

REDES DE COMUNICAÇÃO

Tópicos

- Introdução
- Tipos de Redes
- Actividades de Normalização
- Software de comunicação
- Modelo de Referência OSI
- Pilha protocolar TCP/IP

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

INTRODUÇÃO

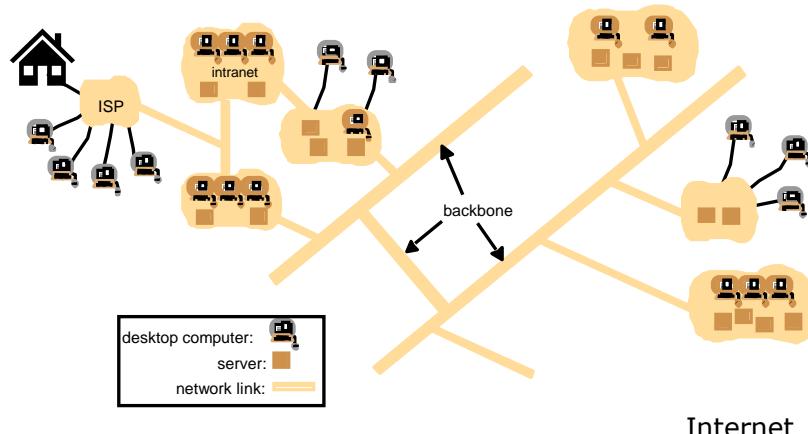
- Objectivos
 - Partilha de recursos
 - Acesso a informação remota
 - Comunicação
 - Aplicações multimédia
 - Comércio electrónico

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

2

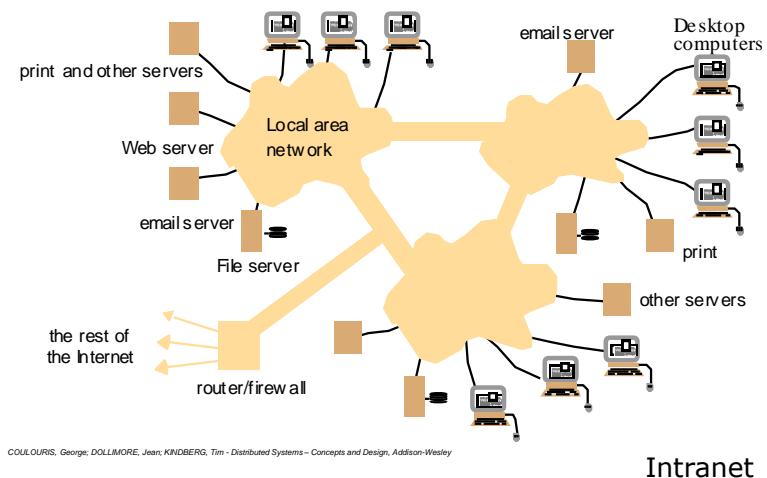
INTRODUÇÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

3

INTRODUÇÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

4

4

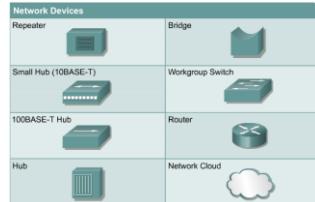
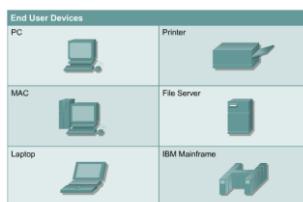
2

INTRODUÇÃO

- Aspectos a considerar
 - Interligação (física, subsistema de comunicação e aplicações)
 - Caminhos de comunicação
 - Conversões de formatos
 - Controlos de erros e de fluxo
 - Tolerância a falhas

INTRODUÇÃO

- Constituição
 - Meios de transmissão
 - Dispositivos de *hardware*



- Dispositivos de *software*

TIPOS DE REDES

- Classificação
 - Segundo a tecnologia de transmissão
 - Redes ponto-a-ponto
 - Redes de difusão
 - Segundo a escala
 - Área centrada num único indivíduo (< 10 metros): **PAN** (*Personal Area Network*)
 - Uma sala, um edifício ou um campus: **LAN** (*Local Area Network*)
 - Uma cidade / área metropolitana: **MAN** (*Metropolitan Area Network*)
 - Um país ou um continente: **WAN** (*Wide Area Network*)
 - O planeta: **Internet**

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

7

7

TIPOS DE REDES

Distance Between CPUs	Location of CPUs	Name
0.1 m	Printed circuit board Personal data asst.	Motherboard Personal area network (PAN)
1.0 m	Millimeter Mainframe	Computer systems network
10 m	Room	Local area network (LAN) Your classroom
100 m	Building	Local area network (LAN) Your school
1000 m = 1 km	Campus	Local area network (LAN) Stanford University
100,000 m = 100 km	Country	Wide area network (WAN) Cisco Systems, Inc.
1,000,000 m = 1,000 km	Continent	Wide area network (WAN) Africa
10,000,000 m = 10,000 km	Planet	Wide area network (WAN) The Internet
100,000,000 m = 100,000 km	Earth-moon system	Wide area network (WAN) Earth and artificial satellites

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

8

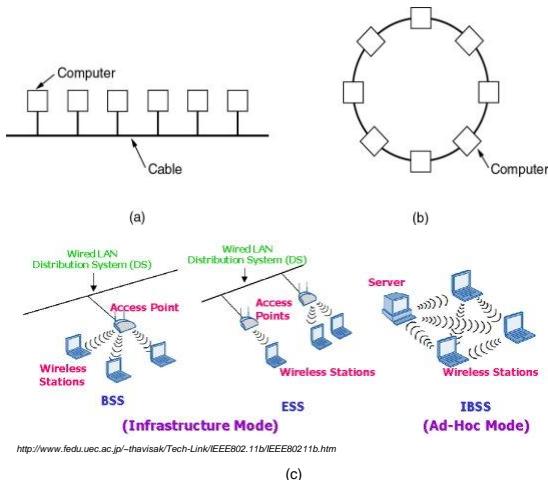
8

TIPOS DE REDES

	Abrangência (Km)	Débito (Mbps)	Latência (ms)
LAN	1-2	10-1000	1-10
WAN	Mundial	0.01-600	100-500
MAN	2-50	0.25-150	10
LAN sem fios	0.15-1.5	2-54	5-20
WAN sem fios	Mundial	0.01-2	100-500
Internet	Mundial	0.01-2	100-500

Valores indicativos de comparação

TIPOS DE REDES

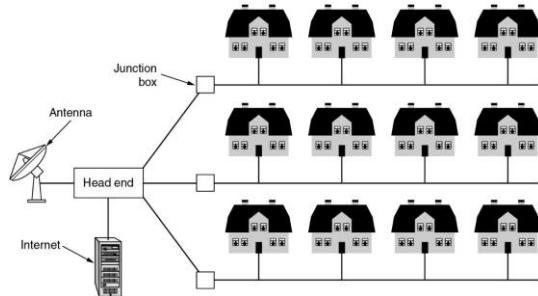


Exemplos de redes locais (LAN) de difusão: (a) bus (b) anel (c) sem fios

TIPOS DE REDES

- Redes de Área Metropolitana (MAN)

- Cobre um conjunto de edifícios ou a área de uma cidade (até 50 Km)
- Pode ser pública ou privada



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

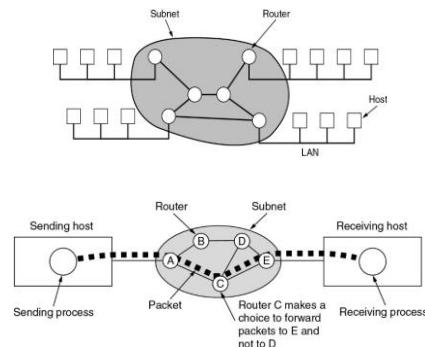
II

11

TIPOS DE REDES

- Redes de área alargada (WAN)

- Geralmente constituídas por linhas de transmissão (ponto-a-ponto) e dispositivos de comutação (e.g., routers)
- Backbone da Internet



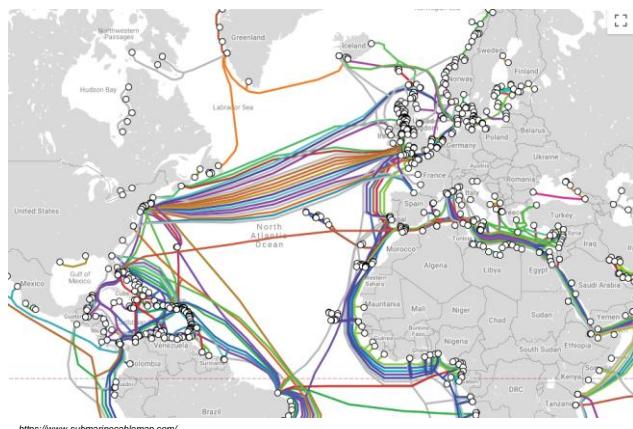
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

II

12

TIPOS DE REDES

- Geralmente, as linhas de transmissão são constituídas por cabos de fibra óptica terrestres e submarinos



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

13

13

TIPOS DE REDES

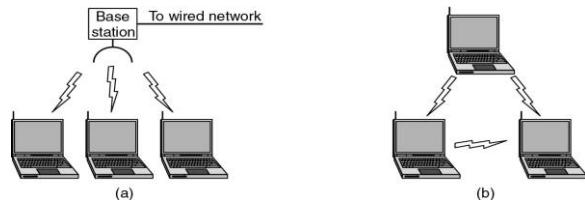
- Redes sem fios
 - Fáceis de instalar
 - Débitos inferiores às redes com fios
 - Taxas de erro mais elevadas
 - Riscos acrescidos de interferências
 - Em grande desenvolvimento

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

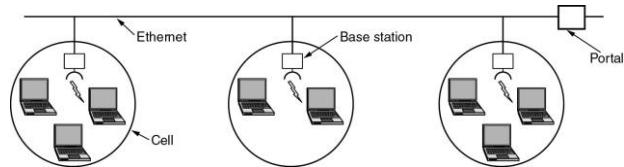
14

14

TIPOS DE REDES



(a) Com infra-estrutura (b) ad-hoc



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

15

15

TIPOS DE REDES

- *Internets*

- Integração de várias redes de comunicação possivelmente heterogéneas
- Sistemas distribuídos abertos e extensíveis

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

16

16

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- Normas
 - *De facto*
 - Oficiais
- ITU - *International Telecommunication Union*
 - ITU-T
 - Normalizações nas telecomunicações

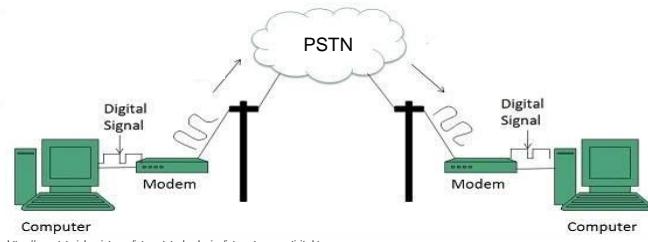
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

18

18

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- Recomendações para interfaces nas áreas de comunicação de dados, telegrafia e telefone
 - série V: ligação a redes públicas de telefone



- série X: ligação a redes públicas de dados
- série I: ligação a redes de dados com integração de serviços

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

19

19

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- ISO

- *International Standards Organization*
- Produz as normas internacionais
- **Modelo OSI**
- Coopera com a ITU-T de que é membro
- A ANSI (*American National Standards Institute*) é a representante dos Estados Unidos

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

20

20

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- Exemplo de norma definida pela ANSI: tabela ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*)

000	(nul)	016 ► (dle)	032 sp	048 Ó	064 Ø	080 P	096 `	112 p
001 @	(soh)	017 ▲ (dcl)	033 !	049 1	065 A	081 Q	097 a	113 q
002 @@	(stx)	018 † (dc2)	034 "	050 2	066 B	082 R	098 b	114 r
003 ♥	(etx)	019 !! (dc3)	035 #	051 3	067 C	083 S	099 c	115 s
004 ♦	(eot)	020 ¶ (dc4)	036 \$	052 4	068 D	084 T	100 d	116 t
005 ♣	(eng)	021 § (nak)	037 %	053 5	069 E	085 U	101 e	117 u
006 ♤	(ack)	022 – (syn)	038 &	054 6	070 F	086 V	102 f	118 v
007 •	(bel)	023 ‡ (etb)	039 *	055 7	071 G	087 W	103 g	119 w
008 ▨	(bs)	024 † (can)	040 (056 8	072 H	088 X	104 h	120 x
009	(tab)	025 ↓ (em)	041)	057 9	073 I	089 Y	105 i	121 y
010	(lf)	026 (eof)	042 *	058 :	074 J	090 Z	106 j	122 z
011 ø	(vt)	027 ← (esc)	043 +	059 ;	075 K	091 [107 k	123 {
012 *	(np)	028 L (fs)	044 ,	060 <	076 L	092 \	108 l	124
013	(cr)	029 ↔ (gs)	045 -	061 =	077 M	093]	109 m	125 }
014 ☒	(so)	030 ▲ (rs)	046 .	062 >	078 N	094 ^	110 n	126 ~
015 ☓	(si)	031 ▼ (us)	047 /	063 ?	079 O	095 _	111 o	127 ø

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

21

21

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- IEEE

- *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
- Papel importante nas actividades mundiais de normalização
- Exemplo: a IEEE 802 é a norma de base para redes locais, tendo sido adoptada pela ISO como base para a ISO 8802

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- Internet/WWW

- Mecanismos próprios de normalização (*de facto*) distintos da ISO e da ITU-T
- Mais informal
- Comunicação feita por relatórios técnicos denominados RFC
 - *Request For Comments (RFC)*
 - Acesso Público (*on-line*)
 - Numerados sequencialmente
- Gerida pela IETF (*Internet Engineering Task Force*), um grupo internacional constituído por elementos de diversos horizontes (fabricantes, investigadores, engenheiros, agências estatais, etc.)

ACTIVIDADES DE NORMALIZAÇÃO

- Inicialmente, as normalizações internacionais incidiam sobre:
 - Os aspectos internos dos computadores;
 - A ligação aos periféricos locais.
- Um sistema de comunicação não é apenas constituído por *hardware*
- Os componentes de *software* são fundamentais, diversificados e complexos

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

24

24

SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO

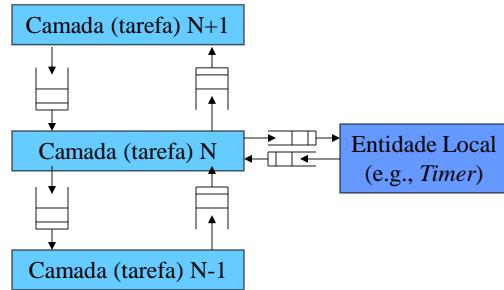
- Complexo e altamente estruturado
- Difere de rede para rede
- Organizado em camadas
 - Agrupam funções afins
 - Um conjunto de camadas constitui uma pilha protocolar
 - Uma camada oferece **serviços** às de cima de um modo transparente via **primitivas de serviço**
 - As camadas comunicam com outras homólogas (do mesmo nível) outros sistemas via um determinado **protocolo**

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

25

25

SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO

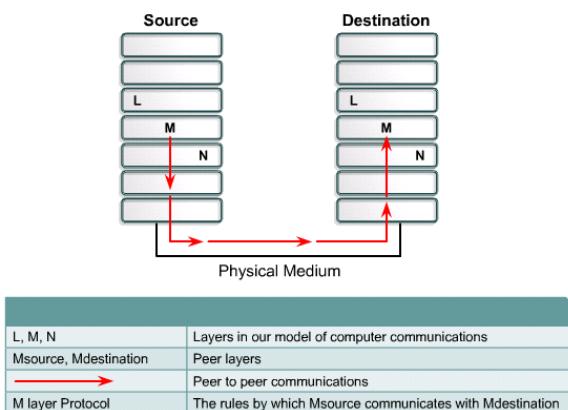


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

26

26

SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO



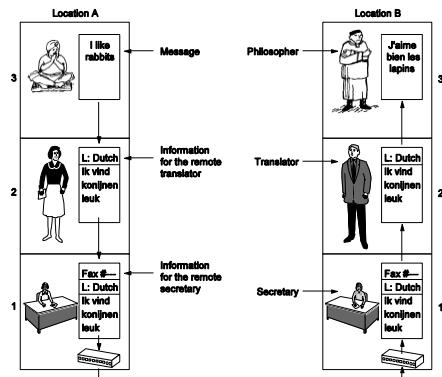
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

27

27

SOFTWARE DE COMUNICAÇÃO

- Exemplo de uma pilha protocolar de comunicação:
Filósofo-Tradutor-Secretária



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

28

28

MODELO DE REFERÊNCIA OSI

- **OSI - Open Systems Interconnection**
- Criado pela ISO (*International Organization for Standardization*) em 1983
- Objectivos/motivações
 - Uma norma ao nível dos protocolos de comunicação
 - Interligação e interacção de dispositivos de natureza heterogénea através de redes de dados, permitindo a comunicação extremos a extremo
 - **Sistemas abertos**
- Organização
 - Abordagem estratificada / pilha protocolar

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

29

29

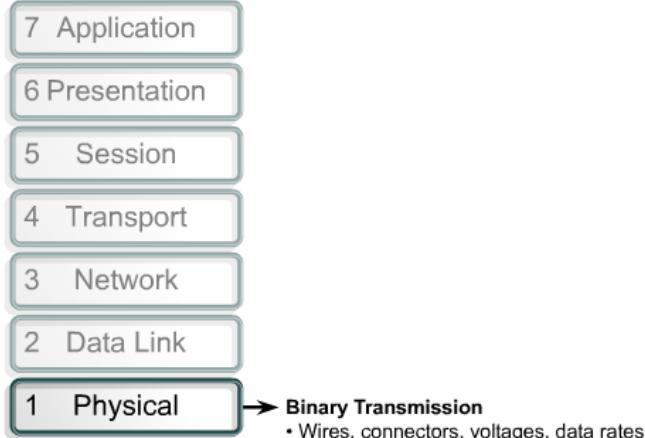
MODELO DE REFERÊNCIA OSI



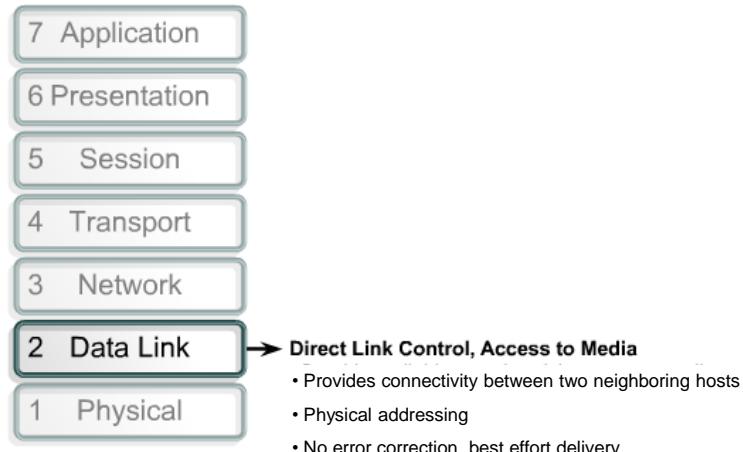
Benefits of the OSI Model:

- Reduces complexity
- Standardizes interfaces
- Facilitates modular engineering
- Ensures interoperable technology
- Accelerates evolution
- Simplifies teaching and learning

MODELO DE REFERÊNCIA OSI



MODELO DE REFERÊNCIA OSI

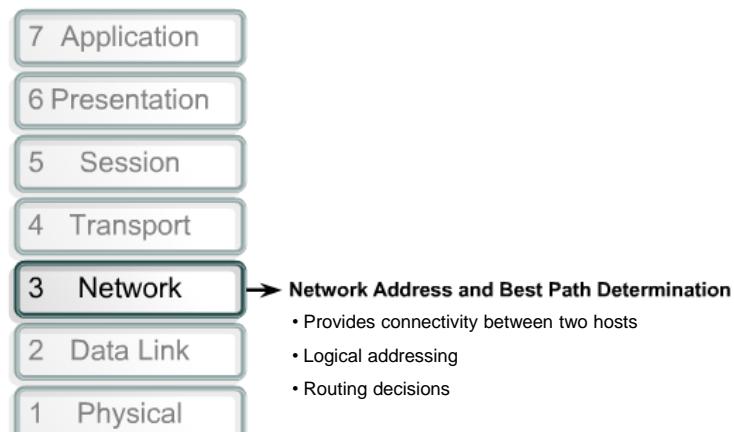


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

32

32

MODELO DE REFERÊNCIA OSI

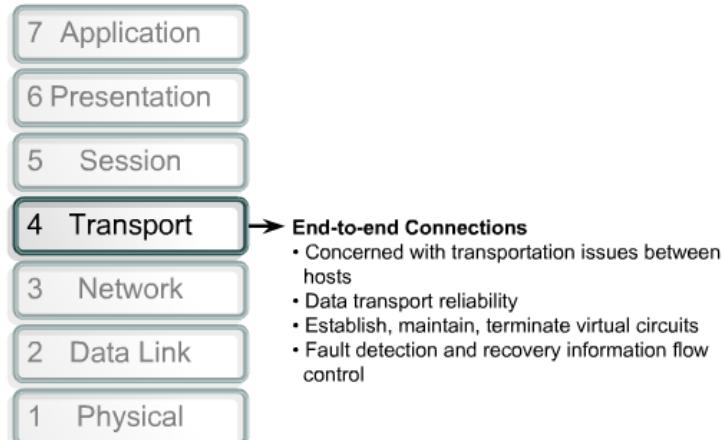


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

33

33

MODELO DE REFERÊNCIA OSI

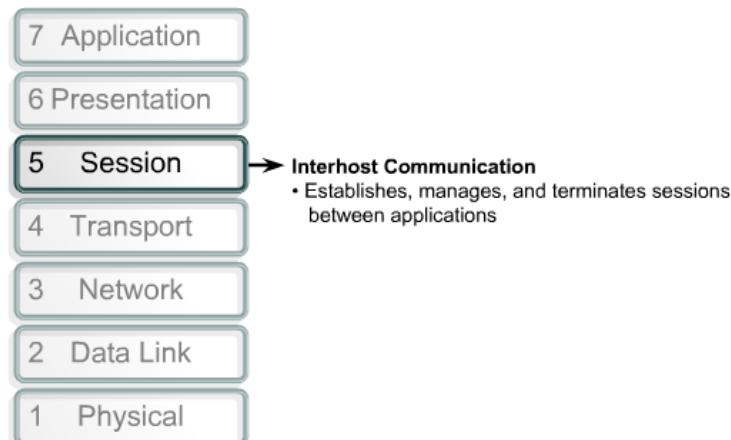


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

34

34

MODELO DE REFERÊNCIA OSI

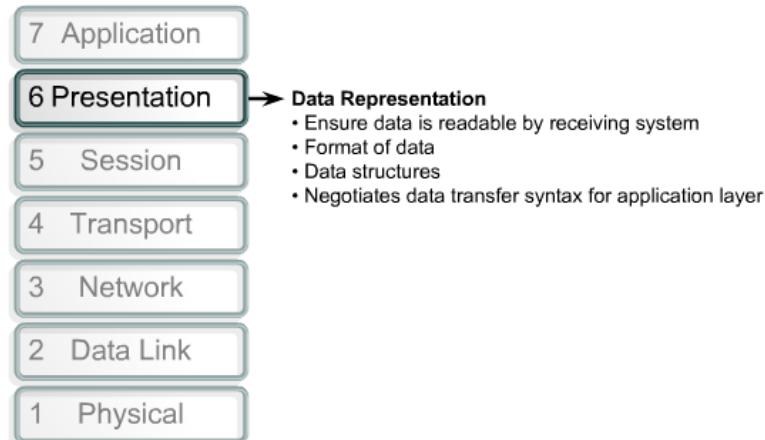


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

35

35

MODELO DE REFERÊNCIA OSI

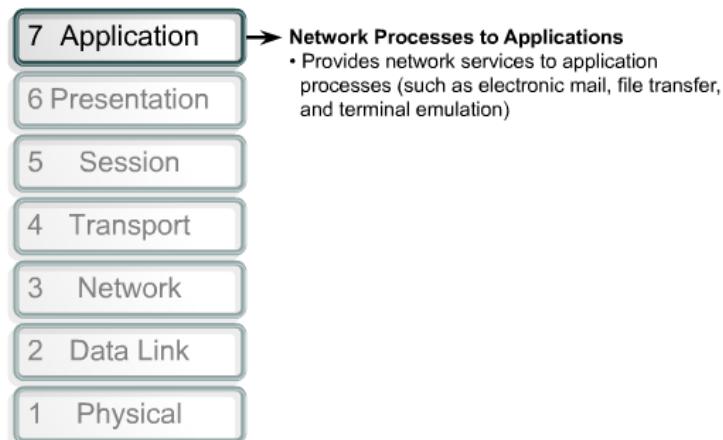


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

36

36

MODELO DE REFERÊNCIA OSI



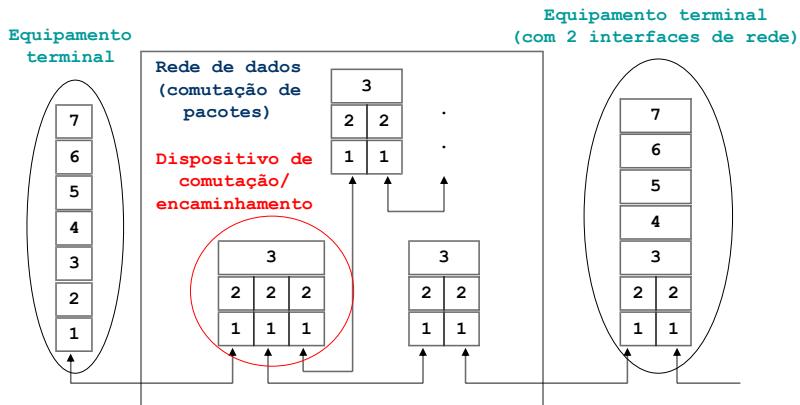
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

37

37

MODELO DE REFERÊNCIA OSI

Uma visão simplificada...



