



IE-309



Sistemas e Redes de Comunicações Ópticas Tecnologias de Transporte Digital

☞ *Passado, Presente e Futuro*
(PDH, SDH, Eth)



Save the humans. ↑
↑

Felipe Rudge Barbosa

rudge@dsif.fee.unicamp.br

www.dsif.fee.unicamp.br/~rudge/

LTF-DSIF
FEEC-Unicamp
BRASIL



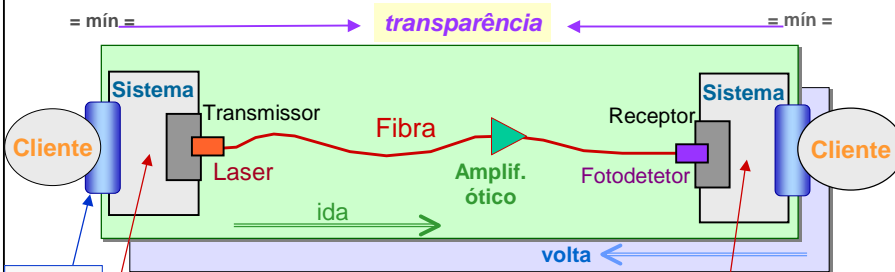
Redes Ópticas - Transporte



- ❖ **Objetivo** das redes de telecom é **transportar** informação;
 - o mais limpo e mais rapido possível;
 - com maxima confiabilidade, transparencia e livre de erros;
- ❖ **Fibras óticas** (e os **sistemas fotonicos**) são o **melhor** meio de transporte fisico;
 - interfaces com outros sistemas são sempre necessárias...
- ❖ Diferentes sistemas e seus protocolos precisam de **compatibilidade** para serem operacionais e eficazes;
- ❖ **Protocolos de transporte** em **sistemas analógicos e digitais** tem sido desenvolvidos ao longo de décadas, e continuam evoluindo!
...

➤ *Vejamos ...*

Enlace Óptico (revisitado..)



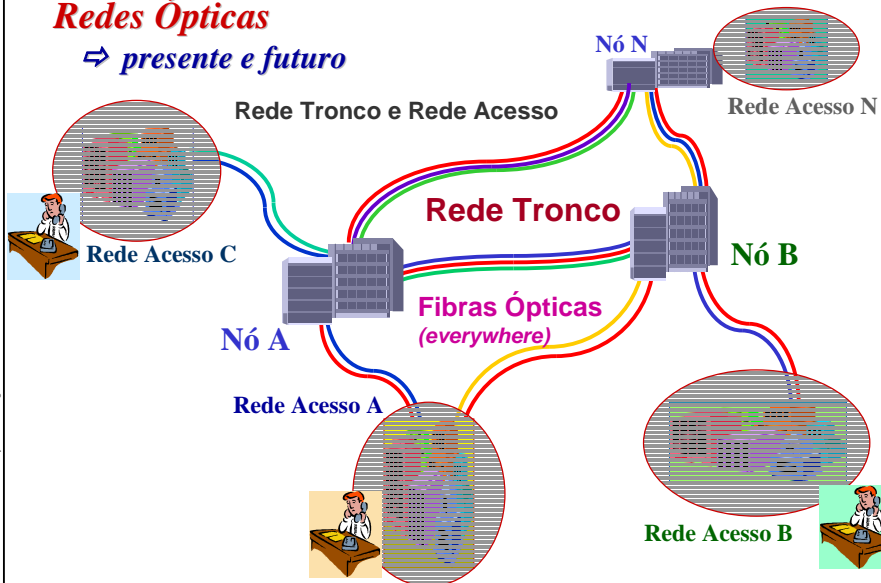
I.C. Interface Cliente

Sobre um enlace físico, é preciso haver um *sistema de transporte* utilizado na *transmissão de sinais* na *Rede Ótica*.

- * A *transparência* da rede (i.e., sensibilidade a taxa e formato) é maior no *backbone óptico* e diminui nas bordas do enlace; a fibra transporta qq. coisa.
- * Mas, um dado *sistema de transporte* pode ter dificuldade ou mesmo impossibilidade de conversar com outro.
- * Portanto são necessárias *interfaces padronizadas*.

