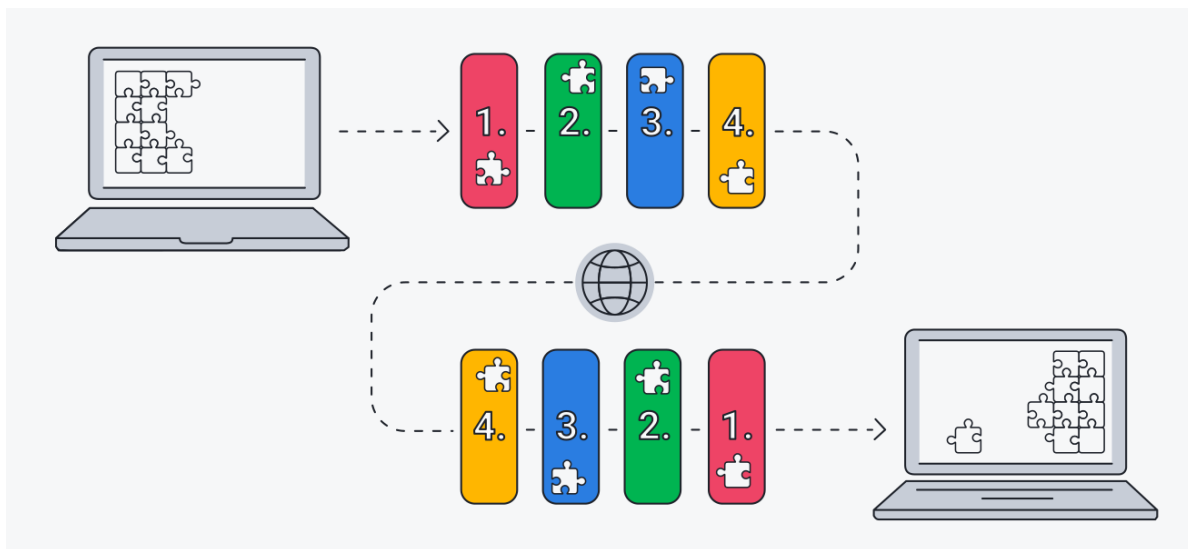




Internet

Modele arhitecturale de referință





Cuprins

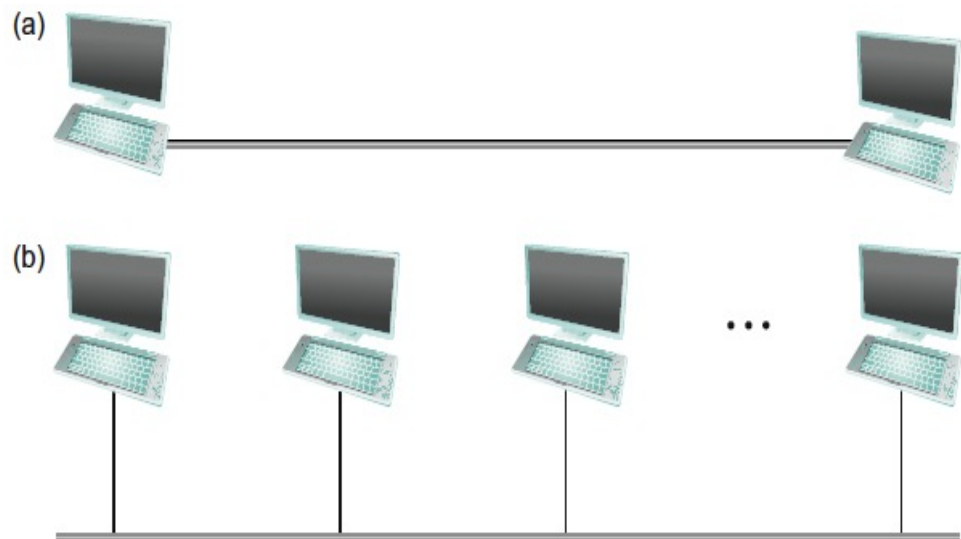
- Arhitectura rețelelor de calculatoare
- Modelul de interconectare a sistemelor deschise - ISO-OSI
- Rolul ierarhiei de protocoale
- Formatul datelor – antet și conținut
- Servicii și primitive de serviciu
- Modelul TCP/IP

Obiective:

- Noțiuni fundamentale utilizate în restul cursului
- Imagine de ansamblu a protocoalelor ce vor fi studiate

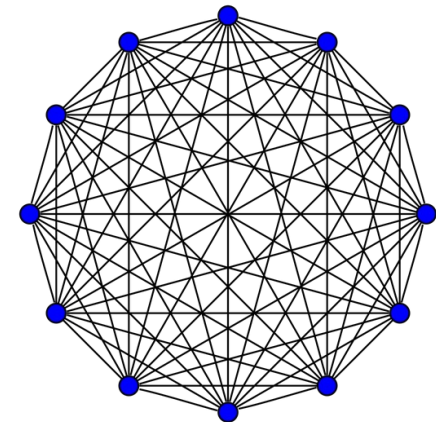
Comunicarea în aplicații Internet

- Internetul este cunoscut de utilizatori prin aplicațiile sale
 - e-Mail
 - Web
- Bazate pe **comunicarea** prin legături între calculatoare
- **Legătura** poate fi directă, între două sau mai multe calculatoare (noduri)
 - **punct la punct** – prin fire
 - **acces multiplu** – de ex wireless (rețele celulare sau Wi-Fi)



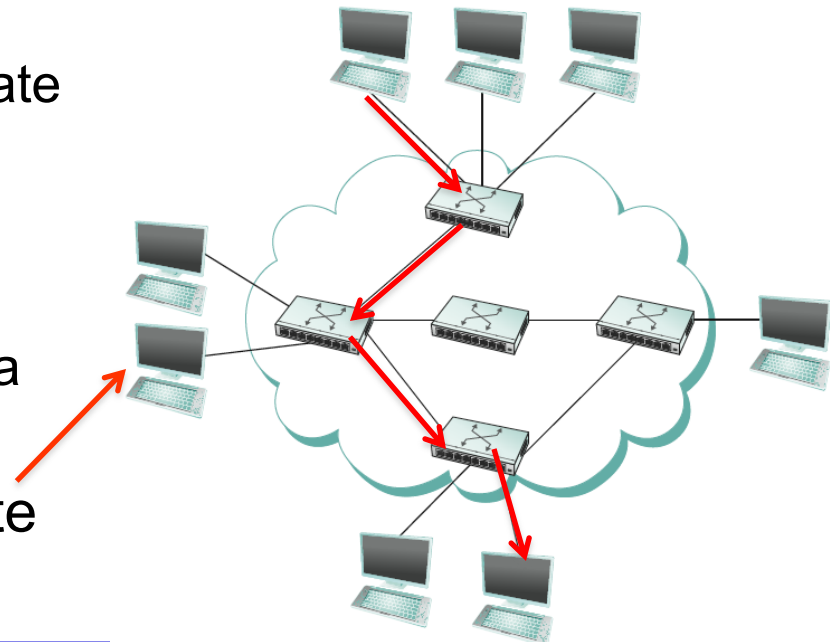
Legătura de date

- Legăturile asigură funcționalități specifice **datelor** (diferite de cele pentru comunicări vocale)
 - **codificarea** biților pentru transmisie și înțelegerea codurilor la recepție
 - **detectia** erorilor de transmisie și **corectarea** lor
 - delimitarea șirurilor de biți (**încadrarea**) care constituie mesaje complete (**cadre**) și atașarea unor informații de **control**
 - controlul **fluxului** de date
 - **controlul accesului** la media (pentru acces multiplu)
- Legăturile directe între noduri
nu oferă scalabilitate



