

---

# Gigabit Ethernet

- 1000 Base LX
- 1000 Base SX
- 1000 Base CX
- 1000 Base T



2000 ISEL - DEEC - RCD

---

## Gigabit Ethernet - Introdução (1)

---

### Objectivos:

- Manter o mesmo protocolo de nível MAC da FastEthernet
  - Para detectar colisões é necessário que o comprimento mínimo da trama seja suficiente para encher de bits todo o comprimento da rede duas vezes (*slot time*)
- Aumentar a velocidade de transmissão para 1000Mbps
  - O comprimento ocupado por um bit no meio diminui 10 vezes

### Alternativas:

- Aumentar o comprimento mínimo da trama
  - De 64 na FastEthernet para 640 bytes - Perda de rendimento
- Diminuir o comprimento máximo da rede
  - De 205m e 2 repetidores na FastEthernet de um factor de 10 - muito curto



2000 ISEL - DEEC - RCD

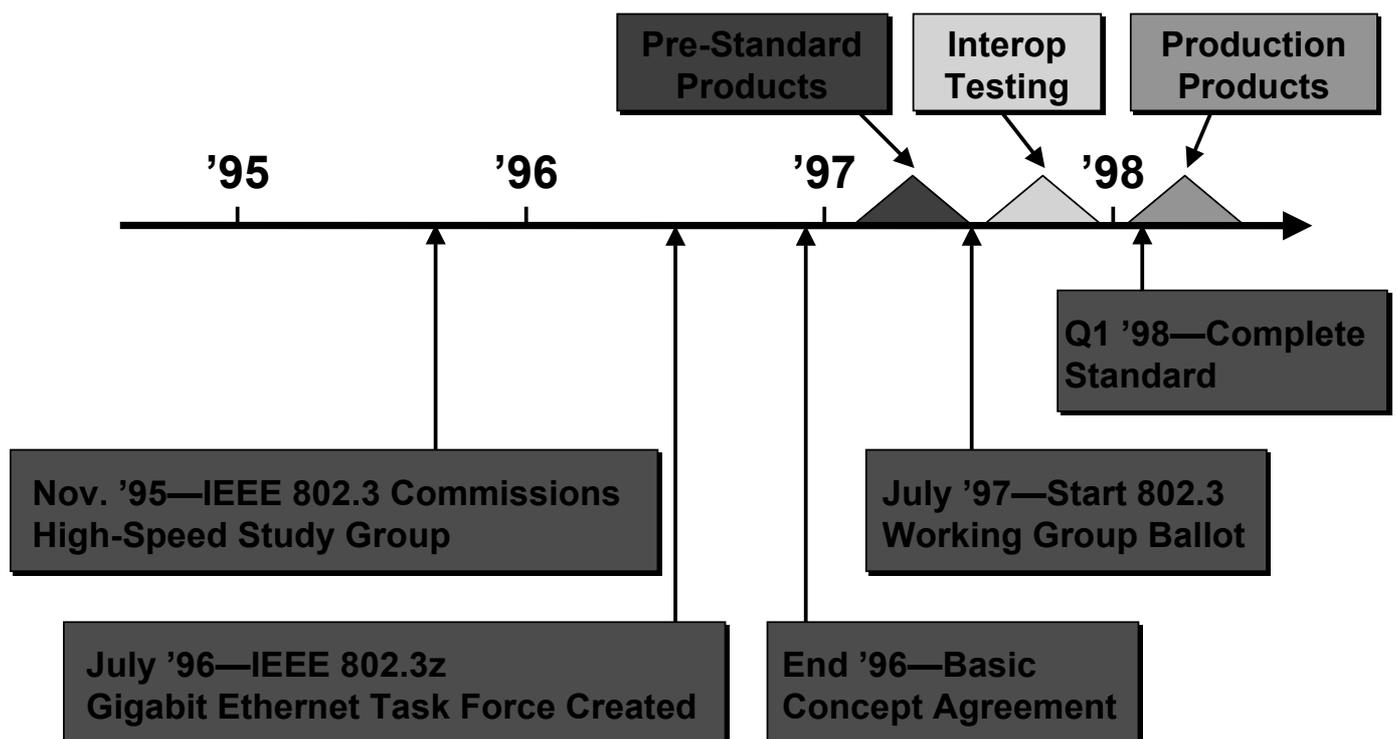
# Gigabit Ethernet - Introdução (2)

## Opções:

- Diminuir o comprimento máximo da rede
  - visto que com a tendência para a utilização de topologias em estrela baseadas em *hubs* e cabos UTP as limitações de distâncias já eram na ordem dos 100m entre Hub e máquina ou seja extensões de rede de 200m
- Aumentar o comprimento mínimo da trama
  - *Carrier extension* - quando a rede tem que enviar uma trama inferior a 512 bytes a estação continua a transmitir um sinal especial até fazer o tempo dos 512 bytes
  - Aproveita a margem de segurança que existia nas normas anteriores para não ter um comprimento mínimo de trama de 640 bytes
  - Só é permitido um repetidor entre duas máquinas - 200m



## Gigabit Ethernet - Cronologia



# Gigabit Ethernet

## Objectivos:

- Ligação entre equipamentos activos (*switches*)
- Ligação a estações de trabalho de alto desempenho

## Características

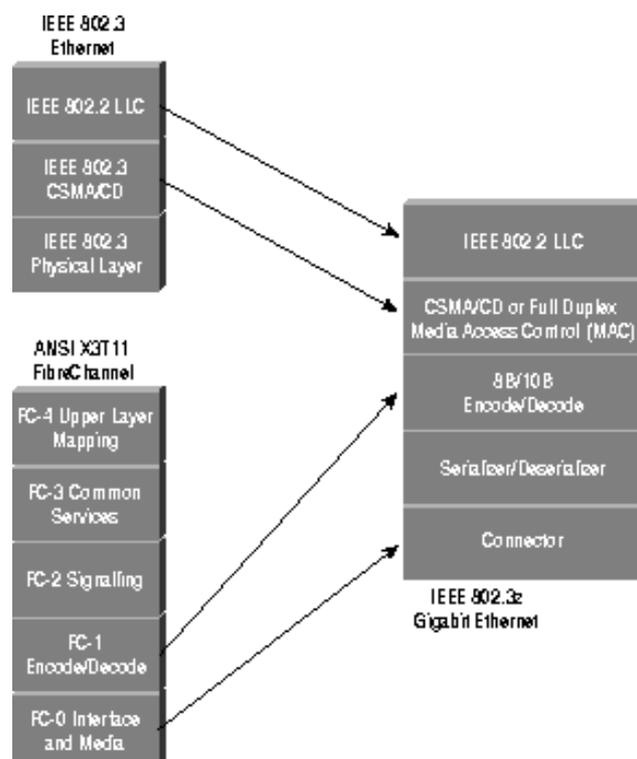
- Definido na norma IEEE 802.3z (1998/06) e na norma IEEE 802.3ab (1999) para UTP5
- Define modo Shared e Full-Duplex
  - Na prática só se usa Full-Duplex



# Gigabit Ethernet

## Baseada nas normas:

- IEEE 802.3
  - LLC
  - MAC
- ANSI X3T11
  - RC-1
  - RC-0

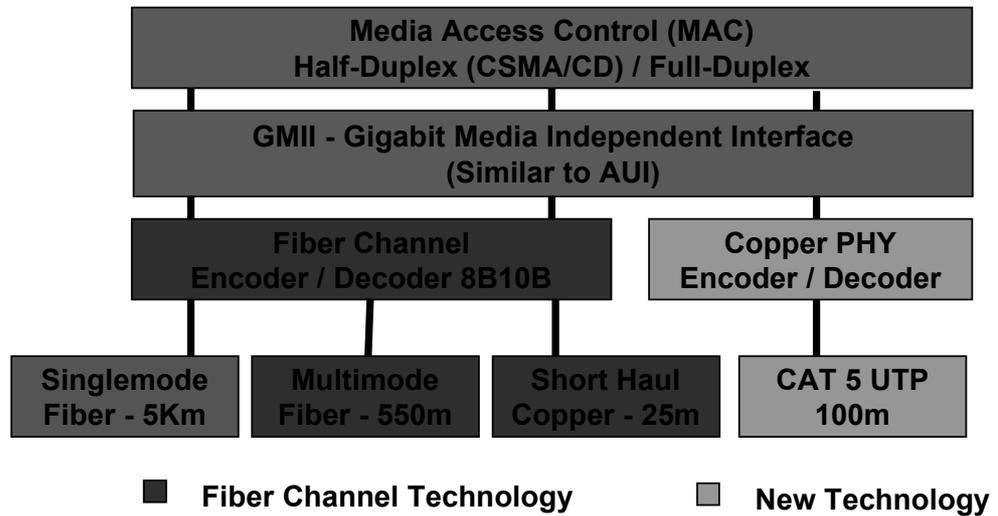


# Gigabit Ethernet

Camada MAC

Camada de convergência (GMII)

