

© Volnys 1999-2003

Rede de Computadores (Técnico em Informática) Protocolo Ethernet

Rafael Freitas Reale
reale@cefetba.br
<http://www.cefetba.br/valenca/reale>
Volnys Borges Bernal
volnys@lsi.usp.br
<http://www.lsi.usp.br/~volnys>



© Volnys 1999-2003

Agenda

- **Introdução ao Protocolo Ethernet**
- **Endereçamento Ethernet**
- **Frame Ethernet**
- **Equipamentos de Interconexão**
 - ❖ Repetidor
 - ❖ HUB
 - ❖ Bridge
 - ❖ Switch
- **CSMA/CD**
- **Protocolo IEEE 802.2 + IEEE 802.3**

© Volnys 1999-2003

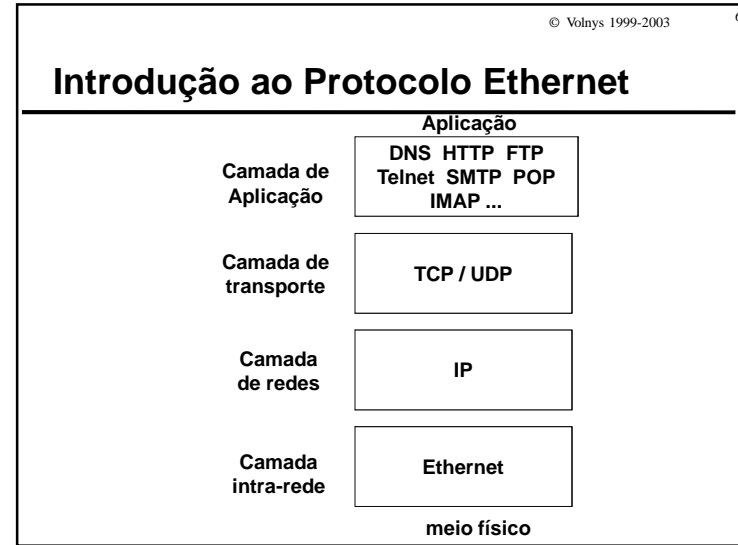
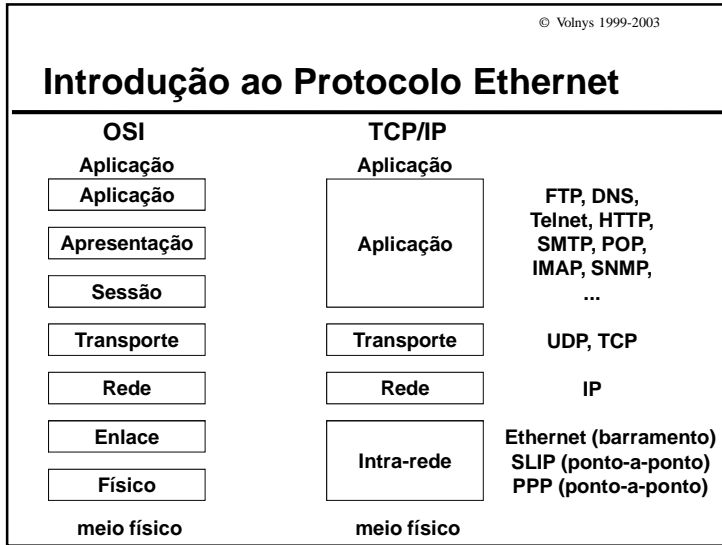
Introdução ao Protocolo Ethernet



© Volnys 1999-2003

Introdução ao Protocolo Ethernet

- **Protocolo Ethernet**
 - ❖ Protocolo padrão da Internet (pilha TCP/IP) para a camada intra-rede em redes locais
 - ❖ Características
 - tipo de rede lógica: multiponto (barramento)
 - protocolo de acesso ao meio: CSMA/CD
 - ❖ Objetivo:
 - Transferência de frames para máquinas que estão na mesma rede
 - ❖ O termo "Ethernet"
 - geralmente se refere ao padrão publicado em 1982 pela Digital e Xerox
 - Existe um padrão similar definido pelo IEEE (será visto logo em seguida)

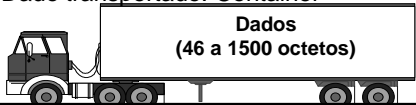


© Volnys 1999-2003

Introdução ao Protocolo Ethernet

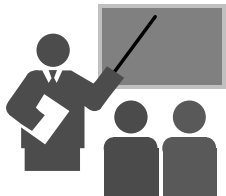
❑ **Frame Ethernet**

- ❖ O frame Ethernet é responsável pela transmissão de dados entre máquinas de uma mesma rede local que se utiliza do protocolo Ethernet
- ❖ Para um dado ser transmitido para outra máquina é necessário coloca-lo dentro de um frame Ethernet
- ❖ Pode-se fazer uma analogia entre o frame Ethernet e um caminhão:
 - frame ethernet: Caminhão
 - Dado transportado: Container



© Volnys 1999-2003

Endereçamento Ethernet



© Volnys 1999-2003

Endereçamento Ethernet

Endereço Ethernet

- ❖ Também chamado de
 - endereço físico
 - endereço de hardware
 - ou endereço MAC
- ❖ Composto por 6 bytes
 - Exemplo de endereço Ethernet: 00:C0:D2:A1:B8:32
- ❖ O endereço Ethernet vem definido com a placa de rede
- ❖ Cada placa de rede possui um endereço físico distinto
- ❖ Endereços adotados pelos fabricantes é organizado pela IANA
 - IANA - *Internet Assigned Numbers Authority*
 - <http://www.iana.org>
 - seleccione link "Protocol Numbers and Assignment Services"
 - seleccione link "Ethernet Numbers"
 - É apresentada uma lista parcial (a segunda) dos fabricantes

00	C0	D2	A1	B8	32
----	----	----	----	----	----

← Fabricante
← ident. da placa

© Volnys 1999-2003

Endereçamento Ethernet

Para mostrar o endereço Ethernet no Windows

```
ipconfig /all
Host Name           : angra.site.com.br
DNS Servers         : 10.0.161.200
                   : 192.168.10.13
Node Type           : Hybrid
NetBIOS Scope IP   :
IP Routing Enabled  : No
WINS Proxy Enabled  : No
NetBIOS Resolution Uses DNS: Yes
0 Ethernet Adapter :
Description         : DEC DC21140 PCI Fast Eth Adapter
Physical Address    : 00-60-67-30-D3-0D
DHCP Enable         : No
IP Address          : 10.0.161.50
Subnet Mask         : 255.255.254.0
Default Gateway     : 10.0.161.254
Primary WINS Server : 10.0.161.185
Secondary WINS Server : 10.0.161.186
```

© Volnys 1999-2003

Endereçamento Ethernet

Para mostrar o endereço Ethernet no UNIX

```
ifconfig -a

lo  Link encap:Local Loopback
    inet:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0
    UP LOOPBACK RUNNING MULTICAST MTU:3924 Metric:1
    RXpackets:3205 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
    Txpackets:3205 errors:0 drpped:0 oversuns:0 carrier:0
    collisions:0 txqueuelen:0

eth0 Link encap: Ethernet HWaddr 00:80:AD:1A:93:87
    inet:10.0.161.59 Bcast:10.0.161.255 Mask:255.255.254.0
    UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
    RXpackets:5823 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:259
    Txpackets:4606 errors:0 drpped:0 oversuns:0 carrier:0
    collisions:381 txqueuelen:100
    Interrupt:10 Base Address:0x340
```

© Volnys 1999-2003

Exercício

(1) A respeito de endereços ethernet, responda:

- (a) Descubra o endereço Ethernet de sua máquina
- (b) Qual é o número do fabricante representado neste endereço Ethernet?
- (c) A partir deste número, descubra o fabricante (utilize uma lista de números de fabricantes)
- (d) Converta o endereço ethernet para o valor binário
- (e) Qual o valor do oitavo bit do endereço Ethernet de seu computador?