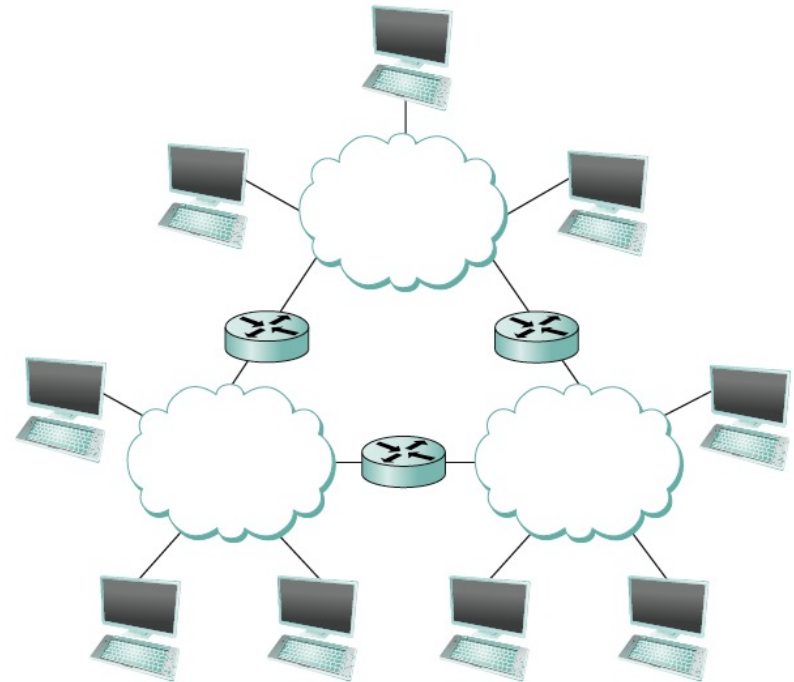
Rețele

- Conexiunea între două noduri se poate face și **indirect**, prin **noduri intermediare** (switch-uri)
 - atașate la mai multe legături
 - au funcții speciale
 - formează o rețea
- Funcționează după principiul sistemului **poștal**; un nod
 - primește câte un bloc complet de date (**pachet**)
 - îl **memorează** temporar
 - îl **re-transmite** (**dirijează**) către destinație, printr-una din legăturile la nodurile vecine
- Nodurile din afara rețelei sunt numite **gazde** (ale aplicațiilor)
- Pentru ca rețeaua să funcționeze, fiecărui nod i se atașează o **adresă** de rețea pentru identificare
- Nodul **sursă** include în pachet **adresa** nodului **destinație**



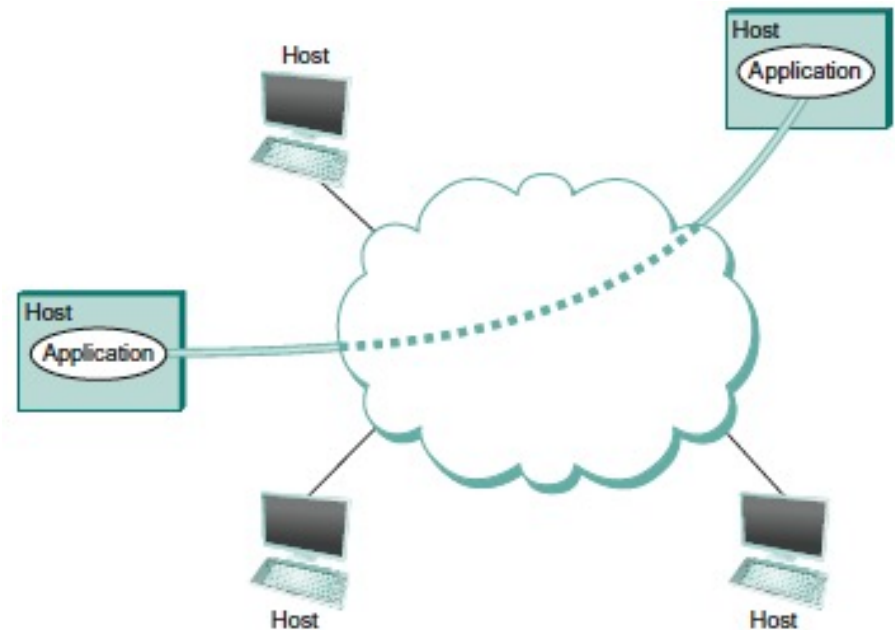
Rețele interconectate

- Nodurile intermediare pot fi organizate în mai multe rețele interconectate
- Un nod conectat la mai multe rețele este numit **ruter** (sau **gateway**)
- Rețelele se bazează pe buna funcționare a **legăturilor** dintre noduri
- Rețelele transmit pachete între oricare două noduri neconectate direct
- Nu asigura **corectitudinea** transmisiei
 - e.g. pachete pierdute



Comunicarea între aplicații

- Rețeaua trebuie să asigure comunicarea **între aplicații** din calculatoare diferite, adică să ofere **canale “logice”** prin care **procesele** de aplicație să comunice între ele
- Aceasta presupune facilități suplimentare peste cele de rețea
- **identificarea** unică a fiecărui **capăt de** canal logic printr-o pereche (adresa de rețea, **port**)
- mecanisme de **trimitere / primire** de mesaje de către procese
- garantarea **recepției corecte** a mesajelor
- livrarea mesajelor în **ordine** în care au fost transmise
- păstrarea **confidențialității**
- etc.





Cerințele aplicațiilor

- Modul în care este folosit un canal logic diferă de la o aplicație la alta
- Ex: În **Web**, comunicarea se face între două procese
 - la comanda unui utilizator, un proces **client** (browser) trimite o **cerere** către un **server** Web – un mesaj care include identificatorul paginii dorite
 - procesul server trimite un răspuns către client – un mesaj care conține pagina Web solicitată, pe care clientul o afișează pe ecran
- Ex: În aplicații de livrare de conținut **audio/video**
 - transmiterea cererii este similară cu Web
 - livrarea este diferită
 - se trimite ca răspuns o serie de mesaje
 - conținutul este livrat utilizatorului pe măsură ce datele sunt primite
 - impune respectarea unor constrângeri de timp

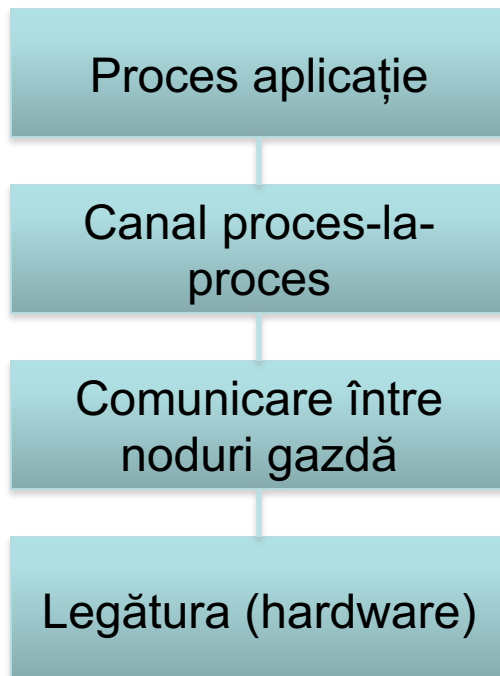


Arhitectura Rețelelor de Calculatoare

- **Arhitectura** descrie
 - modul în care **componentele** sunt organizate și
 - felul în care ele **interacționează**
- Rețelele de calculatoare sunt sisteme complexe
- Abordarea lor ca **ansambluri de componente** logice simplifică înțelegerea și proiectarea/realizarea lor
- Pentru **rețele de calculatoare** avem componente pentru
 - comunicarea pe o legătură de date
 - comunicarea între două noduri gazdă
 - comunicarea pe canale logice

Arhitectura ierarhică

- Componentele care asigură comunicarea între două noduri gazdă folosesc **serviciile** oferite de componentele pentru o legătură de date și adaugă noi funcționalități (dirijarea, adresarea...)
- Arhitectura este o **ierarhie** de **nivele** funcționale

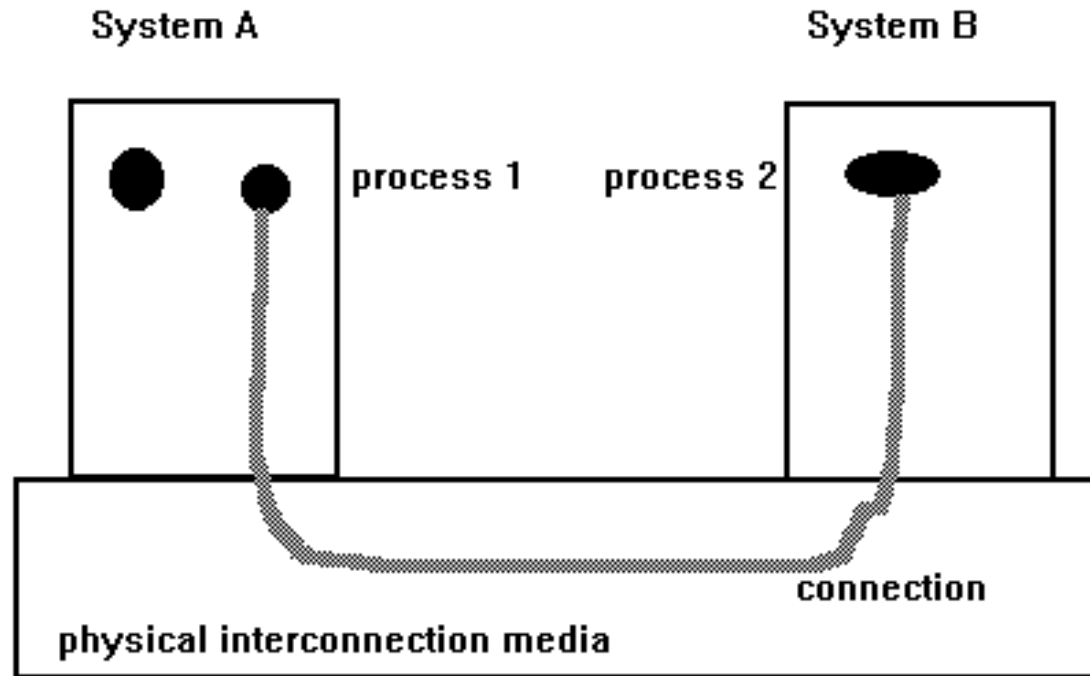


Ierarhia componentelor dintr-un nod gazdă:

