Redes de Computadores

Departamento de Computação
Universidade Estadual de Londrina

Mario Lemes Proença Jr.

1

Referência do Autor

- Mario Lemes Proença Jr.
  - ✓ Universidade Estadual de Londrina
  - ✓ Departamento de Computação
  - ✓ E-mail : proenca@uel.br
  - ✓ Home page : http://proenca.uel.br
  - ✓ Telefone : (43) 3371-4678 (UEL)

- ✓ **Este Material não pode ser reproduzido ou distribuído sem autorização prévia e expressa do autor.**

2

Objetivos do Curso

- Aprender sobre Redes de Computadores
  1. Introdução a Redes
  2. Nível Físico
  3. Nível de Enlace
  4. Conceitos sobre *Internetworking*
  5. Nível de Rede
  6. TCP/IP.

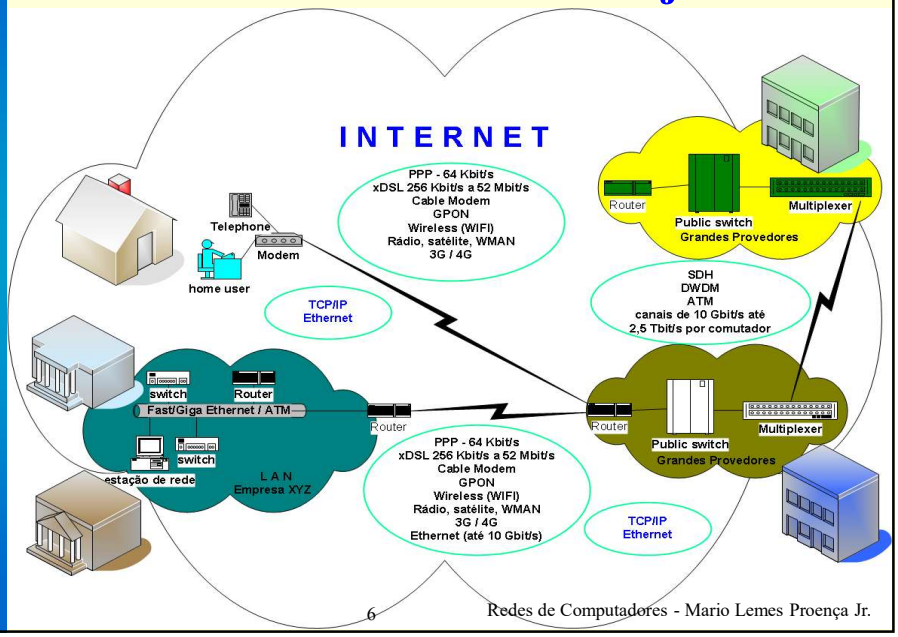
01 - INTRODUÇÃO

REDES

- ✓ As redes atualmente adquiriam uma importância tão grande para as empresas quanto os serviços de água, luz e telefonia.
- ✓ As redes se tornaram imprescindíveis para o funcionamento das empresas, elas devem ficar 24 horas em funcionamento.

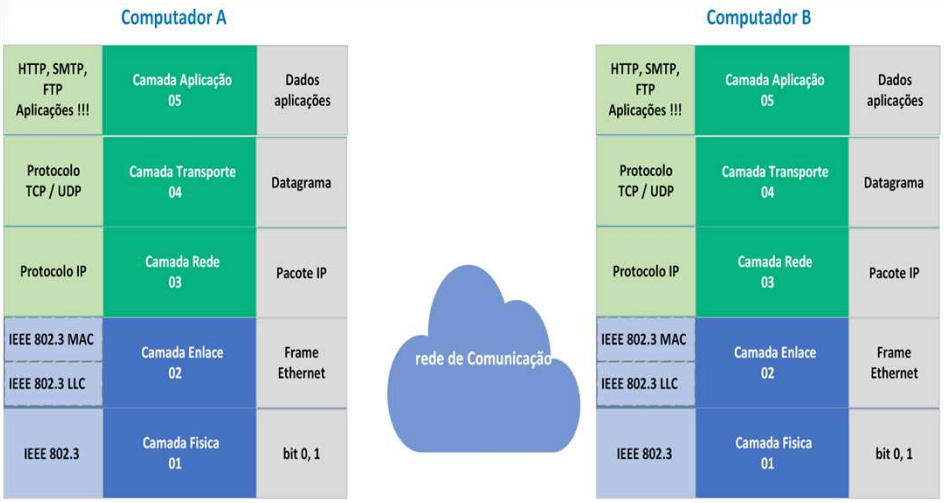
5

Redes e Internet Hoje



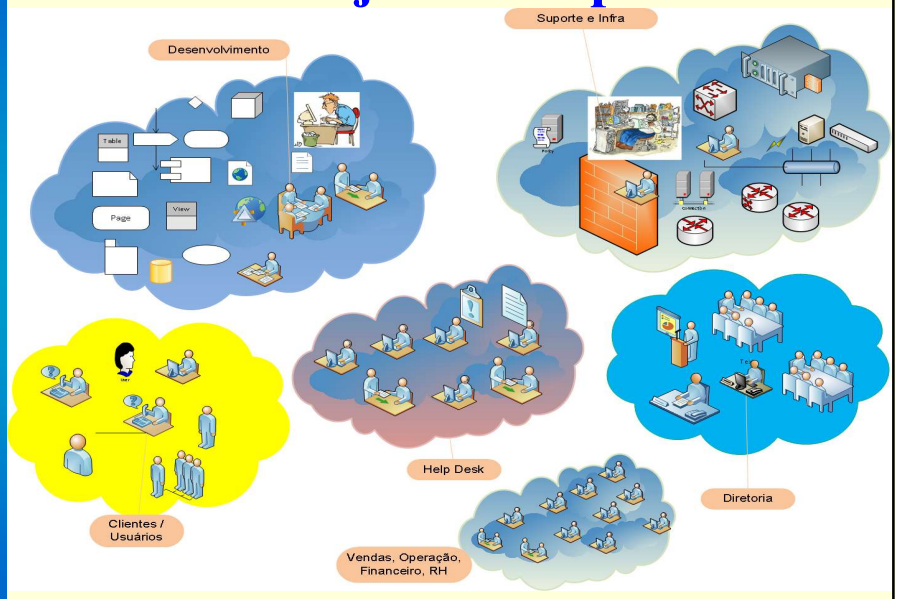
6

Redes e Internet Hoje



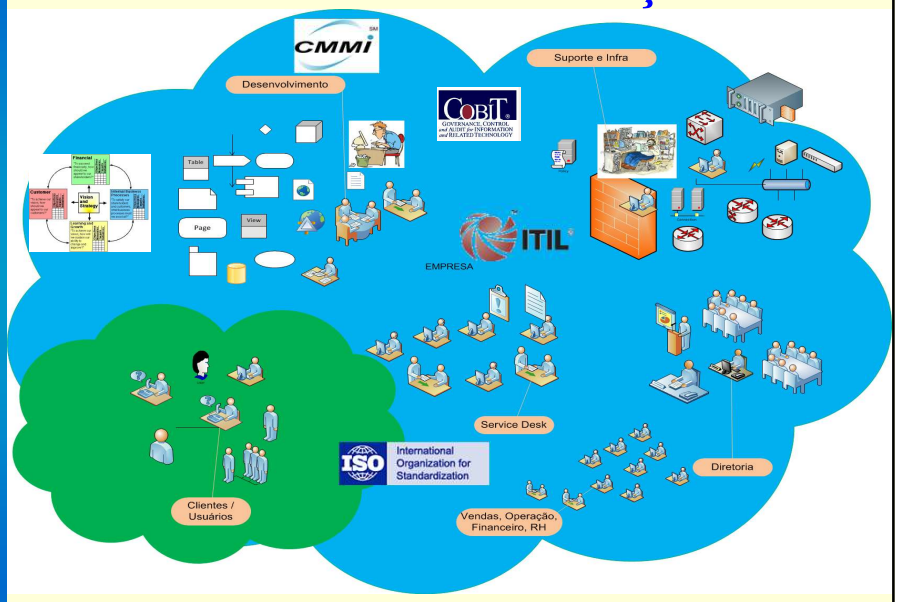
7

TIC Hoje nas empresas



8

TIC – Governança



9

REDES

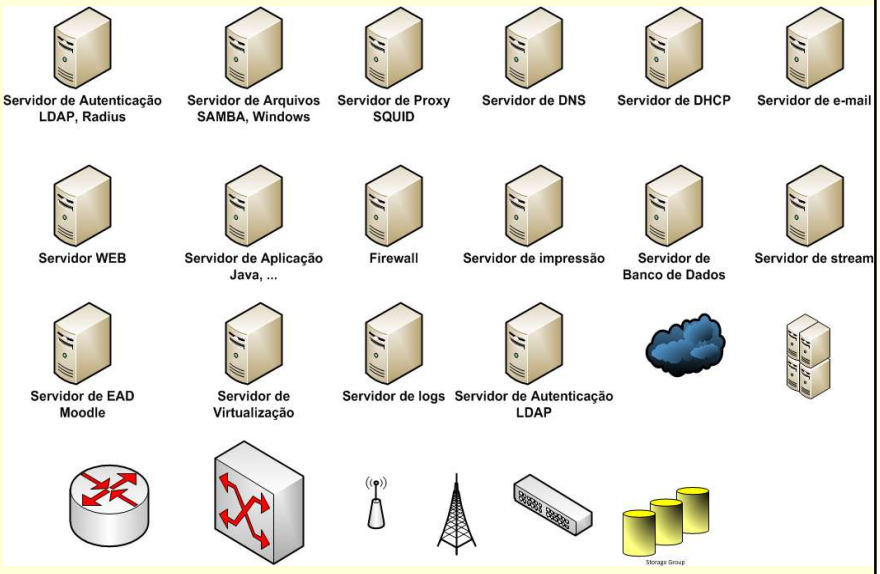
- Infraestrutura
  - Datacenter,
  - Servidores,
  - Switches,
  - Roteadores,
  - Access Point,
  - Ativos de TIC
    - Hardware e Software,
  - **Gerenciar e Administrar**
    - **Ativos de Rede**

10

REDES

- ✓ **Gerenciar 5 áreas (FCAPS) – controlar, gerir**
  - ✓ **<u>Configurar</u>: conjunto de operações necessárias para a inicialização, atualização, alteração e armazenamento da configuração dos equipamentos da rede.**
  - ✓ **<u>Falhas</u>: conjunto de operações responsáveis para localizar, isolar e corrigir se possível problemas ou falhas na rede.**
  - ✓ **<u>Performance</u>: conjunto de funções necessárias para o gerente de rede monitorar e analisar as atividades na rede,**
  - ✓ **<u>Contabilização de uso</u>: medições na rede visando estabelecer parâmetros quanto a utilização da rede,**
  - ✓ **<u>Segurança</u>: conjunto de funções que o gerente de rede deve executar, para identificar e proteger equipamentos e dados da rede.**

REDES – serviços básicos



REDES

- Entre os anos 70 e 90 a informática se baseava em computadores centralizados chamados mainframes. De 1970 a 1980 era dos Mainframes
- As redes de computadores surgiram da junção dos computadores com os meios de comunicações, elas podem ser definidas como um grande número de computadores interligados para cooperarem e fazerem o serviço em substituição aos antigos centros de computadores (*bureaus*).
- Computadores interligados que trocam informações através de um meio de comunicação guiado ou sem fio como: fibras ópticas, cabos metálicos, satélites, micro ondas, wi-fi.

REDES

- **Sistemas distribuídos** são formados por múltiplos computadores autônomos e transparentes ao usuário, que se comunicam por meio de uma rede de computadores. Eles interagem uns com os outros para atingir a um objetivo. Nestes sistemas os programas são executados em qualquer máquina sem que o usuário saiba ou faça algo para isto, o sistema se encarrega disto.

REDES

- **Redes de computadores** podem ser definidas como uma coleção de computadores autônomos interconectados através de algum meio de transmissão, onde cada usuário precisa dar um *login* explicito, dizer explicitamente onde os arquivos se encontram para a utilização.
  - Nós de comunicação autônomos

REDES

- As redes nos possibilitam vários benefícios como :
  - Compartilhar recursos de hardware e software
  - Possibilitar serviços distribuídos
  - Compartilhar informações
  - Economizar dinheiro
  - Servidor de Arquivo e de impressão
  - Poderoso meio de comunicação para as pessoas
  - Serviços : e-mail ao invés de telefone
  - Redes se popularizaram principalmente por oferecer uma relação de custo/benefício melhor em relação aos Mainframes e pelo grande avanço da micro informática

REDES

- A partir de 1990 novos serviços surgiram:
  - Home bank, catálogos on-line, Web, jornal on-line, videoconferência, vídeo on deman, jogos, compras via rede, e-comerce, dicionários on-line, Livrarias virtuais, home page de empresas, acesso à Internet durante vôo, e-mail, VoIP, peer-to-peer, busca de informações, comparação de preços etc...
- **Problemas Sociais: pornografia, Ética, hacker, segurança das informações**,
- Sistema telefônico começa a ser digitalizado na década de 90, no Brasil somente em 1998 as privatizações ocorreram.

REDES – Evolução constante

- Redes IP, Redes 10 Gigabit Ethernet, **40, 100, 200, 400 Gigabit Ethernet:**
  - **Avanços tecnológicos constantes.**
    - **Em desenvolvimento 800 Gigabit/s e 1.6 Terabit/s !**
    - **800 / 8 = 100 Gigabytes/s !!! (2026 a 2027 !!!)**
    - **1.600 / 8 = 200 Gigabytes !!! (2027 a 2028 !!!)**

REDES – Evolução constante

- Redes Wireless ou Redes Móveis
  - **Wifi IEEE 802.11**
    - **ax (6ª geração) (até 9,6 Gbit/s,**
    - **be (7ª geração)**
      - **Até 46 Gbit/s, frequência 2,4 5 e 6 GHz, canais até 320 MHz**
      - **Latência 0,1 milissegundo ? !**
    - **bn (8ª geração em desenvolvimento! 2028)**
  - Rede Celular
    - LTE (4G),
    - **5G (1 Gigabit/s), (1 milissegundo, até 1 Gbit/s)**
    - **6G (6ª geração redes móveis em desenvolvimento)**
      - ➢ **Até 1 Terabit/s**
      - ➢ **Latência menor que um 1 milissegundo**

REDES – Evolução constante

- **Novos serviços em rede a cada dia!!!**
  - *cloud computing*, redes sociais, *next generation analytics, social analytics, context computing,* **computação ubíqua ou onipresente ou pervasiva.**
  - NFC (Near Field Communication) pagamentos...

REDES – Internet das Coisas !

- **Internet das Coisas !**
  - ✓ **IoT (*Internet of Things*)**
  - ✓ **Tudo conectado !**
  - ✓ **M2M *Machine to Machine* é a tecnologia que permite *devices ou equipamentos* de rede trocarem informações e executarem ações sem intervenção humana.**
  - ✓ **Sistemas embarcados ligando objetos com capacidade de coletar e transmitir informações**

REDES – Internet das Coisas !

- **Internet das Coisas !**
  - **Sensores, Chips,**
  - **Health**
  - **Carros autônomos, carros voadores (Hyundai e Uber)**
  - **Casas**
  - **Prédios**
  - **Fechaduras, Portas**
  - **Ar condicionado**
  - **Geladeira, fogão, cafeteira**
  - **Lâmpadas (iluminação)**
  - **Geolocalização, Comportamentos**
  - **Robôs**

REDES – Internet das Coisas !

- **Internet das Coisas !**
  - ✓ **Agronegócio**
    - ✓ **Drones que mapeiam áreas**
    - ✓ **Aplicação de defensivos somente quando necessário**
      - ✓ **Controle de pragas adaptativo.**
    - ✓ **Informações de chuvas**
    - ✓ **Veículos autônomos**
    - ✓ **Solo úmido, trator operando,**
    - ✓ **Grãos, Carne,**
  - ✓ **Industria**
    - ✓ **Automação, robótica, chão de fábrica**
  - ✓ **Serviços**

REDES – Internet das Coisas !

- **Internet das Coisas !**
  - ➢ **Google home assistant**
  - ➢ **Amazon Alexa**

REDES – Internet das Coisas !

- **Protocolos e Arquiteturas de Redes**
  - ✓ **Wi-fi**
    - ✓ **IEEE 802.11ax, be, bn**
  - ✓ **Bluetooth**
  - ✓ **Zigbee**
    - ✓ **IEEE standard 802.15.4 for low-rate wireless personal area networks (WPANs) https://zigbeealliance.org/members/**
    - ✓ **Matter**
    - ✓ **Thread**
  - ✓ **NFC**
  - ✓ **5G, 6G**
  - ✓ **Ethernet**
  - ✓ **TCP/IP**

REDES – Internet das Coisas !

- **Internet das Coisas !**
  - ✓ **4,9 Bilhões de *devices* conectados em 2015**
  - ✓ **9 Bilhões de *devices* em 2020 !**
  - ✓ **15 Bilhões de devices em 2023!**
  - ✓ **20-22 Bilhões de devices em 2025 ! Previsão.**
  - ✓ **4,5 trilhões de dólares em investimentos**
  - ✓ **Será a 4ª revolução industrial ?**

REDES – Evolução constante

- Produtos
  - Smartphone
    - Dual-core
    - Quad-core, Octa-core
    - Telas 4 – 7 polegadas...resolução HD
  - Netbooks
  - Ultrabooks
  - Tablets
  - Fim dos HD tradicional ! Uso **SSD e NVM.2**
  - Baterias ! Problema ! Pesquisas !

Tendências Tecnológicas em Redes

- Serviços integrados (***triple play***)
  - voz, dados e vídeo integrados na mesma rede
  - A divisão tradicional entre rede de dados (Internet) e rede de voz (PSTN) está deixando de existir
  - As companhias telefônicas são os principais provedores de Internet
  - A tendência do mercado mundial de telecomunicações indica para integração total das duas áreas.
  - **REDES DE COMUNICAÇÃO DE DADOS**

Introdução – Tendências

- Serviços integrados
  - ✓ voz e dados integrados na mesma rede
  - ✓ A divisão tradicional entre rede de dados (Internet) e rede de voz (PSTN) não existe mais !!!
    - ✓ Convergência !
      - ✓ Telefonia, celular (3G, 4G, 5G, 6G)
    - ✓ Tudo em uma única Rede !
    - ✓ Rede de Comunicação de Dados
      - ✓ TCP/IP
      - ✓ Ethernet
      - ✓ 5G, 6G, IEEE 802.11 n, ac, ax, be, bn (wi-fi 5ª, 6ª, 7ª, 8ª geração)
      - ✓ **Redes Hibridas ! Compartilhamento e otimização dos recursos.**

Introdução – Tendências

- Serviços integrados
  - ✓ As companhias telefônicas são os principais provedores de Internet
  - ✓ As tendências do mercado mundial de telecomunicações indicam para integração total das duas áreas (Telefonia e Redes de Computadores).

Introdução – Tendências

- Serviços integrados
  - As novas gerações de redes de telecomunicações que começam a serem instaladas possibilitam:
    - Novos serviços surgirem em um ritmo muito mais rápido do que estamos acostumados
      - VoIP
      - Stream Video
      - Video on Demand (VoD)
      - Telemedicina
      - HDTV, UHDTV (2012 ITU)
        - **(3840x2160 4k) (7680x4320 8k)**
      - IPTV
      - Jogos em Rede pela Internet

Serviço	Banda requerida
Áudio MP3	32 – 320 Kbit/s
Videoconferência	128 a 384 kbit/s
DVD - MPEG2	5 Mbit/s
SD TV	5 Mbit/s
Full HD	10 Mbit/s
4k Ultra HD	15-30 Mbit/s
8K Ultra HD	60-100 Mbit/s

    - Muitos equipamentos estão surgindo em um curto espaço de tempo

Introdução – Tendências

- Serviços integrados (triple play ou quad)
  - Novos serviços surgirem em um ritmo muito mais rápido do que estamos acostumados
    - Chat agora não é só teclar é voz + vídeo + teclar
    - Acesso de casa + rápido (10, 50, 100, 200, 500, 1.000 Mbit/s GPON em alta, ADSL em retirada)
    - Biometria sendo mais e mais utilizada
      - Face, mão, assinatura, dedo, iris, fala, odor, (fingerprint)
    - E-mail para tudo = problema – muitas msg ... A pessoal manda e-mail para o colega que senta ao lado ou na frente.
      - Problemas mais comuns hoje e-mail: Phishing!
    - Internet das Coisas ! (Tudo conectado) 20-25 bilhões devices/2025.

Tendências Tecnológicas em Redes

- Área de redes está se tornando uma área de massa em vez de uma área de especialistas.
- A URL (*Uniform Resource Location*) **está/é** se tornando mais importante que o próprio telefone da empresa.
- Instalação de redes em lares não é mais novidade, são milhões em todos os lares ao redor do mundo.

Tendências Tecnológicas em Redes

Brasil

- **180 Milhões usuários de Internet**
- **Milhões de e-mails / dia**
- **250 milhões de telefones celulares**

Mundo

- **bilhões de e-mails por dia em média**
- **1 a 2 Bilhões de Sites**
- **4,5 bilhões de usuários de Internet**
- **7 a 8 bilhões de celulares**
- **8 bilhões de habitantes**

Tendências Tecnológicas em Redes

US and Worldwide Internet User Growth								
	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2021
US Internet Users (#M)	0.019	1.80	28.1	135	198	254	288	313
Worldwide Internet Users (#M)	0.021	2.13	45.1	430	1,094	2,030	2,890	4,758

Tendências Tecnológicas em Redes

	País	Pouplação 2024	Usuários de Internet 2024	**estimativas
1	China	1.425.000.000,00	1.050.000.000,00	74%
2	Índia	1.428.000.000,00	900.000.000,00	63%
3	Estados Unidos	332.000.000,00	310.000.000,00	93%
4	Indonésia	277.000.000,00	210.000.000,00	76%
5	Brasil	216.000.000,00	180.000.000,00	83%
6	Nigéria	223.000.000,00	160.000.000,00	72%
7	Japão	125.000.000,00	120.000.000,00	96%
8	Rússia	144.000.000,00	110.000.000,00	76%
9	México	127.000.000,00	100.000.000,00	79%
10	Paquistão	240.000.000,00	95.000.000,00	40%
11	Alemanha	84.000.000,00	80.000.000,00	95%
12	Filipinas	114.000.000,00	75.000.000,00	66%
13	Vietnã	100.000.000,00	70.000.000,00	70%
14	Reino Unido	68.000.000,00	65.000.000,00	96%
15	França	65.000.000,00	60.000.000,00	92%
16	Turquia	85.000.000,00	58.000.000,00	68%
17	Coreia do Sul	52.000.000,00	50.000.000,00	96%
18	Egito	109.000.000,00	48.000.000,00	44%
19	Itália	59.000.000,00	46.000.000,00	78%
20	Espanha	47.000.000,00	42.000.000,00	89%
		População Mundo	Usuários Internet Mundo	**estimativas
	c	8.100.000.000,00	5.200.000.000,00	64%

Tendências Tecnológicas em Redes

	País	Pouplação 2024	Usuários de Internet 2024	**estimativas
1	China	1.459.000.000,00	1.100.000.000,00	75%
2	Índia	1.440.000.000,00	750.000.000,00	52%
3	Estados Unidos	340.000.000,00	320.000.000,00	94%
4	Indonésia	277.000.000,00	230.000.000,00	83%
5	Brasil	217.000.000,00	170.000.000,00	78%
6	Nigéria	223.000.000,00	135.000.000,00	61%
7	Rússia	144.000.000,00	130.000.000,00	90%
8	México	128.000.000,00	110.000.000,00	86%
9	Japão	123.000.000,00	105.000.000,00	85%
10	Paquistão	240.000.000,00	95.000.000,00	40%
11	Filipinas	117.000.000,00	90.000.000,00	77%
12	Egito	112.000.000,00	85.000.000,00	76%
13	Vietnã	99.000.000,00	80.000.000,00	81%
14	Alemanha	83.000.000,00	80.000.000,00	96%
15	Turquia	85.000.000,00	75.000.000,00	88%
16	Irã	89.000.000,00	72.000.000,00	81%
17	Reino Unido	68.000.000,00	70.000.000,00	103%
18	França	65.000.000,00	65.000.000,00	100%
19	Bangladesh	172.000.000,00	70.000.000,00	41%
20	Tailândia	72.000.000,00	65.000.000,00	90%
		População Mundo	Usuários Internet Mundo	**estimativas
	g	8.045.000,00	5.600.000,00	70%

Tendências Tecnológicas em Redes

U.S. and Worldwide PC Market Growth http://www.etforecasts.com (03/2015)										
	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
U.S. PC Sales (#M)	0.04	0.76	6.6	9.5	21.4	46.0	62.0	83.8	122	140-150
U.S. PC Revenues ($B)	0.05	1.5	17.2	24.5	56.8	86.9	90.5	84.0	93	95-100
U.S. PC Installed Base (#M)	0.04	1.4	19	51	86	177	234	296	392	450-470
Worldwide PC Sales (#M)	0.05	1.1	11	24.2	70.1	132	207	325	517	600-630
Worldwide PC Revenues ($B)	0.06	3.6	29.5	71.3	155	251	301	321	383	400-420
Worldwide Installed Base (#M)	0.05	2.1	33	100	225	529	910	1,415	2,165	2,4 – 2,5

Tendências Tecnológicas em Redes

Internet Access Device Scenario: 2010 - – http://www.etforecasts.com

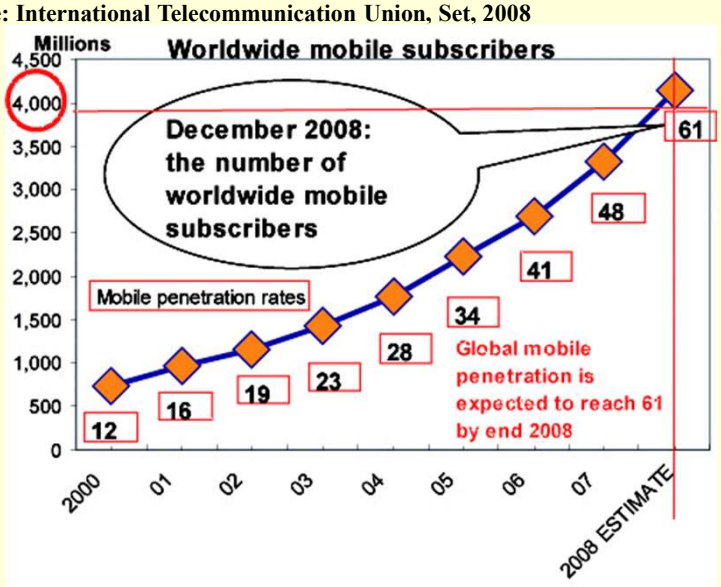
USA	Worldwide
1. Over 250M Internet users 2. Over 290M PCs in use 3. Over 75% of office workers will use PCs at work 4. Over 80% of households will have PCs 5. There will be over 400M web devices in use 6. Over 60% of workers will use web cell phones and web devices at home and at work	1. Over 2B Internet users 2. Over 1.4B PCs in use 3. Over 45% of office workers will use PCs at work 4. Nearly 25% of households will have PCs 5. There will be over 2.5B web devices in use 6. Over 20% of office workers will use web cell phones and web devices at home and at work

Internet Access Device Scenario: 2015 - http://www.etforecasts.com

USA	Worldwide
1. In 2015 there will be over 288M Internet users 2. In 2015 there will be over 336M PCs in use 3. Over 80% of office workers use PCs 4. Over 95% of households will have PCs 5. There will be over 330M cell phones in use 6. There will be 196M wireless Internet users	1. In 2015 there will be over 2.8B Internet users 2. In 2015 there will be over 1.95B PCs in use 3. Over 65% of office workers use PCs 4. Over 50% of households will have PCs 5. There will be over 5.5B cell phones in use 6. There will be 1.85B wireless Internet users

Tendências Tecnológicas em Redes

- Fonte: International Telecommunication Union, Set, 2008



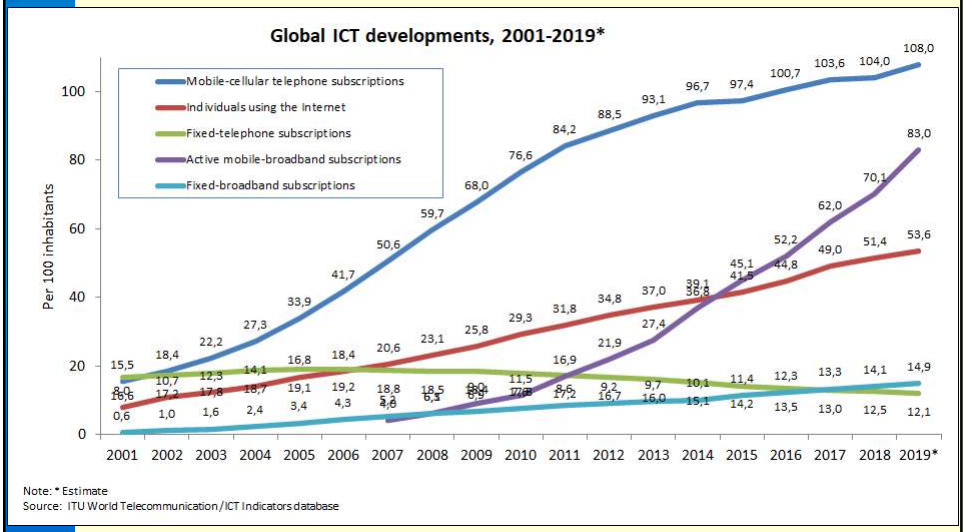
Tendências Tecnológicas em Redes

- Indicadores mundiais de serviço de telecomunicações disponíveis pelo ITU

http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/default.aspx

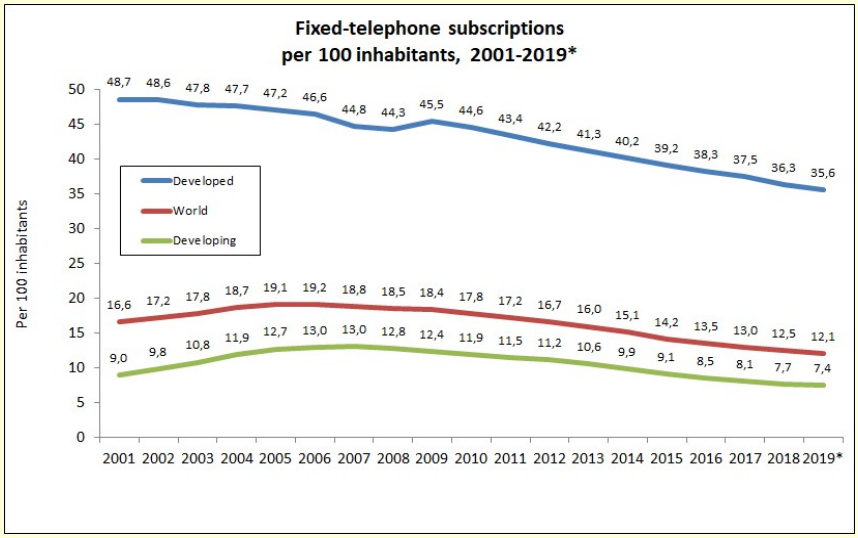
41

Tendências Tecnológicas em Redes



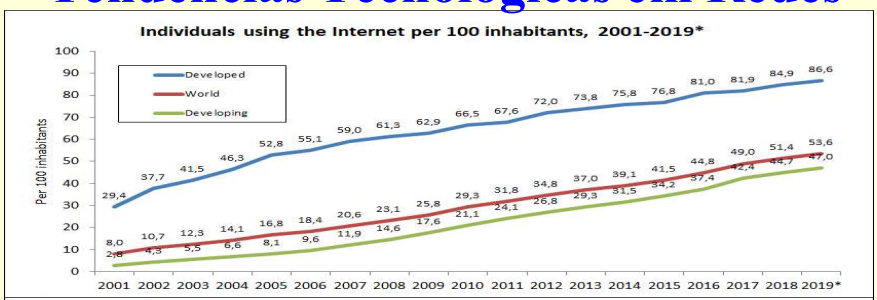
42

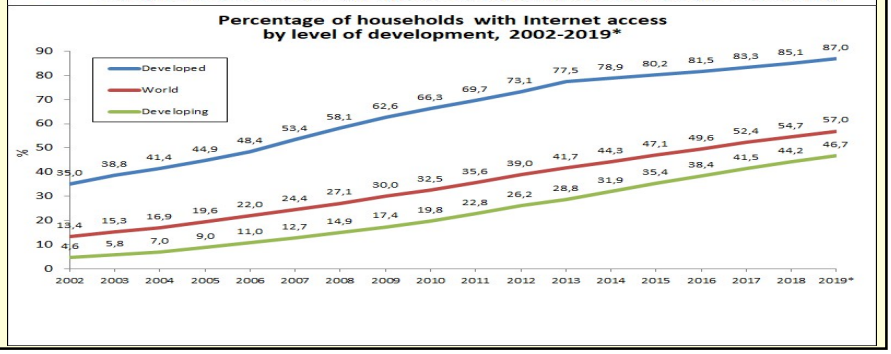
Tendências Tecnológicas em Redes



43

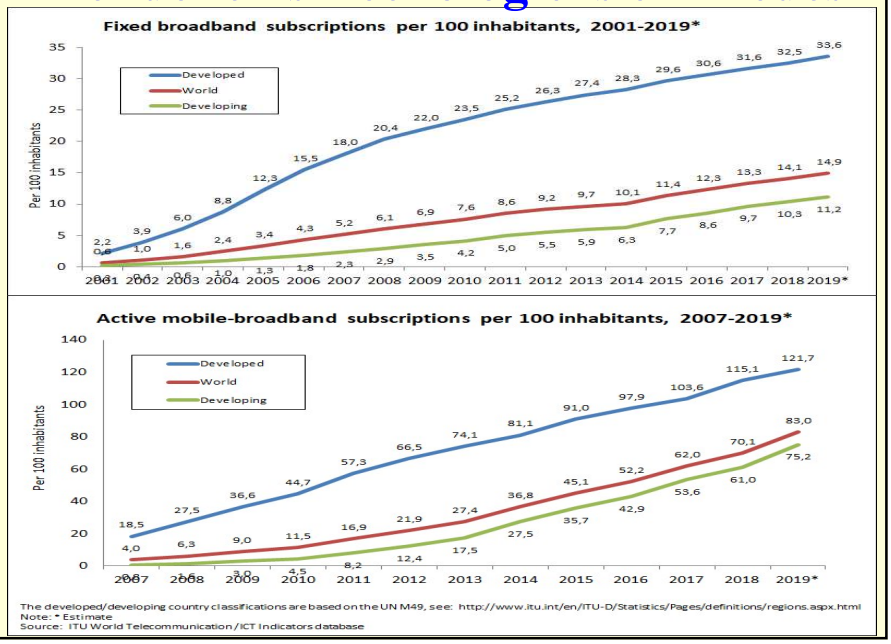
Tendências Tecnológicas em Redes





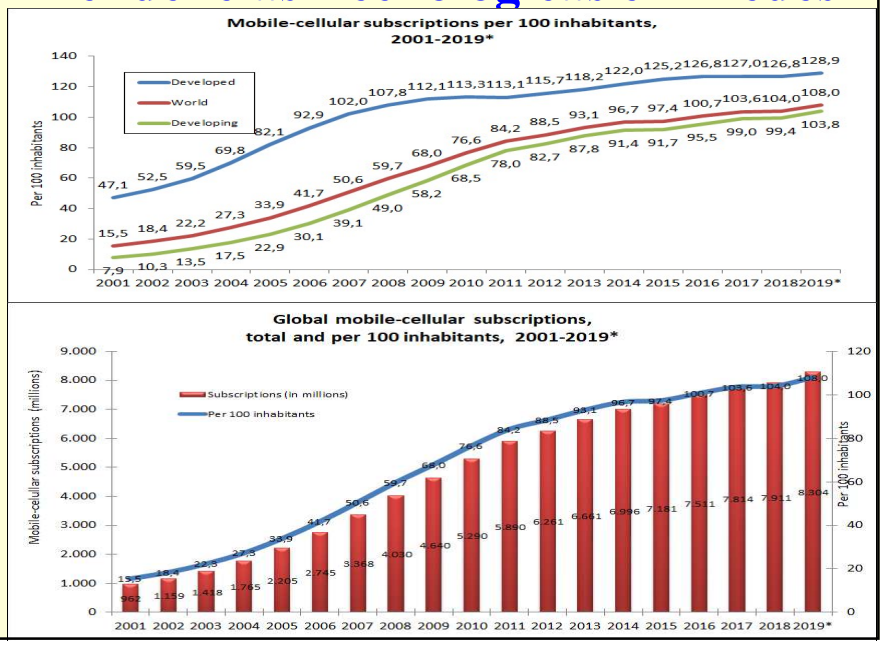
44

Tendências Tecnológicas em Redes



45

Tendências Tecnológicas em Redes



46

Tendências Tecnológicas em Redes

- **Fonte:** www.teleco.com.br, Fonte: UIT, Wireless Intelligence e GSA/Informa

Ranking	País	2006	2007	2008	2009	2010	?Ano
1	China	461	547	641	747	859	15,0%
2	Índia	149*	234*	347*	525	752	43,2%
3	EUA	233	255	270**	286	302	5,6%
4	Rússia	152	173	188	208	215	3,4%
5	Indonésia	-	-	141	159	220***	38,4%
6	Brasil	100	121	152	174	203	16,6%
7	Japão	101	105	110	115	121	5,0%