Meios físicos (PMD)

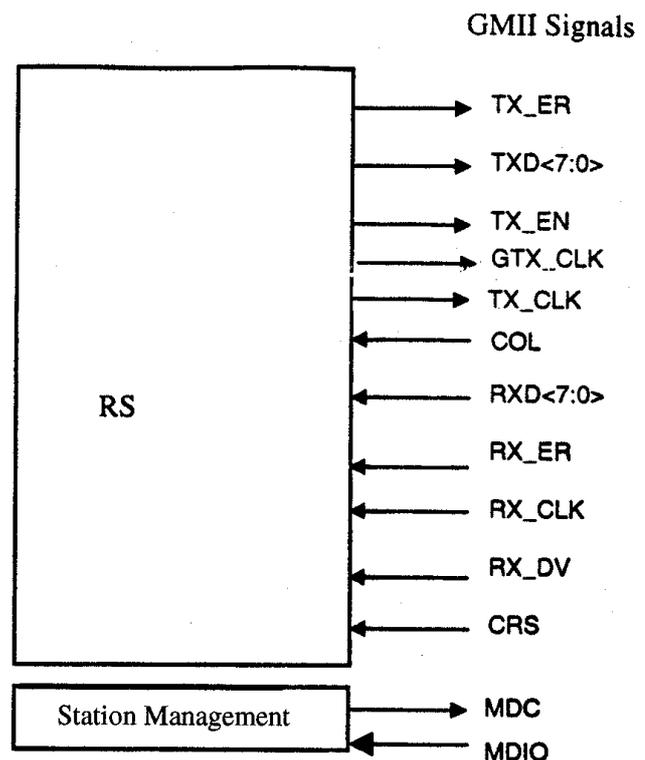


## Gigabit Ethernet - GMII

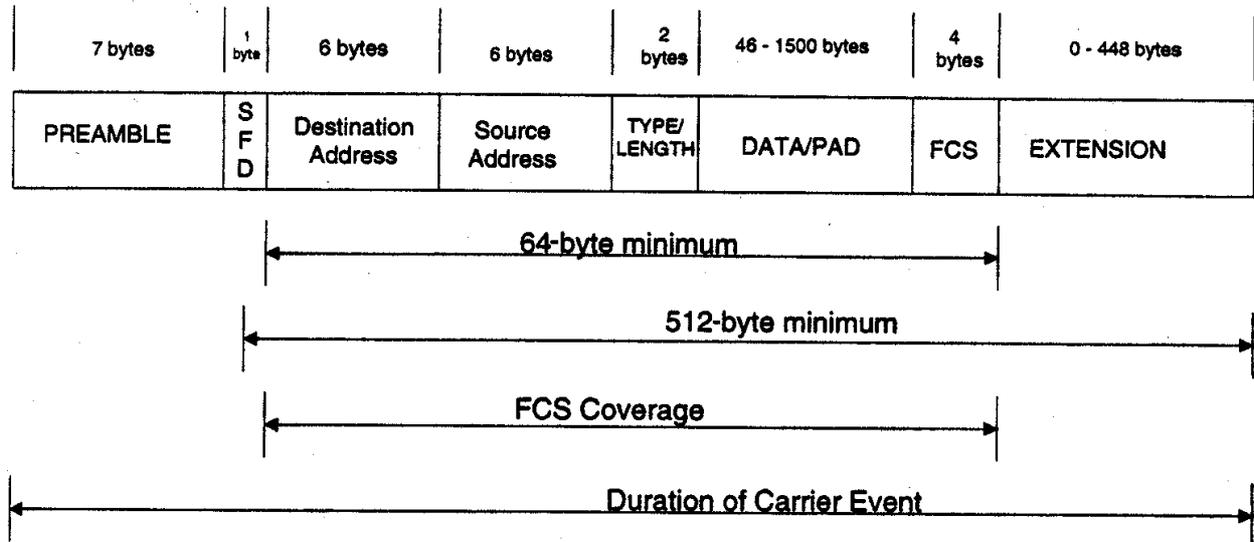
Sinais da interface

Características

- Comunicação paralela de 8 bit a 125Mhz
- Apenas ligações internas (circuito impresso)
- Não suporta ligação exterior



# Gigabit Ethernet - Formato da trama



## Eficiência

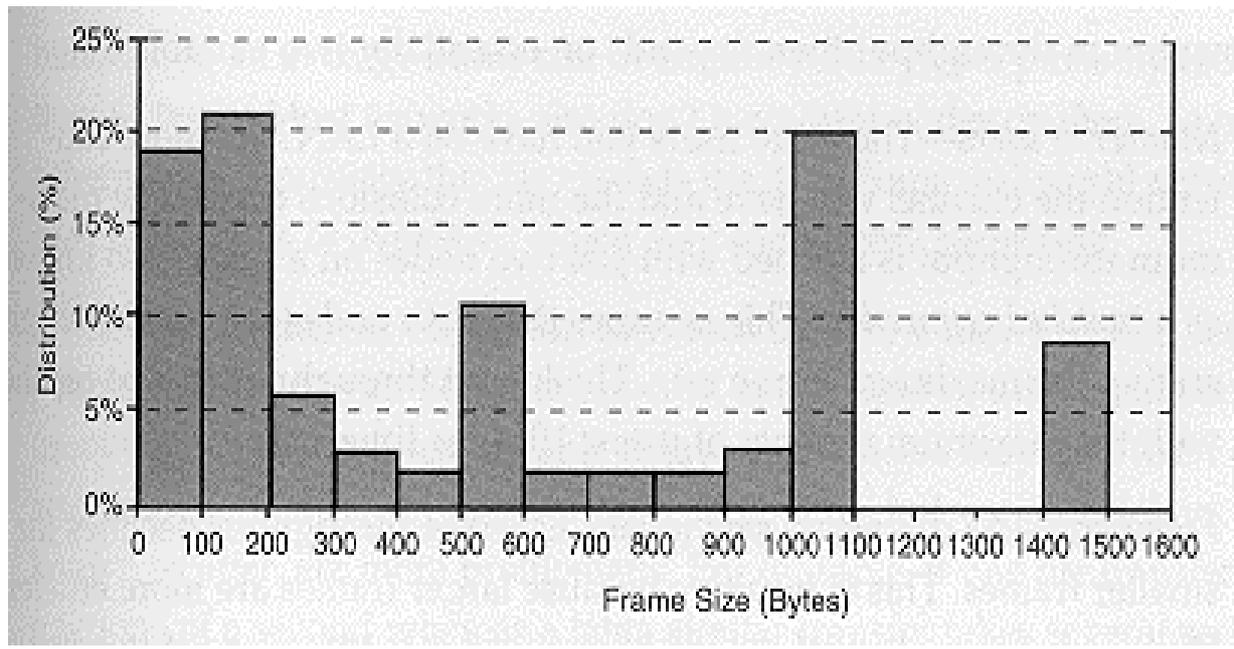
No pior caso temos tramas de 64 bytes (512 bits) que são enviados com *carrier extention* (4096 bits), preâmbulo (64 bits) e um *inter-frame gap* (96 bits)