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

39

39

PILHA PROTOCOLAR TCP/IP

- Na Internet é utilizada a pilha protocolar TCP/IP
- A DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency*) desenvolveu o TCP/IP com o objectivo de interligar as bases militares e os departamentos de pesquisa do governo americano
- Na prática, tornou-se na norma mais utilizada no mundo para sistemas abertos, acabando por dar origem à designada Internet
- Norma de facto
- RFC (*Request for Comments*)
- Por exemplo: RFC 793, Transmision Control Protocol (Setembro de 1981)

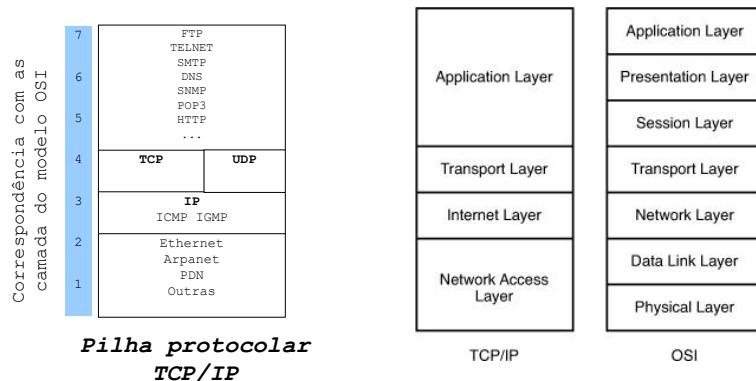
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

40

40

PILHA PROTOCOLAR TCP/IP

- Protocols



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

41

41

PILHA PROTOCOLAR TCP/IP

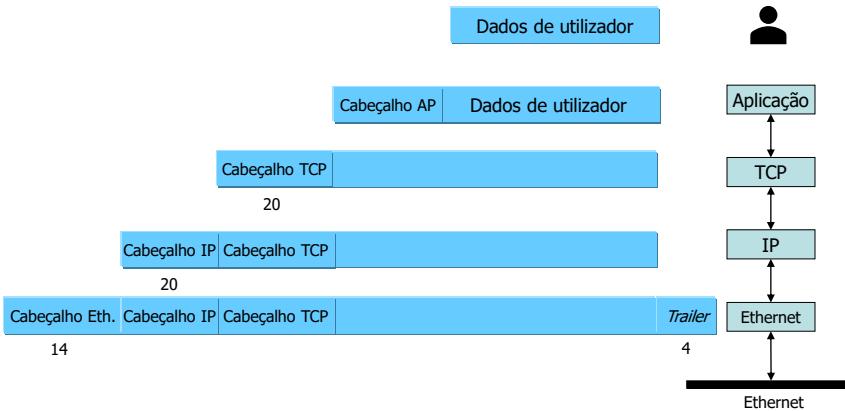
- **IP - Internet Protocol**
 - Encaminhamento de dados entre interfaces de rede
- **ICMP - Internet Control Message Protocol**
 - Notificação de eventos para a camada IP
- **IGMP - Internet Group Management Protocol**
 - Gestão de grupos
- **TCP - Transport Control Protocol**
 - Transferência fiável de dados entre aplicações
- **UDP - User Datagram Protocol**
 - Transferência não fiável de dados entre aplicações

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

42

42

PILHA PROTOCOLAR TCP/IP



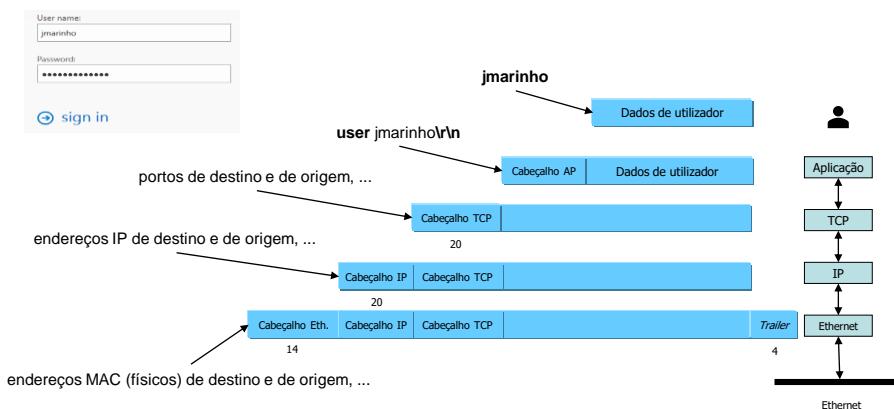
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

43

43

PILHA PROTOCOLAR TCP/IP

- Por exemplo, depois de uma aplicação que permite aceder ao servidor de email solicitar o *username*:



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

44

44

REDES DE ÁREA LOCAL COM FIOS

Tópicos

- Introdução às redes de área local com fios
- Topologias
- Meios de transmissão
- Métodos de controlo de acesso ao meio
- Normas para redes locais
- Ethernet/IEEE 802.3

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

INTRODUÇÃO ÀS REDES LOCAIS COM FIOS

- Interligação de dispositivos fisicamente próximos
- Taxas de transferência elevadas
- Taxas de erro reduzidas
- Tempos máximos de propagação reduzidos e conhecidos
- Caracterizadas por:
 - topologias
 - meios de transmissão
 - métodos/protocolos de controlo de acesso ao meio de transmissão

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

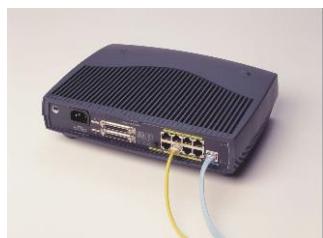
2

TOPOLOGIAS

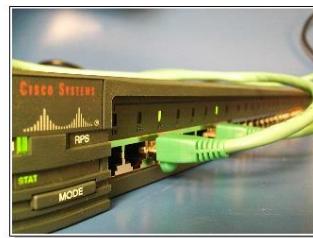
- Bus
 - Meios de transmissão partilhados
 - Débitos habituais na ordem dos 10-100 Mbps
- Anel
 - Ligações ponto-a-ponto que formam um anel (físico)
 - Um único canal lógico partilhado
 - Os dados (informação e controlo) circulam no anel num único sentido

TOPOLOGIAS

- Estrela
 - Dispositivo central ao qual vários dispositivos se encontram ligados via ligações ponto-a-ponto
 - Suporta vários tipos de topologias lógicas



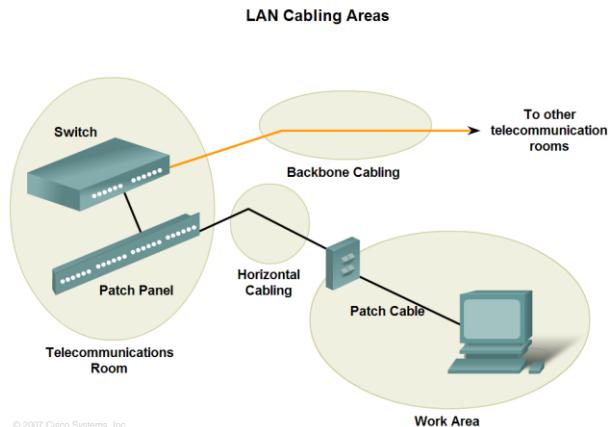
Hub



Switch

TOPOLOGIAS

- A topologia em estrela permite sistemas de cablagem estruturada



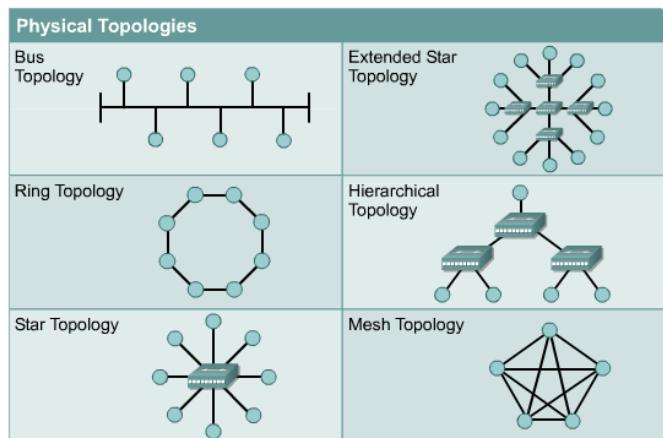
© 2007 Cisco Systems, Inc.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

5

5

TOPOLOGIAS



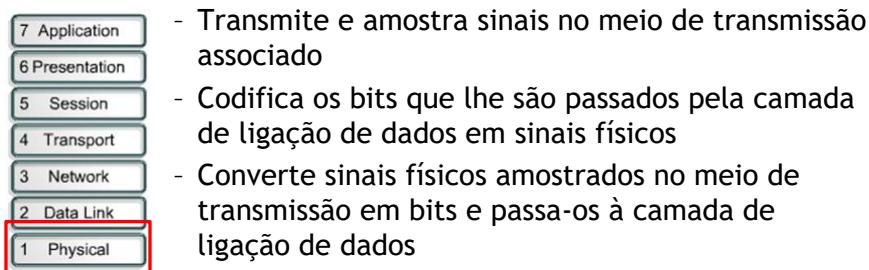
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

6

6

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Suportam a transmissão de sinais físicos (e.g., sinais eléctricos e luz infravermelha, bem como ondas radio em redes sem fios)
- Camada física



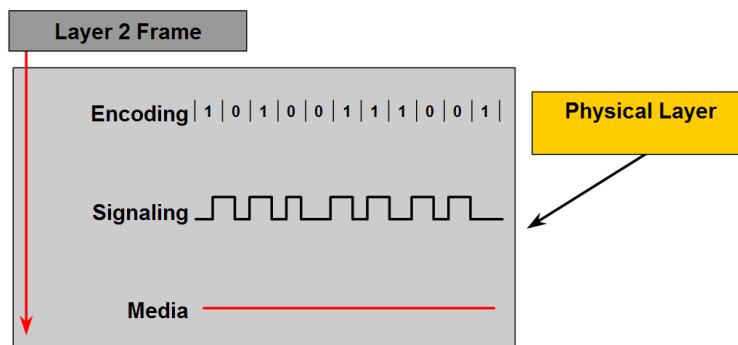
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

7

7

MEIOS DE TRANSMISSÃO

Physical Layer Fundamental Principles



© 2007 Cisco Systems, Inc.

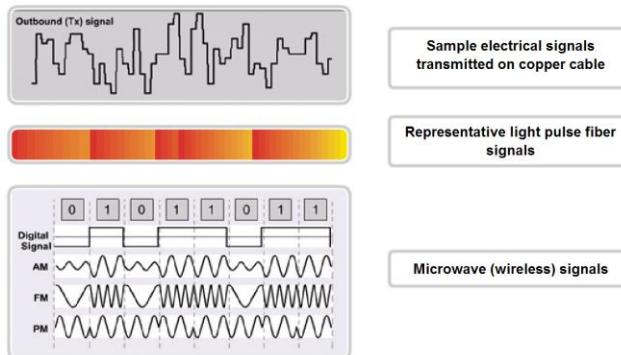
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

8

8

MEIOS DE TRANSMISSÃO

Representations of Signals on the Physical Media



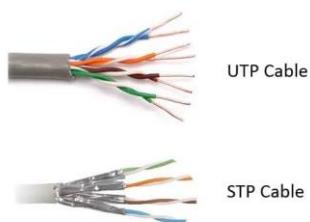
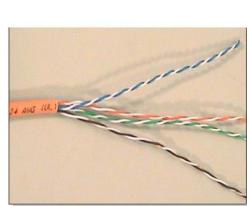
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

9

9

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Pares entrançados (*Twisted pair*)
 - Não isolados (UTP - *Unshielded Twisted Pair*)
 - Isolados (STP - *Shielded Twisted Pair*)
 - Ligações ponto-a-ponto
 - Flexível e de fácil instalação
 - Ethernet+UTP+10 Mbps : **10Base-T**



<http://www.tekkel.com/b1/fasylethernetcablefaqs/utp-vs-stp-cable-image/>

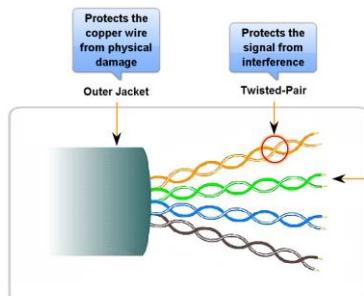
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

10

10

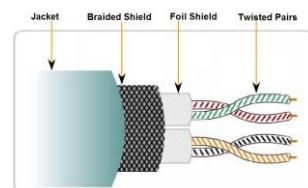
MEIOS DE TRANSMISSÃO

Unshielded Twisted-Pair (UTP) Cable



© 2007 Cisco Systems, Inc.

Shielded Twisted-Pair (STP) Cable



© 2007 Cisco Systems, Inc.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

||

11

MEIOS DE TRANSMISSÃO

Copper Media Connectors



110 punch block



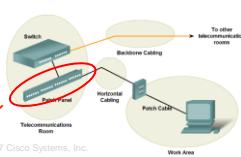
RJ45 UTP Plugs



RJ45 UTP Socket



LAN Cabling Areas



© 2007 Cisco Systems, Inc.

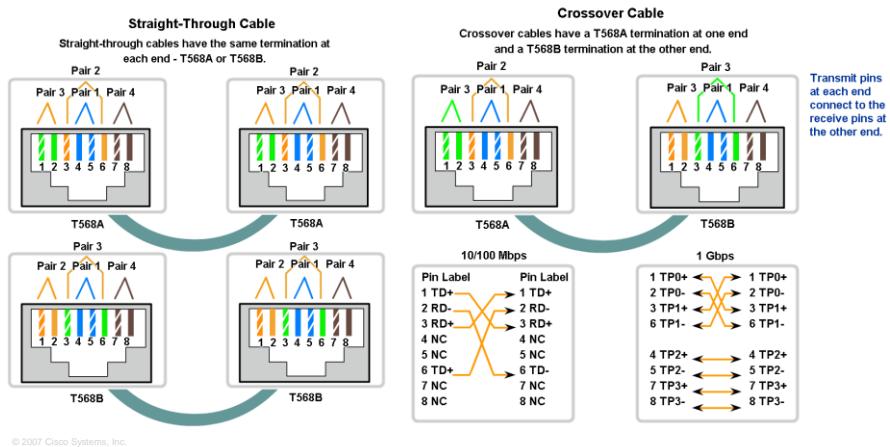
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

||

12

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Cabos UTP directos e cruzados



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

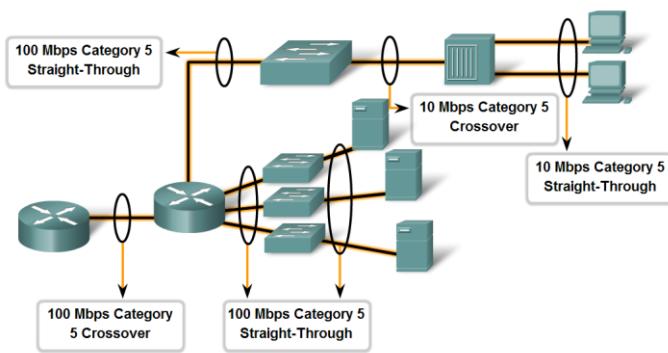
|3

13

MEIOS DE TRANSMISSÃO

Making LAN Connections

Identify the correct UTP cable type and likely category to connect different intermediate and end devices in a LAN.



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

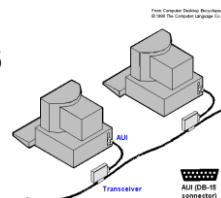
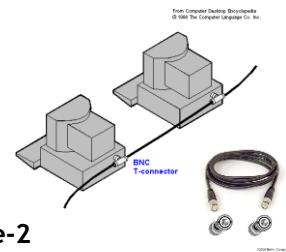
|4

14

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Cabos coaxiais

- Geralmente para topologia em bus
- Cabo fino (*thin*)
 - Diâmetro de 0.25 polegadas
 - Flexível
 - Ethernet+cabo fino+10 Mbps : **10Base-2**
- Cabo grosso (*thick*)
 - Diâmetro de 0.5 polegadas
 - Ethernet+10 Mbps+cabo grosso: **10Base-5**



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

15

15

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Um exemplo de NIC (*Network Interface Card*) com 3 portas distintas (RJ-45, AUI e BNC)



<http://www.cablesdirect.com/store/p4188.aspx>

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

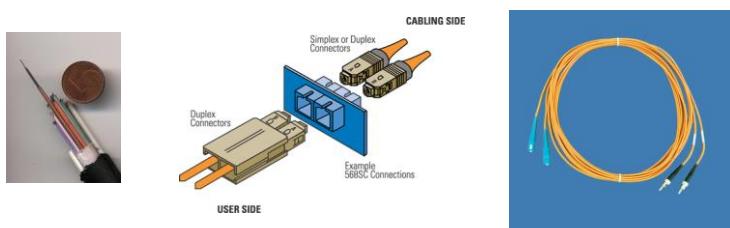
16

16

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Fibra óptica

- Largura de banda mais elevada
- Imunidade a interferências electromagnéticas
- Maior segurança de informação
- Usada em ligações ponto-a-ponto (anel e estrela)
- Ethernet+100 Mbps+Fibra óptica: 100Base-Fx



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

17

17

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

- Em topologias em anel, bus e estrela



- Um único canal lógico partilhado que interliga os DTE (*Data Terminal Equipments*)
- **É necessário disciplinar os acessos ao meio**
- Os métodos de controlo de acesso ao meio fazem parte de uma sub-camada da camada de ligação de dados: **MAC (Medium Access Control)**



- Uma única instância da camada de ligação de dados / MAC
- Três instâncias da camada física

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

18

18

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

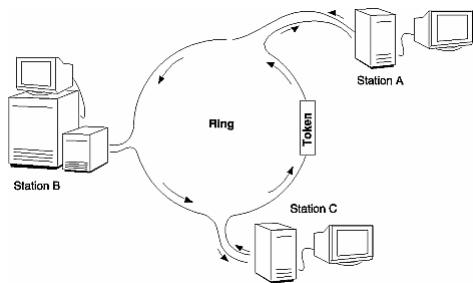
- Recurso a um quadro de controlo designado testemunho (*Token*)
 - Aplicável a **topologias em anel, bus e estrela**
 - Permite acessos ordenados
 - Permite a realização de mecanismos de gestão de prioridades e de suporte a requisitos de qualidade de serviço (QoS)
 - Alguma complexidade devido à necessidade de funções de monitorização e de gestão

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

- Modo de operação elementar:
 - Existe um quadro de controlo, o testemunho, que vai passando pelos dispositivos num anel físico (topologia em anel) ou num anel lógico (topologia em bus ou em estrela)
 - O dispositivo que recebe o testemunho pode passá-lo ao seguinte no anel ou iniciar a transmissão de um quadro de dados
 - O quadro de dados transmitido vai passando pelo dispositivos do anel, podendo estes ficar com uma cópia do respectivo conteúdo e alterar eventuais bits de resposta ou de reserva de prioridade, até regressar ao emissor
 - O emissor do quadro de dados passa o testemunho ao dispositivo seguinte no anel (físico ou lógico)

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

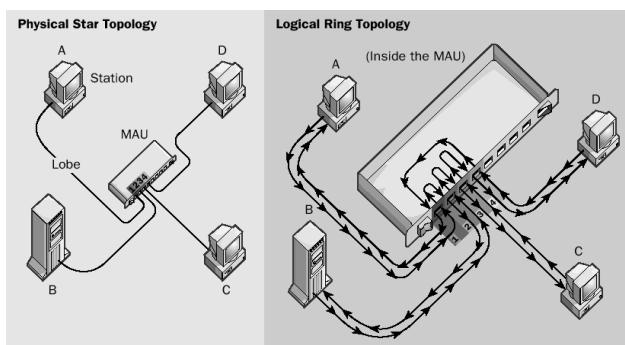
- Token Ring
 - Topologia física: anel
 - Topologia lógica: anel



https://techpubs.jurassic.nl/manuals/0630/admin/IRISThRng_AG/sgl_html/ch01.html

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

- Topologia física: estrela
- Topologia lógica: anel



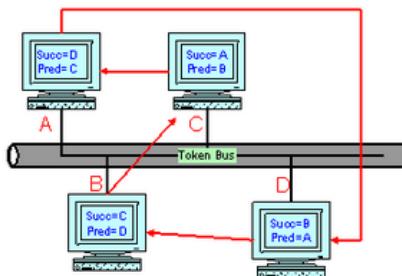
http://photos1.blogger.com/blogs/2712/2983/1600/token%20ring7_1.gif

MAU - Multistation Access Unit

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

- Toke Bus

- Topologia física: *bus*
- Topologia lógica: anel



Joshi, S. L., & Bhowmik, C. (2016). Performance Analysis and Comparison of Multi Hop Token Ring and Token Bus LAN Technologies. International Journal of Computer Applications, 148(5).

MÉTODOS DE CONTROLO DE ACESSO AO MEIO

• CSMA/CD

- *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*
- Aplicável em topologias em *bus* e em estrela
- Acessos assíncronos com possibilidade de ocorrência de colisões
- Maior simplicidade devido à ausência de funções de gestão e ao seu carácter distribuído
- Torna difícil a realização de mecanismos para gestão de prioridades e suporte de requisitos de QoS
- Usado em redes do tipo Ethernet, a tecnologia de redes locais mais comum na actualidade

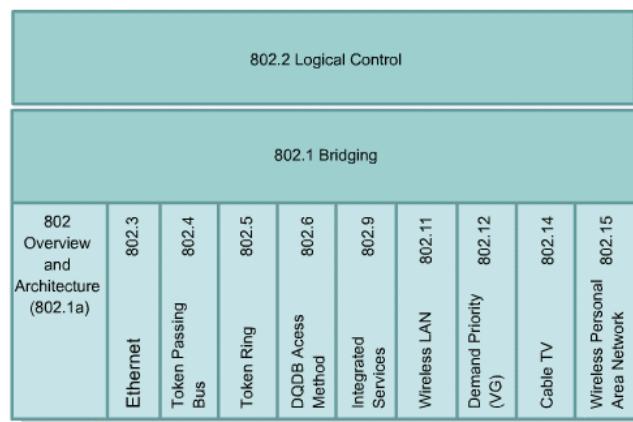
NORMAS PARA REDES LOCAIS

- IEEE 802

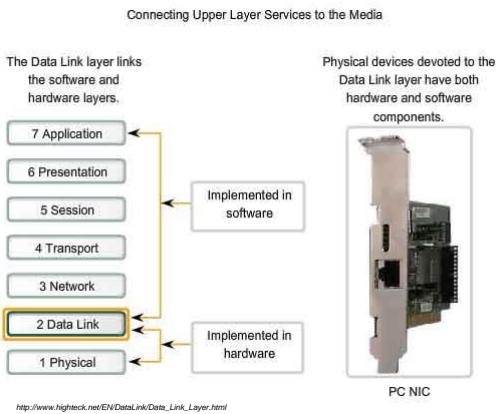
- Adoptada pela ISO (8802)
- 802.1
 - Introdução às normas e definição das primitivas de interface
- 802.2
 - Descreve a parte superior da camada de ligação de dados
- 802.3
 - Ethernet
- 802.4
 - Token Bus
- 802.5
 - Token Ring

Sub-camada MAC (*Medium Access Control*)
+
Camada física

NORMAS PARA REDES LOCAIS



NORMAS PARA REDES LOCAIS

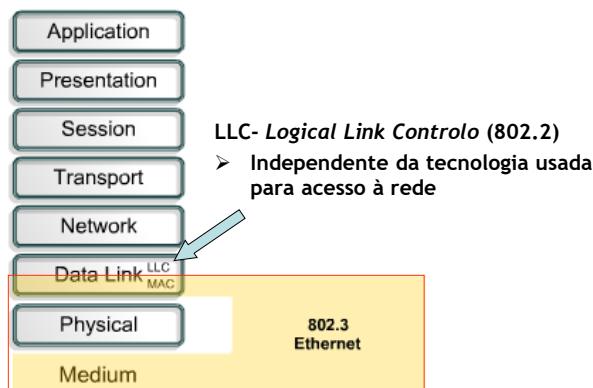


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

27

27

ETHERNET/IEEE 802.3



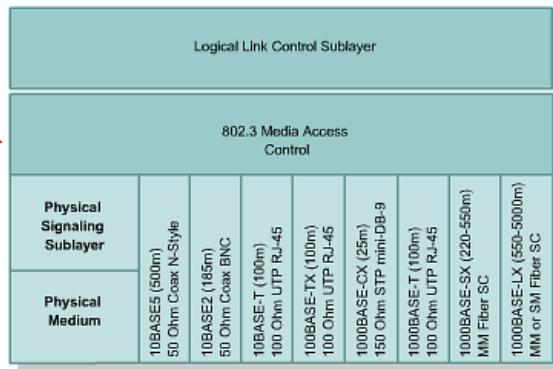
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

28

28

ETHERNET/IEEE 802.3

- Múltiplas possibilidades para a camada física
- Um único MAC: CSMA/CD



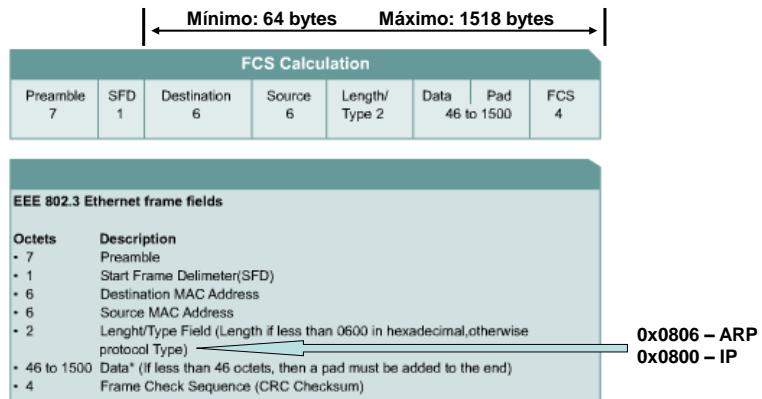
ETHERNET/IEEE 802.3

Designação

Speed	Signal Method	Medium
10	BASE	2
100	BROAD	5
1000		-T
10G		-TX
		-SX
		-LX

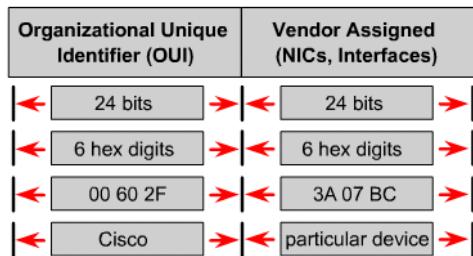
ETHERNET/IEEE 802.3

- Estrutura dos quadros



ETHERNET/IEEE 802.3

- Endereços MAC (ou de hardware)
 - 48 bits (código de fabricante + identificação da interface)
 - Únicos
 - Gravados nas interfaces



ETHERNET/IEEE 802.3

- Algoritmo CSMA/CD

- *Carrier Sense*

- Um dispositivo apenas transmite se não detectar qualquer actividade no meio

- *Multiple access*

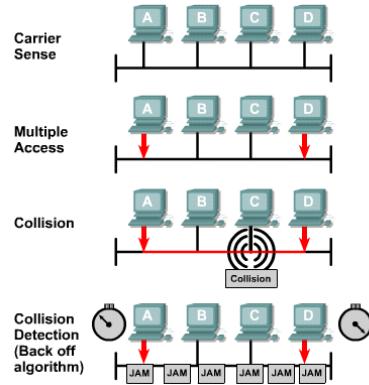
- Acessos não coordenados

- *Collision*

- Quando existem acessos simultâneos

- *Collision detection*

- Os dispositivos detectam a ocorrência de colisões enquanto transmitem para o meio



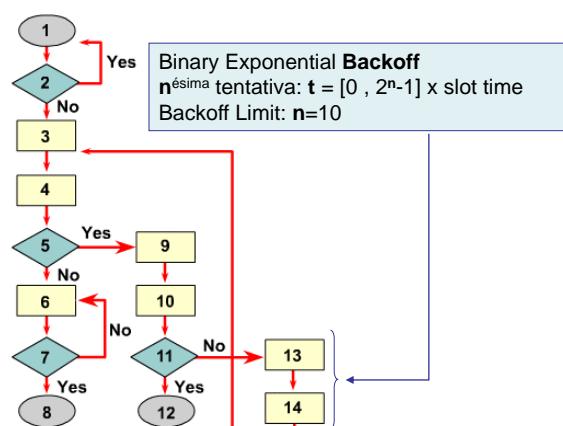
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

33

33

ETHERNET/IEEE 802.3

- Host wants to transmit
- Is carrier sensed?
- Assemble frame
- Start transmitting
- Is a collision detected?
- Keep transmitting
- Is the transmission done?
- Transmission completed
- Broadcast jam signal
- Attempts = Attempts + 1
- Attempts > Too many?
- Too many collisions; abort transmission
- Algorithm calculates backoff
- Wait for t microseconds



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

34

34

ETHERNET/IEEE 802.3

Parâmetros para Ethernet 10 Mbps (*legacy*)

Parameter	Value
Bit Time	100 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

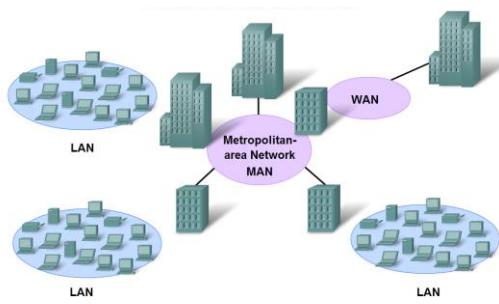
Tamanho máximo imposto para garantir equidade no acesso ao meio e evitar probabilidades de erro demasiado elevadas.

