

Fundamentos de Redes de Computadores

Prof. João Carlos Silva
(e-mail: joao.silva@iscte-iul.pt)
Gab. D6.33, Cacifo 329 Ed. II)

Prof. José Moura
(e-mail: jose.moura@iscte-iul.pt)
Gab. D6.22, Cacifo 307 Ed. II)

Prof. Luís Cancela
(e-mail: luis.cancela@iscte-iul.pt)
Gab. D6.35, Cacifo 288 Ed. II)

Prof. Paulo Nunes
(e-mail: paulo.nunes@iscte-iul.pt)
Gab. D6.39, Cacifo 348 Ed. II)

Prof. Rui Lopes
(e-mail: rui.lopes@iscte-iul.pt)
Gab. D6.33, Cacifo 111 Ed. II)

Funcionamento da UC (1)

- **Aulas:**

- Teóricas - 12 aulas x 1h20m
- Teórico-Práticas - 16 aulas x 1h20m
- Práticas Laboratoriais - 8 aulas x 1h20m

- **Processo de avaliação: periódica e por exame.**

Avaliação periódica:

- Prova escrita (45%) com nota mínima de 8.0 valores
- 8 Trabalhos laboratoriais (20%)
- Trabalho prático (25%)
- 8 Mini-testes online (10%)

Avaliação por exame:

- Prova escrita (50%) com nota mínima de 8.0 valores
- Prova prática (50%) sobre os tópicos do trabalho prático e dos trabalhos de laboratório
- Ambas as provas devem ser realizadas na mesma época de exame

Funcionamento da UC (2)

Avaliação periódica

- A prova escrita é realizada através de um teste (em 1^a época ou em 2^a época).
- Trabalhos de laboratório
 - Grupos de 3 alunos com inscrição obrigatória
 - Inscrição na plataforma moodle
 - Respeitar a atribuição dos turnos às turmas
 - 8 trabalhos de laboratório (salas C706 e C709)
 - Todos os trabalhos têm 1 quiz (~10 minutos)
 - A nota final é a média das 6 melhores classificações
- Trabalho prático no *packet tracer* - enunciado publicado na semana de 7 de Abril com entrega a 25 de Maio. Realizado em grupo de 3 alunos.
- Mini-testes online
 - 8 mini-testes online
 - A nota final é a média das 6 melhores classificações
- O aluno deverá estar presente em pelo menos 60% das horas lectivas previstas para o semestre lectivo na modalidade de avaliação periódica, caso contrário não poderá fazer a UC por avaliação periódica. Este critério de assiduidade só se aplica a alunos de 1^a inscrição.

Funcionamento da UC (3)

Melhoria de Nota

- Na avaliação periódica apenas pode ser feita a melhoria da componente prova escrita (45%).

Notas de anos anteriores

- São válidas as notas de laboratório, trabalho prático e mini-testes dos anos lectivos 22/23 e 23/24. Os alunos que queiram usar estas notas têm que avisar os docentes respectivos no início do semestre, até ao dia 17 de fevereiro.

Funcionamento da UC (4)

Carga Horária tipo para 6 ECTS

Conteúdos Programáticos	Aulas			Semanas	Conteúdos Programáticos (cont.)	Aulas			Semanas
	T	TP	L			T	TP	L	
CP1 Introdução às redes de computadores					CP4 Subnível de acesso ao meio (MAC) e redes locais				
a. Classificação de redes e suas tecnologias	1	2	2	2	a. Motivação (alocação estática versus dinâmica)				
b. Serviços, protocolos e modelos de referência (OSI e TCP/IP)					b. Protocolos de acesso ao meio e sua análise	3	5	3	4
CP2 Nível físico					c. A família de protocolos IEEE 802: 802.3 e 802.11				
a. Caracterização e influência do meio físico	1	2		1	d. Interligação de redes locais (comutadores)				
b. Multiplexagem e comutação					e. VLAN e STP				
CP3 Nível ligação de dados					CP5 Nível rede				
a. Funcionalidades fundamentais do nível ligação de dados	3	3		2	a. Encaminhamento e expedição	2	2	1	1
b. Protocolos e sua análise					b. Encaminhamento estático e dinâmico, inundação				
					c. Algoritmos de encaminhamento				
					d. Protocolos de encaminhamento				
					CP6 Nível rede na Internet (IP)				
					a. O protocolo IPv4 (pacotes, encaminhamento, fragmentação)	2	2	2	2
					b. Endereçamento no protocolo IPv4				
					c. Protocolos chave na Internet: ICMP, ARP e DHCP.				
TOTAL									
	12	16	8						12

Consultar a informação da FUC no sistema fénix. Esta UC está estruturada para **150 horas** de trabalho em todo o semestre, em que 95 horas são de trabalho autónomo.

Bibliografia

•Bibliografia Básica:

- [1] “Computer Networks: A Systems Approach - 6^a edição”, Larry L. Peterson, Bruce S. Davie, Morgan Kaufmann, 2021.

•Bibliografia Complementar:

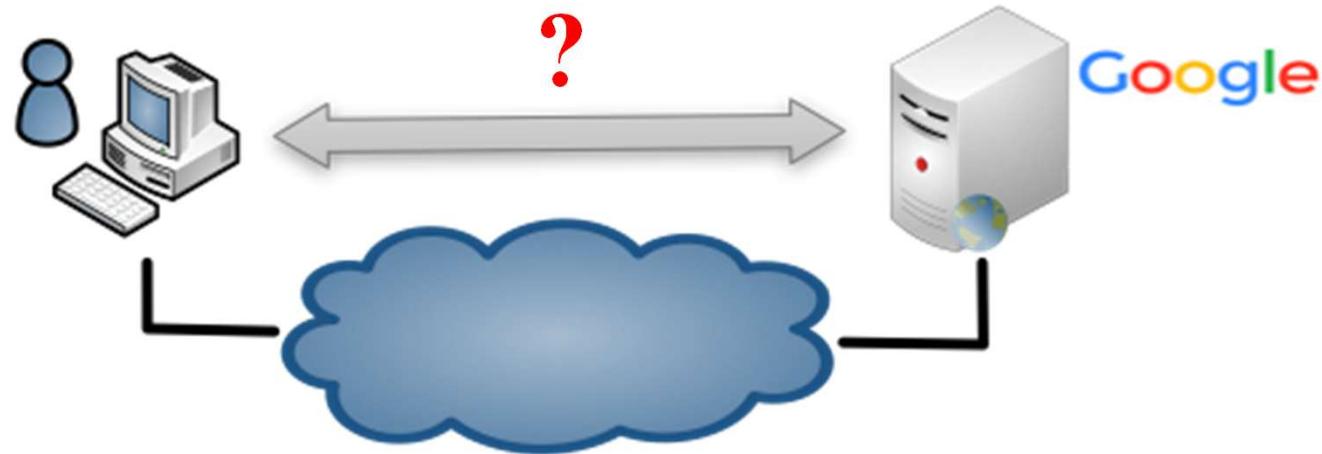
- [2] “Computer Networking: A Top-Down Approach - 8^a edição”, James F. Kurose, Keith W. Ross, Addison-Wesley, 2021.
- [3] “Computer Networks - 6^a edição”, Andrew S. Tanenbaum, Pearson, 2021.
- [4] “TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols”, W. Richard Stevens, Addison-Wesley, 1994.
- [5] “Internetworking with TCP/IP, Volume 1: Principles, Protocols, and Architectures - 6^a Edição”, Douglas Comer, Addison-Wesley, 2013.
- [6] “Data Communications, Computer Networks and Open Systems - 4^a edição”, Fred Halsall, Addison-Wesley, 1996.
- [7] “Data and Computer Communications - 9^a edição”, William Stallings, Prentice Hall, 2011.
- [8] “Data Communications and Networking 4^a edição”, Behrouz A. Forouzan, De Anza College, McGraw Hill 2006.
- [9] “Local Area Networks - 2^a edição”, Gerd Keiser, MacGraw Hill 2002.

CP1: Introdução às Redes de Computadores (refs.)

- Motivações e exemplos de aplicação de redes de computadores
(Peterson 2021, 1.1; Tanenbaum 2011, 1.1)
- Classificação de redes de computadores
(Peterson 2021, 1.2; Tanenbaum 2011, 1.2)
 - Tecnologia de transmissão
 - Modelo de comunicação
 - Transmissão de dados
 - Dimensão da rede
 - Interligação de redes
- Arquitecturas de redes de computadores
(Peterson 2021, 1.3, 1.4; Tanenbaum 2011, 1.3, 1.4; Stallings 1.3, 1.4)
(<http://www.itu.int/rec/T-REC-X.200-199407-I/en>)
(<http://www.ietf.org/rfc/rfc1180.txt>)
 - Definição de arquitectura
 - Serviços, interfaces, primitivas de serviço e protocolos
 - Modelo conceptual OSI do ISO e pilha protocolar TCP/IP

Motivações e objectivo da UC (1)

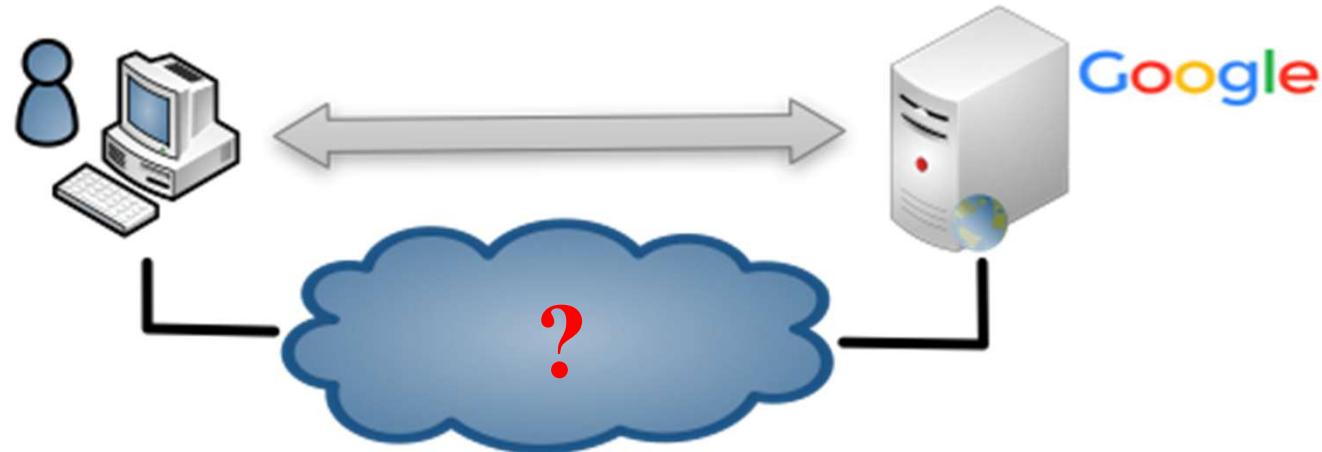
- Como se interligam sistemas computadores?
- Quais as questões/soluções fundamentais?
 - Exemplo: consulta de informação na *World Wide Web* (\neq Internet)



- Como trocam informação o meu *browser* e o servidor?
 - Protocolos (próxima aula).
 - Modelos de comunicação: ex. cliente/servidor (esta aula).

Motivações e objectivo da UC (2)

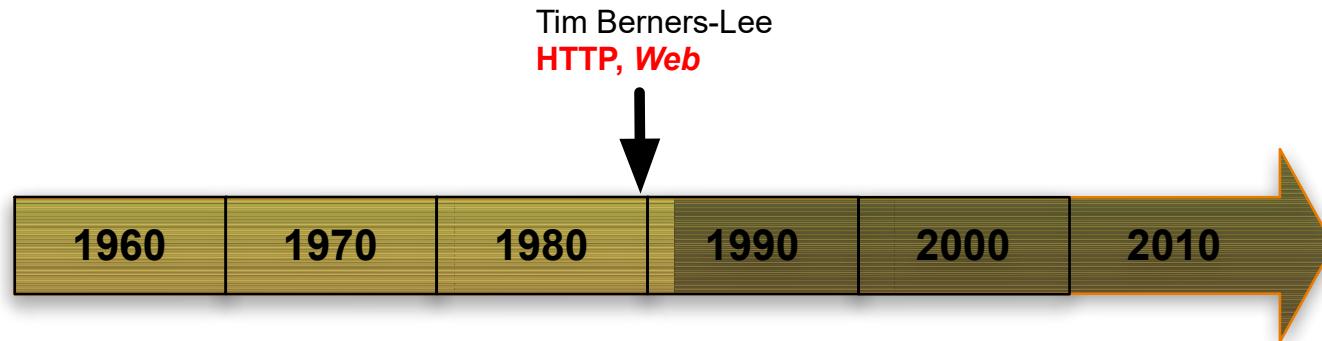
- Como se interligam sistemas computadores?
- Quais as questões/soluções fundamentais?
 - Exemplo: consulta de informação na *World Wide Web* (\neq Internet)



- O que é uma rede e como funciona? E a Internet?
 - Encaminhamento, expedição (iremos abordar este tópico no final do semestre).

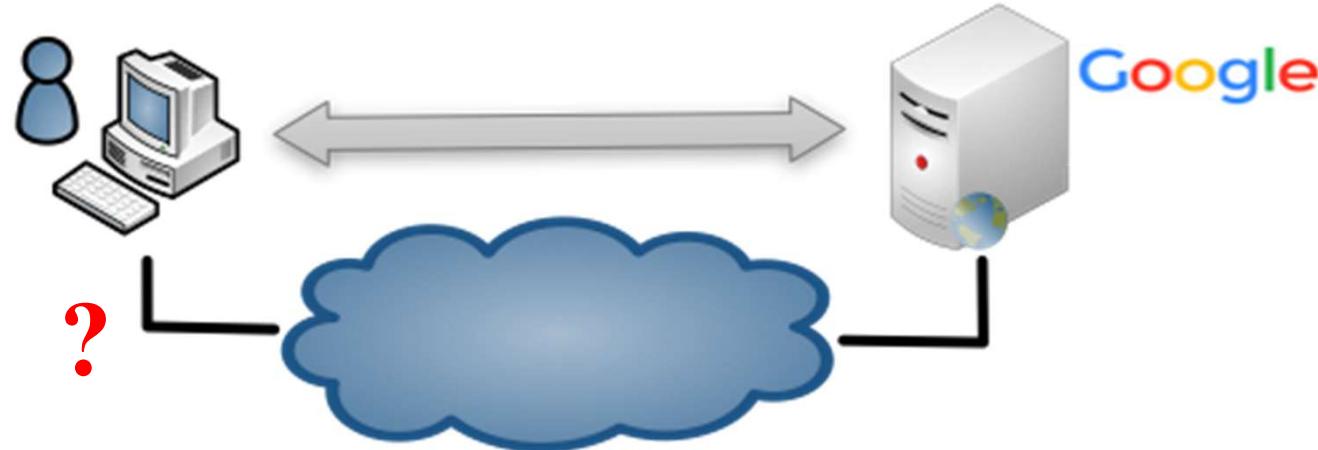
Momento da história: WWW

- World Wide Web (\neq Internet) ☺
- Tim Berners-Lee
 - Em 1989 implementa o protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol) usado para o acesso à páginas da World Wide Web.