$$\eta = 512 / (4096 + 96 + 64) \approx 12 \%$$



# Gigabit Ethernet - *Bursting*

## Distribuição do comprimento das tramas geradas



# Gigabit Ethernet - *Bursting*

## Objectivo

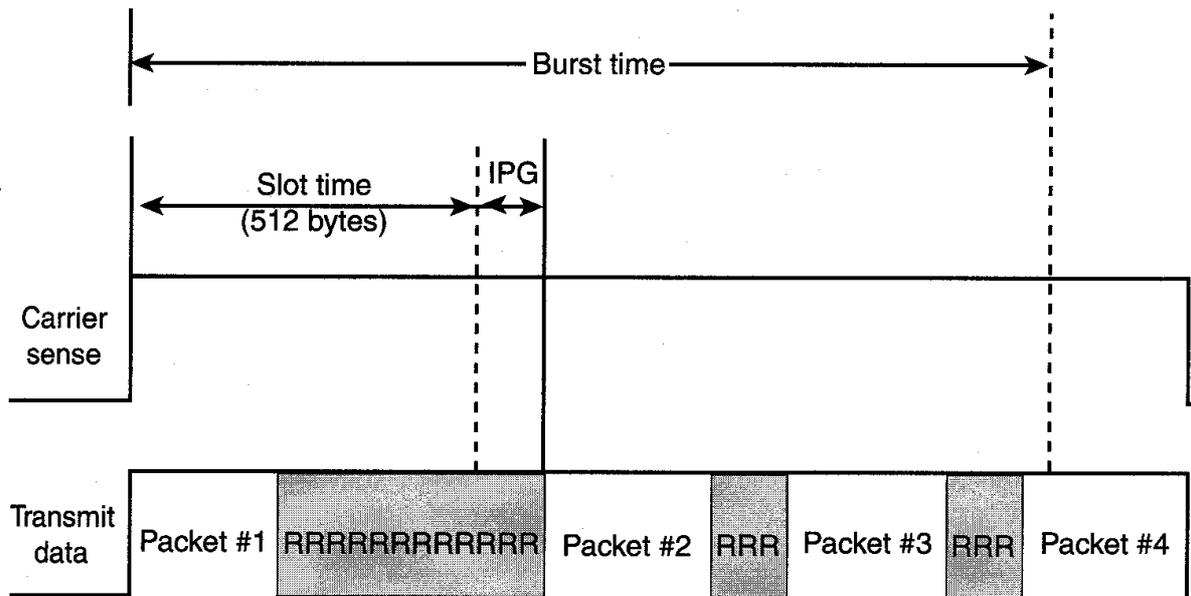
- Melhorar a baixa eficiência da Gigabit Ethernet para tramas menores que 512 bytes (aprox. 50%)

## Funcionamento

- A primeira trama é enviada normalmente com *carrier extension* se for necessário
  - Evita a retransmissão de várias tramas no caso de colisão
- As restantes tramas são enviadas a seguir separadas por um *inter-frame gap* especial e sem *carrier extension* até expirar o *burst timer* (65536 bt)

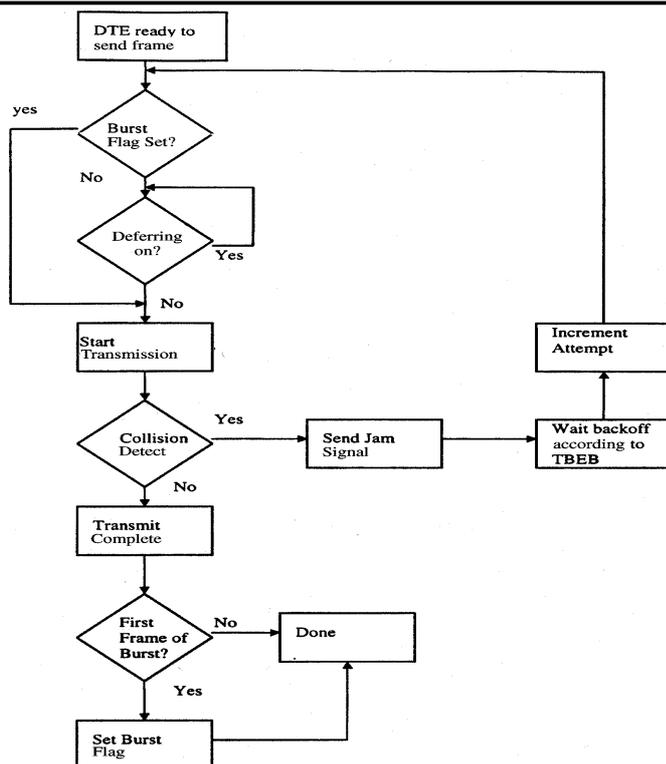


# Gigabit Ethernet - *Bursting*



# Gigabit Ethernet - *Bursting*

## Fluxograma da Transmissão



## Eficiência (com *Bursting*)

---

No pior caso temos tramas de 64 bytes (512 bits) que são enviadas num *burst* (65536 bits) com preâmbulo (64 bits) e um *inter-frame gap* (96 bits). A primeira trama leva *carrier extention* (4096 bits).

$$\text{Tramas no Burst} = 1 + (65536 - 4096) / (512 + 96 + 64) \\ \approx 93$$

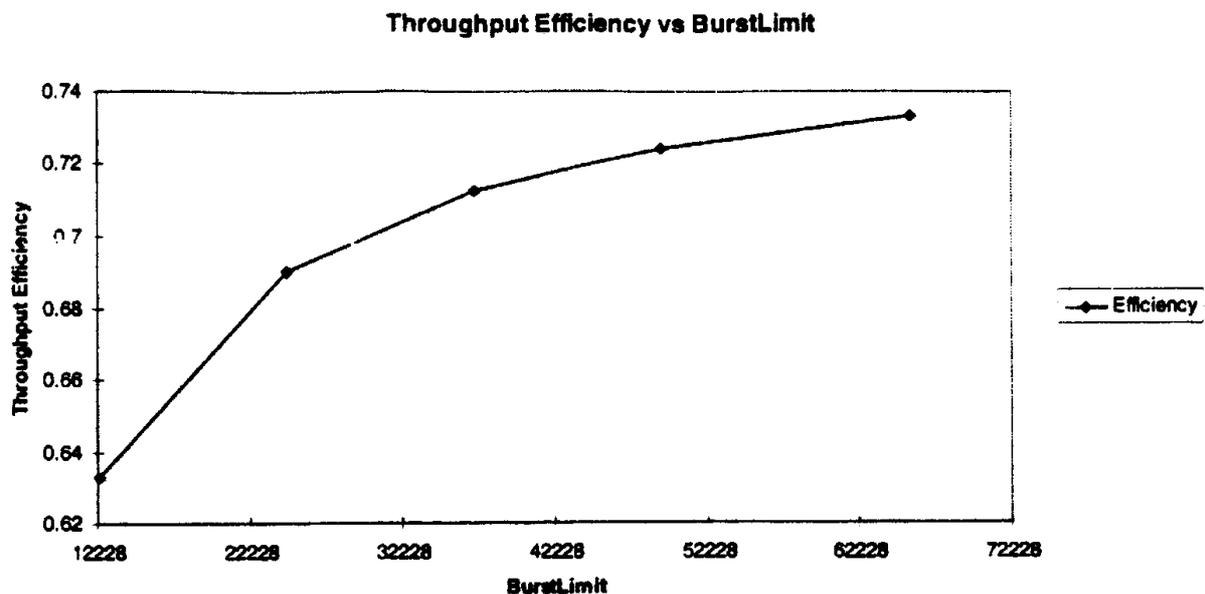
$$\eta = 93 * 512 / (4096 + 92 * (512 + 96 + 64)) \approx 72 \%$$



## Eficiência

---

Eficiência em função do comprimento do *burst*



# Parâmetros operacionais para 1000 Gbps

---

Parameters	Values
slotTime	4096 bit times
inter-framegap	0.096 $\mu$ s
attemptLimit	16
backoffLimit	10
jamsize	32 bits
maxFrameSize	1518 octets
minFrameSize	512 bits
burstLimit	65,536 bits



---

## Gigabit Ethernet - Meios físicos

---

### 1000BASE-LX (*Long Wavelength*) (IEEE 802.3z)

- Ligações entre *campus* (*switch a switch*)
- Até 5Km usando fibra monomodo

### 1000BASE-SX (*Short Wavelength*) (IEEE 802.3z)

- *Backbones* dos *Campus*, *Backbones* entre andares (*switch a switch*)
- Até 550m usando fibra multimodo