Tendências Tecnológicas em Redes

List of countries by number of broadband Internet subscriptions
fonte wikipedia 03/03/2021

Country or area	Fixed wired internet subscriptions Number[4]	Rank	%[5]	Rank	Mobile cellular subscriptions Number[6]	Rank	%[7]	Rank
China	378,540,000	1	26.86	43	1,474,097,000	1	104.58	105
United States	109,838,000	2	33.85	24	395,881,000	4	122.01	65
Japan	40,390,640	3	31.68	28	170,128,499	7	133.45	36
Germany	33,217,000	4	40.45	10	106,000,000	15	129.09	45
Russian Federation	30,872,788	5	21.44	54	227,341,873	6	157.89	12
Brazil	28,670,016	6	13.70	74	236,488,548	5	113.00	90
France	28,429,000	7	43.75	5	69,017,000	22	106.21	99
United Kingdom	26,015,818	8	39.31	13	79,173,658	20	119.63	74
South Korea	21,195,918	9	41.58	9	63,658,688	23	124.86	55
India	17,856,024	10	1.33	126	1,186,902,277	2	87.28	128
Mexico	17,131,820	11	13.26	75	114,326,842	14	88.51	126
Italy	16,586,376	12	27.94	39	83,871,543	19	141.29	26
Spain	14,473,888	13	31.22	30	52,484,655	28	113.22	89
Canada	13,922,504	14	38.01	15	31,458,600	43	85.90	131
Turkey	11,924,905	15	14.77	70	77,800,170	21	96.35	116
Viet Nam	11,269,936	16	11.80	81	120,016,181	12	125.62	53
Iran	10,057,769	17	12.39	79	87,106,508	18	107.32	96
Thailand	8,208,000	18	11.89	80	121,530,000	11	176.03	6
Australia	7,923,000	19	32.40	27	27,553,000	47	112.69	91
Argentina	7,870,222	20	17.78	64	61,897,379	26	139.81	28
Bangladesh	7,296,000	21	4.43	106	145,113,669	8	88.12	127
Netherlands	7,210,800	22	42.33	7	20,532,000	55	120.52	72
Poland	7,053,333	23	18.48	61	49,828,596	30	130.54	43
Colombia	6,318,936	24	12.88	76	62,222,011	25	126.81	49
Indonesia	6,044,712	25	2.29	121	458,923,202	3	173.84	7
Taiwan	5,713,568	26	24.18	49	28,777,408	44	121.80	67
Ukraine	5,239,743	27	12.55	78	55,714,733	27	133.49	35
Egypt	5,223,311	28	5.35	105	102,958,194	16	105.54	102
Romania	4,780,000	29	24.29	48	22,550,000	54	114.59	85
Belgium	4,378,973	30	38.31	14	11,961,089	74	104.65	104
Switzerland	3,850,000	31	45.42	3	11,292,000	78	133.22	37
Greece	3,778,263	32	33.86	23	12,937,106	70	115.93	84
Sweden	3,735,884	33	37.70	16	12,435,709	72	125.48	54

Tendências Tecnológicas em Redes

- **xDSL– 217.000.000 de assinantes em 2006 no mundo**
  - **Brasil em 2006 aproximadamente 3,8 milhões de usuários**
  - **Aprox. 7 a 9 milhões em 2008/2009**

Countries with more than one million DSL subscribers
30 June 2006

Ranking	Country	Total DSL Q2 2006	Ranking	Country	Total DSL Q2 2006
1	China	33,305,000	12	Canada	3,570,500
2	USA	23,174,650	13	Australia	2,686,200
3	Japan	14,861,686	14	Netherlands	2,656,000
4	Germany	11,675,000	15	Mexico	2,087,931
5	France	11,082,000	16	Turkey	2,080,457
6	UK	8,718,329	17	India	1,537,000
7	Italy	7,190,300	18	Poland	1,534,955
8	South Korea	6,376,294	19	Sweden	1,432,800
9	Spain	4,582,700	20	Belgium	1,385,906
10	Taiwan	3,835,000	21	Switzerland	1,253,000
11	Brazil	3,796,600	22	Finland	1,136,000

Source: Data provided for the DSL Forum by Point Topic (www.point-topic.com)

Tendências Tecnológicas em Redes

Conexões Banda Larga no Brasil (fonte: www.teleco.com.br 07/2016)														
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ADSL	526	993	1.907	3.152	4M	5M	7M	7M	8M	10M	12M	13M	13M	13M
TV assinatura (Cabo)	135	203	342	629	1.200	1.753	2.589	3.132	3,8M	4,7M	6M	6M	7M	8M
Fibra												0,6M	0,9M	1,2M
Ethernet, rádios, . . .														
Total Brasil	692	1.236	2.299	3.856	5.656	7.718	10.010	11.380	13.799	18.148	18.976	22M	23M	25M

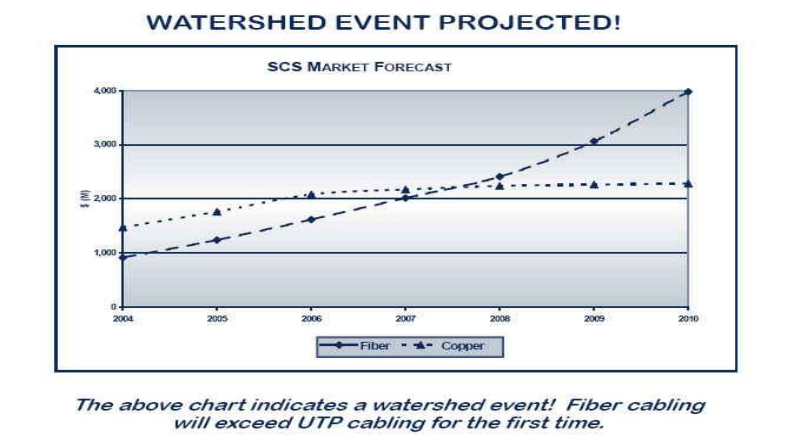
Tendências Tecnológicas em Redes

Conexões e Assinantes Brasil (fonte: www.teleco.com.br 07/2016)

Milhões	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Telefones Fixos	39,2	39,6	39,8	38,8	39,4	41,3	41,5	42,0	43,0	**44,3**	44,9	**45**	**43**
Celulares	46,4	65,6	86,2	99,9	121,0	150,6	174,0	202,9	242,2	**261,8**	**271,1**	**280**	**257**
TV por Assinatura	3,6	3,9	4,2	4,6	5,3	6,3	7,5	9,8	12,7	**16,2**	**18,0**	**19,6**	**19,1**
Banda larga	1,2	2,3	3,9	5,7	7,7	10,0	11,4	13,8	16,3	**17,0**	**21,2**	**24**	**25,5**
Usuários de Internet	-	-	32,1	32,5	39,0	62,3	67,5	73,9	77,7	84,2	85,6	94,2	

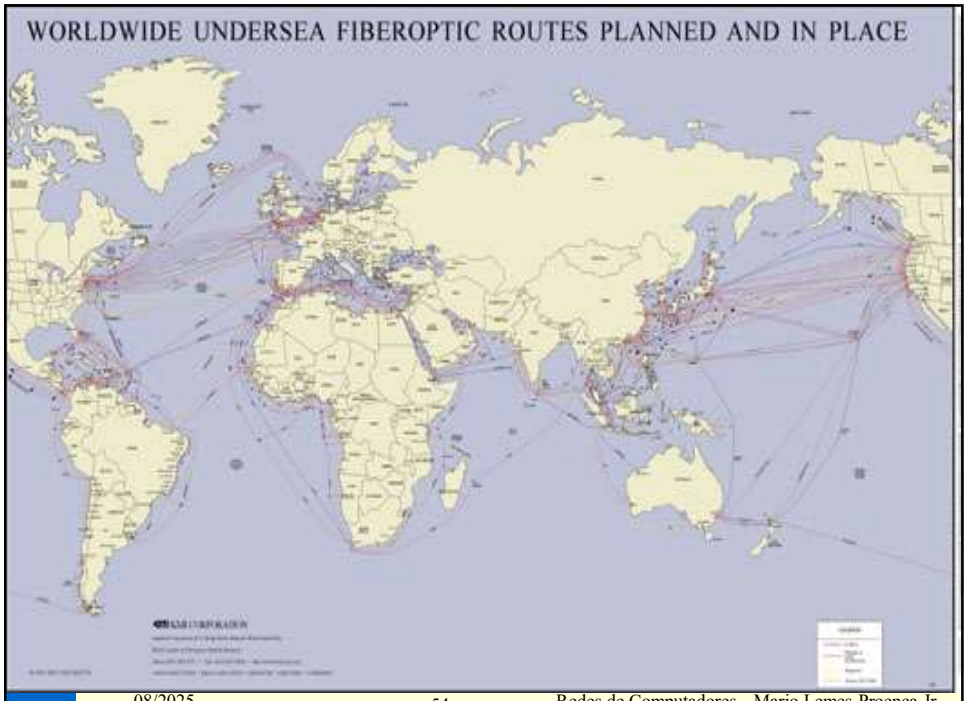
Tendências Tecnológicas em Redes

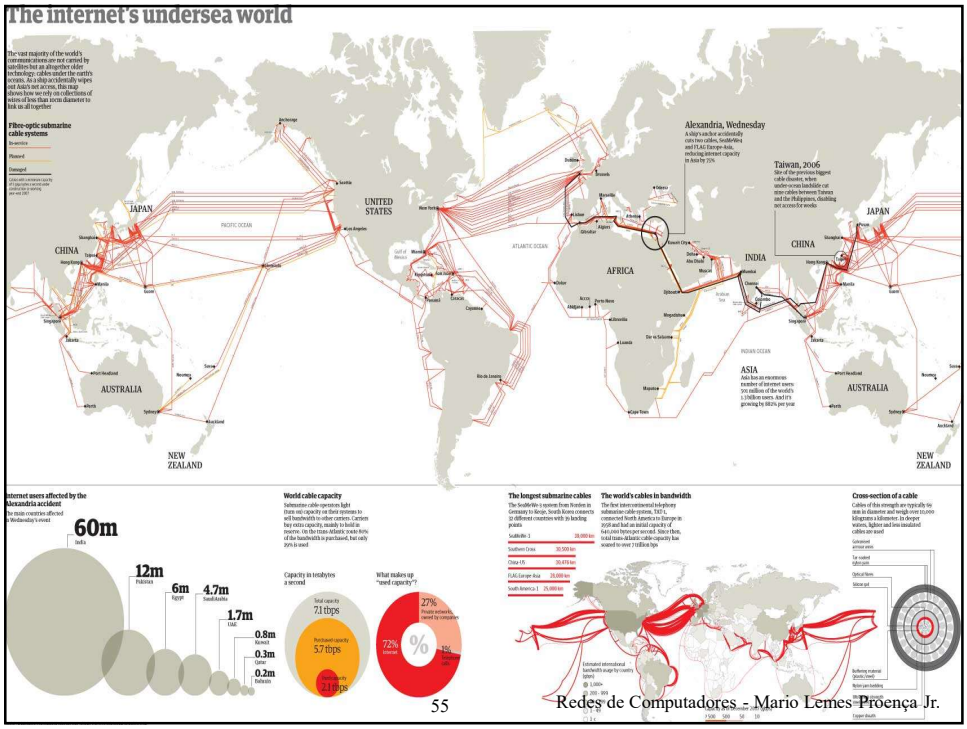
- **Fibra ótica deverá superar cabeamento metálico em 2008. Fiber-to-the-Desk (FTTD)**



Tendências Tecnológicas em Redes

- **Cabeamento submarino, já é responsável por mais que 10 x o tráfego via satélite, totalizará mais de 56 Bilhões em investimentos até o ano 2003**



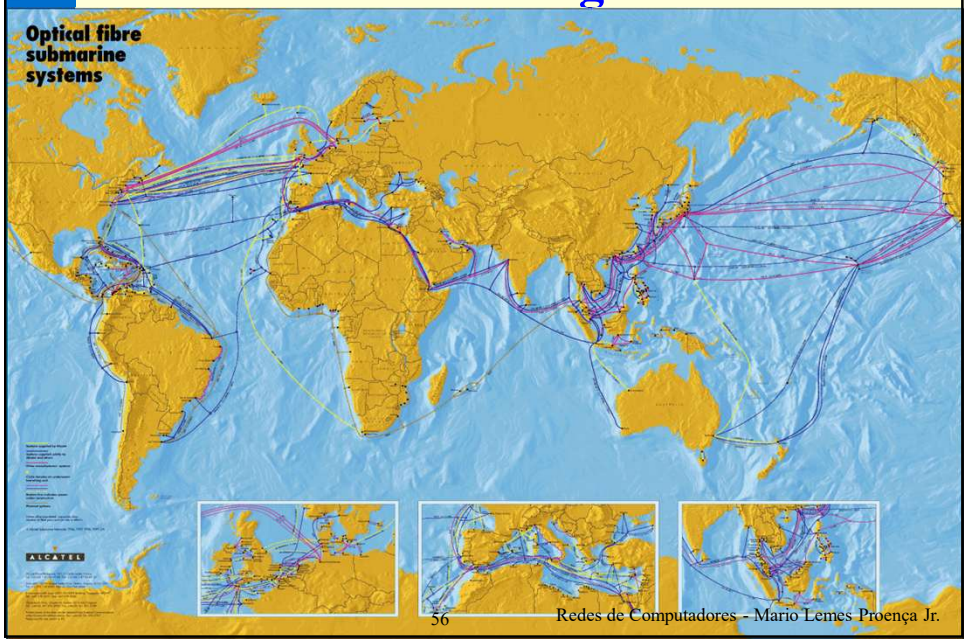


Redes de Computadores - Mario Lemes Proença Jr.

55

55

Tendências Tecnológicas em Redes

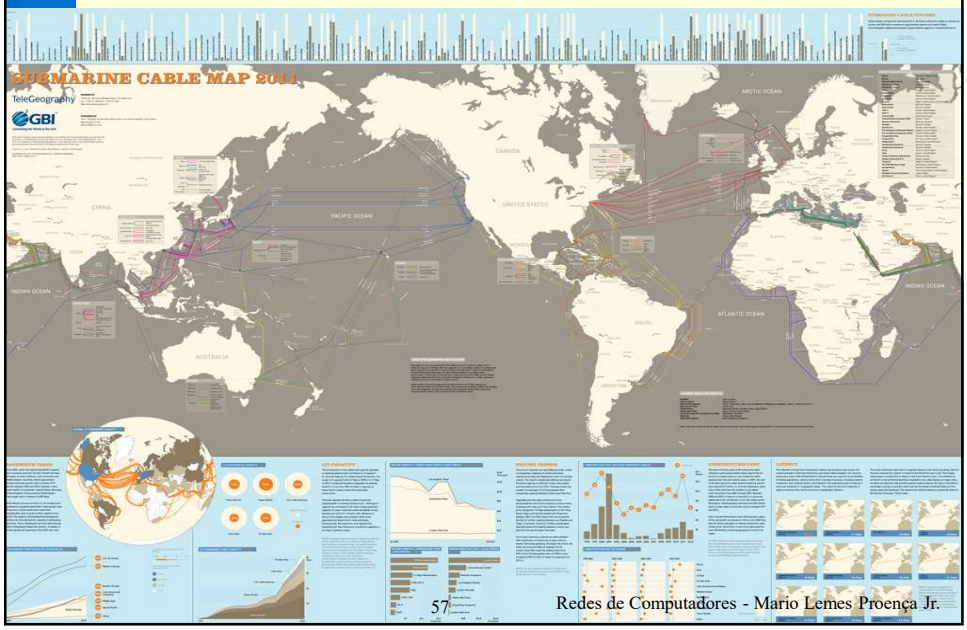


Redes de Computadores - Mario Lemes Proença Jr.

56

56

Tendências Tecnológicas em Redes



57

Tendências Tecnológicas em Redes

- Cabos submarinos
  - https://www.submarinecablemap.com/

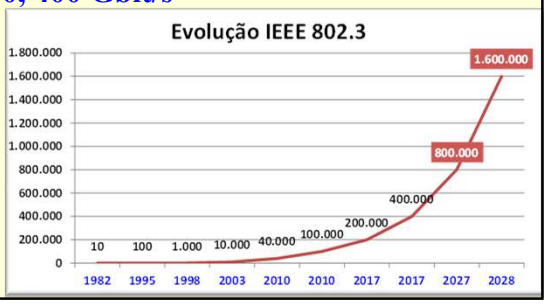
58

Tendências Tecnológicas em Redes

- Utilização de par trançado em vez de fibra ótica, ex: linha de assinante com xDSL.
  - **Redes de Banda infinita ! ?**
- Em vez de LANs partilhadas LANs com Switching.
- Passar de LANs e PBXs para LANs integradas (voz dados imagem).

Tendências Tecnológicas em Redes

- **Redes de Banda Larga se impondo a nível de WAN segundo as tecnologias:**
  - **INTERNET (IPv4, IPv6)**
  - **DWDM**
  - **Ethernet Gigabit/s**
    - **1, 10, 40, 100, 200, 400 Gbit/s**



Tendências Tecnológicas em Redes

- Tendência para o Wireless
  - Wifi 7ª geração e 78 em desenvolvimento
    - IEEE 802.11be (7ª geração)
    - IEEE 802.11bn (2028)
  - 5G ITU IMT-2020
    - Recomendação ITU-R M.2150
    - http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx
  - 6G ITU IMT-2030
    - https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx

Tendências Tecnológicas em Redes

- A WEB irá se tornar ambiente de trabalho, seus arquivos estarão armazenados na WEB, possibilitando você trabalhar a qualquer hora em qualquer lugar !!!
- Tempo para atingir 50 milhões de pessoas
  - Telefone 50 anos,
  - Rádio levou 38 anos,
  - TV 16 anos, TV a cabo 10 anos
  - WEB 5 anos !
  - IA assistentes 2 meses !!!
- WEB 2.0 ou WEB Semântica

Tendências Tecnológicas em Redes

- **Wireless aplicações**
  - **Wi-fi, RFID (etiquetas com radio frequência),**
    - **MIMO, MU-MIMO, MESH**
  - **PAN (personal Area Network)**
    - **Zigbee,**
    - **bluetooth,**
    - **UWB (ultra Wideband IEEE 802.15.3)**

Tendências Tecnológicas em Redes

- Voz sobre IP
  - Previsão de venda de equipamentos de $2.5 bilhões em 2005 e de $6.2 bilhões em 2009 (www.infonetics.com)
  - Foram 2,660 bilhões de minutos em 2009 segundo ilocus
  - IP phone, soft fone, gateway VoIP,

Tendências Tecnológicas em Redes

- IPTV

Tendências Tecnológicas em Redes

- Vídeo conferência
  - equipamento ligado à rede tradicional, exemplos anteriores com equipamento dedicado
    - ligação na LAN tradicional com:
    - 30 quadros / segundo - 384 Kbit/s de vídeo
    - 64 Kbit/s de áudio
  - Hoje google meet, zoom, AVAs ...
- PODCAST = Áudio e vídeo sob demanda.

Tendências de Mercado

- Mercado mundial de jogos em 2004 atingiu 25 bilhões de dólares, mais que o de Hollywood com cinema em 2004.
- Previsões para 2013/2014 são de aproximadamente US$ 70/86 bilhões.
- Celular
  - Transferência de vídeos curtos R$ 2 a R$ 5
  - Empresa de software de Hong Kong
    - Vivienne – namorada virtual, $ 0,5 a $ 2

Tendências de Tecnologia

- **Para os próximos 5 a 10 anos**
  - Aparelho tipo celular mais poderoso, com aplicações GPS, roteiros, mapas, telas ainda pequenas porem com mais definição, acesso a rede wireless na MAN com IEEE 802.11ac/ax/be/bn, 5G/6G.
    - Iphone 15, Iphone 16 !!! Galaxy S 24, Pixel 8, 9!!!
  - Tablets previsões
    - 54 milhões/2011,79 milhões/2012 e 185 milhões/2014
    - iOS x Android (apple x google)
  - Rede mais rápida ! ! !

Impactos Sociais

- **Nova área da Economia; Economia baseada em Conhecimento.**
  - diminuição dos trabalhos físicos intensivos
  - 60% dos americanos são trabalhadores baseados em conhecimentos
  - 8 de cada 10 empregos são de setores baseados intensivamente em informação.
  - Há mais americanos trabalhando;
    - em computadores que em carros,
    - em semicondutores que em construção de máquinas,
    - em processamento de dados que em refinaria de petróleo.

Impactos Sociais

- **Informação massificada e em volumes cada vez maiores**
  - ✓ Web Internet - produção e disseminação de informação a custo quase zero.
  - ✓ Informação de mais. Uma pesquisa oferece milhares de ponteiros e dicas em cada busca.
  - ✓ Necessidade de aperfeiçoamento das máquinas de busca (inteligência artificial)
- **Digitalização**
  - ✓ Digitalização de todos os serviços (TV, telefonia, jornal, bibliotecas, etc.

Impactos Sociais

- **Virtualização -** Tudo está se tornando virtual, a Pandemia acelerou ainda mais este processo!
  - ✓ Redes Virtuais, Roteadores virtuais,
  - ✓ Lojas Virtuais, Organizações virtuais,
  - ✓ dinheiro virtual,
  - ✓ Suporte Remoto,
  - ✓ Acesso Remoto, Gerenciamento Remoto,
  - ✓ milhões de pessoas trabalham remotamente de suas casas.

Impactos Sociais

- **Globalização**
  - Distância não é importante (melhores comunicações e serviços).
  - Produtos de Mídia (jornal, TV, redes) distribuídos mundialmente.
- **Imediatismo**
  - Poder de computação, largura de banda dos canais e número de estações dobra a cada 12 - 18 meses.
  - Crescimento em vez de exponencial é cada vez mais explosivo, próximo a uma reação em cadeia.
  - Lei de Moore: velocidade processadores dobra a cada 18 meses, aplicações mais complexas necessitando de maior largura de banda passante

Impactos Sociais

- **Impacto na Educação**
  - Tecnologia está mudando mais rapidamente que nossa habilidade de aprendizado.
  - Nosso salário decresce com a experiência (anos fora da Universidade) !!! 15 % ao ano em média
  - formados recentes sabem ou deveriam saber
    - C++, JAVA, TCP/IP, FLASH, PHP, C#, AJAX, Phython !
    - HTML5, XML (Extensible Markup Language)
    - Cloud computing, IaaS, PaaS, SaaS
    - PERL (Practical Extraction and Report Language)
  - Novos desafios e oportunidades para educadores e educandos.
  - EAD - Ensino à Distância
  - Brasil - http://uab.capes.gov.br/ e http://www.unirede.br/

Impactos Sociais

- **Comercio Eletrônico E-Comerce**
  - Todas as empresas estão na mesma interseção (competição a nível mundial)
  - Fim dos Intermediários
  - Funcionamento 24 horas por dia
  - Margens pequenas, lucro por quantidade
  - Pagamento eletrônico ⇒ necessidade de Segurança
  - Investimento previsto para desenvolvimento de E-Comerce é da ordem de bilhões de dólares
  - Vendas personalizadas
  - empresas estão investindo alto em seus sites

Impactos Sociais

Gastos com E-Commerce		
Ano	Mundo	Brasil
1999	US$ 55 Bilhões	
2004	US$ 140 Bilhões	R$ 1,75 Bilhão
2005	US$ 169 Bilhões	R$ 2.5 Bilhões
2006	US$ 211 Bilhões	R$ 4,4 Bilhões
2010	US$ 680 Bilhões	R$ 14,0 Bilhões
2011	US$ 893 Bilhões	R$ 20,0 Bilhões
2012	US$ 1,0 Trilhões	R$ 22,5 Bilhões
2013	US$ 1,2 Trilhões	R$ 31,0 Bilhões
2014	US$ 1,5 Trilhões	R$ 35,8 Bilhões
2015	US$ 1,7 Trilhões	R$ 41,3 Bilhões
2016	US$ 1,85 Trilhões	R$ 44 Bilhões
2017	US$ 2,29 Trilhões	R$ 47 Bilhões
2018	US$ 2,8 Trilhões	R$ 53,2 Bilhões
2019	US$ 3,5 Trilhões	R$ 75 Bilhões
2020	US$ 4,2 Trilhões	R$ 87 Bilhões
2021	US$ 5,2 Trilhões	R$ 258 Bilhões
2022	US$ 5,7 Trilhões	R$ 262 Bilhões

Impactos Sociais

- **Comercio Eletrônico E-Comerce**
  - Segundo a *Forrester Reserach*
    - ✓ Comércio mundial do ano passado chegou a 3.5 trilhões
  - A CISCO, fabricante de equipamentos de rede, vendeu no ano de 2010 US$ 40 bilhões
    - ✓ Boa parte dos negócios pela WEB
  - Vendas nos EUA 127 Bilhões em 2007
  - Vendas nos EUA 136 Bilhões em 2008
  - Vendas nos EUA 142 Bilhões em 2009
  - Vendas nos EUA 172 Bilhões em 2010
  - Previsão de vendas EUA 2014 248 Bilhões/segundo Forrester Research

Impactos Sociais

- **Comercio Eletrônico E-Comerce**
  - Invente algo por 1 dólar e fique rico
    - Ex. http://www.milliondollarhomepage.com/
    - Proponha algo ?

Impactos Sociais

- **Impactos em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)**
  - Crescimentos e mudanças muito grandes em um ano (não há planejamento a longo termo)
  - Longo prazo; não maior que um ou no máximo dois anos.

Utilização de redes na Indústria

Aplicação da Industria http://www.etforecasts.com

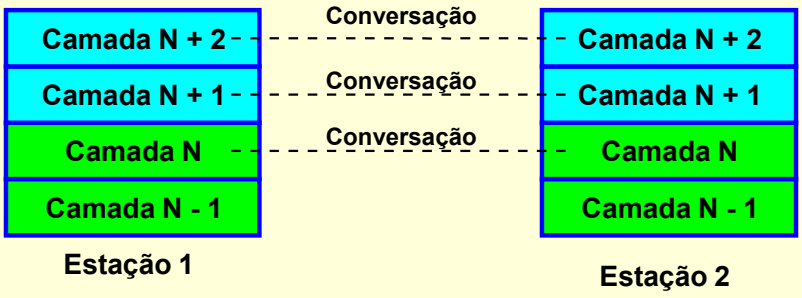
	Categorias	Aplicações
Hardware	• Web appliances • Computing appliances • Communication appliances • Entertainment appliances	• Web terminal, Web pad • PDA, handheld computer • Web cell phone, Web screen phone • WebTV, web set-top, personal DVR • Car IA, medical IA, learning IA
Software	• Client system software • Client application software • Server application software	• Operating system, browser, middleware • Specific to usage • To deliver services/content to IA clients
Infra	• Data communications • Broadcast • Internet	• Phone, cellular, broadband • TV, cable TV, satellite TV, radio • IP network, caching network
Serviços	• Communications • Information subscriptions • Entertainment • Transactions	• e-mail, paging, Web, voice, data • News, databases, location-specific • Downloads, music, games • Financial, tickets, shopping

Padrões de Redes

- ✓ Organizações de padronização em Redes de Computadores
  - ✓ **Porque padronizar hardware e software ?**
    - ✓ **Interoperabilidade, ...**
- ✓ IETF http://www.ietf.org
  - ✓ The Internet Engineering Task Force
  - ✓ Internet e TCP/IP
- ✓ IEEE http://www.ieee.org
  - ✓ The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
  - ✓ IEEE 802.3
  - ✓ IEEE 802.11
- ✓ ITU http://www.itu.int
  - ✓ The International Telecommunication Union
  - ✓ Telecomunicações, Radio

Software de Rede

- Por motivo de redução de complexidade de execução e *design* os softwares para rede foram organizados em *layers* ou *levels,* conforme ilustrado na figura abaixo :



Software de Rede

- Número de camadas difere de arquitetura para arquitetura
- Propósito de cada camada é oferecer serviços para a camada superior
- Cada camada n conversa com a sua respectiva camada n da outra estação par
- As regras para conversação entre camadas são descritas através dos protocolos
- O conjunto de camadas ou níveis, acrescidos de seus respectivos protocolos formam o que chamamos de arquitetura de rede
- O conjunto de protocolos usados por um sistema é chamado de *protocol stack*

Software de Rede

- Cada camada de rede precisa :
  - tomar decisões
  - identificar *senders* e *receivers*
  - detectar erros
  - estabelecer regras para transmissão (*simplex, half, full duplex*)
  - dividir e reagrupar mensagens, etc.
- Os elementos ativos de cada camada são chamados de entidades, podem ser software o hardware (chip)
- Entre duas camadas adjacentes existe uma interface, onde são definidas as primitivas e serviços oferecidos ao nível superior

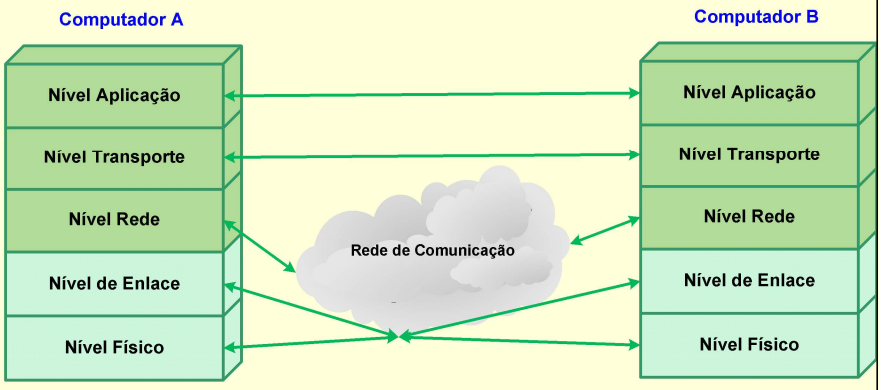
Software de Rede

- *Service Access Point (SAP)* é por onde os serviços são disponibilizados para o nível superior
- As entidades de um nível N+1 trocam informações com as do nível N através de *Service Data Unit* (SDU), um SDU pode ser fragmentado em vários *Protocol Data Unit* (PDU).
- Serviços Orientados a conexão e não orientados a conexão
- Primitivas que compõe os serviços :
  - *Request*
  - *Indication*
  - *Response*
  - *Confirm*

Software de Rede

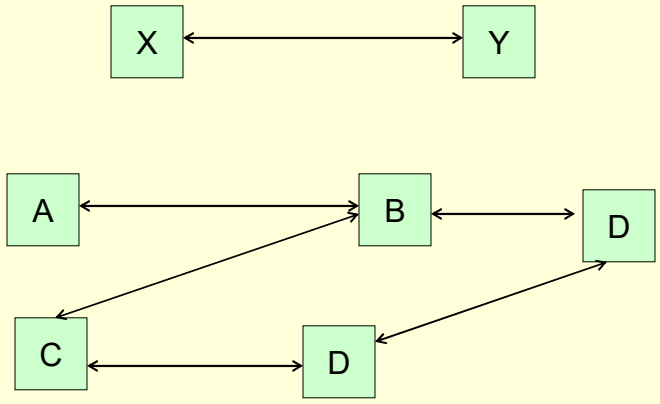
- ✓ **Serviço** são definidos pelo conjunto de primitivas que um nível oferece ao nível superior. As entidades usam os protocolos para implementar seus serviços.
- ✓ **Protocolo:**
  - ✓ Pode ser definido como um conjunto de regras que regem o formato dos pacotes, frames necessários para conversação que existem entre pares de entidades do mesmo nível.
  - ✓ Conjunto de regras que determinam como o hardware e o software de uma rede devem interagir para transmitir e receber informações
- ✓ Meio de transmissão não é confiável: erro de hardware; congestionamento; atraso; perda de pacote por descarte nos roteadores e switchs; colisões, etc.