© Volnys 1999-2003 17

Frame Ethernet

- ❑ **MTU**
 - ❖ *Maximum Transmission Unit*
 - ❖ Unidade máxima de transmissão
- ❑ **Fragmentação**
 - ❖ Quando o frame a ser transmitido é maior do que o MTU o frame deve ser fragmentado (dividido em várias partes)

© Volnys 1999-2003 18

Exercício

(1) Sejam dois computadores (A e B) ligados a uma mesma rede local que utiliza o protocolo Ethernet

Computador A:
 Nome: terra
 Endereço IP: 10.0.0.1
 Endereço Ethernet: 00:C0:24:A5:43:8B

Computador B:
 Nome: marte
 Endereço IP: 10.0.0.2
 Endereço Ethernet: 00:C0:24:A5:48:55

Mostre como seria o formato do frame Ethernet resultante de uma transmissão unicast de A para B. Suponha que o frame Ethernet esteja carregando um frame IP com 125 octetos.

© Volnys 1999-2003 19

Exercício

(2) Seja um computador A ligado a uma rede local que utiliza o protocolo Ethernet

Computador A:
 Nome: terra
 Endereço IP: 10.0.0.1
 Endereço Ethernet: 00:C0:24:A5:43:8B

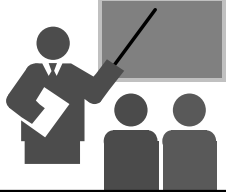
Mostre como seria o formato do frame Ethernet resultante de uma transmissão broadcast por A. Suponha que o frame Ethernet esteja carregando um frame ARP com 28 octetos.

(3) Em um frame Ethernet qual deve ser o valor do campo tipo se estiver sendo transportado um frame IPv6 (IP versão 6)?

(4) Qual o valor do parâmetro MTU associado à interface Ethernet de sua máquina?

© Volnys 1999-2003 20

Equipamentos de Interconexão Camada Intra-rede



© Volnys 1999-2003 21

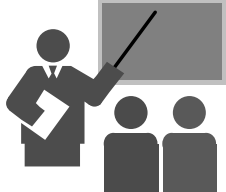
Equipamentos de Interconexão

- ❑ Equipamentos de interconexão da camada intra-rede:
 - ❖ Repetição:
 - Repetidor
 - HUB
 - ❖ Chaveamento
 - Bridge
 - Switch

© Volnys 1999-2003 21

Equipamentos de Interconexão:

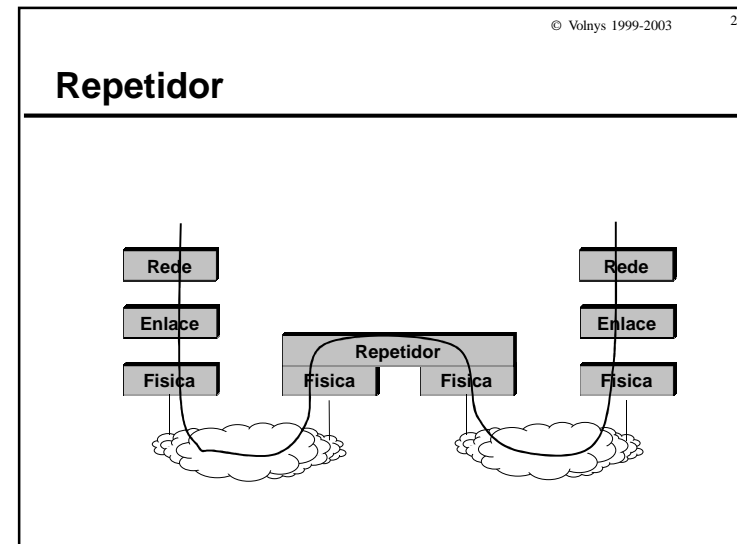
Repetidor



© Volnys 1999-2003 22

Repetidor

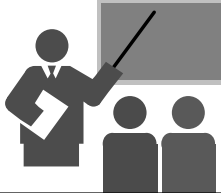
- ❑ **Todo sinal recebido por uma porta é repetido nas outras portas**
 - ❖ Latência mínima: Assim que o sinal chega por uma porta ele é recuperado e imediatamente transmitido para as outras portas
- ❑ **Atua somente na camada 1 (camada física)**
 - ❖ Ou seja, não interpreta os frames
- ❑ **Funcionalidades**
 - ❖ Restauração de timing
 - ❖ Restauração de forma de onda



© Volnys 1999-2003 25

Equipamentos de Interconexão:

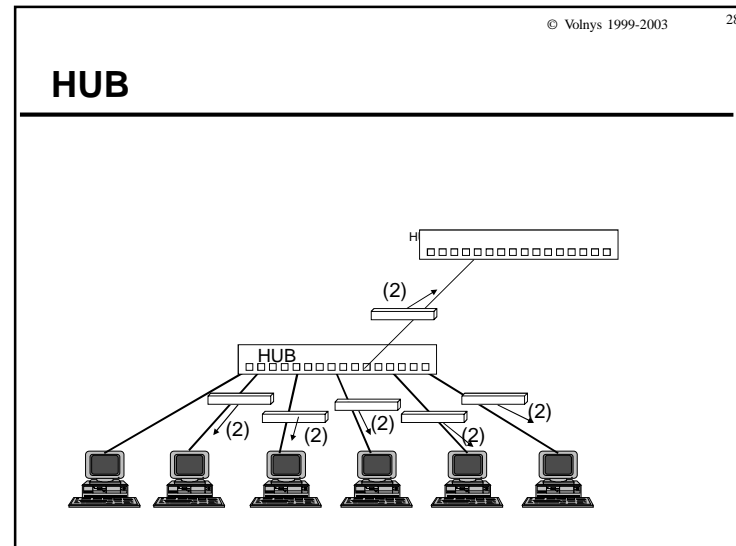
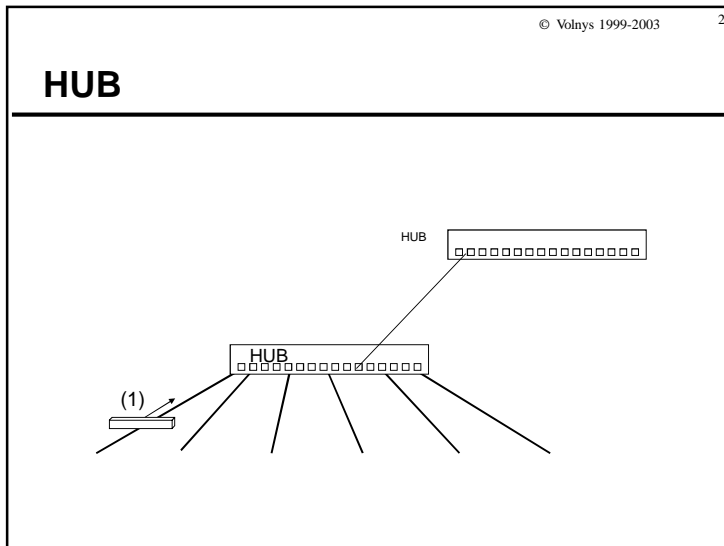
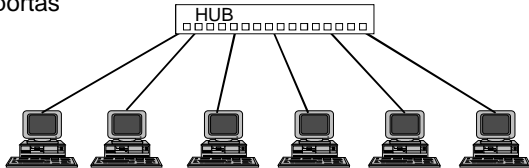
HUB

