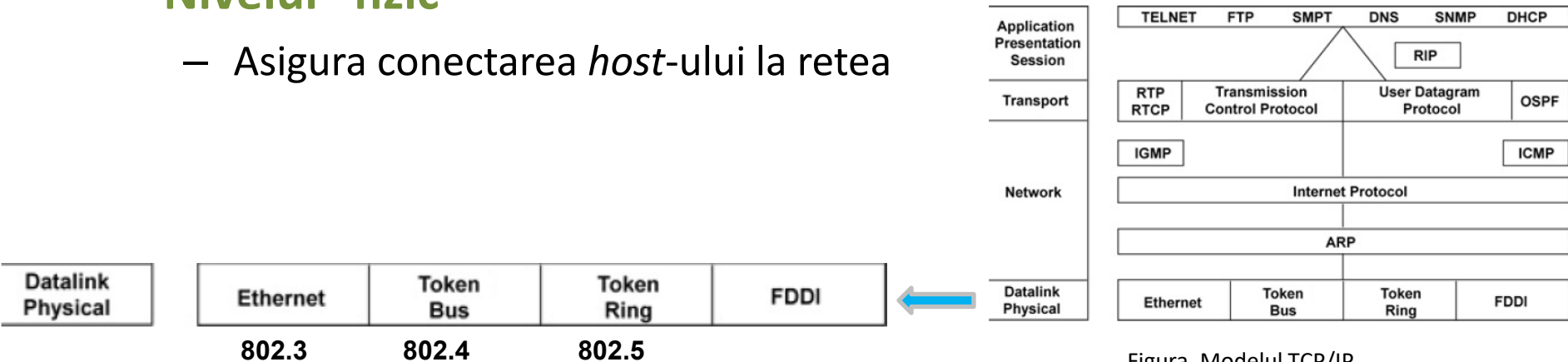


Figura. Modelul TCP/IP

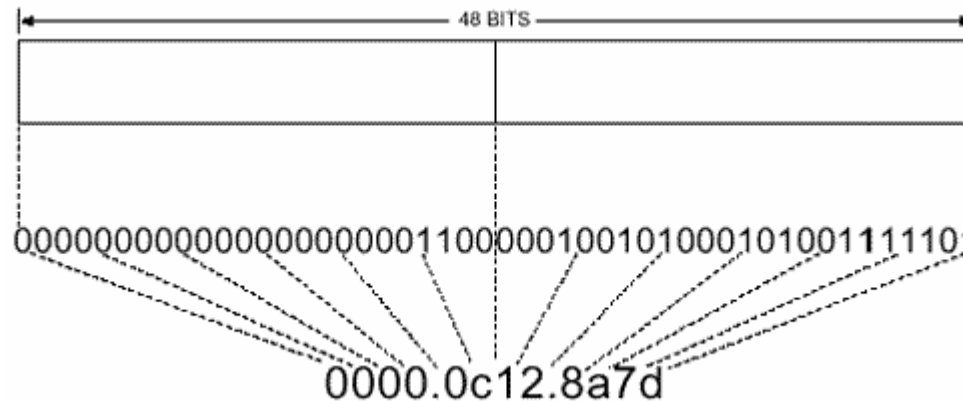
Ethernet

- Oferă acces multiplu (mediu partajat de transmisie) într-o rețea cu difuzare
- Detectia coliziunilor: CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
- Fiecare interfață Ethernet are o adresă unică de 48 biți: *adresă hardware* (MAC) – e.g. C0:B3:44:17:21:17
 - Adresele sunt asignate producătorilor de plăci de rețea (NIC – Network Interface Card) de o autoritate centrală

Modelul TCP/IP

Ethernet

- Fiecare interfata(placa) de retea are o adresa MAC unica (unele sisteme de operare permit sa fie modificata prin soft)