### 1000BASE-CX (*Short Haul Copper*) (IEEE 802.3z)

- Clusters de servidores e ligações entre *switches*
- Até 25m usando COAX (*twinax*)

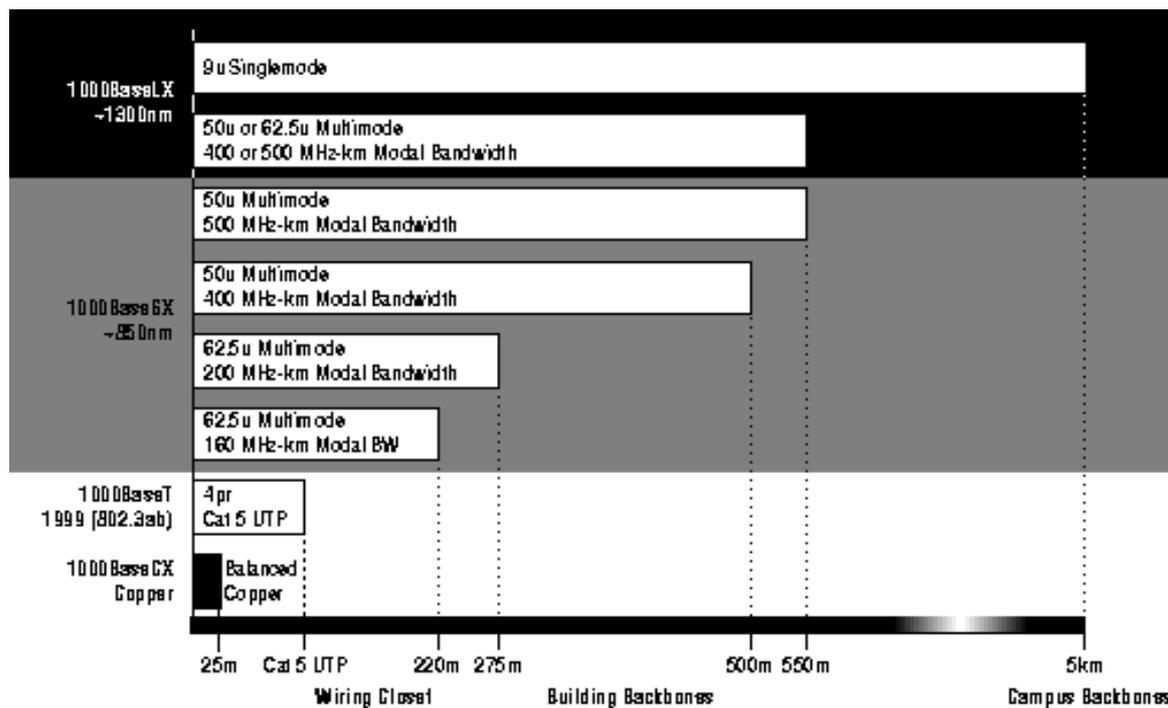
### 1000BASE-T (*Long Haul Copper*) (IEEE 802.3ab)

- Ligações de *switches* a estações e servidores (futuro)
- Até 100m usando CAT5 UTP



# Gigabit Ethernet - Interfaces físicas

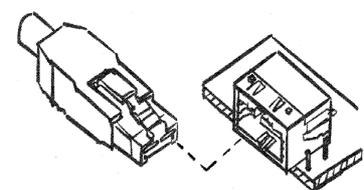
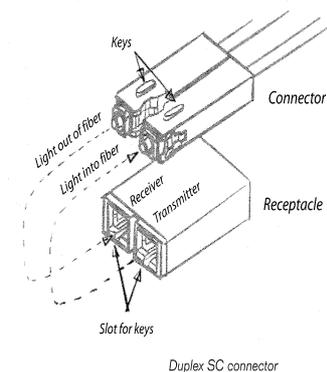
## Distâncias máximas (*Full-Duplex*)



## Gigabit Ethernet - 1000 Base LX

### Características:

- 2 fibras ópticas
- Distância máxima *switch* - máquina: 5Km
- Velocidade de sinalização 125MBaud
- Codificação: 8B10B
- Conector: SC



IEC 61076-3-103 connector

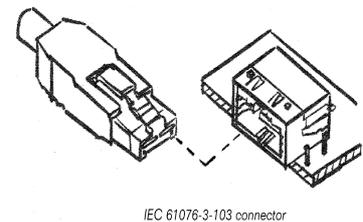
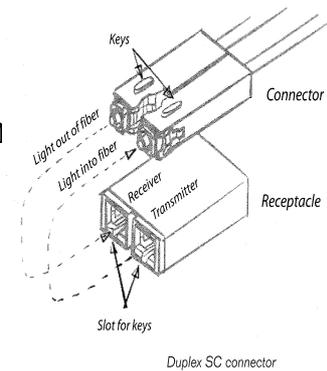


# Gigabit *Ethernet* - 1000 Base SX

---

## Características:

- 2 fibras ópticas
- Distância máxima *switch* - máquina: 550m
- Velocidade de sinalização: 125MBaud
- Codificação: 8B10B
- Conector: SC



# Gigabit *Ethernet* - 1000 Base CX (1)

---

## Características:

- 2 cabos *twinax* (cada com 2 cabos coaxiais balanceados 150Ω)
- Distância máxima *switch* - máquina: 25m
- Velocidade de sinalização: 125MBaud
- Codificação: 8B10B
- Conector: HSSC ou DB9



# Codificação 8B/10B

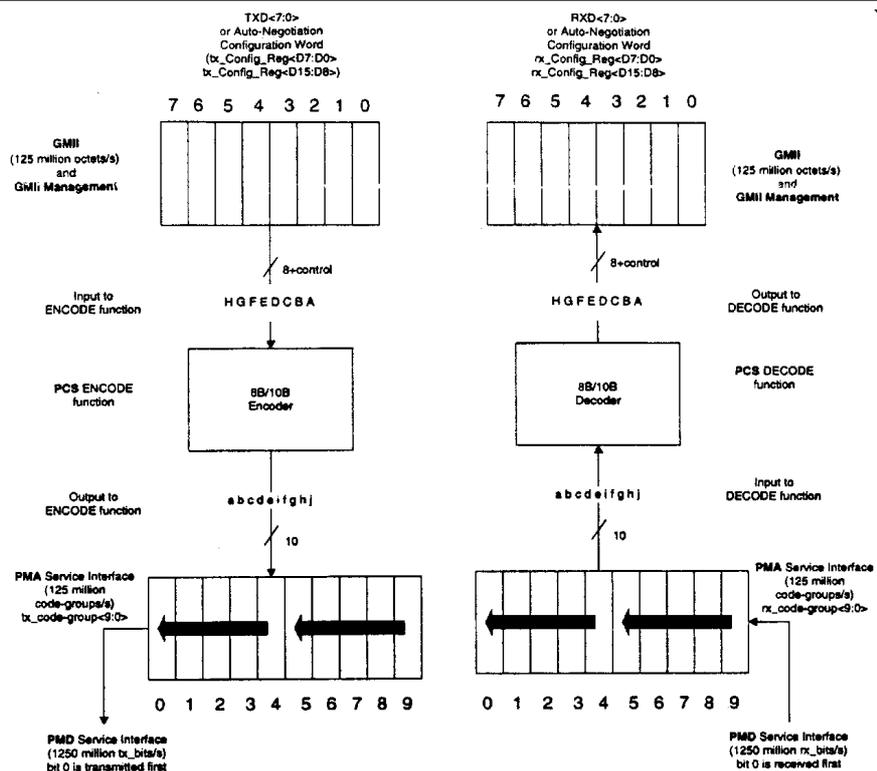
## Características

- Uma codificação 5B/6B e outra 3B/4B
- Boa densidade de transições para recuperação do clock
- Bom balanceamento DC
- Partindo de 8 bit (ABCDEFGH) gera Códigos /Zx.y/
  - x = EDCBA (0..31) e y = HGF (0..7)
- Dois tipos de códigos (Z): D (Data) e K (Special)



# Codificação 8B/10B

## Convenções de ordenação na codificação e descodificação



# Codificação 8B/10B

## Exemplos de códigos de dados (D) e especiais (K)

Code Group Name	Octet Bits HGF EDCBA	Octet Value	Current RD- a b c d e i f g h j	Current RD+ a b c d e i f g h j	Notes
K28.5	1 0 1 1 1 1 0 0	BC	0 0 1 1 1 1 1 0 1 0	1 1 0 0 0 0 0 1 0 1	1
D5.6	1 1 0 0 0 1 0 1	C5	1 0 1 0 0 1 0 1 1 0	1 0 1 0 0 1 0 1 1 0	2
D2.2	0 1 0 0 0 0 1 0	42	1 0 1 1 0 1 0 1 0 1	0 1 0 0 1 0 0 1 0 1	3
D21.5	1 0 1 1 0 1 0 1	B5	1 0 1 0 1 0 1 1 0	1 0 1 0 1 0 1 0 1 0	2

<sup>a</sup>Source: IEEE 802.3z—Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Repeater and Management Parameters for 1000 Mb/s Operation, Clause 36.