Motivações e objectivo da UC (3)

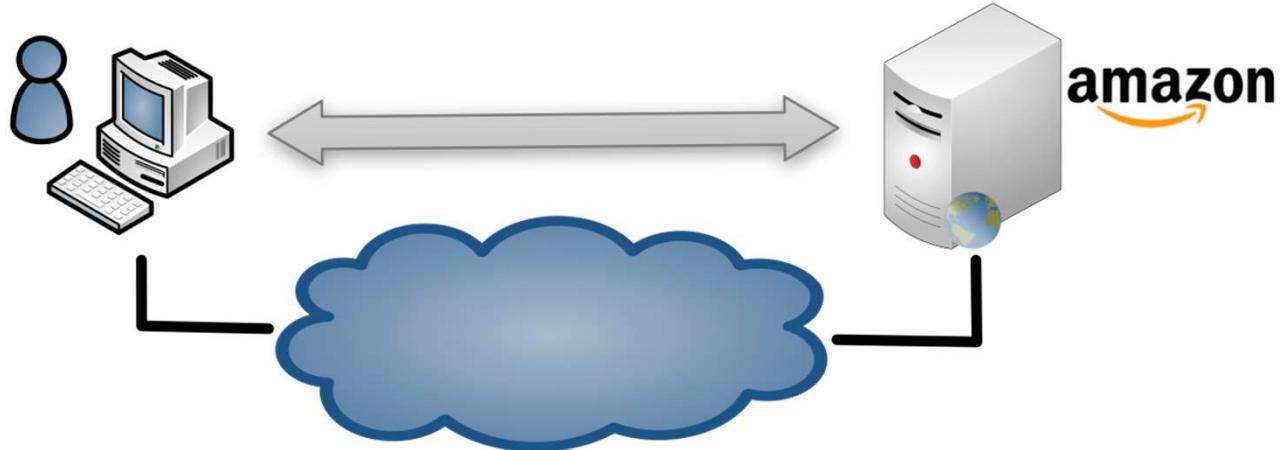
- Como se interligam sistemas computadores?
- Quais as questões/soluções fundamentais?
 - Exemplo: consulta de informação na *World Wide Web* (\neq Internet)



- Como é que são efectuadas as ligações à rede?
E no “interior” da rede, será diferente?
 - Meios físicos (CP2), ligações directas (CP3).

Motivações e objectivo da UC (4)

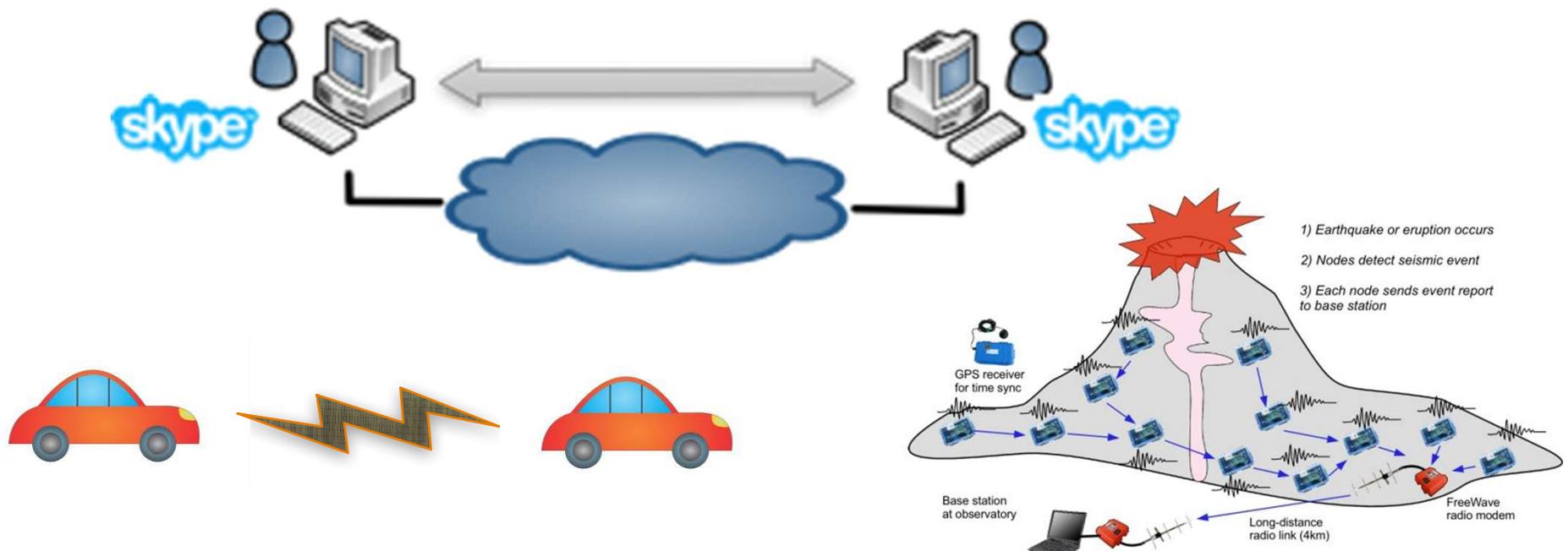
- As questões/soluções fundamentais mantêm-se?
- Outros exemplos de aplicação:
 - Exemplo: comércio electrónico (*Business to Consumer - B2C*)



- Existe ainda *Business to Business- B2B*

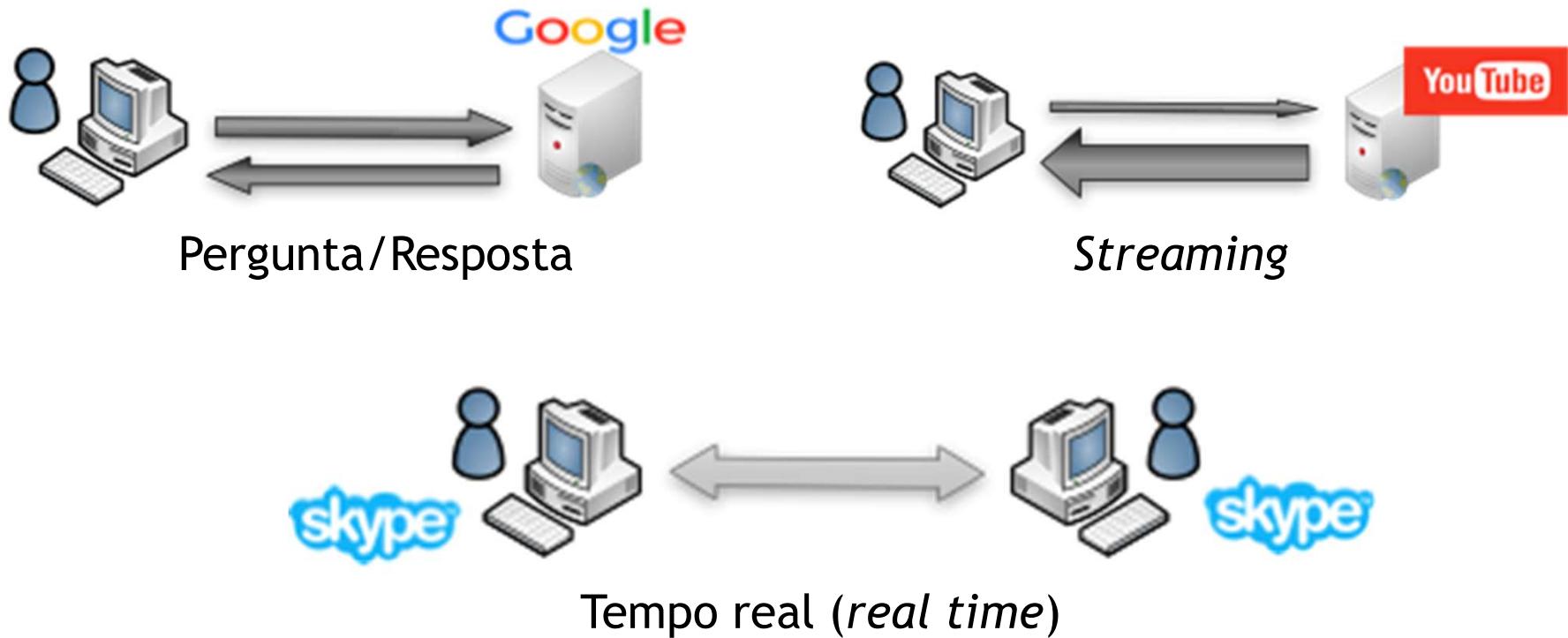
Motivações e objectivo da UC (5)

- As questões/soluções fundamentais mantêm-se?
- Outros exemplos de aplicação:
 - Exemplo: comunicações interpessoais, entre máquinas (M2M) e sensores



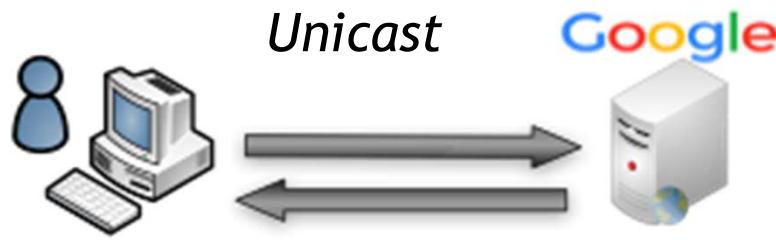
Motivações e objectivo da UC (6)

- As questões/soluções fundamentais mantêm-se?
 - Resposta difícil... depende dos requisitos: ex. *atrasos*.

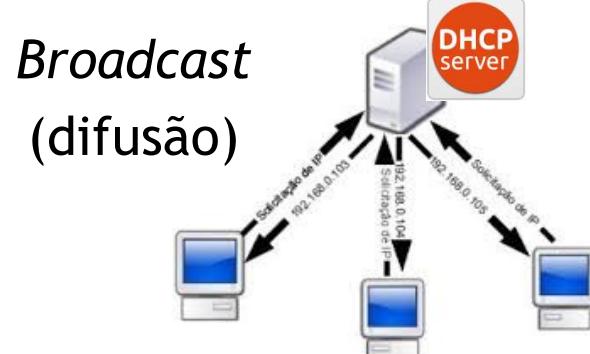
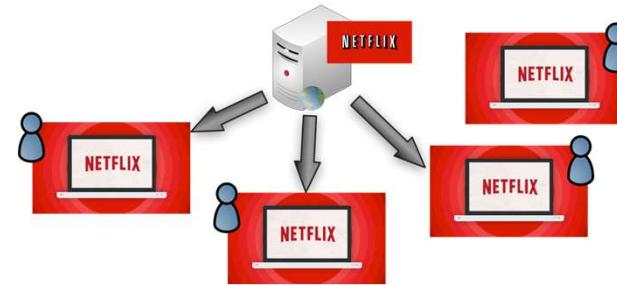


Motivações e objectivo da UC (7)

- As questões/soluções fundamentais mantêm-se?
 - Resposta difícil... depende do modelo de comunicação.



Multicast: Point-Multipoint

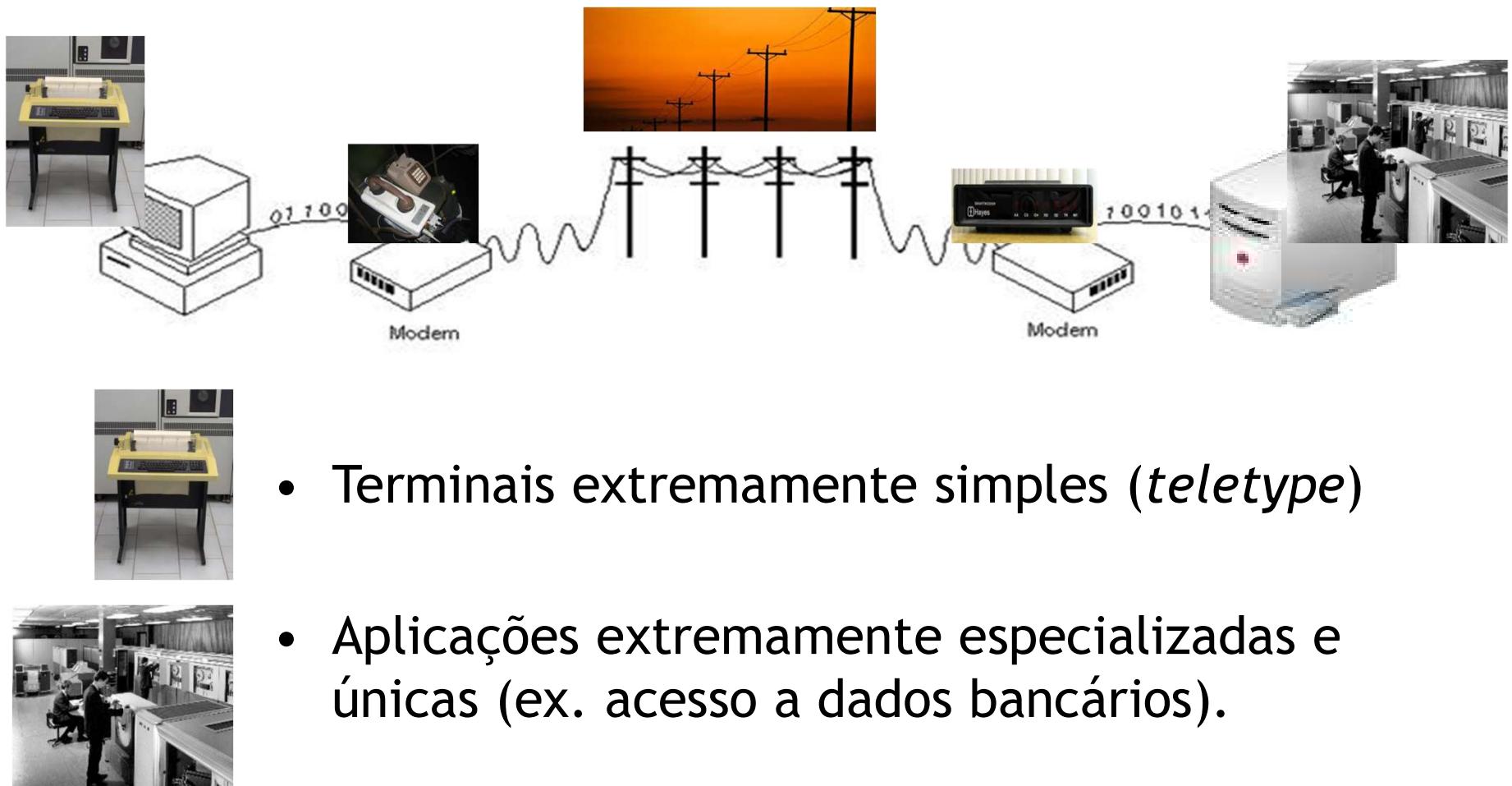


Multicast: Multipoint-Multipoint



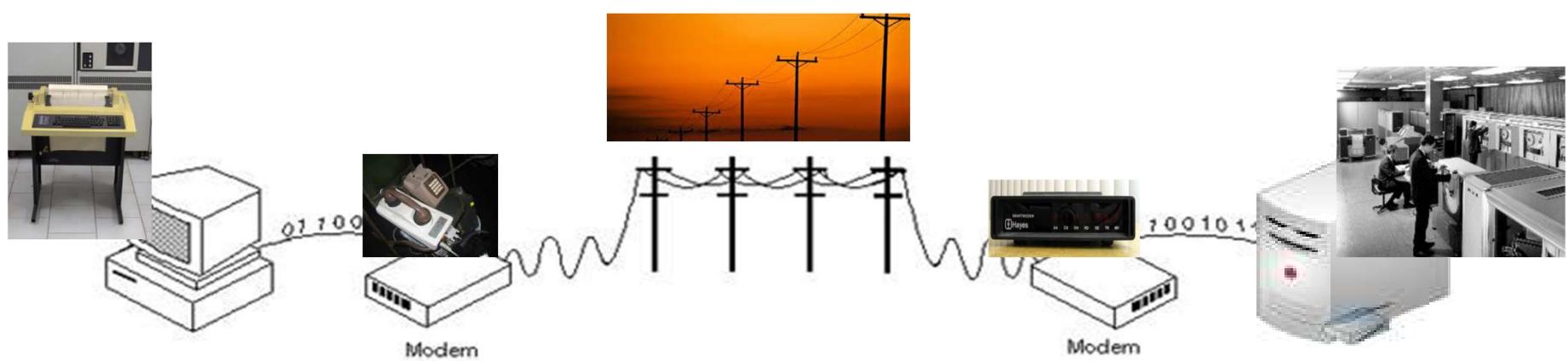
Redes e ligações (1)

- Como se começaram a interligar sistemas computadores?