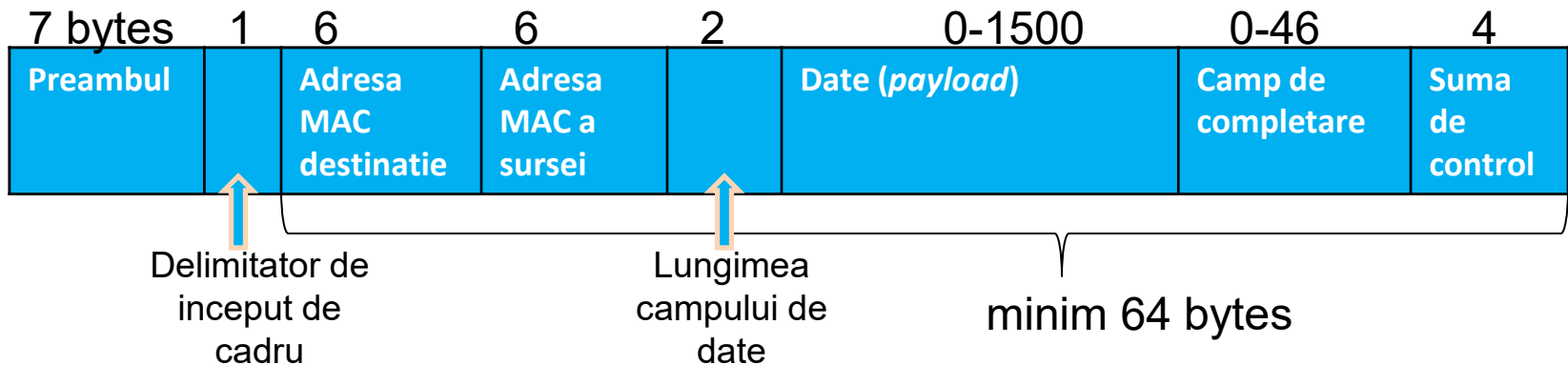
- Primii 24 de biti identifica producatorul

[conform Retele de calculatoare –
curs 2007-2008, Sabin Buraga]

Modelul TCP/IP

Ethernet

- Forma unui cadru (*frame*) de date:



- Broadcast: adresa are toti bitii setati pe 1
- Fiecare interfata de retea inspecteaza pentru orice cadru adresa de destinatie
- Daca adresa destinatie nu se potriveste cu adresa hardware sau cea de broadcast, atunci cadrul este ignorat

Modelul TCP/IP

Ethernet – standarde (exemple):

- 10 BASE5: 10 Mbps folosind cablu coaxial gros (Thick Ethernet)-1980
- 1BASE5: 1 Mbps folosind 2 cabluri UTP (Unshielded Twisted Pair)
- 10BASE-T: 10Mbps folosind 2 perechi UTP – 1990
- 10BASE-FL: 10 Mbps fibra optica cu legatura point-to-point
- 10BASE-FB: 10Mbps backbone cu fibra optica (intre repetoare)
- 100BASE – FX: 100MBps CSMA/CD cu 2 fibre optice, full duplex
- ... etc

Modelul TCP/IP

Ethernet versus Fast Ethernet

	Ethernet	Fast Ethernet
Viteza	10 Mbiti/s	100 Mbiti/s
Protocolul MAC	CSMA/CD	CSMA/CD
Diametrul rețelei	2.5 km	205 m
Topologie	Magistrala, stea	Stea
Tip cablu	Coax, UTP, fibra	UTP, fibra
Standard	802.3	802.3u
Cost	c	2*c

[conform Retele de calculatoare –
curs 2007-2008, Sabin Buraga]

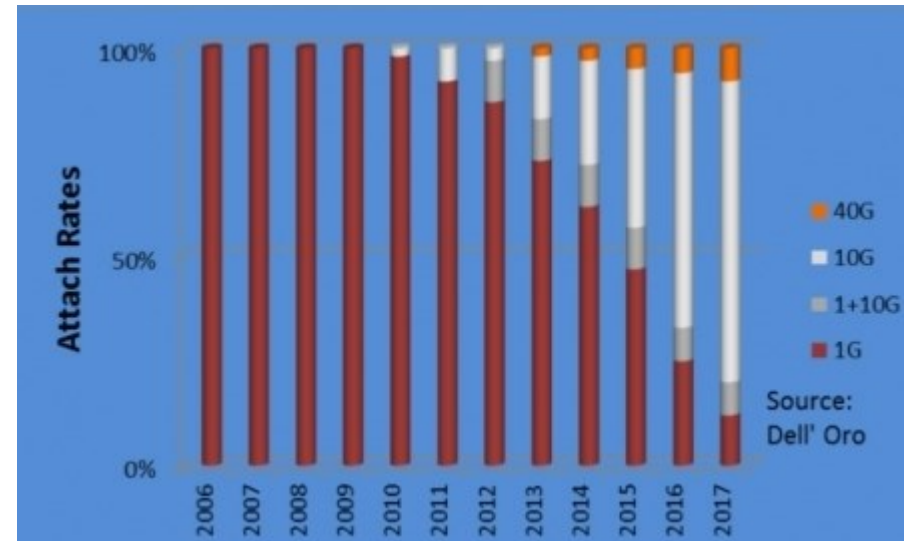
Modelul TCP/IP

- **Gigabit Ethernet**

- Implementari atat pentru cabluri de cupru (802.3ab), cat si pentru fibra optica (802.3z)
- Diferenta fata de alte implementari Ethernet este la nivel fizic

- **10 Gigabit Ethernet**

- Implementari doar pentru fibra optica (802.3ae)
- Opereaza la distante de 40km (util pentru MAN si WAN)
- Formatul cadrelor este similar celui de la celelalte implementari Ethernet

