

© Volnys 1999-20031

Protocolo Ethernet

Volnys Borges Bernal
volnys@lsi.usp.br
http://www.lsi.usp.br/~volnys



© Volnys 1999-20032

Agenda

- ❑ Introdução ao Protocolo Ethernet
- ❑ Endereçamento Ethernet
- ❑ Frame Ethernet
- ❑ Protocolo IEEE 802.2 + IEEE 802.3
- ❑ Equipamentos de Interconexão
 - ❖ Repetidor
 - ❖ HUB
 - ❖ Bridge
 - ❖ Switch

© Volnys 1999-20033

Introdução ao Protocolo Ethernet



© Volnys 1999-20034

Introdução ao Protocolo Ethernet

- ❑ Protocolo Ethernet
 - ❖ Protocolo padrão da Internet (pilha TCP/IP) para a camada intra-rede em redes locais
 - ❖ Características:
 - Tipo de topologia lógica: multiponto (barramento)
 - Protocolo de acesso ao meio: CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*)
 - ❖ Objetivo:
 - Transferência de frames para máquinas que estão na mesma rede Ethernet
 - ❖ 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 1999-20035

Introdução ao Protocolo Ethernet

OSI	TCP/IP	
Aplicação	Aplicação	
Aplicação	Aplicação	FTP, DNS, Telnet, HTTP, SMTP, POP, IMAP, SNMP, ...
Apresentação		
Sessão		
Transporte	Transporte	UDP, TCP
Rede	Rede	IP
Enlace		
Físico	Intra-rede	Ethernet (barramento) SLIP (ponto-a-ponto) PPP (ponto-a-ponto)
meio físico	meio físico	

© Volnys 1999-20036

Introdução ao Protocolo Ethernet

	Aplicação
Camada de Aplicação	DNS HTTP FTP Telnet SMTP POP IMAP ...
Camada de transporte	TCP / UDP
Camada de redes	IP
Camada intra-rede	Ethernet
	meio físico

© Volnys 1999-2003 7

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 (payload): Container



© Volnys 1999-2003 8

Endereçamento Ethernet

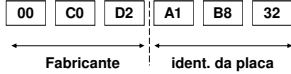


© Volnys 1999-2003 9

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 configurado na 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