Tamanho mínimo imposto para garantir que as colisões são detectadas durante a transmissão, ou seja, que a transmissão tenha pelo menos a duração de um *Slot Time* (51.2 μ s).

* The value listed is the official interframe spacing.

ETHERNET/IEEE 802.3

- A versões mais recentes da tecnologia Ethernet (i.e., com débitos físicos de 1 Gbit/s e 10 Gbit/s) são usadas além das redes locais



ETHERNET: TOPOLOGIAS FÍSICAS E LÓGICAS

Tópicos

- Dispositivos de nível 1
- Pontes
- Switches
- Domínios de colisão
- Domínios de difusão
- Recapitulação

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

DISPOSITIVOS DE NÍVEL 1

- *Bus*
 - Em cada instante, apenas pode estar a transmitir um único dispositivo
- *Hub*
 - Situação semelhante à que ocorre com um *bus*
 - Qualquer sinal que seja recebido numa porta é reenviado pelas restantes
 - *Multiport-repeater*
 - “Concentra um *bus* num ponto central”
 - Opera apenas no nível físico, não interpretando os quadros

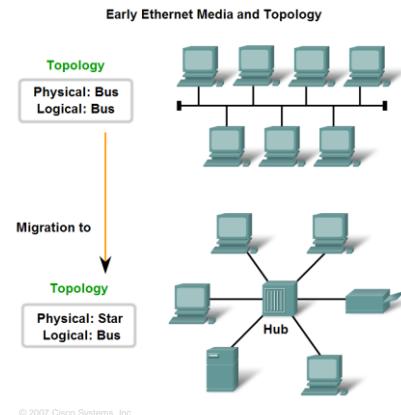
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

2

DISPOSITIVOS DE NÍVEL 1

- Inicialmente, a tecnologia Ethernet baseava-se em *buses e hubs*



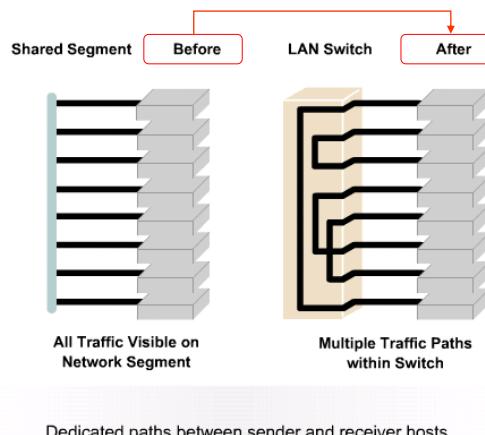
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

3

3

DISPOSITIVOS DE NÍVEL 2

- Posteriormente, passou a basear-se em *switches*



Dedicated paths between sender and receiver hosts.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

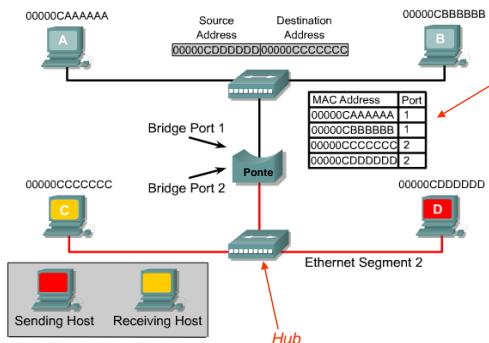
4

4

2

PONTES

- *Bridging* (nível 2)



- Com base nos endereços de origem, a ponte vai aprendendo, de um modo dinâmico, de que lado se encontram as máquinas
- Quando o destino faz parte da tabela, os quadros apenas são reencaminhados se necessário
- Quando o destino não é conhecido ou é do tipo difusão/multicast, os quadros são sempre reencaminhados
- Apenas são reencaminhados quadros sem erros

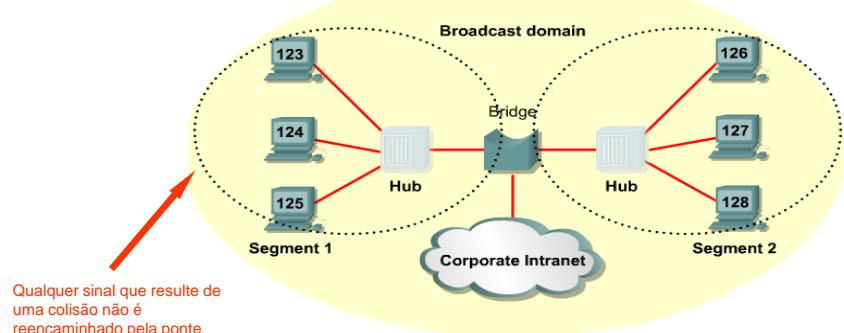
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

5

5

PONTES

- Expansão de domínios de difusão
- Segmentação (subdivisão) de domínios de colisão



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

6

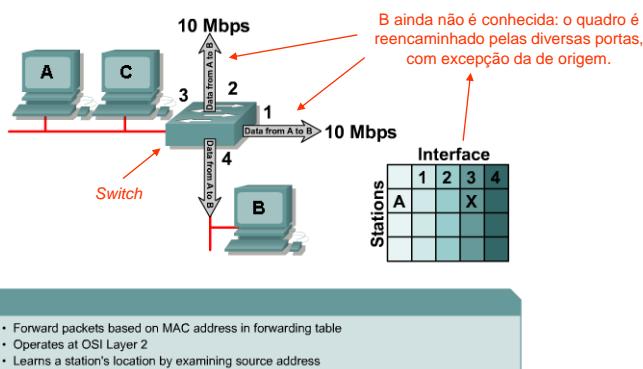
6

PONTES

- As pontes apenas reencaminham quadros sem erros
 - Tamanho igual ou superior ao mínimo (64 bytes)
 - Tamanho igual ou inferior ao máximo (1518 bytes)
 - FCS correcto
 - Sinal físico não corrompido
- Quadros com erros e sinais resultantes de colisões são descartados

SWITCHES

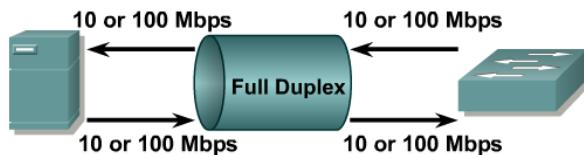
- Modo de operação de um switch
 - *Multiport bridge*



SWITCHES

- Comunicação *full-duplex*
- Ausência de colisões

Aumento do débito efectivo



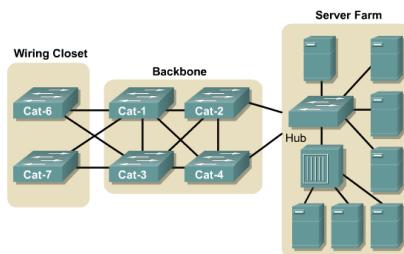
- Doubles bandwidth between nodes
- Collision-free transmission
- Two 10- or 100- Mbps data paths

SWITCHES

- Modos de operação
 - *Store and Forward*
 - Os quadros são recebidos na totalidade antes de serem reencaminhados através da porta de destino
 - *Cut-Through*
 - Os quadros começam a ser reencaminhados logo que o endereço físico de destino seja conhecido (**podem ser quadros truncados na sequência de uma colisão ou com FCS errados!**)
 - *Fragment-Free*
 - Os quadros começam a ser reencaminhados apenas após terem sido recebidos 64 bytes (tamanho mínimo que garante não ter sofrido qualquer colisão)

SWITCHES

- Algoritmo *Spanning-Tree*
 - Quando existem ciclos, podem ocorrer *Broadcast Storms*
 - Basicamente, os *switches* executam um algoritmo distribuído que permite desactivar determinados portos, evitando, em termos lógicos, ciclos através da criação de uma “árvore abrangente”



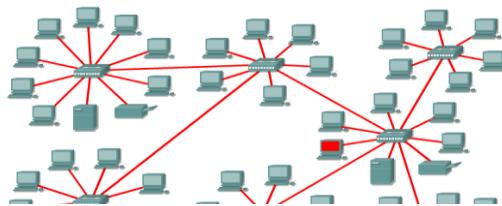
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

II

11

DOMÍNIOS DE COLISÃO

- Hubs e repetidores expandem os domínios de colisão
- Quando um dispositivo transmite dados, o sinal propaga-se a todos os restantes



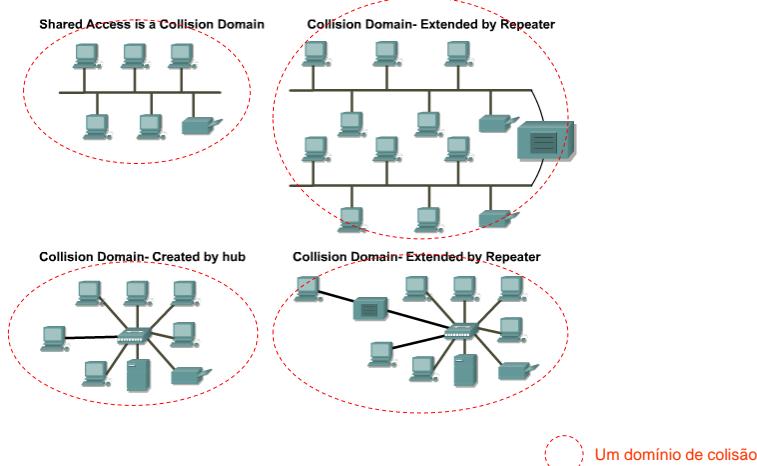
- Em cada instante, apenas pode existir um único dispositivo a transmitir

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

II

12

DOMÍNIOS DE COLISÃO



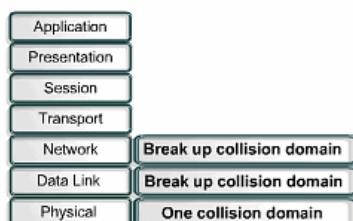
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

|3

13

DOMÍNIOS DE COLISÃO

- Segmentação (subdivisão) de domínios de colisão
 - Pontes
 - *Switches*
 - *Routers*

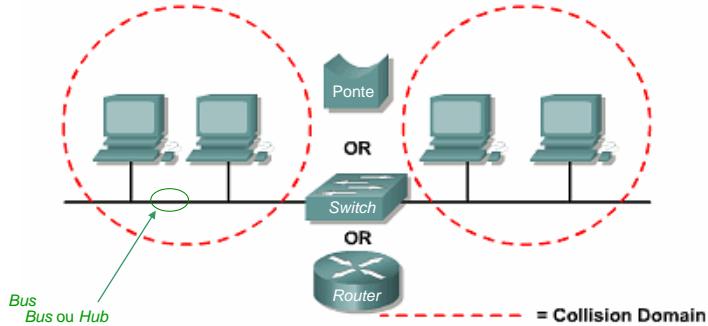


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

|4

14

DOMÍNIOS DE COLISÃO

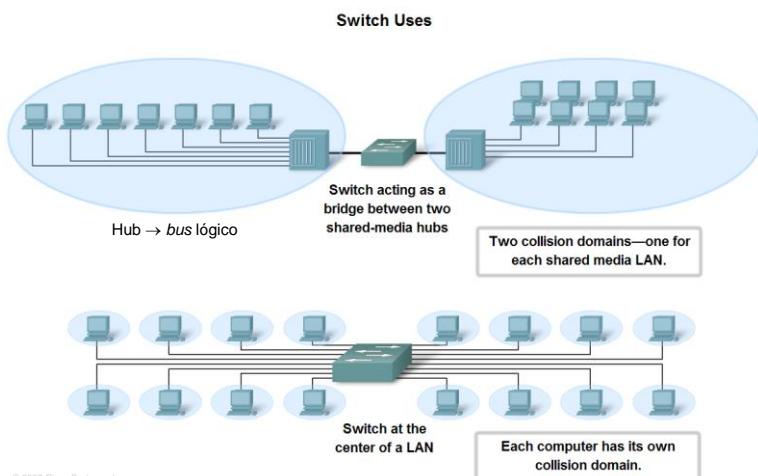


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

15

15

DOMÍNIOS DE COLISÃO



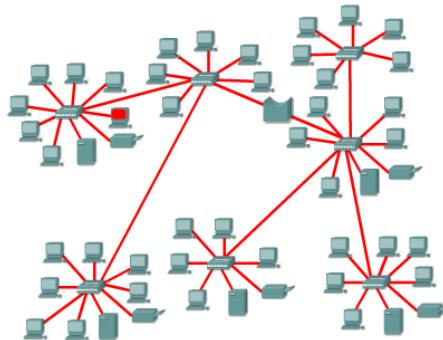
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

16

16

DOMÍNIOS DE DIFUSÃO

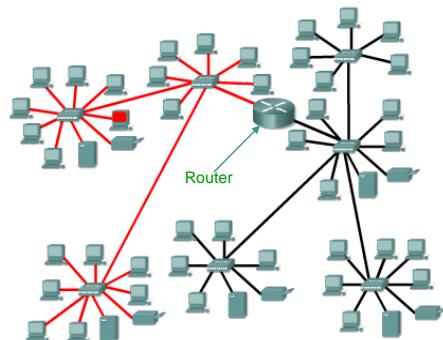
- Domínios de difusão (broadcast)



A broadcast is picked up by all stations. A broadcast is also forwarded across all bridges whether the receiving host is on the other side of the bridge or not. This eliminates the benefits of having a bridged network.

DOMÍNIOS DE DIFUSÃO

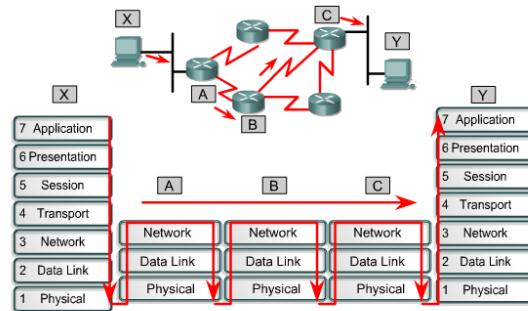
- Segmentação de domínios de difusão



By using a router in place of a bridging device a layer two broadcast is contained. Layer three devices are the only devices that contain broadcasts.

DOMÍNIOS DE DIFUSÃO

- Fluxo de dados através de uma rede com vários domínios de difusão (processo de encaminhamento)



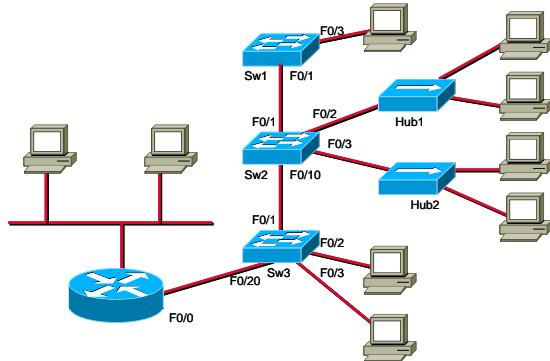
Data flow in a network focuses on layers one, two and three of the OSI model. This is after being transmitted by the sending host and before arriving at the receiving host.

RECAPITULAÇÃO

- Dispositivos do nível 1 **não** subdividem domínios de colisão
- Dispositivos do nível 2 e 3 subdividem domínios de colisão
- Dispositivos do nível 3 subdividem domínios de difusão
- Switch**
 - Opera no nível de ligação de dados (camada 2) do modelo de referência OSI
 - Multiport Bridge*
 - Processa/interpreta os quadros Ethernet
 - Comutação baseada nos endereços físicos
 - Capacidade de auto-aprendizagem
 - Transmissões em paralelo e *full-duplex*
 - Segmentação de domínios de colisão (microsegmentação)
 - Aumento do débito efectivo

RECAPITULAÇÃO

- Quantos domínios de colisão e de difusão existem nesta rede?



TECNOLOGIAS ETHERNET

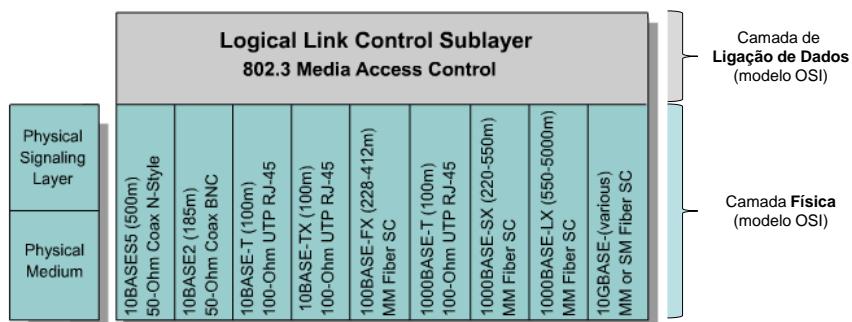
Tópicos

- Auto-negociação
- Ethernet 10 Mbps
- Ethernet 100 Mbps
- Ethernet 1 Gbps
- Ethernet 10 Gbps

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

TECNOLOGIAS ETHERNET



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

2

TECNOLOGIAS ETHERNET

- Ethernet 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps e 10 Gbps
- A estrutura dos quadros mantém-se
- Os parâmetros temporais variam

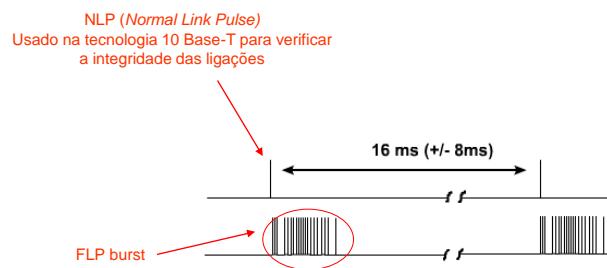
Ethernet Speed	Bit Time
10 Mbps	100 ns
100 Mbps	10 ns
1000 Mbps = 1 Gbps	1 ns
10,000 Mbps = 10 Gbps	.1 ns

Speed	Interframe Spacing	Time Required
10 Mbps	96 bit-times	9.6 µs
100 Mbps	96 bit-times	0.96 µs
1 Gbps	96 bit-times	0.096 µs
10 Gbps	96 bit-times	0.0096 µs

Speed	Slot Time	Time Interval
10 Mbps	512 bit-times	51.2 µs
100 Mbps	512 bit-times	5.12 µs
1 Gbps	4096 bit-times	4.096 µs
10 Gbps	not applicable	not applicable

TECNOLOGIAS ETHERNET

- Auto-negociação
 - Existem interfaces 10/100 e 10/100/1000
 - Configuração de velocidade automática (auto-negociação)
 - Através do envio de pulsos FLP (Fast Link Pulse)



TECNOLOGIAS ETHERNET

Prioridade de Configuração na auto-negociação

- 1000BASE-T full duplex
- 1000BASE-T half duplex
- 100BASE-TX full duplex
- 100BASE-TX half duplex
- 10BASE-T full duplex
- 10BASE-T half duplex

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

5

5

ETHERNET 10 MBPS

- 10 Base-5, 10 Base-2 e 10 Base-T
- *Legacy Ethernet*
- Aspectos comuns
 - Parâmetros temporais

Parameter	Value
Bit Time	100 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

* The value listed is the official interframe spacing.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

6

6

ETHERNET 10 MBPS

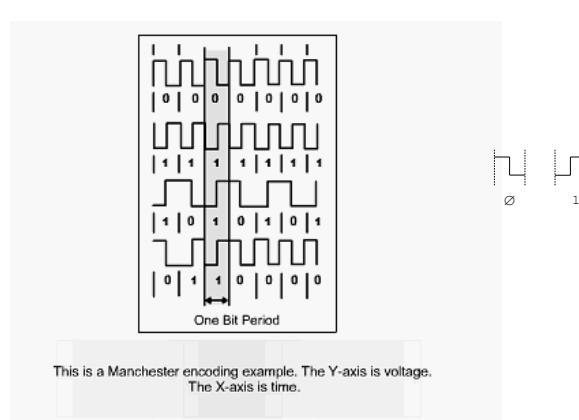
- Formato dos quadros
- Método de acesso CSMA/CD
- Regra 5-4-3
 - 5 segmentos
 - 4 repetidores
 - 3 segmentos com estações
- Codificação eléctrica dos sinais (*Manchester*)
 - Relógio de amostragem extraído do sinal
 - Requer duas vezes mais largura de banda do que a codificação simples/directa

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

7

7

ETHERNET 10 MBPS



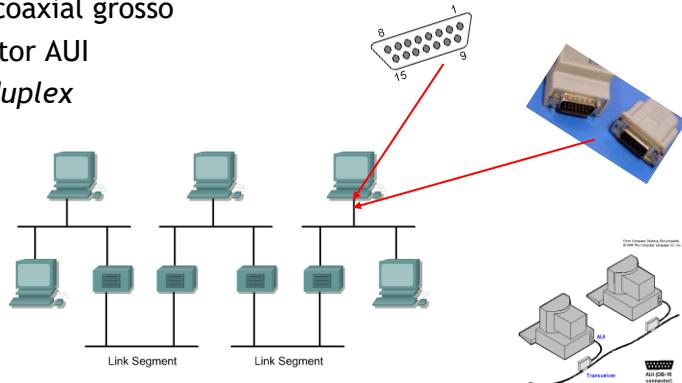
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

8

8

ETHERNET 10 MBPS

- 10 Base-5 (1983)
 - Bus
 - Cabo coaxial grosso
 - Conector AUI
 - *Half-duplex*



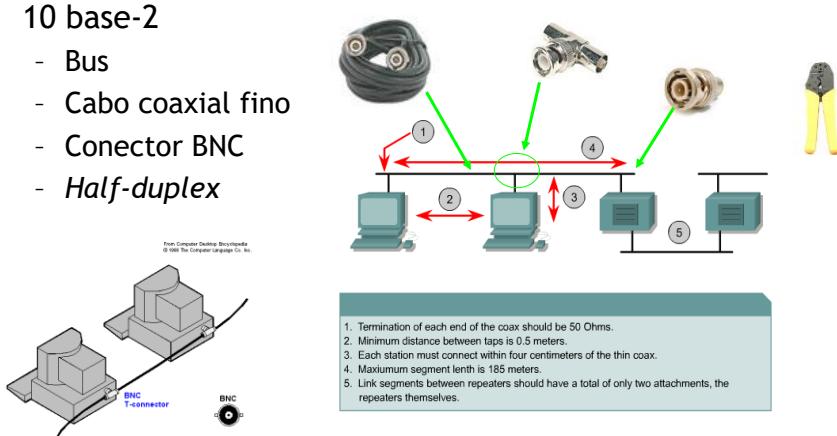
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