- Fiecare **componentă** aparține unui **nivel** diferit
- Fiecare nod gazdă are o structură similară

Componente de bază

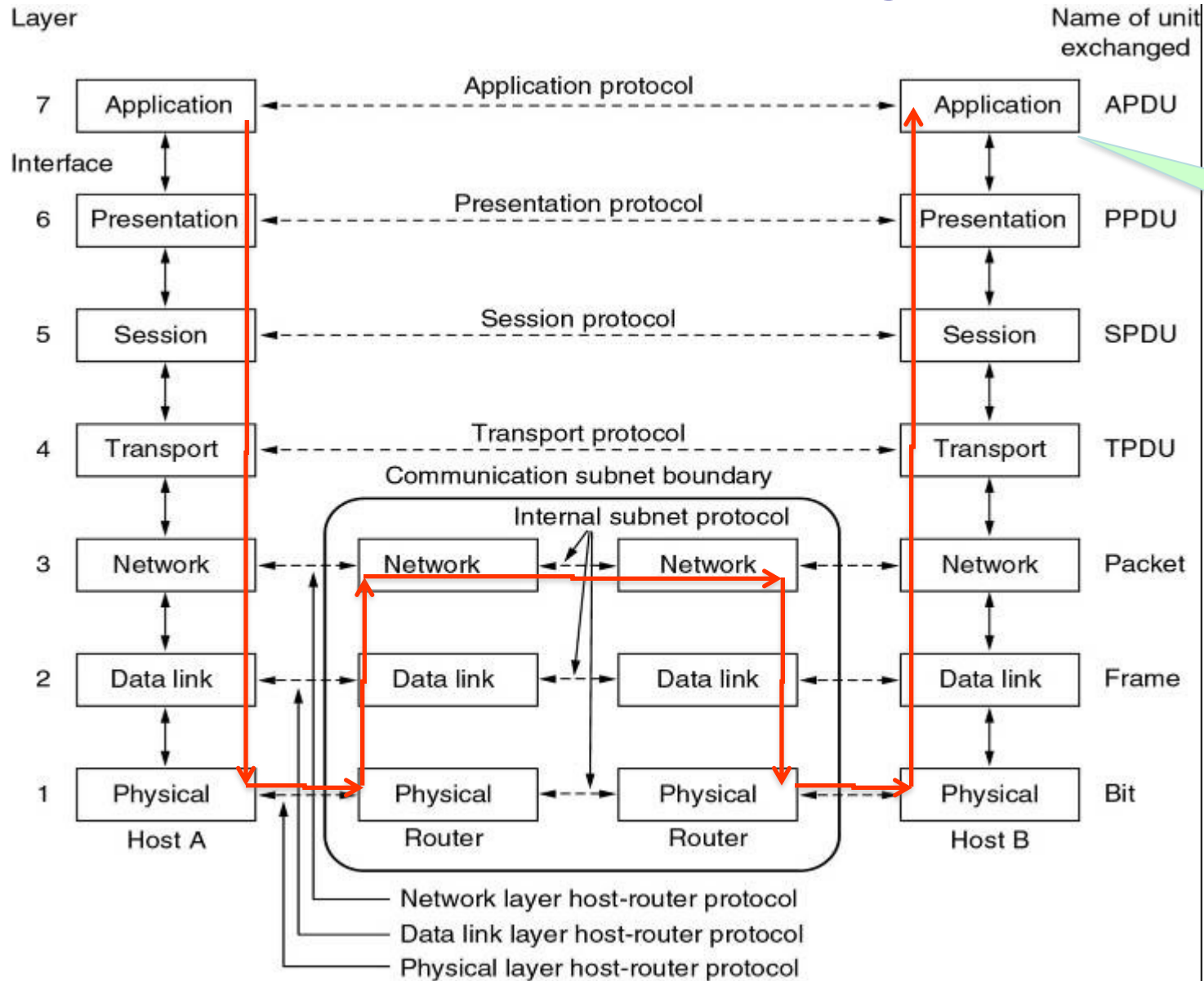
- Componente de bază ale unui model de comunicare:



Protocol – set de reguli respectate de părți pentru a comunica între ele; se referă la:

- **formatul** mesajelor comunicate: conținut + meta-descriere (antet)
- **operațiile** executate
 - trimite cerere conectare, primește răspuns, confirmă răspuns etc.

Modelul de Referință ISO OSI



entitate de protocol

Fiecare entitate are legături:

- cu alte entități din același nod (prin interfețe de serviciu) și
- cu entități pereche din alte noduri (prin mesaje)

Nivelul fizic

- **Funcție** - transmitere a șirurilor de biți pe un canal de comunicație
- Principalele **probleme**
 - codificarea zerourilor și a unităților
 - stabilirea și desființarea conexiunilor fizice
 - modul de transmisie (semiduplex sau duplex) etc.
- **Exemplu**
 - 802.11 Wi-Fi (PHY)



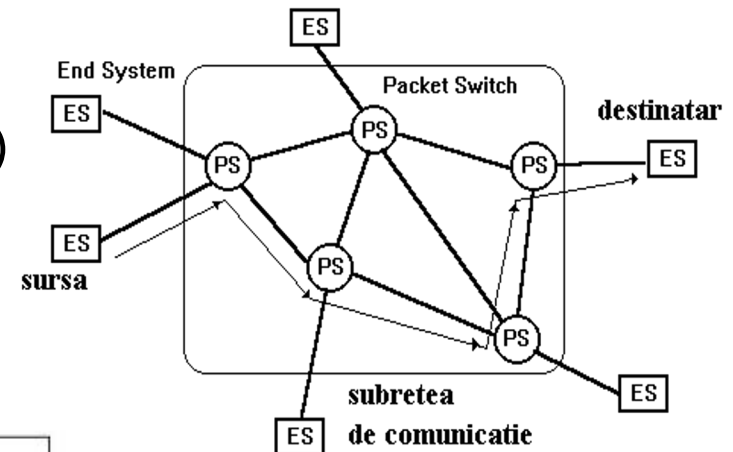
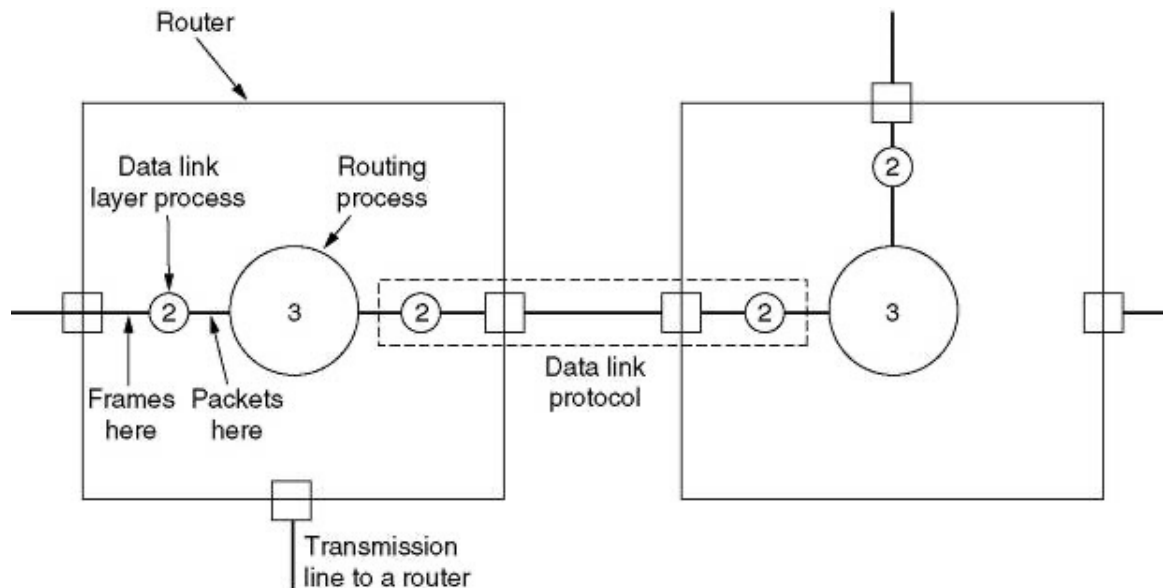


Nivelul Legătură de Date

- **Funcție** - realizează **agregarea** unor șiruri de biți în **cadre** și **comunicarea lor sigură** și **eficientă** între două noduri adiacente (conectate printr-un canal fizic de comunicație)
- **Probleme rezolvate**
 - Încadrare
 - Control erori
 - Control flux
 - Transmisie transparentă
 - Management legătură
- **Exemplu** de protocol: HDLC (High Level Data Link Control)
flag address command data FCS flag
- **Implementare** prin
 - adaptoare de rețea
 - drivere din sistemul de operare al calculatorului