© Volnys 1999-2003 10

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 11

Endereçamento Ethernet

❑ **Para mostrar o endereço Ethernet no UNIX**

```
/sbin/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 12

Exercício

(1) **A respeito de endereços ethernet, responda:**

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

© Volnys 1999-2003 13

Frame Ethernet



© Volnys 1999-2003 14

Frame Ethernet

❑ **Campos do frame ethernet**

- ❖ **Preâmbulo** : Necessário para sincronização (7bytes 10101010)
- ❖ **SDF** : Start of Frame Delimiter (10101011)
- ❖ **End. Destino** : Endereço Ethernet do destinatário
- ❖ **End. Origem** : Endereço Ethernet do emissor
- ❖ **Tipo** : Tipo de dado sendo transmitido
- ❖ **Dados** : Dados (eventualmente + pad)
- ❖ **CRC** : Código de Redundância Cíclica

8 octetos		64 a 1518 octetos				
Preâmbulo	SDF	end. destino	end. origem	tipo	dados	CRC
7	1	6	6	2	46-1500	4

© Volnys 1999-2003 15

Frame Ethernet

❑ **Campo "Tipo"**

- ❖ Define o tipo de protocolo transportado pelo frame Ethernet (conteúdo que o frame ethernet transporta)
- ❖ Alguns valores mais utilizados:
 - IP v4 : 0800
 - ARP : 0806
 - RARP : 8035
- ❖ Uma lista parcial dos valores possíveis está em:
 - <http://www.iana.org>
 - link "Protocol Numbers and Assignment Services"
 - link "Ethernet Numbers"
 - A primeira lista apresentada no documento é uma lista parcial dos possíveis valores deste campo

© Volnys 1999-2003 16

Frame Ethernet

❑ **Transmissão UNICAST**

- ❖ **Endereço Destino**: Endereço Ethernet da máquina destino
 - Neste caso, oitavo bit do endereço ethernet destino sempre terá valor 0 (o oitavo bit é o primeiro bit a ser transmitido no fio!).
 - Exemplo:

0 0	C 0	D 2	A 1	B 8	3 2
0000 0000	1100 0000	1101 0010	1010 0001	1011 1000	0011 0010

↑

❑ **Transmissão Broadcast**

- ❖ **Endereço Destino**: FF-FF-FF-FF-FF-FF

❑ **Transmissão Multicast**