9

9

ETHERNET 10 MBPS

- 10 base-2
 - Bus
 - Cabo coaxial fino
 - Conector BNC
 - *Half-duplex*



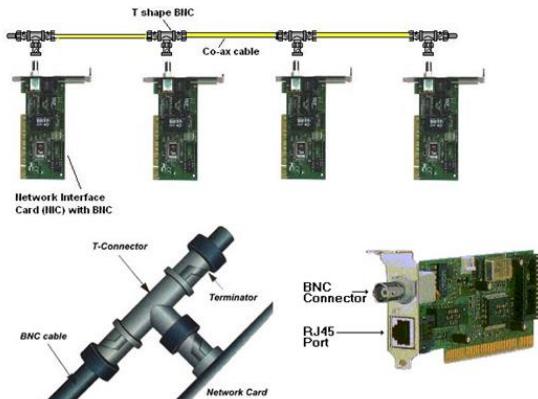
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

10

10

5

ETHERNET 10 MBPS



<https://onlinesmartrunner.blogspot.com/2020/07/what-is-coaxial-cable-connector.html>

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

||

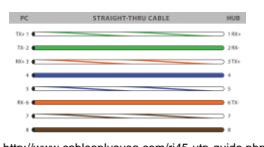
11

ETHERNET 10 MBPS

- 10Base-T
 - Conectores RJ-45
 - Cabo de cobre entrancado (STP ou UTP)
 - Hub ou Switch
 - Half-duplex ou Full-duplex



Pin Number	Signal
1	TD+ (Transmit Data, positive-going differential signal)
2	TD- (Transmit Data, negative-going differential signal)
3	RD+ (Receive Data, positive-going differential signal)
4	Unused
5	Unused
6	RD- (Receive Data, negative-going differential signal)
7	Unused
8	Unused



<http://www.cablesplususa.com/rj45-utp-guide.php>

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

||

12

ETHERNET 100 MBPS

- *Fast Ethernet* (1995)
- IEEE 802.3u
- *Full-duplex*
- Parâmetros temporais

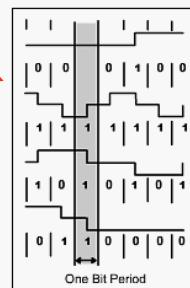
Único valor que difere das tecnologias 10 Mbps

Parameter	Value
Bit Time	10 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

ETHERNET 100 MBPS

- 100 Base-Tx
 - Cabo UTP de categoria 5 ou superior
 - Codificação 4B/5B
 - Conjuntos de 4 bits são codificados em 5 bits
 - Codificação eléctrica: MLT3
 - 3 níveis de voltagem

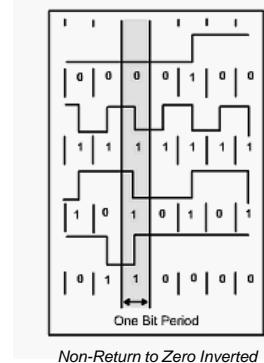
Pin Number	Signal
1	TD+ (Transmit Data, positive-going differential signal)
2	TD- (Transmit Data, negative-going differential signal)
3	RD+ (Receive Data, positive-going differential signal)
4	Unused
5	Unused
6	RD- (Receive Data, negative-going differential signal)
7	Unused
8	Unused



ETHERNET 100 MBPS

- 100 Base-Fx

- Pares de fibras ópticas (Transmissão e Recepção)
 - Codificação 4B/5B
 - Codificação NRZI



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

16

16

ETHERNET 1 Gbps

- *Gigabit Ethernet*
 - Parâmetros temporais

Parameter	Value
Bit Time	1 nsec
Slot Time	4096 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

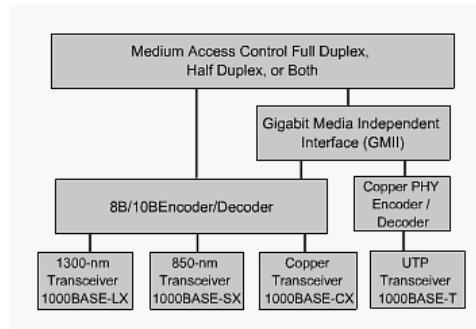
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

18

18

ETHERNET 1 GBPS

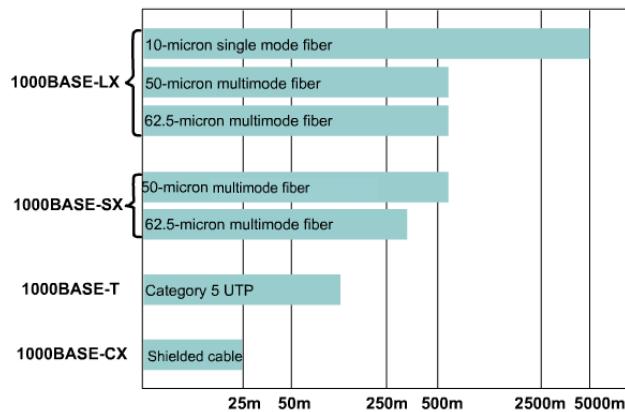
- Camadas *Gigabit Ethernet*



ETHERNET 1 GBPS

- IEEE 802.3z (1998)
 - Fibra óptica
 - 1000 Base-SX
 - Fontes de luz de comprimento de onda curta (850 nm)
 - Laser ou LED
 - 1000 Base-LX
 - Fontes de luz de comprimento de onda longa (1300 nm)
 - Laser
 - Codificação 8B/10B
 - Bytes convertidos em sequências de 10 bits
 - Limita o número de zeros e uns consecutivos
 - Full-duplex (pares de fibras: Rx e Tx)

ETHERNET 1 GBPS

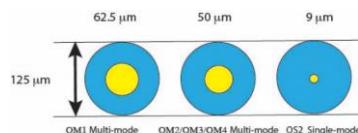


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

21

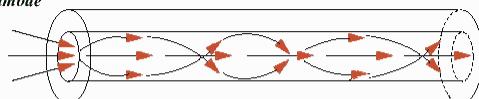
21

ETHERNET 1 GBPS

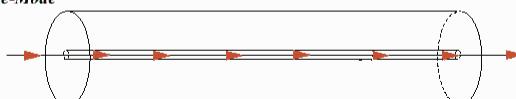


<https://blogs.cisco.com/isp/iberoptics/p2singlemodefiber>

Multimode



Single-Mode



<http://www.fiber-optical-networking.com/wp-content/uploads/2015/02/fiber-mode.gif>

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

22

22

ETHERNET 1 GBPS

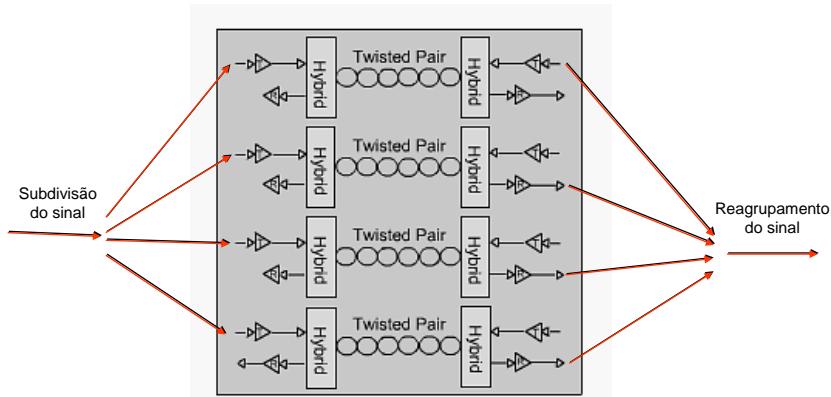
- IEEE 802.3ab
 - Cabo UTP de categoria 5e ou superior
 - 1000 Base-T
 - 4 pares usados em simultâneo nos dois sentidos
 - Full-duplex
 - Codificação 4D-PAM5 (5 níveis)
 - Técnicas especiais para eliminação dos efeitos de colisões permanentes

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

23

23

ETHERNET 1 GBPS



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

24

24

ETHERNET 10 GBPS

- IEEE 802.3ae (2003)
- **10-Gigabit Ethernet** (10GbE)
- Apenas *Full-duplex*
- Não é necessário o CSMA/CD
- LAN, MAN e WAN
- A estrutura do quadro mantém-se

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

25

25

ETHERNET 10 GBPS

- Parâmetros temporais

Parameter	Value
Bit Time	0.1 nsec
Slot Time	not applicable *
Interframe Spacing	96 bits *8
Collision Attempt Limit	not applicable *
Collision Backoff Limit	not applicable *
Collision Jam Size	not applicable *
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	not applicable *
Interframe Spacing Stretch Ratio	104 bits ***

* 10-Gbps Ethernet does not permit half duplex operation, so parameters related to slot timing and collision handling do not apply.

** The value listed is the official interframe spacing.

*** The Interframe Spacing Stretch Ratio applies exclusively to 10GBASE-W definitions.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

26

26

ETHERNET 10 GBPS

- Fibra
 - LAN PHY
 - 10GBASE-SR
 - 10GBASE-LRM
 - 10GBASE-LR
 - 10GBASE-ER
 - 10GBASE-ZR
 - 10GBASE-LX4
 - WAN PHY
 - 10GBASE-SW
 - 10GBASE-LW
 - 10GBASE-EW
- Cobre
 - LAN PHY
 - 10GBASE-CX4
 - 10GBASE-T

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

27

27

ETHERNET 10 GBPS

- 10GBASE-SR (**Short Range**)
 - Alcança entre 26m e 82m
 - Em fibra OM3 (50 μm 2000 MHz·km, $\lambda=850 \text{ nm}$), suporta 300 m.
- 10GBASE-LRM (**IEEE 802.3aq**)
 - Norma surgida em Outubro de 2006
 - Suporta fibra 62,5 μm e 50 μm
- 10GBASE-LR (**Long Range**)
 - Opera em fibra monomodo $\lambda=1300 \text{ nm}$ até 10Km

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

28

28

ETHERNET 10 GBPS

- 10GBASE-ER (Extended Range)
 - Suporta distâncias até 40 km sobre FO monomodo $\lambda = 1550$ nm.
- 10GBASE-ZR
 - Não é especificada pelo IEEE
 - É oferecida por alguns fabricantes
 - Suporta distâncias de até 80 km em FO monodo
- 10GBASE-LX4
 - Recorre a Wavelength Division Multiplexing (WDM)
 - 4 lasers operando a 3.125 Gbit/s
 - 4 comprimentos de onda no intervalo 1300nm
 - Distâncias de 240 m a 300 m sobre FO multimodo
 - Distâncias de 10 km sobre FO monomodo

ETHERNET 10 GBPS

- 10GBASE-CX4 (IEEE 802.3ak)
 - Corre sobre 4 pares de cabo twinaxial (do tipo coaxial, mas com dois condutores em vez de um único)
 - Distâncias de até 15m
- 10GBASE-Kx (IEEE 802.3ap - Backplane Ethernet)
 - copper printed circuit board with two connectors
 - Usada no backplane de switches/routers



<http://www.answers.com/topic/twinaxial>

ETHERNET 10 GBPS

- 10GBASE-T (IEEE 802.3an)
 - Versão Tomlinson-Harashima Precoded (THP) da Pulse-Amplitude Modulation de 16 níveis discretos (PAM-16)
 - Conectores RJ-45
 - Cablagem **Cat. 6**
 - Suporta até 55m
 - Cablagem **Cat. 6a (Augmented Category 6)**
 - Distâncias até 100m
 - Largura de banda de 500 MHz

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

31

31

ETHERNET 10 GBPS

Implementation	Wavelength	Medium	Minimum Modal Bandwidth	Operating Distance
10GBASE-LX4	1310 nm	62.5µm MMF	500 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-LX4	1310 nm	50µm MMF	400 MHz/km	2 - 240 m
10GBASE-LX4	1310 nm	50µm MMF	500 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-LX4	1310 nm	10µm MMF	N/A	2 - 10 km
10GBASE-S	850 nm	62.5µm MMF	160 MHz/km	2 - 26 m
10GBASE-S	850 nm	62.5µm MMF	200 MHz/km	2 - 33 m
10GBASE-S	850 nm	50µm MMF	400 MHz/km	2 - 66 m
10GBASE-S	850 nm	50µm MMF	500 MHz/km	2 - 82 m
10GBASE-S	850 nm	50µm MMF	2000 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-L	1310 nm	10µm SMF	N/A	2 - 10 km
10GBASE-E	1550 nm	10µm SMF	N/A	2 - 30 km*

MMF – Multi-mode optical Fiber

SMF – Single-mode optical fiber

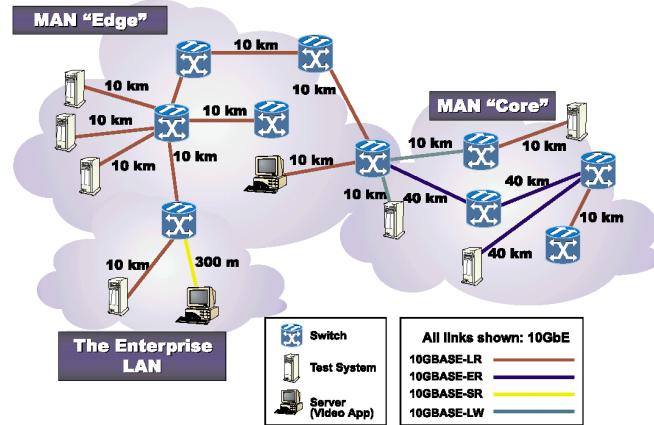
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

32

32

ETHERNET 10 GBPS

- Aplicações



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

33

REDES DE ÁREA LOCAL SEM FIOS

Tópicos

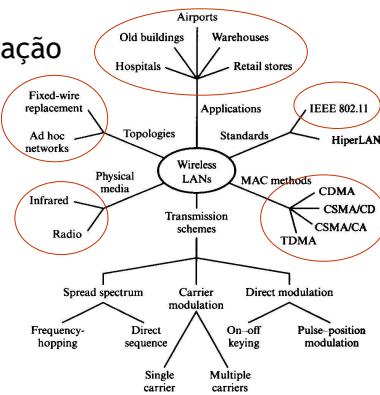
- Introdução
- Topologias
- Meios de transmissão
- CSMA/CA
- RTS/CTS
- Norma 802.11

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

INTRODUÇÃO

- Vantagens
 - Flexibilidade e escalabilidade
 - Mobilidade
 - Rapidez e facilidade de instalação
 - Custo reduzido



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

2

TOPOLOGIAS

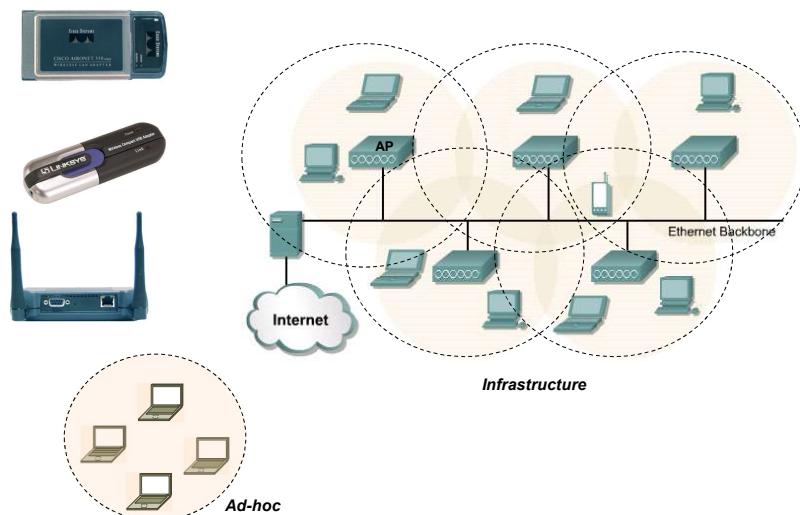
- *Ad-hoc*
 - Também *peer-to-peer* ou ponto-a-ponto
 - Uma única célula e alcance limitado
- *Infrastructure*
 - Ligação a uma rede com fios
 - AP - *Access Point*
 - Células
 - Alcance entre os 50 e 100 metros
 - Não existe comunicação directa entre duas estações
 - Uma estação deve começar por associar-se a um AP
 - Um AP pode ser visto como fazendo a ponte entre um troço de rede com fios e outro sem fios

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

3

3

TOPOLOGIAS



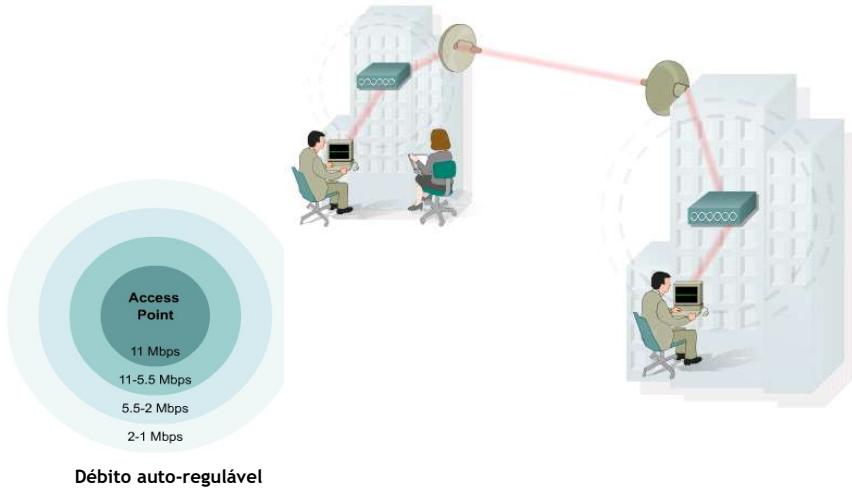
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

4

4

2

TOPOLOGIAS



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

5

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Ondas rádio
 - Propagam-se através de objectos
 - Bandas de frequência atribuídas por entidades oficiais de modo a evitar interferências
 - *Path loss*
 - Diminuição da potência $\sim 1/\text{distância}^2$
 - Em interiores, a atenuação é aumentada pela presença de diversos objectos
 - *Multipath*
 - Caminhos de propagação distintos
 - Interferências (destrutivas) entre um símbolo/bit e o(s) seguinte(s)

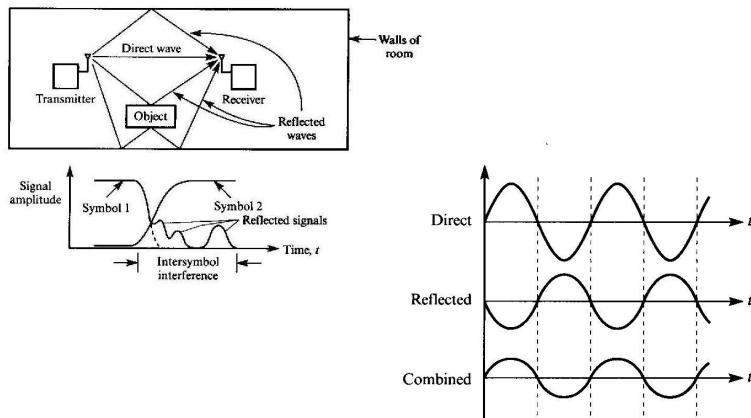
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

6

6

3

MEIOS DE TRANSMISSÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

7

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Modos de transmissão principais (técnicas de modulação)
 - Larguras de banda elevadas
 - Banda ISM - *Industrial, Scientific and Medical*
 - 900 MHz, 2.4 GHz e 5 GHz
 - *Spread Spectrum*
 - FHSS - *Frequency-Hopping Spread Spectrum*
 - DSSS - *Direct-Sequence Spread Spectrum*
 - OFDM - *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

8

8

4

MEIOS DE TRANSMISSÃO

- Infravermelhos

- As frequências são muito superiores às de rádio ($>10^{14}\text{Hz}$)
- Expressas em comprimento de onda
- $\lambda = c/f = 3 \times 10^8/f$ (f em Hz e c em ms^{-1})
- Valores mais comuns
 - 800 nm e 1300 nm (nm = 10^{-9}m)
- Comportamento comparável ao da luz visível
- Dois tipos de emissores
 - Díodo *Laser*
 - Usados acima dos 10Mbps
 - LED - *Light-Emitting Diode*
 - Baratos e seguros
 - Usados até 10Mbps

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

9

9

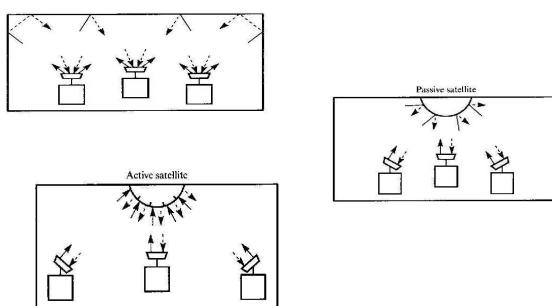
MEIOS DE TRANSMISSÃO

- IMDD

- *Intensity Modulation with Direct Detection*

- Ligações ponto-a-ponto e difusão

- Em redes locais: comunicação 1 para n



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

10

10

CSMA/CA

- CSMA/CA (*CSMA with Collision Avoidance*)
 - Algoritmo
 - Gera um período de espera aleatório
 - Inicia a contagem decrescente enquanto escuta o meio
 - Suspende a contagem decrescente sempre que o meio estiver ocupado ou reservado
 - Quando o contador atinge zero, inicia a transmissão do quadro
 - A recepção dos quadros NÃO é garantida
 - Nota: como uma interface de rede ou se encontra em modo transmissão ou em modo recepção, a aplicação do CSMA/CD não é viável

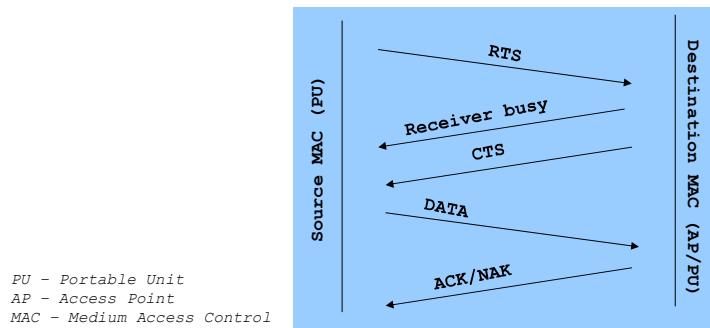
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

II

11

RTS/CTS

- Protocolo DFW (*Distributed Foundation Wireless*) MAC
 - RTS/CTS (*Request to Send/Clear to Send*)
 - Incorporado nos protocolos de MAC
 - Assenta num procedimento de *four-way handshake*



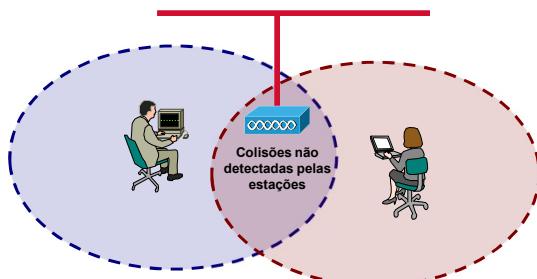
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

II

12

RTS/CTS

- Opcionalmente usado para garantir a recepção dos quadros de dados
- Ajuda a minorar o problema do nodo escondido (i.e., duas estações ouvem um mesmo AP, mas não uma à outra)



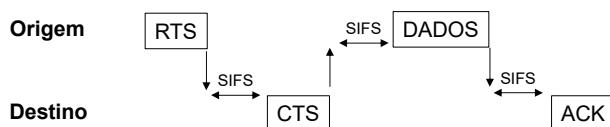
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

13

13

RTS/CTS

- É usado o CSMA/CA ou outro mecanismo de controlo de acesso ao meio para enviar os quadros RTS
- Os restantes quadros são transmitidos directamente
- Possibilita a reserva do meio de transmissão pelo período necessário à conclusão da transmissão
- Os quadros RTS, CTS e ACK incluem um campo que indica a duração estimada até à conclusão do processo de transmissão (microsssegundos)



SIFS (Short Inter-Frame Space): prevê o tempo necessário à comutação entre os modos de recepção e de transmissão.