Nivelul rețea

- **Funcție** - transmiterea pachetelor între oricare două noduri din rețea
 - prin dirijarea lor de la un nod la altul
- **Probleme rezolvate**
 - alegerea legăturii următoare (dirijarea)
 - adresarea
 - calculul tabelelor de dirijare



Nivelul Transport

Funcție - asigură un transfer de date corect, eficient între procese din sistemul sursă și din sistemul destinatar

Oferă

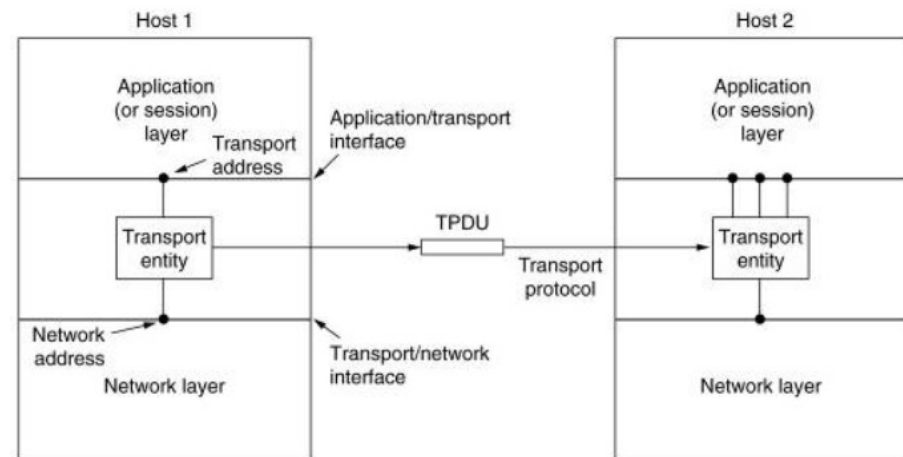
- un transfer sigur al datelor, chiar cu o rețea nesigură
- o interfață uniformă pentru nivelul superior, independent de tipul rețelei utilizate

Separă două categorii de nivele

- furnizorul serviciilor de transport (nivele 1-4)
- utilizatorul serviciilor de transport (nivele 5-7)

Probleme

- gestiunea conexiunilor
- transferul datelor
- controlul fluxului
- adresarea





Nivele superioare

- **Nivel Sesiune**
 - Controlul dialogului între aplicații
 - Sincronizarea transferurilor
 - Stabilirea unor puncte de verificare și reluare a transferurilor
- **Nivel Prezentare**
 - Conversia formatului datelor între
 - sintaxa folosită de aplicații și
 - sintaxa de transfer

Nivelul Aplicație

- Servicii comune unor categorii de aplicații
 - Mesagerie, Transfer de Fișiere, Terminal Virtual
 - Web și diverse protocoale pentru schimbul de mesaje între aplicații sau procese ale unor aplicații



FTP



HTTP/S



SMTP



Telnet

Ierarhii de protocoale

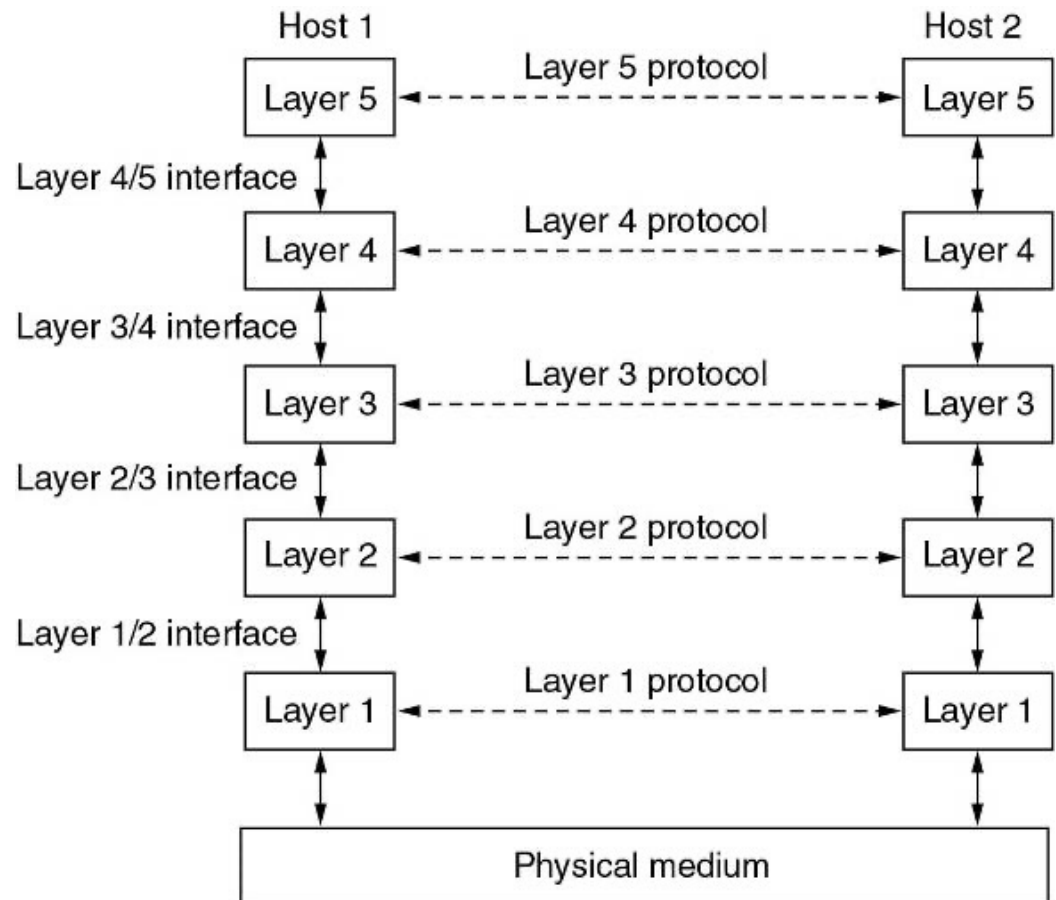
Complexitatea **conexiunii** → organizare pe **nivele** cu funcții distincte

- **arhitectura rețelei** = setul de nivele și protocoale
- **stiva de protocoale** = lista ordonată a protocoalelor folosite

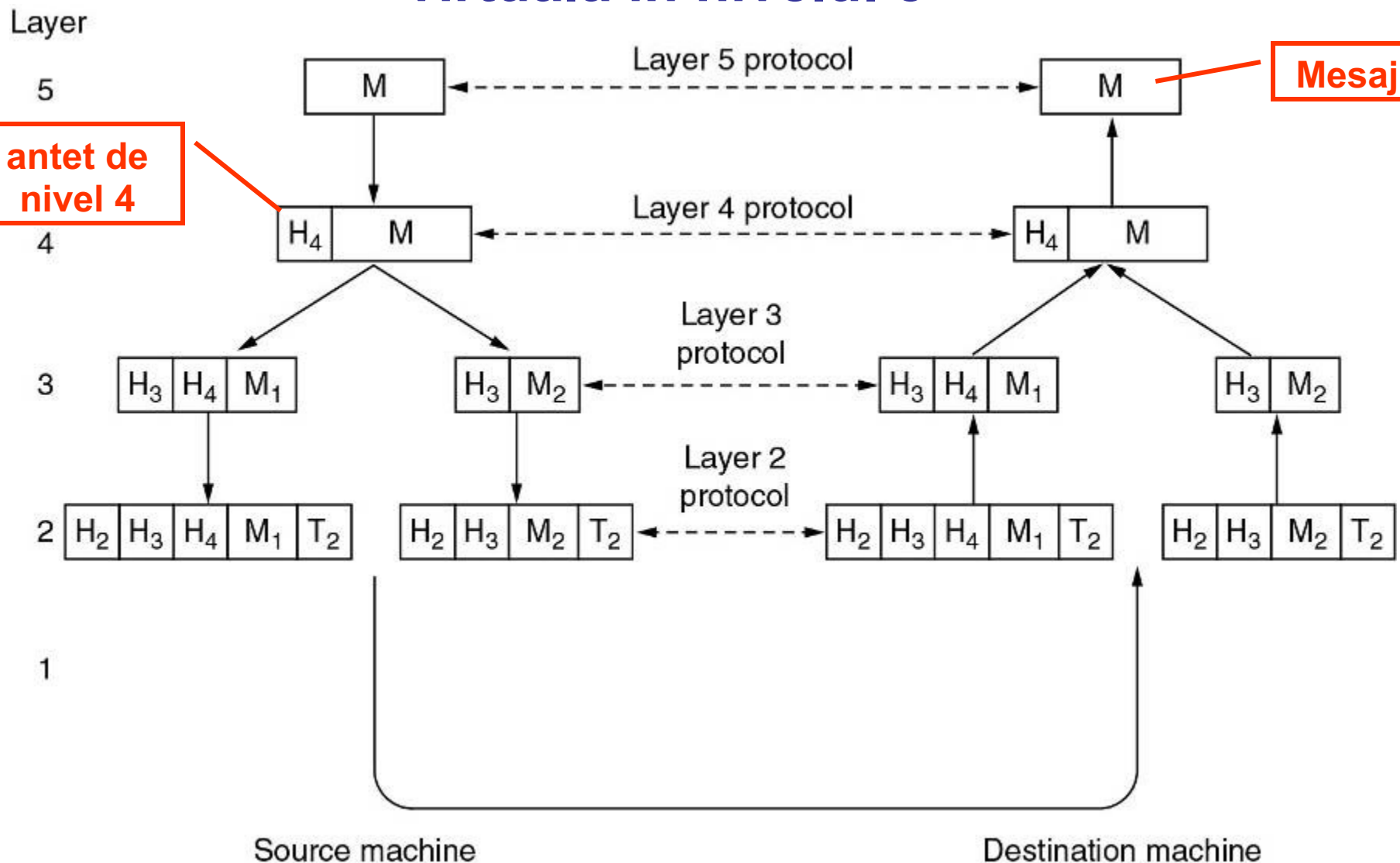
Interfața definește **serviciul (operațiile primitive)** pe care un nivel îl oferă nivelului de deasupra