- ❖ **Endereço Destino**: endereço multicast (um endereço ethernet com o oitavo bit do endereço ethernet destino = 1)

© Volnys 1999-2003 17

Frame Ethernet

❑ **MTU**

- ❖ *Maximum Transmission Unit*
- ❖ Unidade máxima de transmissão

❑ **Fragmentação IP**

- ❖ Quando um datagrama IP a ser transmitido é maior do que o MTU, 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 1999-200319

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 1999-200320

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3



© Volnys 1999-200321

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
- ❖ O IEEE 802 divide a camada inter-redes em tres 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+ 802.11 - WiFi
- ❖ Ethernet: semelhante ao Protocolo IEEE 802.2 + IEEE 802.3

© Volnys 1999-200322

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

Camada de Aplicação	DNS HTTP FTP Telnet SMTP POP IMAP ...										
Camada de transporte	TCP / UDP										
Camada entre redes	IP										
Camada de Interface	<table><tr><td>Ethernet</td><td colspan="4">802.2</td></tr><tr><td></td><td>802.3 CSMA/CD</td><td>802.4 Token Bus</td><td>802.5 Token Ring</td><td>802.11 WiFi</td></tr></table>	Ethernet	802.2					802.3 CSMA/CD	802.4 Token Bus	802.5 Token Ring	802.11 WiFi
Ethernet	802.2										
	802.3 CSMA/CD	802.4 Token Bus	802.5 Token Ring	802.11 WiFi							

meio físico

© Volnys 1999-200323

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

❑ Frame Ethernet

8 octetos		64 a 1518 octetos					
Preâmbulo	SFD	end. destino	end. origem	tipo	dados		CRC
7	1	6	6	2	46-1500		4

❑ Frame IEEE 802.2 + 802.3

8 octetos		64 a 1518 octetos										
Preâmbulo	SFD	end. destino	end. origem	compr	DSAP	SSAP	cntl	org	tip	dados	CRC	
7	1	6	6	2	1	1	12	3	38-1492		4	

© Volnys 1999-200324

Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

Ethernet	IEEE 802.2 LLC
IEEE 802.3 Physical Layer	IEEE 802.3 MAC