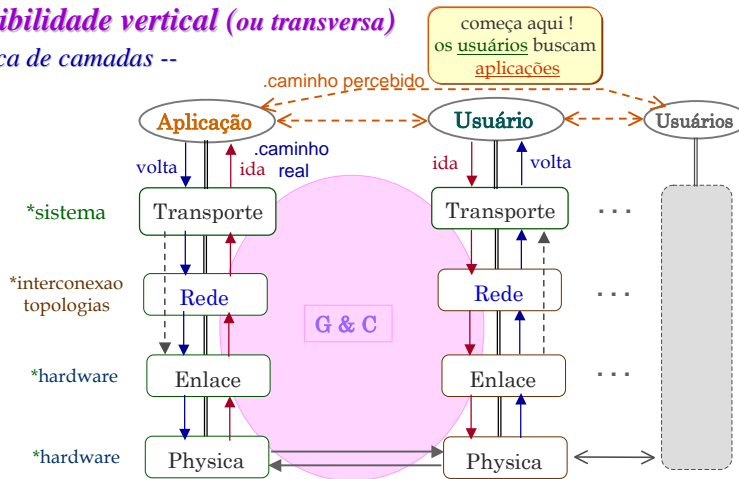
Redes Ópticas

⇔ presente e futuro



Compatibilidade vertical (ou transversa)

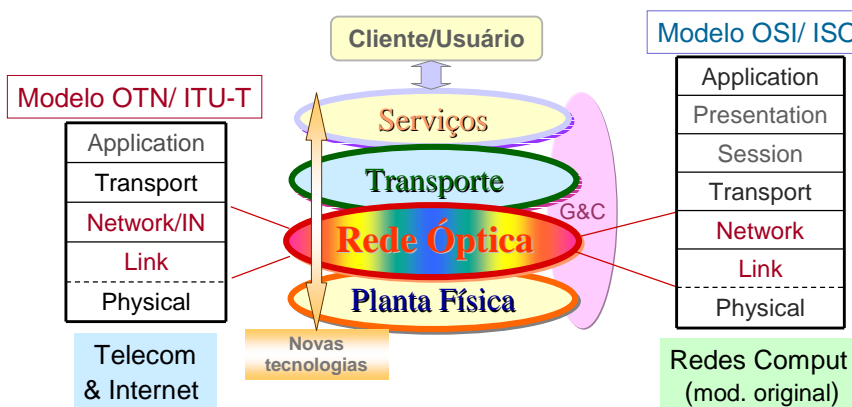
-- dinamica de camadas --



- => **Cliente/Aplicação** tratam de se interfacear com **Sistema de Transporte**;
- => Daí o **Sist. Transp.** trata de se interfacear com a "**Rede**", que tomará conhecimento dos **endereços** (origem/destino -- pra que o sinal não se perca!);
- => Daí, a "**Rede**", providencia **Roteamento, Enlaces, Conexões**, e o sinal vai embora (ida/volta!)

Compatibilidade vertical (ou transversa)

-- Padronização



- ☞ O objetivo das Redes de Comunicações é interconectar clientes e usuários; e a rede deve funcionar de modo transparente e ininterrupto.
- Padronizações (nas interfaces) são sempre necessárias.

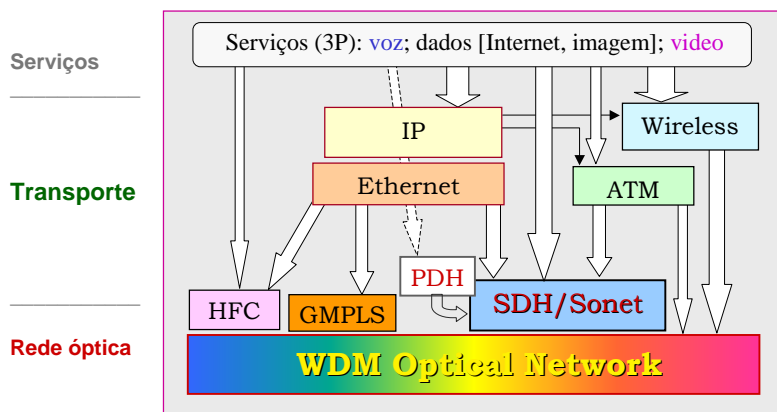
Camadas & Interfaces -- Importancia de Padronização