Redes e Internet Hoje



Elementos de uma Rede

- **Os elementos responsáveis pela transmissão e recepção dos dados são chamados de nós de comunicação**



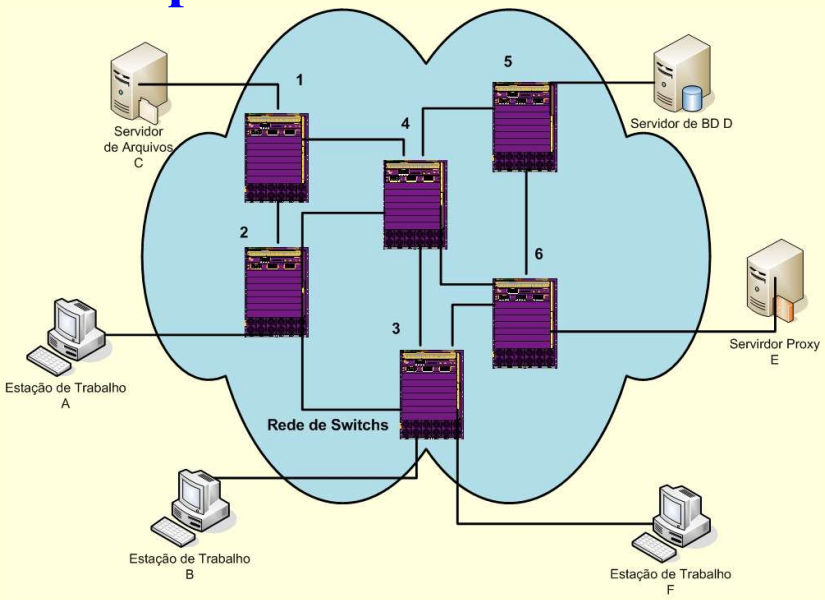
Elementos de uma Rede

- Elementos básicos
  - Hosts ou estações: compostos por computadores que executam programas de aplicação
  - Sistemas de comunicação
    - Nós de comutação: Computadores dedicados a conectar dois ou mais caminhos de comunicação
    - Linhas ou Troncos: formadas por linhas de transmissão entre nós de comutação

Tipos de Redes – CS x PS

1) **Comutação de circuitos (*Circuit Switching*)**
   - **O meio de comunicação ou o canal é alocado permanentemente para comunicação entre dois nós**
     1. **Estabelece o circuito, antes do início da transmissão (call setup)**
     2. **Transferência dos dados**
     3. **Finalização do circuito**
   - **Existe o desperdício do canal, durante tempo ocioso entre a comunicação**
   - **Exemplos: ?**

Tipos de Redes – CS x PS

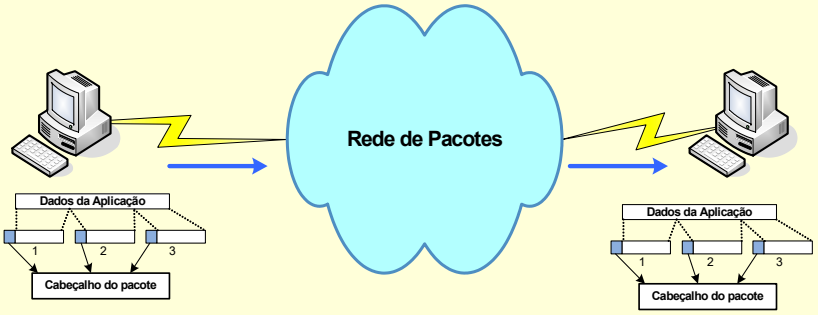


Tipos de Redes – CS x PS

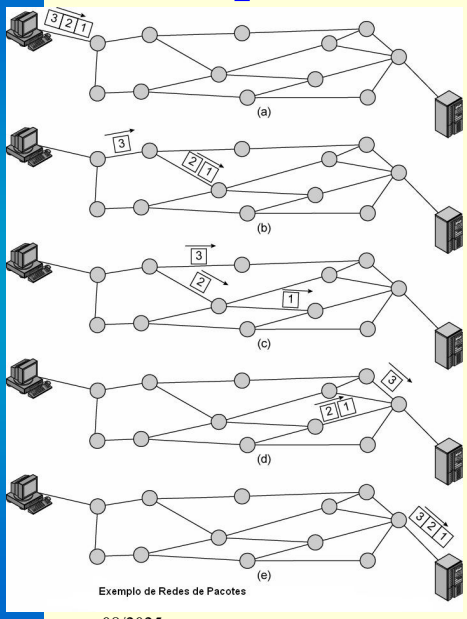
2) **Comutação de pacotes (*Packet Switching*)**

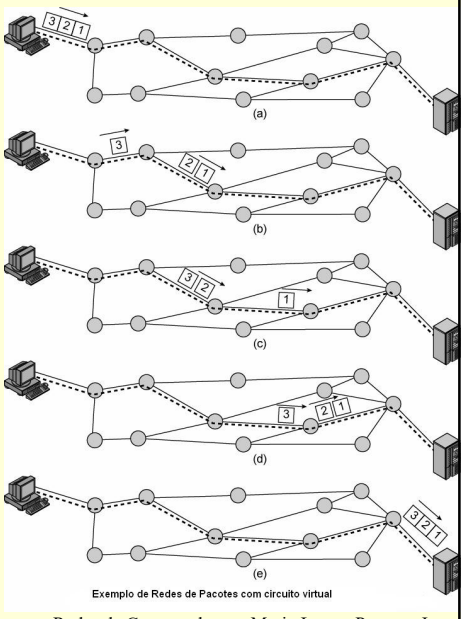
- **Possibilita compartilhamento dos recursos (canais de comunicação)**
- **Aumenta a eficiência das linhas**
- **Funciona mesmo com muito tráfego, ao contrário de redes de comutação de circuito**
- **Pode-se estabelecer prioridade**
- **Evita setup inicial**
- **Desvantagens**
  - **Aumenta a complexidade entre os nós de comunicação**
  - **Aumenta o overhead nos dados (controles)**
    - **Endereçamento, roteamento, sequenciação**
  - **Atrasos**
  - **Aplicações em tempo real podem ter problemas**

Tipos de Redes – CS x PS



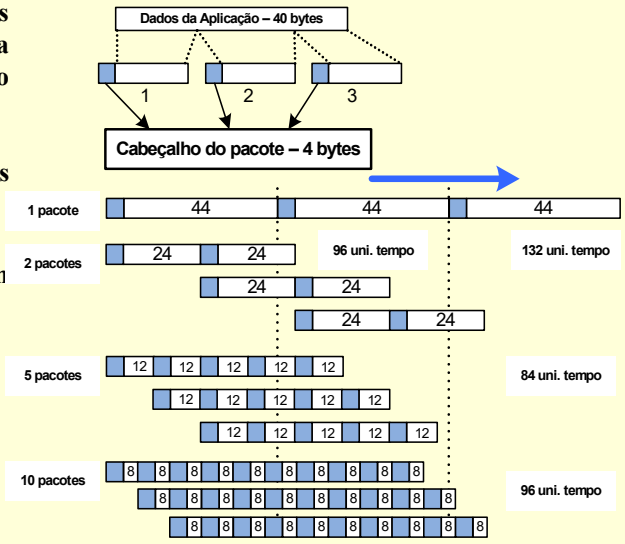
Tipos de Redes - CS x PS





Classificação de Redes

- **Tamanho dos pacotes influencia na transmissão devido principalmente pelo overhead dos protocolos.**
- **Sucessivas divisões podem não compensar.**



Classificação de Redes

- **Classificado por tecnologia**
  - Redes de Broadcast
    - Multicast
    - Tipo de rede Dinâmica e estática
    - Mensagens são enviadas são recebidas por todos os nós da rede
    - Exemplos: Redes Locais (LANs), Redes em anel, estrela, arvore, satélite, Redes em barra,
  - Redes Ponto a Ponto
    - Vários destinos para chegar a um lugar, roteadores, etc.
    - Exemplos: WANs, ligações dedicadas,

Classificação de Redes

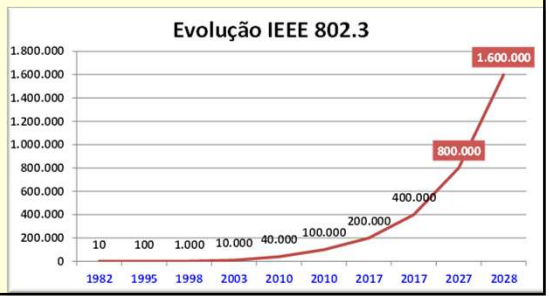
- **Classificado por Escala**
  - ***Local Area Network* (LAN)**
    - Restrita a área de um campus, de metros à 2Km, privada,
    - Velocidade de 10 Mbit/s a 100 Gigabit/s
    - Principais tecnologias:
      - **Ethernet IEEE 802.3, u, z, ae**

        10 / 100 / 1000 Mbit/s

        10 / 40 / 100 Gigabit/s

Classificação de Redes

- **Class. por Escala - *Local Area Network* (LAN)**
  - **Ethernet IEEE 802.3 10 Mbit/s**
  - **Ethernet IEEE 802.3u 100 Mbit/s**
  - **Ethernet IEEE 802.3z 1000 Mbit/s**
  - **Ethernet IEEE 802.3ae 10 Gigabit/s**
  - **Ethernet IEEE 802.3 40/100/200/400 Gigabit/s**



Classificação de Redes

- ***Metropolitan Area Network* (MAN)**
  - Restrita a área de uma cidade até 10Km, por exemplo: tv a cabo, WiMax
  - Tecnologias:
    - ATM; PDH; SDH/SONET; Gigabit Ethernet
  - ***Wireless* (MAN)**
    - computação móvel, mobilidade
    - redes sem fio usando computadores fixos que se comunicam. Wi-Fi IEEE 802.11x
    - *Celular Digital Packet Data* (CDPD)
    - TDMA, CDMA, **GSM**, **CDMA2000, WCDMA**
    - **3G (UMTS ou WCDMA, HSPA, EDGE)**
    - **4G (LTE), 5G**

Classificação de Redes

- ***Wide Area Network* (WAN)**
  - País ou Continente,
  - Computadores são ligados a sub-redes que transportam as mensagens. Estas sub-redes são mantidas por companhias telefônicas (teles), e outros provedores.
  - ATM 155 Mbit/s e 622 Mbit/s; SDH; Frame Relay
    - **Ethernet 10 Gigabit/s**
      - **WAN (até 40 Km)**

10 Gigabit/segundo corresponde	
bits/s	10737418240
bytes/s	1342177280
Kbytes/s	1310720
Mbytes/s	1280

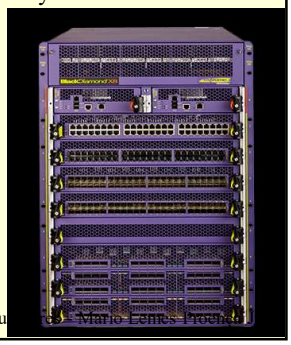
Classificação de Redes

- ***Wide Area Network* (WAN)**
  - *Dense Wavelength Division Multiplexing systems* (DWDM)
    - Comutadores digitais atualmente 10 Gigabit/s por porta
    - WaveStar® OLS 1.6T (400G/800G) da Lucent atinge 1,6 Tbit/s
      - 160 canais de 10 Gbit/s – www.lucent.com
    - Optinex family da Alcatel atinge 2,4 Tbit/s
      - 160 a 240 canais de 10 Gbit/s – www.alcatel.com

Classificação de Redes

✓ ***Wide Area Network* (WAN)** ex. extreme networks X8

- ✓ High-density 1/10GbE, 40GbE, and 100GbE switch for data center consolidation
- ✓ 768 ports of 10GbE SFP+ per switch, 2,304 ports per rack
- ✓ 384 ports of 100/1000/10000MbE RJ45 per switch, 1,152 ports per rack
- ✓ 384 ports of 1GbE SFP per switch, 1,152 ports per rack (using 10GbE)
- ✓ 192 ports of 40GbE QSFP+ per switch, 576 ports per rack
- ✓ 32 ports of 100GbE CFP2 per switch, 96 ports per rack (future availability)
- ✓ Orthogonal architecture with 20.48Tbps switching capacity
- ✓ 2.3 µSec port-to-port latency



Classificação de Redes

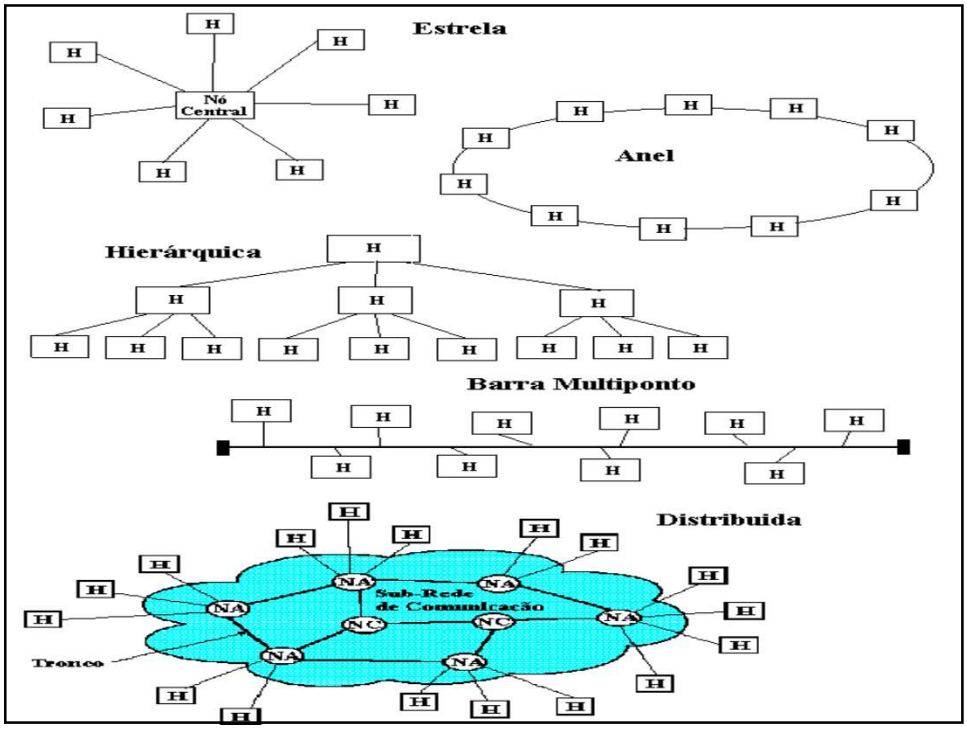
✓ ***Switch alta capacidade para backbone ou datacenter***

- ✓ ex. VSP 8600 Series
  - ✓ 48 portas 100 Gbit/s ou 128 portas 40 Gbit/s ou 192 portas de 10 Gbit/s
  - ✓ Capacidade 21,6 Tbit/s

Classificação de Redes

- ✓ ***Wireless Personal Area Network* (WPAN)**
  - ✓ IEEE 802.15
- ✓ ***Wireless Local Area Network* (WLAN)**
  - ✓ IEEE 802.11 (a, b, g) wi-fi
- ✓ ***Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN)**
  - ✓ IEEE 802.20
- ✓ ***Wireless Wide Area Network* (WWAN)**
  - ✓ IEEE 802.16 (WiMax) – alternativa ao uso de cabos na última milha
- ✓ ***Wireless Regional Área Network* (WRAN)**
  - ✓ IEEE 802.22

103



104

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- O RM-OSI não é uma arquitetura de rede pois ele só define o modelo de referência, ele não define exatamente os serviços e os protocolos para serem usados em cada nível.
- Conhecido simplesmente como RM-OSI da ISO (Reference Model of Open Systems Interconnection from International Standard Organization) é conhecido também através do padrão ISO-7492. Inicialmente foi definida uma conceituação de estrutura geral ou arquitetura, denominada MODELO DE REFERÊNCIA, para o qual foram definidos a semântica e os termos e conceitos básicos. O modelo de referência OSI foi criado com vistas a **servir de base para a definição de projetos de padronização da interconexão de sistemas abertos**.

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- Interconexão de Sistemas Abertos implica na conexão, por algum meio, entre um ou mais sistemas, compreendendo computadores, seus periféricos, terminais, operadores humanos e processos físicos.
- A estratégia básica adotada na arquitetura do MR-OSI foi **dividir** para **conquistar**. Dividir a complexidade em conjuntos de funções inerentes ao processo de interconexão, chamadas camadas (ISO) ou níveis (CCITT). **A ideia é projetar uma rede (interconexão) com um conjunto hierárquico de camadas, cada camada baseada na camada inferior. Desta forma, o projeto global da interconexão, fica reduzido ao projeto de cada uma das camadas (divide e conquista).**

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- O projeto de uma camada é restrito ao contexto dessa camada e supõem que os problemas fora deste contexto (camada), já estejam devidamente resolvidos.
- Cada camada utiliza os serviços providos pela camada imediatamente inferior para oferecer um serviço de "melhor qualidade" à camada imediatamente superior.
- Esta estratégia de camadas do MR-OSI adota uma técnica de estruturação (segmentação em camadas) associada a uma abstração (funções e serviços).

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- Vantagens Práticas de uma Arquitetura em Camada
  - Divisão - A complexidade do esforço global de desenvolvimento é reduzido, não interessa a uma determinada camada como as demais implementam o fornecimento de seus serviços.
  - Independência - Uma camada qualquer preocupa-se unicamente em utilizar os serviços da camada inferior e fornecer os seus serviços à camada superior, independentemente do seu protocolo.
  - Decorrência destas vantagens :
    - a. **Facilidade de Manutenção.** Uma camada pode ser alterada, sem alterar as demais, desde que os serviços que ela presta não sejam modificados.
    - b. **Facilidade de Evolução.** Novas aplicações podem ser implementadas, em uma camada apropriada, aproveitando serviços

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- Principais elementos do RM-OSI:
  - *Sistema*, *Subsistema*, ***Camada***, ***Entidade***,
  - ***Serviços***, ***Funções***, *Interface*, ***Protocolo***,
  - *Ponto de Acesso de Serviços*, *SAP (Service Access Point)*
  - *Ponto Final de Conexão*, *CEP (Connection End Point)*
  - *Conexão.*

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- **Funções (N):** É parte da atividade de uma entidade (N). Exemplo: Controle de fluxo, sequenciamento dos dados, transformação nos dados, etc. Função é um serviço prestado por alguma entidade que, porém, não pode ser fornecido para fora da camada.
- **Serviços (N):** Aquelas funções que a camada (N) provê à camada superior (N+1), são chamadas de serviços (N). Somente aquelas funções da camada que podem ser vistas e acessadas pela camada superior são serviços.
- **Protocolo (N):** A cooperação entre entidades (N) é governada por um ou mais protocolos (N). Protocolo (N) é o conjunto de regras e formatos que governam a comunicação entre entidades (N) para realizar as funções (N) em diferentes sistemas abertos.

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- **Nível Físico**
  - Se refere a transmissão de bits em um canal ou meio físico de comunicação,
  - Deve garantir que um lado(transmissor) mande bits e o outro lado (receptor) receba os bits corretamente
  - Se preocupa com tipo de sinalização, volts, como representar 0 e 1 no canal de transmissão
  - Quantos microssegundos, milissegundos entre a transmissão de 1 bit e outro
  - Transmissões simultâneas
  - Partes mecânicas, elétricas da interface

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- **Nível de enlace**
  - Organiza o acesso ao meio físico
  - Prove um serviço de comunicação livre de erros, mediante a correção de erros
  - Recebe os bits do nível físico e se encarrega em reconhecer os frames e entregá-los ao nível de rede sem erros de transmissão,
  - Cria e reconhece as fronteiras dos frames, pela introdução de bits no início e final do *frame*, são introduzidas cadeias de bits padrão
  - Frames perdidos ou duplicados devem ser retransmitidos
  - Efetua controle de fluxo usando *buffers* para impedir problemas entre um transmissor muito rápido e outro muito lento
  - Detecta erro através de algoritmo de CRC

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- **Nível de Rede**
  - Controla as operações em uma *subnet*
  - Se preocupa como os pacotes são roteados da origem a um destino
  - Mantêm tabelas estáticas ou dinâmicas para o roteamento
  - Controla e previne o congestionamento
  - Interconexão de redes heterogêneas é o nível de rede que compatibiliza ou converte os protocolos diferentes e esquemas diferentes de endereçamentos

Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- **Nível de Transporte**
  - Recebe os dados do nível de sessão, os quebra em pequenos pedaços, se necessários, e os encaminha ao nível de rede certificando-se que cheguem corretamente do outro lado.
  - É a 1ª camada fim a fim do modelo OSI
- **Nível de Sessão**
  - Ele permite que os usuários de máquinas distintas estabeleçam sessões entre si, que irá permitir por exemplo transporte de dados, remote login, etc..

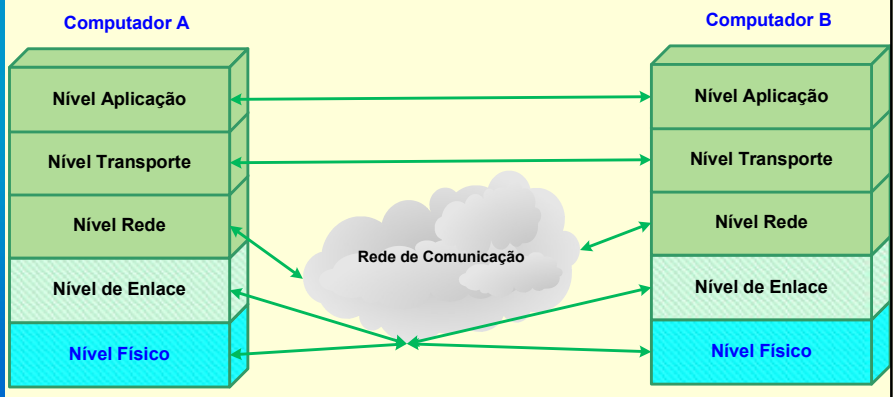
Modelo de Referência OSI da ISO

RM-OSI

- **Nível de Apresentação**
  - Diferentemente dos outros níveis que se preocupam apenas com a transferência de bits, o de apresentação se preocupa com a sintaxe dos dados. Neste nível é executado funções como compressão, encriptação e codificação (transformação de formatos)
- **Nível de Aplicação**
  - Contém uma variedade de protocolos que são necessários às aplicações

Nível Físico

Redes e Internet Hoje



117

Teoria Básica da Comunicação

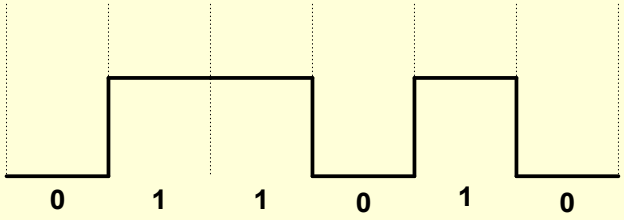
- A teoria da Informação diz respeito às leis matemáticas que regem os sistemas de comunicação e processamento, definindo medidas quantitativas para a informação e capacidade de transmissão.

Modelo básico de um sistema de comunicações

118

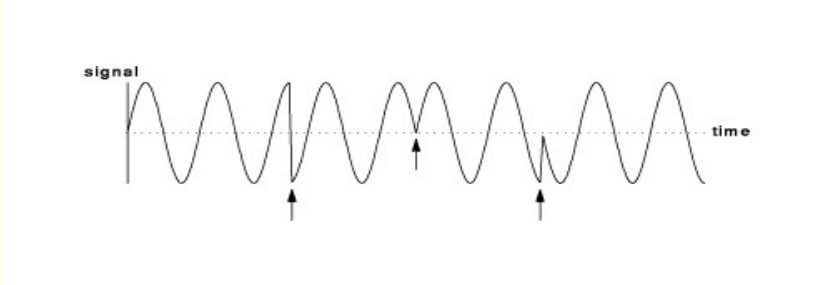
Teoria Básica da Comunicação

- **Tipos de sinais**
  - **Digital** : É utilizado pelos computadores que codificam suas informações em bits utilizando uma linguagem binária "0"e "1" que correspondem a dois níveis discretos de tensão ou corrente. Ele se caracteriza pela presença de pulsos nos quais a **amplitude é fixa**. O sinal digital é construído através de uma sequência de intervalos fixos de **T** segundos. Os sinais digitais podem assumir apenas valores discretos que variam de forma abrupta e instantâneas entre eles



Teoria Básica da Comunicação

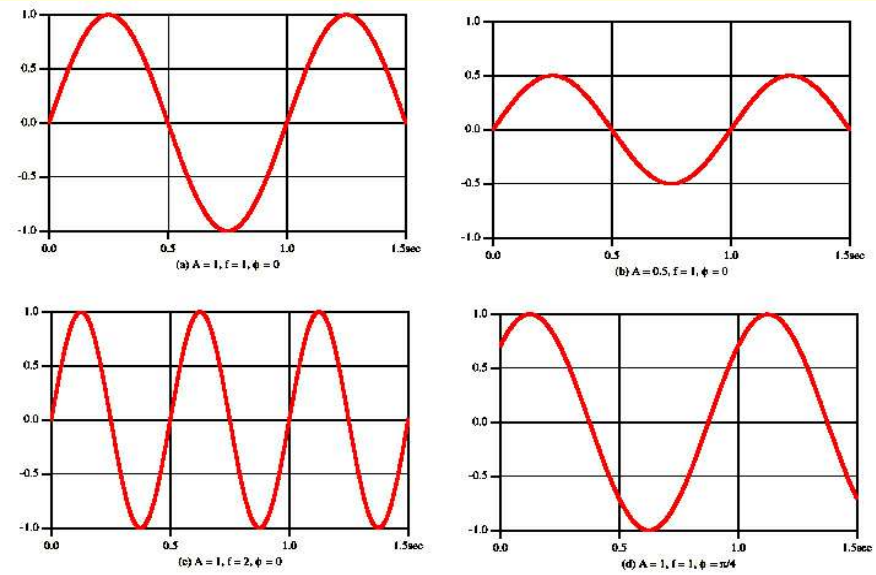
- **Tipos de sinais**
  - **Analógico :** Se caracteriza pela presença de pulsos que variam continuamente na amplitude e no tempo. As informações geradas por fontes sonoras representam variações continuas de amplitude.



Teoria Básica da Comunicação

- Uma onda senoidal de um sinal continuo é usada para transportar informação em comunicação de dados. Ela é caracterizada por três parâmetros **Amplitude (A), Frequência (f) e fase (ϕ).** Uma informação I(t) pode ser associada a qualquer um destes 3 parâmetros,
- **Amplitude** é o valor máximo ou pico do sinal no tempo;
- **Frequência** é velocidade ou número de ciclos por segundo que o sinal se repete, medida em Hertz (Hz);
- **Fase** é definida como a posição relativa no tempo que o sinal é gerado.

Teoria Básica da Comunicação



Teoria Básica da Comunicação

- ***Problemas na transmissão***
  - **Atenuação:** É a perda de energia durante a propagação do sinal no meio. Esta perda é expressa em decibéis (db) por quilômetro. A quantidade de energia do sinal depende da frequência de transmissão. Quanto maior a frequência maior a energia.
  - **Distorções:** são modificações deterministas e sistemáticas causadas pela imperfeição do canal, podem ser compensadas através de circuitos de equalização. A distorções são características e sistemáticas, inerentes a cada canal de transmissão. Elas podem ser determinadas e previstas.
  - **Ruídos**: ECO, Ruído impulsivo, Cross-talk

Teoria Básica da Comunicação

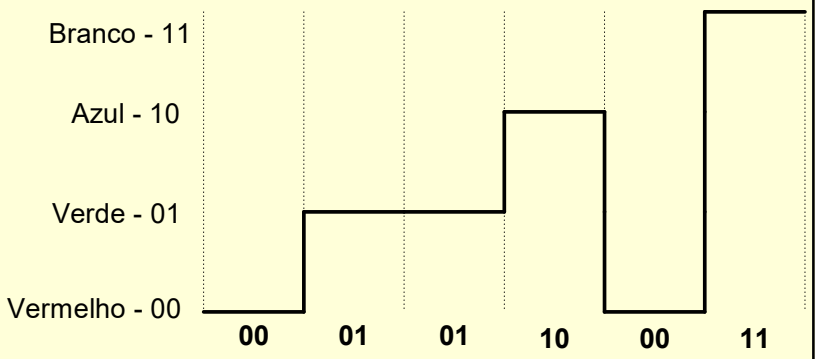
- ***Bits x Bauds***
  - A fonte de Informação transmite mensagens a uma determinada taxa de transferência de informação que é medida em bit por segundo **(bit/s)**.
  - O transmissor codifica estas mensagens em sinais que formam uma sequência de símbolos. A taxa de sinalização ou o número de símbolos por segundo que ocorrem um canal de comunicação é medido em **bauds**.
  - A taxa de sinalização (**bauds**) só é igual a taxa de transferência de informação (**bit/s**) em sistemas que utilizam símbolos binários.

Teoria Básica da Comunicação

- ***Bits x Bauds***
  - Você pode ter mais de dois níveis para representar sinais digitais.
  - Ao se transmitir 2 bits por nível necessita-se de quatro níveis para expressar todas as seqüências possíveis dos 2 bits.
  - Então tem-se que para codificar **n** bits em um nível de amplitude são necessários **2**n** níveis diferentes.
  - **A técnica consiste em se ampliar a amplitude do sinal** para a comunicação multinível, reduzindo com isto a largura de banda necessária para enviar informações por unidade de tempo.