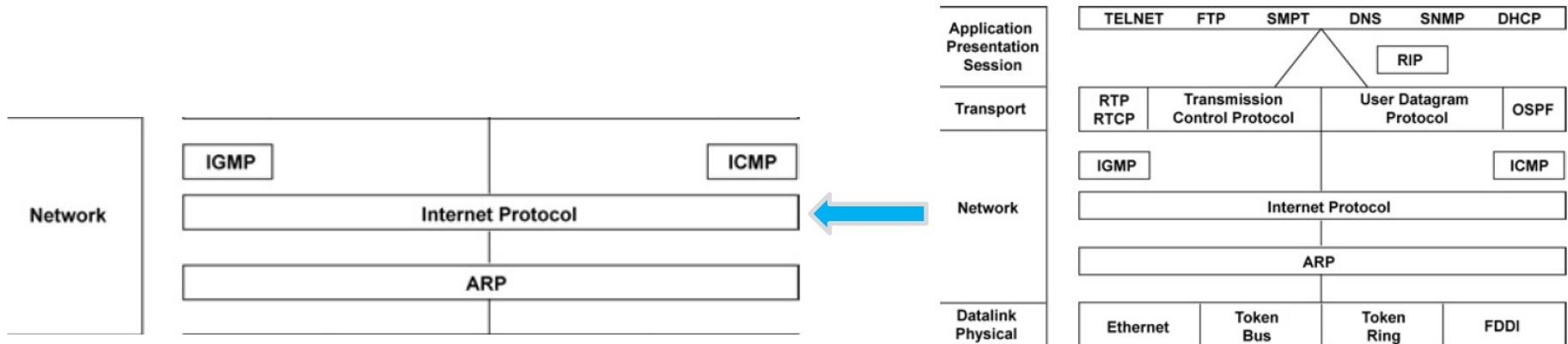


[<http://www.networkcomputing.com/networking/will-2014-be-the-year-of-10-gigabit-ethernet/a/d-id/1234640?>]

Modelul TCP/IP

- **Nivelul retea**

- Permite gazdelor sa emita pachete in orice retea; pachetele circula independent pina la destinatie



- Aspecte principale:
 - Dirijarea pachetelor
 - Evitarea congestiei

Modelul TCP/IP

- **Nivelul retea**

- Proiectarea nivelului a urmarit atingerea urmatoarelor obiective:
 - Serviciile oferite sunt independente de tehnologia utilizata (e.g. routere)
 - Asigura nivelului transport servicii, care ii permit acestuia sa functioneze in mod independent de numarul, tipul si topologia retelei
 - Furnizeaza un mecanism de adresare unic in LAN-uri si WAN-uri

Modelul TCP/IP

- Nivelul retea

- IPv4
- IPv6
- Dirijare (*routing*):
 - OSPF(*Open Shortest Path First*) – RFC 1131
 - BGP(*Border Gateway Protocol*) – RFC 1105
- Multicast:
 - IGMP (*Internet Group Management Protocol*) – RFC 1112, 1054
- Control:
 - ICMP (*Internet Control Messages Protocol*) - RFC 792,777
 - SNMP (*Simple Network Management Protocol*) – RFC 1157
 - ICMPv6 (vezi curs viitor)

Modelul TCP/IP

- **Nivelul transport**

- Asigura realizarea comunicarii intre gazda sursa si gazda destinatie
- Protocoale
 - **TCP** (*Transmission Control Protocol*) - RFC 793,761
 - **UDP** (*User Datagram Protocol*) – RFC 768
 - **Alte protocoale: SCTP** (*Stream Control Transmission Protocol*) – RFC 4960, 3286 (2960, 3309); **DCCP** (*Datagram Congestion Control Protocol*) – RFC 4340, 4336;

Modelul TCP/IP

- Nivelul aplicatie:

- Contine protocoale de nivel inalt
- SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) – RFC 5321 (821)
- POP3(*Post Office Protocol*) – RFC 1081
- TELNET – RFC 854,764
- FTP (*File Transfer Protocol*) – RFC 454
- NFS (*Network File System*) – RFC 1095
- DNS (*Domain Name System*) – RFC 1034,1035
- HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) – RFC 2616
- RTP (*Real-time Transport Protocol*) – RFC 3550 (1889)
- SIP (*Session Initiation Protocol*) – RFC 3261
- ...etc