Ex. de primitive:

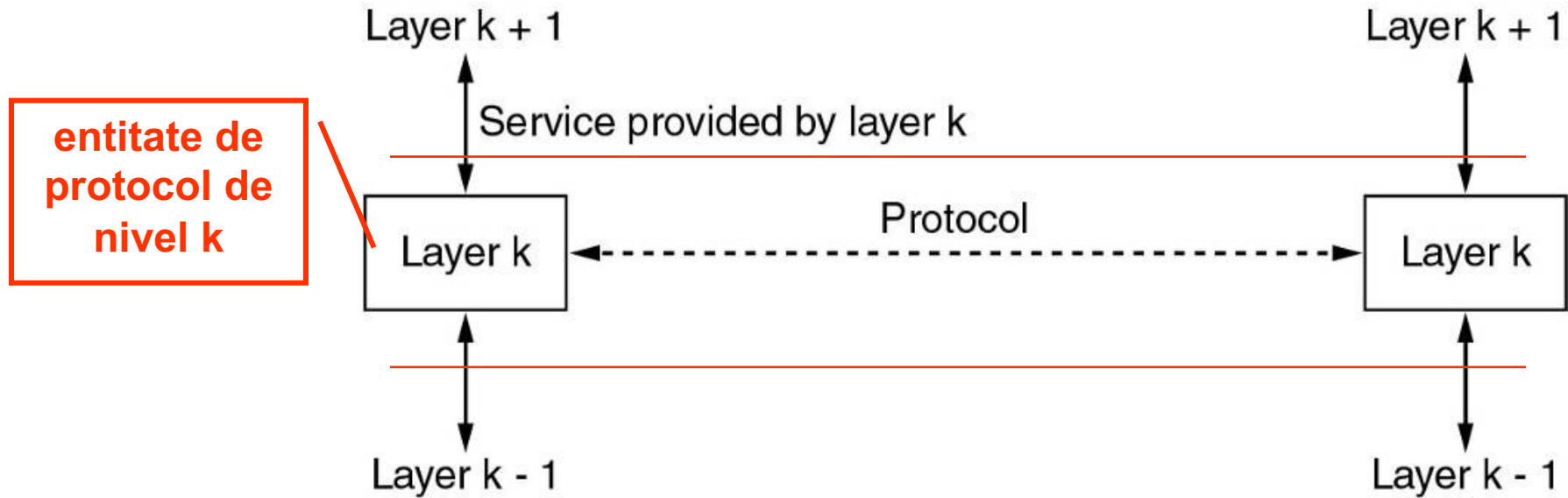
- connect
- accept
- send
- receive
- disconnect



Flux de informație suportând o comunicație virtuală în nivelul 5



Relația între servicii și protocoale

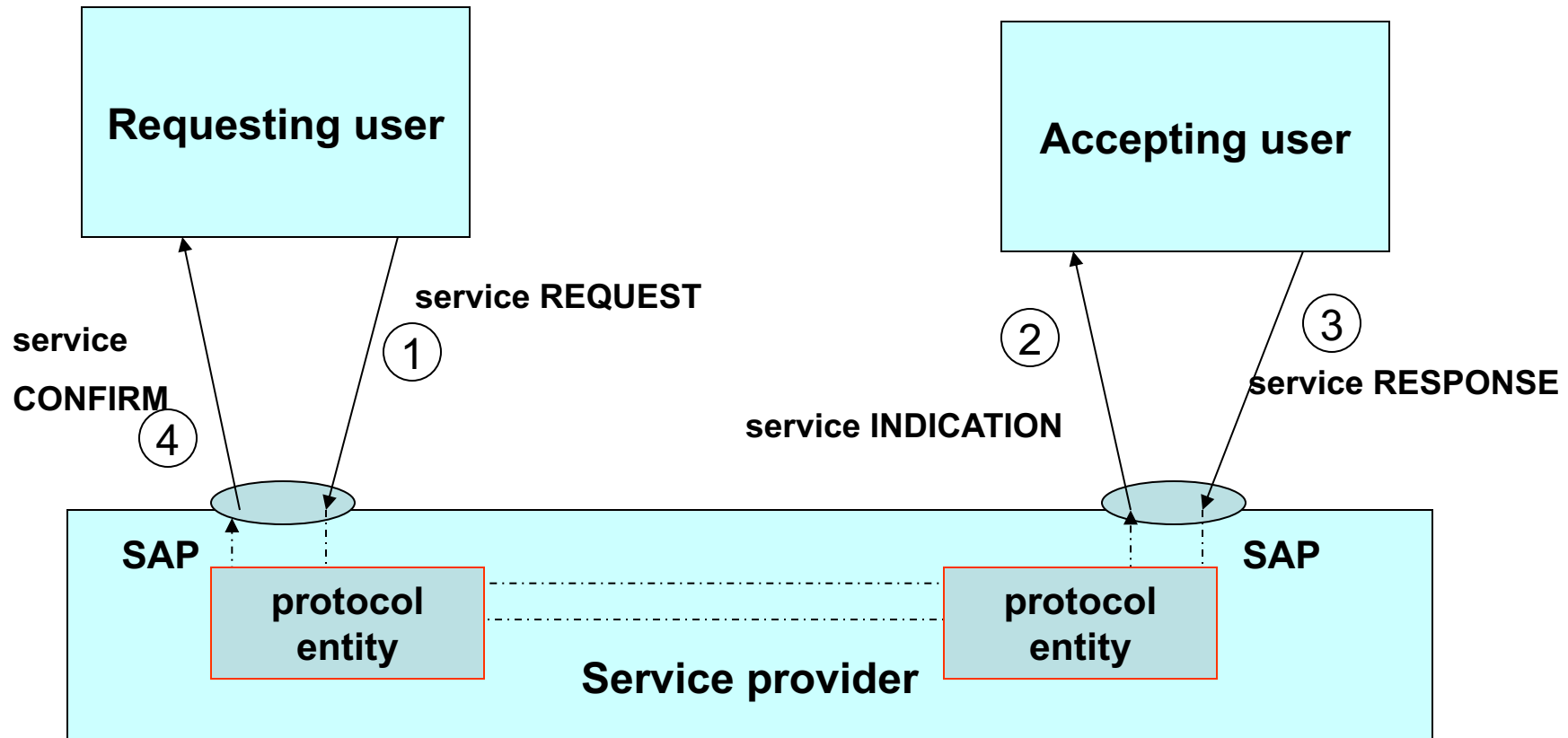


- entitățile de protocol din nivelul k
- colaborează folosind protocolul de nivel k
- folosind serviciul nivelului k-1
- pentru a furniza serviciul de nivel k
- entităților aflate pe nivelului k+1

Primitive de serviciu

- Un serviciu este specificat de un set de **primitive** (operații accesibile utilizatorului serviciului)
- Patru clase de primitive
 - REQUEST cere un serviciu
 - INDICATION anunța primirea unei cereri
 - RESPONSE răspunde cererii
 - CONFIRM confirmă cererea