Redes e ligações (2)

- Como se começaram a interligar sistemas computadores?

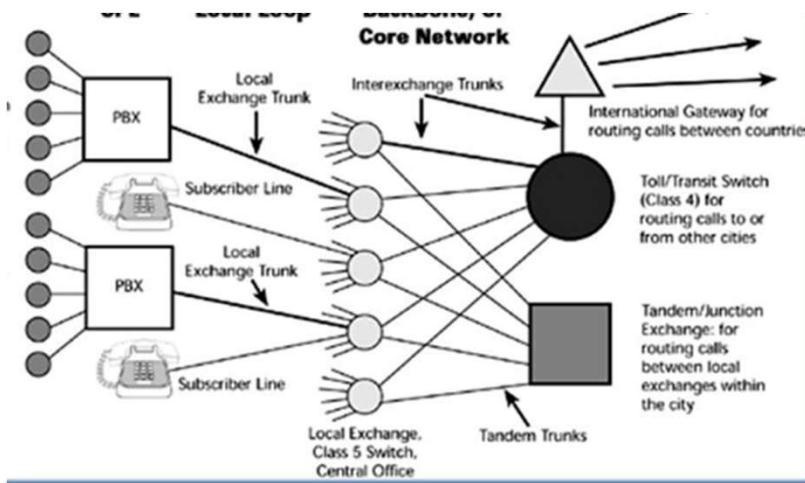


- Conecção direta (*direct link*)
 - Circuitos dedicados (linhas telefónicas), não constituíam uma rede.
- Equipamentos adequados à transmissão:
 - Moduladores/Demoduladores (*modems*)

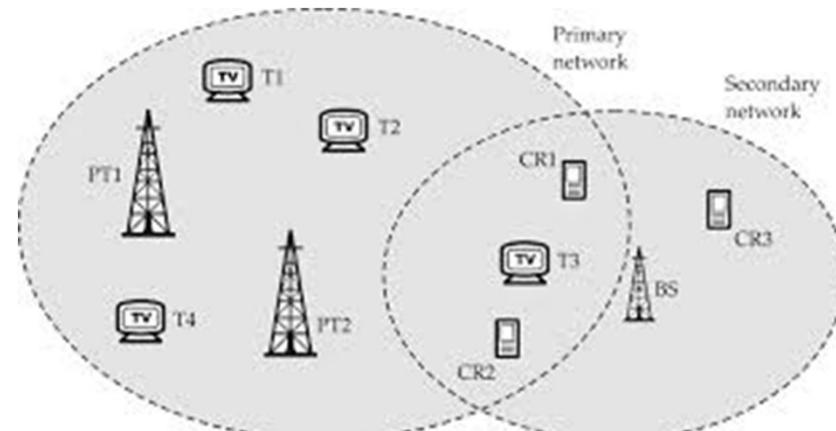
Redes e ligações (3)

- Que redes existiam antes das redes de computadores?

Rede telefónica



Rede difusão de rádio e televisão



Apresentam grandes diferenças em múltiplos aspectos.

Características dos sistemas de comunicação

- Tecnologia de transmissão (aspecto físico)

- Meio de transmissão

- Guiados - meio confinado
 - Não guiados - sem fios (“wireless”)
 - Infraestrutura mais fácil de instalar e mais flexível
 - Menor capacidade máxima
 - Taxa de erros elevada

- Partilha do meio de transmissão

- Por difusão - “broadcast”
 - Por ligação ponto-a-ponto - “point-to-point link”

Características dos sistemas de comunicação

- Transmissão de dados
 - Direccionalidade e simultaneidade

Simplex

(Ex. Difusão rádio e TV)



- Temporização
 - Síncrono : relógios do emissor e receptor têm o mesmo ritmo
 - Assíncrono : não existência de relógio

Duplex

Half-duplex

(Ex. Walkie-talkie, PTT)



Full-duplex

(Ex. Telefone)



Hartmut Häfele

Nota: Definição de *simplex* de acordo com ANSI,
A definição do ITU-T a definição de *simplex* é idêntica à de *half-duplex*

PTT: Push-To-Talk

Exemplos: Tecnologias e partilha do meio

ADSL:

- *Guiado,*
- *Point-to-point*



Foto: Björn Heller



Foto: Douglas Whitaker

2024-2025

Comunicações móveis:
• *Wireless,*
• *broadcast*



Foto: Luděk Hrušák

DOCSIS:

- *Guiado,*
- *broadcast*



ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line*

DOCSIS: *Data Over Cable Service Interface Specification*

Microwave link:

- *Wireless,*
- *point-to-point*



Foto: George Louis

Motivações para as REDES de computadores

- Eficiência: ter um circuito dedicado/reservado durante longos períodos de tempo não é eficiente (ex. acesso a páginas web).
- Robustez: rede sem pontos únicos de falha.

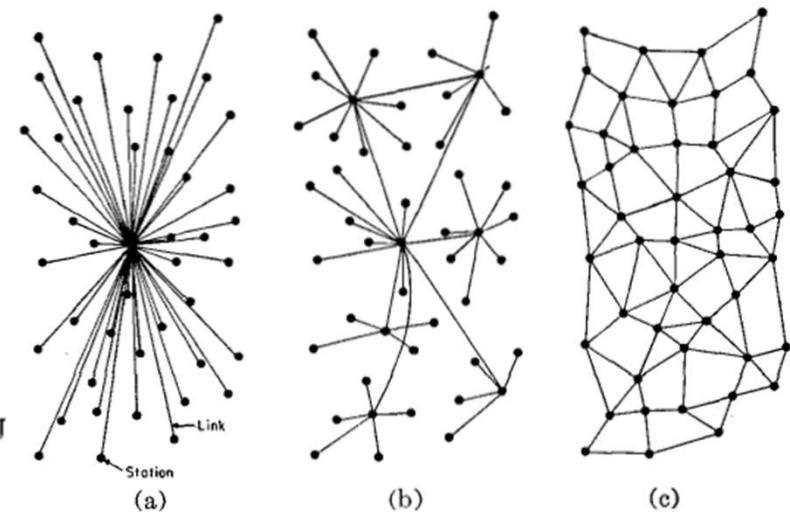
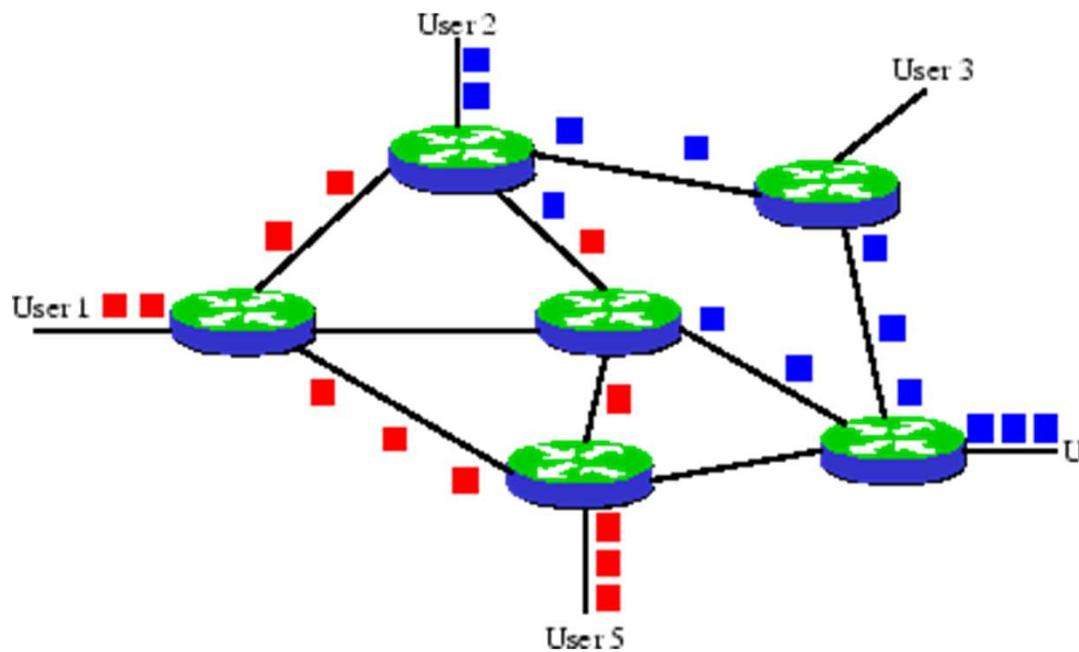


Fig. 1—(a) Centralized. (b) Decentralized. (c) Distributed networks.

Momento da história: comutação de pacotes

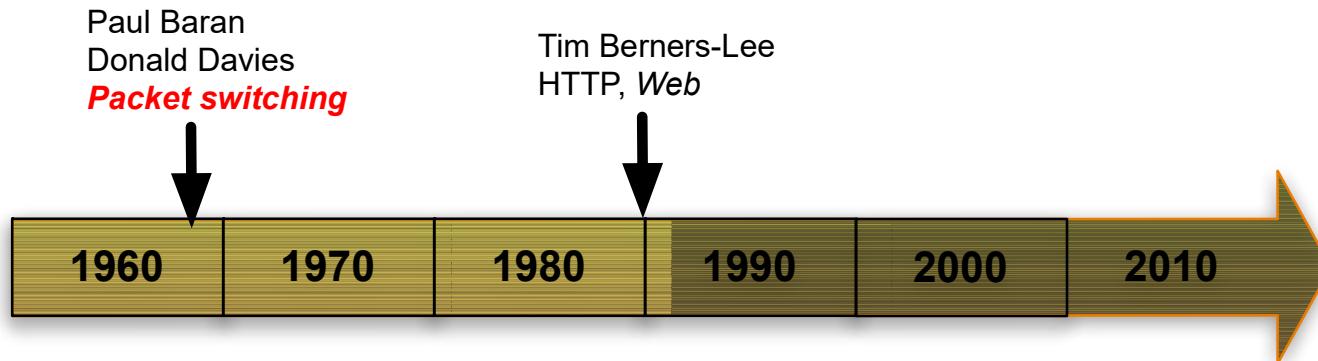
- Paul Baran (USA) e Donald Davies (UK)
 - Nos finais dos anos 60 concebem, de forma independente, a comutação de pacotes (*packet switching*)
 - A comutação de pacotes (mensagens) é o princípio fundamental das redes de computadores.



Paul Baran

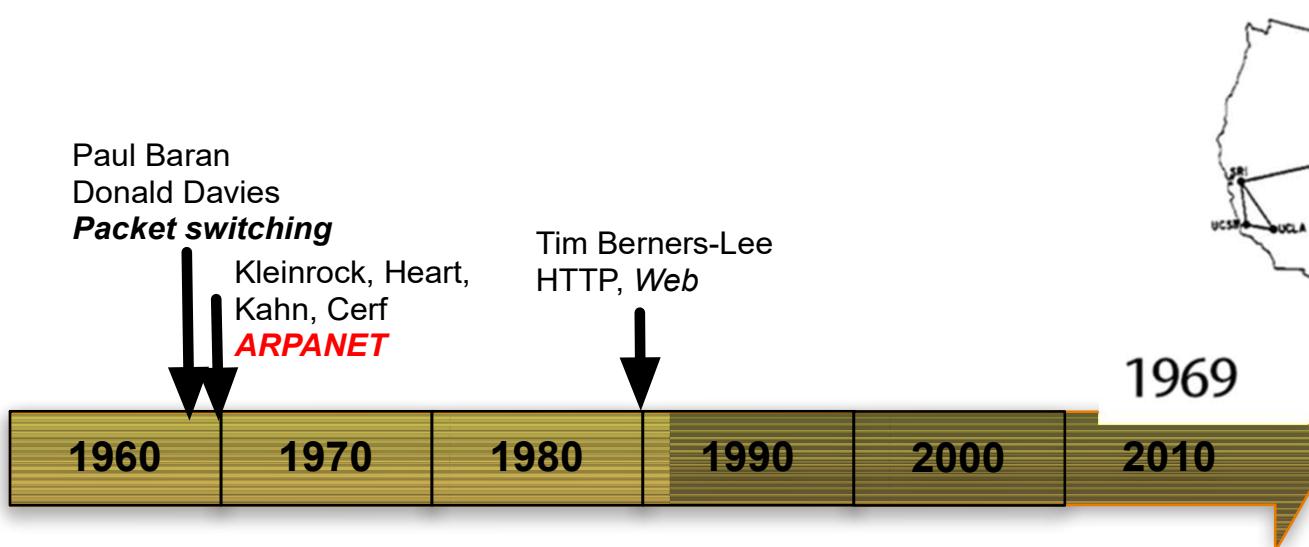


Donald
Davies

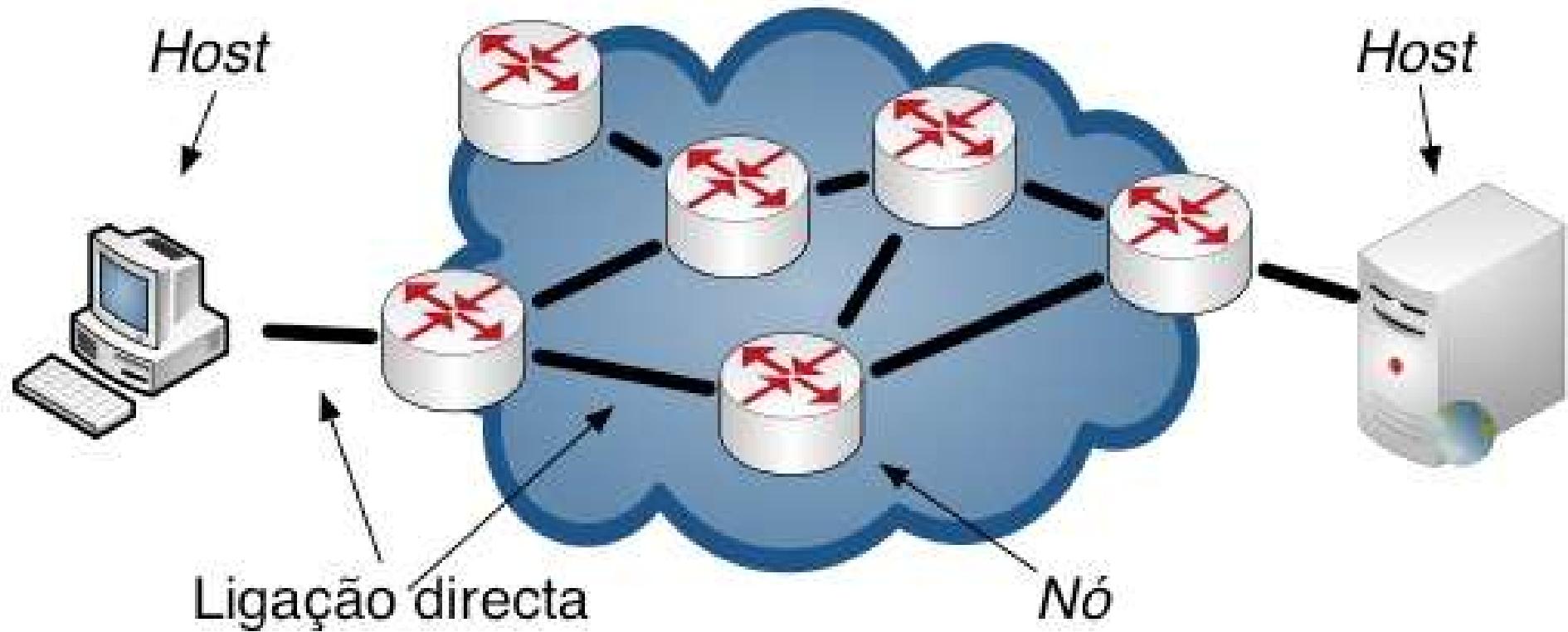


Momento da história: ARPANET

- Em 1963 J.C.R. Licklider discute o conceito de "Intergalactic Computer Network".
- Leonard Kleinrock, Frank Heart, Robert Kahn, Vint Cerf, entre outros implementam em 1969 **Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET)** usando o conceito de comutação de pacotes (mensagens).