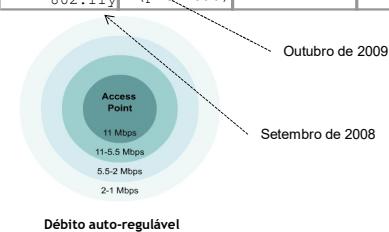
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

14

14

NORMA 802.11

Protocolo	Data	Frequência	Taxa de transmissão	Raio de cobertura indicativo no interior (m)	Raio de cobertura indicativo no exterior (m)
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	35	120
802.11b	1999	2,4 GHz	11 Mbps	38	140
802.11g	2003	2,4 GHz	54 Mbps	38	140
	Set-08	2,4 GHz	248 Mbps	70	250
802.11n	(previsão)	5 GHz			
802.11y	Mar-08 (previsão)	3,7 GHz	54 Mbps	50	5000

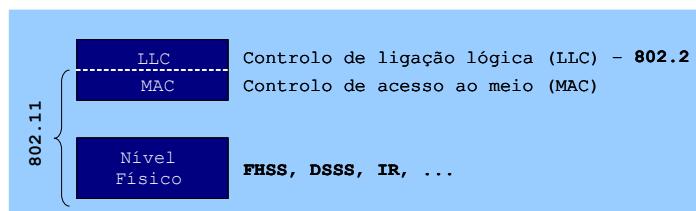


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

15

15

NORMA 802.11



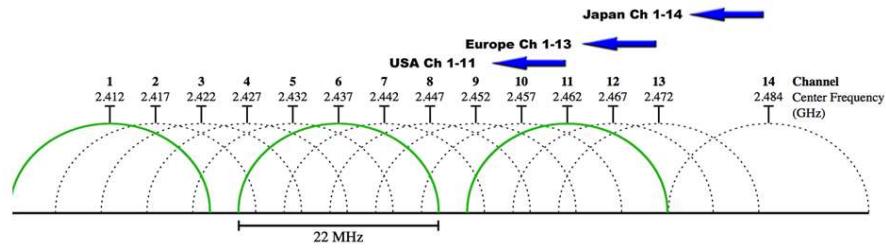
FHSS - Frequency-Hopping Spread Spectrum
 2,4 GHz divididos em 75 canais de 1 MHz
DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum
 2,4 GHz divididos em 14 canais de 22 MHz
IR - Infravermelho

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

16

16

NORMA 802.11



<http://microchipdeveloper.com/wifi/channels>

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

17

17

NORMA 802.11

- Modos de operação/topologias
 - *Infrastructure*
 - Modo BSS - *Basic Service Set*
 - Um único AP
 - Modo ESS - *Extended Service Set*
 - Vários AP interligados via redes com ou sem fios
 - Pelo menos dois BSS que formam uma única subrede
 - *Ad-hoc*
 - Modo IBSS - *Independent Basic Service Set*
 - *Modo Monitor/Promiscuo*
 - Apenas recepção
 - Recepção de qualquer quadro que tenha um sinal suficientemente forte

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

18

18

NORMA 802.11

- Gestão de energia
 - CAM - *Continuous Aware Mode*
 - Rádio ligado em permanência
 - PSPM - *Power Save Polling Mode*
 - Rádio em *standby*
 - O AP coloca em fila de espera os quadros destinados aos dispositivos em *standby*
- SSID - *Service Set Identifier*
 - Código que pretende identificar uma rede sem fios /conjunto de dispositivos de rede sem fios (*Service Set*)
 - Sequência de caracteres alfanuméricos *case-sensitive*
 - Para existir comunicação, deve haver partilha do mesmo SSID

NORMA 802.11

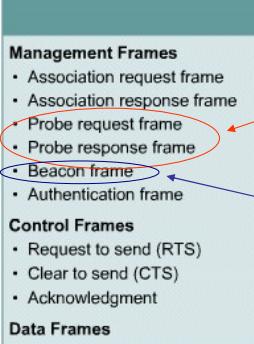
- Modo de operação principal
 - DCF (*Distributed Coordination Function*)
 - Baseado no CSMA/CA
 - É enviado um quadro de confirmação sempre que um quadro de dados com endereço de destino do tipo *unicast* é correctamente recebido
 - Inclui um mecanismo RTS/CTS de uso opcional
- Modo de operação PCF (*Point Coordination Function*)
 - Esquema centralizado baseado em *polling* (escrutínio)
 - O acesso dos dispositivos ao meio de transmissão é controlado por uma estação central (AP)
 - Uma estação apenas pode transmitir quando recebe um quadro de controlo específico

NORMA 802.11

- Fases até à associação de uma estação com um AP

1. Sondagem

- Activa
 - A estação envia um *Probe request* com o SSID da rede pretendida
 - Recepção de um *Probe response* com os parâmetros wireless
- Passiva
 - Periodicamente (100 ms), os AP emitem um *Beacon* com os parâmetros wireless
 - Pode ser inibido
 - A estação detecta os AP que se encontram ao seu alcance e pode fazer a sua escolha



NORMA 802.11

2. Autenticação

- Sistema aberto
 - Não existe qualquer segurança
 - No AP, podem existir restrições de acesso baseadas nos endereços de MAC
- WEP (*Wireless Equivalency Protocol*)
 - O AP e a estação partilham uma chave
 - O AP envia à estação um “desafio” e esta deve responder com este encriptado
- WPA (*Wi-Fi Protected Access*) e WPA2/802.11i

3. Associação

- Negociação de parâmetros entre o AP e a estação (quadros *Association Request* e *Association Response*)

NORMA 802.11

- Autenticação

Major Stepping Stones to Secure WLAN

Open Access SSID	First Generation Encryption WEP	Interim WPA	Present 802.11i/WPA2
<ul style="list-style-type: none">• No encryption• Basic authentication• Not a security handle	<ul style="list-style-type: none">• No strong authentication• Static, breakable keys• Not scalable	<ul style="list-style-type: none">• Standardized• Improved encryption• Strong, user-based authentication (e.g., LEAP, PEAP, EAP-FAST)	<ul style="list-style-type: none">• AES Encryption• Authentication: 802.1X• Dynamic key management• WPA2 is the Wi-Fi Alliance implementation of 802.11i

AES – Advanced Encryption Standard

WPA – Wi-Fi Protected Access

EAP – Extensible Authentication Protocol (Gere um processo de autenticação /login)

LEAP – Lightweight Extensible Authentication Protocol (versão do EAP proprietária da Cisco)

PEAP – Protected EAP (versão do EAP proposta pela Cisco, Microsoft e RSA Security)

NORMA 802.11

- Utilização de vários mecanismos de segurança em simultâneo, i.e., de forma cumulativa: conceito de profundidade
- Para acrescentar profundidade ao controlo de acesso a uma WLAN:

Inibir a difusão de SSID nos AP

- + Filtrar os endereços MAC (tabelas configuradas manualmente nos AP)
- + WPA ou WPA2 (obrigatório!)
- + Eventualmente reduzir a potência de emissão dos AP que se encontram nos limites da área a cobrir

TECNOLOGIA TCP/IP

Tópicos

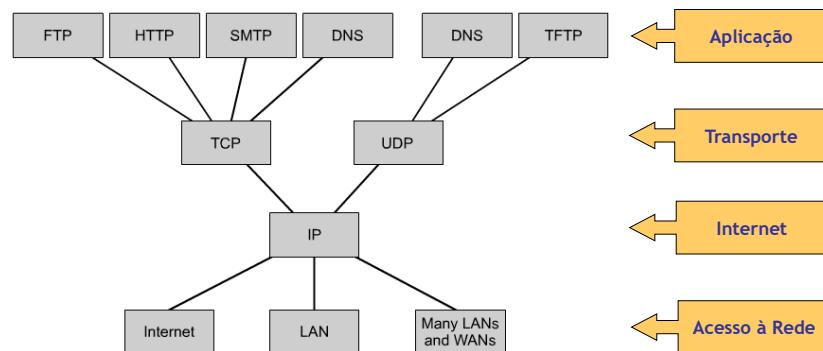
- Tecnologia TCP/IP
- Protocolo IP
- Endereçamento, sub-endereçamento e VLSM
- Encaminhamento directo e indirecto
- Protocolo ICMP
- Protocolos UDP e TCP

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

TECNOLOGIA TCP/IP

- Pilha protocolar



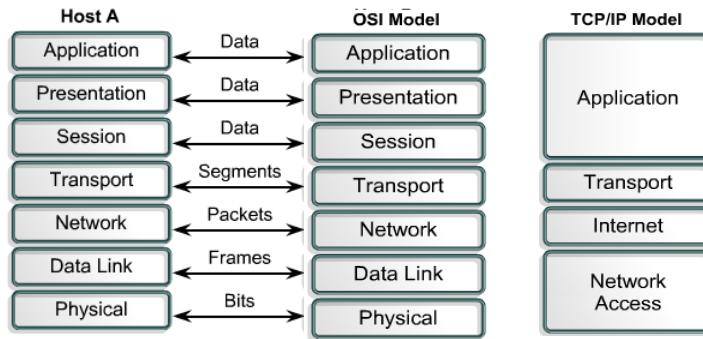
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

2

TECNOLOGIA TCP/IP

- Pilha protocolar



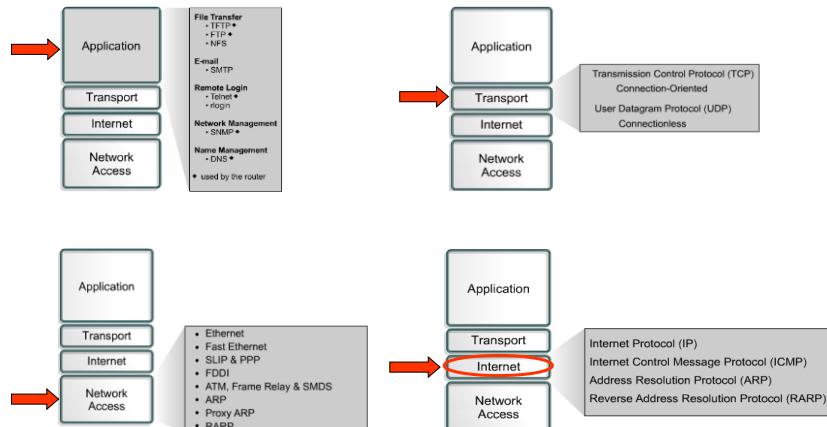
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

3

3

TECNOLOGIA TCP/IP

- Pilha protocolar

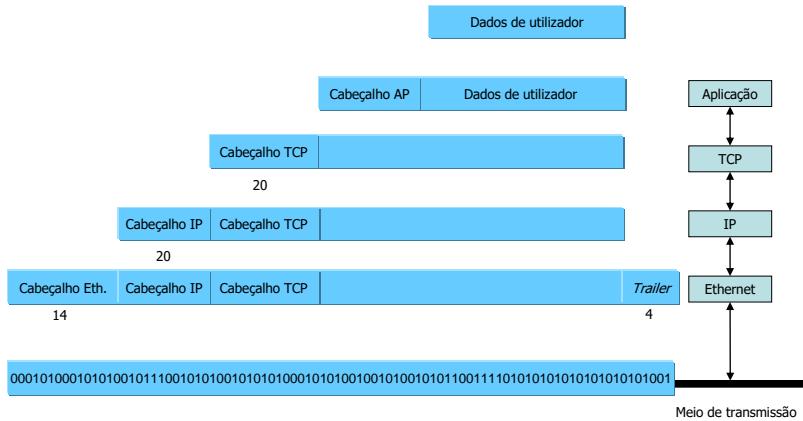


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

4

4

TECNOLOGIA TCP/IP



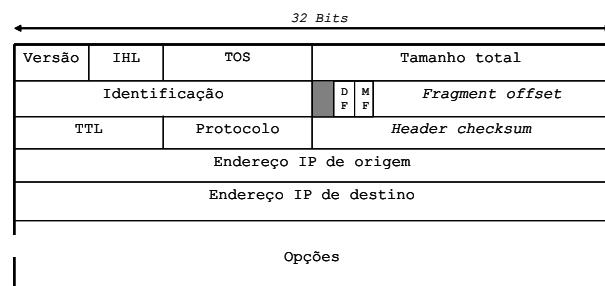
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

5

5

PROTOCOLO IP

- Responsável pelo endereçamento e encaminhamento
- Não orientado a ligação
- Datagramas
- Recorre a vários protocolos auxiliares



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

6

6

PROTOCOLO IP

- Campos

- IHL
 - Tamanho do cabeçalho em múltiplos de 32 bits (4 bytes)
 - Mínimo = 5 (i.e., 20 bytes); Máximo = 15
- TOS - *Type Of Service*
 - Geralmente ignorado
- Tamanho total
 - Cabeçalho + campo de dados
 - Máximo = 64 Kbytes
- Protocolo
 - Identifica o destinatário dos dados
 - 6 para TCP; 17 para UDP

PROTOCOLO IP

- Fragmentação/Reagrupamento

- Datagrama IP: 65536 bytes
- Cada tecnologia de nível de ligação possui uma MTU (*Maximum Transmission Unit*) característica

	MTU
IEEE 802.5	4464 bytes
FDDI	4352 bytes
IEEE 802.3/802.2	1492 bytes
X.25	576 bytes

➤ Necessidade de fragmentação/reagrupamento dos datagramas IP

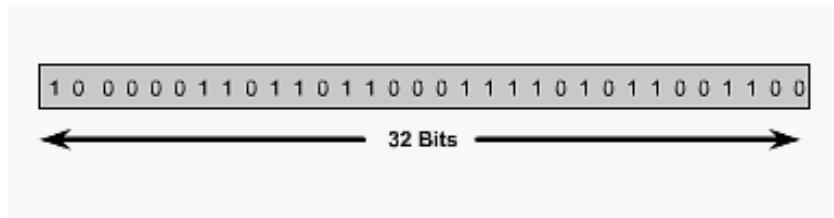
PROTOCOLO IP

- Campos para operações de fragmentação/reagrupamento
 - Identificação
 - bit DF - *Don't fragment*; bit MF - *More fragments*;
 - *Fragment offset*
- TTL - *Time-to-live*
 - Na prática, conta o número de saltos
- Opções

	Descrição
Segurança	Nível de segurança da informação
Strict Source routing	Indicação do caminho completo
Loose source routing	Lista de routers de passagem obrigatória
Record route	Cada router acrescenta o seu IP
Timestamp	Cada router acrescenta o seu IP e timestamp

ENDEREÇAMENTO IPv4

- Três tipos de endereços
 - *Unicast*
 - *Broadcast*
 - *Multicast*
- 32 bits de comprimento



ENDEREÇAMENTO IPv4

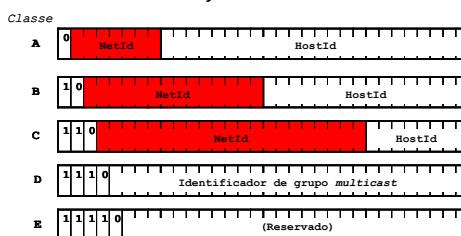
- Notação *dotted decimal*

Binary : 11000000.10101000.00000001.00001000 and 11000000.10101000.00000001.00001001
Decimal : 192.168.1.8 and 192.168.1.9

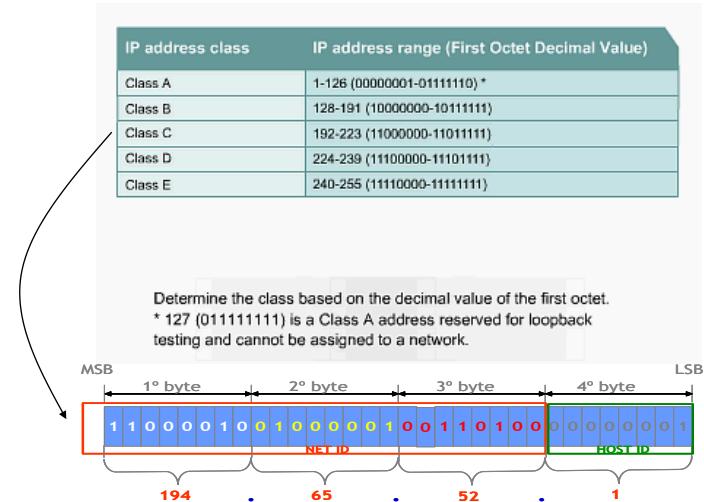
Both the binary and decimal numbers represent the same values, but it is much easier to see with the dotted decimal values. This is one of the common problems found in working directly with binary numbers. The long strings of repeated ones and zeros make transposition and omission errors more likely.

ENDEREÇAMENTO IPv4

- Endereço IP: NetId + HostId
- Todos os dispositivos de um mesmo troço de rede (domínio de difusão) devem possuir o mesmo NetId
- Troços de rede distintos possuem NetId distintos
- Máscara: indica fronteira entre os dois campos
- Várias classes de endereço:



ENDEREÇAMENTO IPv4



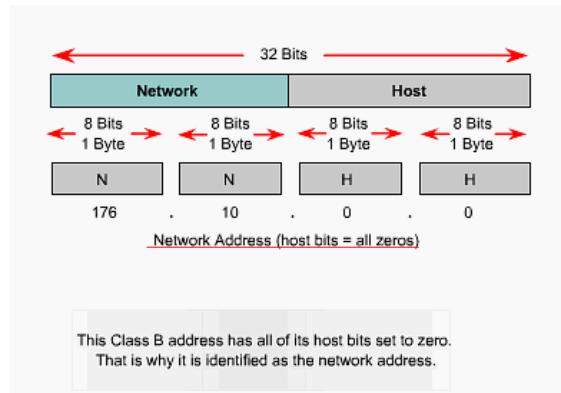
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

13

13

ENDEREÇAMENTO IPv4

- Identificação/endereço de uma rede
 - Colocam-se todos os bits do HostId a zero

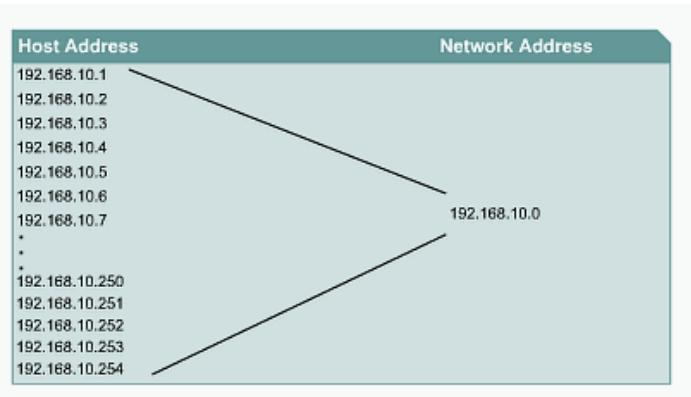


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

14

14

ENDEREÇAMENTO IPv4

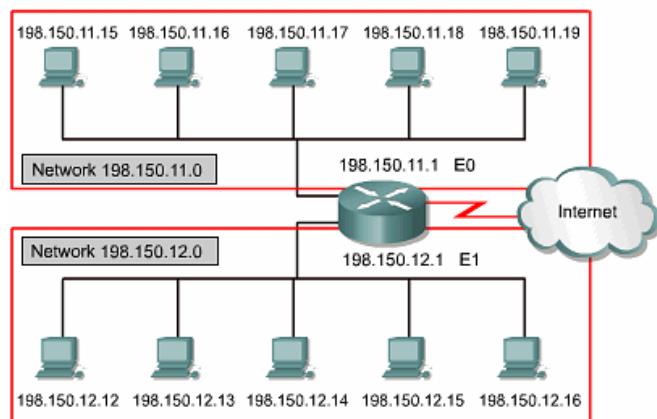


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

15

15

ENDEREÇAMENTO IPv4



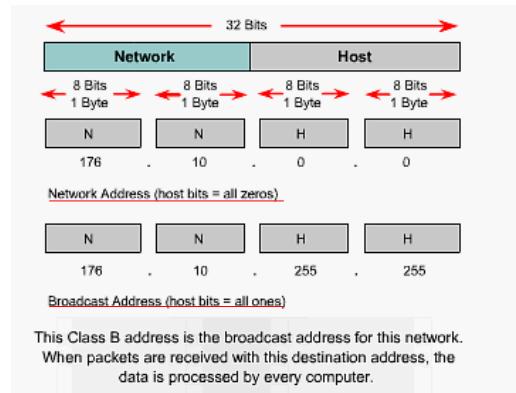
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

16

16

ENDEREÇAMENTO IPv4

- Endereços de difusão



ENDEREÇAMENTO IPv4

- Como em cada rede existem dois endereços especiais (broadcast e endereço de rede), o número de endereços úteis é igual a $2^{\text{Nº de bits do host}} - 2$
- Endereços privados
 - Uso interno/isolado
 - A sua utilização não está sujeita a licenciamento
 - Routers não devem propagar para a Internet informação sobre estas redes

Class	RFC 1918 internal address range
A	10.0.0.0 to 10.255.255.255
B	172.16.0.0 to 172.31.255.255
C	192.168.0.0 to 192.168.255.255

ENDEREÇAMENTO IPv4

- Classe A: 10.0.0.0/8 (255.0.0.0)
- Classe B: 172.16.0.0/12 (255.240.0.0)
- Classe C: 192.168.0.0/16 (255.255.0.0)
- Tráfego com origem e destino privados não devem utilizar a Internet
- Vantagens
 - Conservar o espaço de endereçamento
 - Fornecer maior flexibilidade no processo de endereçamento de uma rede
 - Formalizar uma gama de endereços a rejeitar no espaço público da Internet
- Desvantagens
 - Reduz a flexibilidade do acesso à Internet (proxy, NAT/PAT)

ENDEREÇAMENTO IPv4

- IP multicast
 - Classe D
 - Correspondência directa entre endereços IP da classe D e endereços físicos
 - Endereços Ethernet reservados para multicast
 - 01:00:5e:00:00:00 - 01:00:5e:7f:ff:ff

0000 0001 0000 0000 0101 1110 0	23 bits menos significativos de endereço de classe D
---------------------------------	--

Endereço Ethernet para IP multicast

ENDEREÇAMENTO IPv4

- Exemplo: um datagrama IP destinado ao endereço 224.0.0.1 é transportado por um quadro Ethernet com endereço físico de destino igual a ...

```
Frame 8 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)
Ethernet II, Src: Compaq [00:02:3f:7d:65:1a], Dst: 01:00:5e:00:00:01
  Destination: 01:00:5e:00:00:01 (01:00:5e:00:00:01)
  Source: 00:02:3f:7d:65:1a (Compaq [00:02:3f:7d:65:1a])
  Type: IP (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src Addr: 192.168.150.55 (192.168.150.55), Dst Addr: 224.0.0.1 (224.0.0.1)
  Version: 4
  Header length: 20 bytes
  Differentiated services Field: 0x00 (DSCP 0x00: default; ECN: 0x00)
  Total Length: 60
  Identification: 0xfa13 (64019)
  Flags: 0x00
  Fragment offset: 0
  Time to live: 128
  Protocol: ICMP (0x01)
  Header checksum: 0x09cc (correct)
  Source: 192.168.150.55 (192.168.150.55)
  Destination: 224.0.0.1 (224.0.0.1)
Internet Control Message Protocol
```

SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

- É possível subdividir um espaço de endereçamento, recorrendo aos *bits* de *HostId* (passam a ser os *bits* de subrede)
- As subredes resultantes são interligadas por encaminhadores (*routers*)

Class C network address 192.168.10.0			
1	10000000	10101000.00001010.00000000	N . N . N . H
1	10000000	10101000.00001010.00000000	N . N . N . sN . H
In this example three bits have been assigned to designate the subnet.			

SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

The diagram shows two examples of subnetting:

Class B network address 147.10.0.0

10010011.00001010.00000000.00000000	N . N . H . H
10010011.00001010.00000000.00000000	N . N . sN H . H

In this example five bits have been assigned to designate the subnet.

Class A network address 28.0.0.0

00011100.00000000.00000000.00000000	N . H . H . H
00011100.00000000.00000000.00000000	N . sN . sN H . H

In this example twelve bits have been assigned to designate the subnet.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

23

23

SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

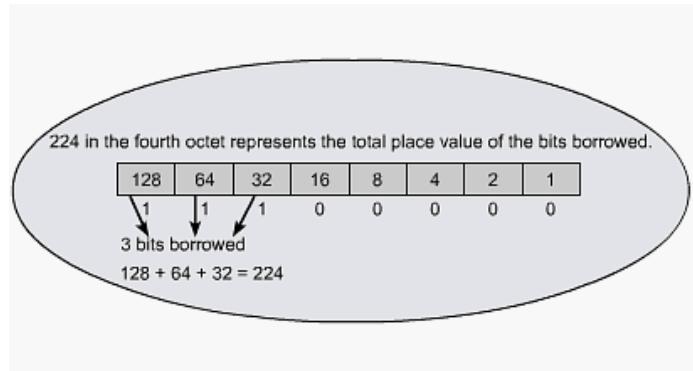
- Máscara de subrede
 - *Bit mask* de 32 bits
 - Mantém os bits de NetId e coloca a zero os de HostId num endereço IP
- Máscaras por omissão
 - Classe A: 255.0.0.0
 - Classe B: 255.255.0.0
 - Classe C: 255.255.255.0
- O resultado da aplicação de uma máscara é o mesmo para todas os endereços de uma mesma (sub)rede: o endereço da (sub)rede

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

24

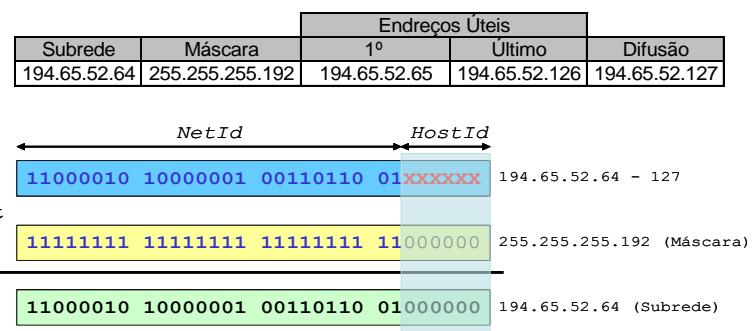
24

SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4



SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

- Considerando que pretende subendereçar o endereço da classe C 194.65.52.0, recorrendo a dois bits (máscara 255.255.255.192), uma das subredes será:



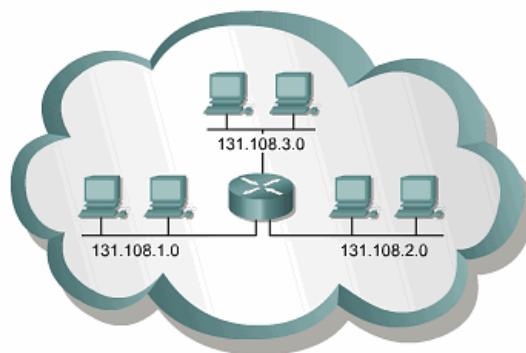
SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

- sub-endereçamento de endereços da classe C

Slash format	/25	/26	/27	/28	/29	/30	N/A	N/A
Mask	128	192	224	240	248	252	254	255
Bits borrowed	1	2	3	4	5	6	7	8
Value	128	64	32	16	8	4	2	1
Total Subnets	4	8	16	32	64			
Usable Subnets	2	6	14	30	62			
Total Hosts	64	32	16	8	4			
Usable Hosts	62	30	14	6	2			

A Class C address with a /25 mask only borrows one bit as shown in the chart above. However, a Class B address with a /25 mask borrows nine bits.