Teoria Básica da Comunicação

- ***Bits x Bauds***
  - ***Se a sinalização utiliza L níveis tem-se que:***
    - ***Temos que 1 Baud = $\log_2 L$ Bit/s***



Teoria Básica da Comunicação

- ***Bits x***
- ***Bauds***

	binário	tensão	símbolo	Bits	quaternário	tensão	símbolo	Bits	economia
1	0	-6 volts	a	1	0	-6 volts	a	1	0%
2	1	+6 volts	b	1	1	+6 volts	b	1	0%
3	10		c	2	2	-12 volts	c	1	50%
4	11		d	2	3	+12 volts	d	1	50%
5	100		e	3	10		e	2	33%
6	101		f	3	11		f	2	33%
7	110		g	3	12		g	2	33%
8	111		h	3	13		h	2	33%
9	1000		i	4	20		i	2	50%
10	1001		j	4	21		j	2	50%
11	1010		k	4	22		k	2	50%
12	1011		l	4	23		l	2	50%
13	1100		m	4	30		m	2	50%
14	1101		n	4	31		n	2	50%
15	1110		o	4	32		o	2	50%
16	1111		p	4	33		p	2	50%
17	10000		q	5	100		q	3	40%
18	10001		r	5	101		r	3	40%
19	10010		s	5	110		s	3	40%
20	10011		t	5	111		t	3	40%
21	10100		u	5	102		u	3	40%
22	10101		v	5	120		v	3	40%
23	10110		w	5	121		x	3	40%
24	10111		x	5	122		z	3	40%
25	11000		y	5	103		y	3	40%
26	11001		z	5	130		z	3	40%
			total transmitido	100			total transmitido	58	42%

Teoria Básica da Comunicação

- **Largura de Banda de um Meio**
  - É medida pela número máximo de ciclos por segundo ou Hertz que o meio aceita é medida em Hertz (Hz)
- **Nyquist** provou na década de 20 (1928), que um sinal transmitido em um canal, sem ruído, de largura de banda de W Hz pode ser recuperado com uma amostragem do sinal a uma freqüência de no mínimo 2 W.
  - **Em canal com largura de banda de W Hz (frequência do sinal) pode-se transmitir um sinal digital de no máximo 2 W bauds.**
  - **1 Baud = Log_2 L bits/s (L = níveis utilizados na sinalização, número de bits na modulação, 2, 4, 8, 16)**
  - **Temos que a Capacidade de uma Canal C = 2 W Log_2 L bit/s**

Teoria Básica da Comunicação

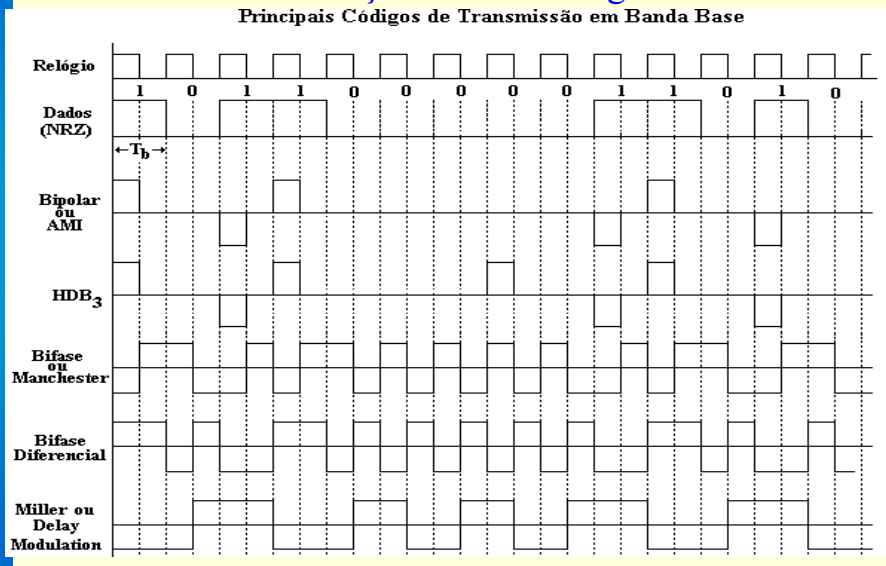
- **Largura de Banda de um Meio, em um canal com largura de banda igual 3400 Hertz, com modulação de 2 bits, qual seria a capacidade máxima ou taxa máxima de transmissão deste canal segundo a leio de Nyquist ?**
  - **$C = 2 * W * Log_2 L$ bit/s (L=2=1; L=4=2; L=8=3)**
  - **2 bits**
  - **C = 2 * 3400 * 2 = 13.600 bit/s**
  - **8 bits**
  - **C = 2 * 3400 * 8 = 54.400 bit/s**

Teoria Básica da Comunicação

- **Shannon** provou matematicamente que um canal tem capacidade limitada na presença de ruído.
  - Lei de Shannon afirma que a capacidade (C) máxima de um canal em bit/s é dada por:
    - **$C = 2 W Log_2(1 + S/N)$**
    - **S/N = relação sinal ruído do canal medida em dB (decibéis)**
  - O sistema telefônico oferece uma largura de banda de aproximadamente 3400 Hz a uma relação sinal ruído de 30 dB
    - $C = 3400 Log_2(1 + 1000)$

Teoria Básica da Comunicação

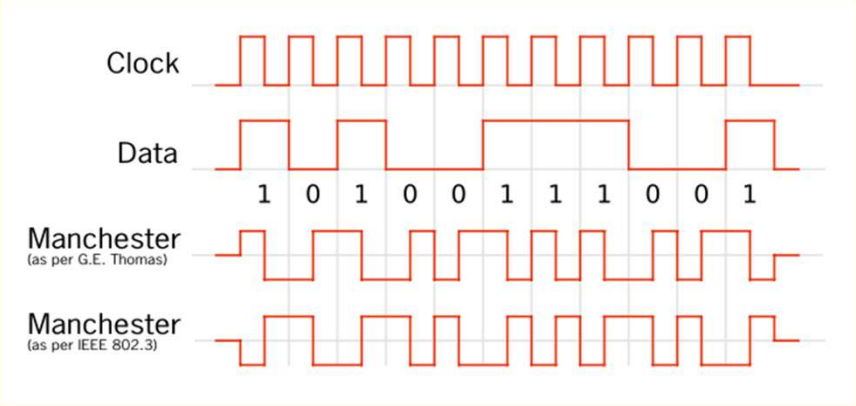
Codificação dos sinais digitais



131

Teoria Básica da Comunicação

Codificação dos sinais digitais



132

Teoria Básica da Comunicação

- Classificação e Características de Sistemas de Comunicação de Dados
  - **Quanto ao número de entidades se comunicando**
    - ✓ **Broadcast ou difusão**
    - ✓ **Ponto a ponto**
  - **Quanto ao sentido de transmissão**
    - ✓ **Simplex**
    - ✓ **Duplex**
    - ✓ **Half Duplex**

Teoria Básica da Comunicação

- Classificação e Características de Sistemas de Comunicação de Dados
  - **Quanto ao número de canais simultâneos**
    - **Paralelos**
    - **Serial**
  - **Quanto a sincronização entre fonte e destino**
    - **Síncrono**
      - **Tempo deve ser conhecido pelo transmissor e receptor**
    - **Assíncrono**
      - **Deve existir um start e stop a cada transmissão**

Teoria Básica da Comunicação

- **Paralelos: Transmite bytes simultaneamente**
- **Serial: Transmite um bit de cada vez**
  - **USB (Universal Serial Bus)**
    - ✓**2.0 (480 Mbit/s) (2001)**
    - ✓**3.0 (5,0 Gbit/s) (2011)**
    - ✓**3.1 (10 Gbit/s) (2014)**
    - ✓**3.2 (20 Gbit/s) (2017)** ***(type C)***
    - ✓***4.0 (40 Gbit/s) (2019)***
    - ✓***4.0 2.0 (120/40 Gbit/s) (2022)***
  - **Serial ATA …**

Teoria Básica da Comunicação

- **Serial: Transmite um bit de cada vez**
  - **Serial ATA ou SATA (Serial Advanced Technology Attachment)**

Versões	Velocidade	Ano
SATA	1,5 Gbit/s	2003
SATA II	3,0 Gbit/s	2004
SATA III	6,0 Gbit/s	2009

Teoria Básica da Comunicação

- **Interfaces Tunderbolt**
  - **Intel e Apple**

Versões	Velocidade	Conexão	Ano
Thunderbolt 1	10 Gbit/s	Displayport	2011
Thunderbolt 2	20 Gbit/s	Displayport	2012
Thunderbolt 3	40 Gbit/s	Type C	2015
Thunderbolt 4	40 Gbit/s	Type C	2020
Thunderbolt 5	80 Gbit/s	Type C	2024

Teoria Básica da Comunicação

- **Barramento computadores**

Versões	1 lane	16 lanes	Ano
PCIe 1.0	250 Mbit/s	4 Gbit/s	2003
PCIe 2.0	500 Mbit/s	8 Gbit/s	2007
PCIe 3.0	1 Gbit/s	16 Gbit/s	2010
PCIe 4.0	2 Gbit/s	32 Gbit/s	2017
PCIe 5.0	4 Gbit/s	64 Gbit/s	2019
PCIe 6.0	*8 Gbit/s*	*128 Gbit/s*	*2021/2022*
PCIe 7.0	*16 Gbit/s*	*242 Gbit/s*	*2025*

Teoria Básica da Comunicação

- **Barramento computadores x discos SSD**
- **Non-Volatile Memory Express (NVMe) como alternativa ao SATA (Serial Advanced Technology Attachment)**
  - **https://nvmexpress.org/**
  - **Slot M.2 liga ao PCIe 3.0 ou 4.0**

Teoria Básica da Comunicação

- **Barramento computadores x discos SSD**
- **Non-Volatile Memory Express (NVMe) como alternativa ao SATA (Serial Advanced Technology Attachment)**
  - **https://nvmexpress.org/**

Versões	Velocidade	Conexão	Ano
1.0 – 1.4	32 Gbit/2	PCIe 3.0	2013 a 2020
2.0	64 Gbit/s	PCIe 3.0, 4.0, 5.0	2021 a 2024

Meios de Transmissão

- O propósito do nível físico é transportar um conjunto de bits de uma origem a um destino. Para isto podem ser usados vários tipos de meios de comunicação, cada qual com sua largura de banda, atraso, imunidade a ruído, confiabilidade, custo, facilidade de instalação e manutenção.
- **Canal** pode ser definido como o circuito individual sobre o qual se estabelece uma comunicação entre fonte e destino.

Meios de Transmissão

- **Meio de transmissão** é o suporte físico que transporta um ou mais **canais**.
- Os **meios de transmissão** podem ser divididos em meios fixos guiados e meios aéreos (wireless). Os cabos fixos são divididos em metálicos e fibras ópticas e a transmissão aérea pode ser via rádio, laser, etc.

Meios de Transmissão

- **Qual o meio de transmissão que pode levar mais quantidade de bytes/bits de uma origem a um destino ?**

  - **Meios Magnéticos**
  - **Problema ☹**
  - **Tempo**

Meios de Transmissão

- **O Par Trançado**
  - O mais antigo e atualmente o mais comum meio de comunicação o cabo de *Twisted Pair* (TP), se constitui em 2 fios enrolados de forma helicoidal como uma molécula de DNA. Os fios são enrolados desta forma para reduzir as interferências elétricas no cabo. Se os fios não fossem enrolados eles se tornariam semelhantes a uma antena, atraindo muitos ruídos.
  - Interliga as nossas casas as concessionárias, = **linha do assinante**
  - Redes Locais é predominante nos últimos 10 anos,
    - 10 Mbit/s 100 Mbit/s 1000 Mbit/s 10 Gbit/s

Meios de Transmissão

- **O Par Trançado em LANs**
  - dois pares de fios (um par de transmissão e um par de recepção) por terminal,
  - técnica de transmissão em banda base e topologia de barra ou anel,
  - taxas de 1 Mbit/s a 1 Gbit/s, dependendo da distância (<100m),
  - Grande facilidade de instalação,
  - aproximadamente R$ 0,67/m (05/03) = baixo custo e grande flexibilidade.
  - Em 1995 o *Electronic Industry Association/ Telecom. Ind. Association* (EIA/TIA), lançou a norma **568A** para **Cabeamento Estruturado (EIA/TIA 568A/B)**

Meios de Transmissão

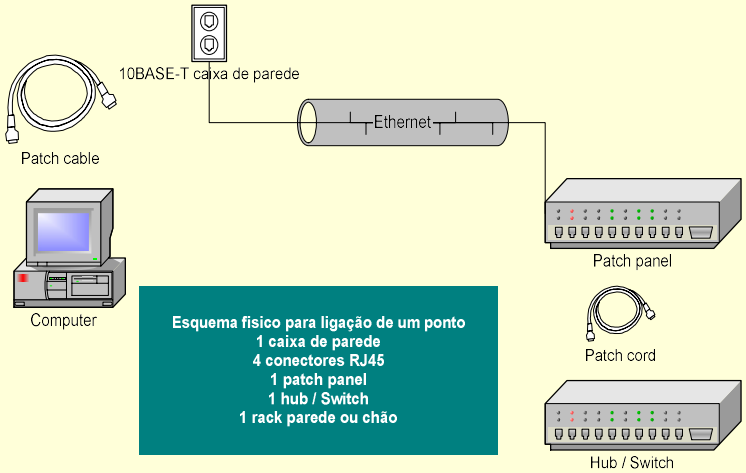
- **O Par Trançado em LANs**
  - Em 1995 o *Electronic Industry Association/ Telecom. Ind. Association* (EIA/TIA), lançou a norma **568A** para **Cabeamento Estruturado (EIA/TIA 568A/B)**
  - **EIA/TIA 568-B.2-10** 04/2008 categoria 6A com frequência de 500 MHz para atender 10GBASE-T em cabos de até 100m.

Meios de Transmissão

- **O Par Trançado em LANs custo R$ (histórico)**
  - ✓ aproximadamente R$ 0,67 metro
  - ✓ Conector RJ-45 cat-5 R$ 1,20 são necessários 4 por ponto
  - ✓ Caixa de parede com 2 jack R$ 25,00
  - ✓ Patch panel 24 portas R$ 280,00
  - ✓ Anilha para documentação do cabo, R$ 0,20 unidade
  - ✓ Rack de parede 19” R$ 350,00, chão 19” R$ 800,00

Meios de Transmissão

- **O Par Trançado em LANs custo R$**



Meios de Transmissão

- **O Par Trançado em LANs**
  - Foram padronizadas duas categorias de pares trançados:
    - *Shielded Twisted Pair* (STP),
    - *Unshielded Twisted Pair* (UTP)
  - O *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE), definiu uma notação resumida segundo três parâmetros: ABC, onde :
    - A, é um número que indica a taxa de transmissão em Mbit/s
    - B, é o modo de transmissão (BASE para banda básica)
    - C, quando número, indica o alcance em centenas de metros, se letra, indica o tipo de meio (ex.: F - fibre, T - twisted pair, etc.).
      - **Assim por exemplo; 10BaseT, significa transmissão em banda base a 10 Mbit/s e par trançado.**

Meios de Transmissão

Padrão	Frequencia	Aplicação	Aplicações
EIA/TIA Categoria 1	0,4 MHz		Telefonia Analógica (4KHz) Telefonia Digital (64Kbit/s)
EIA/TIA Categoria 2	4 MHz		ISDN Dados (2,048Mbit/s) IBM 3270, 3X, AS 400
EIA/TIA Categoria 3	16 MHz		IEEE 10BaseT - Ethernet 10Mbit/s Token Ring 4Mbit/s
EIA/TIA Categoria 4	20 MHz		IEEE 10BaseT, Ethernet 10 Mbit/s Token Ring 4Mbit/s e 16Mbit/s
EIA/TIA Categoria 5	100 MHz	1000Base-T	IEEE 10BaseT e 100BaseT isolamento de *teflon*, proporcionou mais inume ao *cross-talk*. 100 m.
EIA/TIA Categoria 5E	100 MHz	1/2,5GBase-T	100 Mhz (melhora no cross-talk)
EIA/TIA Categoria 6	250 MHz	5/10GBase-T	10GBASE-T a 55 metros. ISO/IEC 11801 2nd Ed. (2002), ANSI/TIA 568-B.2-1.
EIA/TIA Categoria 6A	500 MHz	5/10GBase-T	10GBASE-T a 100 metros. ANSI/TIA-568-C.1 (2009)
Categoria 7	600 MHz		Não padronizado pela EIA/TIA.
Categoria 7A	1000 MHz		Não padronizado pela EIA/TIA.
EIA/TIA Categoria 8/8.1	2000 MHz	25/40GBase-T	ANSI/TIA-568-C.2-1, ISO/IEC 11801-1:2017 25GBASE-T / 40 GBASE-T
Categoria 8.2	2000 MHz	25/40GBase-T	ISO/IEC 11801-1:2017 25GBASE-T / 40 GBASE-T

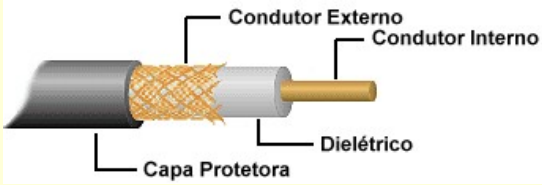
Meios de Transmissão

- Ethernet Alliance https://ethernetalliance.org/
  - 2024 Roadmap
    - 2024 Roadmap – Digital Version
    - 2024 Roadmap – Side 1 (for print)
    - 2024 Roadmap – Side 2 (for print)
      - **Redes Ethernet em todo lugar. Ethernet Is Everywhere.**

151

Meios de Transmissão

- ***Cabo coaxial***

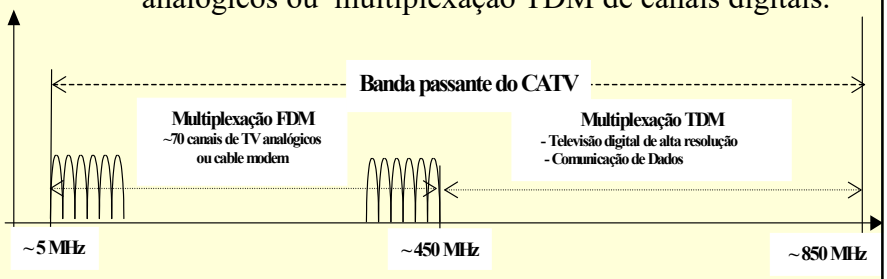


  - O cabo coaxial foi um dos meios mais utilizados em Redes Locais até o início dos anos 90
    - **Coaxial grosso** - usavam conectores do tipo vampiro, também eram chamados de *yelow cable*
    - **Coaxial fino** - usam os conectores T que são mais comum e mais baratos, estes tipos de cabos ainda são encontrados em algumas instalações de redes locais.

152

Meios de Transmissão

- ***Cabo coaxial***
  - **Cabo coaxial de banda larga (CATV)**
    - *Community Antenna TV,* Nesta tecnologia é utilizado um cabo coaxial de banda larga com passante da ordem de 850 MHz, que utiliza multiplexação FDM de canais analógicos ou multiplexação TDM de canais digitais.



Meios de Transmissão

- ***Cabo coaxial***
  - A **multiplexação FDM do CATV**, ocupa geralmente a porção inferior da banda e se estende de **5MHz a 450 MHz**, onde são encontrados **principalmente <u>canais de TV analógicos, de 6 MHz</u>**, canais de rádio FM estéreo de 50KHz, canais de rádio AM de 10 kHz e mesmo canais de voz de 4 kHz.
  - A **multiplexação TDM** de canais digitais ocupa geralmente a porção superior da banda, que vai de **450 MHz até 850 MHz** . As aplicações aqui variam desde canais de dados tipo E1 ou E3, redes metropolitanas (MAN), até previsão para tráfego dos canais de televisão digital de alta resolução.

Meios de Transmissão

- ***Cabo coaxial***
  - A comunicação de dados em cabos CATV ainda se encontra em um estágio inicial. Os dispositivos para viabilizar comunicação de dados de usuário por CATV, são conhecidos como *cable modems*, operam numa banda de 6 MHz (canal de TV analógico), e oferecem taxas que variam de 10 a 40 Mbit/s, de forma partilhada para aproximadamente mil usuários por canal.
  - O que significa um cabo:
    - **10Base2**
    - **10Base5**

Meios de Transmissão

- ***Cabo coaxial - cable Modem***
  - ***Brasil***
    - Histórico brasil (anos 2010)
    - Velocidade 256 Kbit/s -> R$ 68,00 / mês / 4 anos
      - instalação - R$ 350 com placa de rede R$ 250 sem placa
      - provedor - R$ 35 - limite de 1 GB de download

Vel. 3 Mbit/s	500 Kbit/s	30 GB	R$ 84,90/mês
Vel. 6 Mbit/s	600 Kbit/s	60 GB	R$ 119,90
Vel. 12 Mbit/s	800 Kbit/s	90 GB	R$ 219,90

Velocidade x Preço – Anos 2010-2012

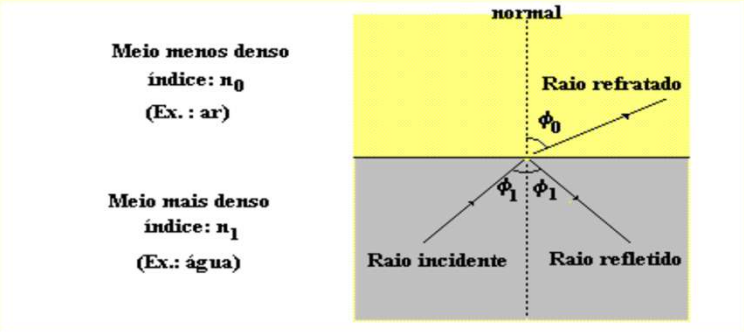
	download	upload	franquia	custo
20 Mega	20	1	80	R$ 449,90
10 Mega	10	1	70	R$ 249,90
5 Mega	5	1	60	R$ 89,90
3 Mega	3	750Kbit	50	R$ 69,90

Download (03/2012)	Upload	Franquia	Valor	Tecnologia
100	10		499,90	Fibra
60	6	120 GB	349,90	
50	5	GB	299,90	VDSL2
35	3	GB	99,90	VDSL2
15	1		84,90	ADSL2+
10	1		74,90	ADSL2+

157

Meios de Transmissão

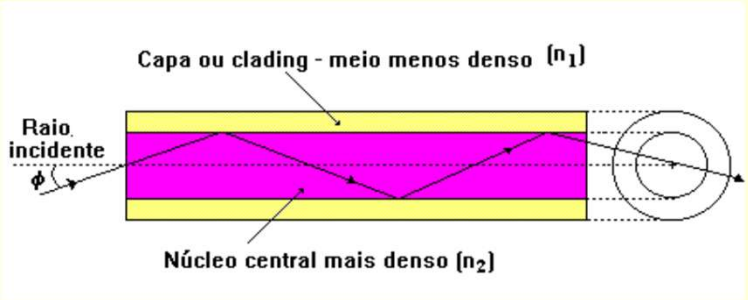
- ***Fibra Ótica***
  - Normalmente são feitas de Vidro (sílica - SiO2) ou em plástico.
  - São compostas basicamente por 3 camadas concêntricas: ***Núcleo***, ***casca*** e ***Jaqueta***.



158

Meios de Transmissão

- ***Fibra Ótica***
  - A física mostra que existe um **ângulo Øc,** chamado **<u>ângulo crítico</u>**, tal que, qualquer ângulo de incidência **Ø**1, com **Ø**1 <= **Øc**, não haverá raio refratado, ou seja , o raio será totalmente refletido de volta no limite entre os dois meios.



Meios de Transmissão

- ***Fibra Ótica,*** Tipos :
  - **Multimodo** - Vários feixes de luz podem entrar na fibra em diferentes ângulos de incidência e se propaguem através de diferentes caminhos pela fibra. Núcleo de 50 a 100 microns de diâmetro.
  - **Monomodo com índice gradual** - o diâmetro do núcleo é reduzido de 8 a 10 microns, que permite transmissões até de Gbit/s a grandes distâncias (30 Km). A fibra atua como um guia de ondas permitindo apenas a propagação de um único modo de luz paralelo ao eixo, isto devido ao pequeno tamanho do núcleo.

Meios de Transmissão

- ***Fibra Ótica***

Tipo de Fibra	Capacidade de Transmissão C_T [Hz.Km]	Diâmetro ϕ [μm]
Multimodo degrau	15 - 25 MHz.Km	100 a 200
Multimodo índice gradual	~400 MHz.Km	50 a 100
Monomodo	~1000 GHz.Km	2 a 10

Meios de Transmissão

- ***Fibra Ótica, Vantagens*** :
  - ✓ maior segurança, por serem sinais de luz e não elétricos
  - ✓ maior confiabilidade, devido a imunidade a interferência elétrica
  - ✓ maior largura de banda, da ordem de 30 GHz, obtendo velocidades de mais de Gbit/s por dezenas de Km
  - ✓ Apresenta/apresentava desvantagem no custo:

Meios de Transmissão

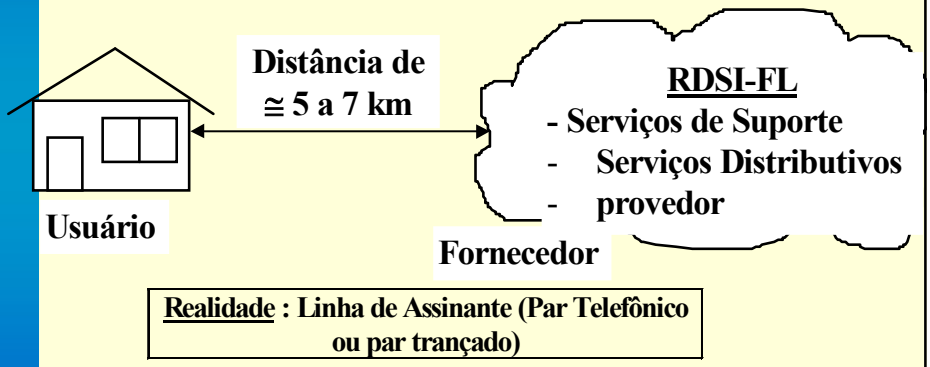
- **Fibra Ótica, custo de instalação** :

jan/10	Qtd.	valor unit	sub. Total	
fibra 4 fibras SM	100,00	4,00	400,00	
terminador otico 6 fibras	2,00	54,00	108,00	
emenda 1 fibra	8,00	35,00	280,00	
cordao otico 2,5 m par	2,00	120,00	240,00	
conversor de midia 10/100 Mbit/s	1,00	390,00	390,00	
Tranceiver ST/AUI 10/100 Mbit/s	1,00	350,00	350,00	custo metro
Total sem tubulacao e mão de obra para instalacao da fibr			1.768,00	17,68

- Cabo óptico 36 FO SM 9x125 microns R$ 18,20 metro (2005)
- Cabo óptico 6 FO MM R$ 4,90 metro (2010)

Meios de Transmissão

- **PROBLEMA : Como fazer chegar os serviços ao Usuário com altas taxas**



Realidade : Linha de Assinante (Par Telefônico ou par trançado)

- **Solução mais Óbvia : Fibra ÓTICA !**

Meios de Transmissão

- **Não é a melhor solução pelos motivos que se seguem:**
  - ✓ bilhões de dólares de fios de cobre haviam sido enterrados e não poderiam ser simplesmente jogados fora,
  - ✓ a implantação de enlaces de fibra ótica exigiriam investimentos bilionários que a maioria das companhias não dispõem,
  - ✓ o tempo necessário para implantar esta nova infraestrutura levaria em torno de 10 a 20 anos que seria muito demorado
  - ✓ **Qual a Solução então ?**

165

Meios de Transmissão

SOLUÇÃO ! ☺

- **REAPROVEITAMENTO da LINHA de ASSINANTE.**
- **Utilização de processamento Digital de Sinais para conseguir taxas adequadas aos novos serviços. Técnicas que se destacam neste enfoque são:**
  - **xDSL (ADSL, HDSL, SDSL ou VDSL), somente par de assinante.**

166

Meios de Transmissão - **xDSL**

- **A Tecnologia xDSL**
  - Surgiu na metade da década de 90 com o *High-bit-rate Digital Subscriber Loop* (HDSL).
  - Utiliza a atual infraestrutura de fios de cobre, pode ser instalada em um dia! Ao contrário de semanas como os links (E1/T1).
  - Utiliza técnicas avançadas de Processamento Digital de sinais (DSP) e algoritmos de codificação, modulação e entrelaçamento dedicados.

Meios de Transmissão - xDSL,

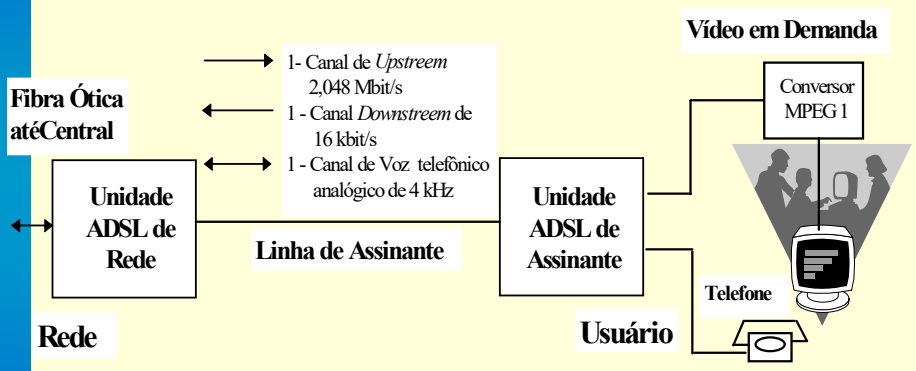
- **A Família de tecnologias xDSL (ADSL, HDSL, SDSL, VDSL)**
  - ✓ **HDSL - *High-bitrate Digital subscriber Loop* :** Fornece comunicação duplex em um ou dois pares de assinante com taxa T1 (1,544Mbit/s) ou E1 (2,048Mbit/s). A tecnologia **HDSL** atualmente fornece a solução mais rápida e de menor custo para canais digitais E1/T1 a nível de usuário com qualidade comparável à de fibra ótica.

Meios de Transmissão - xDSL

- **A Família de tecnologias xDSL (ADSL)**
  - **ADSL** ***-Asymmetric Digital Subscriber Loop :*** Foi desenvolvida com o objetivo de fornecer serviços multimídia interativos ao assinante como voz e vídeo. **ADSL** utiliza três canais de frequências diferentes; um canal de voz de 4 kHz para telefonia, um canal *upstreem* (sentido rede usuário) e um canal *downstreem* (sentido usuário rede),
    - mensalidade (R$ 109 - 120,00 para 10 Mbit/s) (fonte 2011)
    - aluguel do modem (R$ 10,00 /mês)
    - taxa para o provedor (R$ 9,00)

Meios de Transmissão - xDSL

- **ADSL**



Esquema de funcionamento do ADSL

Meios de Transmissão - xDSL

- **A Família de tecnologias xDSL (SDSL)**
  - **SDSL - *Symmetric Digital Subscriber Loop ou também Single Digital Subscriber Loop :*** Fornece tráfego bidirecional (duplex), simultâneo de voz e dados em altas taxas, que vão desde 160 kbits/s até 2,048 Mbit/s. **SDSL** junto com **ADSL** aliviam o congestionamento na rede de tráfego de voz. Ambos, voz e dados, não passam pela rede de comutação de circuitos como é feito atualmente com os modens analógicos e os serviços **ISDN**. Ao contrário, as companhias telefônicas poderão rotear o tráfego de voz para a rede de comutação de circuitos e os dados para a rede de comutação de pacotes.

Meios de Transmissão - xDSL

- **A Família de tecnologias xDSL (VDSL)**
  - **VDSL - *Very-high-bit-rate Subscriber Loop:*** Nesta tecnologia a taxa do usuário é variável e aumenta de acordo com a distância do mesmo até a central. Na Tabela a seguir são apresentadas as taxas típicas, atingidas em função da distância do usuário até a sua central de assinante.