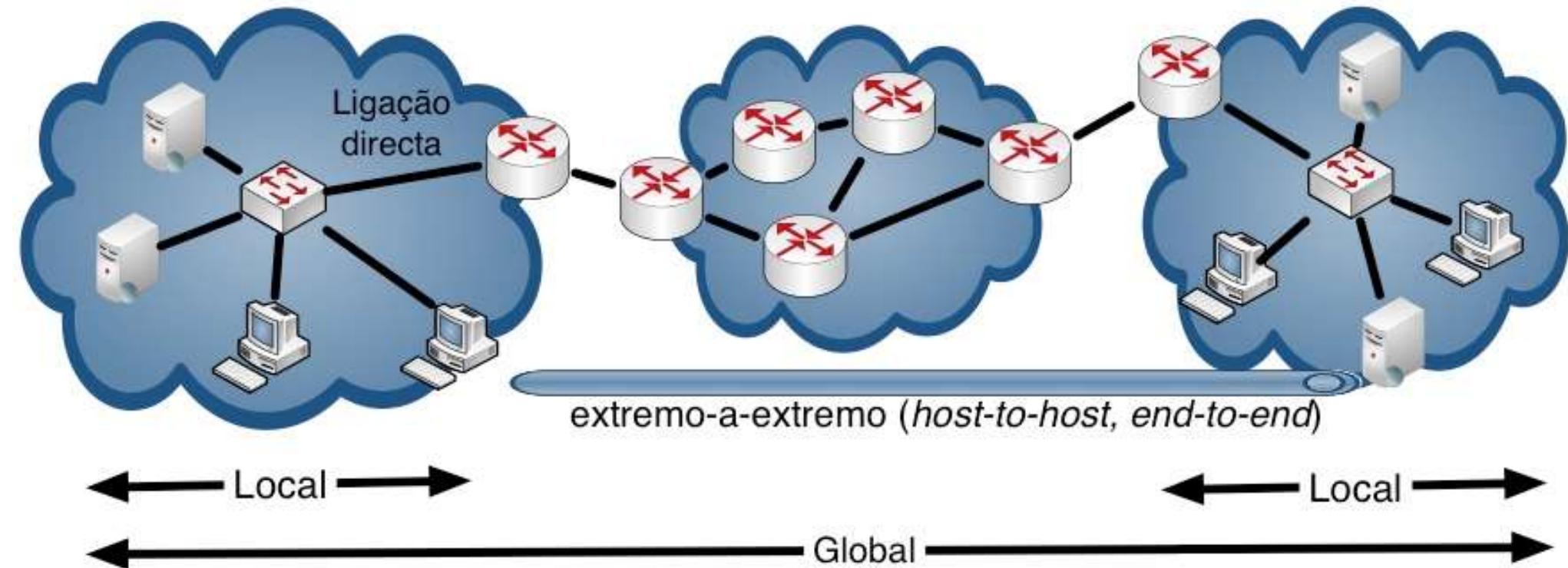


Componentes, típicos, de uma rede



Funcionalidades: conectividade

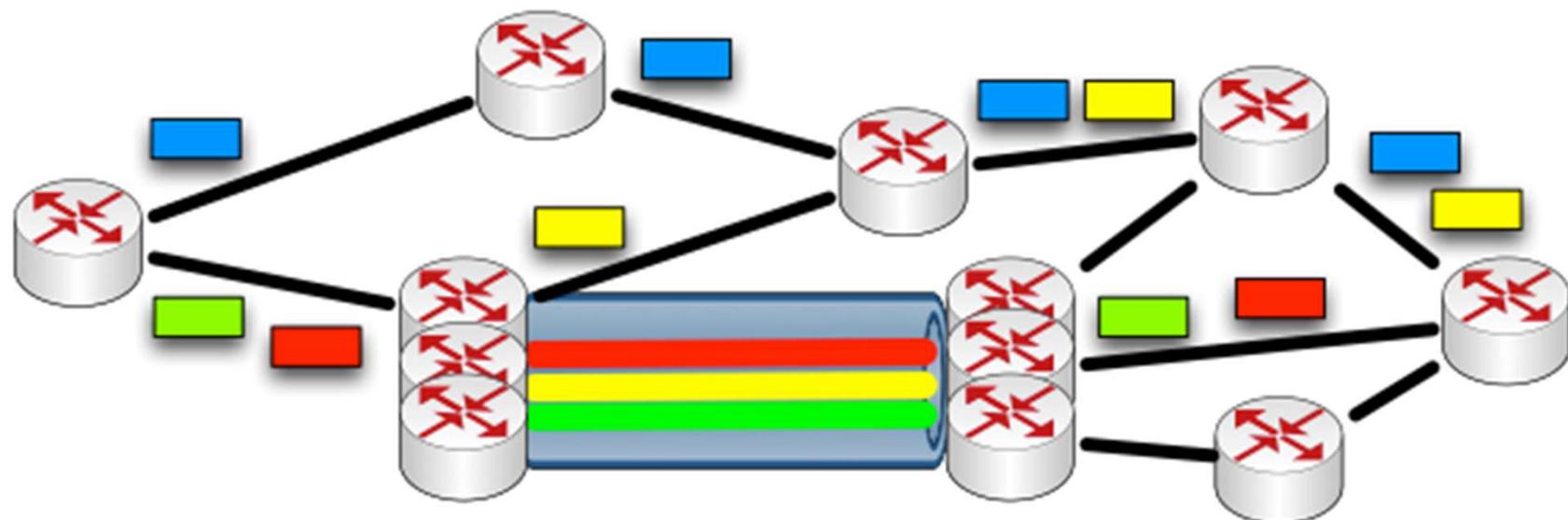
- Extremo-a-extremo: entre origem e destino
- Directa: Entre dois nós vizinhos na rede



- Local: Dentro de uma mesma rede (rede local - LAN)
- Global: Entre, e através de várias, redes (Internet)

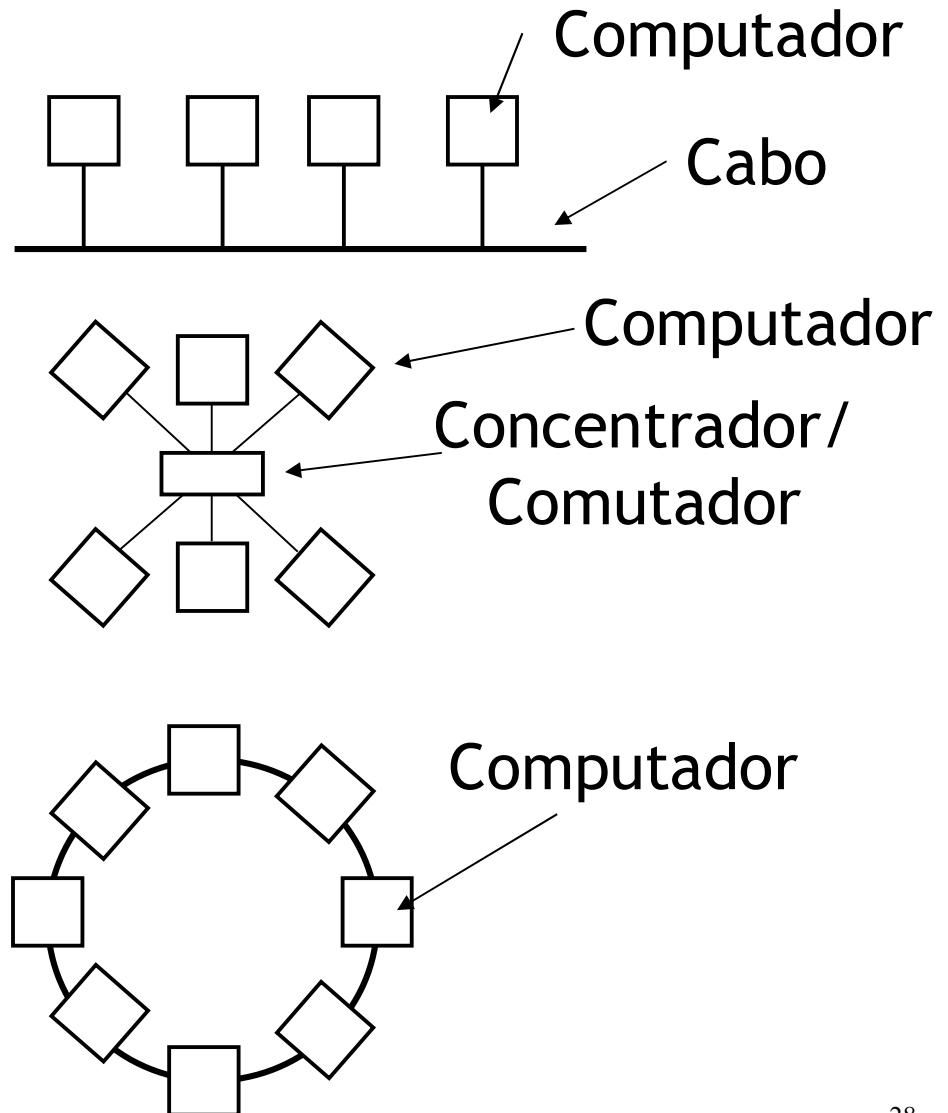
Funcionalidades: eficiência

- Partilha de recursos:
 - Partilha da rede: comutação
 - Partilha das ligações diretas: multiplexagem



Topologia de uma rede

- Barramento (*BUS*)
(e.g. *Thick e Thin Ethernet*)
- Estrela
(e.g. *Ethernet estruturada*)
- Anel (e.g. *Token Ring*)



Classificação das Redes de Computadores

- Dimensão da rede:

- *Personal Area Networks (PANs)*
- *Local Area Networks (LANs)*
- *Metropolitan Area Networks (MANs)*
- *Wide Area Networks (WANs)*

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	
100 m	Building	Local area network
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	
1000 km	Continent	Wide area network
10,000 km	Planet	The Internet

Personal Area Network (PAN)

- Exemplos

- Bluetooth (parcialmente descrito na norma IEEE 802.15), IrDA

- Poucos metros (não é necessariamente uma limitação)

- Bluetooth O(10m) - ondas rádio (2.45 GHz)
- Infravermelhos IrDA-SIR/FIR/VFIR O(10m) - infravermelhos
- Utilização de tecnologia WiFi



- Ritmos de transmissão

- Bluetooth 1.1 e 1.2 O(100kbps), 2.1 O(1Mbps), “3.0” O(10Mbps)
- Bluetooth 3.0 e 4.0 usam também tecnologia WiFi
- Bluetooth 4.0 modo simplificado para a poupança de energia
- Infravermelhos IrDA-SIR/FIR/VFIR/UFIR (115.2kbps/4Mbps/16Mbps, 96MBps)

- Atrasos muito pequenos (<1μs)

- Taxa de erros

- Muito baixa para IrDA (<10⁻⁸)
- Elevada para Bluetooth

IrDA - Infrared Data Association

SIR - Serial Infrared

FIR - Fast Infrared

VFIR - Very fast Infrared

UFIR - Ultra fast Infrared

Local Area Network (LAN)

- Exemplos
 - Ethernet (IEEE 802.3) , WiFi (IEEE 802.11)



Foto:ShakataGaNai



- Poucos quilómetros $O(1\text{km})$
- Ritmos de transmissão:
 - Ethernet 10 e 100 Mbps, Gigabit Ethernet 1Gbps, 10Gbps, 40/100 Gbps
 - WiFi (802.11a,g 54Mbps, 802.11b 11Mbps, 802.11n O(100Mbps)/600Mbps)
- Atrasos pequenos ($10\mu\text{s}$)
- Taxa de erros
 - Muito baixa para meios guiados ($<10^{-5}$ a $<10^{-12}$)
 - Elevada para meios sem fios e muito variável numa mesma ligação

Metropolitan Area Network (MAN)

- Exemplos:

- Redes HFC (IEEE 802.14/DOCSIS) e Redes FWA (IEEE 802.16)
- Rede DQDB (IEEE 802.6)

- Maior que uma LAN $O(10\text{km})$

Suporta diferentes classes de serviço: áudio, vídeo e dados

- Requisitos muito diferenciados para ritmos binários, taxa de erros e atraso
- Para utilizadores finais representa a “rede de acesso”

- Mesma tecnologia

- Homogeneidade na tecnologia em toda a rede

- Baixas taxas de erros (mesmo nas ligações sem fios)

HFC: *Hybrid Fiber Coax*

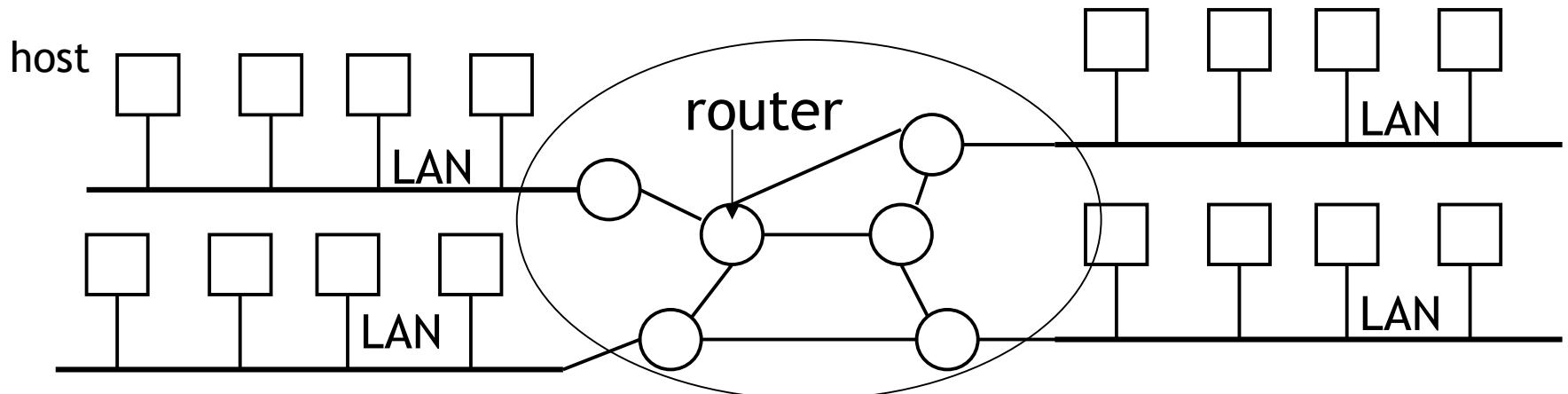
DOCSIS: *Data Over Cable Service Interface Specification*