Notes:

1. /K28.5/ is the only code-group containing a comma used-for Gigabit Ethernet.
2. Code-groups with identical RD+ and RD- encodings and neutral disparity subblocks.
3. Code-groups containing nonneutral disparity subblocks which change the current running disparity.



# Codificação 8B/10B

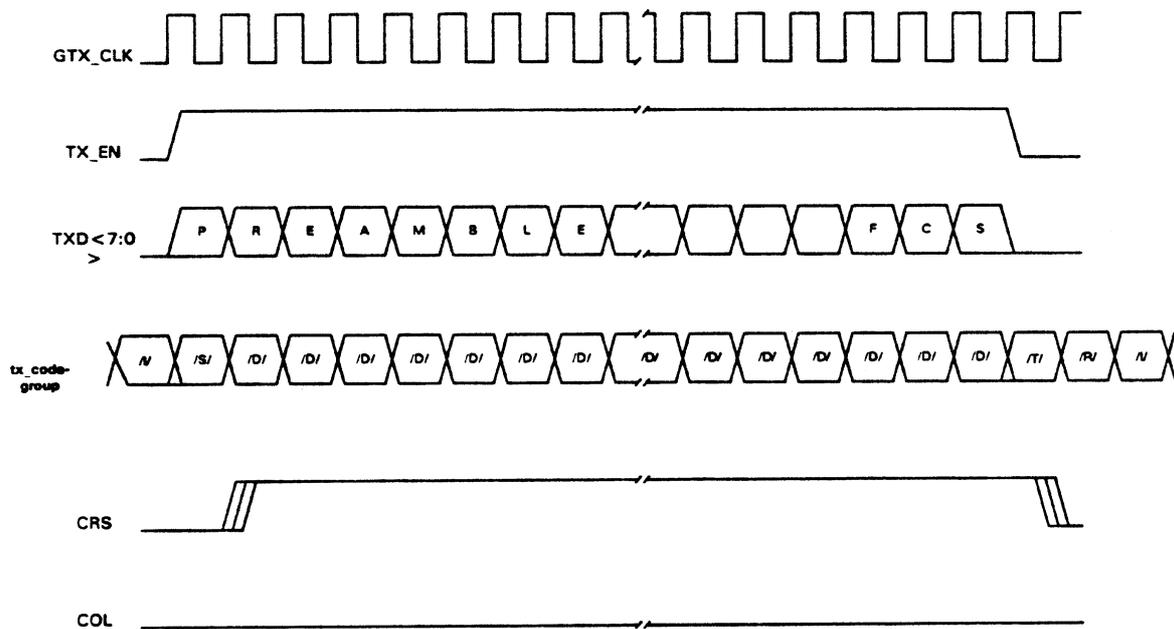
## Definição dos conjuntos-ordenados

Code	Ordered-set	Number of Code-groups	Encoding
<b>/C/</b>	<b>Configuration</b>		<b>Alternating /C1/ and /C2/</b>
/C1/	Configuration 1	4	/K28.5/D21.5/Config_Reg/
/C2/	Configuration 2	4	/K28.5/D2.2/Config_Reg/
<b>/I/</b>	<b>IDLE</b>		<b>Correcting /I1/, Preserving /I2/</b>
/I1/	IDLE 1	2	/K28.5/D5.6/
/I2/	IDLE 2	2	/K28.5/D16.2/
	<b>Encapsulation</b>		
/R/	Carrier_Extend	1	/K23.7/
/S/	Start_of_Packet	1	/K27.7/
/T/	End_of_Packet	1	/K29.7/
/V/	Error_Propagation	1	/K30.7/

<sup>a</sup>Source: IEEE 802.3z—Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Repeater and Management Parameters for 1000 Mb/s Operation, Clause 36.



# Encapsulação PCS numa trama MAC



## Gigabit *Ethernet* - 1000 Base T (1)

### Características:

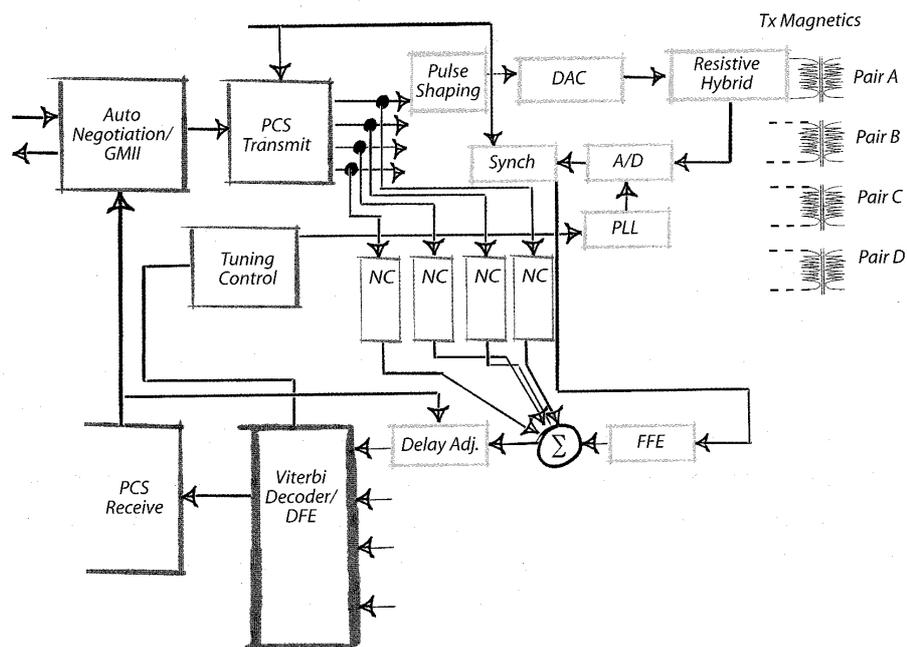
- 4 Pares de fio (UTP classe 5 100Ω)
  - 4 para transmissão e para recepção (cancelamento de eco)
- Distância máxima *switch* - máquina: 100m
- Velocidade de sinalização: 125MBaud (250Mbps x 4)
- Codificação: PAM5 - Trellis 4D 8-*state* - *pulse shaping*
- Uso massivo de DSP

Definido no standard IEEE802.3ab (1999)



# Gigabit Ethernet - 1000 Base T (2)

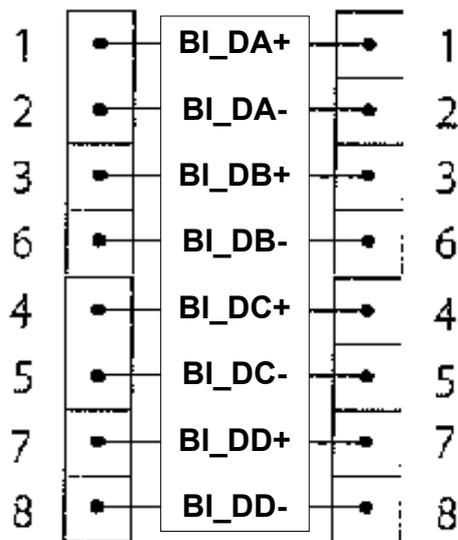
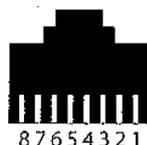
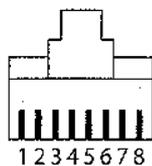
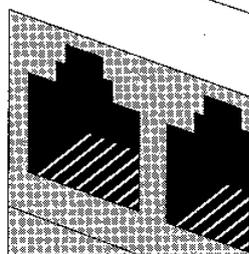
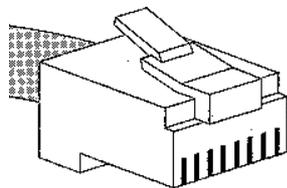
Uso de vários DSP (*Digital Signal Processor*) para cada par