	IEEE 802.3 Physical Layer

© Volnys 1999-2003 25

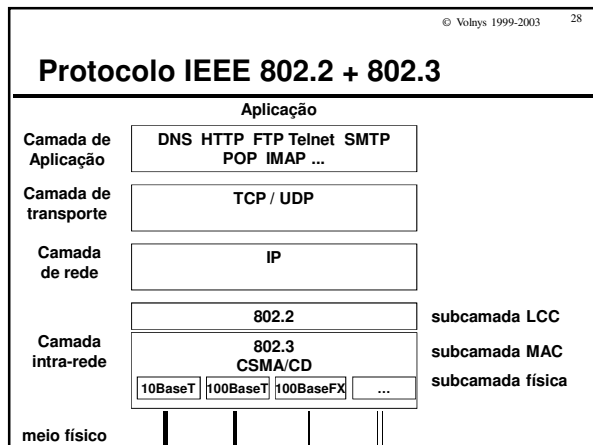
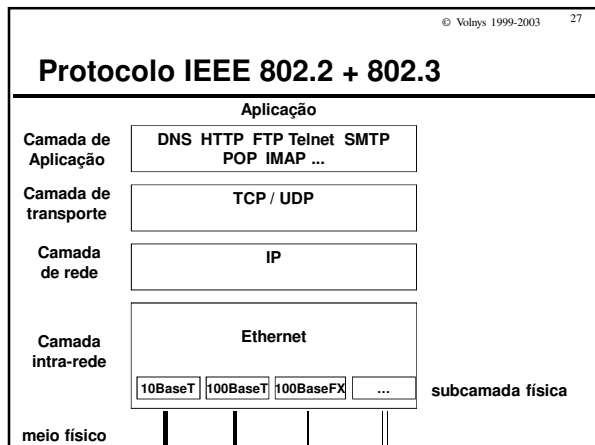
Protocolo IEEE 802.2 + 802.3

- ❑ **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
 - ❖ Formas de acesso ao meio definidas pelo IEEE 802.3:
 - Half Duplex (CSMA/CD)
 - Originalmente ethernet somente suportava Half-duplex
 - Era suposto sempre um meio compartilhado (barramento)
 - Full Duplex
 - Atualizações posteriores acrescentaram a funcionalidade Full-duplex

© Volnys 1999-2003 26

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 diversas subcamadas físicas:
 - 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseF (10Base-FL, 10Base-FB e 10Base-FP),...
 - 100BaseT, 100BaseTx, 100Base-FX, 100Base-SX, ...
 - 1000Base-T, 1000Base-SX, 1000Base-LX ...



© Volnys 1999-2003 29

Equipamentos de Interconexão

Camada Intra-rede

© Volnys 1999-2003 30

Equipamentos de Interconexão

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

© Volnys 1999-2003 31

Equipamentos de Interconexão:

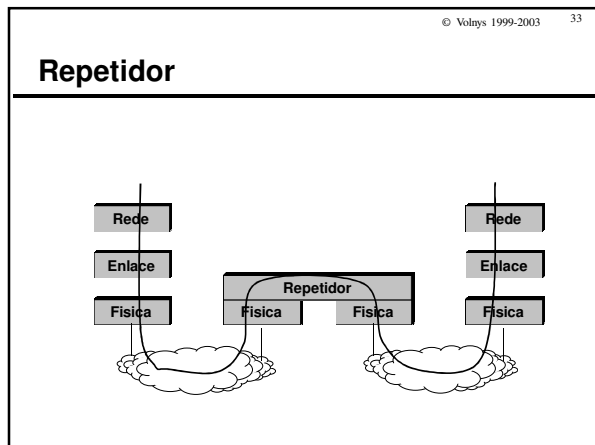
Repetidor



© Volnys 1999-2003 32

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 34

Equipamentos de Interconexão:

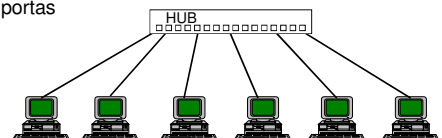
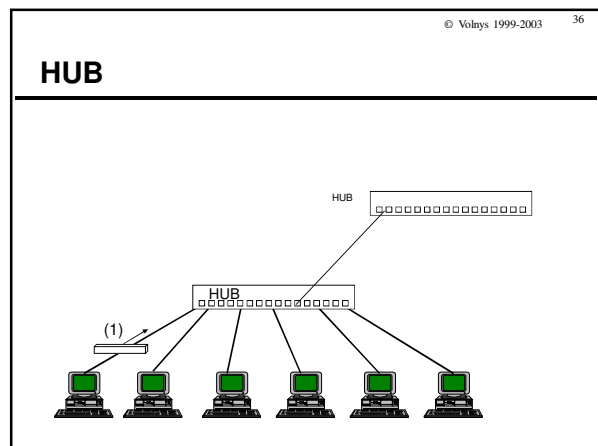
HUB

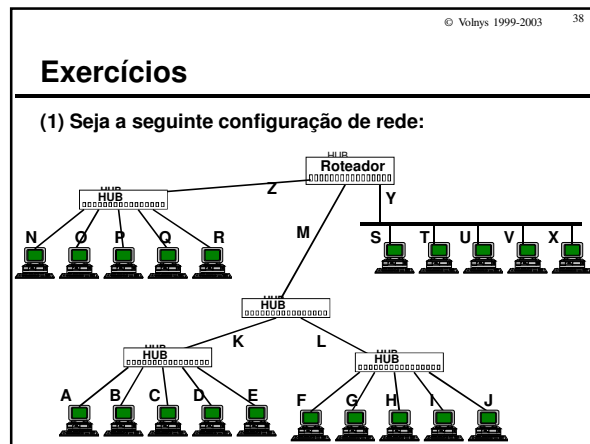
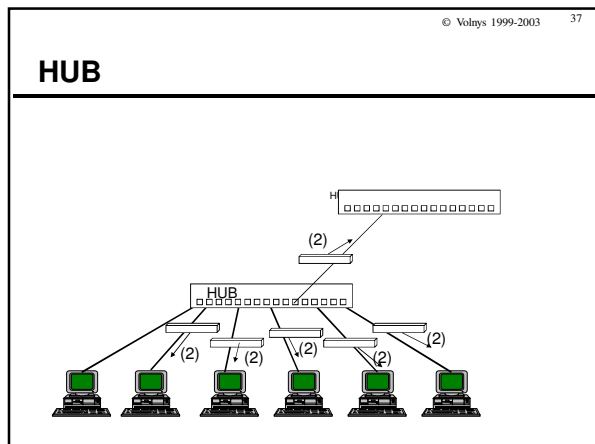


© Volnys 1999-2003 35

HUB

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



© Volnys 1999-2003 39

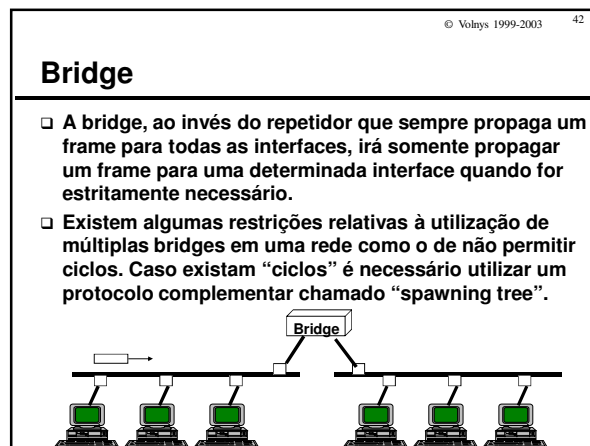
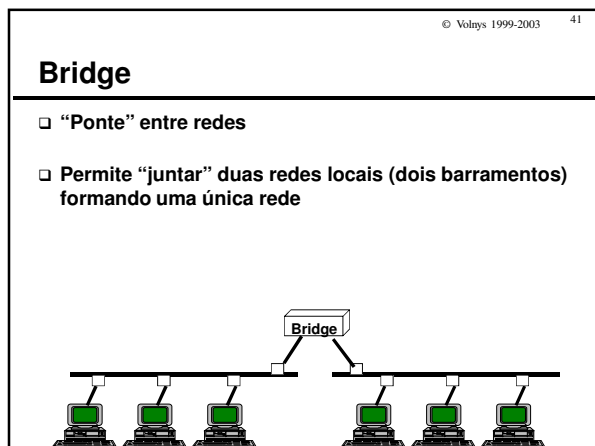
Exercícios

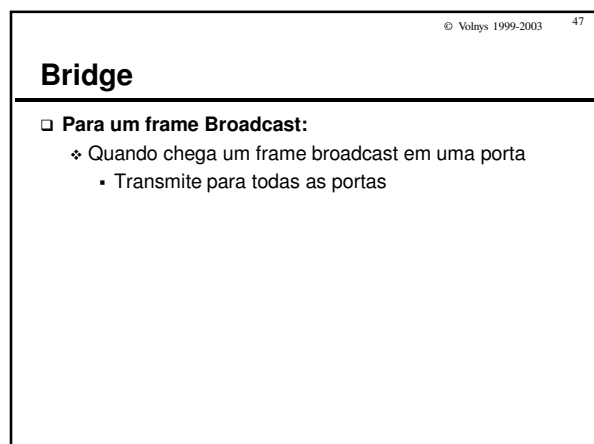
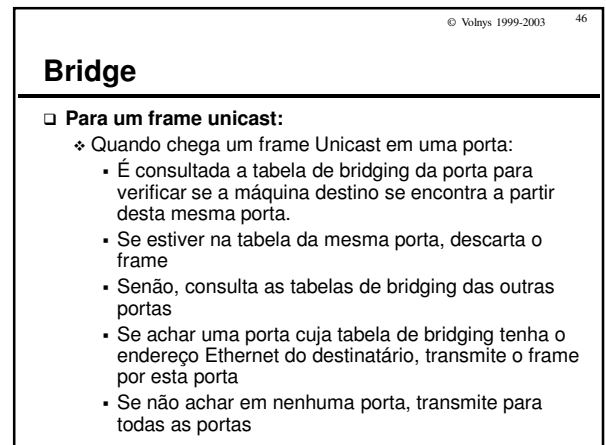
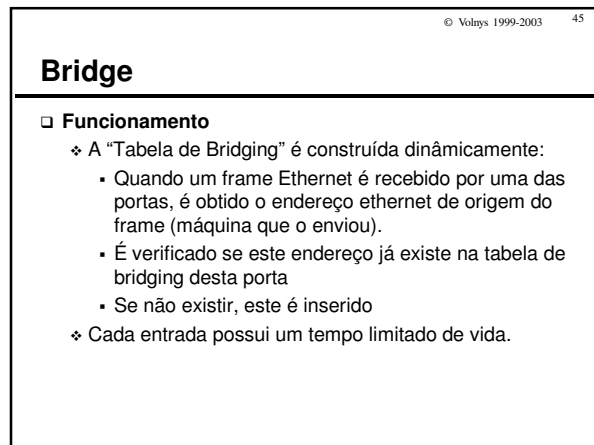
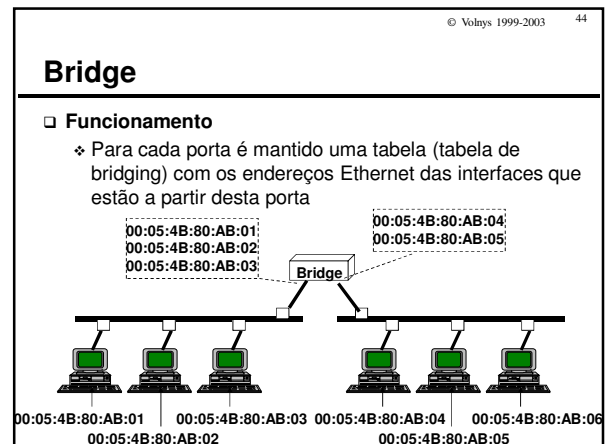
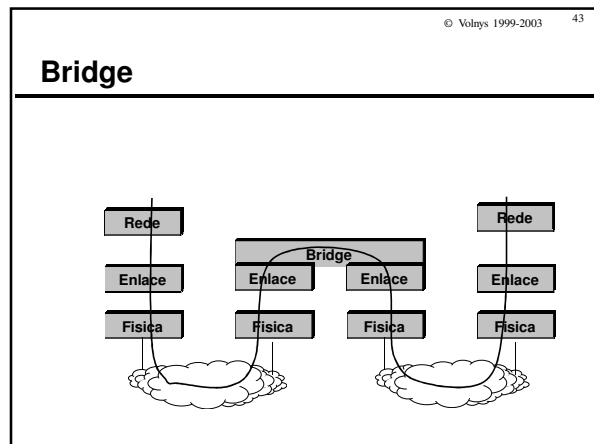