FWA: *Fixed Wireless Access*

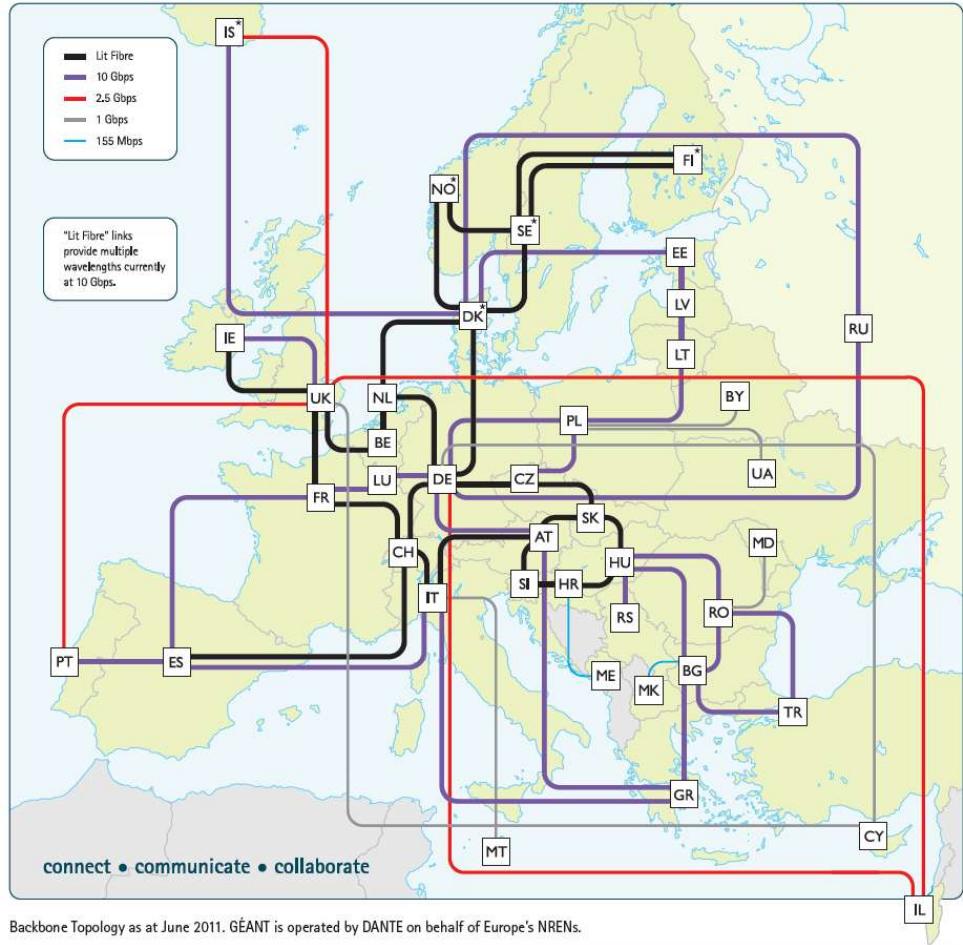
DQDB: *Dual Queue Dual Bus*

Wide Area Network (WAN)

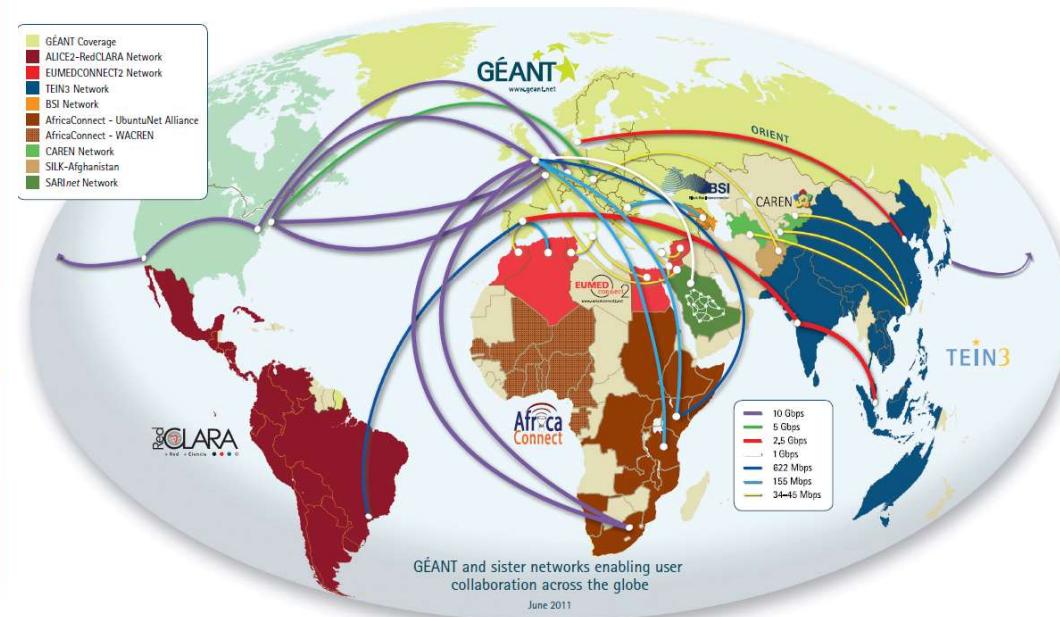
- É constituída por:
 - Ligações de altíssima capacidade que transportam os bits
 - Comutadores (“switch” ou “router”): equipamentos que encaminham os bits entre as diferentes ligações
 - Heterogeneidade nas tecnologias ao longo da rede
- Cobre um país ou um continente



Wide Area Network (exemplos)

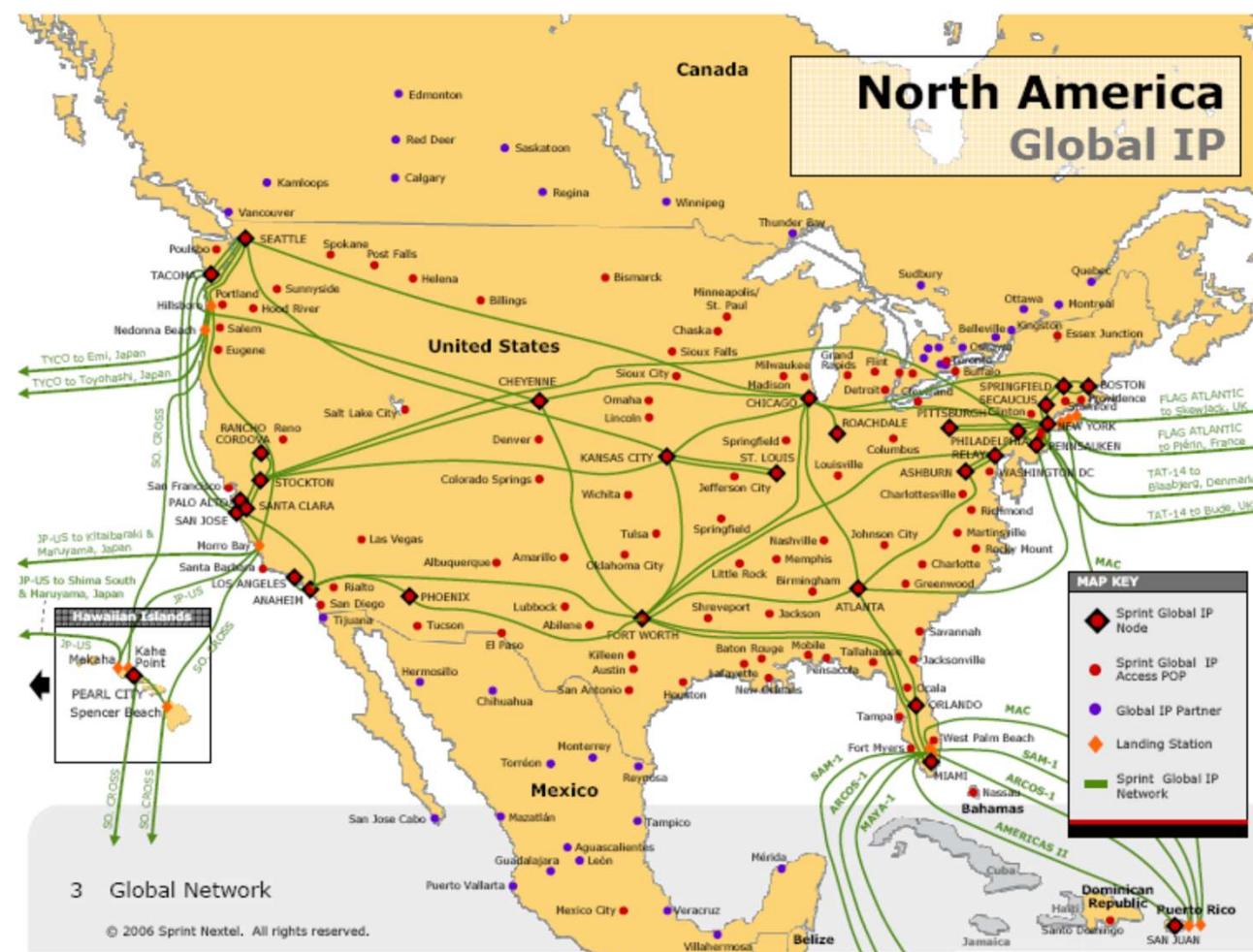


Em Portugal o acesso à WAN GÉANT é feito através da Rede para a Computação Científica Nacional pertencente à FCCN (Fundação para a Computação Científica Nacional)



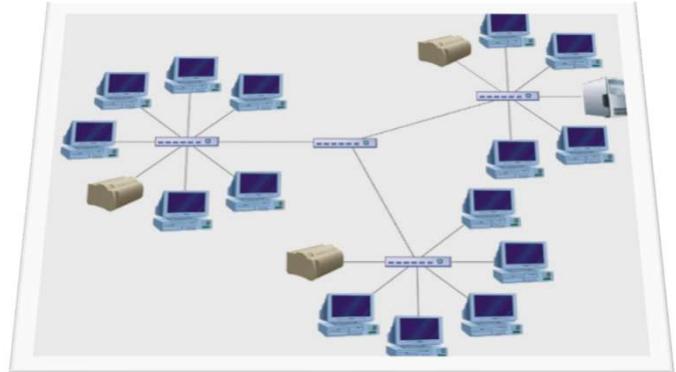
Wide Area Network (exemplos)

- SPRINT (Rede comercial, ISP Tier 1 baseado nos EUA)



Interligação de redes “*Internetworks*”

- Chama-se “*internetwork*”, ou apenas “*internet*” a um conjunto de redes interligadas.
- Utilizadores localizados em redes com diferentes suportes físicos (“*hardware*”) e lógicos (“*software*”) podem trocar informação desde que as suas redes estejam interligadas através de nós de interligação (“*gateways*”) que adaptam quer o “*hardware*” quer o “*software*”.
- A “Internet”: “*internet*” específica de cobertura mundial interligando universidades, departamentos governamentais, empresas e indivíduos.



Arquitectura de Rede (1)

- «*Princípios de concepção, configuração física, organização funcional, procedimentos operacionais e formatos de dados usados como base na concepção, construção, modificação e operação de uma rede de comunicações.*» * http://en.wikipedia.org/wiki/Network_architecture
- Nome dado a um conjunto de camadas, entidades, protocolos e interfaces.
- Entidades organizadas conceptualmente em camadas/níveis (*layers/levels*)
- Entidades de uma camada ‘conversam’ apenas com entidades da mesma camada do outro “equipamento” (entidades pares - *peers*).
 - Os “*peers*” comunicam de acordo com o protocolo da sua camada.
Esta troca de informação é conceptual, porque...
 - Só no meio físico é que ocorre a troca de bits
- Entidades de uma camada passam a informação (controlo e dados) a entidades da camada imediatamente abaixo
- Entre duas camadas contíguas na mesma entidade existe uma interface.
 - Interface: define que serviços (e respectivas primitivas) são oferecidos pela camada inferior à camada superior

Arquitectura de Rede (2)

- Cada camada deve corresponder a um nível de abstracção diferente
- A função de cada camada deve ser definida de modo a facilitar a normalização de protocolos internacionais
- As entidades de cada camada devem ter uma função bem definida
- As fronteiras de cada camada devem ser escolhidas de modo a minimizar o fluxo de informação nas interfaces
- O número de camadas deve ser suficiente para que funções distintas não estejam na mesma camada e a arquitectura não se torne inutilizável

Arquitectura de Rede (3)

- Conjunto de regras (Protocolo) que governa a troca de dados entre entidades pares:
 - Sintaxe (formato da informação),
 - Semântica (significado da informação),
 - Temporização (controlo de sequência e fluxo da informação).
- Nas unidades de dados dos protocolos (PDU) existe a troca de dois tipos de informação:
 - Dados (Payload)
 - Controlo (PCI - Protocol Control Information, tipicamente um cabeçalho, header)
- Troca virtual e troca “real” de dados.
 - Impossibilidade dos níveis superiores ($n > 1$) trocarem dados fisicamente.
 - Necessidade de usarem serviços do nível inferior ($n-1$).

Ex.: Sintaxe/Semântica - *Ethernet*

Recommendation IEEE 802.1Q

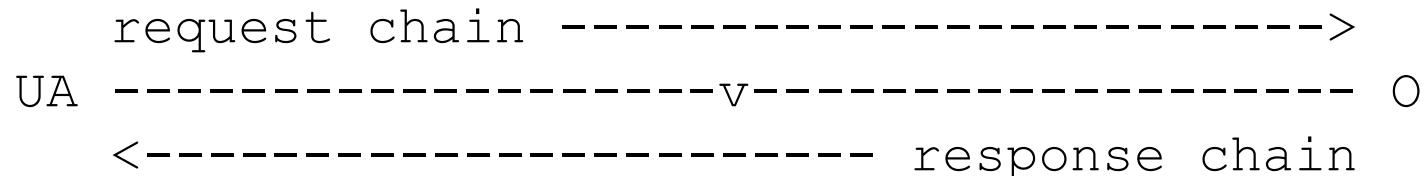
Sintaxe		Semântica (Length/EtherType)	
		ETHERTYPE VALUE (Hex.)	PROTOCOL
7 OCTETS	PREAMBLE		
1 OCTET	SFD		
6 OCTETS	DESTINATION ADDRESS		
6 OCTETS	SOURCE ADDRESS		
2 OCTETS	LENGTH/TYPE = 802.1Q Tag Type	0000 - 05DC	IEEE 802.3 Length Field
2 OCTETS	TAG CONTROL INFORMATION	8000	IPv4 Internet Protocol
2 OCTETS	MAC CLIENT LENGTH/TYPE	8600	ARP frame
42-1500 OCTETS	MAC CLIENT DATA	8100	IEEE Std 802.1Q
	PAD	22E2	IEEE Std. 802.1aj
4 OCTETS	FRAME CHECK SEQUENCE	22F4	IS-IS - IETF RFC 1195
	EXTENSION		

Ex.: Temporização - HTTP 1.1

Request for Comments: 2616
Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1

1.4 Overall Operation

The HTTP protocol is a request/response protocol.
A client sends a request to the server... .
The server responds