- Devido á **multiplicidade** de **idéias** e de **fabricantes**, sempre cada um achando que **a sua própria** é muito boa, talvez **a melhor**...
 - Torna-se necessário haver **padrões** (*standards*), a fim de que **equipamentos e sistemas** diferentes possam se **interconectar**...
 - Além disso, ao mudar de **local** ou **equipamento** os **usuários** não podem (não devem) ficar inoperantes ou incomunicáveis.
- ❑ Os **sistemas de padronização** visam especificar as **tecnologias** (sistemas e equipamentos) e as suas **interfaces**, para uso geral.
 - Assim, fabricantes e fornecedores podem explorar sua criatividade e suprir o **mercado** de modo amplo e permanente.
 - ❑ **Inovação e renovação** devem (na medida do possível) buscar **compatibilidade** com os sistemas em operação; qdo. não é possível ocorrem quebras de paradigma, que são **revoluções** (às vezes *guerra!*).
 - **Sistemas de Comunicação Ótica** representaram uma **revolução!**

>>>

Cenário Atual – **Redes Óticas**

*Cenário indicativo -- não exaustivo



=> Tudo sobre Redes Óticas !!

Protocolos de Transporte em **Redes Óticas** e outras (ontem e Hoje!)

- **Telecom** (telefonia e dados)
 - **PDH** – hierarquia digital plesiócrona (final 1970-1980-1990)
 - **SONET** -- rede ótica síncrona (meados 1980-1990-2000..)
 - **SDH** -- hierarquia digital síncrona (meados 1980-1990-2000..)
 - **ATM** – modo transferencia assíncrona (final 1980-2000..)

- **Redes Dados** (computadores/Internet)
 - **Ethernet**
 - TCP-UDP/ IP
 - e mais uma infinidade...

- **Redes Fônicas** (convergência!)
 - GMPLS e ASON
 - **OTN**

Evolução Capacidade – inicio..

Anos 1980 até hoje!

Plesiocronous Digital Hierarchy **PDH**

Digital Hierarchy Level	Hierarchical bit rates (kbit/s) for networks with digital hierarchy based on a first level bit rate of		
	1544 kbit/s	2048 kbit/s	
- 0 -	64	64	Hierarquia PDH escala quase 4x 2048 x4= 8192
1	1544	2048	
2	6312	8448	Tamanho do bit $L_b = v/B$ [E2=23,6 m] [E4=1,44 m]
3	32064	44736	
4	97728	139264	

↓ evoluem para
↓

SONET
SDH

ITU-T Recommendation G.702 -- PDH (1988) ; published as Fascicle III.4 of the *Blue Book* (1993); and ITU-T Recommendation G.704 -- PDH (1998)

Evolução Capacidade – tecnologias convergentes

The frame repetition rate is 8000 Hz (=125μs)

PDH	Taxa	Canais de Voz (*)
Sigla	(Mb/s)	
E-0	0,064	1
E-1	2,048	30
E-2	8,448	120
E-3	34,368	480
E-4	139,264	1920

(*) equivalência exata.

Ethernet	Taxa
Sigla	(Mb/s)
10 base T	10
Fast Eth	100
GbE	1 Gb/s
10 GE	10 Gb/s
100 GE	100 Gb/s

*1-transição histórica (meados 1980)

*2-união histórica ! (meados ~2006-2010)

SDH	SONET	Taxa	Canais Voz
Sigla	Sigla	(Mb/s)	(64k)
"STM 0"	OC-1	51,84	672 (810#)
STM-1	OC-3	155,52	1920
--	OC-9	466,56	
STM-4	OC-12	622,08	7680
STM-16	OC-48	2488,32 (2,5 Gb/s)	30720 (**)
STM-64	OC-192	9953,28 (10 Gb/s)	122880 (**)
STM-256	OC-768	39813,12 (40 Gb/s)	491520 (**)

(**) equivalência ilustrativa apenas.

(#) comunicação digital pura

Concatenação::

STM-1 pode ser constituído como:

* 1 E-4 = 1920 can. voz

* 4 E-3 = 1920 can. voz

* 63 E-1 = 1890 can. voz

Evolução Capacidade – tecnologias emergentes

The frame repetition rate is 8000 Hz (=125μs)

Ethernet	Taxa
Sigla	(Mb/s)
10 base T	10
Fast Eth	100
GbE	1 Gb/s
10 GE	10 Gb/s
100 GE	100 Gb/s

Frames Lineares

Ethernet	Novas
Taxa	Taxa
2,5 GbE	2,5 Gb/s
5 GbE	5 Gb/s
25 GbE	25 Gb/s
40 GE	40 Gb/s
400 GE	400 Gb/s