Servicii confirmate

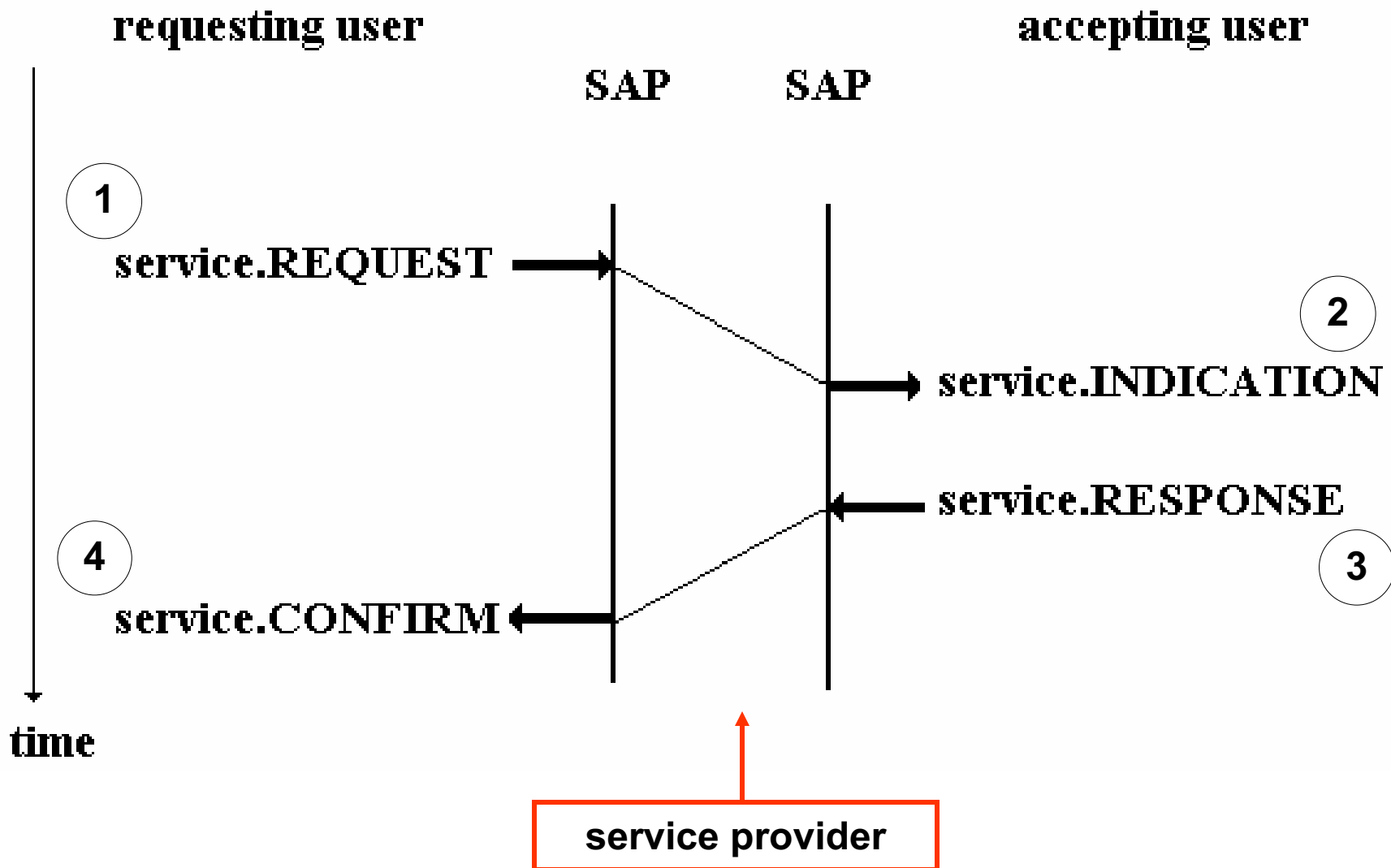


SAP = Service Access Point

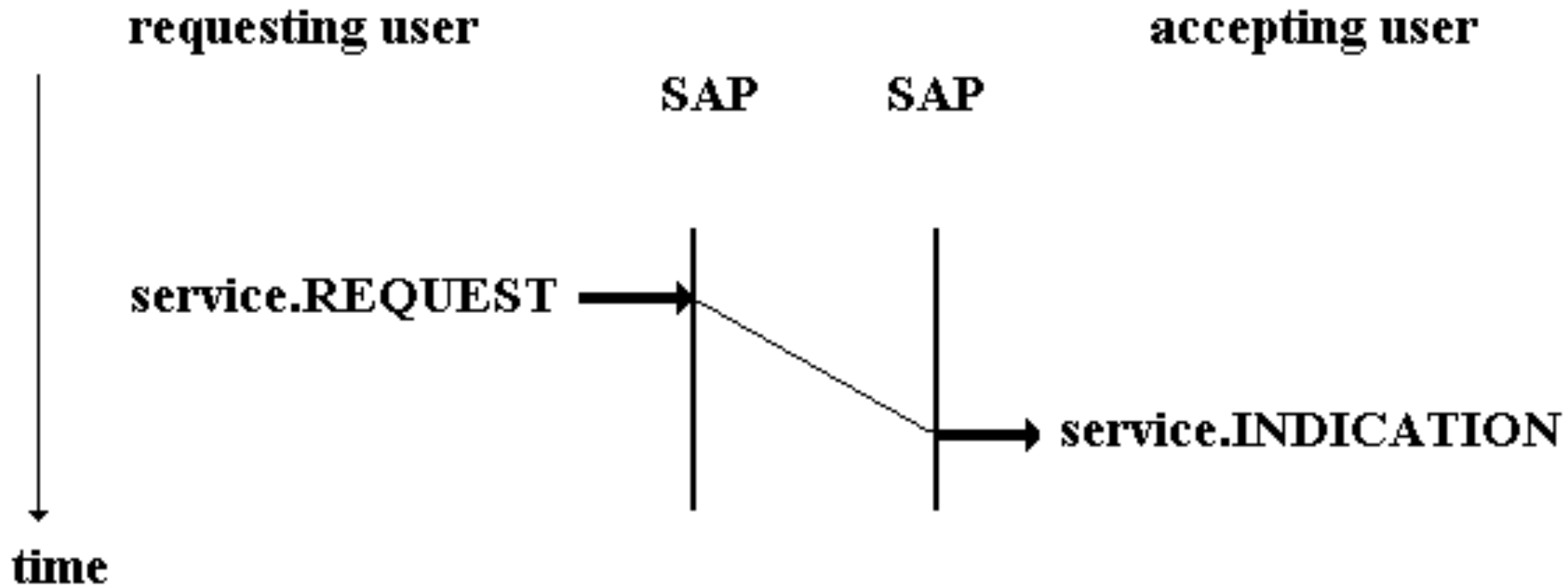
Entitățile de protocol pot inter-schimba mai multe mesaje pentru un singur serviciu confirmat

- ex.: mesaje de negociere a serviciului, de repetare la eroare etc.

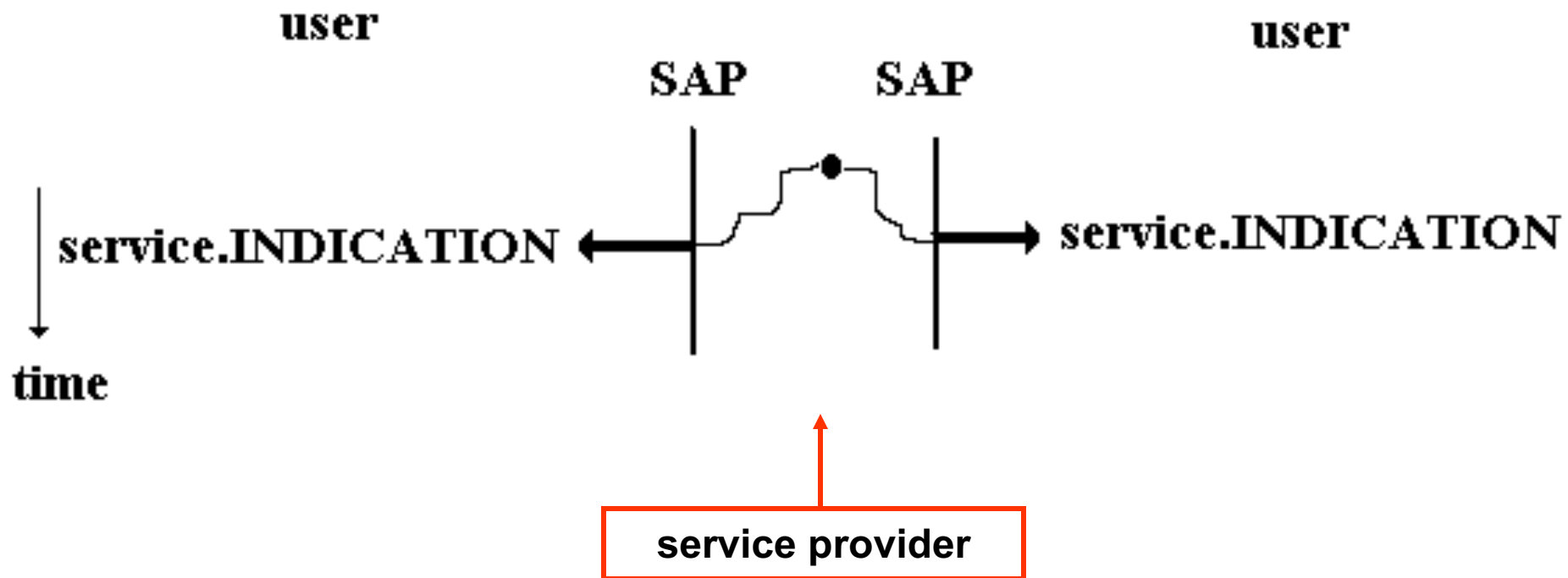
Servicii confirmate (o altă reprezentare)



Servicii neconfirmate



Servicii inițiate de furnizor



Mod orientat pe conexiune

utilizator solicitant

utilizator solicitat

connect.request	→		→	connect.indication
connect.confirm	←	furnizor	←	connect.response

data.request	→		→	data.indication
data.request	→	serviciu	→	data.indication

disconnect.request	→		→	disconnect.indication
--------------------	---	--	---	-----------------------



Ce conțin specificațiile ?