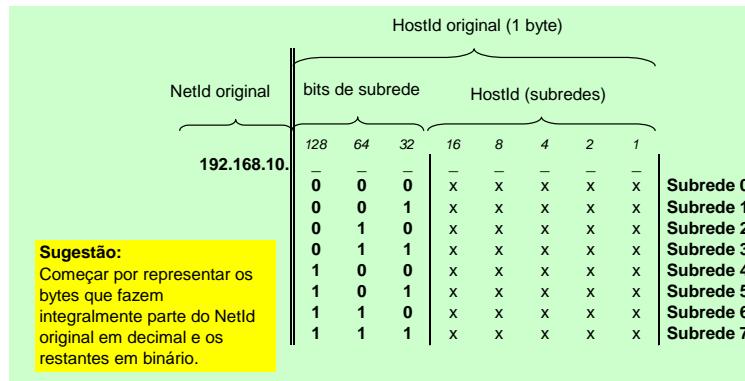
SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4



- Rede da classe B **131.108.0.0/16** dividida em 3 subredes:
 - **131.108.1.0/24**
 - **131.108.2.0/24**
 - **131.108.3.0/24**

SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

- Exemplo: subdivisão da rede da classe C 192.168.10.0, recorrendo a 3 bits (máscara 255.255.255.224 ou /27)



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

29

29

SUB-ENDEREÇAMENTO IPv4

Subnetwork #	Subnetwork ID	Host Range	Broadcast ID
0	192.168.10.0	.1--.30	192.168.10.31
1	192.168.10.32	.33--.62	192.168.10.63
2	192.168.10.64	.65--.94	192.168.10.95
3	192.168.10.96	.97--.126	192.168.10.127
4	192.168.10.128	.129--.158	192.168.10.159
5	192.168.10.160	.161--.190	192.168.10.191
6	192.168.10.192	.193--.222	192.168.10.223
7	192.168.10.224	.225--.254	192.168.10.255

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

30

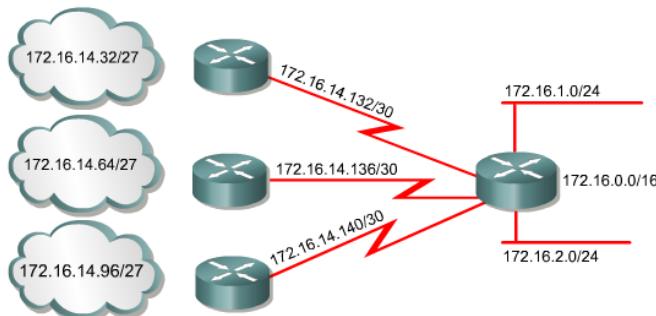
30

CONCEITOS DE VLSM

- Variable Length Subnet Mask
- Problemas:
 - espaço de endereçamento saturado (e.g. classe B)
 - crescimento exponencial das tabelas de encaminhamento
- Resolução:
 - Usar mais do que uma máscara de subrede no mesmo espaço de endereçamento
 - "*subnetting the subnet*"
- Vantagens:
 - Maximizar a eficiência do endereçamento

CONCEITOS DE VLSM

- Exemplo



- Divisão da rede 172.16.14.0/24 em subredes de tamanhos diferentes
- Máscaras utilizadas: /27 e /30

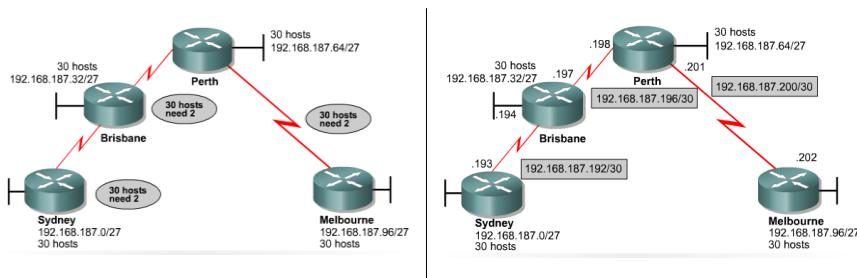
CONCEITOS DE VLSM

- Cálculo das subredes

Subnetted Address: 172.16.32.0/20					
In Binary 10101100.00010000.					00010 0000.00000000
VLSM Address: 172.16.32.0/26					
In Binary 10101100.00010000.					0010 0000.00000000
1st subnet: 172 • 16 .0010 0000.00 000000 = 172.16.32.0/26					
2nd subnet: 172 • 16 .0010 0000.01 000000 = 172.16.32.64/26					
3rd subnet: 172 • 16 .0010 0000.10 000000 = 172.16.32.128/26					
4th subnet: 172 • 16 .0010 0000.11 000000 = 172.16.32.192/26					
5th subnet: 172 • 16 .0010 0001.00 000000 = 172.16.33.0/26					
Network	Subnet	VLSM Subnet	Host		

CONCEITOS DE VLSM

- Combatendo o desperdício em ligações ponto-a-ponto...



- Divisão da subrede 192.168.187.192/27 para endereçamento das redes ponto-a-ponto, usando apenas dois endereços.

CONCEITOS DE VLSM

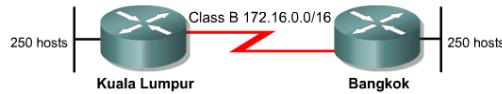
- Esquema de endereçamento adoptado

Subnet Number	Subnet Address	
subnet 0	192.168.187.0	/27
subnet 1	192.168.187.32	/27
subnet 2	192.168.187.64	/27
subnet 3	192.168.187.96	/27
subnet 4	192.168.187.128	/27
subnet 5	192.168.187.160	/27
subnet 6	192.168.187.192	/27
subnet 7	192.168.187.224	/27

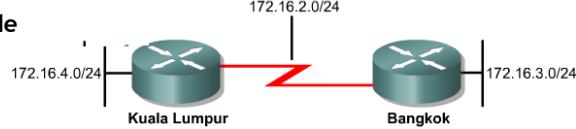
Subnet Number	Subnet Address	
sub-subnet 0	192.168.187.192	/30
sub-subnet 1	192.168.187.196	/30
sub-subnet 2	192.168.187.200	/30
sub-subnet 3	192.168.187.204	/30
sub-subnet 4	192.168.187.208	/30
sub-subnet 5	192.168.187.212	/30
sub-subnet 6	192.168.187.216	/30
sub-subnet 7	192.168.187.220	/30

CONCEITOS DE VLSM

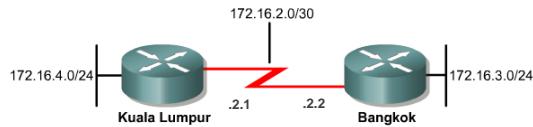
1 - Cenário inicial



2 - Mesma máscara de rede



3 - Cenário final - usar VLSM



ENDERECAMENTO IPv6

- 128 bits (16 bytes!)
- Uma nova notação (em hexadecimal)
8000:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
ou
8000::123:4567:89AB:CDEF

- Endereços IPv4
::192.31.20.46

Internet Protocol Version 4 (IPv4)	4 octets
11010001.11011100.11001001.01110001	
209.156.201.113	
4,294,467,295 IP addresses	

Internet Protocol Version 6 (IPv6)	16 octets
11010001.11011100.11001001.01110001.11010001.11011100	
110011001.01110001.11010001.11011100.11010001	
01110001.11010001.11011100.11001001.01110001	
A524:72D3:2C80:DD02:0029:EC7A:002B:EA73	
3.4 x 10 ³⁸ IP addresses	

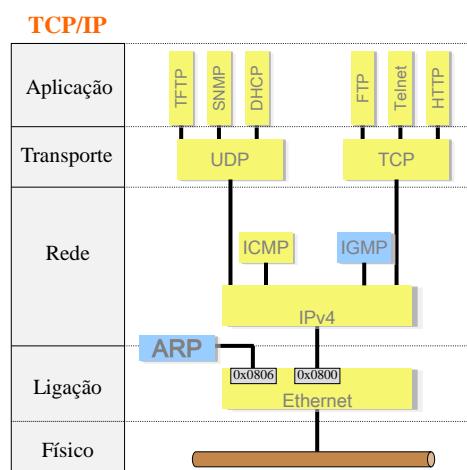
ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO

- Numa rede, os dispositivos possuem dois endereços de rede:
 - Endereço IP (atribuído de forma estática ou dinâmica)
 - Endereço físico (ou de HW ou de MAC)
- Tipos de encaminhamento
 - Directo
 - O destino e a origem encontram-se no mesmo troço de rede
 - Mapeamento directo entre IP e endereço físico de destino
 - Indirecto
 - O destino encontra-se numa troço de rede distinto
 - Encaminhamento directo para um encaminhador/router/gateway local

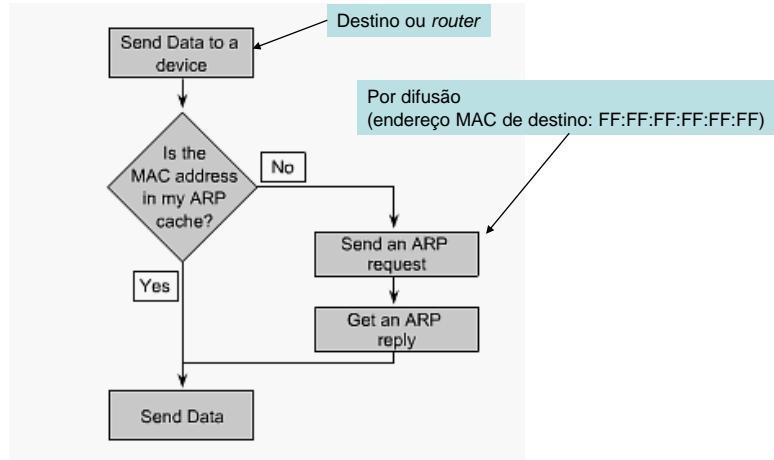
ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO

- ARP
 - *Address Resolution Protocol*
 - Permite, dado um endereço IP *unicast* local, obter o endereço físico correspondente
 - Recorre aos mecanismos de difusão da camada de ligação
 - *Cache / ARP table*: tabela onde são armazenados pares <endereço IP; endereço físico> relativos aos troços de rede locais

ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO

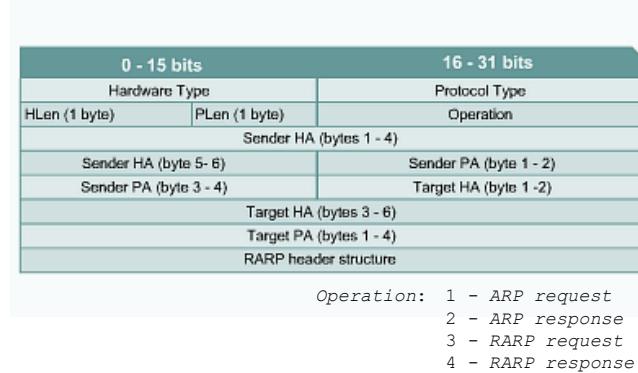


ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO



ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO

- Estrutura de mensagens ARP/RARP^(*)



(*) RARP

- Reverse Address Resolution Protocol
- Mapeamento inverso ao ARP

ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO

- Tabela ARP

ARP Table Entry		
Internet Address	Physical Address	Type
68.2.168.1	00-50-57-00-76-84	dynamic

Arp Table 198.150.11.36	
MAC	IP
FE:ED:F9:44:45:66	198.150.11.34
DD:EC:BC:00:04:AC	198.150.11.33
DD:EC:BC:00:94:D4	198.150.11.35
FE:ED:F9:23:44:EF	198.150.11.36

ENCAMINHAMENTO DIRECTO E INDIRECTO

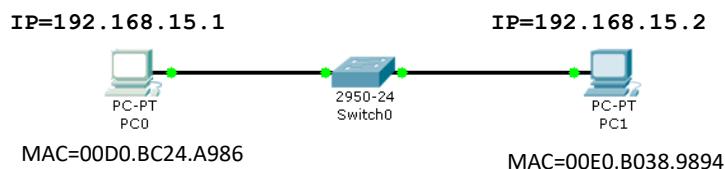
C:\Users\JM>arp -a

```
Interface: 10.202.128.25 --- 0xc
          Internet Address        Physical Address      Type
          10.202.65.1              10-60-4b-7d-e9-37    dynamic
          10.202.128.10            00-24-be-eb-51-95    dynamic
          10.202.128.41            78-45-c4-2d-98-6b    dynamic
          10.202.192.25            00-24-be-b3-44-95    dynamic
          10.202.255.255           ff-ff-ff-ff-ff-ff    static
          169.254.1.79             00-16-47-43-ed-54    dynamic
          224.0.0.22               01-00-5e-00-00-16    static
          224.0.0.252              01-00-5e-00-00-fc    static
          239.255.255.250          01-00-5e-7f-ff-fa    static
          255.255.255.255          ff-ff-ff-ff-ff-ff    static
```

ENCAMINHAMENTO DIRECTO

- Considere a seguinte rede local:

Endereço de rede: 192.168.15.0
Máscara de rede: 255.255.255.0



ENCAMINHAMENTO DIRECTO

- Consulta da cache ARP de PC0 (arp -a)

```
PC>arp -a
      Internet Address        Physical Address        Type
```

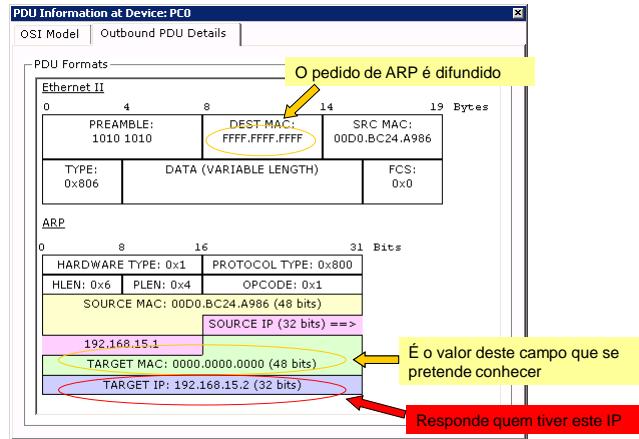
- Contacto de PC1 (ping 192.168.15.2)

```
PC>ping 192.168.15.2
Pinging 192.168.15.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.15.2: bytes=32 time=8ms TTL=120
Reply from 192.168.15.2: bytes=32 time=4ms TTL=120
Reply from 192.168.15.2: bytes=32 time=4ms TTL=120
Reply from 192.168.15.2: bytes=32 time=4ms TTL=120

Ping statistics for 192.168.15.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 4ms, Maximum = 8ms, Average = 5ms
```

ENCAMINHAMENTO DIRECTO

- Pedido de ARP enviado



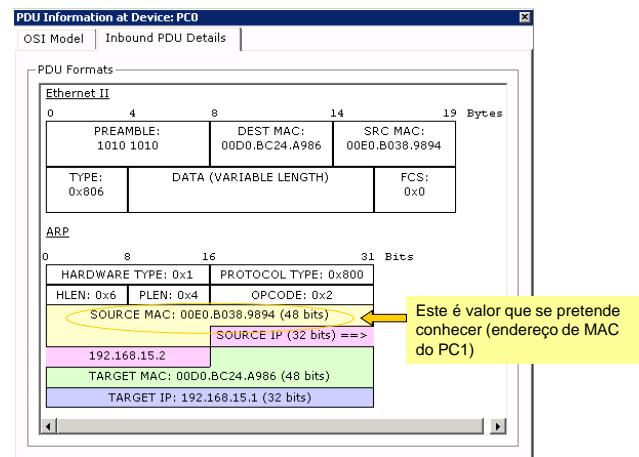
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

47

47

ENCAMINHAMENTO DIRECTO

- Resposta de ARP recebida



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

48

48

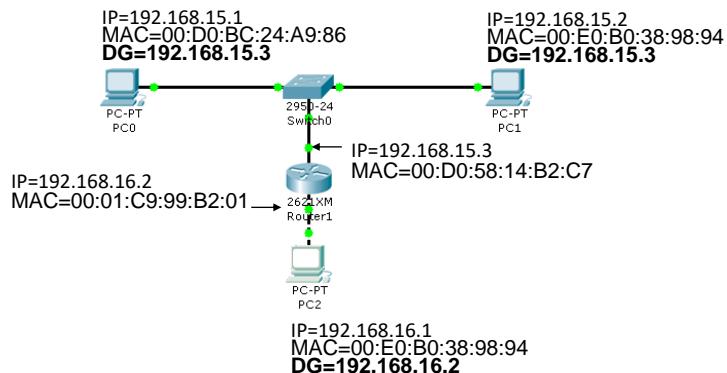
ENCAMINHAMENTO DIRECTO

- Entretanto, a cache ARP ficou preenchida

```
PC>arp -a
      Internet Address      Physical Address      Type
      192.168.15.2           00e0.b038.9894      dynamic
```

ENCAMINHAMENTO INDIRECTO

- Cenário com encaminhamento indirecto
 - Duas redes: 2 NetIds (192.168.15.0 e 192.168.16.0)
 - Interligação através de encaminhador (*router/gateway*)



ENCAMINHAMENTO INDIRECTO

- Consulta da cache ARP de PC0 (arp -a)

```
PC>arp -a
      Internet Address      Physical Address      Type
      192.168.15.2          00e0.b038.9894      dynamic
```

- Contacto de PC2 (ping 192.168.16.1)

```
PC>ping 192.168.16.1

Pinging 192.168.16.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=11ms TTL=120
Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=9ms TTL=120
Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=12ms TTL=120
Reply from 192.168.16.1: bytes=32 time=10ms TTL=120

Ping statistics for 192.168.16.1:
  Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
  Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 9ms, Maximum = 12ms, Average = 10ms
```

ENCAMINHAMENTO INDIRECTO

- Consulta da cache ARP de PC0 (arp -a)

Como o destino (PC2) se situa num rede distinta, o PC0 descobriu, através do ARP, o endereço físico da sua gateway

PC>arp -a		
Internet Address	Physical Address	Type
192.168.15.2	00e0.b038.9894	dynamic
192.168.15.3	00d0.5814.b2c7	dynamic

- Descoberta do caminho até ao destino (tracert)

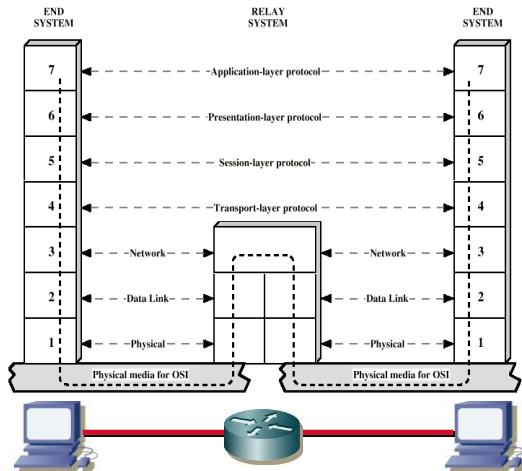
```
PC>tracert 192.168.16.1

Tracing route to 192.168.16.1 over a maximum of 30 hops:
  1   7 ms      10 ms      8 ms      192.168.15.3
  2   10 ms     13 ms     10 ms      192.168.16.1

Trace complete.
```

ENCAMINHAMENTO INDIRECTO

- Função do *router*

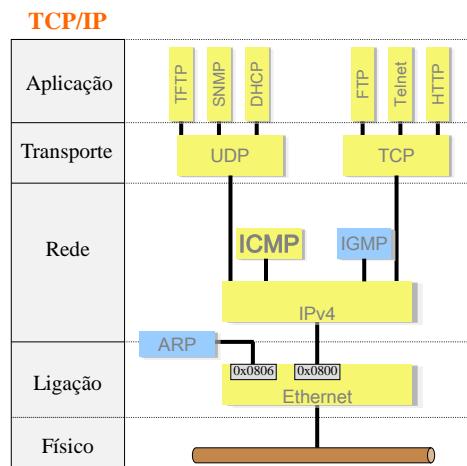


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

53

53

PROTOCOLO ICMP



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

54

54

27

PROTÓCOLO ICMP

- *Internet Control Message Protocol*
 - Integra a camada de rede
 - Dados transportados por datagramas IP
 - Vários tipos de mensagens ICMP

				Bytes	
Cabeçalho IP		Tipo	Código	Checksum	Conteúdo (depende do Tipo e Código)
Tipo	Código	Descrição	Query/ Error		
0	0	Resposta de eco (<i>ping</i>)	Q		
3	0	Destino não alcançável	E		
	1	Rede não alcançável			
	2	Host não alcançável			
	2	Protocolo não alcançável			
	3	Porto não alcançável			
5	0	Redirect	E		
	1	Redirect for network			
	2	Redirect for host			
	3	Redirect for TOS and network			
8	0	Pedido de eco (<i>ping</i>)	Q		
9	0	Router advertisement	Q		
10	0	Router solicitation	Q		

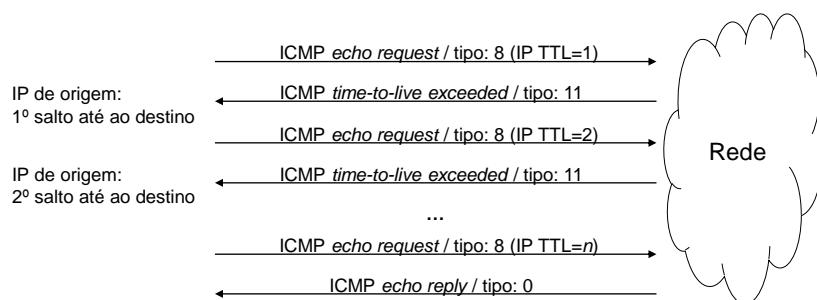
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

55

55

PROTÓCOLO ICMP

- Analisar, recorrendo à aplicação Wireshark, o tráfego ICMP gerado quando são usadas as aplicações *ping* e *tracert*
- Trace route

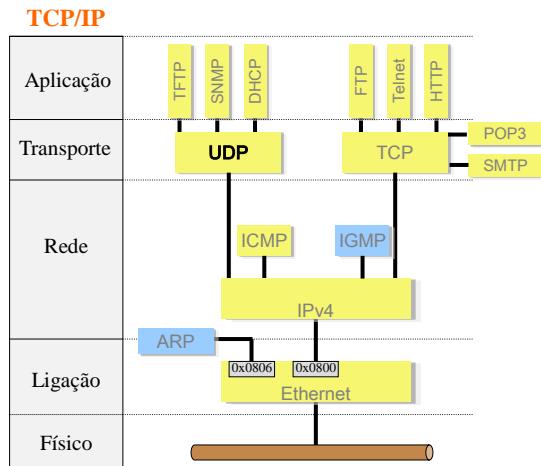


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

56

56

PROTOCOLO UDP



PROTOCOLO UDP

- *User Datagram Protocol*
- Do tipo não orientado a ligação
- Não é fiável (serviço do tipo *best effort*)
- Preferível ao TCP quando não é exigida uma fiabilidade de 100%, devido à sua reduzida sobrecarga protocolar
- Exemplos
 - TFTP e DNS recorrem ao UDP e realizam os seus próprios controlos de erros
 - Transmissão de voz ou de imagens digitalizadas em que erros ocasionais são aceitáveis

PROTOCOLO UDP

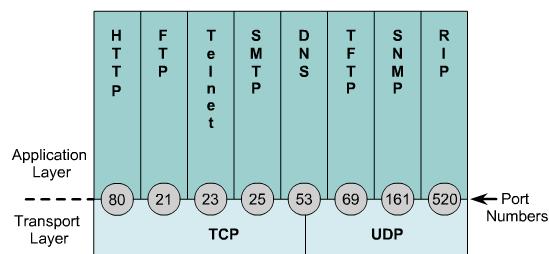
- Cabeçalho de um datagrama UDP

Bit 0	Bit 15 Bit 16	Bit 31
Source Port (16)	Destination Port (16)	
Length (16)	Checksum (16)	
Data (if any)		8 Bytes ↓

- Portos

- A localização de um processo na Internet é dada por três coordenadas: Endereço IP, Protocolo de transporte e Porto
 - Exemplos: <129.12.34.5, 53, UDP> e <129.12.34.5, 53, TCP>
- Comando **netsat** (e.g., *netstat -a -n*)

PROTOCOLO UDP

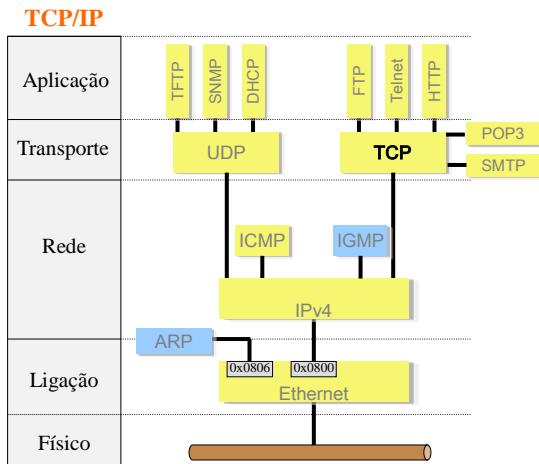


- *Checksum*

- Permite verificar a integridade do datagrama UDP (cabeçalho + dados)

- *Tamanho (cabeçalho + dados)*

PROTOCOLO TCP



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

61

61

PROTOCOLO TCP

- *Transmission Control Protocol*
 - Orientado a ligação
 - Estabelecimento de uma ligação antes da transferência de dados
 - Entrega fiável dos dados: sem erros; ordenados; e não duplicados
 - Fluxo de *bytes* bidireccional entre dois processos (apenas)
 - *Broadcasting* e *multicasting* NÃO são suportados
 - Controlo de fluxo extremo-a-extremo

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

62

62

PROTOCOLO TCP

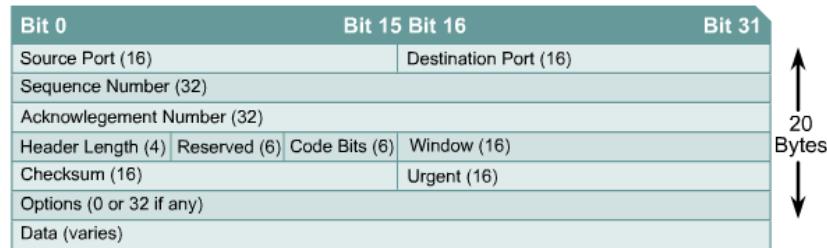
- Fiabilidade do serviço de transporte oferecido baseada em:
 - Confirmação positiva;
 - *Timeout* de confirmação;
 - Retransmissão;
 - Reordenação;
 - Eliminação de segmentos duplicados;
 - Controlo de fluxo por janela deslizante.