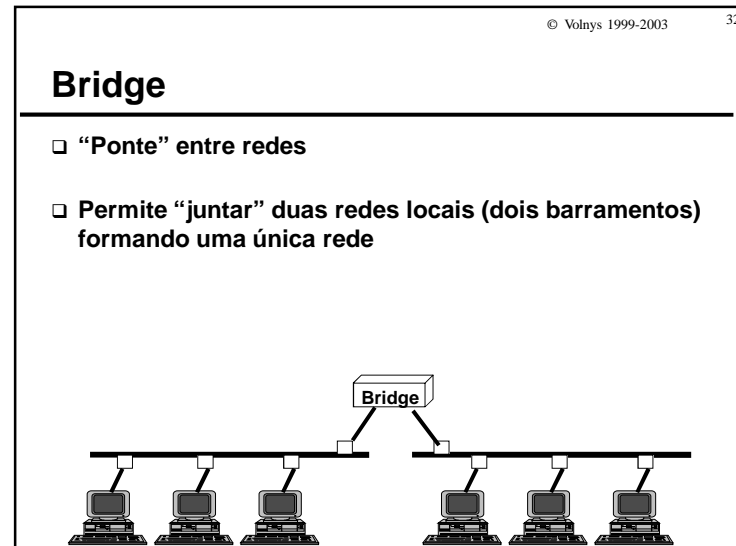
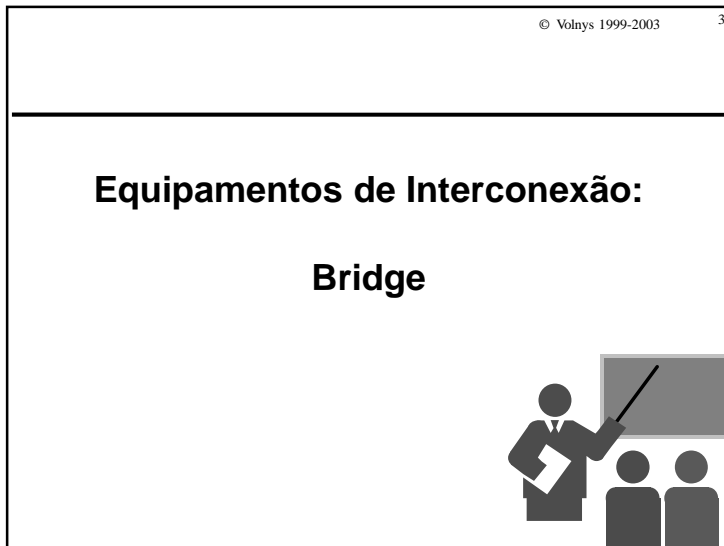
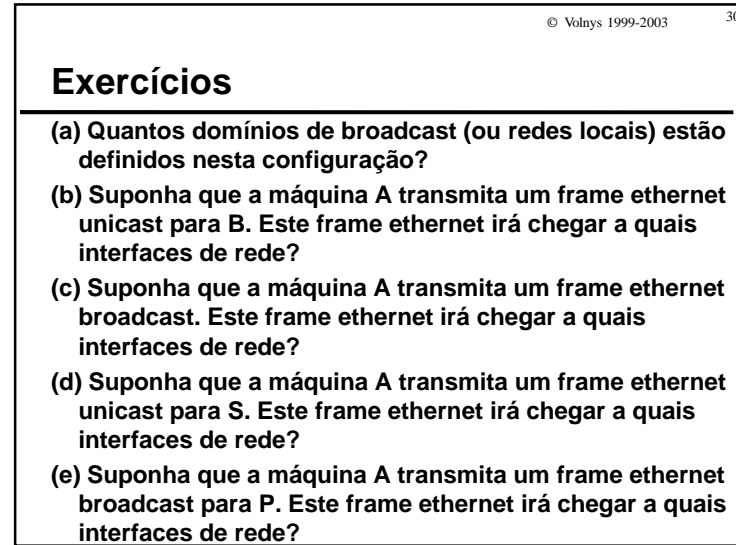
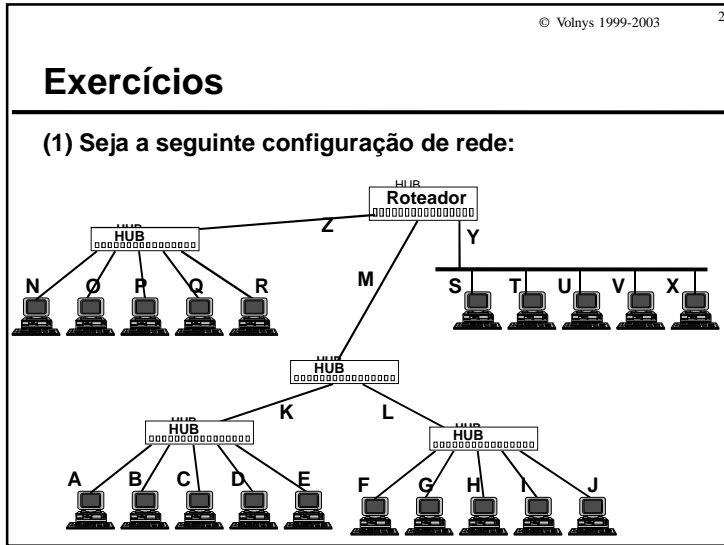


© Volnys 1999-2003 26

HUB

- ❑ O HUB é um repetidor para topologia física tipo estrela
 - ❖ Para ser utilizado com cabeamento estruturado
 - ❖ Utilizado junto aos concentradores de fiação (patch panel)
- ❑ Funcionamento:
 - ❖ Todo sinal recebido por uma porta é repetido nas outras portas