Meios de Transmissão - xDSL

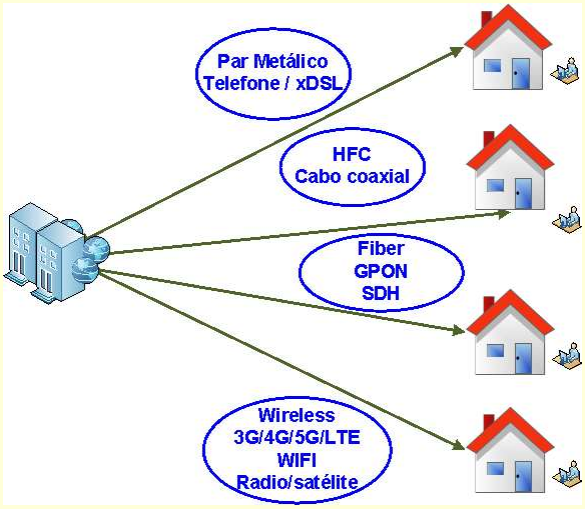
- **Tabela - Características das principais tecnologias xDSL**

Tipo *Loop*	Nome	Designação	Distância Limite	Pares de fios	Taxa Down-stream	Taxa Up-stream
Simé-trico	SDSL	*Symmetric DSL*	5,5 km	1	384 kbit/s	384 kbit/s
	HDSL	*High bit rate DSL*	5,5 km	4	768 kbit/s	768 kbit/s
	HDSL2	*High bit rate DSL tipo 2*	5,5 km	2	768 kbit/s	768 kbit/s
	UDSL	*Unidirectional high bit rate DSL*	5,5 km	2	384 kbit/s	384 kbit/s
	IDSL	*ISDN DSL*	5,5 km	2	128 kbit/s	128 kbit/s
Assi-métrico	ADSL	*Asymmetric DSL*	5,5 km	2	1,5 a 8 Mbit/s	16-640kbit/s
	DSLLite	*DSL Lite/Consumer DSL*	5,5 km	2	1,5 Mbit/s	128 kbit/s
	RADSL	*Rate Adaptative DSL*	3 a 4,5 km	2	0,768 a 2 Mbit/s	384 a 640 kbit/s
	VDSL/ BDSL	*Very high bit rate DSL ou Broadband DSL*	300m a 1,5 km	2 a 4	13 a 70/ Mbit/s	1,5 a 16 Mbit/s
	VDSL 2	(ITU-T G.993.2 Approved in February 2006 - 30 MHz			100 Mbit/s	

Meios de Transmissão - xDSL

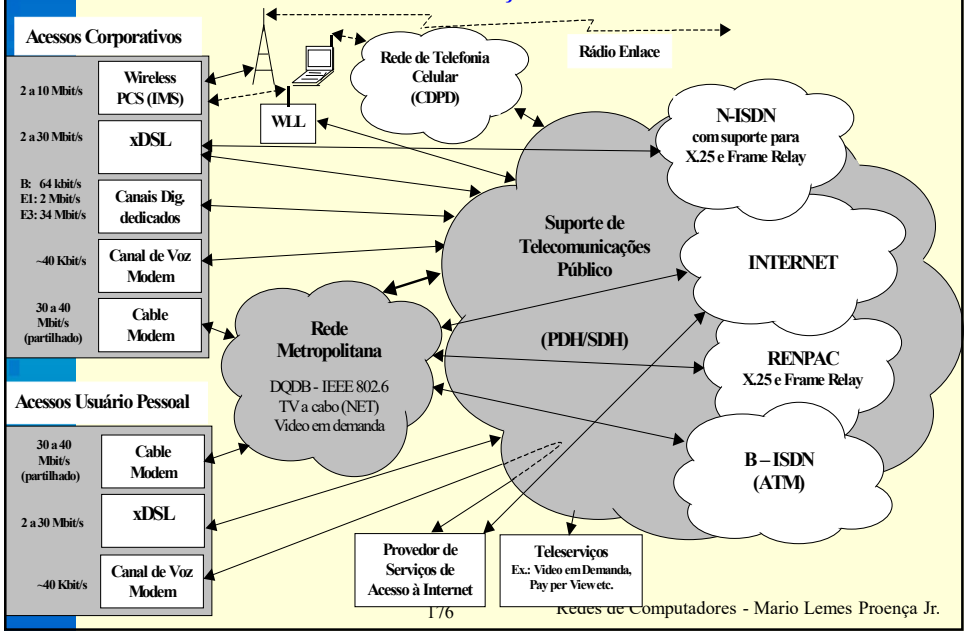
- ✓ ADSL2 (ITU G.9923 e G9924)
- ✓ ADSL2+ (ITU G.9925)
  - ✓ Maior largura de banda
  - ✓ Melhora na transmissão
  - ✓ 24 Mbit/s
  - ✓ Possibilita serviços integrados (triple play)
    - ✓ Dados em alta velocidade
    - ✓ Internet Protocol Tv
    - ✓ VoIP

Acessos de Usuário ao suporte público de Comunicação de Dados



175

Acessos de Usuário ao suporte público de Comunicação de Dados



176

Tecnologias de acesso à Internet

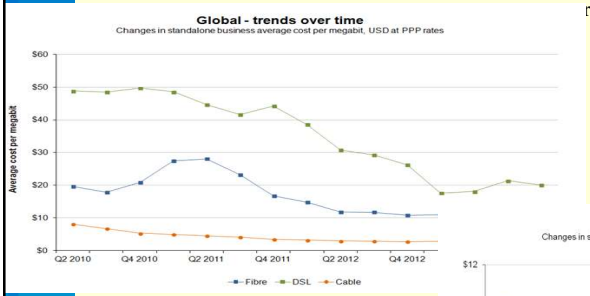
Tecnologia		Taxa Transmissão	Distância
xDSL	ADSL	8 Mbit/s	3 a 5 Km
	ADSL2 +	24 Mbit/s	4 Km
	VDSL	24 Mbit/s	330 metros
	VDSL2	13 a 52 Mbit/s	500 metros
Fibra óptica	SDH	155 Mbit/s a 10 Gbit/s	
	GPON (ITU-T G.984)	2,5 / 1,25 Gbit/s / assimétrico	20 Km
	xGPON (ITU-T G.987)	10 / 2,5Gbit/s / assimétrico	60 Km
	XGS-PON	10 Gbit/s / simétrico	
	Metro Ethernet	10 Mbit/s a 100 Gbit/s	
3G	3G	7,2 Mbit/S	
	HSPA	14,3 Mbit/s	
	LTE	21 Mbit/s	
4G	LTE advanced	100 Mbit/s a 1Gbit/s	
5G		até 10 Gbit/s	

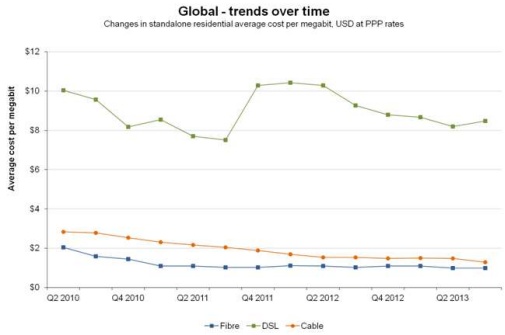
Tecnologias de acesso à Internet

- xDSL = rede metalica de telefonia
  - x Digital Subscriber Line
- HFC = rede coaxial tv a cabos
  - Hybrid Fiber-Coax Network
- FTTH = nova rede óptica
  - Fiber-to-the-home
  - Banda infinita. (HDTV 15 Mbit/s – Mpeg-2)

Tecnologias de acesso à Internet

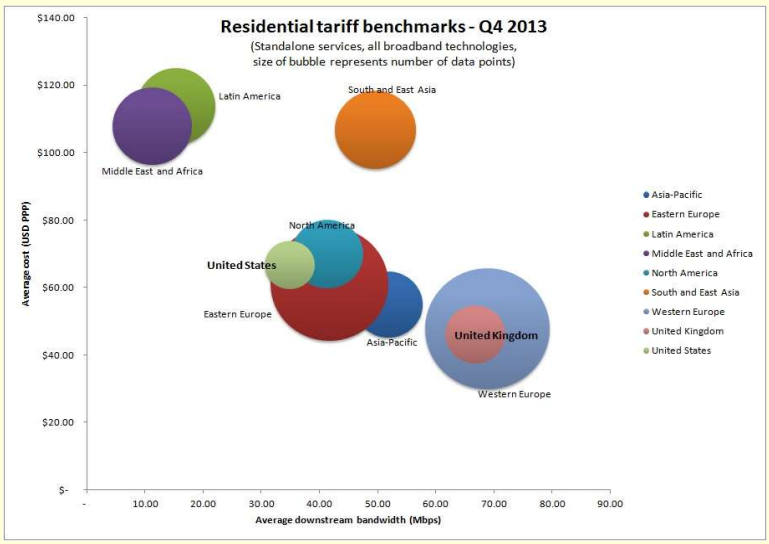
- Fonte Point-topic.com Broadband tariff trends over time





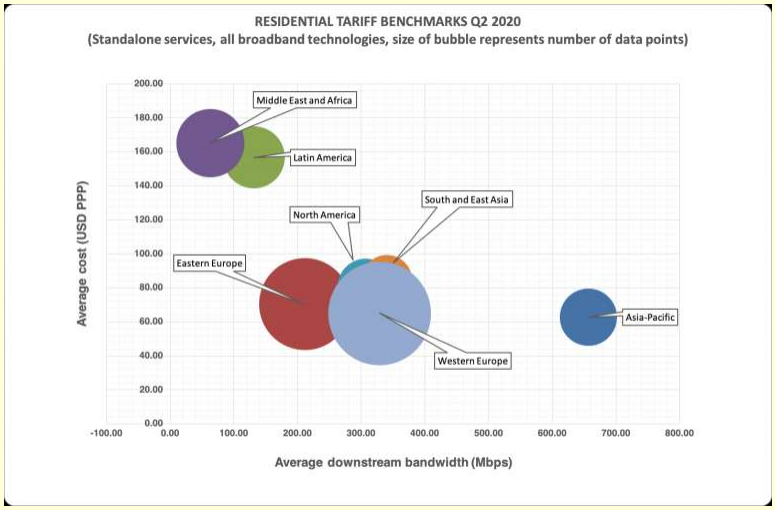
Tecnologias de acesso

- Fonte Point-topic.com Broadband tariff trends over time



Tecnologias de acesso

- Fonte Point-topic.com Broadband tariff trends over time



Meios de Transmissão - Wireless

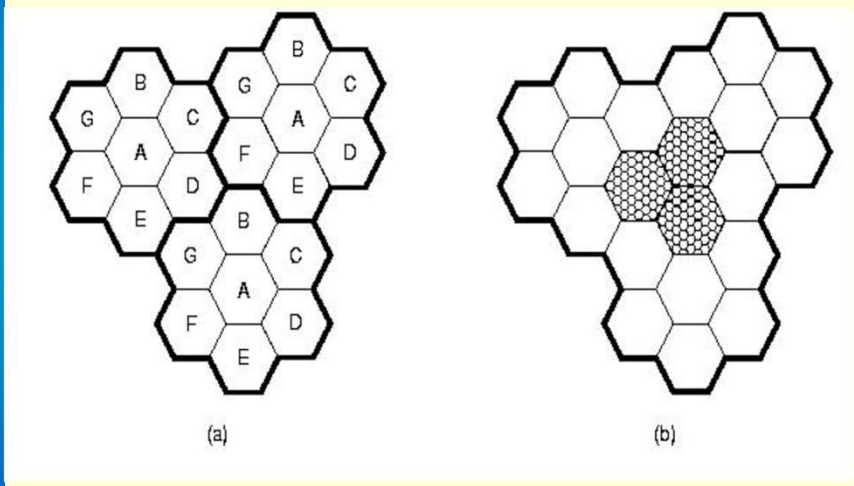
- Necessidade de Mobilidade -> Wireless Transmission
- A transmissão sem fio é baseada na propagação de ondas eletromagnéticas no espaço livre. É controlada pelo setor ITU-R do ITU, responsável pela padronização de comunicação via rádio à nível mundial. Nos EUA o *Federal Communications Commission* (FCC) é o órgão de padronização e controle e no Brasil a Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL) exerce este papel.
- Transmissão via Rádio - Frequências baixas
- Microondas - altas frequências (GHz)
- Satélites - de 3 à 30 GHz

Meios de Transmissão - Wireless

- **Transmissão Celular - AMPS analógico**
  - Pequenas células, baixa potência 0,6 a 3 watts,
  - Freqüência 824 à 849 (transmissão) e 869 a 894 (recepção), 832 canais de 30 kHz.
  - Brasil e EUA -> O sistema é divido em banda A e B,
  - Atualmente em transição para tecnologia Digital, que tem duas concorrendo **:**
    - **TDMA**
    - **CDMA**
    - **CDMA 2000**
      - **taxas de 144 Kbit/s contra 9600 atuais**

Meios de Transmissão - Wireless

- **Transmissão Celular - AMPS**



Meios de Transmissão - Wireless

- Bandas de Telefonia celular
  - 850 MHz, bandas A e B (antigas)
  - 900 MHz, GSM
  - 1.700 e 1.800 MHz, bandas D, E e subfaixas GSM
  - 1.900 e 2.100 MHZ sistemas 3G
  - 2.500 MHz e 700 MHz sistemas 4G/LTE Brasil
  - 700, 800, 900, 1.700, 1.800, 1.900, 2.100 e 2500 para o 5G

Meios de Transmissão - Wireless

- **Satélites - Algumas propriedades importantes:**
  - Uma propriedade importante dos satélites é que são um meio para *broadcast.*
  - custo para se transmitir um sinal de uma lado da rua para outro é o mesmo para transmiti-lo do outro lado do oceano.
  - Um problema dos satélites é a segurança, qualquer um com uma antena pode receber o sinal, uma solução é a criptografia.

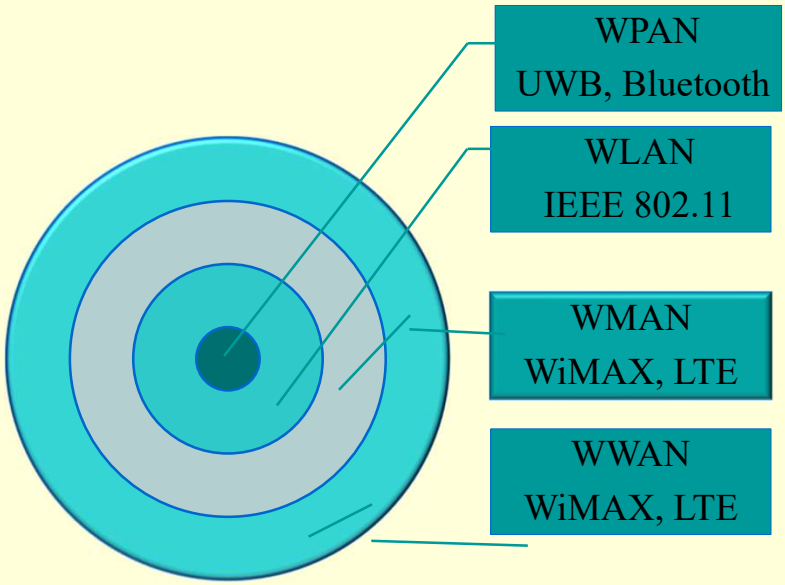
Meios de Transmissão - Wireless

- **Satélites - Algumas propriedades importantes:**
  - sinal elétrico e as ondas vindas dos satélites trafegam a velocidade da luz, aproximadamente 300.000 km/segundos, o tempo de propagação de um link de micro-ondas terrestre é de +- 3 µseg/km, enquanto que em uma fibra ou cabo coaxial o tempo é de 5 µseg/km. Nos satélites o tempo de propagação do sinal até a terra e vice versa é relativamente grande devido à grande distância envolvida, este tempo é da ordem de 300 milissegundos.
  - Os satélites de comunicação ficam em uma orbita geoestacionária a aproximadamente 35.800 km.

Meios de Transmissão - Wireless

- **Satélites - Algumas propriedades importantes:**
  - Faixas de Frequência
    - C 4,0 6,0 GHz
    - Ku 12,0 18,0 GHz
    - Ka 26,0 40,0 GHz
    - ...
    - D 110 170 GHz
- Teleporto é uma estrutura que abrange desde a contratação do segmento espacial até a instalação dos equipamentos que integram a estação terrena de comunicação, onde é monitorado e gerenciado o trafego de dados de todos seus clientes.

Meios de Transmissão - Wireless



Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- Rede Sem Fio IEEE 802.11
  - https://www.ieee802.org/11/
- Rede Wi-Fi – Wireless Fidelity
  - The Wi-Fi Alliance is a nonprofit **international association formed in 1999 to certify interoperability of wireless Local Area Network products based on IEEE 802.11** - https://www.wi-fi.org/

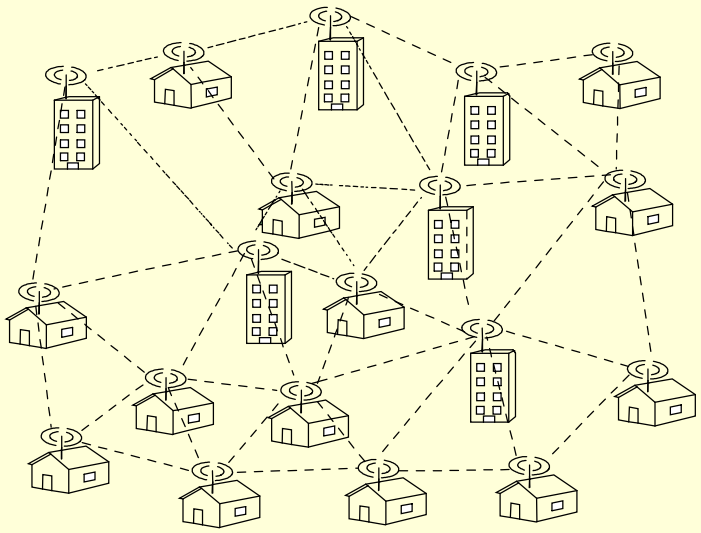
Meios de Transmissão – Wireless 802.11

Padrão IEEE	Geração	Velocidade Máxima	Frequências GHz	Canais MHz	Ano
802.11be	7	46,4 Gbit/s	2,4, 5 e 6	20, 40, 80, 160, 320	2023/2024
802.11ax	6, 6E	9,6 Gbit/s	2,4 e 5	20, 40, 80, 160	2019/2021
802.11ac	5	6,9 Gbit/s	2,4 e 5	20, 40, 80	2013
802.11n	4	600 Mbit/s	2,4 e 5		2009
802.11g	3	54 Mbit/s	2,4		1999/2003
802.11b	2	11 Mbit/s	2,4		1999
802.11a	1	54 Mbit/s	5		1997

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **IEEE 802.11**
  - Padrão do IEEE para redes locais sem fio operando até 54 Mbit/s.
    - 802.11a (54 Mbit/s 5 GHz),
    - 802.11b (11 Mbit/s 2.4 GHz),
    - 802.11g (54 Mbit/s 2.4 GHz)
  - Interoperabilidade
  - Na faixa de 2,4 GHz.
  - Revolução na computação permitindo mobilidade e computação em qualquer lugar, computação ubíqua.

Meios de Transmissão – Wireless 802.11



193

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- IEEE 802.11n
  - Multipe Input, Multiple Output (MIMO)
  - Chamada também de 802.11 G turbinada
  - Método de transmissão – MIMO-OFDM
  - Faixa de 2,4 ou 5 GHz
  - Taxas de 65 a 300 ou 600 Mbit/s nos Aps 4x4 (transmitem 4 fluxos)!!! ???

194

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **IEEE 802.11ac**
  - 01/2014
  - 5ª geração do wi-fi !!!
  - Opera em 5 GHz e 2.4 GHz (utilizada no n tem muita competição)
  - Utilizar canais de 80 MHz contra 40 MHZ na **802.11n**
  - Melhoria no esquema de modulação até 4x melhor
  - A promessa é que fique melhor que o Giga no cabo

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **IEEE 802.11ac**
  - http://www.ieee802.org/11/Reports/tgac_update.htm
  - http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac
- **Produtos**
  - Google https://on.google.com/hub/#specs
  - Roteadores http://www.engadget.com/tag/802.11ac/
  - Netgear http://www.netgear.com/landing/80211ac/
  - Cisco http://www.engadget.com/2012/06/26/cisco-rolls-its-first-linksys-802-11ac-wifi-router-and-bridge/
  - Apple http://www.apple.com/macbook-air/specs.html
  - HP http://store.hp.com/us/en/pdp/business-solutions/hp-probook-440-g2-notebook-pc-p-l8d96ut-aba--1#!&TabName=specs

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **6ª geração do WIFI o IEEE 802.11ax**
  - ✓ **Opera em 2,4 e 5 GHz. Velocidade de até 9,6 Gbit/s**
  - ✓ **Utiliza OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)**
  - ✓ **beamforming : direciona o sinal para à estação evitando desperdícios.**
  - ✓ **Multiple Input, Multiple Output (MIMO) (8 x 8)**
  - ✓ **Multi-User-Multiple-Input Multiple-Output (MU-MIMO).**
  - ✓ **Target Wake Time (TWT) makes communication between your devices and your router's Wi-Fi channels more efficient.**
  - ✓ **https://standards.ieee.org/project/802_11ax.html**
  - ✓ **WI-FI 6E**

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **Evolução da 6ª geração do WI-FI o WI-FI 6E**
  - ✓ **Além das faixas 2,4 GHz, 5 GHz, opera na nova faixa de 6 GHz proporcionando 1.200 MHz adicionais de largura de banda.**
  - ✓ **14 canais de 80 MHz e 7 canais de 160 MHz adicionais aos canais de 20 e 40 MHz.**
  - ✓ **mais de 18 Bilhões de devices em uso e vendas de 4,4 bilhões em 2022 segundo** https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-2022-wi-fi-trends

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **Produtos AX**
  - https://www.tp-link.com/us/wifi-6e/
  - https://tp-link.com/us/wifi6/best-wifi6-router/
  - https://www.tp-link.com/us/home-networking/wifi-router/
  - Ruckus
    - https://www.commscope.com/ruckus/
    - https://www.commscope.com/product-type/enterprise-networking/wireless-access-points/indoor/
  - HP
    - https://www.hpe.com/us/en/products.html (Networking)
  - CISCO
    - https://www.cisco.com/c/en/us/index.html

Meios de Transmissão – Wireless 802.11

- **7ª geração do WIFI o IEEE 802.11be**
  - ✓ Irá operar em 2,4, 5 e 6 GHz ???
  - ✓ Velocidade teórica esperada de até 46 Gbit/s !?
  - ✓ Canais de 20, 40, 80 160 e 320 MHz
  - ✓ Serviços como AV/VR, streaming de 4k e 8k, cloud, gaming, vídeo and automotive applications,
  - ✓ Expectativa para 2023/2024
  - ✓ https://standards.ieee.org/project/802_11be.html

Meios de Transmissão - Wireless

- IEEE 802.16d/e point-to-multipoint WAN (WiMax)
  - Worldwide interroperability for Microwave Acess) opera na faixa de 3.5 Ghz e 5,8 GHz
  - 75 Mbit/s a distancias de até 50 Km
  - 802.16/e acessar dados em movimento
- http://standards.ieee.org

Meios de Transmissão - Wireless

- Padrão IEEE 802.20
  - MBWA - *Mobile Broadband Wireless Access*
  - Transmissão de dados com mobilidade, permitindo acesso a dados em velocidade de até 250 km/h
  - Para não competir com 3G e nem 802.16 restrito a acessos em veículos
- Padrão IEEE 802.22
  - WRAN – *Wireless Regional Area Network*).
  - O objetivo é cobrir as áreas rurais e remotas onde se encontra uma baixa densidade populacional, oferecendo acessos de banda larga.
  - Frequências usadas de 54 MHz a 698 MHz.

Meios de Transmissão - Wireless

- WPAN IEEE 802.15 para WPAN
  - Objetivo é conectar dispositivos como mouse, teclado, impressora e outros periféricos aos computadores
- **Bluetooth**
  - Tecnologia de rádio visando a simplificação entre equipamentos ou dispositivos de rede.
  - 3Com, Agere, Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia and Toshiba. https://www.bluetooth.org/
  - IEEE 802.15.1baseado no bluetooth

Meios de Transmissão - Wireless

- **Bluetooth**

Versão	Taxa de Transmissão	Alcance	Ano
Versão 1.x	1 Mbit/s	10m	1988
Versão 2.0	3 Mbit/s	10m	2004
Versão 3.0	24 Mbit/s	10m	2009
Versão 4.0, 4.1, 4.2	25 Mbit/s	50m	2010, 2013, 2014
Versão 5.0, 5.1, 5.2, 5.3	50 Mbit/s	200m	2016, 2019, 2020, 2021

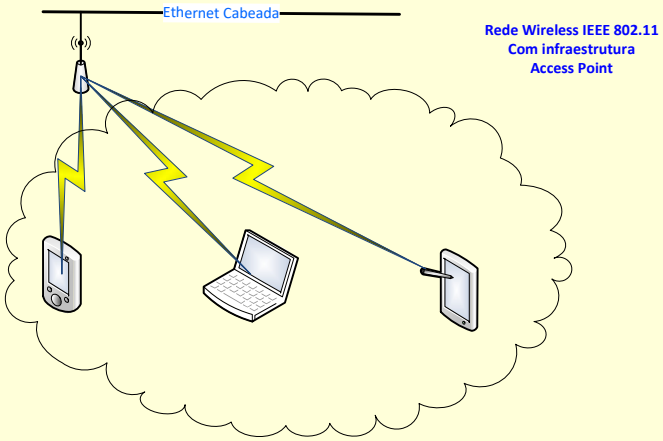
Meios de Transmissão - Wireless

- **IEEE 802.15.3.a (UWB)**
  - Envia sinais em GHz
  - 100 a 300 Mbps
- **IEEE 802.15.4 (ZigBee)**
  - Motorola, Philips e outras companhias.
  - 250Kbps até 75 m.

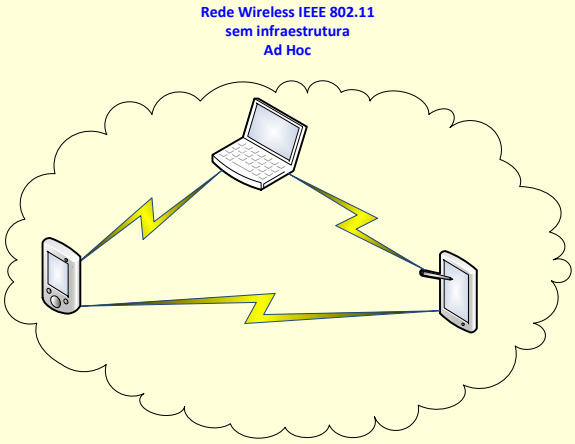
Meios de Transmissão - Wireless

	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
Freqüências	2.4GHz and/or 5GHz	2.45GHz	915MHz (US) 868MHz (EU) 2.4GHz (global)
Canais	16 @ 2.4GHz 80 @ 8GHz	79	10 @ 915MHz 26 @ 2.4GHz
Alcance (interno)	70m	Class 1 = 100m Class 2 = 10m Class 3 = 1m	20m
Alcance (externo)	160m	100m	100m
Vel. Transmissão	11 Mbps a 4,8 Gbit/s	1 a 50Mbit/s	250Kbps
Sinalização	DSSS	Adaptive FHSS	DSSS
Fonte força	Wired	Battery / Wired	Battery / Wired
Usos	Cable replacement, large data transfer, networking	Short distance cable replacement	Monitoring and controlling
	FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) – Os dados são transmitidos em um único canal por vez, podendo ser trocado constantemente e de forma muito rápida. **DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum) – Os dados são transmitidos simultaneamente sobre todos os canais disponíveis.		
Vantagens	• **Baixo custo** – Os equipamentos tem custo baixo e apresentam vantagens sobre instalar rede cabeada (canaletas, dutos, etc..) • **Longevidade** – Os sensores e equipamentos para transmissão e recepção são feitos para ambientes externos e preparados para condições adversas, por isso tem maior longevidade • **Fácil configuração –** A maioria dos equipamentos de wireless são plug-and-play, fáceis de configurar e instalar.		

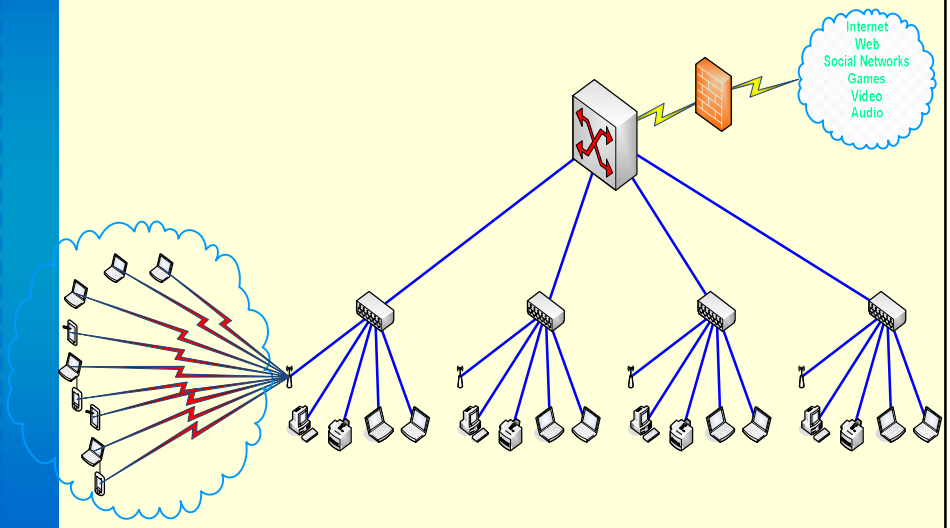
Meios de Transmissão - Wireless



Meios de Transmissão - Wireless



Meios de Transmissão - Wireless



Equipamentos de Redes

- Placa de rede (Atua no nível 1)
- Repetidor (Atua no nível 1)
- Ponte (Atua nos níveis 1 e 2)
- Hub ou concentrador (Nível 1)
- Switch (Níveis 1, 2 e 3)
- Roteador (Níveis 1, 2 e 3)
- Gateway (Níveis 1, 2, 3 e 4)

Sistema Telefônico

- Telefônicas foram criadas para o transporte de voz humana, sem grande precisão. Isto faz com que a transmissão de dados neste meio fique prejudicada.
- **Canal de voz** é o meio de comunicação que somente garante transportar um sinal elétrico que esteja contido na faixa de voz (300 a 3.400 Hz).
- Atualmente cada telefone tem 2 fios ligados diretamente com a central telefônica, isto é chamado de ***local loop***, se todos os ***local loop*** fossem estendidos um atrás do outro daria para ir e voltar 1000 vezes até a lua.

Sistemas de Comunicação Digitais PDH

- Os Sistemas de Comunicações Digitais atuais, integram técnicas de transmissão e comutação digitais, por isto também são chamados de **Rede Digital Integrada (RDI).** Estes sistemas digitais são o pré-requisito para a implementação da moderna **Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI).**
- Sistema de Multiplexação Associado chamado de Hierarquia de Multiplexação Digital, é conhecida como **PDH, (*Plesyochronous Digital Hierarchy)*.**

Sistemas de Comunicação Digitais
PDH

Hierarquia Digital Plesiócrona PDH								
Hierarquia Digital Européia			Hierarquia Digital Americana			Hierarquia Digital Japonesa		
Designação	Taxa [kbit/s]	Equival. Canal B	Designação.	Taxa [kbit/s]	Equiv. DS0	Designação	Taxa [kbit/s]	Equiv. Canal B
Canal B	64	-	DS0	64	-	Canal B	64	-
E1	2.048	30	DS1	1.544	24	DS1	1.544	24
E2	8.448	128	DS1C	3.152	48	DS2	6.312	96
E3	34.368	512	DS2	6.312	96	J1	32.064	501
E4	139.264	2048	DS3	44.736	672	J2	97.728	1527
			DS4NA	139.264	2016			
			DS4	274.176	4032			

Sistemas de Comunicação Digitais
SDH

- Companhia Telefônica - Sistema próprio de TDM
- EM 1985 em Belcore surgiu o ***Synchronous Optical Network*** **(SONET)** e em 1988 o CCITT, atual ITU-T, lançou o ***Syncronous Digital Hierarchy*** **(SDH)**
- Era preciso unificar os sistemas digitais dos EUA, Europa e Japonês. Todos eram baseados em canais PCM de 64 Kbit/s, mas com combinações diferentes entre si.
- Uma das velocidades básicas do ATM é 155 Mbit/s, isto é proposital, pois a intenção era que as células ATM fossem transportadas entre troncos SONET do tipo OC-3c.
- O SDH/SONET está sendo adotado como o suporte de transmissão para todas as técnicas modernas de transporte de dados fim a fim, como ATM, Frame Relay, FDDI e SMDS.

Sistemas de Comunicação Digitais
SDH

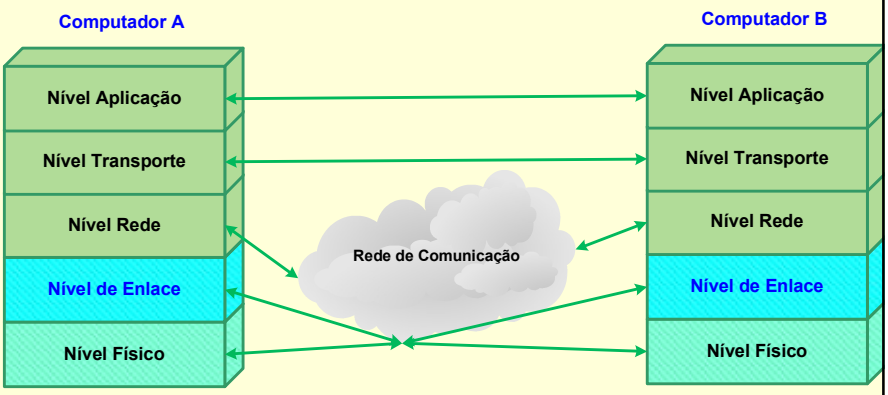
- Hierarquia Digital Síncrona SDH/SONET

Hierarquia Digital Síncrona SDH/SONET

Designação SONET (ANSI)	Nomenclatura ótica	Designação SDH (ITU-T)	Taxa [Mbit/s]	Taxa útil [Mbit/s]
STS-1	(OC-1)	-	51,84	50,112
STS-3	(OC-3)	STM-1	155,52	150,336
STS-9	(OC-9)	STM-3	466,56	451,008
STS-12	(OC-12)	STM-4	622,08	601,344
STS-18	(OC-18)	STM-6	933,12	902,016
STS-24	(OC-24)	STM-8	1244,16	1202,688
STS-36	(OC-36)	STM-12	1866,24	1804,o32
STS-48	(OC-48)	STM-16	2488,32	2405,376

Nível de Enlace

Redes e Internet Hoje



Nível de Enlace

- Nível 2 ou Data Layer ou Camada de Enlace, oferece serviços à camada de Rede:
  - **Conexão de Enlace**
  - **Sequenciação**
  - **Notificação de Erros**
    - Ack/ Nack, time out,
    - Paridade, FCS (Frame Check sequence), CRC
  - **Controle de Fluxo**
    - *Stop and wait*
    - *sliding window*

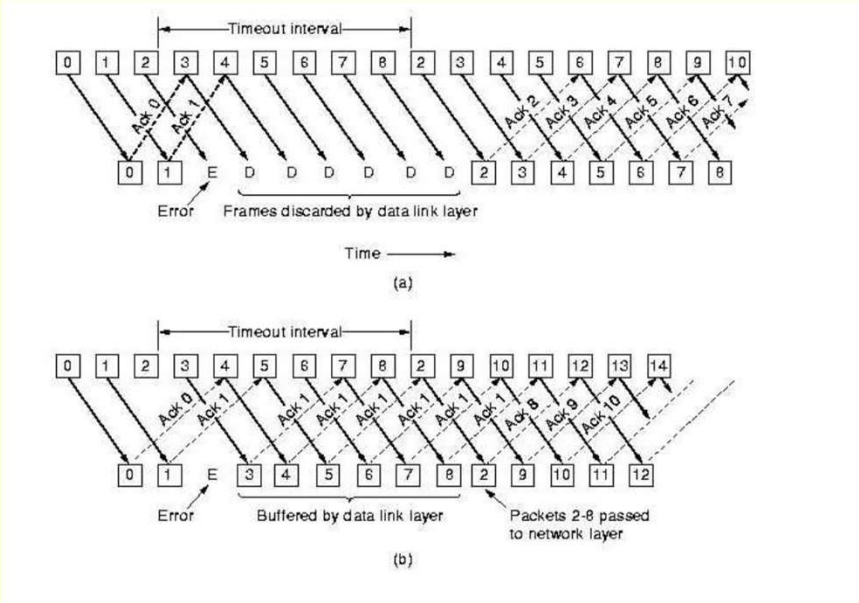
Nível de Enlace

- Funções Internas
  - **Estabelecimento e liberação de conexões**
  - **Compartilhamento do meio físico - subcamada MAC**
  - **Receber dados do nível de rede e dividi-los em frames**
  - **Receber bits do nível físico agrupá-los em frames**
  - **Delimitação e sincronização de quadros**
    - Character stuffing
    - Bit stuffing

Nível de Enlace

- Protocolos de Janela deslizante ou ***Sliding Windows***
  - É um mecanismo de controle de fluxo e otimização
  - Quem transmite tem um limite de quadros para enviar segundo um parâmetro L que estabelece sua janela de transmissão
  - Após o envio de L quadros sem receber nenhum ACK o transmissor interrompe o envio de quadros
  - A figura a seguir ilustra dois tipos de mecanismos de janela, na (a) os frames são descartados até que o da vez chegue e na (b) eles são armazenados em um buffer para serem reaproveitados, técnica chamada **Selective Repeat**

Nível de Enlace



Nível de Enlace - Protocolos

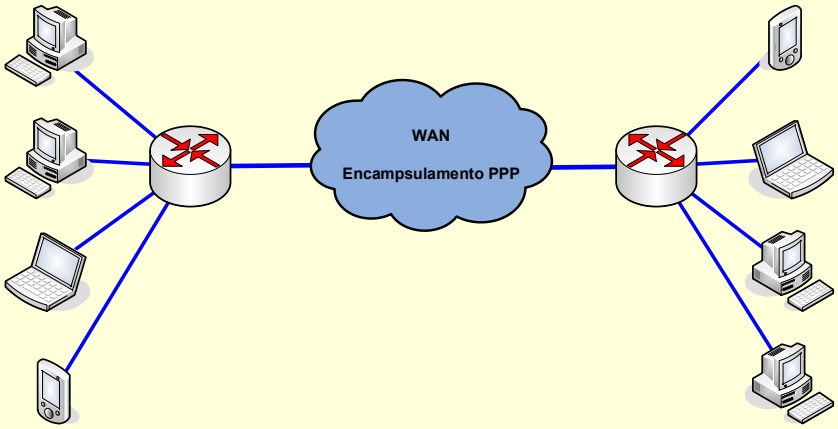
- Protocolo HDLC
  - O *High Level Data Link Control* (HDLC) foi padronizado pela ISO em 1979, ele é considerado o pai de todos os protocolos de nível 2.
    - Orientado a bit, início e fim de frame 01111110
    - Numero de sequência
    - CRC
  - A partir de sua generalidade foram definidos diversos protocolos de nível 2 para algumas arquiteturas de redes específicas, baseados em subconjuntos funcionais do HDLC.
    - LAP-B de redes X.25 (ex.: RENPAC),
    - LAP-D para redes ISDN,
    - LAP-M para modens inteligentes,
    - LLC (*Logical Link Control*) do IEEE-802.2 para redes locais

Nível de Enlace - Protocolos

- Protocolo para ligação ponto a Ponto PPP para Internet, desenvolvido pelo IETF, especificado pelas RFC 1661, 1662 e 1663
  - Suporta múltiplos protocolos
  - Detecção e correção de erros
  - Negociação e atribuição dinâmica de endereços IP
  - Autenticação
  - Usado no acesso DIAL UP do Windows
  - Configuração de enlace de dados e testes da qualidade do link
  - Multiplexação do protocolo de rede
  - negociações de compactação de dados

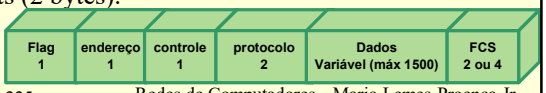
Nível de Enlace - Protocolos

- Usado para ligações ponto a ponto em links seriais.
- O PPP usa o High-Level Data Link Control (HDLC) como base para encapsular datagramas.