PROTOCOLO TCP

- Fluxo de bytes
 - Nos receptores, apenas existe um fluxo de bytes, sem qualquer separação baseada nos pedidos de envio efectuados ou segmentos gerados
 - A interpretação dos conteúdos é da responsabilidade das aplicações
 - Comparável ao tratamento de ficheiros

PROTOCOLO TCP

- Cabeçalho de um segmento TCP



PROTOCOLO TCP

- Campos*

- Code bits (flags)*

- SYN

- Activo durante o estabelecimento da ligação

- ACK

- Indica se o campo Número de Confirmação deve ser considerado

- URG

- Indica se o campo Ponteiro Urgente deve ser considerado

- PSH

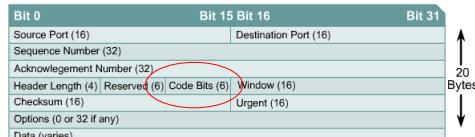
- O campo de dados deve ser enviado o mais rapidamente possível

- RST

- Reset da ligação

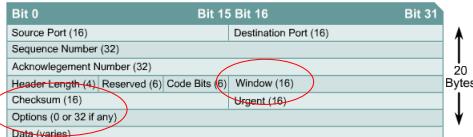
- FIN

- O emissor vai deixar de enviar dados



PROTOCOLO TCP

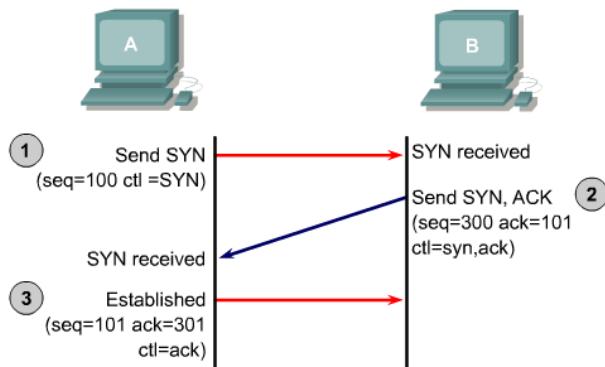
- **Window**
 - Controlo de fluxo
 - Número de *bytes* que o emissor do segmento pode aceitar
- **Checksum**
 - Abrange o cabeçalho e os dados
- **Opções**
 - Exemplo: tamanho máximo de segmento (*MSS - Maximum Segment Size*)



- Recorra à aplicação Wireshark para analisar o tráfego gerado entre o estabelecimento e o fecho de uma sessão TCP

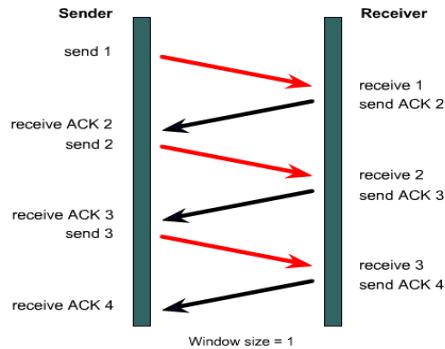
PROTOCOLO TCP

- Estabelecimento de uma ligação (*three-way handshake*)



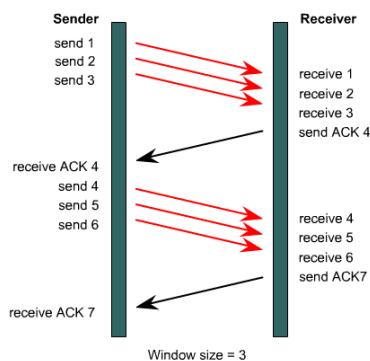
PROTÓCOLO TCP

- Janela deslizante (tamanho=1)



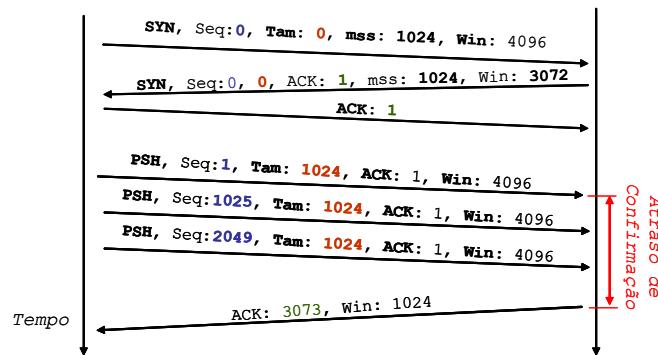
PROTÓCOLO TCP

- Janela deslizante (tamanho=3)



PROTÓCOLO TCP

- No TCP, o tamanho da janela é definido em termos de quantidade de bytes e não de mensagens/segmentos



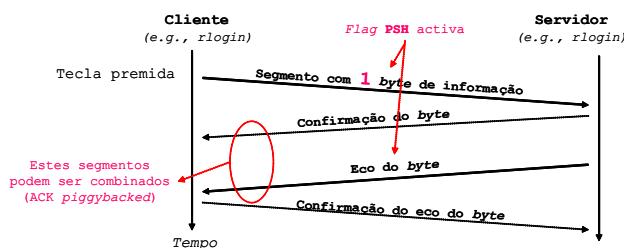
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

71

71

PROTÓCOLO TCP

- Atraso de confirmação
 - Valor típico de 200 ms
 - Se entretanto existirem dados para envio, a confirmação é incluída no respectivo segmento (*piggybacked*)
 - Confirmação de vários segmentos
- Troca de dados iterativos



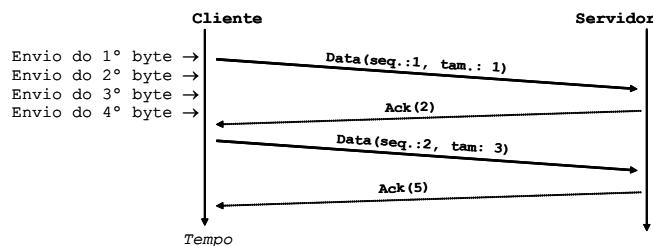
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

72

72

PROTOCOLO TCP

- Algoritmo de Nagle
 - RFC 896 (1984)
 - O envio de segmentos de pequena dimensão é adiado até que não existam quadros por confirmar
 - Agrupamento e redução do número de segmentos de pequena dimensão



CAMADA DE APLICAÇÃO TCP/IP

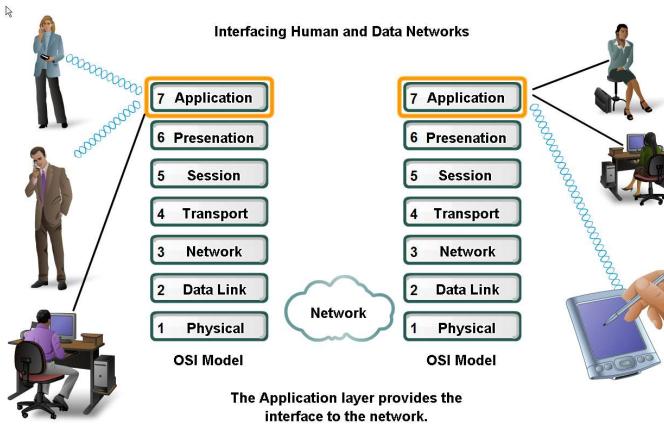
Tópicos

- Conceitos
- DNS
- TELNET
- SMTP e POP
- DHCP
- HTTP
- FTP

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

1

CONCEITOS: PROTOCOLOS DA CAMADA DE APLICAÇÃO



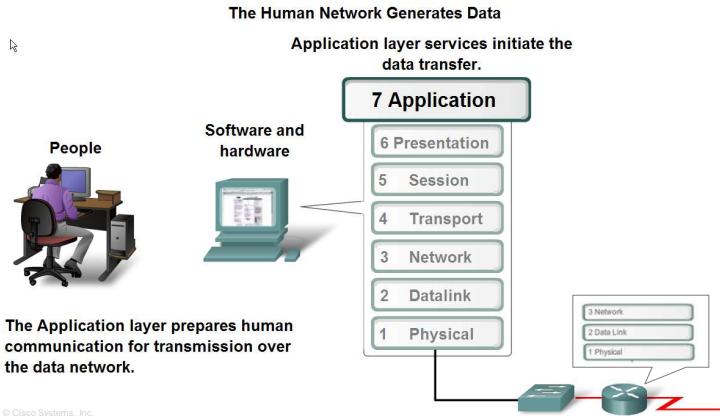
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

2

2

1

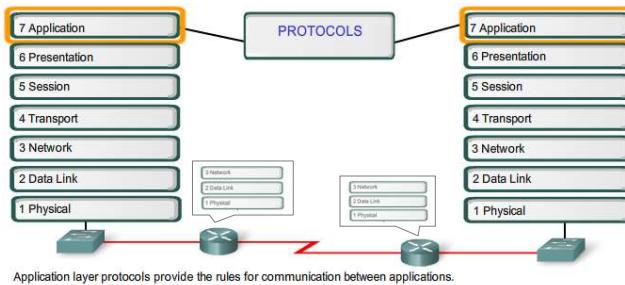
CONCEITOS: PROTOCOLOS DA CAMADA DE APLICAÇÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

3

CONCEITOS: PROTOCOLOS DA CAMADA DE APLICAÇÃO



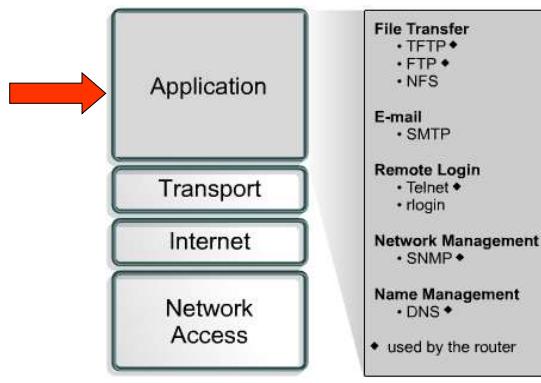
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

4

4

2

CONCEITOS: PROTOCOLOS DA CAMADA DE APLICAÇÃO

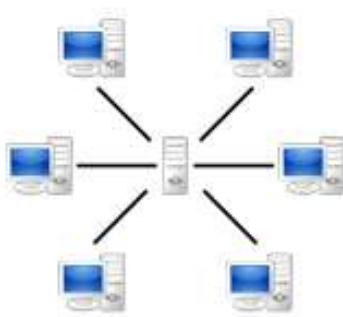


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

5

CONCEITOS: MODELO CLIENTE-SERVIDOR

- Uma aplicação servidora oferece um serviço específico
- Associada a um porto *well-known* (pré-estabelecido)
- Geralmente, pode suportar vários clientes em simultâneo (servidor concorrente)



© Cisco Systems, Inc.

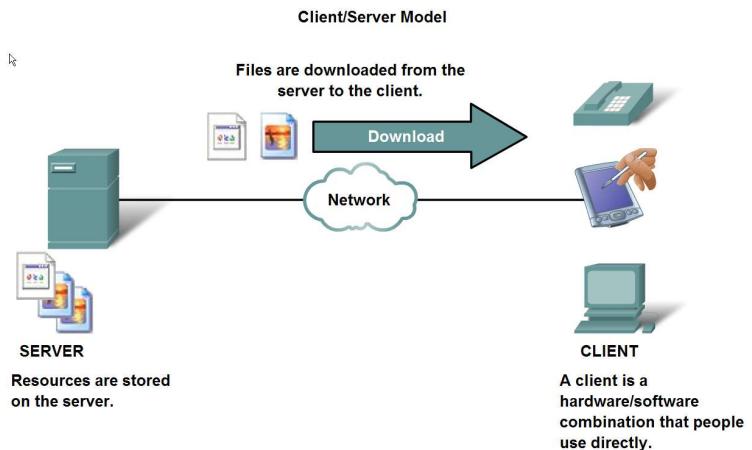
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

6

6

3

CONCEITOS: MODELO CLIENTE-SERVIDOR

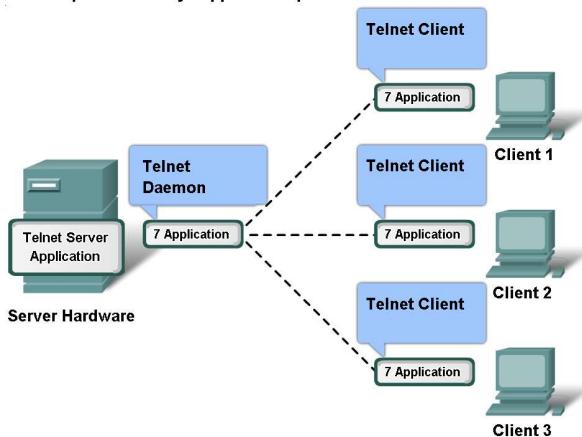


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

7

CONCEITOS: MODELO CLIENTE-SERVIDOR

Server processes may support multiple clients.



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

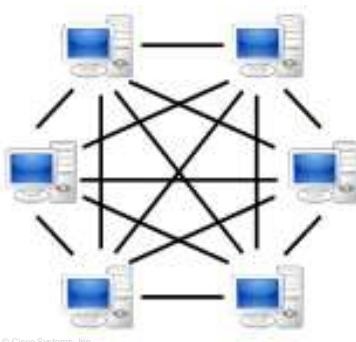
8

8

4

CONCEITOS: MODELO PEER-TO-PEER

- Aplicações que operam tanto como servidores como clientes



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

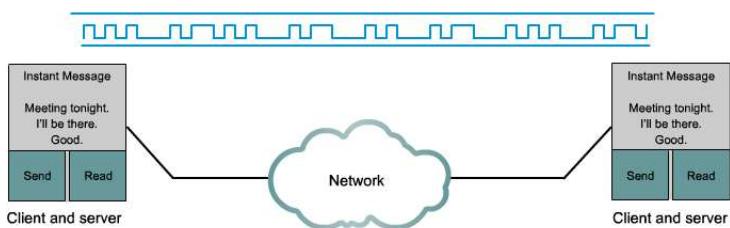
9

9

CONCEITOS: MODELO PEER-TO-PEER

Peer-to-Peer Applications

Client and server in the same communication



- Both clients:
- Initiate a message
 - Receive a message

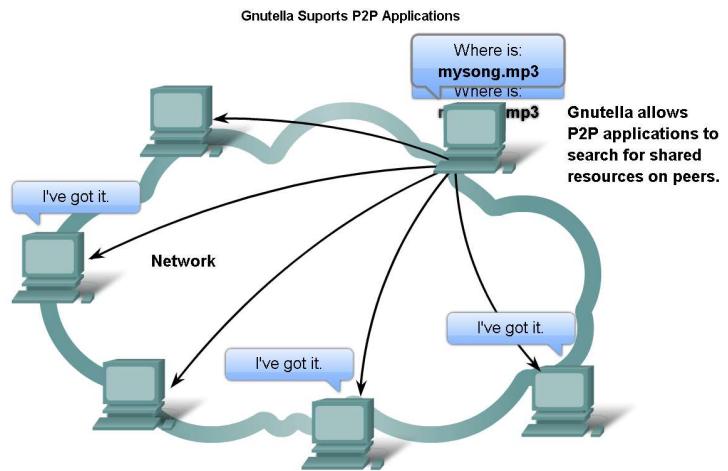
- Both clients simultaneously:
- Send
 - Receive

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

10

10

CONCEITOS: MODELO PEER-TO-PEER

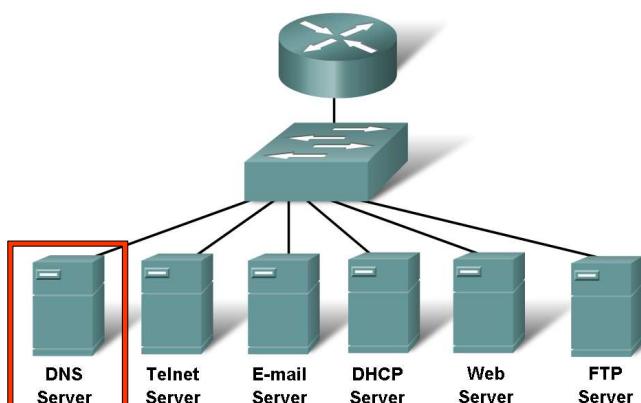


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

11

11

APLICAÇÕES POPULARES



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

12

12

DNS: FUNCIONALIDADE

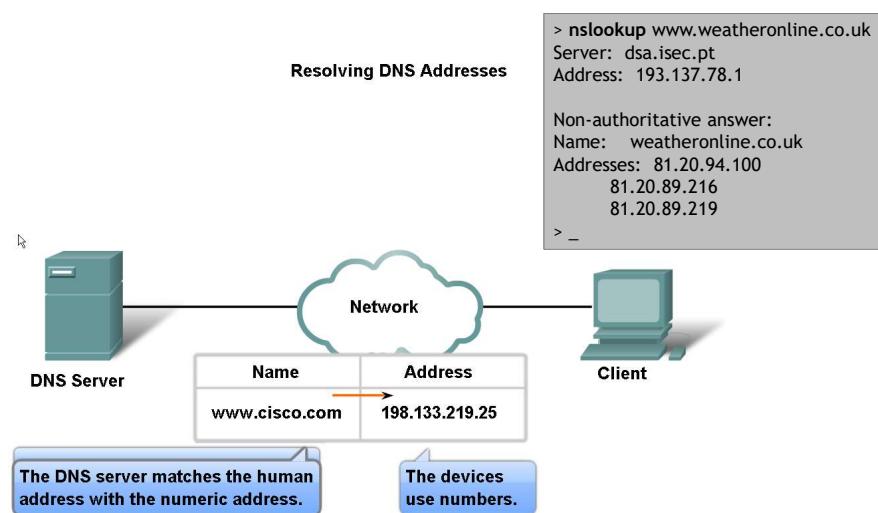
- *Domain Name System*
- Motivação: um nome é muito mais fácil de recordar do que um endereço IP
- DNS: base de dados hierárquica, distribuída e redundante que permite, entre outros aspectos, fazer o mapeamento entre nomes e endereços IP
- Máquinas agrupadas em domínios
- Serviço distribuído por vários servidores (DNS Servers / *name servers*)
- Protocolo de transporte: UDP e TCP
- Porto por omissão: 53

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

13

13

DNS: FUNCIONALIDADE



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

14

14

DNS: FUNCIONALIDADE

- Principais serviços
 - Resolução de nomes de máquinas (nome -> endereço IP)
 - Resolução inversa (endereço IP -> nome)
 - Manter a base de dados actualizada e acessível na Internet
- Recurso a *caching* para aumentar a eficiência do serviço
- Usado sempre que, numa aplicação, o destino é identificado através de um nome em vez de um endereço IP

DNS: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE NOMES

- Espaço de nomeação organizado em domínios hierárquicos
- A concessão de domínios é da responsabilidade da ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*)
- Domínios de topo (TLD - *Top-Level Domains*)
 - Administrados pela InterNIC (*Internet Network Information Center*)
 - Mais de 240 códigos de país (.pt, .es, .ca, .jp, .uk, ...)

DNS: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE NOMES

TLD	Eligibility	Sponsors
Current sponsored TLDs		
.aero	Members of the air-transport industry	Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques
.asia	Companies, organisations and individuals in the Asia-Pacific region	DotAsia Organisation
.cat	Catalan linguistic and cultural community	Fundació puntCat
.edu	Post-secondary institutions accredited by an agency of the U.S. Department of Education	EDUCAUSE
.eu	eu is the country code top-level domain (ccTLD) for the European Union, and organisations and citizens of EU member states, which was launched on 7 December 2005.	EU LTD
.gov	United States Government	General Services Administration
.int	Organizations established by international treaties between governments	IANA
.jobs	Human resource managers	Employ Media, LLC.
.mil	United States Military	DoD Network Information Center
.mobi	Providers and consumers of mobile products and services	dotMobi®
.museum	Museums	Museum Domain Management Association
.tel	For businesses and individuals to publish contact data	Telnic Ltd
.travel	Travel agents, airlines, hoteliers, tourism bureaus, etc.	Tralliance Corporation
Pending sponsored TLDs		
.post	Postal agencies and similar businesses	Universal Postal Union
Rejected sponsored TLDs		
.xxx	Sexually explicit material	ICM Registry, Inc

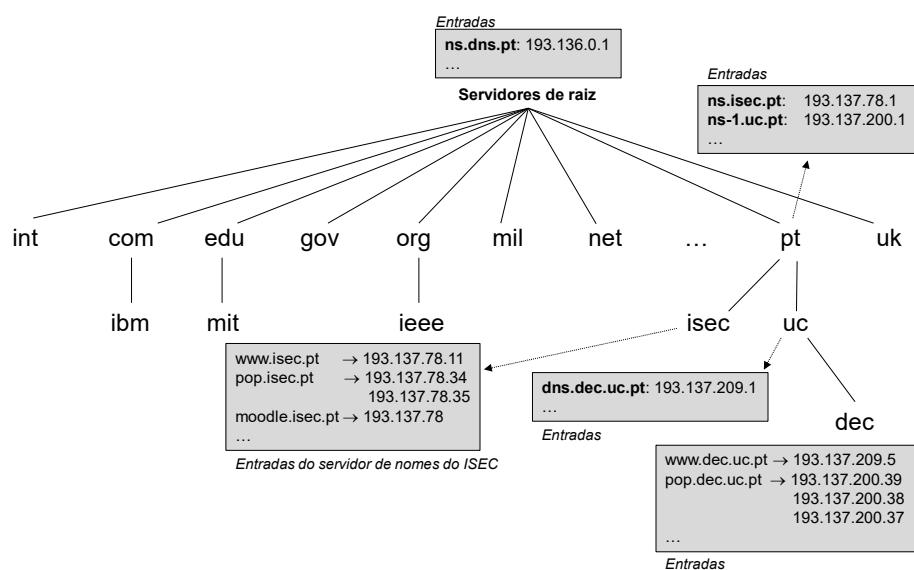
© Cisco Systems, Inc.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

17

17

DNS: ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE NOMES

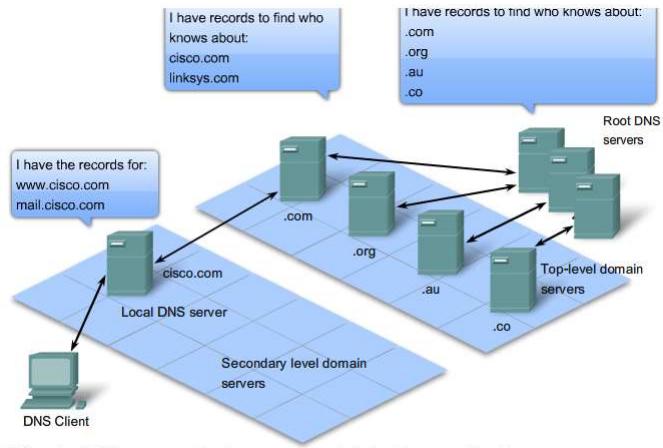


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

18

18

DNS: PESQUISA E CACHING



A hierarchy of DNS servers contains the resource records that match names with addresses.

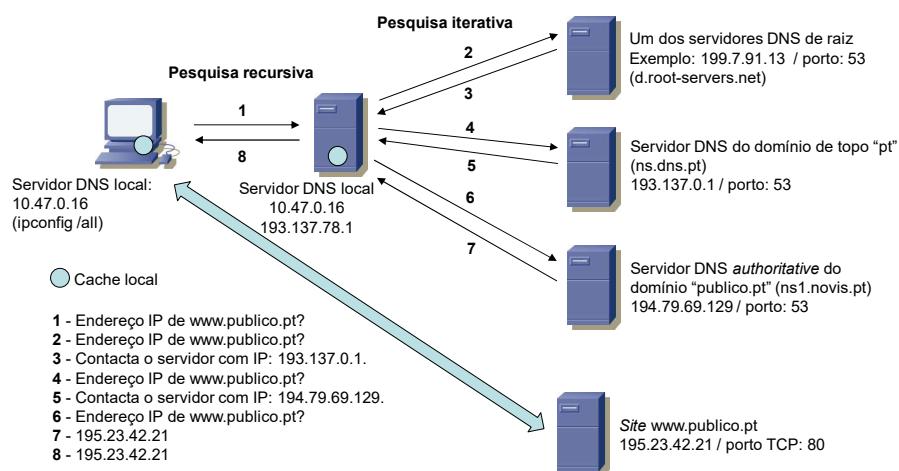
© Cisco Systems, Inc.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

19

19

DNS: PESQUISA E CACHING



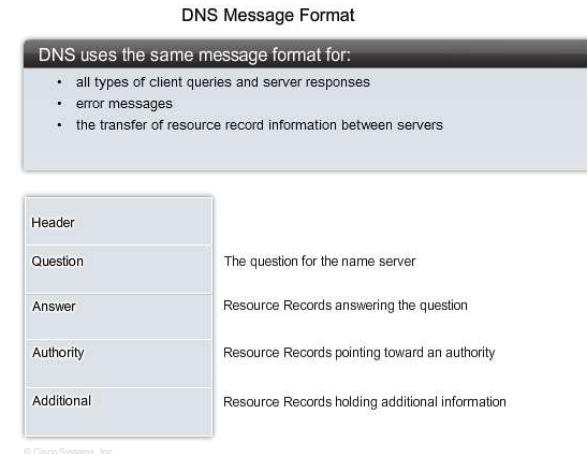
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

20

20

10

DNS: FORMATO DAS MENSAGENS



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

21

21

DNS: RESOURCE RECORDS MAIS POPULARES

- Resource records: entradas na base de dados de um servidor DNS

Code ↗	Number ↗	Defining RFC ↗	Description	Function
A	1	RFC 1035 ↗	address record	Returns a 32-bit IPv4 address, most commonly used to map hostnames to an IP address of the host.
AAAA	28	RFC 3596 ↗	IPv6 address record	Returns a 128-bit IPv6 address, most commonly used to map hostnames to an IP address of the host.
CNAME	5	RFC 1035 ↗	Canonical name record	Alias of one name to another: the DNS lookup will continue by retrying the lookup with the new name. This helps when running multiple services (like an FTP and a webserver, each running on different ports) from a single IP address. Each service can then have its own entry in DNS (like ftp.example.com. and www.example.com.). Network administrators also use CNAMEs when running multiple HTTP servers on the same port, with different names, on the same physical host. This however requires host headers support for the two sites to both listen on the default port (port 80).
NS	2	RFC 1035 ↗	name server record	Delegates a DNS zone to use the given authoritative name servers
MX	15	RFC 1035 ↗	mail exchange record	Maps a domain name to a list of mail exchange servers for that domain
PTR	12	RFC 1035 ↗	pointer record	Pointer to a canonical name. Unlike a CNAME, DNS processing does NOT proceed, just the name is returned. The most common use is for implementing reverse DNS lookups by putting a PTR record for a hostname in the in-addr.arpa. domain that corresponds to an IP address. For example (at the time of writing), www.icann.net has the IP address 192.0.34.164, but a PTR record maps 164.34.0.192.in-addr.arpa to its canonical name, referrals.icann.org.