# Gigabit Ethernet - 1000 Base T (3)

Interface de ligação entre o *hub* e a placa de rede

RJ 45



## Delays máximos na rede

---

Media	Maximum Collision Diameter
<b>Point-to-Point, Half-Duplex</b>	
1000BASE-CX node-node or switch-switch <sup>1</sup>	25m
1000BASE-T node-node or switch-switch <sup>1</sup>	100m
1000BASE-SX or LX node-node or switch-switch <sup>1</sup>	316m
<b>One Repeater Segment</b>	
1000BASE-CX	50m
1000BASE-T <sup>2</sup>	200m
1000BASE-SX or LX	220m

<sup>1</sup> Remember these distances are half-duplex. For full-duplex operation, see Table 3.9.

<sup>2</sup> Mixed-media repeater limitations are 210 meters for UTP/fiber, 220 meters for twinax/fiber.



---

## Delays máximos na rede

---

*Delay* máximo de um segmento F.O. = 1111 bt = 110 m

*Delay* máximo de um segmento Coax. = 253 bt = 25 m

*Delay* máximo de um segmento UTP 5 = 1112 bt = 100 m

*Delay* máximo de um repetidor >>  $D_r = 488$  bt

*Delay* máximo de um DTE >>  $D_d = 217$  bt



## IEEE 802.3ab - Cálculo do *Slot Time*

---

Comprimento máximo de um segmento >>  $L = 100\text{m}$

Comprimento máximo da rede >>  $2 \text{ Seg} + 1 \text{ Repet}$

Vel. Transmissão >>  $V_t = 1000\text{Mbps} = 10^9 \text{ bps}$

Tempo de bit >>  $t_b = 1/V_t = 10^{-9}\text{s} = 0,001 \mu\text{s}$

Vel. Propagação >>  $V_p = C \times 2/3 = 3 \times 10^8 \times 2/3 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$

Tempo de Propagação num segmento >>  $L / V_p = 0,5 \mu\text{s} = 500 t_b$

Espaço de bit >>  $L_b = t_b \times V_p = 10^{-9} \times 2 \times 10^8 = 0,2 \text{ m}$

Delay máximo de um repetidor >>  $D_r = 488 t_b$

Delay máximo de um DTE >>  $D_d = 217 t_b$

Slot time = 2 x Bits na rede + margem de segurança = 4096 bits

M1    S1    R1    S2    M2

$(217 + 556 + 488 + 556 + 217) \times 2 = 4068 \text{ bits}$

---



## Auto-Negociação

---

### Características

- Definido para todos os meios físicos
- Usa palavras do código 8B/10B para trocar a informação da Base Page e Next Page
- Define o uso de PAUSE simétrico e assimétrico
- Suporta a indicação de falhas remotas



# Auto-Negociação

## Definição da *Basic Link Code Word*

LSB														MSB		
D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	
R	R	R	R	R	FD	HD	PS1	PS2	R	R	R	RF1	RF2	Ack	NP	

FD e HD - *Full / Half Duplex* Bits

PS1 e 2 - Definem o funcionamento do PAUSE

RF1 e 2 - Remote Fault

Ack - Acknowledge

NP - Next Page

PAUSE PS1 (D7)	ASM_DIR PS2 (D7)	Capability
0	0	No PAUSE
0	1	Asymmetric PAUSE toward link partner
1	0	Symmetric PAUSE
1	1	Both symmetric and asymmetric PAUSE toward local device



# Auto-Negociação

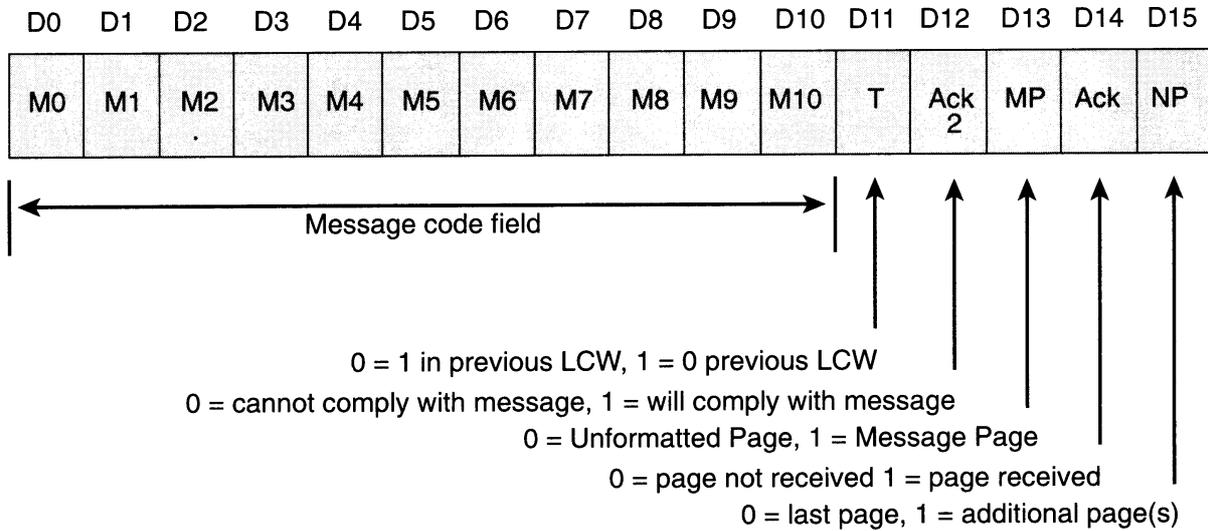
## Codificação dos bits PS1 e PS2 - PAUSE

PAUSE PS1 (D7)	ASM_DIR PS2 (D7)	Capability
0	0	No PAUSE
0	1	Asymmetric PAUSE toward link partner
1	0	Symmetric PAUSE
1	1	Both symmetric and asymmetric PAUSE toward local device



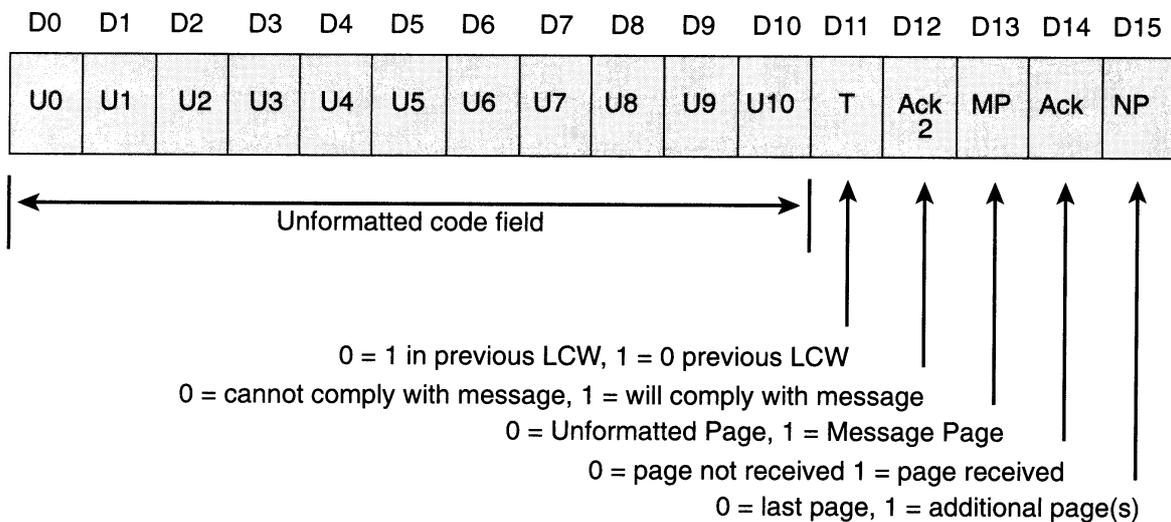
# Auto-Negociação

## Codificação da “Next Page - Message Page”



# Auto-Negociação

## Codificação da “Next Page - Unformatted Page”



# Gigabit Ethernet - Limitações das Máquinas

## Bus das máquinas

- [1980] PCs com bus ISA 16-bit / 8Mhz
  - tem uma capacidade de 64Mbps (1 ciclo Addr / 1 Data)
- [1990] WS e [1996] PCs com bus PCI 32-bit / 33MHz
  - tem uma capacidade de 1056Mbps (1 ciclo Addr / n Data)
- [2000] PCs e Workstations com bus PCI 64-bit / 33MHz
  - tem uma capacidade de 2112Mbps (1 ciclo Addr / n Data)