Specificație Serviciu

- primitive (operații)
- parametri
- reguli asupra ordinii operațiilor (state machine)

Specificație Protocol

- scop și funcții
- servicii oferite
- servicii utilizate din nivel inferior
- structura internă (entități și relații)
- tipuri și formate mesaje schimbate între entități
- reguli de reacție a fiecărei entități la comenzi, mesaje și evenimente interne

Un avem specificații? RFCs

Request for Comments (RFC) – document ce descrie un standard sau o direcție experimentală pentru Internet, supervizat de Internet Engineering Task Force (IETF)

- Sistemul RFC a fost inventat de Steve Crocker în 1969 pentru a ajuta la înregistrarea notelor neoficiale despre dezvoltarea ARPANET
- RFC-urile au devenit documente oficiale ale specificațiilor Internetului (protocoalelor de comunicații)

Un RFC este creat sub forma unui memorandum care descrie metode, comportamente, cercetări sau inovații aplicabile funcționării internetului și a sistemelor conectate la internet

- Este trimis fie pentru evaluarea colegilor, fie pentru a transmite noi concepte, informații sau, ocazional, umor ingineresc

2020 Mayrhofer, A.; Hague, J. (1 April 2020). [The Internationalized Deliberately Unreadable Network NOtation \(I-DUNNO\)](#). IETF. doi:[10.17487/RFC8771](#). RFC 8771. M. Welzl (1 April 2020). [The Quantum Bug](#). IETF. doi:[10.17487/RFC8774](#). RFC 8774. 2021 G. Grover; N. ten Oever; C. Cath; S. Sahib (1 April 2021). [Establishing the Protocol Police](#). IETF. doi:[10.17487/RFC8962](#). RFC 8962. 2022 J. Snijders; C. Morrow; R. van Mook (1 April 2022). [Software Defects Considered Harmful](#). IETF. doi:[10.17487/RFC9225](#). RFC 9225. M. Breen (1 April 2022). [Biocatal: Hexadecimal 2.0](#). IETF. doi:[10.17487/RFC9226](#). RFC 9226.

IETF - RFCs

← → ↺ rfc-editor.org/rfc-index.html

- 8961 Requirements for Time-Based Loss Detection** M. Allman [November 2020] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Also [BCP0233](#)) (Status: BEST CURRENT PRACTICE) (Stream: IETF, Area: tsv, WG: tcpm) (DOI: 10.17487/RFC8961)
- 8963 Evaluation of a Sample of RFCs Produced in 2018** C. Huitema [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: INFORMATIONAL) (Stream: INDEPENDENT) (DOI: 10.17487/RFC8963)
- 8964 Deterministic Networking (DetNet) Data Plane: MPLS** B. Varga, J. Farkas, L. Berger, A. Malis, S. Bryant, J. Korhonen [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: detnet) (DOI: 10.17487/RFC8964)
- 8965 Applicability of the Babel Routing Protocol** J. Chroboczek [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: INFORMATIONAL) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: babel) (DOI: 10.17487/RFC8965)
- 8966 The Babel Routing Protocol** J. Chroboczek, D. Schinazi [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Obsoletes [RFC6126](#), [RFC7557](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: babel) (DOI: 10.17487/RFC8966)
- 8967 MAC Authentication for the Babel Routing Protocol** C. Dô, W. Kolodziejek, J. Chroboczek [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Obsoletes [RFC7298](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: babel) (DOI: 10.17487/RFC8967)
- 8968 Babel Routing Protocol over Datagram Transport Layer Security** A. Décimo, D. Schinazi, J. Chroboczek [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: babel) (DOI: 10.17487/RFC8968)
- 8969 A Framework for Automating Service and Network Management with YANG** Q. Wu, M. Boucadair, D. Lopez, C. Xie, L. Geng [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: INFORMATIONAL) (Stream: IETF, Area: ops, WG: opsawg) (DOI: 10.17487/RFC8969)
- 8970 IMAP4 Extension: Message Preview Generation** M. Slusarz [December 2020] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: art, WG: extra) (DOI: 10.17487/RFC8970)
- 8971 Bidirectional Forwarding Detection (BFD) for Virtual eXtensible Local Area Network (VXLAN)** S. Pallagatti, G. Mirsky, S. Paragiri, V. Govindan, M. Mudigonda [December 2020] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: INFORMATIONAL) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: bfd) (DOI: 10.17487/RFC8971)
- 8972 Simple Two-Way Active Measurement Protocol Optional Extensions** G. Mirsky, X. Min, H. Nydell, R. Foote, A. Masputra, E. Ruffini [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Updates [RFC8762](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: tsv, WG: ippm) (DOI: 10.17487/RFC8972)
- 8973 DDoS Open Threat Signaling (DOTS) Agent Discovery** M. Boucadair, T. Reddy.K [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: sec, WG: dots) (DOI: 10.17487/RFC8973)
- 8974 Extended Tokens and Stateless Clients in the Constrained Application Protocol (CoAP)** K. Hartke, M. Richardson [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Updates [RFC7252](#), [RFC8323](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: art, WG: core) (DOI: 10.17487/RFC8974)
- 8975 Network Coding for Satellite Systems** N. Kuhn, E. Lochin [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: INFORMATIONAL) (Stream: IRTF) (DOI: 10.17487/RFC8975)
- 8976 Message Digest for DNS Zones** D. Wessels, P. Barber, M. Weinberg, W. Kumari, W. Hardaker [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: ops, WG: dnsop) (DOI: 10.17487/RFC8976)
- 8977 Registration Data Access Protocol (RDAP) Query Parameters for Result Sorting and Paging** M. Loffredo, M. Martinelli, S. Hollenbeck [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: art, WG: regext) (DOI: 10.17487/RFC8977)
- 8979 Subscriber and Performance Policy Identifier Context Headers in the Network Service Header (NSH)** B. Sarikaya, D. von Hugo, M. Boucadair [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: sfc) (DOI: 10.17487/RFC8979)
- 8980 Report from the IAB Workshop on Design Expectations vs. Deployment Reality in Protocol Development** J. Arkko, T. Hardie [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: INFORMATIONAL) (Stream: IAB) (DOI: 10.17487/RFC8980)
- 8981 Temporary Address Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6** F. Gont, S. Krishnan, T. Narten, R. Draves [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Obsoletes [RFC4941](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: int, WG: 6man) (DOI: 10.17487/RFC8981)
- 8982 Registration Data Access Protocol (RDAP) Partial Response** M. Loffredo, M. Martinelli [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: art, WG: regext) (DOI: 10.17487/RFC8982)
- 8983 Internet Key Exchange Protocol Version 2 (IKEv2) Notification Status Types for IPv4/IPv6 Coexistence** M. Boucadair [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Updates [RFC7296](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: sec, WG: ipsecme) (DOI: 10.17487/RFC8983)
- 8985 The RACK-TLP Loss Detection Algorithm for TCP** Y. Cheng, N. Cardwell, N. Dukkipati, P. Jha [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: tsv, WG: tcpm) (DOI: 10.17487/RFC8985)
- 8986 Segment Routing over IPv6 (SRv6) Network Programming** C. Filsfils, P. Camarillo, J. Leddy, D. Voyer, S. Matsushima, Z. Li [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: spring) (DOI: 10.17487/RFC8986)
- 8987 DHCPv6 Prefix Delegating Relay Requirements** I. Farrer, N. Kottapalli, M. Huneke, R. Patterson [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: int, WG: dhc) (DOI: 10.17487/RFC8987)
- 8989 Additional Criteria for Nominating Committee Eligibility** B. Carpenter, S. Farrell [February 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Status: EXPERIMENTAL) (Stream: IETF, WG: NON WORKING GROUP) (DOI: 10.17487/RFC8989)
- 9003 Extended BGP Administrative Shutdown Communication** J. Snijders, J. Heitz, J. Scudder, A. Azimov [January 2021] (HTML, TEXT, PDF, XML) (Obsoletes [RFC8203](#)) (Updates [RFC4486](#)) (Status: PROPOSED STANDARD) (Stream: IETF, Area: rtg, WG: idr) (DOI: 10.17487/RFC9003)