Nível de Enlace - PPP

- **Flag** - Indica o começo ou o fim de um quadro e consiste na sequência binária 01111110.
- **Endereço** - Consiste no endereço de broadcast padrão, que é a sequência binária 11111111. O PPP não atribui endereços de estações individuais.
- **Controle** - 1 byte que consiste na sequência binária 00000011, que requer a transmissão de dados do usuário em um quadro sem sequência. É oferecido um serviço de link sem conexão similar ao do Logical Link Control (LLC) Tipo 1.
- **Protocolo** - 2 bytes que identificam o protocolo encapsulado no campo de dados do quadro.
- **Dados** - 0 ou mais bytes que contêm o datagrama para o protocolo especificado no campo de protocolo. O tamanho máximo do campo de dados é de 1500 bytes.
- **FCS** - Normalmente 16 bits (2 bytes).



Nível de Enlace - IEEE 802 para LANs e MANs

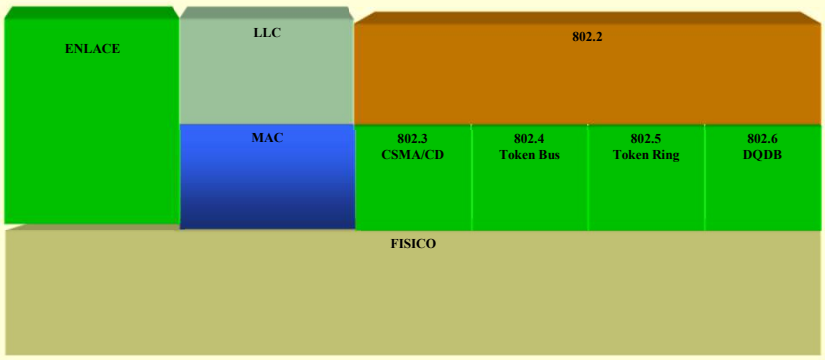
- Padrão IEEE 802 para LANs e MANs
  - O IEEE desenvolveu uma série de protocolos para redes locais conhecidos pela série 802. Estes padrões diferem em seus níveis físicos e sub-camada MAC, porem são semelhantes à nível de LLC. Os padrões IEEE 802 foram também adotados pela ANSI e pela ISO (ISO 8802).
  - A 802.3 é a rede Local mais antiga e popular da atualidade. Utiliza o conceito de acesso partilhado a um meio comum de 10/100/ Mbit/s e 1 /10 Gbit/s.
  - 90% das LANs mundiais são do tipo Ethernet.

Nível de Enlace - Protocolos

- ✓ Protocolo de Enlace para redes locais do IEEE 802.2
  - ✓ O nível de enlace foi dividido em dois subníveis: o subnível LLC que implementa as funções comuns do nível de enlace como controle de erro e fluxo, e o subnível MAC (*Medium Acces Control*), encarregado das funções específicas de acesso ao meio para cada tipo de tecnologia de rede local padronizada.

Nível de Enlace - IEEE 802

- 802.2 - Define a sub-camada superior do nível de enlace, chamada de *Logical Link Control* (LLC) em redes Ethernet
- 802.3 - Descreve o CSMA/CD
- 802.4 - Descreve o Token Bus
- 802.5 - Descreve o Token Ring



Nível de Enlace - IEEE 802

Grupo	Descrição
802.1	VLAN, Bridging, Spanning Tree
802.2	Subcamada LLC
802.3	Ethernet
802.4	Token Bus
802.5	Token Ring
802.6	Metropolitan Area Network
802.7	Broadband using coaxial cable
802.8	Fiber optic
802.9	Integrated Service on LAN
802.10	Security
802.11	Wireless LAN
802.12	100-VG-Any LAN
802.13	Não existiu !!
802.14	Cable modem
802.15	Wireless PAN – Bluetooth, Zigbee, UWB
802.16	WiMAX
802.17	Resilient Packet Ring
802.18	Regulamentação para radio 802.x
802.19	Coexistência entre redes sem fio em faixas não licenciadas
802.20	Broadband Wireless

Nível de Enlace - subcamada MAC

- ✓ LANs canais compartilhados de broadcast
- ✓ WANs canais ponto a ponto
- ✓ Redes que usam canais de broadcast ou de multiacesso ou acesso aleatório tem o seguinte problema:
  - ✓ Quem pode usar o canal em um determinado instante e por quanto tempo ?
  - ✓ Como será a competição pelo canal ?
- ✓ Solução Medium Access Control (MAC)
  - ✓ **Adotada por toda família 802**

Nível de Enlace - subcamada MAC

- **Problema da alocação dinâmica do canal ?**
  - **Compartilhamento ?**
    - **Quem/Quantos irão utilizar o canal**
  - **Quem usa primeiro ?**
    - **Existe uma ordem para utilização**
  - **Quanto tempo posso usar ?**

Nível de Enlace - subcamada MAC

- **Problema da alocação dinâmica do canal ?**
  - **Existe colisão ?**
    - **Se duas estações transmitem ao mesmo tempo**
  - **Prioridade ?**
    - **Como estabelecer**
  - **Capacidade é finita ?**
    - **Banda limitada**

Nível de Enlace - subcamada MAC

- Problema da alocação dinâmica do canal:
  - **Modelo de estações**:
    - São N estações independentes (telefones, computadores, etc..), cada uma com um programa ou usuário que irá gerar frames.
  - **Canal único**:
    - Um único canal é assumido para comunicação entre todas as estações da rede, todas podem transmitir e receber por ele. Não existe diferença no tocante a hardware entre as estações da rede.

Nível de Enlace - subcamada MAC

- Problema da alocação dinâmica do canal:
  - **Colisão**:
    - Se dois ou mais frames são transmitidos simultaneamente eles irão colidir e se tornaram perdidos, isto é chamado de **colisão**.
    - Todas as estações podem detectar colisões. Os frames perdidos por colisões deverão ser retransmitidos mais tarde. Em protocolos baseados em contenção não existe ordem preestabelecida para o acesso e nada impede que duas ou mais estações possam transmitir ao mesmo tempo gerando uma colisão !

Nível de Enlace - subcamada MAC

- ✓ Problema da alocação dinâmica do canal:
  - ✓ **Tempo Continuo**:
    - ✓ A transmissão dos frames pode acontecer a qualquer momento, não existe um relógio mestre comandando este evento.
  - ✓ **Carrier Sense**:
    - ✓ As estações podem determinar se o canal esta sendo utilizado antes de iniciar a transmissão de um frame. Elas somente poderão transmitir um frame após a liberação do canal. Uma vez detectada a colisão as estações podem interromper a transmissão do frame em algumas LANs.

Nível de Enlace - subcamada MAC

- ✓ **Atributos para estes protocolos de acesso:**
  - **Capacidade:**
    - É a vazão máxima que um método de acesso pode conseguir do meio, medida em % de banda disponível. A capacidade é afetada por taxa de transmissão, número de estações da rede, tamanho dos quadros, tamanho do cabeçalho, retardo de cada estação e comprimento da rede.
  - **Justiça no Acesso:** é desejada para as estações da rede, todas devem ter a mesma igualdade dentro de um mesmo contexto,
  - **Prioridade:** É uma característica necessária para aplicações que rodam em tempo real

Nível de Enlace - subcamada MAC

- **Atributos para estes protocolos de acesso:**
  - **Justiça no Acesso:**
    - É desejada para as estações da rede, todas devem ter a mesma igualdade dentro de um mesmo contexto,
  - **Prioridade:**
    - É uma característica necessária para aplicações que rodam em tempo real

Nível de Enlace

- **IEEE 802.3 e o Ethernet**

Nível de Enlace - IEEE 802.3

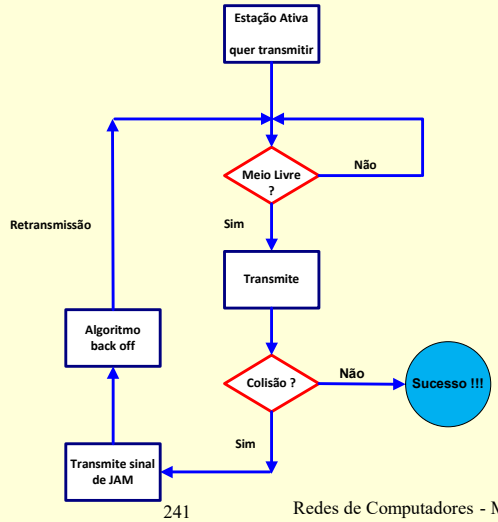
- Histórico do IEEE 802.3 e o Ethernet
  - Xerox construiu um sistema baseado no protocolo CSMA/CD a 2.94 Mbit/s. Em união com a DEC e a Intel lançou o Ethernet DIX para 10Mbit/s, este padrão serviu como base para o IEEE 802.3.
  - IEEE 802.3 usa protocolo **1-persistent CSMA/CD** com velocidades de 1/10/100/1000 Mbit/s
  - Em 2010 40/100 Gigabit/s !!!

Nível de Enlace - IEEE 802.3

- Protocolo *Carrier Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD)
  - Usado para disciplinar o acesso ao meio nas LANs
  - Estações detectam colisão através da comparação e análise da intensidade do sinal enviado/recebido
  - Padrão pelo IEEE 802.3
  - Existe um tamanho mínimo do quadro para possibilitar a detecção da colisão

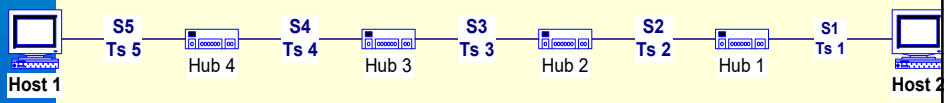
Nível de Enlace - IEEE 802.3

Técnica CSMA 1-Persistente usada no IEEE 802.3



Nível de Enlace - IEEE 802.3

- Protocolo *Carrier Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD)
  - Algoritmo de Contenção
    - Estabelece o tempo de espera para a estação após ocorrer uma colisão,
    - Tempo para uma estação detectar colisão = tempo que o sinal leva para se propagar de uma estação a outra no pior caso, mais distantes,
    - *Truncated Exponential Back off* é usado no 802.3

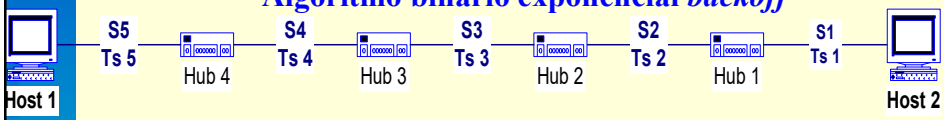


Nível de Enlace - IEEE 802.3
Algoritmo *Backoff*

- Algoritmo binário exponencial *backoff*
  - Supondo uma rede a 10 Mbit/s temos que:
  - tamanho mínimo do frame de 64 bytes = 512 bits = tempo dos **slots de contenção**.
  - 512 bit / (10.000.000 em 1 segundo) = **51,2 µsec** é o tempo que leva para transmitir o quadro mínimo do Ethernet

Nível de Enlace - IEEE 802.3

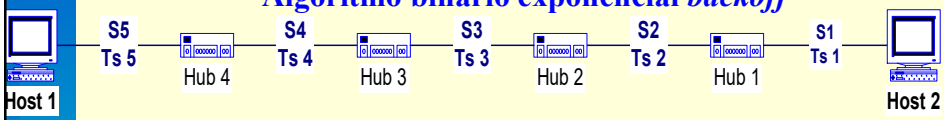
Algoritmo binário exponencial *backoff*



- **Como foi estabelecido o tamanho mínimo do quadro Ethernet ?**
- Supondo a rede acima, onde temos que no pior caso, com duas estações mais distantes, temos que:
  - **Mmin = 2 * C * Tp = Tamanho do Quadro mínimo queremos saber ?**
  - C = Taxa de transmissão = 10 Mbit/s
  - Tp = Tempo de propagação finito e mensurável
  - **Tp = 4 x (Tr) + 5 x (Ts)**
    - **Tr** = tempo propagação nos repetidores,
    - **Ts** = tempo de propagação nos segmentos
  - Tr = 3.7 **µsec**
  - Ts = comprimento do segmento / 0,77C (cabos coaxiais em segmentos de 500 metros 10base5)
  - **Ts = 500 / 0,77 * 300 * 10 ** 6 = 2,16 µsec (500 metros)**

Nível de Enlace - IEEE 802.3

Algoritmo binário exponencial *backoff*



- ✓ **Mmin = 2 * C * Tp = Tamanho do Quadro mínimo queremos saber ?**
- ✓ **Tp = (4 * Tr) + (5 * Ts)**
- ✓ **Tp = (4 * 3,7) + (5 * 2,16) = <u>25.6 µsec</u>**
- ✓ **C = Taxa de transmissão = 10 Mbit/s, Tp = Tempo de propagação**
- ✓ Mmin = 2 * C * Tp **- Tamanho do Quadro mínimo**
- ✓ **Mmin = 2 * (10 * 10^6) * (25.6 * 10^{-6}) = 512**
- ✓ ***<u>512 bits = Tamanho mínimo do quadro</u>***

Nível de Enlace - IEEE 802.3

Algoritmo binário exponencial *backoff*

- ✓ Colisão detectada -> estação transmite sinal de reforço JAM (amplitude aumenta de 1 volt para 2 volt)
- ✓ O algoritmo determina o número de time slots que a estação irá esperar para iniciar a retransmissão. ***1 time slot = 51,2 µsec*** que é determinado por :

$$m = (2^i - 1)$$

- ✓ Onde m representa o número máximo de time slots de espera para retransmissão
  - ✓ **i = 1 ➔ (0, 1)** **50%**
  - ✓ **i = 2 ➔ (0, 1, 2, 3)** **25%** **Limite máximo 16 colisões**
  - ✓ **i = 3 ➔ (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)** **12,5%** **Mais que 16 da ERRO**
  - ✓ **i = 4 ➔**

Nível de Enlace - IEEE 802.3

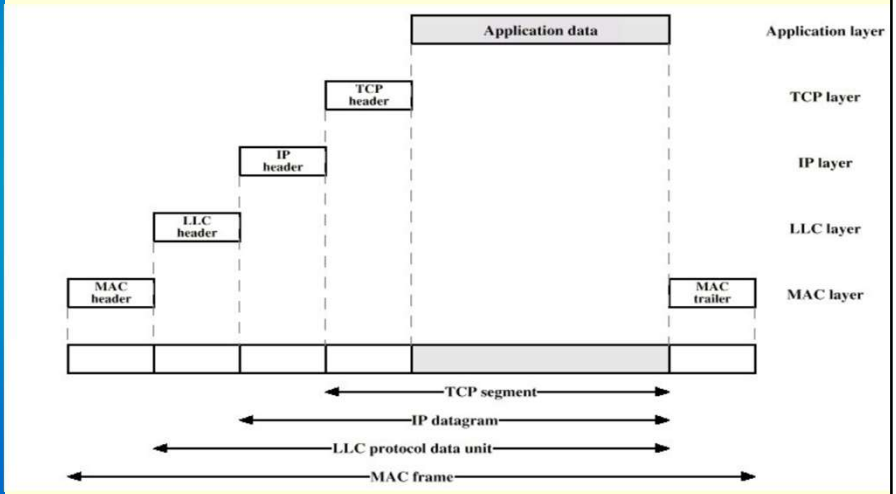
- **Principais Características Técnicas do Padrão IEEE 802.3**
  - **Protocolo de Acesso ao Meio**: CSMA/CD
  - **Taxa Nominal**: 10 Mbit/s.
  - **Fator de Carga máxima**: ~4 Mbit/s
  - **Meios de Transmissão**: Par Trançado, Cabo Coaxial e Fibra Ótica
  - **Tipo de Transmissão**: Banda Base com codificação Manchester Diferencial.
  - **Topologia Lógica** : Barra com terminação
  - **Topologia Física de Implementação**: HUB em Estrela
  - Cada Placa de Rede tem um endereço MAC, de 6 bytes, único no mundo, que pode ser mudado.

Nível de Enlace - IEEE 802.3

- **Principais Características Técnicas do Padrão IEEE 802.3**
  - **Número máximo de Segmentos por domínio de Colisão**: 5 (no máximo 3 podem ser coaxiais).
  - **Número máximo de Repetidores** (ou HUB's ativos hierarquizados): 4
  - **Número máximo de conexões por segmento**: 10BaseT: 2 ; 10Base2: 30 ; 10Base5: 30; 10Base FL: 2 (Link de Fibra)
  - **Número máximo de nós por domínio de colisão**: 1024, teórico. na prática <500.
  - **Padronização:** ANSI (American National Standard Institute): IEEE 802.3 e ISO (International Standard Organisation): ISO 88023

Nível de Enlace - IEEE 802.3

- Exemplo de encapsulamento em LANs



Nível de Enlace - IEEE 802.3

- IEEE 802.3 cabeamento utilizado

Nome	Cabo	Tamanho segmento	Topologia	Estações por Segmento	
10Base5	Thick Coax	500 m	barra	100	*Yelow cable*, usava Conectores vampiros a cada 2,5 metros Codificação Manchester
10Base2	Thin Coax	200 m	Barra	30	Usava conectores do tipo T, Somente 20 estações por seg. Codificação Manchester
10Base-T	Twisted pair	100 m	Estrela/Barra	1024	HUB Máximo 100 metros do hub Codificação Manchester
10Base-F	Fiber Optics	2000 m	Estrela	1024	Ideal entre prédios Codificação Manchester/on-off

Nível de Enlace - IEEE 802.3

- ✓ IEEE 802.3 cabeamento
  - A distancia máxima da estação ao HUB/Switch é limitada à 100 metros,
  - preço de um switch de boa qualidade de 12 portas é de R$ 800,00 enquanto um de 24 R$ 1.900,00 e está caindo,
  - Este tipo de cabeamento é de fácil instalação e fácil manutenção,
  - custo dos cabos de par trancado é baixo, por volta de $ 0,70 o metro.

Nível de Enlace - Quadro MAC IEEE 802.3

Campo	Bytes	Descrição
Preambulo	7	Formato 10101010, a codificação Manchester deste padrão produz uma onda quadrada de 5,6 µseg, que permite à estação de destino sincronize seu clock com a de origem. 56 / 10.000.000 = 5.6 µseg. É uma seqüência com violação de código para detectar o início do quadro. **Sincroniza à nível de bit**
Inicio do frame ***Start of Frame Delimiter***	1	**10101011 Sincroniza à nível de quadro, estabelece sincronismo à nível de byte e quadro**
Endereço de destino	2 ou 6	**No padrão 10Mbit/s somente é usado endereços de 6 bytes.** **O primeiro bit do endereço de destino é usado para identificar endereços comuns, se o bit = 1 ou endereços de grupo, se o bit = 0 (*multicast*).** **Este endereço com todos os bits = 1 significa um *broadcast*, que todas as estações da rede o receberão.** **O bit 46 dos campos de endereços é usado para distinguir endereços globais de locais. Os endereços globais são assinalados pelo IEEE de tal forma a não existir mais de uma estação no mundo com o mesmo endereço. A combinação dos 48 bits de endereços totaliza 48 – 2 = 46 bits, totalizando 2**46 = 7x10**13 endereços possíveis.** FF FF FF FF FF FF -> Broadcast
Endereço de origem	2 ou 6	**Idem**
Type Ethernet DIX	2	Se o valor for menor que 1500 (05CD), indica o tamnaho do quadro, caso contrário, indica o protocolo de rede. Ex. (0800) indica um datagrama IP no campo de dados

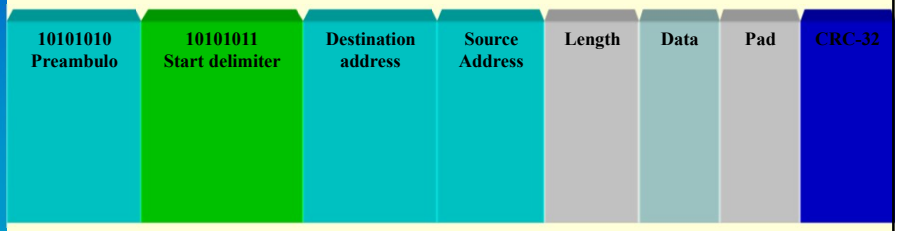
Nível de Enlace - Quadro MAC IEEE 802.3

Campo	Bytes	Descrição
Tamanho dos dados	2	Indica o tamanho do quadro MAC em bytes
Dados	0 a 1500	Para facilitar a o reconhecimento de *frames* válidos o 802.3 estabelece que os *frames* válidos precisam ter pelo menos 64 bytes, desde o endereço de destino até o *checksum*. Se a quantidade de bytes do campo dados for inferior a 46 o campo PAD é usado para preencher até o mínimo de 46.
PAD	0 a 46	Bytes usados para enchimento quando não existe dados suficientes para o pacote atenda à exigencia de ter no mínimo 64 bytes
Checksum / Frame Check Sequence (FCS)	4	CRC 32 bits

6+6+2+1500+4 = 1518

253

Nível de Enlace - IEEE 802.3



Quadro MAC do IEEE 802.3

- Endereço MAC
  - 6 bytes, cada fabricante possui seu range para suas placas
    - Intel 00-0C-F1-F4-48-E4

254

Nível de Enlace - IEEE 802.3

Topologia

Parâmetro	Valor Limite	Observação
Número máximo de Repetidores	4	HUB's ativos são considerados repetidores
Número máximo de segmentos	5	No máximo 3 segmentos podem ser coaxiais
Número máximo de Conexões por segmento	10BaseT: 2 10Base2: 30 (espaçamento min. 0,5m) 10Base5: 100 (espaçamento min. 2,5m) Fibra Ótica: 2	

Meios

Tipo	Comp. Max. (m)	Observação
10BaseT	100	Par trançado (nominal)
10Base2	185	Coaxial fino de 50 ohms
10Base5	500	Coaxial grosso de 75 ohms
10BaseFB (Backbone)	2000	Interligação de HUB's
10BaseFL (Link)	2000	Link entre Repetidores
10BaseFP (Passiva)	1000	Estrela Passiva

Nível de Enlace - IEEE 802.3

Parâmetros Funcionais do CDMA/CD

Parâmetro	Valor Limite	Observação
Slot Time	512 (tempos de bit) (ou 51,2 µs)	1 tempo de bit = 0,1µs
Valor máximo do PDV (Path Delay Value)	575 (tempos de bit) (ou 57,5 µs)	Atraso de propagação máximo, ida e volta pior caminho entre dois nós
Valor máximo do PVV (Path Variability Value)	49 (tempos de bit) (ou 4,9 µs)	Variação máxima do encolhimento do IFG entre pacotes
Número máximo de nós por domínio de colisão	1024 (teórico)	Na prática não exceder 500 nós
Inter Frame Gap	9,6 µs	
No. máximo de tentat.	16	
Limite do Backoff Tamanho do JAM	10 32 bits	
Tamanho máximo do Quadro MAC	12144 bits (1518 octetos)	
Tamanho mínimo do Quadro MAC	512 bits (64 octetos)	

Nível de Enlace - IEEE 802.2 LLC

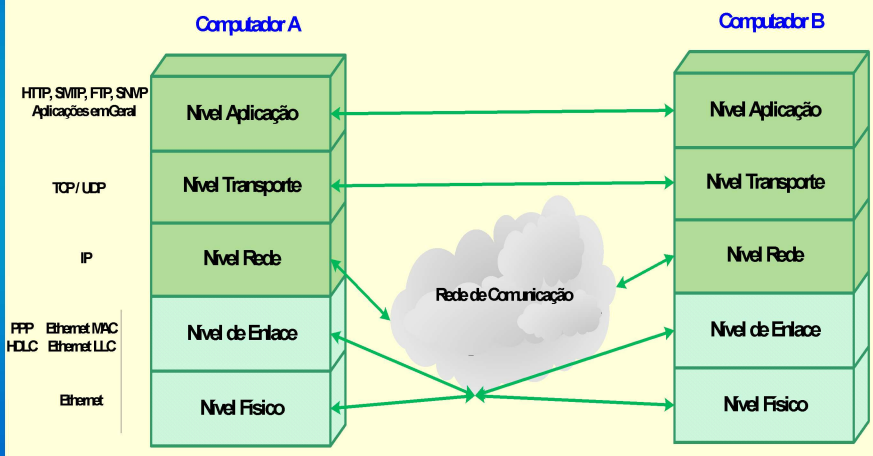
- A sub camada LLC definida pela IEEE 802.2 descreve funções de controle lógico de enlace, ela é comum à vários outros métodos de acesso da família 802.
- Ela é responsável pelas funções: multiplexação, controle de erro (CRC-32), controle de fluxo (mecanismo de Janela deslizante), montagem e remontagem do frame.

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^{8} + x^{7} + x^{5} + x^{4} + x^{2} + x + 1$$

Nível de Enlace - IEEE 802.3 - Erros

- **Colisão:** Duas ou mais estações transmitindo no mesmo domínio de colisão.
  - Cabos com problema, interferências eletromagnéticas, cat-3 x cat-5 x cat-6
- ***Jabber:*** Frames com tamanho maior que 1518 com erro de CRC.
- ***Fragments***: Frames com tamanho menor que o mínimo 64 bytes. Possivelmente causados por colisões.
- ***Oversize:*** Frames maiores que 1518 com CRC correto.
- ***Undersize*:** Frames com tamanho menor que o mínimo e com CRC correto.
- **CRC:** Frames com erro no FCS.
- ***Underrun***: quem transmite esta mais rápido do que router.
- ***Overrun*:** excedeu a capacidade de recepção.

Redes



259

Redes de Alta Velocidade

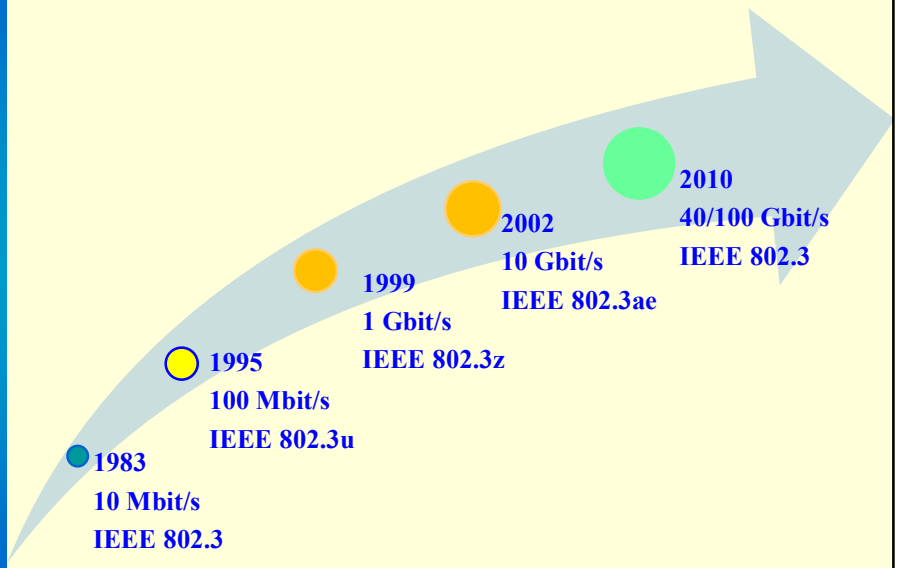
- ✓ Explosão das LANs; Popularização da Internet com o WWW, Serviços de e-mail, FTP; a multimídia e a videoconferência, etc..
- ✓ Fast Ethernet 100Mbit/s IEEE 802.3u
- ✓ Gigabit Ethernet 1Gigabit/s IEEE 802.3.z
- ✓ ATM 25 mbit/s - 5 Gigabit/s para LANs e WANs

ATUALMENTE

- ✓ ***10 Gbit/s Ethernet (UEL Links Backbone)***
- ✓ 40/100 Gbit/s Ethernet

260

Redes de Alta Velocidade



261

Redes de Alta Velocidade

✓ Cabeamento do Fast Ethernet

Nome	Cabo	Tamanho seg.	Observações
100Base-T4	Par trançado	100 metros	Cabo categoria 3,4,5 UTP - 4 pares
100Base-TX	Par trançado	100 metros	Cabo categoria 5 UTP/STP – 2 pares *Full Duplex* à 100 Mbit/s
100Base-FX	Fibra ótica	2000 metros	Ser *Full Duplex* à 100 Mbit/s – 2 fibras multimodo 2x 62.5 / 125 microns

262

Redes de Alta Velocidade

- ✓ Cabeamento do Gigabit Ethernet, padrão aprovado em 07/1998 IEEE 802.3z

Nome	Cabo	Tamanho seg.	Meio
1000Base-T	Par trançado	**100 metros**	**Usar cabos de cat. 5 UTP**
1000Base-LX	**Fibra ótica**	**440 m**	**62.5-µm Multimode Fiber**
		550 m	**50-µm Multimode Fiber**
		5 km	**10-µm Single-Mode Fiber**
1000Base-SX	**Fibra ótica**	**275 m**	**62.5-µm Multimode Fiber**
		550 m	**50-µm Multimode Fiber**

Redes de Alta Velocidade Ethernet 10 Gbit/s

- ✓ Cabeamento do 10 Gbps Ethernet
- ✓ IEEE 802.3ae
- ✓ Fim da transmissão half-duplex

Nome	Cabo	Tamanho seg.	Meio
10GBase-SR	**Fibra ótica**	**300 metros**	**62.5 µm Multimode Fiber**
10GBase-LR	**Fibra ótica**	**10 Km**	**1310 nn Single-mode Fiber**
10GBase-ER	**Fibra ótica**	**40 Km**	**1550 nn Single-mode Fiber**
10GBase-LX4	**Fibra ótica**	**10 Km**	**1310 nn Single mode Fiber**
10GBase-T	**Par Trançado**	**55 m (c6) 100 m (6a)**	**Categoria 6 e 6a**

Redes de Alta Velocidade
Ethernet 10 Gbit/s

- ✓ 10 Gbps Ethernet IEEE 802.3ae
- ✓ Utiliza modulação de 4 a 12.5 bits por baud
- ✓ Necessita suporte a frequência de 400 MHz o que inviabilizou a utilização dos cabos categoria 5
- ✓ Somente transmissão *full-duplex* o que elimina a necessidade da sub-camanda MAC

Redes de Alta Velocidade
Ethernet 40/100 Gbit/s

- ✓ Cabeamento do 40/100 Gbps Ethernet
- ✓ IEEE 802.3 – lançado em 2010

Nome	Cabo	Tamanho seg.	Meio
40GBase-KR$_4$	**Fibra ótica**	**1 metro**	**Backplane elétrico**
40GBase-CR$_4$	**Fibra ótica**	**7 metros**	**4 cabos de cobre blindados**
40GBase-SR$_4$	**Fibra ótica**	**100 m**	**4 cabos de fibra multímodo**
40GBase-LR$_4$	**Fibra ótica**	**10 Km**	**4 cabos de fibra monomodo**

Redes de Alta Velocidade
Ethernet 40/100 Gbit/s

- ✓ Cabeamento do 40/100 Gbps Ethernet
- ✓ IEEE 802.3 – lançado em 2010

Nome	Cabo	Tamanho seg.	Meio
100GBase-CR_{10}	**Fibra ótica**	**7 metro**	**10 cabos de cobre blindados**
100GBase-SR_{10}	**Fibra ótica**	**100 metros**	**10 cabos de fibra multímodo**
100GBase-LR_4	**Fibra ótica**	**10 km**	**4 cabos de fibra monomodo**
100GBase-ER_4	**Fibra ótica**	**40 Km**	**4 cabos de fibra monomodo**

Redes
Ethernet IEEE 802.3

- ✓ Grupo com muita atividade
  - ✓ IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee
  - ✓ http://grouper.ieee.org/groups/802/3/