## Sistemas Operativos

- Desenhados com o objectivo de serem modulares, comprometem o desempenho e a latência

Capacidades observadas nos sistemas actuais (1997)  
são da ordem de 300 a 500 Mbps

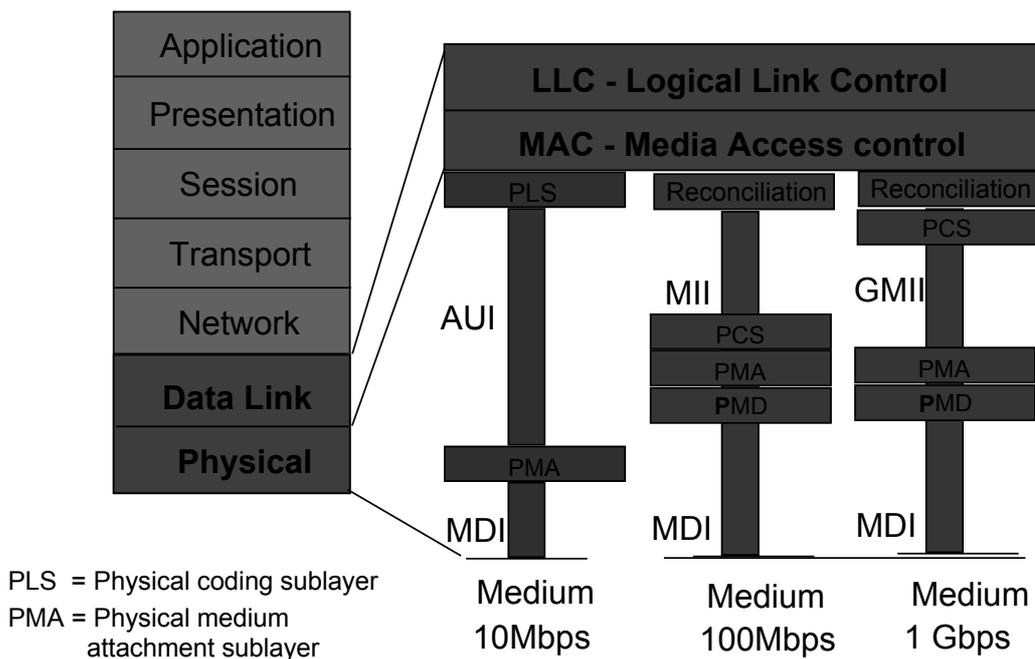


# Gigabit Ethernet - Alternativas

Topology	Objective	Modes	Media	Connection Applications
Switched	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High throughput</li> <li>• Long distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Full duplex</li> <li>• Half duplex</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimode</li> <li>• Singlemode</li> <li>• Copper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campus backbone</li> <li>• Building backbone</li> <li>• Wiring closet uplinks</li> <li>• Servers</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low cost</li> <li>• Short distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Half duplex</li> <li>“Classic repeater”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimode</li> <li>• Copper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servers</li> <li>• Desktops (long-term)</li> </ul>
Shared	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low cost</li> <li>• Long distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Full duplex</li> <li>“Buffered distributor”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimode</li> <li>• Copper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servers</li> <li>• Desktops (long-term)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low cost</li> <li>• Short distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Half duplex</li> <li>“Classic repeater”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multimode</li> <li>• Copper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servers</li> <li>• Desktops (long-term)</li> </ul>



# Comparação dos modelos *Ethernet*



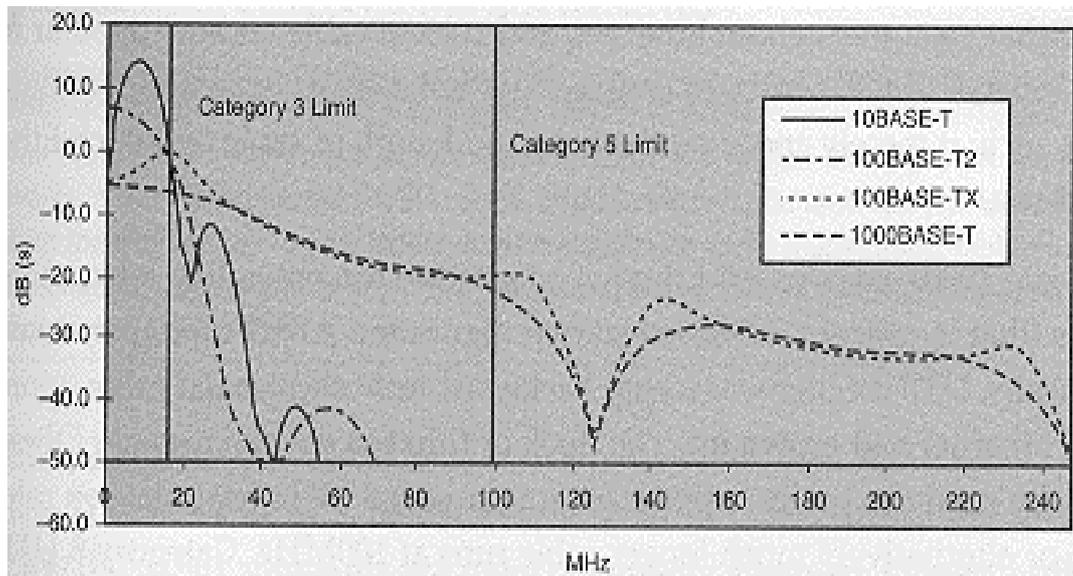
# Comparação das *Ethernet* n BASE T

Parameter	10BASET	100BASET	1000BASET
Transmission medium	Unshielded twisted pair	Unshielded twisted pair	Unshielded twisted pair
Signaling technique	Baseband (Manchester)	Baseband (4B5B MLT3)	Baseband (8B10B)
Date rate (Mbps)	10	100	1000
Maximum segment length (m)	100 (4 rep.)	100 (2 cl. II rep.)	100 (1 rep.)
Network span (m)	500	205	200
Nodes per segment	2	2	2
Node spacing (m)	*	*	*
Cable diameter (mm)	0.4-0.6	0.4-0.6	0.4-0.6
slotTime (bit times)	512	512	4096
interFrameGap (µs)	9.6	0.96	0.096
attemptLimit	16	16	16
backoffLimit	10	10	10
jamSize (bits)	32	32	32
maxFrameSize (octets)	1518	1518	1518 (burst 65536)
minFrameSize (octets)	64	64	64 (ext. 512)