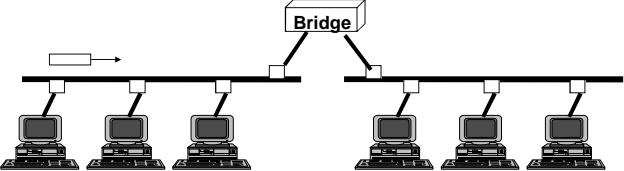




© Volnys 1999-2003 33

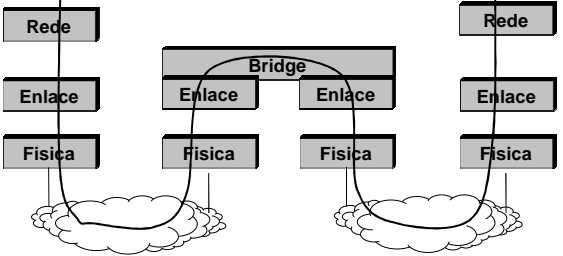
Bridge

- ❑ A bridge, ao invés do repetidor que sempre propaga um frame para todas as interfaces, irá somente propagar um frame para uma determinada interface quando for estritamente necessário.
- ❑ Existem algumas restrições relativas à utilização de múltiplas bridges em uma rede como o de não permitir ciclos. Caso existam “ciclos” é necessário utilizar um protocolo complementar chamado “spanning tree”.



© Volnys 1999-2003 34

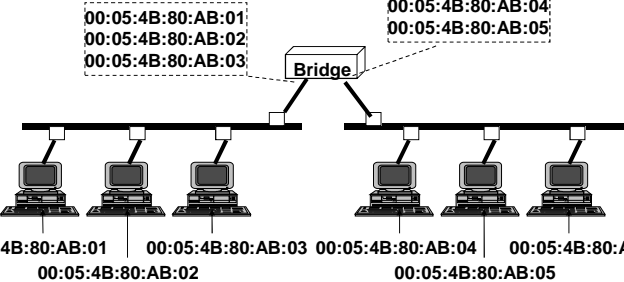
Bridge



© Volnys 1999-2003 35

Bridge

- ❑ **Funcionamento**
 - ❖ Para cada porta é mantido uma tabela (tabela de bridging) com os endereços Ethernet das interfaces que estão a partir desta porta



© Volnys 1999-2003 36

Bridge

- ❑ **Funcionamento**
 - ❖ A “Tabela de Bridging” é construída dinamicamente:
 - Quando um frame Ethernet é recebido por uma das portas, é obtido o endereço ethernet de origem do frame (máquina que o enviou).
 - É verificado se este endereço já existe na tabela de bridging desta porta
 - Se não existir, este é inserido
 - ❖ Cada entrada possui um tempo limitado de vida.

© Volnys 1999-2003 37

Bridge

- ❑ **Para um frame unicast:**
 - ❖ Quando chega um frame Unicast em uma porta:
 - É consultada a tabela de bridging da porta para verificar se a máquina destino se encontra a partir desta mesma porta.
 - Se estiver na tabela da mesma porta, descarta o frame
 - Senão, consulta as tabelas de bridging das outras portas
 - Se achar uma porta cuja tabela de bridging tenha o endereço Ethernet do destinatário, transmite o frame por esta porta
 - Se não achar em nenhuma porta, transmite para todas as portas

© Volnys 1999-2003 38

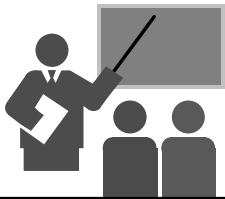
Bridge

- ❑ **Para um frame Broadcast:**
 - ❖ Quando chega um frame broadcast em uma porta
 - Transmite para todas as portas

© Volnys 1999-2003 39

Equipamentos de Interconexão:

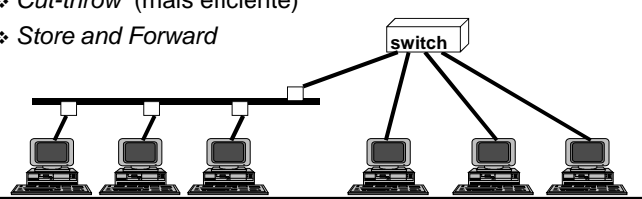
Switch



© Volnys 1999-2003 40

Switch

- ❑ **Evolução da Bridge:**
 - ❖ várias portas
 - ❖ várias transmissões entre portas simultaneamente
 - ❖ utilização de buffers (para enfileirar um frames quando a porta de destino está ocupada)
- ❑ **Formas de operação**
 - ❖ *Cut-throw* (mais eficiente)
 - ❖ *Store and Forward*

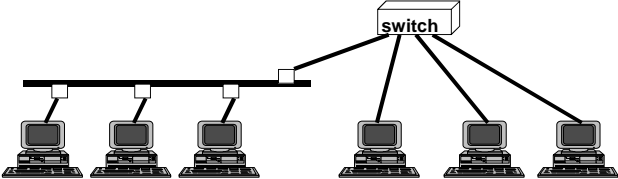


The diagram shows a central box labeled 'switch' connected to a horizontal bus. Below the bus are three computer icons. To the right of the switch, three more computer icons are connected to it.

© Volnys 1999-2003 4

Switch

- ❑ **Formas de operação**
 - ❖ Store and Forward
 - Armazena o frame inteiro (store) para então enviá-lo pela porta destino
 - ❖ Cut-throw (mais eficiente)
 - Assim que o campo de destinatário é recebido pode começar a enviar o frame pela porta destino



The diagram shows a central box labeled 'switch' connected to a horizontal bus. Below the bus, three computer icons are connected. To the right of the switch, three more computer icons are connected by individual lines.

© Volnys 1999-2003 4

Switch

- ❑ **Transparent Bridge**
 - ❖ Descobre automaticamente os equipamentos que estão abaixo de cada porta de bridge
 - ❖ Para cada porta mantém uma tabela com endereços ethernet dos equipamentos que estão abaixo da porta
 - ❖ Descoberta: Quando o primeiro frame proveniente do equipamento é recebido por uma porta é verificado o endereço ethernet de origem