© Cisco Systems, Inc.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

22

22

DNS: RESOURCE RECORDS MAIS POPULARES

- Exemplo de ficheiro DNS (configuração de um servidor DNS)

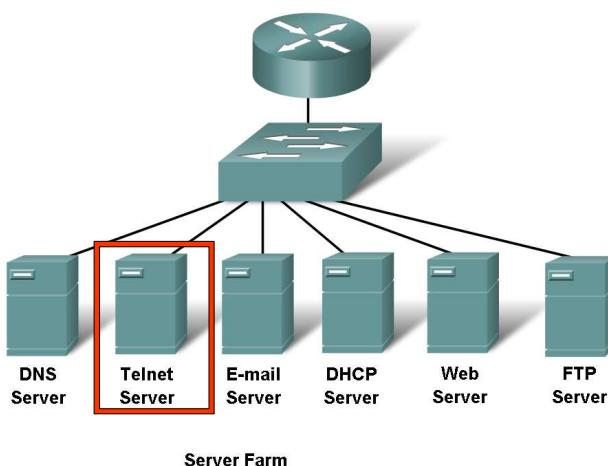
```
mycompany.com. IN SOA mymachine.mycompany.com.  
root.mymachine.mycompany.com. (  
    1999112701 ; Serial number as date and two digit number YYMMDDXX  
    10800      ; Refresh in seconds 28800=8H  
    3600       ; Retry in seconds 7200=2H  
    604800     ; Expire 3600000=1 week  
    86400 )    ; Minimum TTL 86400=24Hours  
  
mycompany.com.          IN      NS      mymachine.mycompany.com.  
mycompany.com.          IN      MX    10   mailmachine.mycompany.com.  
mymachine.mycompany.com. IN      A      10.1.0.100  
mailmachine.mycompany.com. IN      A      10.1.0.4  
george.mycompany.com.   IN      A      10.1.3.16
```

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

23

23

APLICAÇÕES POPULARES

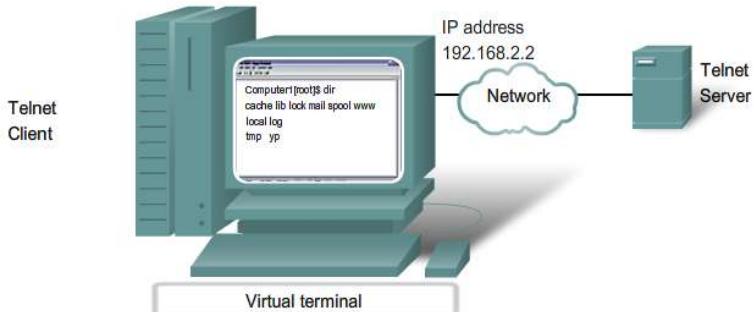


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

24

24

TELNET: FUNCIONALIDADE



Telnet provides a way to use a computer, connected via the network, to access a network device as if the keyboard and monitor were directly connected to the device.

© Cisco Systems, Inc.

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

25

25

TELNET: FUNCIONALIDADE

- *Telecommunications Network Protocol*
- Uma das aplicações mais antigas da Internet (1969)
- Protocolo de transporte: TCP
- Porto por omissão: 23
- Funcionalidade:
 - Serviço de “terminal virtual” (VTY) que permite o acesso e a execução remota de comandos noutro computador
 - Um cliente Telnet permite estabelecer sessões com muitos serviços assentes em TCP e baseados em mensagens ascii (ex., telnet smtp.isec.pt 25)

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

26

26

TELNET: FUNCIONALIDADE

- Recorre ao *urgent mode* do protocolo TCP
- Suporta autenticação mas não encriptação
- O SSH (*Secure Shell*) possui as mesmas funcionalidades que o TELNET mas encripta o diálogo entre o cliente e o servidor, permitindo um maior nível de segurança

TELNET: PROTOCOLO

- As mensagens trocadas são comandos e texto
- Os comandos são precedidos do carácter IAC (*Interpret As Command*) cujo código ascii é 0xFF

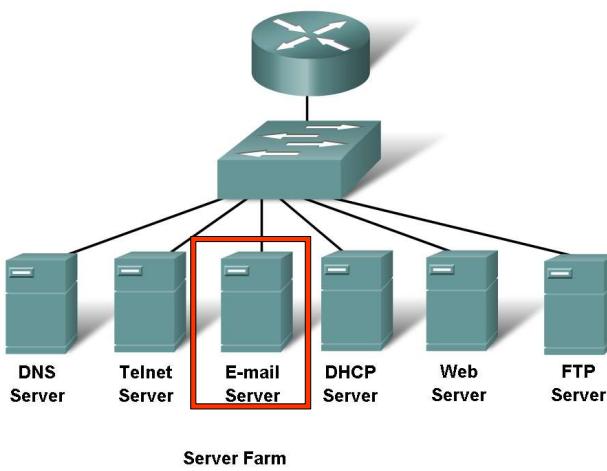
Code	Name	Description
240	SE	End of subnegotiation parameters.
241	NOP	No operation.
242	Data Mark	The data stream portion of a Synch. This should always be accompanied by a TCP Urgent notification.
243	Break	NVT character BRK.
244	Interrupt Process	The function IP.
245	Abort output	The function AO.
246	Are You There	The function AYT.
247	Erase character	The function EC.
248	Erase Line	The function EL.
249	Go ahead	The GA signal.
250	SB	Indicates that what follows is subnegotiation of the indicated option.
251	WILL (option code)	Indicates the desire to begin performing, or confirmation that you are now performing, the indicated option.
252	WONT (option code)	Indicates the refusal to perform, or continue performing, the indicated option.
253	DO (option code)	Indicates the request that the other party perform, or confirmation that you are expecting the other party to perform, the indicated option.
254	DONT (option code)	Indicates the demand that the other party stop performing, or confirmation that you are no longer expecting the other party to perform, the indicated option.
255	IAC	Data Byte 255.

TELNET: PROTOCOLO

- Por exemplo, se o cliente pretender saber qual é o tipo de terminal (número de opção 24) do servidor, é efectuada a seguinte troca de comandos:

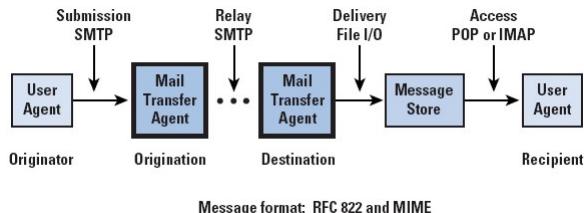
```
Sub-opção de 24  
• Cliente:    IAC WILL 24  
• Servidor:   IAC DO 24  
• Cliente:    IAC SB 24 1 IAC SE  
• Servidor:   IAC SB 24 0 'V' 'T' '2' '2' '0' IAC SE  
Sub-opção de 24          Entre aspas: código ascii
```

APLICAÇÕES POPULARES



E-MAIL: SMTP E POP

- Protocolos de apoio ao sistema de correio electrónico



- **SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*)**

- Protocolo: TCP
- Porto *well-known*: 25
- Mensagens de e-mail transportadas em formato ascii

E-MAIL: SMTP E POP

- **POP (*Post Office Protocol*) / IMAP (*Internet Message Access Protocol*)**

- Permite a consulta/obtenção de mensagens de e-mail
- Versões seguras e mensagens encriptadas(POP3S / IMAPS)
- Protocolo: TCP
- Porto *well-known*: 110

E-MAIL: SMTP E POP

- Noção de mensagem (de e-mail)



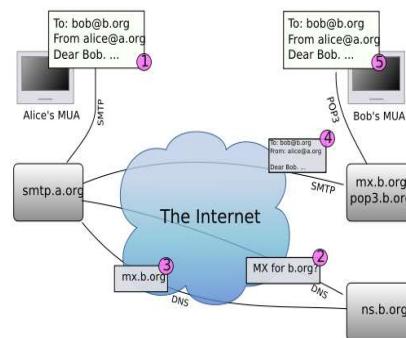
- Cliente de mail (*Mail User Agent - MUA*)

- Acede às mensagens existentes no servidor de mail
- Programas: Eudora, Outlook, Netscape, etc.
- Protocolos: POP3 e IMAP4

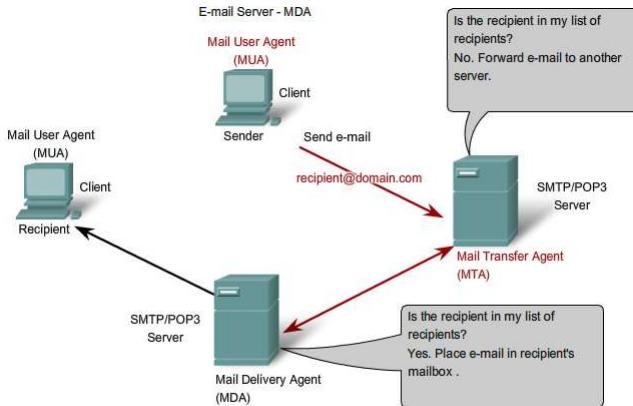
E-MAIL: SMTP E POP

- Servidor de mail (*Message Transfer Agent - MTA*)

- Encaminha as mensagens para os destinatários não locais
- Recebe as mensagens destinadas aos utilizadores locais
- Programas: Sendmail, Exchange, Outlook, etc.



SMTP



The Mail Delivery Agent process governs delivery of e-mail between servers and clients.

© Cisco Systems, Inc.

SMTP

- Exemplo de diálogo SMTP entre um cliente e um servidor de e-mail

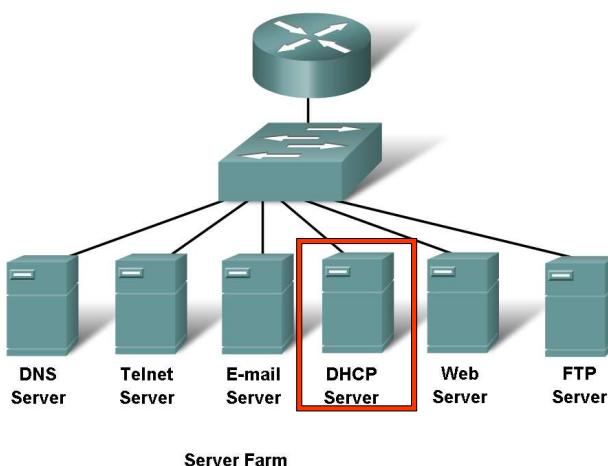
```
S: 220 www.example.com ESMTP Postfix
C: HELO mydomain.com
S: 250 Hello mydomain.com
C: MAIL FROM: sender@mydomain.com
S: 250 Ok
C: RCPT TO: friend@example.com
S: 250 Ok
C: DATA
S: 354 End data with <CR><LF>.<CR><LF>
C: Subject: test message
C: From: sender@mydomain.com
C: To: friend@example.com
C:
C: Hello,
C: This is a test.
C: Goodbye.
C: .
S: 250 Ok: queued as 12345
C: quit
S: 221 Bye
```

POP

- Exemplo de diálogo POP3 entre um cliente e um servidor de e-mail.

```
S: +OK Microsoft Exchange Server 2003 POP3 server
   version 6.5.7638.1 (frontmail.isec.pt) ready.
C: user Mike
S: +OK
C: pass 1234
S: +OK User successfully logged on.
C: stat
S: +OK 1 3524
C: quit
S: +OK Microsoft Exchange Server 2003 POP3 server
   version 6.5.7638.1 signing off.
```

APLICAÇÕES POPULARES



DHCP: FUNCIONALIDADE

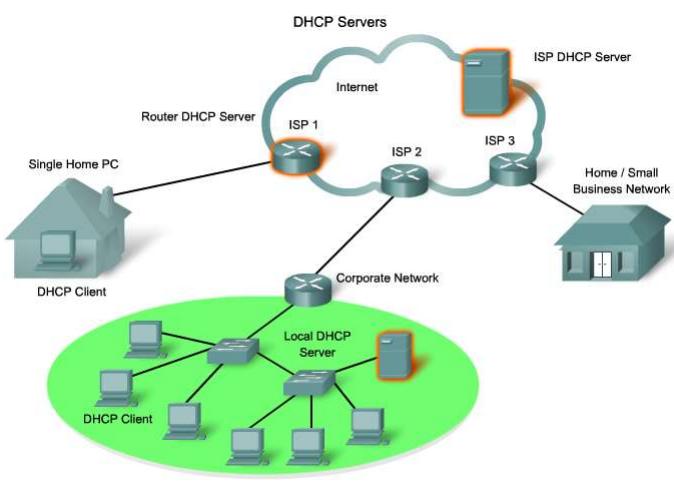
- *Dynamic Host Configuration Protocol*
- Processo alternativo à configuração estática do endereços IP e de outros parâmetros (router por omissão, DNS, etc.)
- Tem por origem o protocolo BOOTP (BOOT Protocol)
- Os endereços são “emprestados” por um servidor de DHCP por um determinado período e mediante pedido dos clientes
- Um servidor de DHCP possui uma ou várias gamas de endereços IP que vai emprestando e gerindo
- Protocolo: UDP
- Portos well-known: 67 (servidor) e 68 (cliente)

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

39

39

DHCP: FUNCIONALIDADE

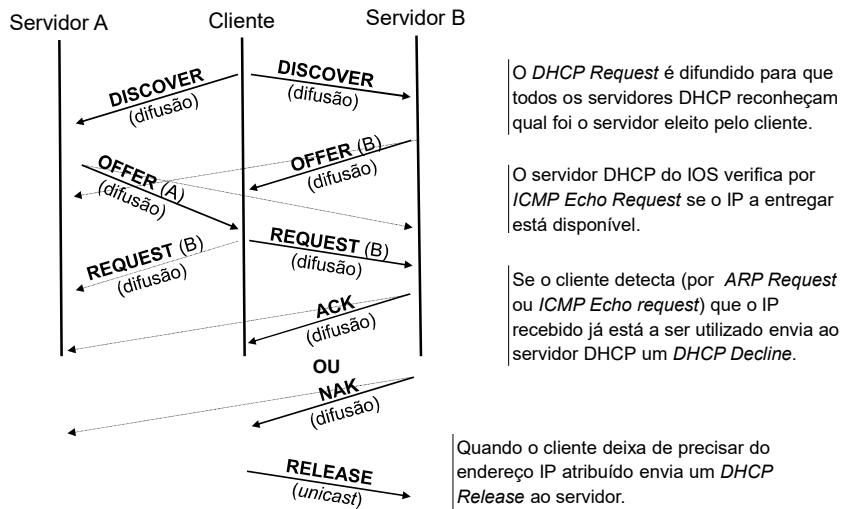


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

40

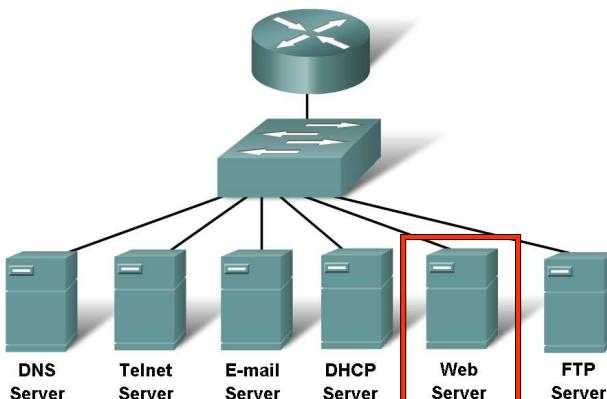
40

DHCP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO



41

APLICAÇÕES POPULARES



Server Farm

© Cisco Systems, Inc.

42

HTTP: FUNCIONALIDADE

- *HyperText Transfer Protocol*
- Permite aceder ao “mundo WWW”
- Os clientes (*browsers*) obtêm ficheiros disponíveis nos servidores HTTP (web)
- *Uniform Resource Locator (URL)*:
 - Forma de especificar a localização de um recurso
 - Formato:
`protocolo://[endereço_host[:porto]][/caminho_recurso]`
 - Campo protocolo: file, ftp, http, mailto, etc.

HTTP: FUNCIONALIDADE

- Exemplos
 - `http://www.isec.pt`
 - `http://www.isec.pt/secretariavirtual`
 - `http://www.isec.pt:80`
 - `ftp://delta.isec.pt`
 - `mailto://jm3@isec.pt`
 - `file:///c:/temp`
- Os *browsers* seleccionam, com base no campo protocolo, em que tipo de cliente devem “transformar-se”

HTTP: MENSAGENS

- Mensagens de texto
- HEAD: Pedido igual ao GET, sendo dispensado o conteúdo na resposta
- GET: Solicitação de um recurso
- POST: *Upload* de parâmetros a serem processados
- PUT: *Upload* de recursos
- DELETE: Apaga determinado recurso
- OPTIONS: Lista dos métodos suportados pelo servidor
- ...

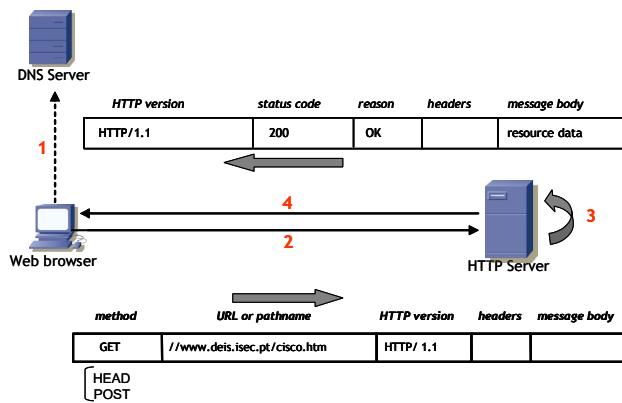
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

45

45

HTTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

- Pedido/resposta



© Cisco Systems, Inc.

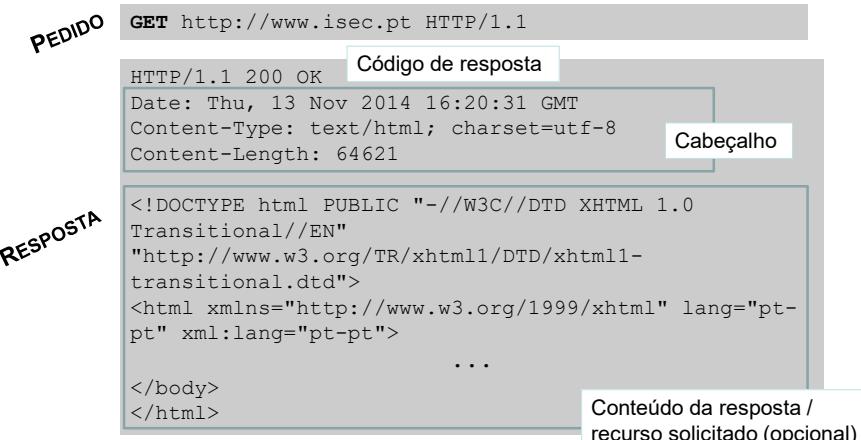
Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

46

46

HTTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

- Exemplo de pedido/resposta HTTP

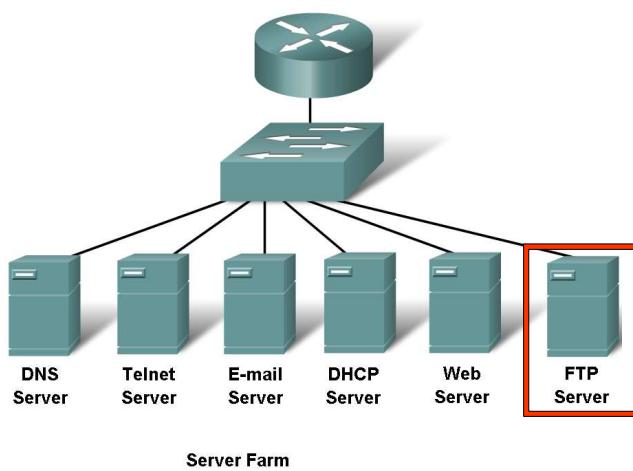


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

47

47

APLICAÇÕES POPULARES



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

48

48

FTP: FUNCIONALIDADE

- *File Transfer Protocol*
- Transferência de ficheiros entre sistemas distintos
- Protocolo TCP
- Porto *well-known* (controlo): 21
- Modos de operação: Activo, Passivo, Passivo estendido
- Autenticação do cliente (*username + password* ou anónimo)
 - Operação básica insegura (senha enviada em *clear text*)
 - Existem extensões

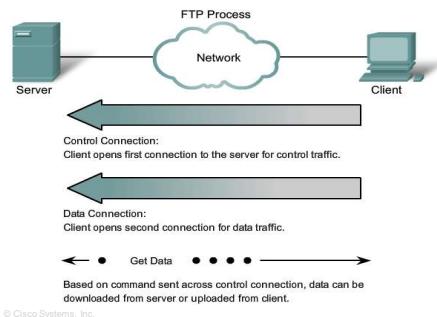
FTP: FUNCIONALIDADE

- Suporta um número limitado de tipos de dados (ascii, EBCDIC e binário)
- Por regra, os *browsers web* possuem clientes FTP

ftp(s)://<login>:<password>@<ftpserveraddress>:<port>

FTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

- Controlo do tipo *out-of-band*
 - Ligação TCP para troca de dados de controlo (e.g., comandos)
 - Ligações TCP (temporárias) para troca de dados

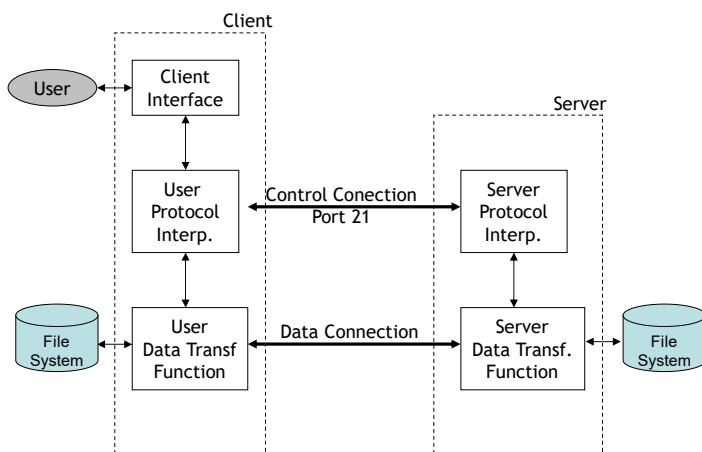


Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

51

51

FTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

52

52

FTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

- Modo activo

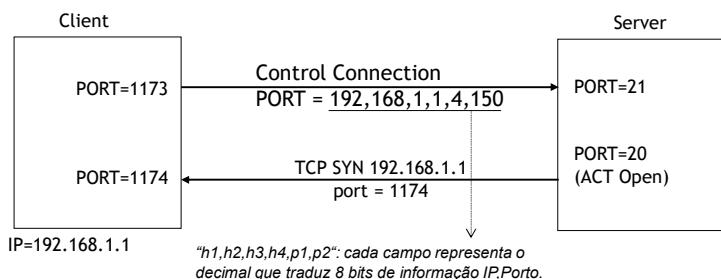
- O cliente abre um *socket* num porto automático e estabelece uma sessão TCP (destinada a mensagens de controlo) com o porto 21 do servidor
- Sempre que existe necessidade de transferência de dados, o cliente abre um novo *socket* num porto automático e anuncia-o ao servidor, estabelecendo este uma sessão TCP para o novo porto do cliente com origem no seu porto 20
- Uma sessão TCP temporária é encerrada após a conclusão da transferência dos dados para a qual foi aberta
- Cria problemas às *firewalls*, pelo que o modo passivo é preferido

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

53

53

FTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

54

54

FTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

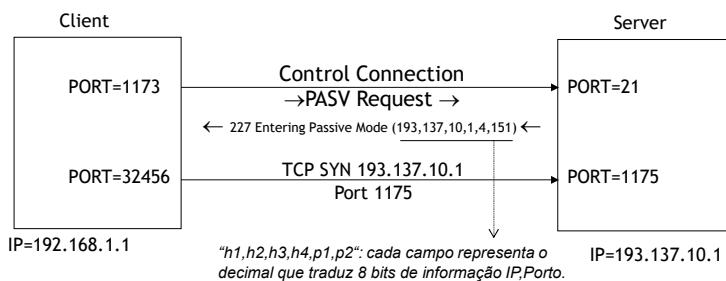
- Modo passivo
 - O cliente abre um *socket* num porto automático e estabelece uma sessão TCP (destinada a mensagens de controlo) com o porto 21 do servidor
 - O servidor abre um novo *socket* num porto automático e anuncia-o ao cliente, o qual estabelece uma sessão TCP temporária para o novo porto do servidor (destinada à transferência de dados) com origem num porto automático
 - Uma sessão TCP temporária é encerrada após a conclusão da transferência dos dados para a qual foi aberta

Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

55

55

FTP: PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO



Introdução às Redes de Comunicação / José Marinho

56

56