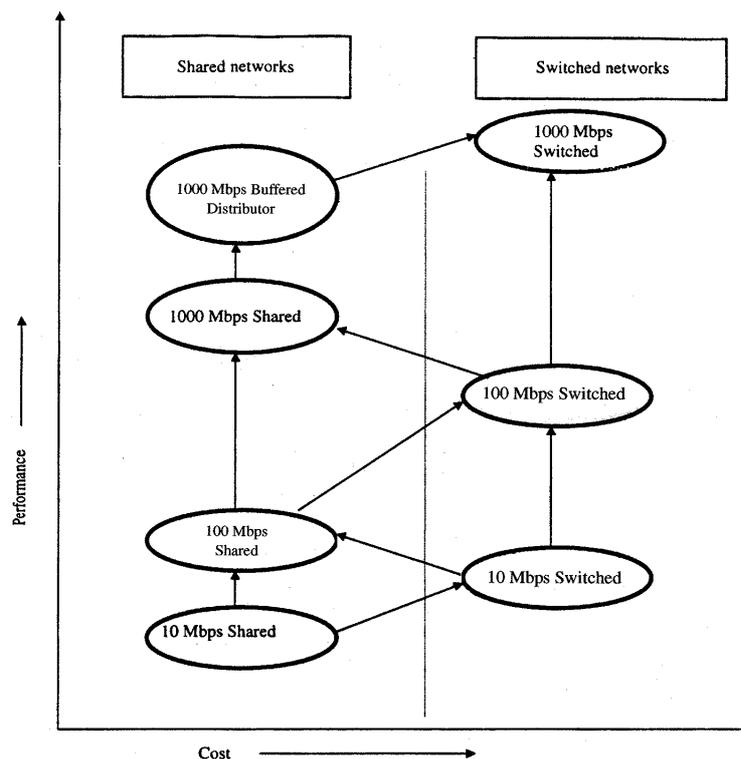


# Comparação das *Ethernet* n BASE T

## Espectros de frequência

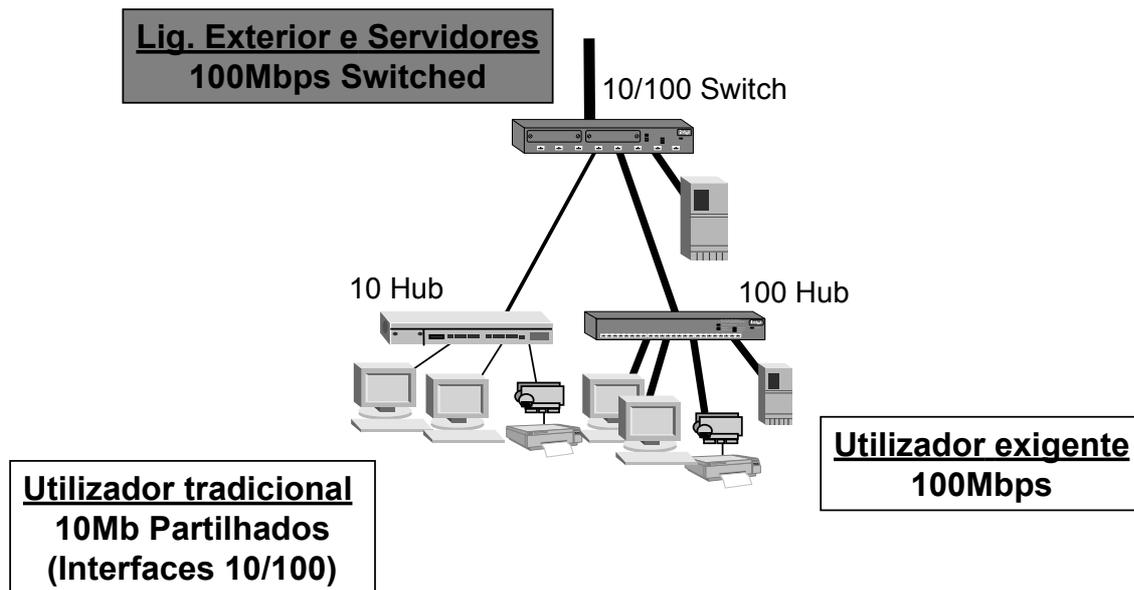


## Ethernet - Custo / Desempenho



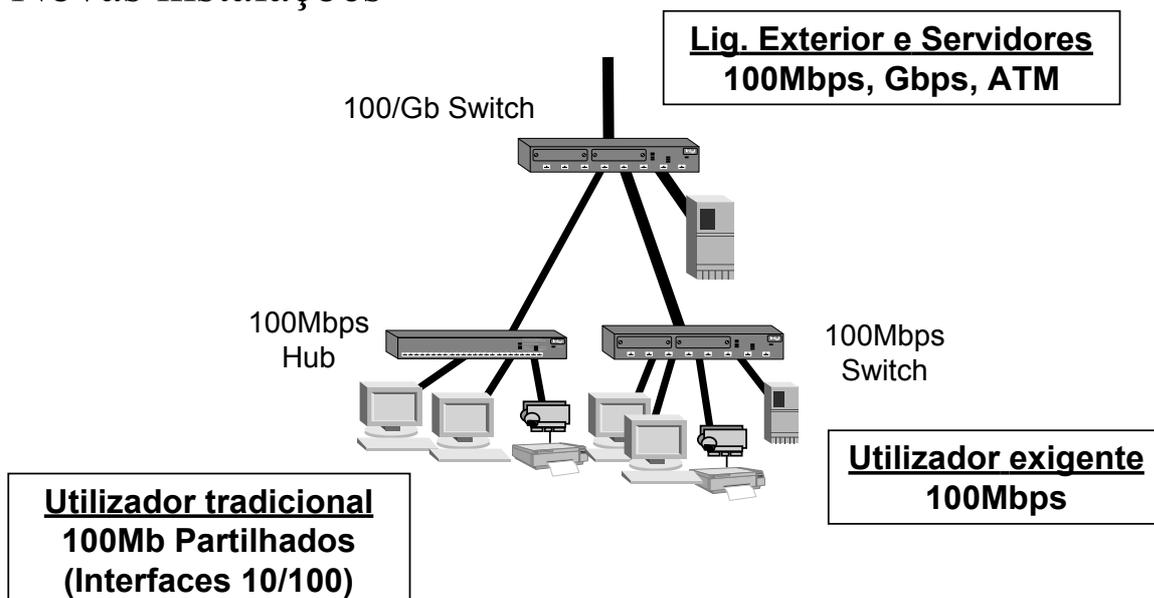
# Evolução das LANs (1)

Instalações existentes actualmente



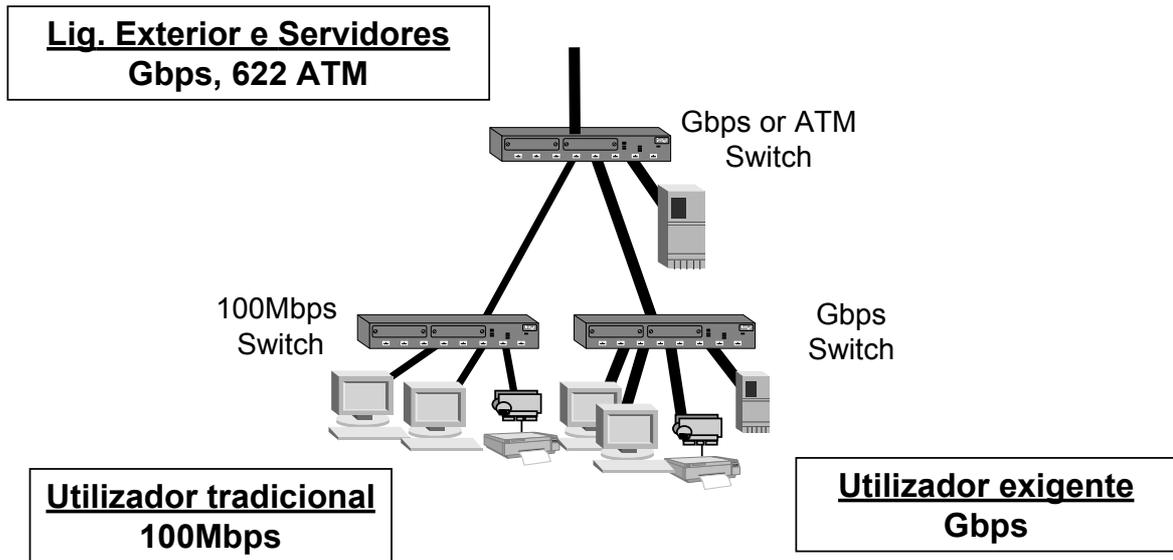
# Evolução das LANs (2)

Novas instalações



# Evolução das LANs (3)

## Futuro das Redes Locais



## Technology Cost Comparison