© Volnys 1999-2003 4

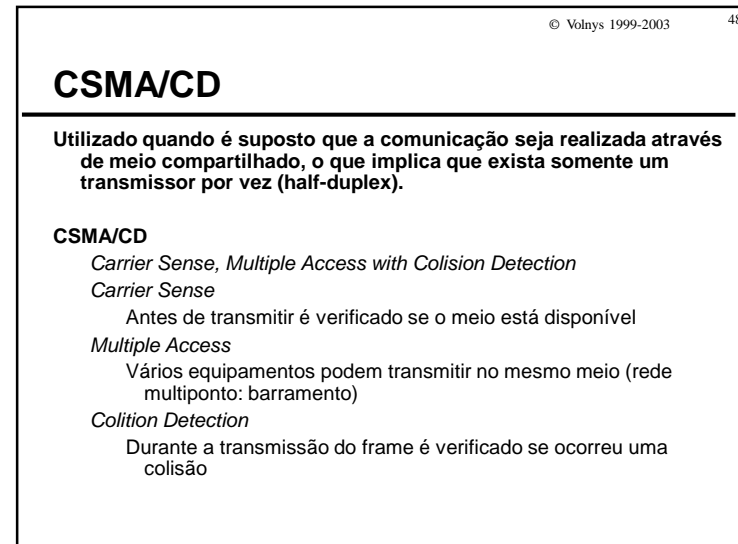
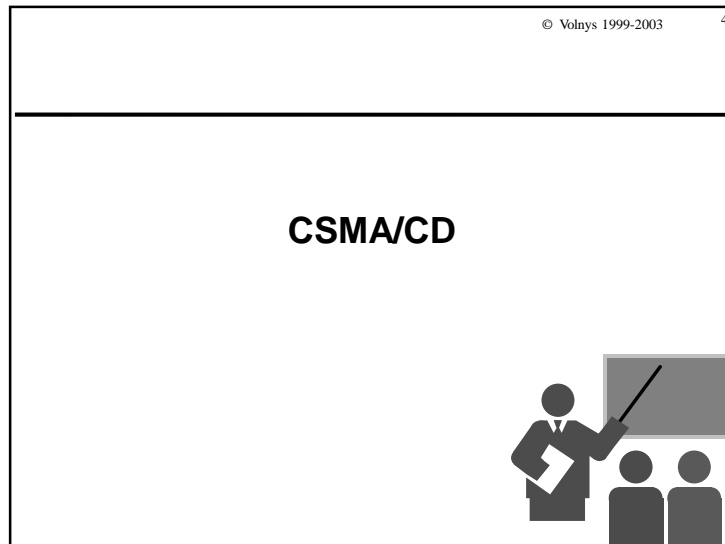
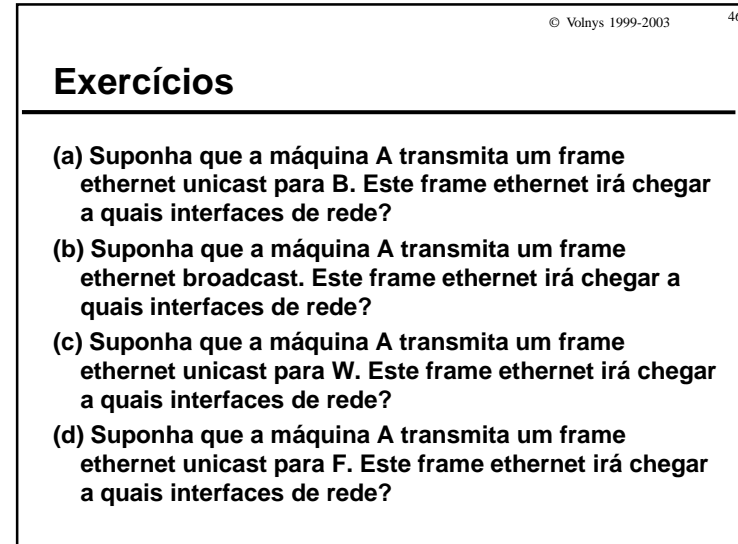
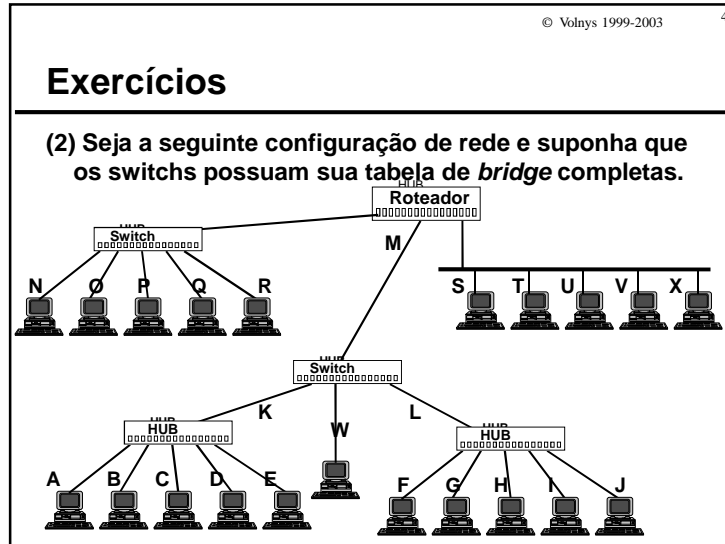
Roteador

- ❑ **Camada de rede OSI (Camada 3)**
 - ❖ Permite que o roteador tome decisões com base em grupos de endereços de rede (Classes) ao invés de endereços MAC individuais, como é feito na camada 2.
 - ❖ Os roteadores podem também conectar diferentes tecnologias da camada 2, como Ethernet, Token-ring e FDDI.
- ❑ **Os roteadores são os dispositivos de controle de tráfego mais importantes nas grandes redes.**
- ❑ **Determinam o melhor caminho para os pacotes através da rede e depois comutam os pacotes para a porta que vai levar ao seu endereço (IP) da rede de destino.**

© Volnys 1999-2003 4

Switch

- ❑ **Spaning Tree**
 - ❖ Protocolo que permite tratar conexões cíclicas, transformando em uma árvore



© Volnys 1999-2003 49

CSMA/CD

Funcionamento

(1) O equipamento A deseja transmitir um frame
 Se o meio estiver ocupado (existe algum frame sendo transmitido), aguarda
 Se o meio está disponível (não existe nenhum frame sendo transmitido), transmite o frame

© Volnys 1999-2003 50

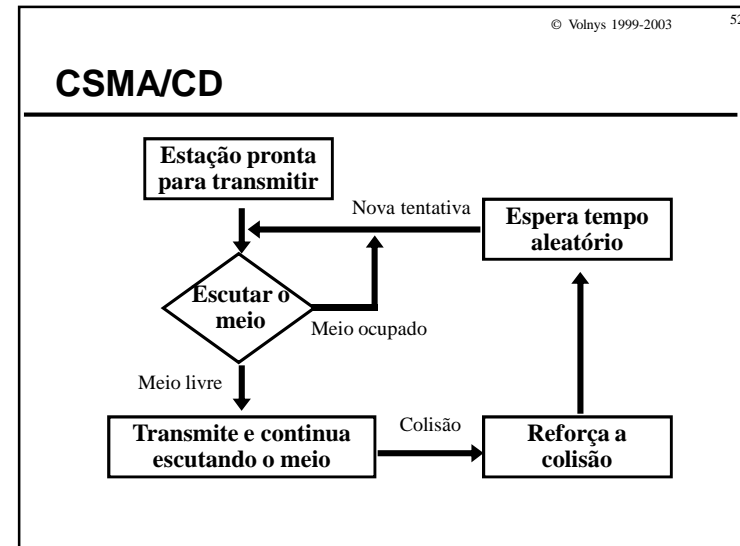
CSMA/CD

(2) Durante a transmissão do frame, verifica se não ocorreu colisão
 A colisão ocorre quando dois ou mais equipamentos transmitem frames ao mesmo tempo, misturando o sinal
 O padrão define que a colisão, quando existir, deve obrigatoriamente ocorrer durante a transmissão dos primeiros 64 octetos (bytes) do frame