Protocoale OSI

Physical layer: V10, V11, V24, V35
X.21, EIA RS-232-D
MAC for LANs
ISDN physical interface

Data Link Layer: HDLC LAP B for X.25
LLC for LAN
LAP D for ISDN

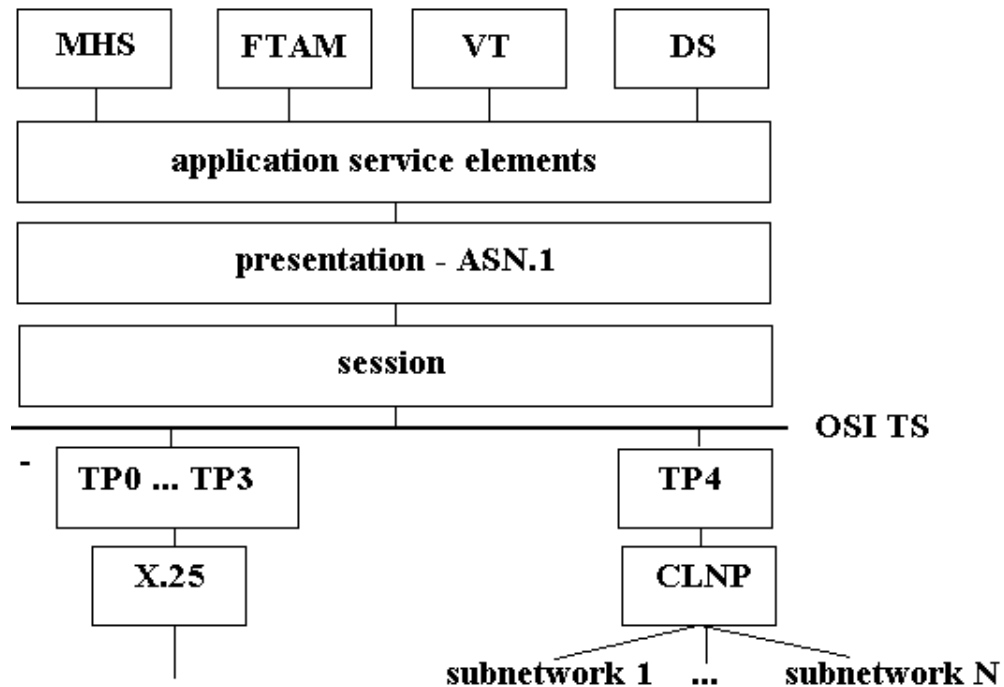
Network Layer: X.25, X.3, X.28, X.29
CLNP

Transport Layer: TP0,..., TP4

Session Layer: session protocol

Presentation Layer: ASN.1 – Abstract Syntax Notation One

Application Layer: MHS - Message Handling System, X.400
FTAM - File Transfer, Access, and Management
VT - Virtual Terminal
DS - Directory Services, X.500





De la ISO/OSI la... TCP/IP

- Stiva ISO/OSI reprezintă un **model de referință** al funcționării rețelelor de comunicație (o inițiativă de standardizare în anii '80)
- Adevăratul Internet a început însă odată cu rețeaua ARPAnet
 - În loc de discuții, ARPAnet a construit o rețea deschisă unde puteau fi experimentate protocoale și tehnologii funcționale
 - Modelul TCP/IP, model pragmatic, a rezultat natural ca cel care rezolvă funcționarea cu mai puțină complexitate adăugată
- Între cele două modele, TCP/IP a câștigat definitiv și stă la baza Internetului modern

*<https://spectrum.ieee.org/osi-the-internet-that-wasnt>

Modelul de referință TCP/IP

- Nivelul inferior este **sub-rețea**
 - mare varietate de protocoale (ex. 802.11 Wi-Fi)
 - pot fi mai multe sub-nivele
 - modelul nu da detalii despre acest nivel
- Nivelul Internet
 - un singur protocol, IP
 - pentru rețele interconectate
- Nivelul Transport
 - TCP – canal sigur pentru șiruri de octeți
 - UDP – canal nesigur pentru livrarea datagramelor (user datagram – sinonim pentru mesaje)

	OSI	TCP/IP
7	Application	Application
6	Presentation	Not present in the model
5	Session	
4	Transport	Transport
3	Network	Internet
2	Data link	Sub-network
1	Physical	

Protocoale în modelul TCP/IP

- Nivel Aplicație
 - Varietate de protocoale pentru transferul fișierelor și poștei, login la distanță, managementul rețelei, etc.

FTP	SMTP	Telnet	DNS	SNMP		
TCP			UDP		ICMP	EGP
ARP		IP				
Ethernet	LLC 802.2			X.25	Packet Radio	
	MAC 802.3	MAC 802.4	MAC 802.5			
	Ethernet 802.3	Token Bus 802.4	TokenRing 802.5			

Alte protocoale în modelul TCP

HTTP	HyperText Transfer Protocol
IIOP	Internet Inter-Orb Protocol
WAP	Wireless Application Protocol
SOAP	Simple Object Access Protocol
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
SSL	Secure Sockets Layer
VPN	Virtual Private Networks
IPSEC	IP Security
PKI	Public Key Infrastructure
HTML	HyperText Markup Language
XML	Extensible Markup Language
WSDL	Web Services Description Language
UDDI	Universal Description, Discovery, and Integration

Comparație OSI și TCP/IP

Contra OSI

- Moment nepotrivit
- Tehnologie proastă
- Implementări rele
- Politici proaste

Contra TCP-IP

- Nu distinge între servicii, interfețe, protocoale
- Nu este un model general
- “Nivelul” gazdă-rețea nu este un nivel
- Nu menționează nivelele fizic și legătură de date
- Protocoale minore bine înrădăcinate - greu de înlocuit

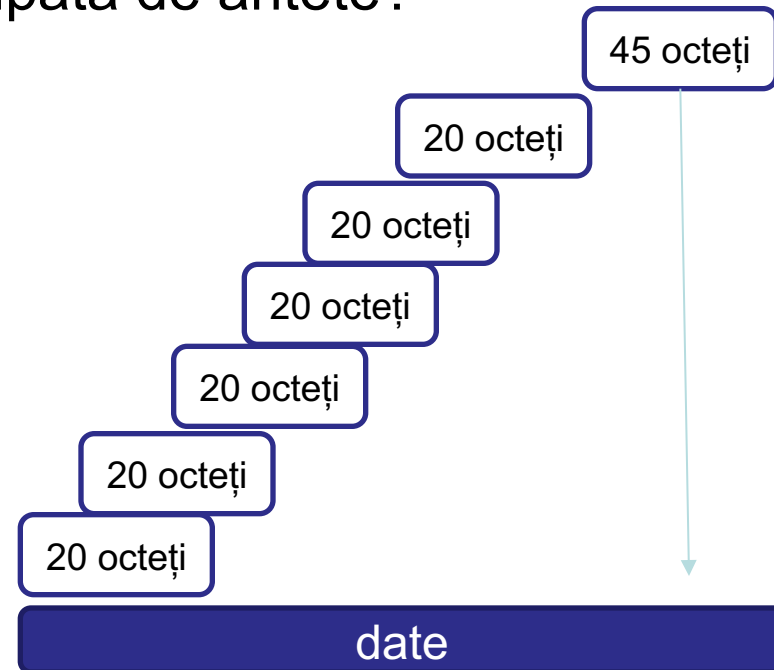
Test

Un sistem are o ierarhie de protocoale organizate pe 6 niveluri. Aplicațiile generează mesaje având dimensiunea de 45 de octeți. La fiecare nivel este adăugat un antet de 20 de octeți.

Ce fracțiune din lățimea benzii este ocupată de antete?

- (a) ~ 64 %
- (b) ~ 69 %
- (c) ~ 73 %

Arătați calculul făcut.





Studiu individual

A. S. Tanenbaum Rețele de calculatoare, ed 4-a, BYBLOS 2003

- 1.4 MODELE DE REFERINȚĂ
 - 1.4.1 Modelul de referință OSI
 - 1.4.2 Modelul de referință TCP/IP
 - 1.4.3 O comparație între modelele de referință OSI și TCP
 - 1.4.4 O critică a modelului și protocoalelor OSI
 - 1.4.5 O critică a modelului de referință TCP/IP

A. S. Tanenbaum Computer networks, 5-th ed. PEARSON 2011

- 1.4 REFERENCE MODELS
 - 1.4.1 The OSI Reference Model
 - 1.4.2 The TCP/IP Reference Model
 - 1.4.3 A Comparison of the OSI and TCP/IP Reference Models
 - 1.4.4 A Critique of the OSI Model and Protocols
 - 1.4.5 A Critique of the TCP/IP Reference Model