O – Origin Server

UA – User Agent

v – Single Connection

Ex.: Sintaxe/Semântica - HTTP 1.1

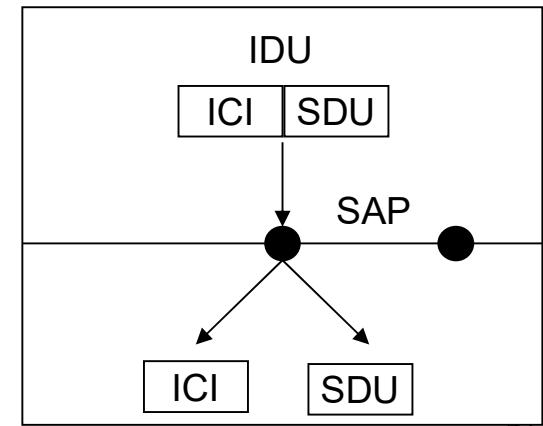
Request for Comments: 2616

Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1

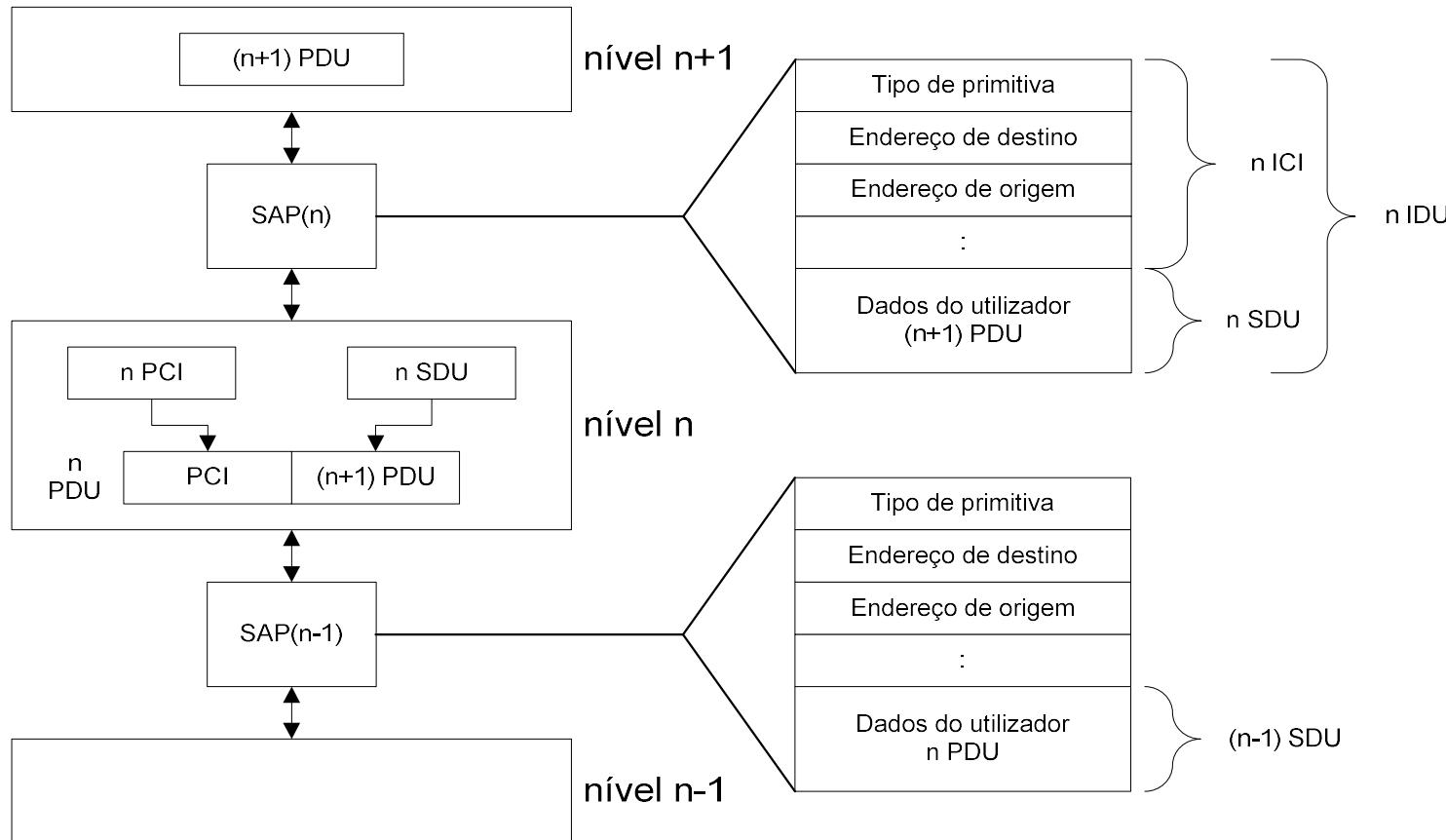
Sintaxe	Semântica
<p>6 Response</p> <pre>Response = Status-Line *((general-header response-header entity-header) CRLF) CRLF [message-body]</pre> <p>6.1 Status-Line</p> <pre>Status-Line = HTTP-Version SP Status-Code SP Reason-Phrase</pre> <p>6.1.1 Status Code</p> <p>The Status-Code element is a 3-digit integer</p>	<p>6.1.1 Status Code</p> <p>The first digit of the Status-Code defines the class of response.</p> <ul style="list-style-type: none">- 1xx: Informational - Request received, continuing process- 2xx: Success - The action was successfully received, understood, and accepted- 4xx: Client Error - The request contains bad syntax or cannot be fulfilled <p>Status-Code =</p> <ul style="list-style-type: none"> "100" ; Continue "200" ; OK "404" ; Not Found "407" ; Authentication Required

Arquitectura de Rede (4)

- Existência de diferentes *serviços* que podem ser invocados nas *interfaces*
- Existência de diferentes pontos de acesso aos serviços (*Service Access Point - SAP*)
- Nas interfaces existe troca de unidades de dados (*Interface Data Unit - IDU*) constituídas por dois tipos de informação:
 - Dados (*Service Data Unit - SDU*)
 - Controlo (*Interface Control Information - ICI*)



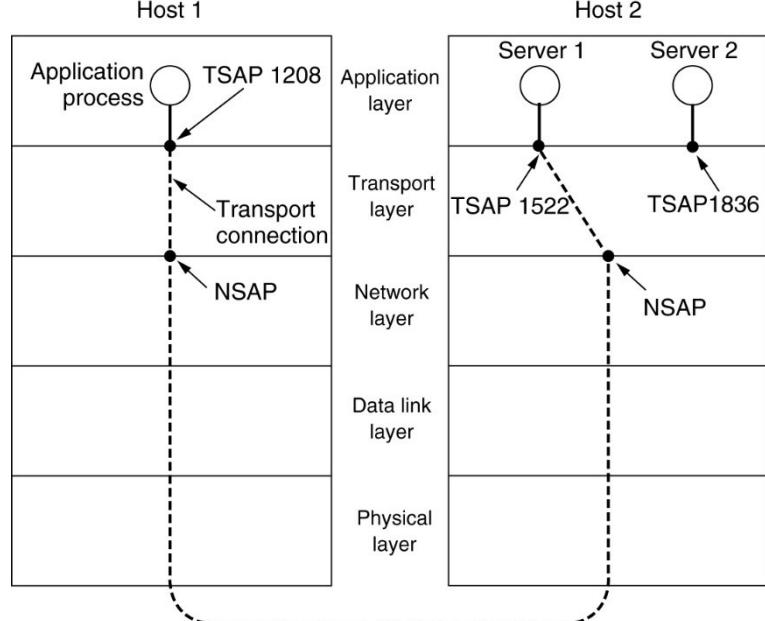
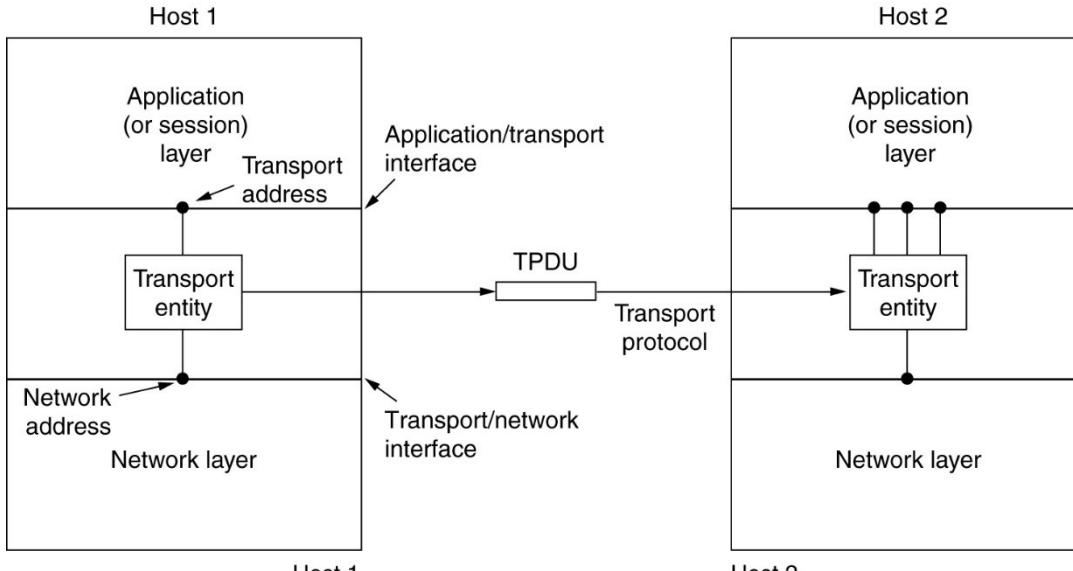
Interfaces e Serviços



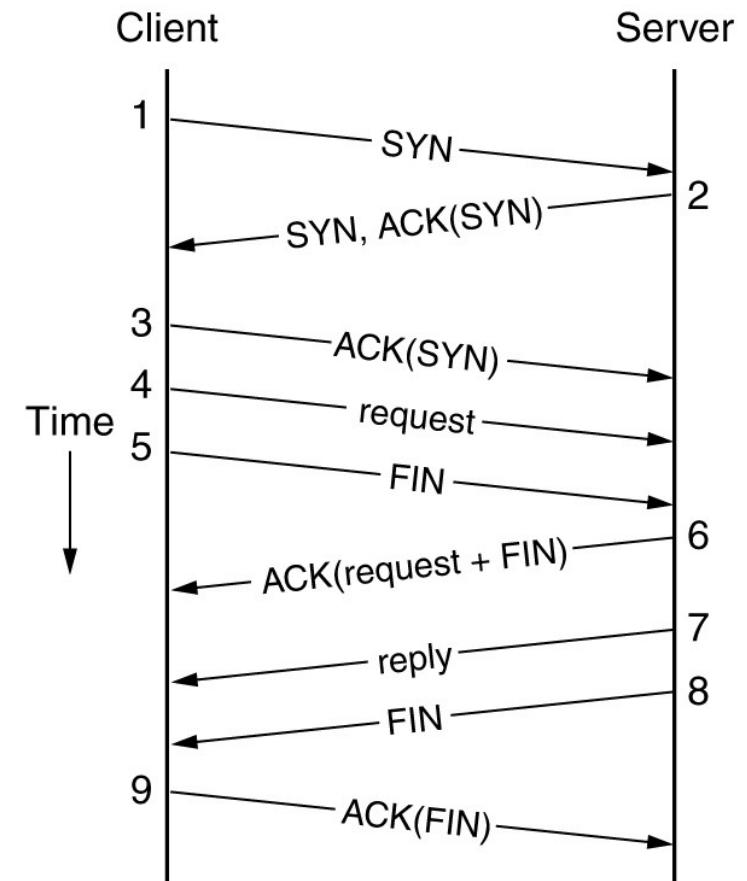
Service Access Point (SAP)
Interface Data Unit (IDU)
Interface Control Information (ICI)
Service Data Unit (SDU)

Protocol Data Unit (PDU)
Protocol Control Information (PCI)

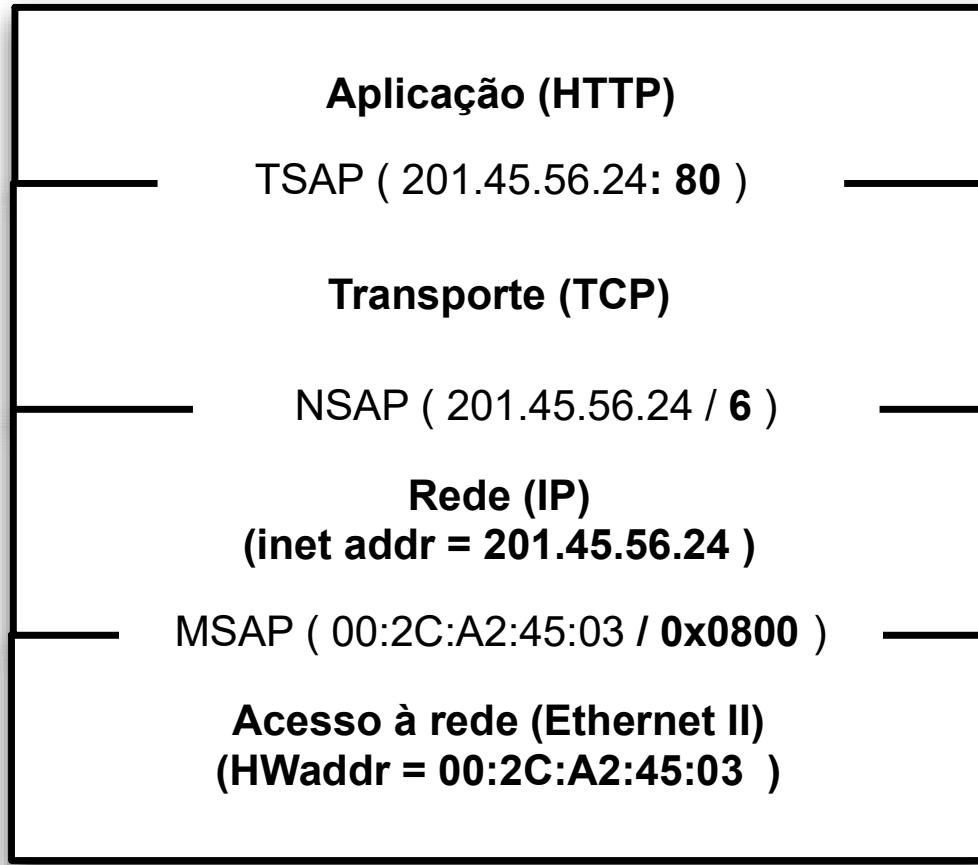
Serviços e Protocolos (Modelo TCP/IP)



Estabelecimento e fecho de uma ligação do nível de transporte (full-duplex)



Endereços e SAP (Modelo TCP/IP)



Exemplos (Modelo TCP/IP)

- **TSAP**: 80 selector HTTP
- **NSAP**: 6 selector TCP
- **MSAP**: 0x0800 selector IP

Nota: No Modelo OSI os SAP são referidos através da concatenação do endereço da entidade desse nível, N , com um selector que se refere ao protocolo no nível $N+1$.