© Volnys 1999-2003 51

CSMA/CD

(3) Se ocorrer uma colisão o equipamento para imediatamente a transmissão do frame e transmite um sinal especial (jam) indicando a ocorrência de colisão
 aguarda um tempo aleatório
 se o meio estiver disponível, tenta novamente transmitir



© Volnys 1999-2003 53

CSMA/CD

Colisão

Detecção

A colisão é detectada pela própria placa de rede através da comparação do sinal transmitido com o sinal recebido

Se este sinal for diferente, a placa supõe que tenha ocorrido uma colisão

Quando detectada uma colisão, a placa envia um sinal especial (jam) indicando às outras máquinas que ocorreu uma colisão

Ocorrência


Nas redes Ethernet sempre ocorrem colisões

Porém, um número excessivo de colisões pode indicar que o meio (barramento) possui:

- quantidade muito grande de equipamentos interconectados
- equipamentos com taxa de comunicação muito alta
- ambas as anteriores

© Volnys 1999-2003 54

Ethernet x IEEE 802.2 + 802.3

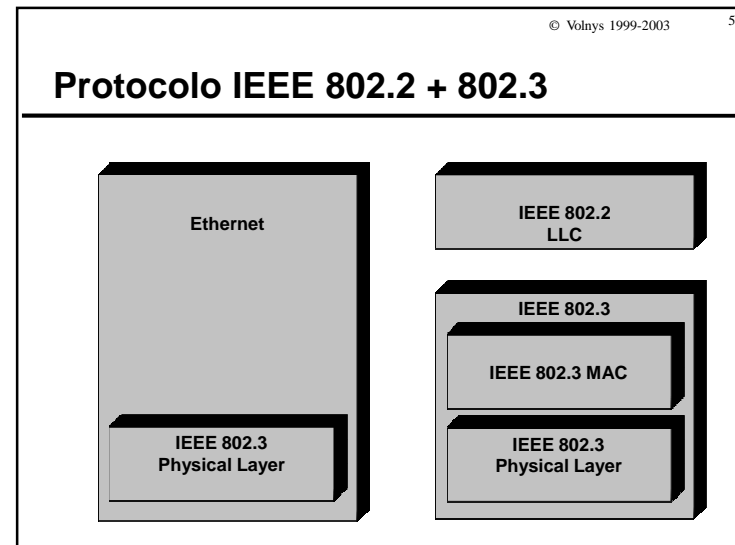


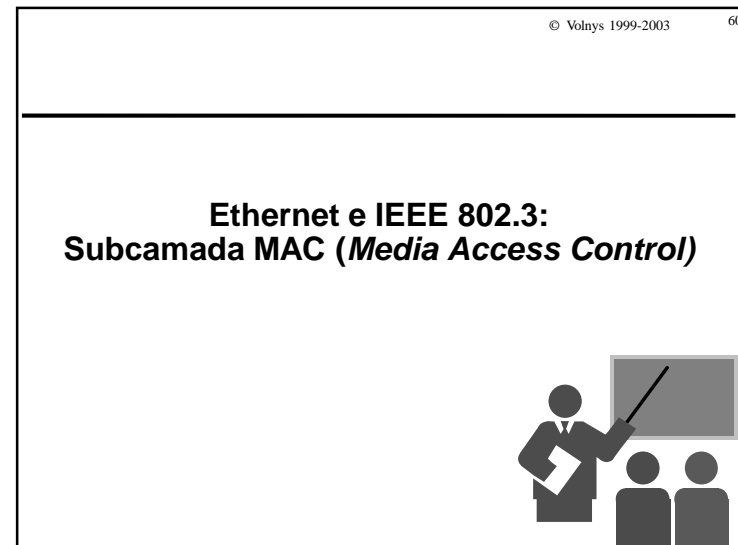
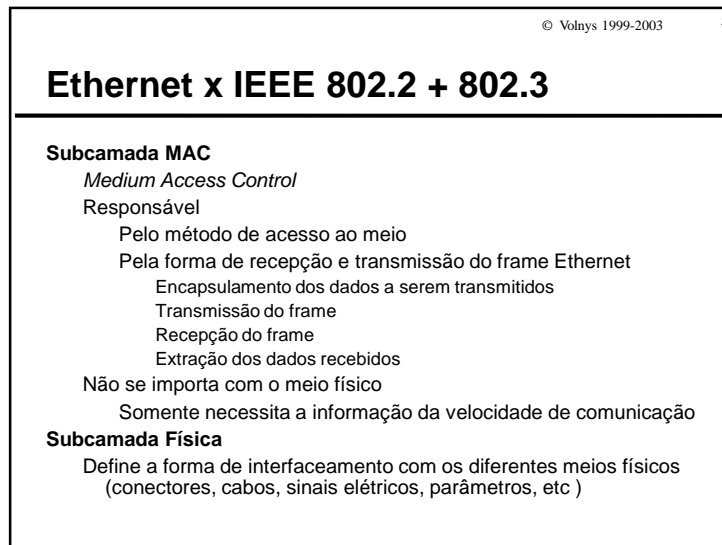
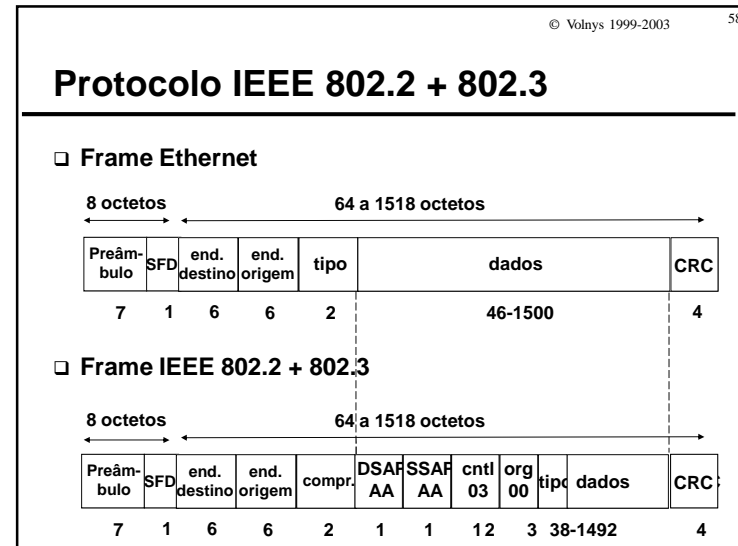
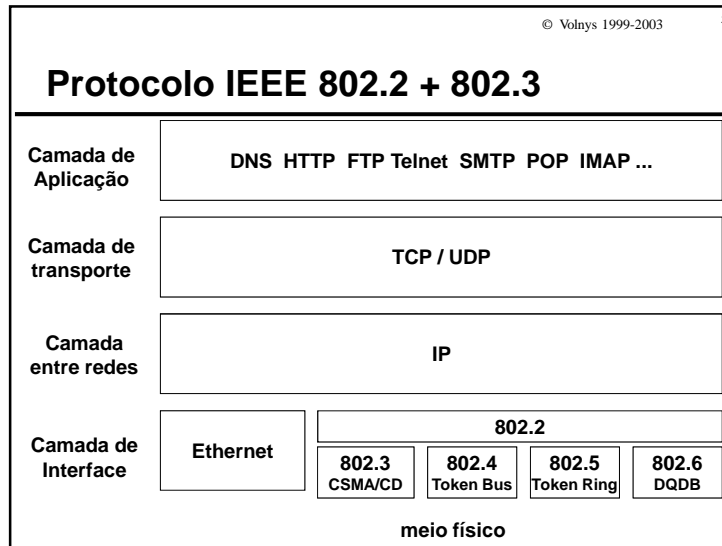
© Volnys 1999-2003 55