Redes de Alta Velocidade

Norma/Padrão	MAC Medium Access Control	Topologia	Taxas	Técnica de Transmissão e Meios/Distância
IEEE 802.3 (Xerox, DEC, Intel)	CSMA/CD	Barra partilhada	10Mbit/s	10 BaseT (100m), 10 Base2 ou 10Base5
IEEE 802.4 (GM)	Token Buss	Barra bidirecional ou fibra ótica em estrela, com ficha	1, 5, 10 e 20 Mbit/s	Cabo coaxial de 75 ohms Fibra ótica
IEEE 802.5 (IBM)	Token Ring	Anel com ficha Tobologia lógica: anel Topologia física: estrela	4 ou 16 Mbit/s	STP de 150 ohms (4 ou 16Mbit/s) UTP (4 Mbit/s)
IEEE 802.6 (MAN-DQDB)	Barra dupla com controle de acesso distribuído	Duas Barras circulares unidirecionais de cabo coaxial	>150Mbit/s	Cabo coaxial de banda larga, fibra ótica e par trançado
IEEE 802.9a Iso-Ethernet	CSMA/CD e Cicuit Switched ISDN	Estrela /Barra	16.1444Mbit/s: 10Mbits partilhados e 6,144Mbit/s comutado (96x 64kbit/s)	Dois pares UTP categoria 3 ou 5: 100m
IEEE 802.11 Wireless LAN	CSMA/CA (Collision Avoidance)	Canal de RF partilhado Spread Spectrum (DS/FH)	1 a 50 Mbit/s Aumento possível	300 pés (~100m)
IEEE 802.12 100VG-Any LAN	Round-robin Polling Prioridade por demanda	Estrela Hierarquia	100Mbit/s	100m categ 3,4ou5 UTP 150m categ. 5 STP 2000m SMF ou MMF

Redes de Alta Velocidade

Norma/Padrão	MAC Medium Access Control	Topologia	Taxas	Técnica de Transmissão e Meios/Distância
IEEE 802.3u Fast Ethernet	CSMA/CD	Configuração para comutação e/ou partilhamento	100Mbit/s	100BaseTX (UTP5 ouSTP) 100Base T4 (UTP3 ou 5) 100Base FX
IEEE 802.3z Gigabit Ethernet	CSMA/CD	Configuração para comutação e/ou partilhamento	1000Mbit/s	1000Base-CX 4pares UTP: +25m 1000Base-LX Fibra (SMF): 3km 1000Base-SX Fibra (MMF): 500m 1000Base-T (IEEE 802.3ab): 100m
Fibre Channel (IBM, HP, SUN)	Ponto a ponto com comutação	Topologia lógica : Hub ou Switch em estrela	100, 200, 400 e 800 Mbit/s (futuro 1a 2Gbit/s)	Até 10 Km Fibra SMF e MMF, coaxial, STP
FDDI, FDDI-II e III, CDDI, FFDT (ANSI X3T9.5)	Partilhamento de Token Codificação 4B/5B Até 500 Estaçòes	Anel duplo de Fibra ótica com taxa de sinalizaçào de 125MBaud	100 Mbit/s (200 Mbit/s)	Anel fibra ótica (~200km d.) 2000m lig. fibra c/ HUB 100m STP ou UTP cat.5
ATM (ITU-T série I)	Comutação de celulas c/ estabto. de VC/VP	Comutadores ATM Top. física em estrela	25, 100, 155 e 622 Mbit/s	STP até 100m (ou UTP cat.5) Fibra ótica SMF ou MMF

Switch

271

Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3

- Aumento do número de estações acarreta aumento no tráfego
  - Solução que vem a mente aumentar a velocidade
    - Fast Ehternet 100
    - Gigabit Ethernet 1000
    - ATM 155 Mbit/s
  - Esta troca exige mudança de placa/HUB/Ethernet/Cabeamento
    - isto pode ser muito caro
  - Solução alternativa é a implementação de Switch

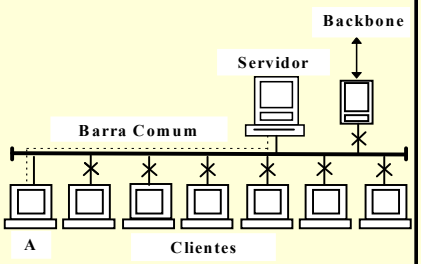
272

Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3

- Switch é composto de um Backplane de alta velocidade, superior a 1 Gigabit/s dividido em seções de 4 à 32 cartões 10/100/1000 Ethernet ou ATM oc-3, etc.
- Em uma porta de um Switch pode ser ligado um HUB/Switch/Estação/Roteador

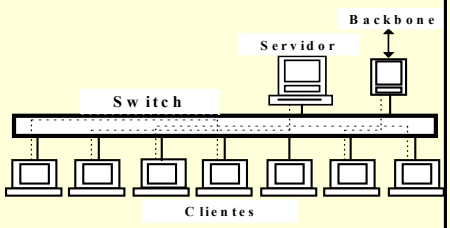
Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3

Modelo Ethernet Partilhado



Enlaces com X indicam clientes bloqueados enquanto o cliente A comunica com o servidor

Modelo Ethernet com *Switching*



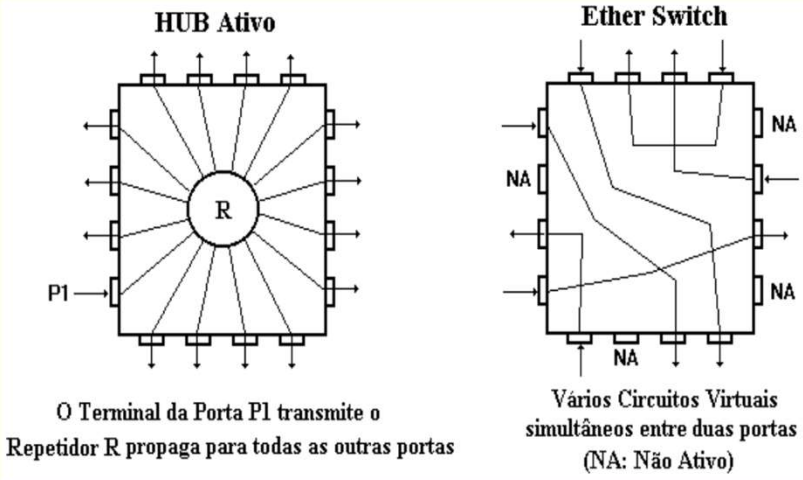
Clientes são comutados segundo um *backplane* de alta velocidade com acesso concorrente entre clientes, servidor ou *backbone*

Modelo cliente servidor em rede local com banda por demanda e switch

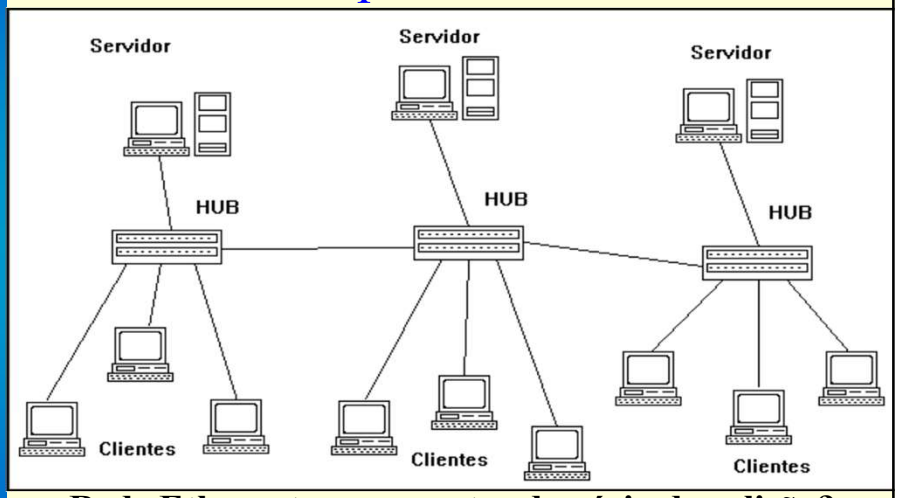
Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3

- O Switch é um dispositivo que foi projetado com um objetivo específico: segmentar uma LAN, ou seja, **transformar um domínio de colisão CSMA/CD Ethernet, em diversos domínios de colisão independentes, e assim fornecer banda adicional à rede**.
- Para cada quadro de MAC que chega a uma porta é estabelecida uma conexão virtual com a porta destino. A conexão é mantida até completar o envio do quadro. Em geral o quadro é segmentado em células menores que são transmitidas seqüencialmente (comutação de células). O funcionamento é todo baseado em hardware que assegura alto desempenho. Para evitar problemas de perda de quadros são utilizados algoritmos de controle de fluxo do tipo "back pressure".

Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3



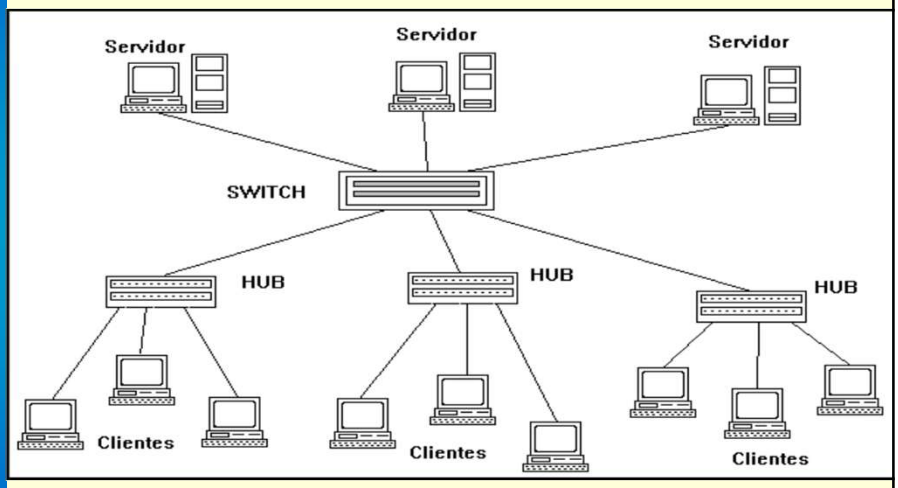
Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3



- **Rede Ethernet com quantos domínio de colisão?**

277

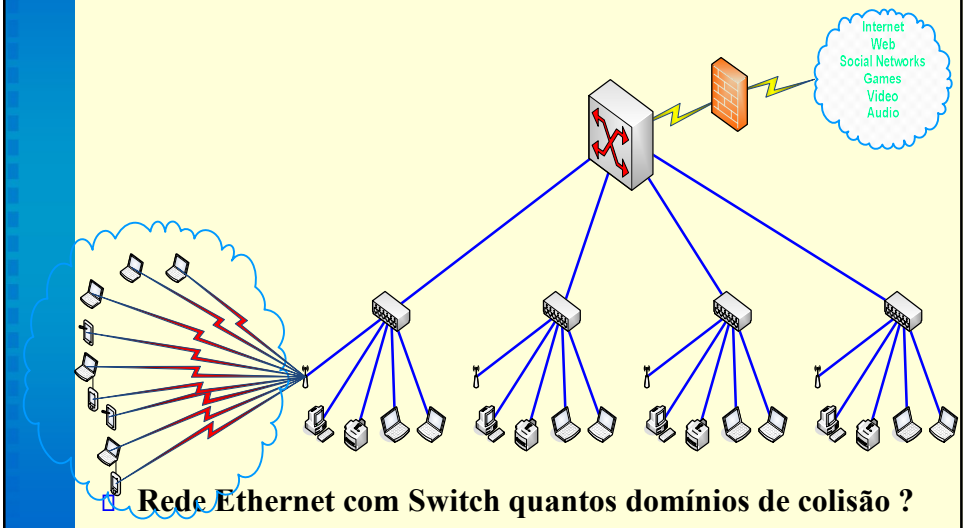
Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3



- **Rede Ethernet com Switch quantos domínios de colisão ?**

278

Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3



- **Rede Ethernet com Switch quantos domínios de colisão ?**

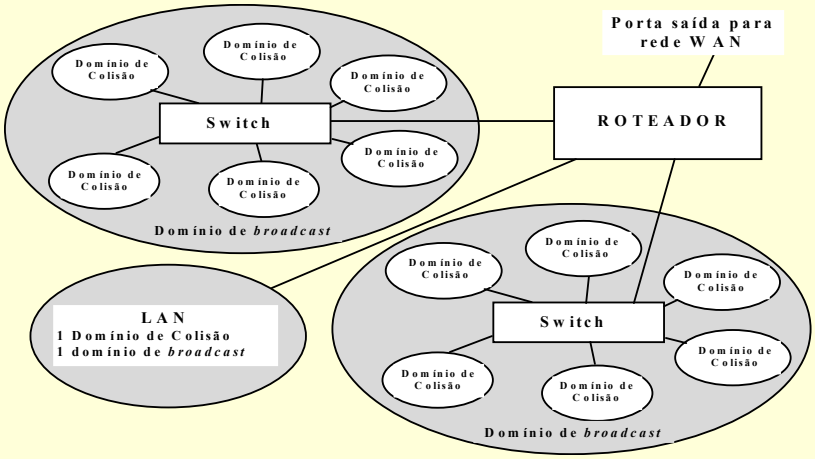
Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3

- Diferenças entre Roteador e Switches, ambos usados para segmentar redes
  - O roteador é um dispositivo de propósito geral, projetado para segmentar uma rede visando: limitar o tráfego de *broadcast/multicast*, introduzir esquemas de segurança, conversão de protocolos, controle e redundância entre domínios de *broadcast* individuais etc.
  - O roteador é um dispositivo que realiza as suas funções baseado principalmente em software e atua até o nível 3 (rede) do MR-OSI, como ilustrado na figura a seguir.

Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3

- Diferenças entre Roteador e Switches, ambos usados para segmentar redes
  - O *switch* é um dispositivo de objetivo específico; aumentar o desempenho da rede pela segmentação dos domínios de colisão. O *switch* comuta pacotes MAC do nível 2 segundo algoritmos implementados essencialmente em hardware, e desta forma obtêm alta vazão (pacotes/s) nas suas portas
  - Pode-se considerar o *backplane* de um switch, como se fosse um *backbone* colapsado dentro do *switch*, ao qual está associado uma determinada vazão em termos de pacotes MAC por segundo, definido pela capacidade do *backplane*.

Nível de Enlace
Switch para LANs 802.3



- **Roteador segmentando uma rede em domínios de** broadcast

Medidas de Desempenho

283

Nível de Enlace - Medidas de Desempenho

- Fatores relevantes na avaliação de uma rede e onde diferentes tipos de serviços pedem características diferentes a cada um destes fatores :
  - tempo de resposta (atraso),
  - vazão (*throughput*),
  - confiabilidade (taxa de erros),

284

Nível de Enlace - Medidas de Desempenho

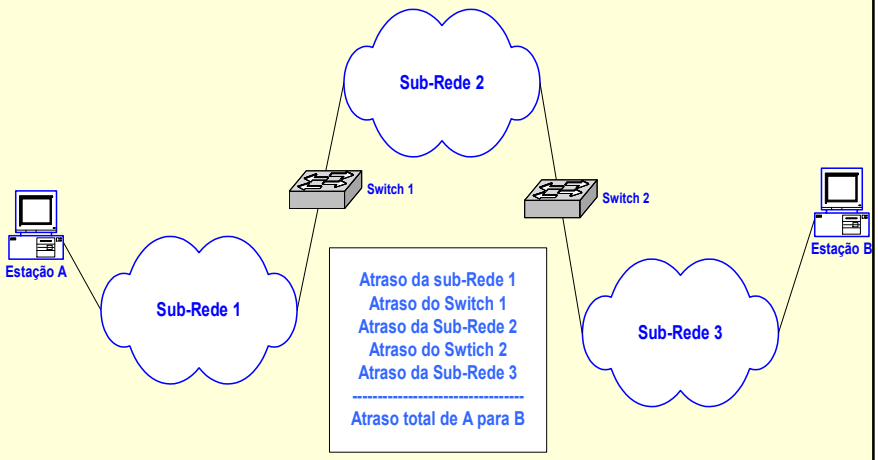
- **Desempenho em Redes :** Dois parâmetros o definem: vazão e atraso. Eles estão interelacionados.
  - **Atraso**: O atraso de uma rede é geralmente variável e depende basicamente das condições de carga dos diversos segmentos envolvidos. O atraso é uma medida fim a fim e depende das condições da carga instantânea nas diversas subredes por onde passa o pacote.
  - **Vazão ou Carga (Troughput)**: A Vazão/Carga de uma rede Ethernet é a soma dos fatores de carga de todos os terminais ativos em um determinado instante. Pode ser expresso através de um número médio de pacotes gerados por unidade de tempo dividido pela taxa de transmissão máxima (ex. 100/1000 Mbit/s no caso da Ethernet).

Nível de Enlace - Medidas de Desempenho

- Se a carga de cada terminal for dada por λi , a carga total da rede será dada por
  - $\lambda = \Sigma \lambda i$
- Onde o λi pode ser dado por :

$$\lambda i = \frac{\text{Número médio de bits gerados por unidade de tempo}}{\text{Taxa de transmissão máxima (ex. 100/1000 Mbit/s)}}$$

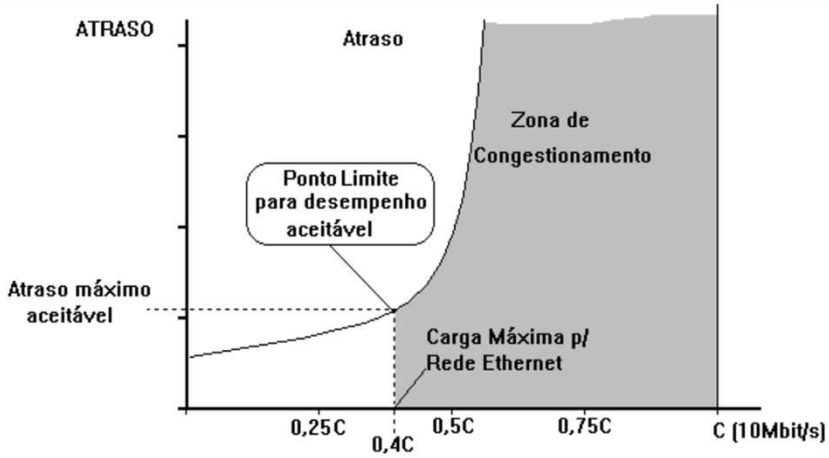
Nível de Enlace - Medidas de Desempenho



287

Nível de Enlace - Medidas de Desempenho

- Um domínio de colisão de uma rede Ethernet pode ser simulado através de um modelo de teoria de filas. A curva típica que relaciona atraso e carga é ilustrada abaixo.



288

Congestionamento da Rede

- Sintomas observados pelos usuários :
  - Demora para login
  - Resposta Lenta
  - Demora para carregar aplicativos na rede
  - Tempo de espera longo
  - Perdas inesperadas e abruptas de conexões
  - Problema para acessar a um servidor de impressão/banco de dados
  - Avaliar a latência ex. usar comando ping

Congestionamento da Rede

- Sintomas observados pelo administrador da Rede com ferramentas de Gerenciamento :
  - Picos de carga superior a 50 %
  - Taxa de utilização média superior a 15 %
  - Taxa de colisão superior a 5 %
- Análise pode ser realizada por meio do protocolo SNMP, Sflow, Netflow, IPFIX ou software do tipo SNIFFER que captura pacotes de uma interface de rede.

Congestionamento da Rede Ethernet IEEE 802.3

- Detalhes da Tecnologia
  - **Tecnologia Semi-duplex, somente uma estação transmite por vez**
  - **Tecnologia probabilística** (não determinística) CSMA/CD
  - **Somente aceita até 40 % de carga máxima**
- Possíveis causas
  - **Erros físicos (cabos, placas, etc..)**
  - **Estações ou servidores de alta velocidade**
  - **Excesso de usuários em único segmento compartilhado (mesmo domínio de colisão)**
  - **Aplicações de uso intenso que polarizam o uso dos recursos da rede**
    - Sistemas de Banco de Dados, etc....

Congestionamento da Rede Ethernet IEEE 802.3

- Itens a serem revisados em caso de suspeita ...
  - **Topologia física e lógica, protocolos**
  - **Plantas de cabeamento estruturado, sub-redes**
  - **Número de estações por segmentos**
  - **Equipamentos intra-rede (hubs/repetidor)**
  - **Equipamentos inter-rede (switches, roteadores)**
    - **Capacidade destes equipamentos, velocidade, memoria, processador**
  - **Perfil de utilização dos usuários**
  - **Períodos do dia/mês/hora que ocorre o congestionamento**
  - **Tipos de S.O dos usuários, tipos de protocolos**
  - **Aplicativos utilizados, durante congestionamento**

Congestionamento da Rede Ethernet IEEE 802.3

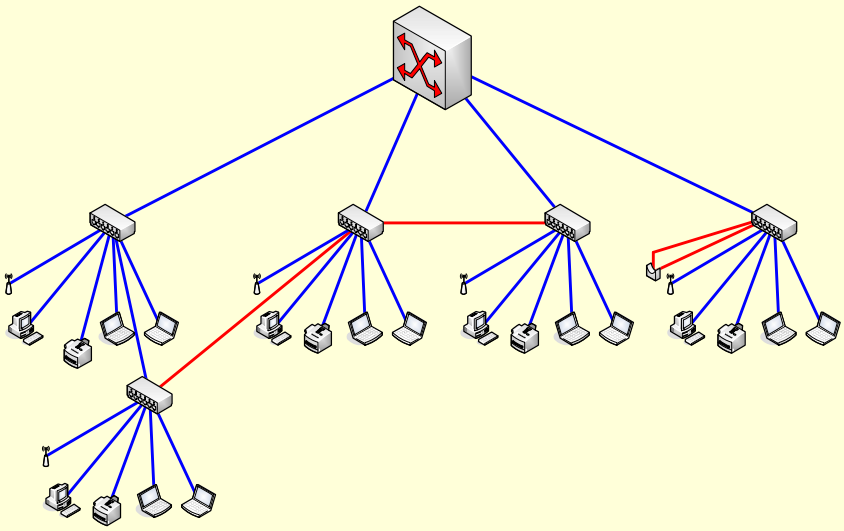
- Soluções ! ! !
  - **Aumentar a largura de Banda**
    - **Gigabit Ethernet 1, 10, 40 ou 100 Gbit/s**
  - **Aumentar a segmentação, utilizando Switch**
  - **Implementar um Backbone de alta velocidade Gigabit Ethernet 1, 10, 40 ou 100 Gbit/s**
- Levar em conta sempre
  - **Proteção dos usuários, não interrupção dos serviços**
  - **Proteção dos investimentos, cabeamento estruturado**
  - **Manter suporte para gerenciamento, prever ferramentas de diagnóstico e supervisão**

Spanning Tree Protocol (STP)

Loops

- Conjunto de Algoritmos e Protocolos definidos com o objetivo de possibilitar a interligação de LANs por múltiplos caminhos. Padrões definidos pelo IEEE:
  - STP – Spanning Tree Protocol – 2004 – 802.1D
  - RSTP – Rapid Spannig Tree Protocol – 802.1w
  - MSTP – Multiple Spanning Tree Protocol – 802.1s
  - SPB – Shortest Path Briding – 05/2012 – 802.1aq

Loops



VLAN
Virtual LAN

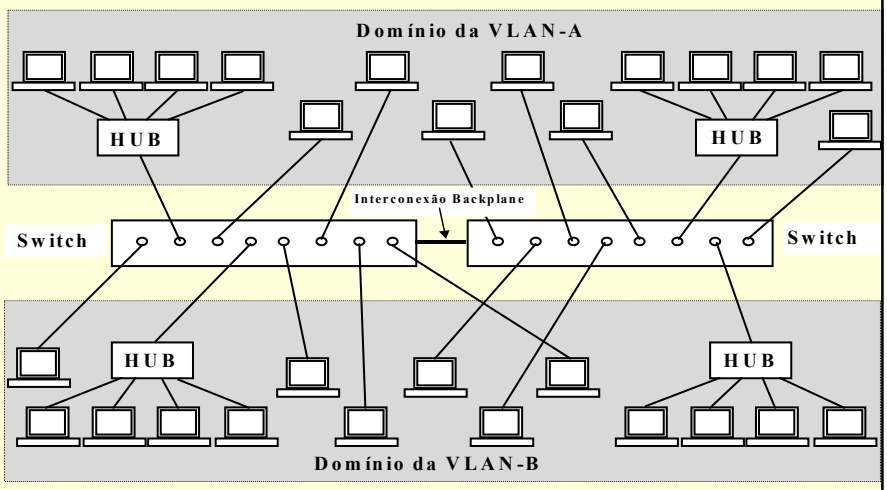
297

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Uma VLAN define um domínio de *broadcast*.
- Uma VLAN pode ser vista como o equivalente a um grupo de estações finais, porém, implementado fisicamente em segmentos diferentes de LANs.

298

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)



Implementação de uma VLAN segundo o conceito de grupo de portas de Switch

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Existem basicamente 4 tipos de implementação para VLANS:
  - **VLAN formada a partir de grupo de portas de *switch***
  - **VLAN formada por grupo de endereços de MAC (nível 2)**
  - **VLAN formada por grupo de endereços de rede (nível 3)**
  - **VLAN formada a partir de endereço *multicast* de IP.**
- Cada fornecedor de equipamentos adota sua própria estratégia de VLAN

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- O padrão IEEE 802.1Q foi criado para possibilitar a divisão de grandes redes em pequenas sub-redes, com isso diminuindo o tráfego de broadcast e de multicast.
- Possibilita também uma maior segurança nos segmentos internos da rede.
- O padrão define um método para criação de virtual LAN (VLAN) em redes Ethernet.

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

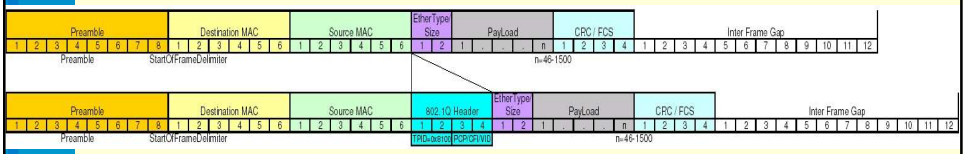
- Com a utilização de VLANs computadores em LANs diferentes não poderão ver um ao outro sem a utilização de o nível de rede ou um equipamento com portas nas duas LANs como um roteador.
- A VLAN é associada a um *tag* chamado de VLAN *identifier* (VID) que vai de 1 a 4094, e pode se propagar a vários switches.
- O switch tem que suportar 802.1Q.

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Tag x Untag
  - *Tag* para portas com mais de uma VLAN;
  - *Tag* para portas de *Backbone*;
  - *Untag* para portas com somente uma VLAN;
  - Switch não gerenciáveis vai *untag*
    - ✓ Exemplo fabricante
      - ✓ Porta access
      - ✓ Porta Trunk
    - ✓ Impressora utilizar tag ou untag ?
    - ✓ Ligar um switch a outro tag ou untag ?

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Tag x Untag



Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Como a Ethernet foi para MAN e WAN surgiu a necessidade de aumentar o numero de VLANs
  - 4096 era muito pouco
  - IEEE 802.1ad foi lançado em 2006 com o objetivo de aumentar o numero de VLANs, foi chamado de *Provider Bridges*
    - Adotou mais um Tag;
    - Permitiu a adoção de VLAN na parte do provedor e outra na parte do cliente;

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

Preâmbulo	• 7 bytes
Start of Frame	• 1 byte
Endereço de destino	• 6 bytes
Endereço de Origem	• 6 bytes
Tag 802.1q	• 4 bytes
Tag 802.1q	• 4 bytes
Tamanho	• 2 bytes
Payload	• 46 – 1500 bytes
CRC	• 4 bytes

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Com o objetivo de aprimorar a distribuição de VLANs na MAN e WAN foi lançado em 2008 o IEEE 802.1ah.
  - Apresentou melhorias em relação ao 802.1ad;
  - Modificação do frame após a borda em direção ao core com a inclusão de novos campos para minimizar o overhead no core da rede;
- Em 2009 foi lançado o IEEE 802.1Qay
  - Objetivo tornar o Ethernet mais determinístico
  - Orientado a conexão somente no lado dos provedores

Redes Virtuais ou Virtual Lans (VLANs)

- Em 2009 foi lançado o IEEE 802.1Qay
  - Objetivo tornar o Ethernet mais determinístico
  - Orientado a conexão somente no lado dos provedores;
  - Propõem a criação de um banco de dados estático para armazenar os *Ethernet Switched Paths* (ESPs)
  - Com isto o Spanning Tree deixa de ter sentido para evitar loops na rede
  - Passa a utilizar descarte de pacotes ao invés do *flooding*

Backbone

309

Backbone em Redes Locais

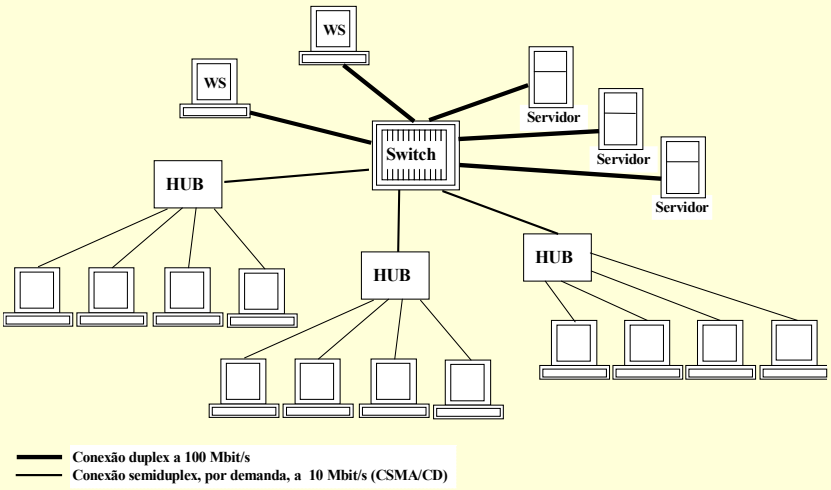
- ***Backbone*** pode ser caracterizado como o suporte para fornecer o tráfego entre as diversas subredes que compõem o ambiente intrarede e que está disperso por uma área geográfica relativamente extensa. Nunca para tráfego entre o mesmo domínio.
- Características que definem a necessidade de um *backbone* : **Extensão geográfica e Volume de Tráfego**

310

Backbone em Redes Locais

- Atualmente tem-se tipicamente
  - Backbone estruturado sobre redes Ethernet / Gigabit Ethernet (1, 10, 40 ou 100 Gbit/s)
    - Backbone baseado em Comutadores ou Switches
    - Atualmente o mais usado
  - Backbone de longa distância utilizando canais de alta velocidade disponíveis nos provedores

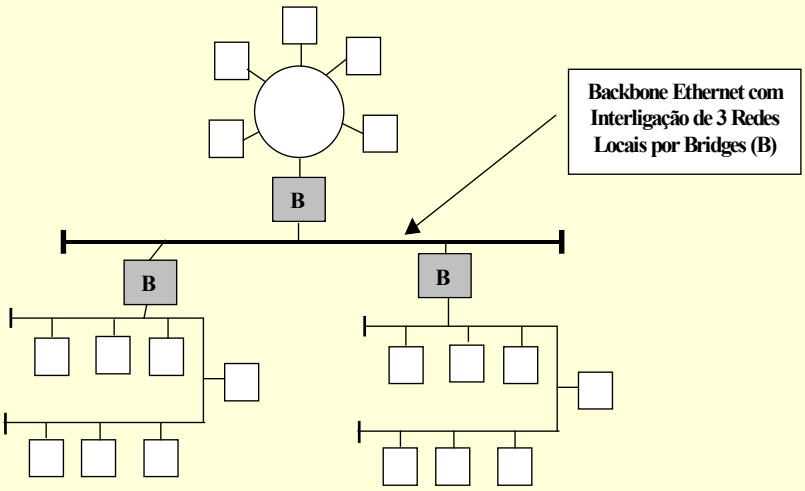
Backbone em Redes Locais



O switch com seu backplane define um backbone colapsado no switch

Backbone em Redes Locais

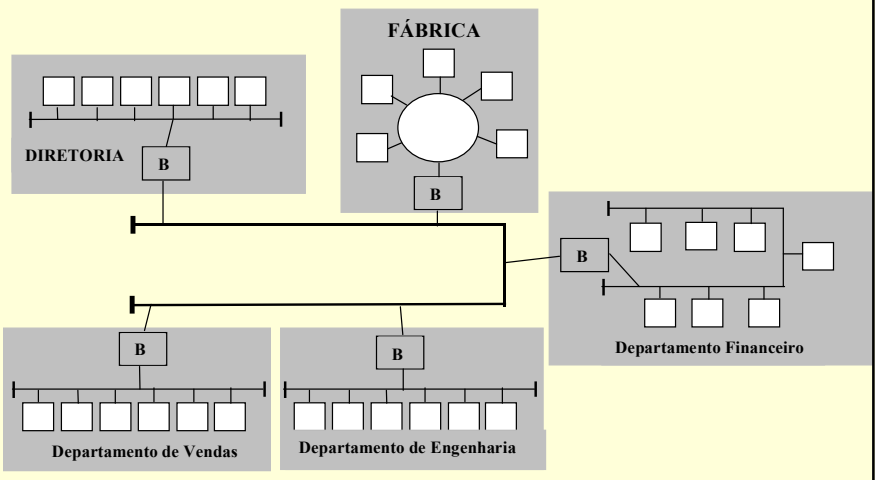
Implementação de um Backbone baseado em Ethernet ou Fast Ethernet