2012-2016

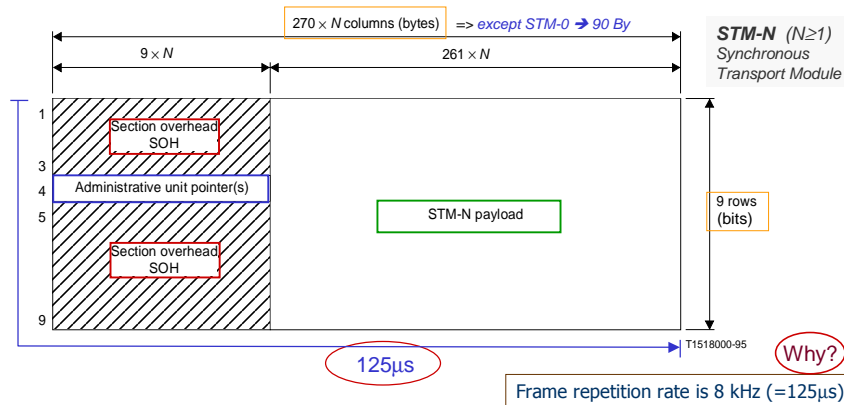
SDH	SONET	Taxa	Canais Voz
Sigla	Sigla	(Mb/s)	(64k)
"STM 0"	OC-1	51,84	672 (810#)
STM-1	OC-3	155,52	1920
--	OC-9	466,56	
STM-4	OC-12	622,08	7680
STM-16	OC-48	2488,32 (2,5 Gb/s)	30720 (**)
STM-64	OC-192	9953,28 (10 Gb/s)	122880 (**)
STM-256	OC-768	39813,12 (40 Gb/s)	491520 (**)

(**) equivalência ilustrativa apenas.

(#) comunicação digital pura

Frames Bidim-2D

Frame SDH -- ITU-T Recom. G.707 (rev. Jan.2007)

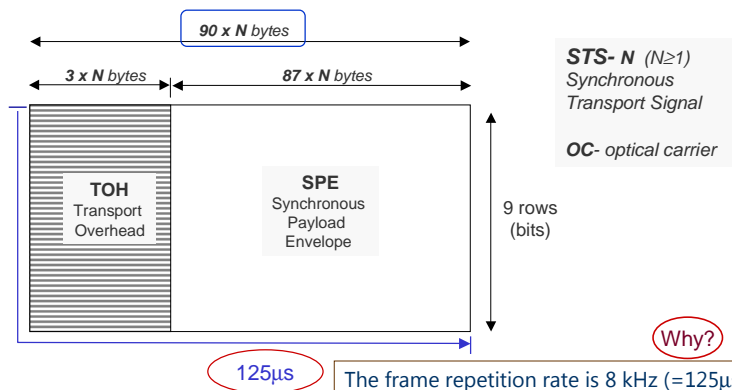


The STM frame is continuous and is transmitted in a serial fashion, byte-by-byte, row-by-row, taking a total time of 125μs. (which is the same basic transmission procedure of Sonet)

Tamanho de um container::

STM-16 => (270x16)=4320 ; 4320x9= 38880 bytes ; Header=1296 B; Payload=37584 B

Frame Sonet -- Synchronous Optical Network GR-253-CORE -- Telcordia (ex-Bellcore)



For STS-1, the frame is transmitted as **3 octets** of overhead, followed by **87 octets** of payload. This is repeated nine times over until 810 octets have been transmitted, taking 125 microseconds. Likewise for the higher hierarchies ($N > 1$).

Momento Histórico ... Canal de voz

Ref. : ITU-T Recom. G.120, 1998.

- A voz humana fica na faixa de 300 a 3500 Hz; portanto um bom canal telefonico precisa de uma banda de ~4 kHz (ida), incluindo **sinalização** e **guarda** (*cross-talk "zero"*); e para ida/volta simultanea (*full-duplex*), **8 kHz**;
- => portanto, cada canal de transmissão (canal de voz) ocupa um *slot* temporal de **125 μs**;
- ❖ Nos tempos da telefonia **analógica** (sinal contínuo, incompressível) um canal de voz ocupava **8 kHz**, (**125 μs**); na hierarquia digital **64 kHz** vira **64kb/s**; ... *como assim ?!*
- ❖ Quando começaram a surgir os **canais digitais**, eles tinham que se adequar à **Regra de Ouro de Telecom** -- ou seja, **compatibilidade** de novos sistemas com sistemas em operação (*as far as possible..*) ;
- Inicialmente o **canal de voz básico** é concatenado a partir de amostragem **8 kHz** (**8000 amostras p/seg**), em código binário 8 bits (dito *byte*), ocupa uma banda de transmissão de (8bits x 8kHz) = **64kb/s**;
- ❖ Seguindo a **Regra de Ouro**, as hierarquias PDH, **SDH/SONET** seguiram obedecendo o **time-slot de 125 μs** para transmissão dos seus quadros (*frames*), podendo assim conviver **harmonicamente** todos os sistemas;