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

❑ Padrão 802

- ❖ Alguns anos após a definição do Ethernet o IEEE (Instituto dos Engenheiros Eletrônicos e Eletricistas) definiu o padrão IEEE 802.2, semelhante ao padrão Ethernet. Ambos são protocolos da camada "Intra-redes" da pilha TCP/IP.
- ❖ O IEEE 802 divide a camada intra-redes em três sub-camadas:
 - LLC - Logical Link Control
 - MAC - Medium Access Control
 - Físico
- ❖ Assim, é possível utilizar outros métodos de acesso ao meio, não necessariamente CSMA/CD:
 - 802.2 + 802.3 - CSMA/CD
 - 802.2 + 802.4 - token bus
 - 802.2 + 802.5 - token ring
 - 802.2.+ 802.6 - DQDB
- ❖ Ethernet: semelhante ao Protocolo IEEE 802.2 + IEEE 802.3





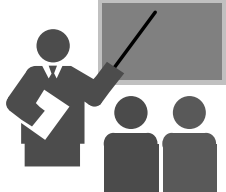
© Volnys 1999-2003 61

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

- ❑ **Subcamada MAC**
 - ❖ *Medium Access Control*
 - ❖ Responsável
 - Pelo método de acesso ao meio
 - Pela forma de recepção e transmissão do frame Ethernet
 - Encapsulamento dos dados a serem transmitidos
 - Transmissão do frame
 - Recepção do frame
 - Extração dos dados recebidos
 - ❖ IEEE 802.3 define formas de acesso ao meio:
 - Half Duplex (CSMA/CD)
 - Originalmente ethernet somente suportava Half-duplex
 - Era suposto sempre um meio compartilhado (barramento)
 - Full Duplex
 - É suposto que o meio não é compartilhado
 - Ou seja, comunicação ponto a ponto
 - Ambas as interfaces devem suportar operar full-duplex

© Volnys 1999-2003 64

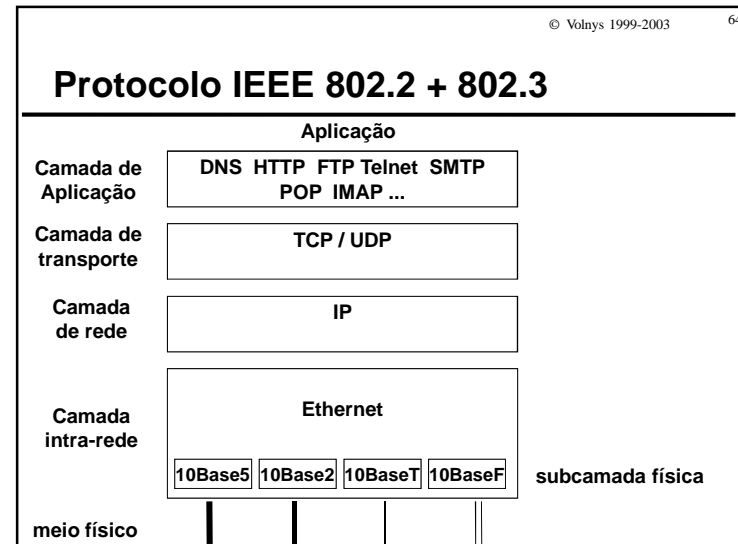
Ethernet e IEEE 802.3: Subcamada Física

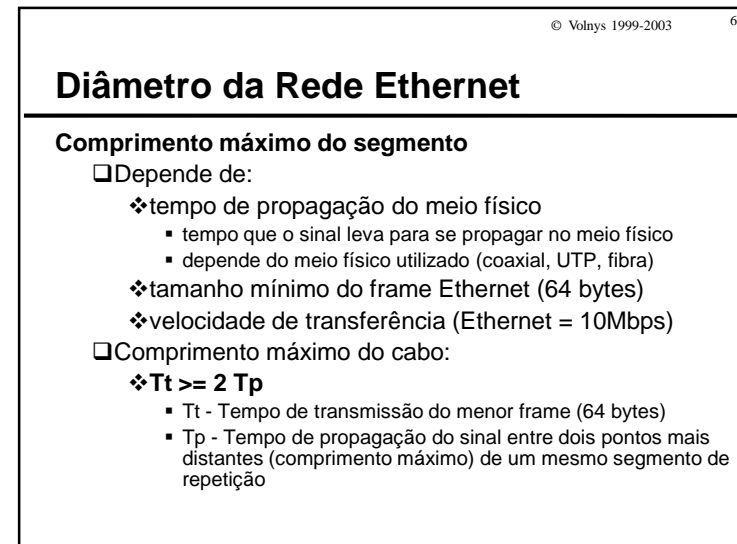
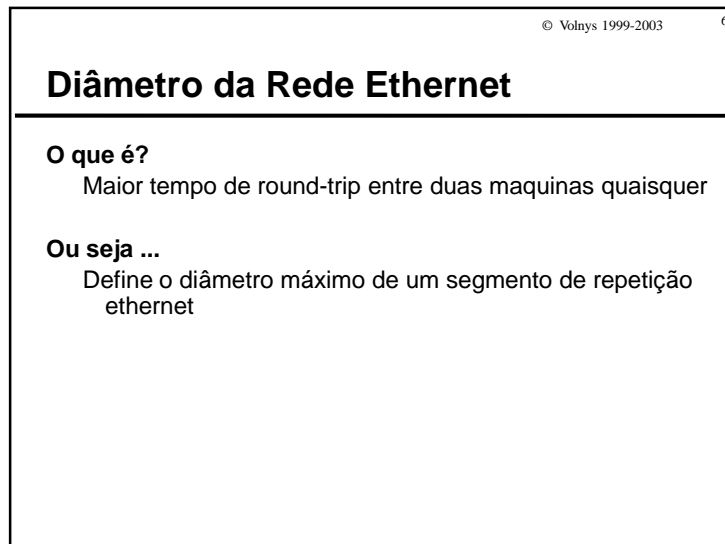
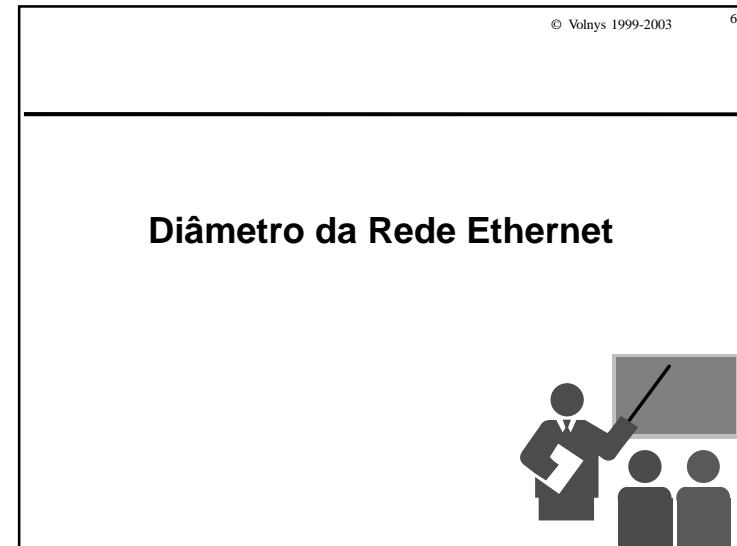
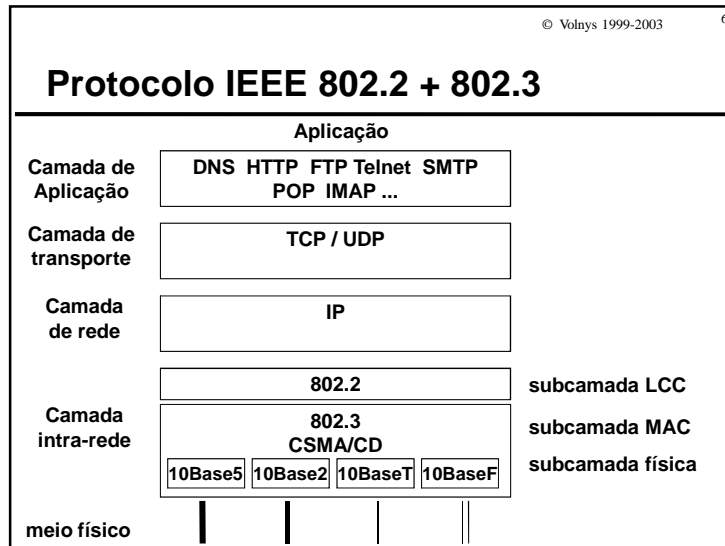