Primitivas de serviços* (Modelo OSI[†] da ITU-T)

- Formato das primitivas: `N_Service.type(parameters_list)`

N Indicação do nível prestador do serviço

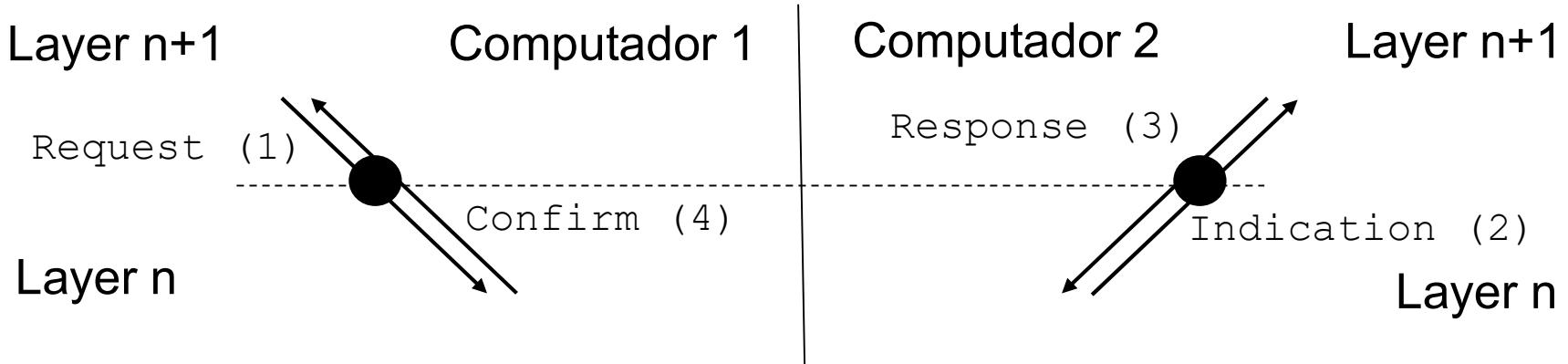
Service Serviço que está a ser utilizado

Type Tipo de primitiva

parameters_list Parâmetros usados para o serviço

- Tipos de primitivas

- <Request, Indication>; <Response, Confirm>

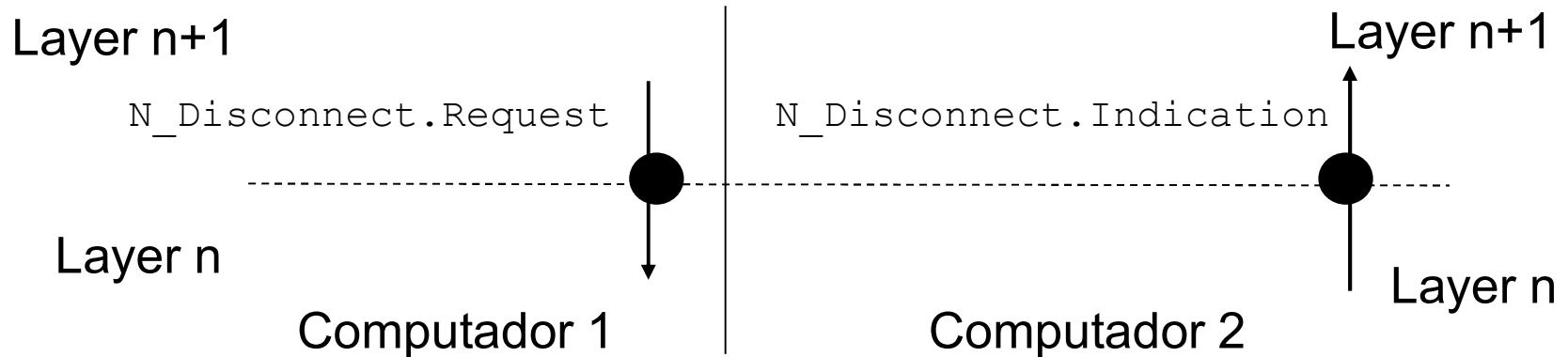


* Serviço prestado por uma camada a outra (não serviço de utilizador final)

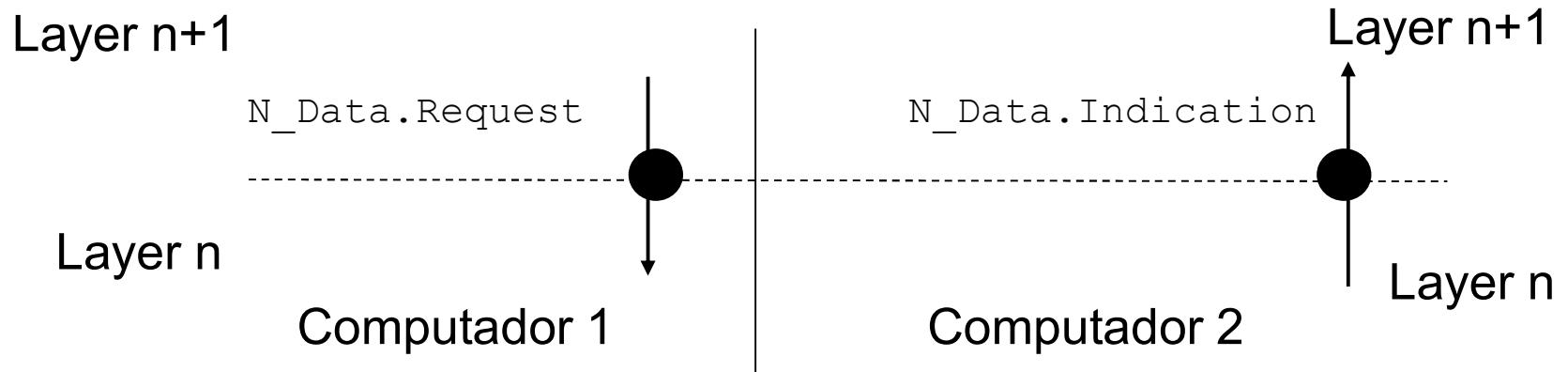
[†] *Open Systems Interconnection*

Exemplos de primitivas de serviços (Modelo OSI)

- Gestão da ligação

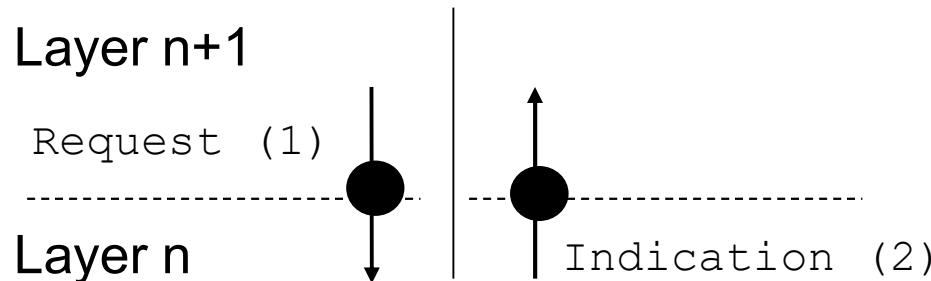


- Transferência de dados



Classificação de serviços: confirmação

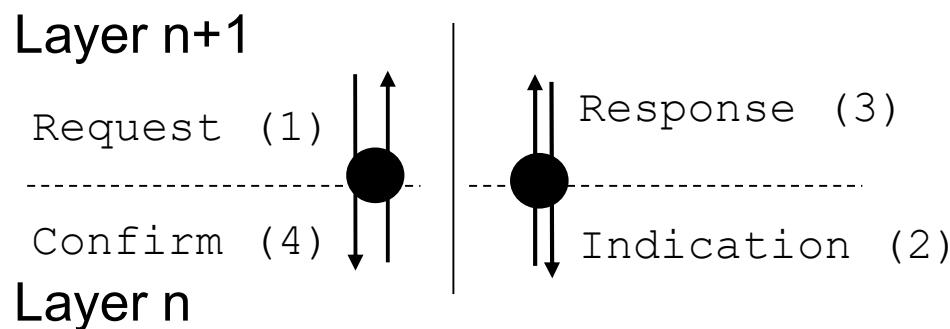
- Sem confirmação (não-confirmado)



Exemplo(s):

- Envio de uma carta “normal”
- Envio de um pacote IP

- Com confirmação (confirmado)



Exemplo(s):

- Envio de uma carta “com aviso de recepção”
- Pedido de ligação TCP

Os serviços confirmados exigem que o utilizador **par** do serviço confirme explicitamente (positiva, ou negativamente) o pedido

Classificação de serviços: fiabilidade

- Fiável

- Ao cliente do serviço (entidade nível N+1) é dada a garantia pelo prestashop do serviço (entidade nível N) que o serviço é cumprido
(Garantido pelo protocolo de nível N, através da troca de N_PDUs)
(Não tem que ser confirmado)

- Exemplo(s):

- Envio de uma carta “registada”
- Envio de um segmento TCP

- Não fiável

- Ao cliente do serviço (entidade nível N+1) não é dada a garantia pelo prestador do serviço (entidade nível N) que o serviço seja cumprido (não há garantia de entrega das Protocol Data Unit(s))

- Exemplo(s):

- Envio de uma carta “normal”
- Envio de um pacote IP

Classificação de serviços: ligação lógica

- Com ligação lógica (*connection-oriented*)

- *Implica a existência de três fases:*

- 1) estabelecimento de ligação, 2) troca de dados, 3) fecho da ligação

- *Exemplos*

- *Message stream* e.g., sequência de páginas

- *Byte stream* e.g., *remote login*

- *Unreliable connection* e.g., voz digitalizada

- Sem ligação lógica (*connectionless*)

- *Uma única fase:*

- *troca de dados*

- *Exemplos*

- *Datagram* e.g., correio electrónico

- *Acknowledge datagram* e.g., correio registado

- *Request-Reply* e.g., consulta a base de dados

Exemplos de primitivas de serviços (IEEE 802.1Q)

6.1 Basic architectural concepts and terms

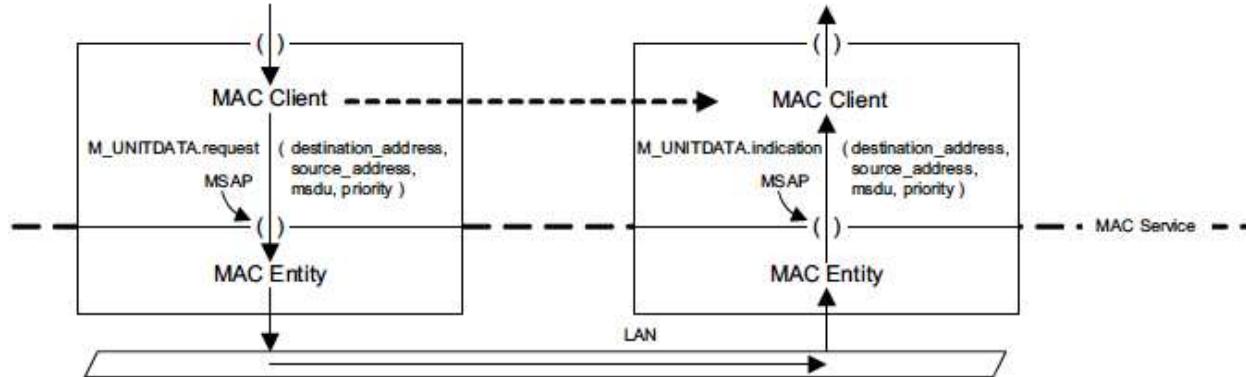


Figure 6-2—MAC entities, the MAC Service, and MAC Service users (clients)

6.1.8 Connectionless connectivity

The MAC Service supported by an IEEE 802 LAN provides connectionless connectivity,...

6.5.2 Frame loss

The MAC Service does not guarantee the delivery of Service Data Units.

6.6.1 Service primitives and parameters

The ISS is specified by two unit-data primitives, an **M_UNITDATA.indication** and an **M_UNITDATA.request**, together with the parameters of those primitives.

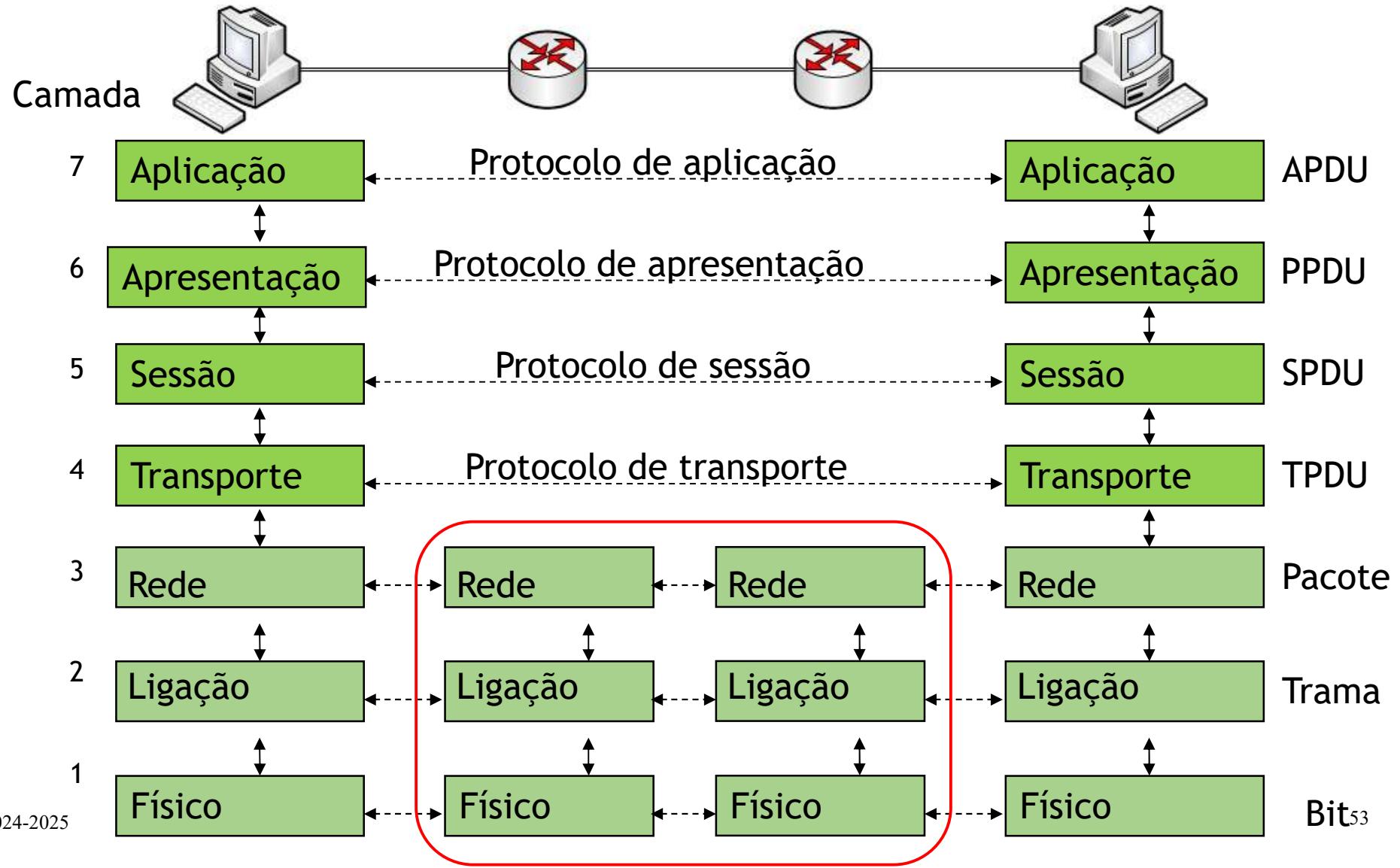
A data request primitive is invoked to transmit a frame to an individual LAN.

Each **M_UNITDATA** indication corresponds to the receipt of an error-free MAC frame from a LAN.