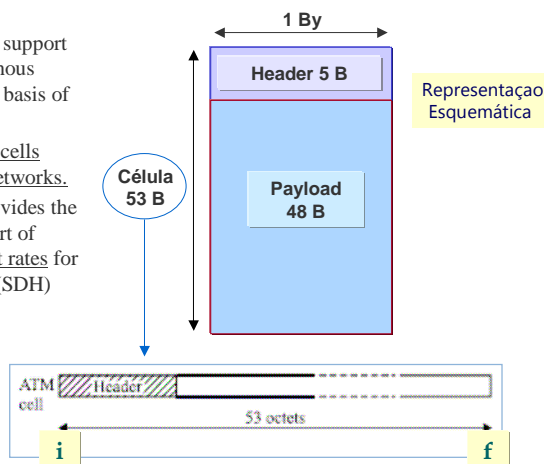
■ Frame ATM -- asynchronous transfer mode/module

ITU-T Recomm. I.361 -- *B-ISDN ATM layer specification* -- Feb/1999

ITU-T Recomm. G.804 -- *ATM cell mapping into PDH* -- Jun/2004

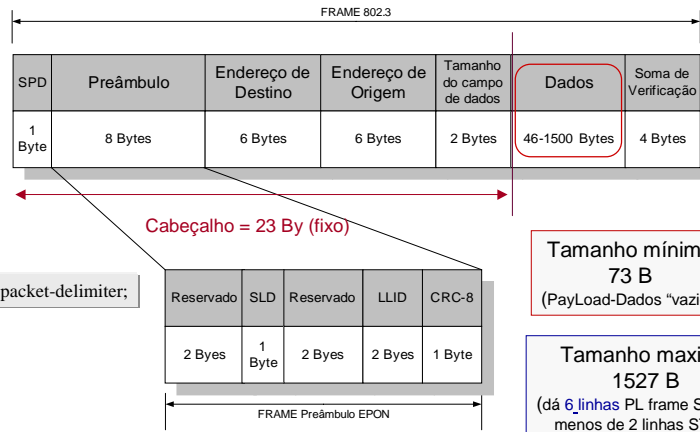
- ATM is a technique considered to support **B-ISDN** and beyond. The Synchronous Digital Hierarchy (**SDH**) forms the basis of transport of the ATM cells.
- A need remains to transport ATM cells using existing **PDH transmission networks**.
- This Recommendation (g.804) provides the mapping to be used for this transport of **ATM cells on the different PDH bit rates** for both 1544 (Sonet) and 2048 kbit/s (SDH) hierarchies.

Forma de linha
("real") ⇔
Transmissão:



Frame Ethernet ⇒ pacote com tamanho e duração variáveis !

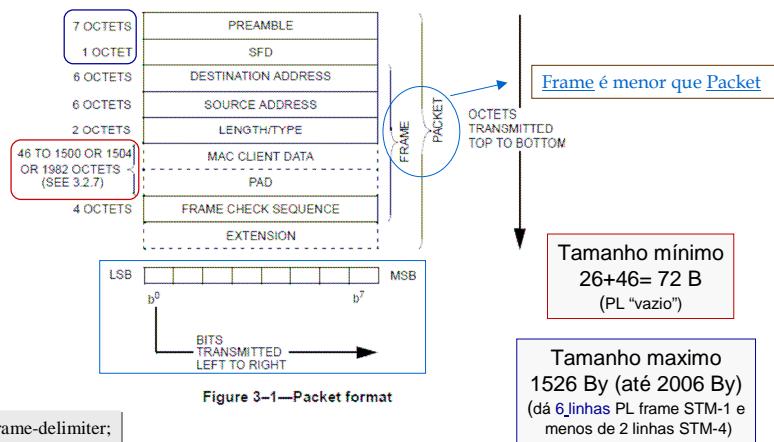
IEEE 802.3 -- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) – 2005 >>>...



Direitos Reservados – Blue Sky Consulting 2011-12

Frame Ethernet ⇒ pacote com tamanho e duração variáveis !