© Volnys 1999-2003 61

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

- ❑ **Subcamada Física**
 - ❖ Define a forma de interfaceamento com os diferentes meios físicos (conectores, cabos, sinais elétricos, parâmetros, etc)
 - ❖ IEEE 802.3 suporta as seguintes subcamadas físicas:
 - 10Base5 - 500 m
 - 10Base2 - 185 m
 - 10BaseT - 100 m
 - 10BaseF - 2000 m





© Volnys 1999-2003 69

Diâmetro da Rede Ethernet

Definição do comprimento máximo do segmento
 No pior caso ...
 O equipamento A transmite o frame PA
 Imediatamente antes do frame PA chegar ao equipamento D, o equipamento D transmite o frame PD
 O equipamento D irá detectar a colisão assim que o frame PA chegar a D (1 x Tp)

© Volnys 1999-2003 70

Diâmetro da Rede Ethernet

Definição do comprimento máximo do segmento (cont.)
 "A" irá detectar a colisão somente quando o frame PD chegar a "A" (~ 2 x Tp)
 A colisão deve ocorrer antes de ser transmitido o último octeto (byte) do frame PA, ou seja:
 $Tt \geq 2 Tp$
 Tp - Tempo de propagação do sinal entre A e D
 Tt - Tempo de transmissão do menor frame (64 octetos)

© Volnys 1999-2003 71

Restrições impostas devido à limitação do diâmetro da rede

© Volnys 1999-2003 72

Restrições impostas

Equipamento de repetição (Repetidor ou HUB)
 Estas restrições são estabelecidas devido ao problema da colisão ter que ser detectada antes da transmissão do octeto 64

© Volnys 1999-2003 73

Restrições impostas

Repetidor

Restrições quanto ao número de repetidores em cascata:

Utilizando somente cabo coaxial (10Base2 ou 10Base5)

- Máximo de 4 repetidores entre dois nós
- Sendo que 2 segmentos não podem ser povoados !

© Volnys 1999-2003 74

Restrições impostas

HUB

Restrições quanto ao número de HUBs em cascata:

- Máximo de 4 HUBs entre dois nós quaisquer

Em sistemas híbridos (UTP e coaxial):

- Máximo de 4 repetidores (ou HUBs) entre dois nós quaisquer
- Número máximo de 3 segmentos de cabo coaxial em um caminho

© Volnys 1999-2003 75

Restrições impostas

Exemplo

© Volnys 1999-2003 76

Restrições impostas

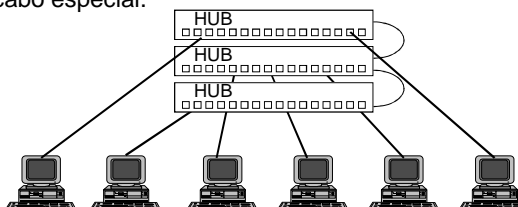
Exemplo

© Volnys 1999-2003 77

Restrições impostas

Empilhamento

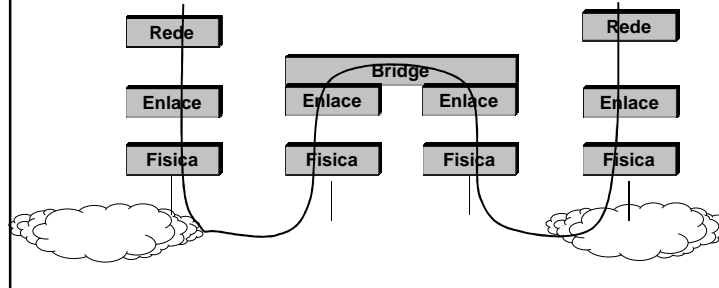
- Alguns HUBs permitem o empilhamento (stack)
- Forma de interligação de HUB na qual o conjunto é considerado como um único HUB para efeito de restrições de cascadeamento
- O empilhamento é realizado através de uma interface e cabo especial.



© Volnys 1999-2003 78

Restrições impostas

Bridge ou switch



© Volnys 1999-2003 79

Restrições impostas


Bridge ou switch

Forma de operação do enlace

- Full duplex
 - Nenhuma restrição é imposta
- Half duplex (CSMA/CD)
 - O comprimento do enlace deve ser menor que a limitação imposta pelo CSMA/CD

© Volnys 1999-2003 80

Bibliografia deste módulo



Bibliografia deste módulo

□ Livros

- ❖ TCP/IP ilustrated: volume 1 - the protocols
 - STEVENS, W. RICHARD.
 - Addison-Wesley, 1994.

- ❖ Redes de Computadores
 - TANENBAUM, ANDREW S.
 - Prentice Hall, 1996.

- ❖ Redes de computadores: das LANs MANs e WANs às redes ATM
 - SOARES, LUIZ F. G.
 - Editora Campus, 1995