- Quantos domínios de broadcast (ou redes locais) estão definidos nesta configuração?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet unicast para B. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet broadcast. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet unicast para S. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet broadcast para P. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?

© Volnys 1999-2003 40

Equipamentos de Interconexão:

Bridge

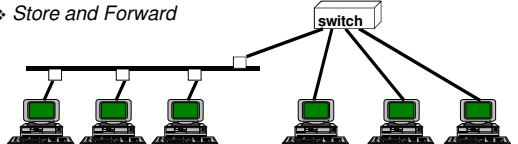




© Volnys 1999-2003 49

Switch

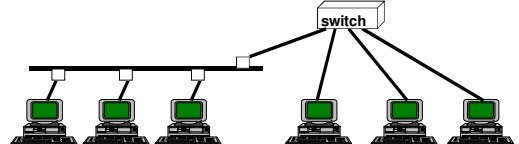
- ❑ **Evolução da Bridge:**
 - ❖ várias portas
 - ❖ várias transmissões entre portas simultaneamente
 - ❖ utilização de buffers (para enfileirar um frames quando a porta de destino está ocupada)
- ❑ **Formas de operação**
 - ❖ *Cut-throw* (mais eficiente)
 - ❖ *Store and Forward*



© Volnys 1999-2003 50

Switch

- ❑ **Formas de operação**
 - ❖ *Store and Forward*
 - Armazena o frame inteiro (store) para então envia-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



© Volnys 1999-2003 51

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 52

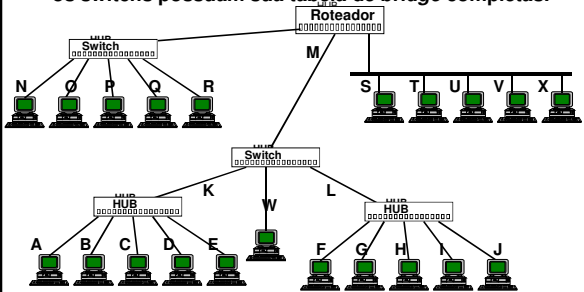
Switch

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

© Volnys 1999-2003 53

Exercícios

(2) Seja a seguinte configuração de rede e suponha que os switches possuam sua tabela de *bridge* completas.



© Volnys 1999-2003 54

Exercícios

- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet unicast para B. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet broadcast. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet unicast para W. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?
- Suponha que a máquina A transmita um frame ethernet unicast para F. Este frame ethernet irá chegar a quais interfaces de rede?

© Volnys 1999-2003 55

Bibliografia deste módulo



© Volnys 1999-2003 56

Bibliografia deste módulo

❑ Livros

- ❖ TCP/IP illustrated: 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