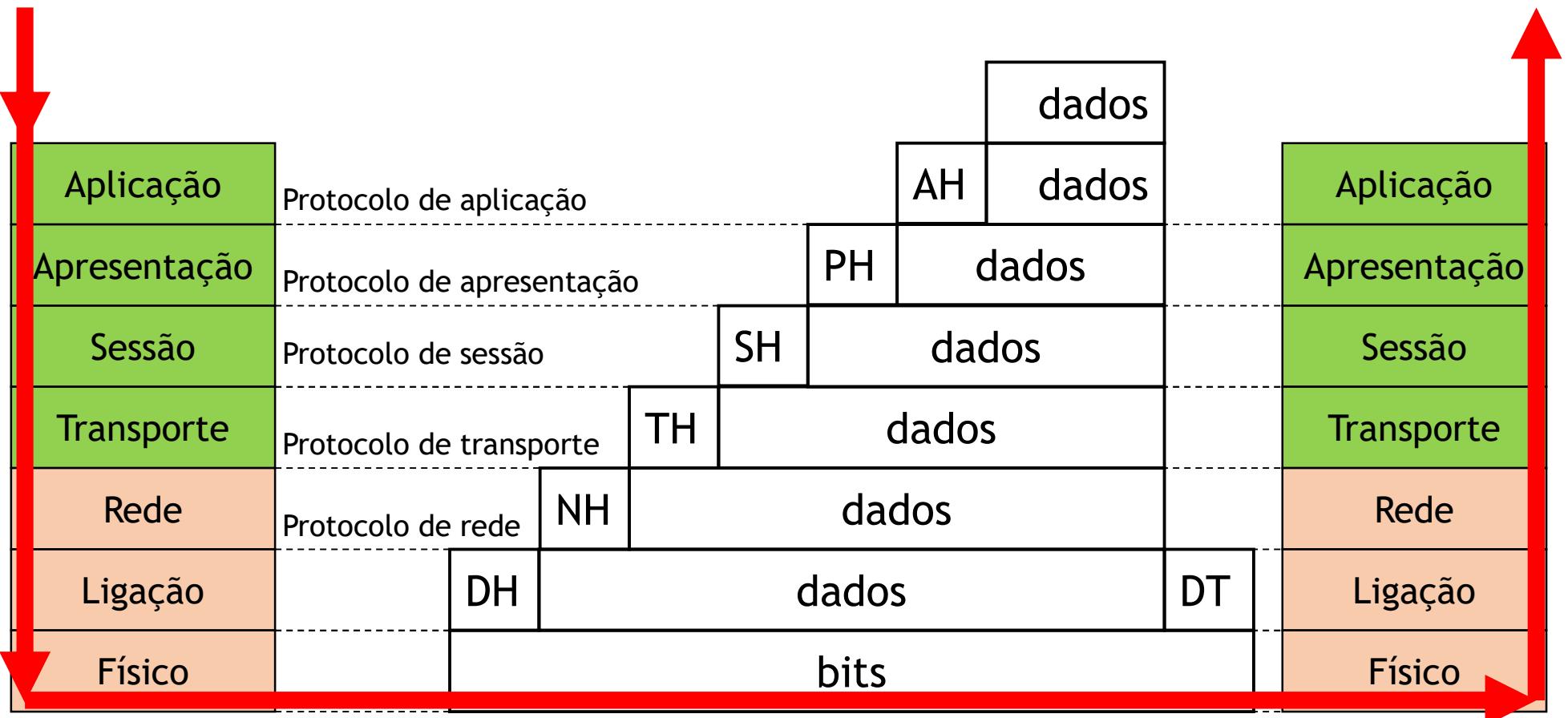
```
M_UNITDATA.request( destination_address, source_address,  
mac_service_data_unit, priority )
```

Modelo de Referência OSI

(Open Systems Interconnection Reference Model)



Modelo OSI e encapsulamento



Modelos de Referência OSI e IEEE 802

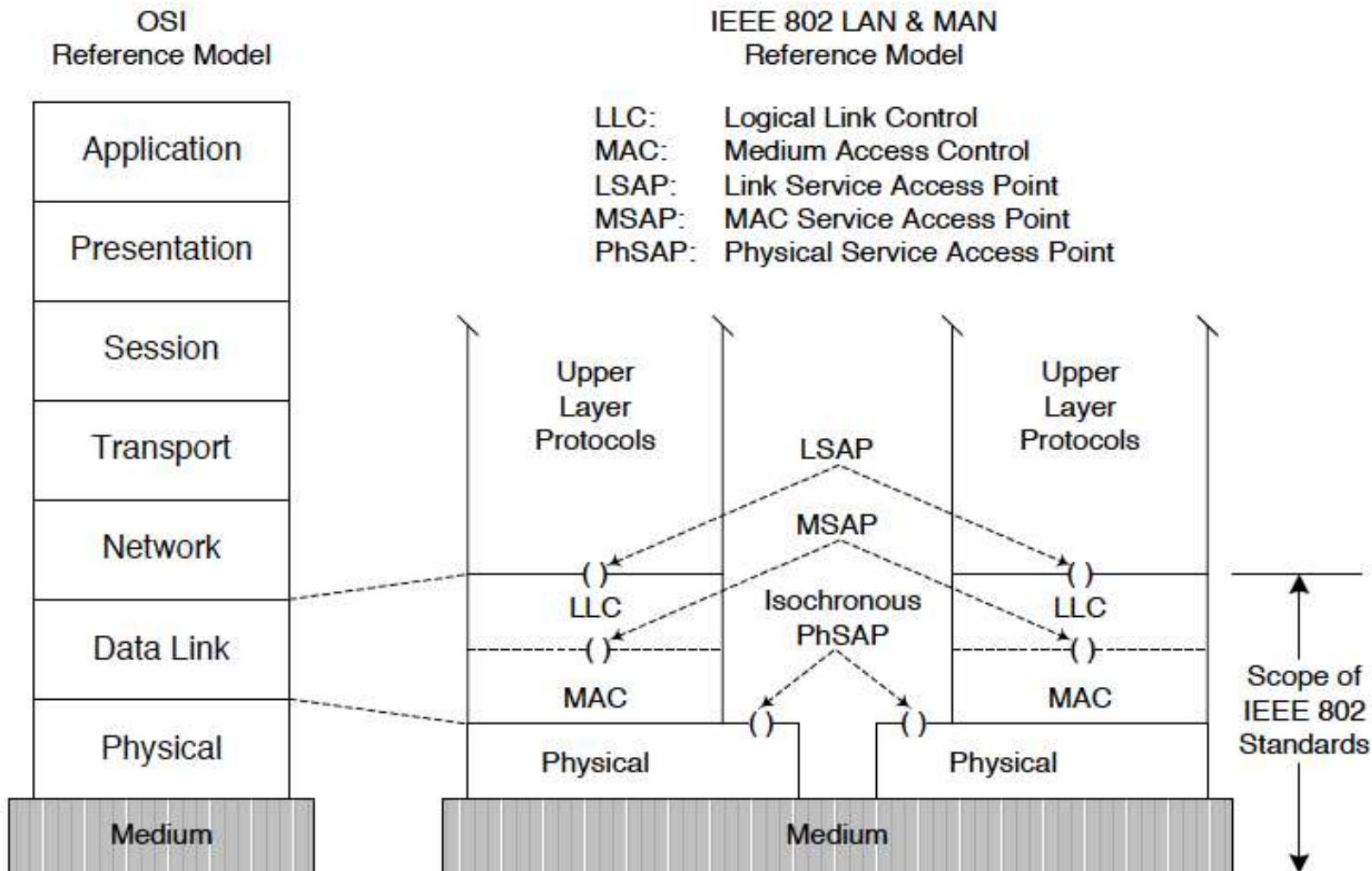
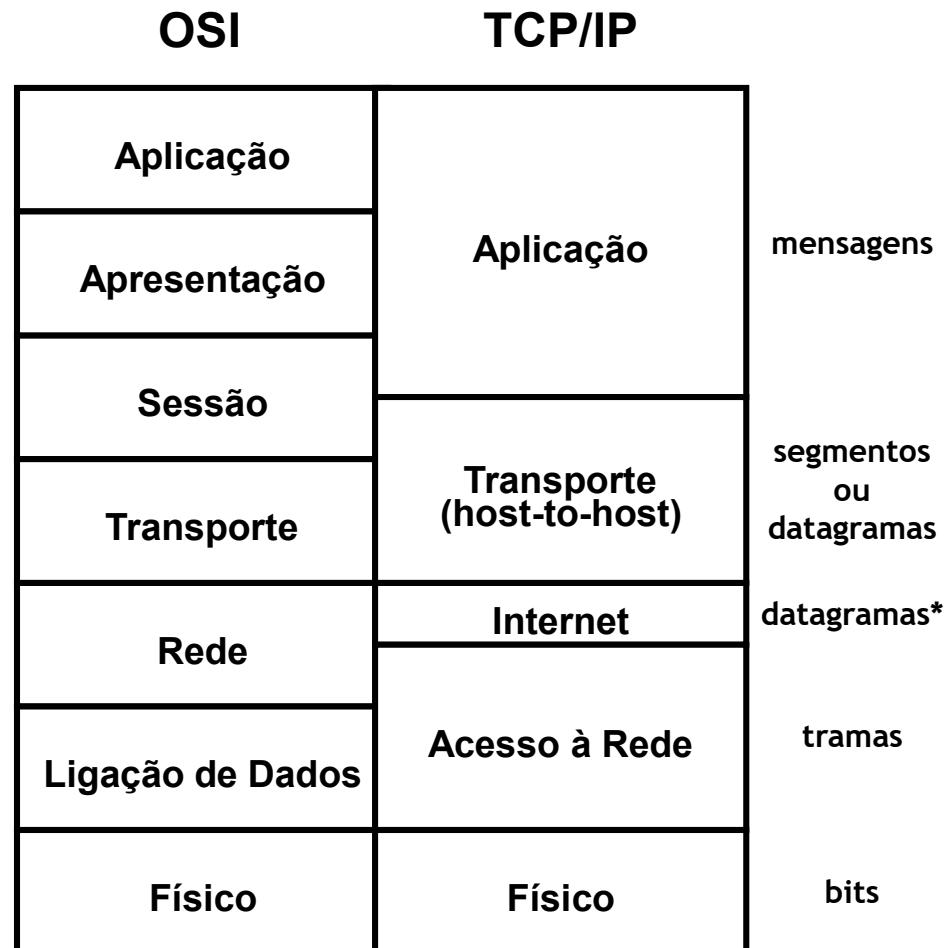


Figure 1—IEEE 802® RM for end stations (LAN&MAN/RM)

Modelos de Referência OSI e TCP/IP

Modelo de referência OSI do ISO
<http://www.itu.int/rec/T-REC-X.200-199407-I/en>

Modelo TCP/IP do IETF
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1180.txt>



* também vulgarmente denominado por “pacote”

TCP/IP: Protocolos e Redes

TELNET

FTP

HTTP

SMTP

DNS

TCP

UDP

IP

ICMP

ARPANET

PPP

Packet Radio

LAN (Ethernet)

LAN (WiFi)

CP1: Introdução às Redes de Computadores (Exercícios)

- Sebenta de Exercícios e Aplicações
 - Capítulo 1
- Questões de provas escritas
 - Ver plataforma *moodle* com provas de anos anteriores.
- Mini-teste
 - Mini-teste para avaliação na plataforma *moodle*.

ANEXO

Aspectos Relevantes na Concepção de Arquitecturas de Redes

- Endereçamento
- Regras para transferência de dados (*simplex*, *duplex*)
- Definição de canais lógicos
- Controlo de erros
- Sequenciação da informação
- Controlo de fluxo (ponto-a-ponto, extremo-a-extremo)
- Controlo de congestão (gestão e controlo da rede)
- Multiplexagem
- Encaminhamento
- Tipo de serviço (com e sem ligação)

Nível Físico (Physical Layer - OSI)

- Transmissão de bits
- Meio físico a usar
- Definição dos valores de tensão (ou equivalente)
- Ritmos de transmissão
- Modo de transferência (*simplex*, *half-* ou *full-duplex*)
- Estabelecimento e terminação da ligação
- Aspectos mecânicos:
 - Fichas de ligação a usar
 - Distribuição de funções pelos seus pinos
 - etc.

Nível Físico *(Physical Layer - TCP/IP)*

- Funcionalidade idêntica à do modelo OSI
- Transmissão de bits
- Características do meio de transmissão
- Ritmos de transmissão
- Esquemas de codificação de sinais

Nível de Ligação de Dados (*Data Link Layer - OSI*)

- Fraccionamento dos dados (*framing*)
 - Divisão dos dados em blocos mais pequenos - tramas (*frames*)
 - Delimitação das tramas
- Controlo de erros e de fluxo (*error and flow control*)
 - Detecção/correcção de erros
 - Confirmação da recepção correcta das tramas (ACK - *Acknowledgement*)
 - Indicação da recepção incorrecta das tramas (NACK - *Negative Acknowledgement*)
 - Transmissão sequencial das tramas
 - Repetição das tramas em caso de erro
 - Descartar as tramas duplicadas
- Controlo do acesso ao meio em redes com transmissão por difusão “*broadcast networks*”
 - Neste caso define-se uma subcamada de controlo de acesso ao meio, “*Medium Access Control (MAC) sublayer*”

Nível de Acesso à Rede (*Host to Network Access Layer - TCP/IP*)

Não corresponde exactamente ao nível DL do modelo OSI

- Lida com a ligação à rede/infraestrutura de cada sistema
- O nível de Internet de um nó entrega datagramas ao nível de acesso à rede que por sua vez os entrega ao próximo nó ao longo de um caminho
- Como os datagramas podem ter que atravessar várias redes podem encontrar diferentes protocolos de acesso à rede
- Exemplos de protocolos de acesso à rede: Ethernet, PPP, PPPoE
- Outros protocolos: ARP

Nível de Rede (*Network Layer - OSI*)

- Encaminhamento dos pacotes na rede:
 - Estático
 - Dinâmico ligação a ligação
 - Altamente dinâmico (pacote a pacote)
- Controlo de congestão
- Tarifação
 - Contagem dos bits, caracteres ou pacotes enviados
- Resolução dos problemas da ligação de redes heterogéneas
 - Adaptação de formatos dos pacotes e dos seus campos, etc.
- Em redes com transmissão por difusão o encaminhamento é mais simples

Nível de Internet (*Internet Layer - TCP/IP*)

- Responsável por encaminhar a informação entre a origem e o destinatário através de várias redes ligadas por “routers”
- Define o formato de pacote e do protocolo IP (*Internet Protocol*)
- Vários protocolos de encaminhamento podem ser usados

Nível de Transporte (*Transport Layer - OSI*)

- Primeiro nível verdadeiramente extremo-a-extremo
- Funcionalidades possíveis:
 - Segmentação dos dados em blocos mais pequenos (*transport units*).
 - Garantia de recepção de todos os blocos
 - Criação e terminação de uma ou varias ligações do nível rede
 - Multiplexagem (agregação) de várias ligações do nível de transporte numa única ligação do nível de rede de modo transparente para o nível sessão
 - Implementação de controlo de fluxo extremo-a-extremo

Nível de Transporte (*Transport Layer - TCP/IP*)

- Transporta mensagens do nível de aplicação entre cliente e servidor
- Dois protocolos de transporte dominantes: TCP e UDP
- TCP (Serviço com ligação lógica):
 - Garantia de entrega
 - Controlo de fluxo
 - Segmentação de mensagens
 - Controlo de congestão
- UDP (Serviço sem ligação lógica)

Nível de Sessão (*Session Layer - OSI*)

- Este nível permite que utilizadores em máquinas distintas estabeleçam sessões entre elas
- Gere o fluxo de tráfego:
 - No caso unidireccional controla quem pode enviar o tráfego em cada instante
- Sincronização de nível superior:
 - Na transferência de ficheiros muito grandes, coloca marcas para em caso de abortar a transmissão não ter que repetir a transferência desde o início
- Não tem equivalente directo no modelo TCP/IP (funcionalidade dividida entre nível transporte e aplicação)

Nível de Apresentação (*Presentation Layer - OSI*)

- Lida com a sintaxe e a semântica da informação
- Representação dos dados: inteiros, vírgula flutuante, caracteres ASCII ou Unicode, etc.
- Não tem correspondente directo no modelo TCP/IP (funcionalidades incorporadas no nível transporte)

Nível de Aplicação (*Application Layer - OSI*)

- Lida com os problemas de terminais incompatíveis, movimentação do cursor, etc.
- Na transferência de ficheiros:
 - Lida com as diferentes convenções para o nome dos ficheiros, datas, etc.
 - Lida com as diferentes representações das linhas, dos separadores, do fim de ficheiro, etc.

Nível de Aplicação (*Application Layer - TCP/IP*)

- Aplicações acessíveis aos utilizadores finais, ex.:
 - TELNET (terminais virtuais)
 - FTP (transferência de ficheiros)
 - POP, SMTP (correio electrónico)
 - HTTP (“*World Wide Web*”)
- Aplicações não usadas tipicamente de forma directa, ex.:
 - DNS (serviço de nomes)
 - DHCP (configuração automática de equipamentos)