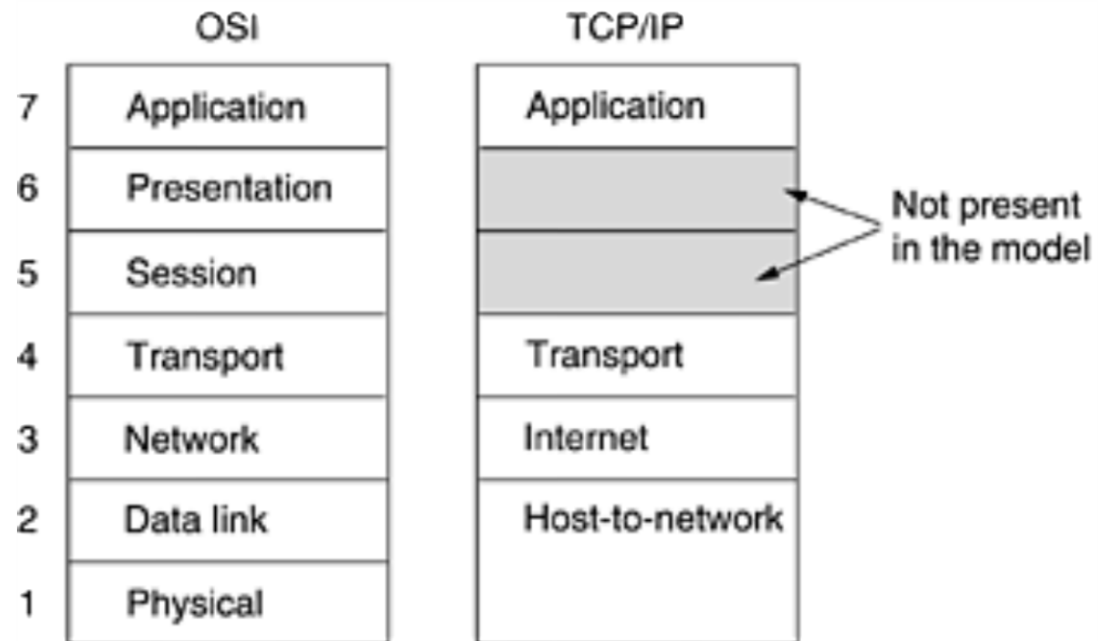
Modelul TCP/IP

- Organizatii implicate in standardizare:
 - ISOC – *Internet Society*
 - IAB – *Internet Architecture Board*
 - IETF – *Internet Engineering Task Force*
 - IRTF – *Internet Research Task Force*
 - InterNIC – *Internet Network Information Center*
 - IANA – *Internet Assigned Number Authority*
- Documentele **RFC** (*Request For Comments*)
 - Editate de Network Working Group (IETF)
 - RFC 1800 (Internet Official Protocol Standards)
 - Mai multe detalii -> www.ietf.org

OSI versus TCP/IP

- **Asemanari:**

- Ambele se bazeaza pe o stiva de protocoale
- Functionalitatile straturilor este oarecum asemanatoare
- Ambele au nivelul aplicatie ca nivel superior
- Se bazeaza (direct sau indirect) pe nivelul transport



[conform Computer Networks, 2010 – Andrew S. Tanenbaum, et.al.]

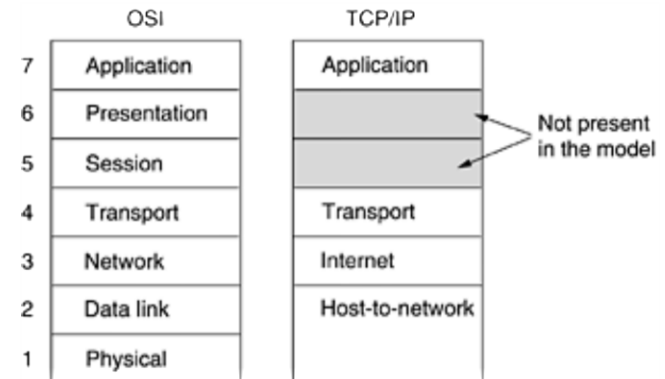
OSI versus TCP/IP

- **Deosebiri:**

- ISO/OSI este indicat ca model teoretic; TCP/IP este eficient in implementare
- OSI face explicita distinctia intre serviciu, interfata si protocol; TCP/IP nu
- ISO/OSI pune la dispozitie protocoale care asigura o comunicare fiabila (detectarea si tratare de erori la fiecare nivel);

TCP/IP face verificarea comunicarii la nivelul transport

- OSI suporta ambele tipuri de comunicatii la nivel retea (fara conexiune si orientate conexiune); TCP/IP suporta la nivelul retea comunicatii fara conexiune si la nivelul transport ambele moduri



[conform Computer Networks, 2010 – Andrew S. Tanenbaum, et.al.]

Rezumat

- **Retele de calculatoare – organizare**
- **Modele de arhitecturi de retea (OSI, TCP/IP)**
- **Modelul TCP/IP**
- **ISO/OSI versus TCP/IP**

Intrebari?