IEEE 802.3 -- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) – 2012



Direitos Reservados – Blue Sky Consulting 2011-12

IEEE 802.3 (CSMA-CD) MAC - Ethernet

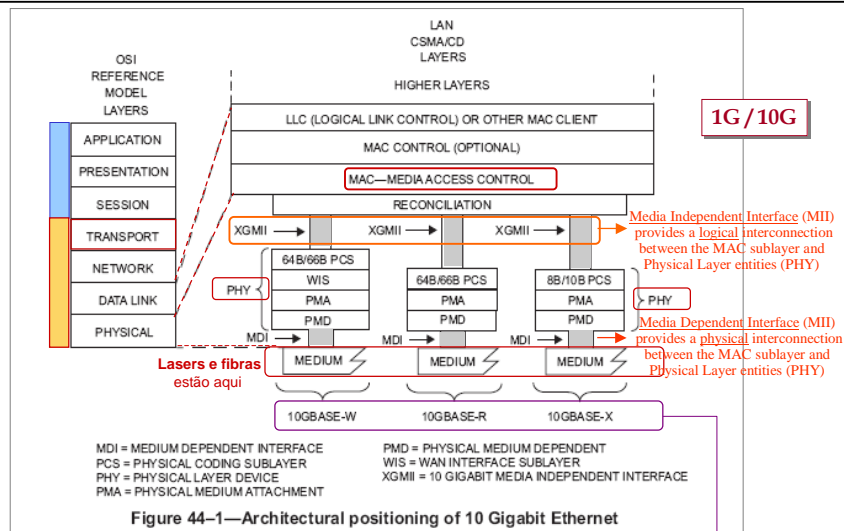
Some history... (sic from IEEE document)

- The Media Access Control (MAC) protocol specified in **IEEE Std 802.3** is Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD).
- ❑ this MAC protocol was included in the experimental Ethernet developed at Xerox Palo Alto Research Center.
- ❑ while the experimental Ethernet had a 2.94 Mb/s data rate, **IEEE Std 802.3-1985** specified operation at 10 Mb/s.
- **Since 1985** new media options, new speeds of operation, and new capabilities have been added to IEEE Std 802.3.
- Today, it has evolved to **optical 10G, 40G and 100G**, converging with **ITU-T**.

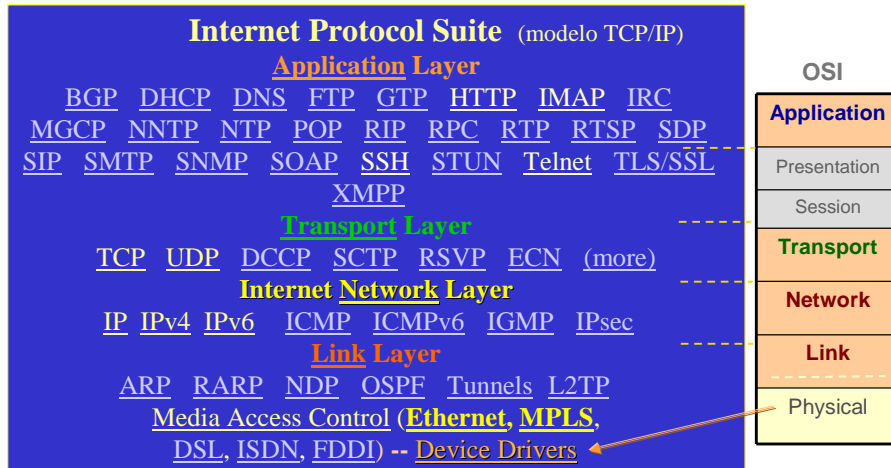
IEEE Std 802.3ba™-2010 -- Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications

- ❖ Amendment 4: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for **40 Gb/s** and **100 Gb/s** Operation.
- ❑ **ITU-T** publications are available from the *International Telecommunications Union*, Place des Nations, CH-1211, Geneva 20, Switzerland (<http://www.itu.int>).
- ❑ **IEEE** publications [<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/standards.jsp>]

IEEE Std 802.3 - 2012 - (Ethernet)



⇒ 10 Gigabit Ethernet couples the IEEE 802.3 (CSMA/CD) MAC to a family of 10 Gb/s Physical Layers. The relationships among 10 Gigabit Ethernet, the IEEE 802.3 (CSMA/CD) MAC, and the ISO Open System Interconnection (OSI) reference model are shown in Figure 44-1, above.



Fonte: Wikipedia

➤ **Fim**
 desta parte...



☞ "mergulharemos" a seguir em **Componentes** >>