313

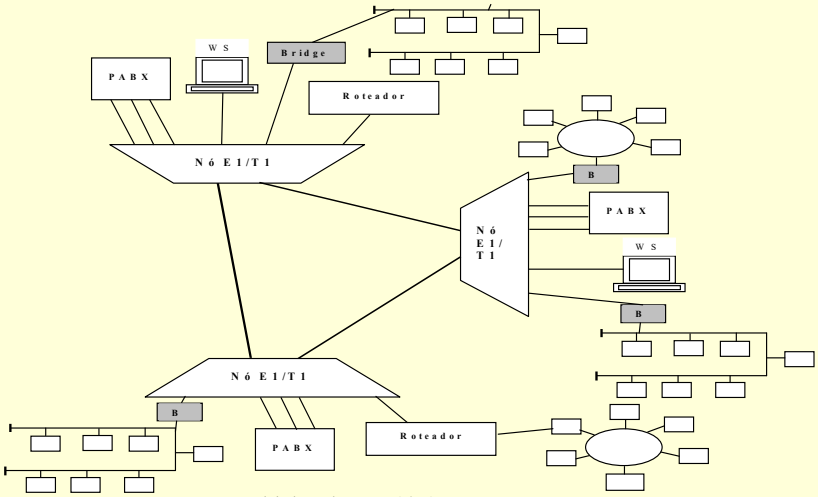
Backbone em Redes Locais

Backbone de um Campus ou de uma Corporação



314

Backbone em Redes Locais

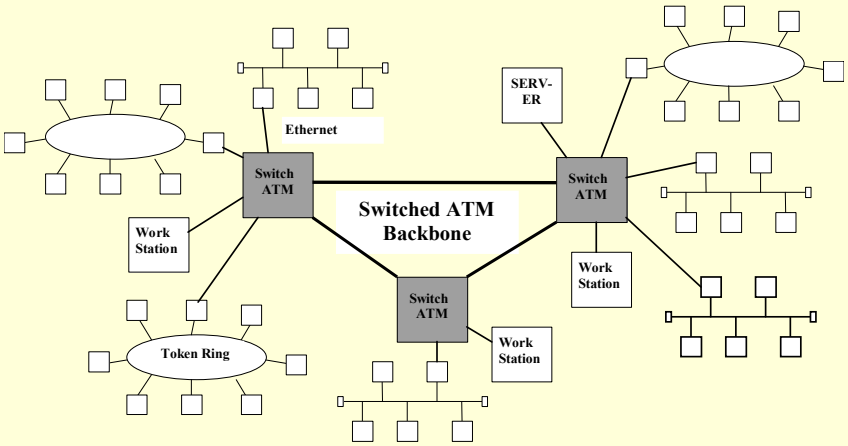


- Multiplexadores E1/T1
- Troncos Digitais E1/T1 (2,048 Mbit/s ou 1,544 Mbit/s)

Backbone de longa distância baseado em facilidades do tipo E1/T1

315

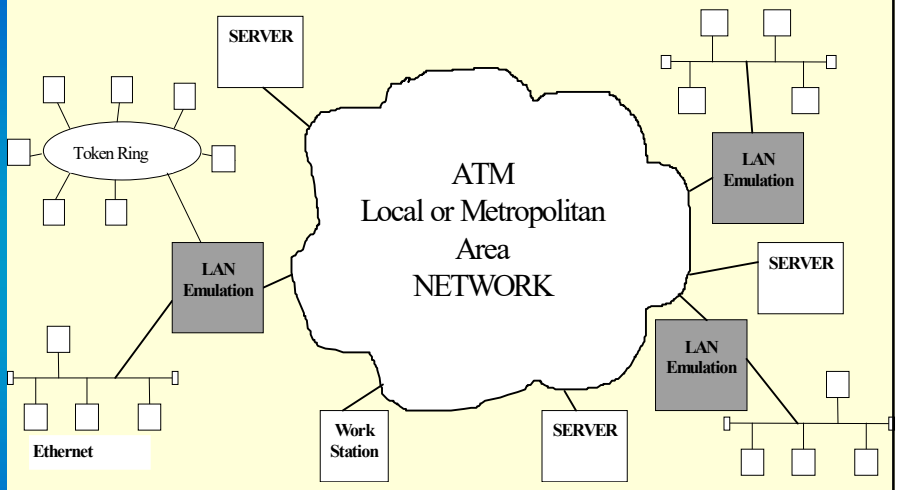
Backbone em Redes Locais - ATM



Backbone com Switch ATM em Redes Corporativas, início da década de 90

316

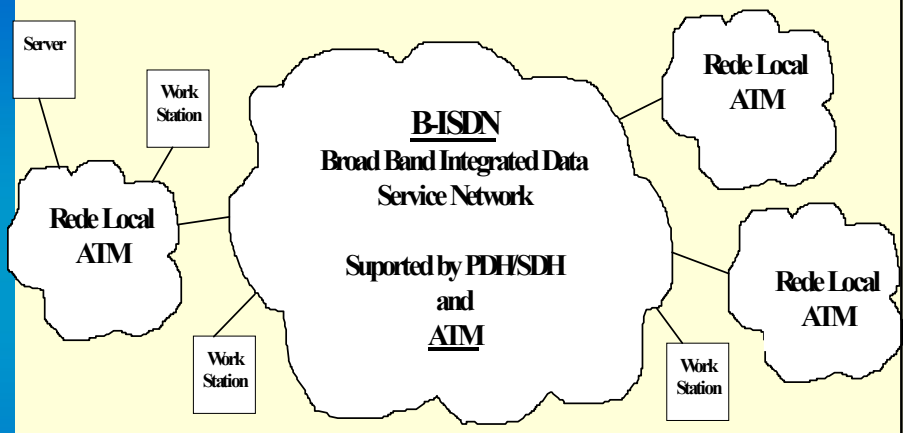
Backbone em Redes Locais - ATM



Interligação de redes Locais através de LAN Emulation, fim da década de 90, UEL é um exemplo

317

Backbone em Redes Locais - ATM



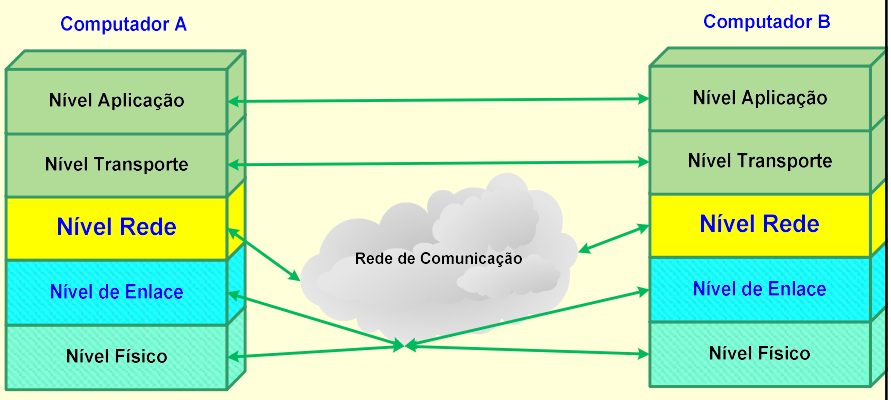
Solução global ATM através da B-ISDN (era preconizado para início século 21).

318

CAMADA de R E D E

319

Redes e Internet Hoje



320

CAMADA DE REDE

Principais funções :

- Sua função é prover meios funcionais e procedurais para a transmissão de dados, orientados ou não a conexão entre entidades do nível de transporte.
- Deve também transportar pacotes de uma origem a um destino estabelecendo rotas que podem passar entre várias sub-redes intermediarias. Este nível é o primeiro nível fim a fim do modelo OSI.
- Controle de congestionamento nos roteadores e controle de fluxo

CAMADA DE REDE

- A principal função do Nível de Rede é rotear pacotes da Máquina Fonte até a Máquina Destino. Na maioria das subredes os pacotes devem passar por vários roteadores (nós comutadores) até alcançarem o seu destino. Passam por vários ***hops*** (a passagem por um roteador representa um ***hop***).
- O Algoritmo de Roteamento é uma parte significativa do *software* do nível de rede, que tem a responsabilidade de decidir que saída deverá tomar um pacote quando chegar em um nó de roteamento

CAMADA DE REDE

- Surgiram duas vertentes no desenvolvimento de protocolos para o nível de rede, envolvendo a questão de ser ou não ser orientada a conexão os serviços do nível de rede, cada uma apoiada por um grupo diferente de pesquisadores e usuários. O grupo da **Internet** e do pessoal de **Telecomunicações**.
- O **grupo das telecomunicações** e companhias telefônicas, achavam que as sub-redes deveriam prover um serviço orientado a conexão razoavelmente confiável. Eles se basearam em 100 anos de experiência de sucesso mundial obtido pelos sistema telefônico

CAMADA DE REDE

- O **grupo da Internet** argumentava que a função das sub-redes era mover bits de um lado para outro e nada mais. Eles tinham uma posição baseada numa experiência acumulada em trabalhos com redes de computadores, que independente de como fossem projetada ela não seria confiável. Para eles as estações deverão aceitar o fato da rede não ser confiável e elas mesmos, fazerem controle de erro e de fluxo.

CAMADA DE REDE

- Serviços na camada de Rede

Característica	Orientado à Conexão	Não Orientados à Conexão
1	Conexão inicial, com negociação	Sem negociação inicial
2	Confiabilidade, sem pacotes perdidos ou duplicados	Não confiável, com pacotes perdidos, duplicados ou lixos.
3	Grupo de Telecomunicações	Grupo de Redes e Internet
4	Complexidade no nível de Rede	Complexidade no nível de Transporte
Exemplo	ATM	Internet

CAMADA DE REDE

Circuito Virtual (VC) x Datagrama

Característica	Circuito Virtual (ATM)	Datagrama (TCP/IP)
setup	Necessário	Não é necessário
Endereçamento	Cada pacote contem um pequeno numero para identificar o VC	Cada pacote contem o endereço completo da origem e do destino
Roteamento	Não existe, automatico pelo número dos VC	Cada pacote é roteado de forma independente
Falha no routers	Todos os VCs se perderão, e a comunicação estará perdida	Somente os pacotes no roteador se perderão, os outros podem seguir por outra rota
Controle de congestionamento	Fácil, necessário a alocação de buffers	Difícil
Exemplo	ATM *Virtual Channel* (VC)	Internet

CAMADA DE REDE - Endereçamento

Existem dois tipos :

- No endereçamento **hierárquico** o endereço de um *host* ou equipamento de rede é formado segundo a posição hierárquica que ele ocupe na rede. O *Internet Protocol* (IP) utiliza a forma de endereçamento hierárquico, que é formado pela identificação da rede, sub-rede e estação.
- No endereçamento **horizontal**, os endereços de cada host ou equipamento da rede não tem relação alguma com a posição que ele ocupa dentro da rede. Este tipo de endereçamento é utilizado nas redes do tipo 802.x.

CAMADA DE REDE - Algoritmos de Roteamento

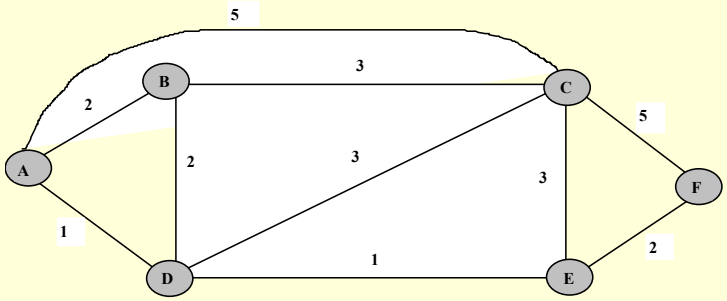
- Rotear pacotes de uma origem a um destino, é uma das principais funções do nível de rede, o roteamento só é necessário se as estações de origem e destino, não estiverem na mesma rede. Muitas vezes os pacotes para atingir a seu destino deverão passar por vários roteadores para completar sua rota, cada um destes saltos são chamados e contados como ***hops***.
- O **algoritmo de roteamento**, é o componente de software do nível de rede responsável por decidir qual a melhor rota que os pacotes devam ser transmitidos.
- O algoritmo de roteamento deve ter o compromisso de minimizar o número de hops que o pacote terá que percorrer, que devera acarretar num menor *delay,* otimizando o uso da banda e gerando um melhor *throughput* na rede.

CAMADA DE REDE

- Os algoritmos de roteamento podem ser agrupados em:
  - **não adaptativos** : Se baseiam em rotas estáticas, que são estabelecidas com a rede fora do ar
  - **adaptativos** : Trabalham de acordo com as mudanças na topologia da rede e no comportamento do trafego. Os roteadores ficam trocando informações entre si para o melhor funcionamento dos algoritmos de roteamento

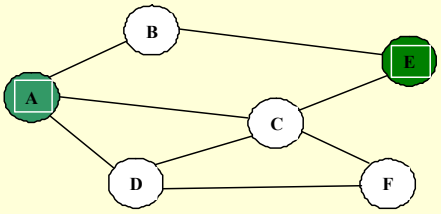
CAMADA DE REDE

- Algoritmos não Adaptativos:
  - Supondo a seguinte topologia, em que os números nos links representam custo relativo. Consideremos a rota de (A) para (F) segundo dois critérios: **custo e menor distância**, tem-se:
    - Menor custo será: (A) => (D) => (E) => (F) = 4
    - Menor distância será: (A) => (C) => (F) = 10



CAMADA DE REDE

Matriz de Atrasos	
Link	Atraso [µs]
AB	4
AC	6
AD	3
BE	8
CE	2
CF	5
DC	2
DF	1

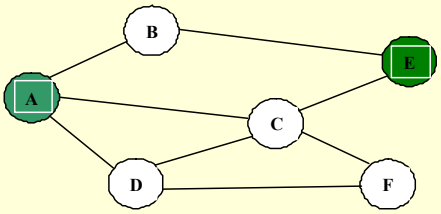


Rotas Possíveis	Links Intermediários	Atrasos Parciais	Atraso Total
A B E	AB, BE	4,8	12
A C E		6,2	8
A D F C E		3,1,5,2	11
A D C E		3,2,2	7

- Algoritmos Adaptativos distribuídos:
  - **Conclusão : a rota de menor atraso é** A D C E (7µs)
  - **A pergunta que se faz; como obter os atrasos dos diversos links ?**
  - **Usando por exemplo técnicas de *Flooding*, medindo o tempo que leva um pacote para chegar até um roteador.**

CAMADA DE REDE

Matriz de Atrasos	
Link	Atraso [µs]
AB	4
AC	6
AD	3
BE	8
CE	2
CF	5
DC	2
DF	1



Rotas Possíveis	Links Intermediários	Atrasos Parciais	Atraso Total
A B E	AB, BE	4,8	12
A C E		6,2	8
A D F C E		3,1,5,2	11
A D C E		3,2,2	7

- Algoritmos Adaptativos distribuídos:
  - **Conclusão : a rota de menor atraso é** A D C E (7µs)
  - **A pergunta que se faz; como obter os atrasos dos diversos links ?**
  - **Usando por exemplo técnicas de *Flooding*, medindo o tempo que leva um pacote para chegar até um roteador.**

CAMADA DE REDE

- Principais algoritmos de roteamento
  - **Principio ótimo**
  - ***Shortest Path***
  - ***Flooding***
  - ***Flow Based Routing***
  - **Roteamento por Distância do Vetor - RIP**
  - ***Link State Routing***
  - **Roteamento Hierárquico**
  - **OSPF, RIPII,**
  - **BGP/*Exterior Router Protocol***

CAMADA DE REDE

- Roteamento por distância de vetor
  - O algoritmo por distancia de vetor funciona com a utilização e manutenção de uma tabelas (vetores) que contem a melhor distância conhecida para cada destino e qual o caminho a ser usado. Estas tabelas residem nos roteadores e frequentemente tem que ser examinadas e atualizadas com informações de roteadores vizinhos.
  - Cada roteador mantêm uma tabela de rotas indexada, com informações sobre os frames que estão saindo e a estimativa do tempo ou distancia para o destino. A estimativa pode ser feita em número de hops e/ou tempo em milissegundos.

CAMADA DE REDE

Vetor do Roteador A	
De A para	Atraso
A	0
B	12
C	25
D	40
E	14
F	23
G	18
H	17
I	21
J	8
K	24
L	29

+8
Atraso de J para A

Vetor do Roteador I	
De I para	Atraso
A	24
B	36
C	18
D	27
E	7
F	20
G	31
H	20
I	0
J	10
K	22
L	33

+10
Atraso de J para I

Vetor do Roteador H	
De H para	Atraso
A	20
B	31
C	19
D	8
E	30
F	19
G	6
H	0
I	14
J	12
K	22
L	9

+12
Atraso de J para H

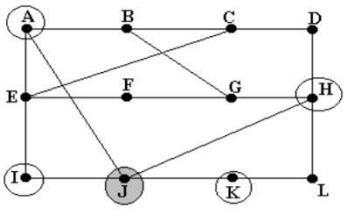
Vetor do Roteador K	
De K para	Atraso
A	21
B	28
C	36
D	24
E	22
F	40
G	31
H	19
I	22
J	6
K	0
L	9

+6
Atraso de J para K

⇒

Novo Vetor do Roteador J		
De J para	Atraso	Linha
A	8	A
B	20	A
C	28	I
D	20	H
E	17	I
F	30	I
G	18	H
H	12	H
I	10	I
J	0	-
K	6	K
L	15	K

Pergunta de J para G via A ou I ou H ou K qual a melhor rota ???



Consideremos o Roteador J da subrede ao lado, que possui conhecimento a priori sobre o atraso até cada um de seus vizinhos, obtido a partir de uma métrica qualquer:

J a A = 8ms
J a I = 10ms
J a H = 12ms
J a K = 6ms

CAMADA DE REDE

Vetor do Roteador A	
De A para	Atraso
A	0
B	12
C	25
D	40
E	14
F	23
G	18
H	17
I	21
J	8
K	24
L	29

+8
Atraso de J para A

Vetor do Roteador I	
De I para	Atraso
A	24
B	36
C	18
D	27
E	7
F	20
G	31
H	20
I	0
J	10
K	22
L	33

+10
Atraso de J para I

Vetor do Roteador H	
De H para	Atraso
A	20
B	31
C	19
D	8
E	30
F	19
G	6
H	0
I	14
J	12
K	22
L	9

+12
Atraso de J para H

Vetor do Roteador K	
De K para	Atraso
A	21
B	28
C	36
D	24
E	22
F	40
G	31
H	19
I	22
J	6
K	0
L	9

+6
Atraso de J para K

⇒

Novo Vetor do Roteador J		
De J para	Atraso	Linha
A	8	A
B	20	A
C	28	I
D	20	H
E	17	I
F	30	I
G	18	H
H	12	H
I	10	I
J	0	-
K	6	K
L	15	K

Pergunta de J para G via A ou I ou H ou K qual a melhor rota ???

De J para G via A
De J para G via I
De J para G via H
De J para G via K
Melhor rota ?

CAMADA DE REDE

Vetor do Roteador A	
De A para	Atraso
A	0
B	12
C	25
D	40
E	14
F	23
G	18
H	17
I	21
J	8
K	24
L	29

+8
Atraso de J para A

Vetor do Roteador I	
De I para	Atraso
A	24
B	36
C	18
D	27
E	7
F	20
G	31
H	20
I	0
J	10
K	22
L	33

+10
Atraso de J para I

Vetor do Roteador H	
De H para	Atraso
A	20
B	31
C	19
D	8
E	30
F	19
G	6
H	0
I	14
J	12
K	22
L	9

+12
Atraso de J para H

Vetor do Roteador K	
De K para	Atraso
A	21
B	28
C	36
D	24
E	22
F	40
G	31
H	19
I	22
J	6
K	0
L	9

+6
Atraso de J para K

⇒

Novo Vetor do Roteador J		
De J para	Atraso	Linha
A	8	A
B	20	A
C	28	I
D	20	H
E	17	I
F	30	I
G	18	H
H	12	H
I	10	I
J	0	-
K	6	K
L	15	K

Pergunta de J para G via A ou I ou H ou K qual a melhor rota ???

De J para G via A
De J => A = 8, de A => G = 18 então 8 + 31= 26

De J para G via I
De J => I = 10, de I => G = 31 então 10 + 31= 41

De J para G via H
De J => H = 12, de H => G = 6 então 12 + 6 = 18

De J para G via K
De J => K = 6, de K => G = 31 então 6 + 31 = 37

Melhor rota ? J para G via H

CAMADA DE REDE - *Internetworking*

- A comunicação entre equipamentos/*devices* através de múltiplas redes pode ser chamada de ligação inter-redes.
- A ligação entre redes é chamada de ligação inter-redes ou em inglês ***Internetworking***, que deve prover roteamento e encaminhamento de dados entre as redes além de prover a conversão quando necessário de tecnologias de redes.
- Para compatibilizar e permitir a interligação entre a grande variedade de protocolos e tecnologias de redes existentes é necessário que se estabeleçam regras e protocolos.
- O principal protocolo usado para ***Internetworking*** usada atualmente é o *Internet Protocol* (IP).

CAMADA DE REDE - *Internetworking*

- Duas razões principais pelas quais a *Internetworking* continuara existindo:
  - Existe uma variedade enorme de tecnologias e protocolos:
    - SNA da IBM para mainframes,
    - Sistemas UNIX com TCP/IP nativo
    - Redes Novell com IPX
    - Redes DECnet da DEC
    - Redes AppleTalk
    - Frame Relay
    - Redes ATM
  - Novas tecnologias como o ATM e *Wireless*, trazem a tona novos serviços, novos hardwares e novos softwares

CAMADA DE REDE - *Internetworking*

- Cada rede que faz parte do ambiente *Internetworking* é chamada de subrede, nelas temos:
  - *End Systems* (ES) ==> equipamentos dos usuários
  - *intermediate system* (IS) ==> Provem a ligação e o roteamento necessário para troca de informações entre redes. Os roteadores, *bridges* e *switches* são exemplos de ISs.

CAMADA DE REDE - *Internetworking*

- ***Autonomous System* (AS) :** É constituído por um conjunto de redes interligadas por roteadores homogêneos, onde todos são administrados por uma única entidade. Dentro de um **AS** são usados protocolos de roteamento do tipo *Interior Router Protocol* (IRP) e para roteamento entre ASs diferentes é usado protocolos do tipo *Exterior Router Protocol* (ERP)

CAMADA DE REDE - *Internetworking*

Arquitetura TCP/IP

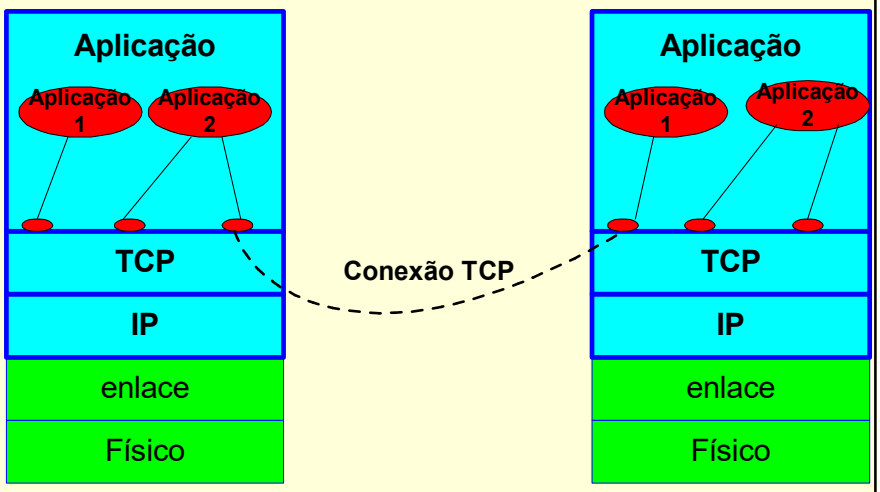
343

TCP/IP

- É atualmente uma arquitetura de rede Dominante no mundo devido ao sucesso da Internet, atualmente instalada em mais de 7 bilhões de computadores.
- Década de 80 acreditava-se no OSI
- Década de 90 a realidade mostrou-se ao contrário
- O modelo de arquitetura utilizado no TCP/IP é definido em 4/(5) camadas conforme ilustrado na figura a seguir

344

TCP/IP – Modelo de referência



modelo de referencia do TCP/IP

TCP/IP - Histórico

- *1969 – RFC 1*
- *1973 – Criação do TCP/IP*
- *1990 – World Wide Web – Tim Berners-Lee*

TCP/IP - Histórico

- *Advanced Reserach Projects Agency* (ARPA) começou a funcionar em meados dos anos 70 em busca de uma tecnologia para internet. Somente de 1977 a 1979 o protocolo e a arquitetura tomou forma. Nesta época a rede da ARPA, chamada ARPANET
- O *Departament of Defense* (DOD) dos EUA, apoiaram o desenvolvimento de software, eles eram(são)um grande comprador de software, fazendo com que as empresas investissem maciçamente na arquitetura.
- A ARPANET se tornou o *backbone* da Internet, o período de transição foi até 1983
- ARPA apoiava pesquisadores de Universidades.

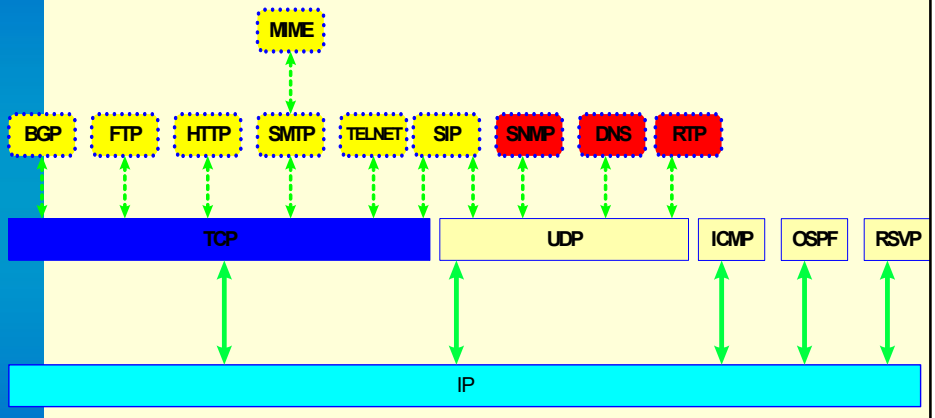
TCP/IP - Histórico

- A Universidade da Califórnia incluiu em seu S.O Unix o TCP/IP,
  - Berkeley Unix ou BSD Unix (*Berkely Software Distribution*)
  - 90 % dos DCC das Universidades passaram a usar o TCP/IP
  - Socket, uma *Aplication Program Interface* (API) para que os programas de aplicação acessassem os protocolos de comunicação
  - Exemplo de Socket é o Winsock presente no Windows da Microsoft
- A partir de 1987 o crescimento era da ordem de 15 % ao ano
- 1994 a Internet já alcançava mais de 3 milhões de computadores em 61 países
- Serviços como e-mail, FTP. Telnet e depois a WEB...

TCP/IP - Características

- As três características descritas abaixo sintetizam a importância e as principais diferencias do TCP/IP em relação a outras tecnologias:
  - TCP/IP é completamente independente de qualquer fabricante ou marca de hardware,
  - TCP/IP permite que dois computadores ligados na Internet via TCP/IP se conectem e se comuniquem em qualquer parte do mundo
  - A arquitetura oferece descrição de standards para protocolos do nível de aplicação como: FTP, correio eletrônico e *remote login*

TCP/IP - Protocolos



Alguns dos principais protocolos usados no TCP/IP

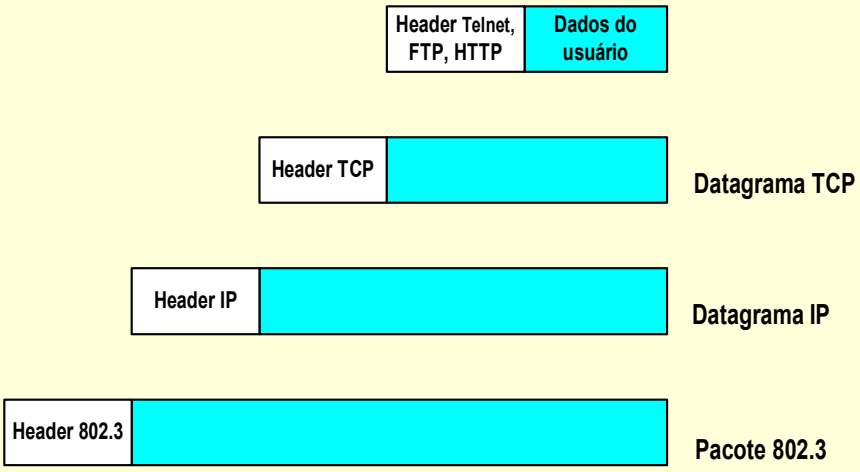
TCP/IP - funcionamento

- Para a comunicação entre os equipamentos ou entidades na Internet, é necessário que cada equipamento tenha dois tipos de endereços.
  - O primeiro irá identificar o equipamento univocamente a nível global, chamado de **endereço IP**
  - O segundo é usado internamente para que os processos que requisitam a comunicação possam ser identificadas nas maquinas de destino, conhecido como **porta** que identifica o serviço.

TCP/IP - funcionamento

Serviço	Porta
FTP	21
SSH	22
Telnet	23
SMTP	25
DNS	53
HTTP	80
HTTPS	443
SMTPS	465
POP3	110
POP3S	995
IMAP	132
IMAPS	993
RDP	3389
Whatsapp	80, 443, 4244, 5222, 5223, 5228, 5242

TCP/IP - funcionamento



Encapsulamento TCP/IP em uma LAN usando 802.3

TCP/IP - Padronização

- Formado em 1983 o *Internet Architecture Board* (IAB) é a organização que especifica os padrões referentes a arquitetura TCP/IP e a Internet. **www.iab.org**
- O *Internet Engineering Task Force* (IETF), é formado por um grupo aberto de pesquisadores, fabricantes, vendedores, e operadores de rede, destinados a pesquisa e o desenvolvimento da Internet, atua em conjunto com o IAB. **www.ietf.org**

TCP/IP - Padronização - RFCs

- O TCP/IP não é de nenhuma empresa ou organização de padronização, a documentação dos protocolos, padrões e políticas não podem ser vendidas. A *National Science Foundation* (NFS) fundou um grupo em conjunto com a AT&T chamado de Internet *Network Information Center* (INTERNIC) que é responsável por manter e distribuir estas informações.
- A documentação sobre os padrões da Internet, que envolvem propostas novas e já consolidadas de protocolos, sobre políticas e padrões são descritas em RFCs. Antes de se tornar uma RFC o texto preliminar é conhecido e descrito com uma Draft.
- No site do IETF pode ser encontrado links para todas as RFC disponíveis, o endereço para consulta é : **www.ietf.org/rfc.html**

TCP/IP - Endereçamento

- Os endereços IP são formados por números de 32 bits, formados por quatro conjuntos numéricos decimais, separados por ponto. A 1ª parte identifica uma rede na inter-rede e a 2ª parte identifica uma estação dentro desta rede.
- Os endereços podem ser usados para referenciar uma rede ou uma estação. O endereçamento do TCP/IP faz com que a Internet pareça uma rede única simples e uniforme.
- Uma desvantagem deste tipo de endereçamento aparece quando se muda de lugar um computador. Dependendo da mudança o endereço IP também deve ser alterado.
- Exemplo: 200.250.5.10 (x.y.z.h)

TCP/IP - Endereçamento

O Endereço IP é constituido de uma palavra de 32 bits

1. 8. 16. 24. 32.
Bits

Palavra de Cabeçalho

Classes de Endereço

				Abrangência do Endereço	
				Início	Fim
A	0	Rede	Hospedeiro	1.0.0.0.	127.255.255.255
B	1 0	Rede	Hospedeiro	128.0.0.0.	191.255.255.255.
C	1 1 0	Rede	Hospedeiro	192.0.0.0.	223.255.255.255
D	1 1 1 0	Endereços Multicast		224.0.0.0.	239.255.255.255
E	1 1 1 1 0	Reservados para uso futuro		240.0.0.0	247.255.255.255.

TCP/IP - Endereçamento

Classes de Endereçamento IP

Classe	Inicio	Fim	Redes	Hosts	Total de Hosts	
A	1.0.0.0	126.255.255.255	128	16.777.216	2.147.483.648	
B	128.1.0.0	191.255.255.255	16384	65536	1.073.741.824	
C	192.0.0.0	223.255.255.255	2.097.152	256	536.870.912	
D	224.0.0.0	239.255.255.255				Multicast address
E	240.0.0.0	247.255.255.255				Reservado para futuro

127.x.x.x - Reservado para funções especiais como loopback, para os protocolos usar como teste e para comunicação interna de processos com a própria maquina. Pacotes com este endereço não devem aparecer na rede. Os roteadores não devem propagar pacotes com este endereço.

Endereço de Rede Válido e de Host = 255, equivale a um broadcast para a rede assinalada no end. de Rede

Todos os Bits do endereço = 1 ou endereçi IP = 255.255.255.255 = Broadcast para a Rede

TCP/IP - Subnet

- Um de seus objetivos foi minimizar a escassez dos números IPs, com isto poderia se acomodar um único endereço de classe C em mais de uma sub-rede, por exemplo.

Esquema usado para Mascara no TCP/IP

Binário	*Decimal*	*Mascara*	*Sub Redes*	*Maquinas*
00000000	24	0	1	256
10000000	25	128	2	128
11000000	26	192	4	64
11100000	27	224	8	32
11110000	28	240	16	16
11111000	29	248	32	8
11111100	30	252	64	4

TCP/IP - Subnet

- Reduzir domínio de Broadcast.
- Você não pode usar o 1º e nem o último endereço dentro de uma sub-rede. O 1º é o endereço da sub-rede e o ultimo é o endereço de broadcast da sub-rede.
- Também usado para classe B

TCP/IP – CIDR Supernetting

- Esta alternativa a *subnet* veio para solucionar o problema de falta de endereços de classe B e excesso de tamanho nas tabelas de roteamento.
- Publicado na RFC 1519 em 1993, deveria funcionar por 25 anos = 2018, por enquanto é um sucesso. Ela foi atualizada pela RFC 4632 em 08/2006.
- As empresas se conectavam a um *Internet Service Provider* (ISP) e necessitavam de mais de um classe C, porem não justificava a utilização de um classe B!
- Permite a divisão dos endereços em blocos que são representados por uma potencia de 2.
- Combinação de múltiplas classes C em um único bloco de *supernet*.

TCP/IP – CIDR Supernetting

- Notação CIDR chamada de *slash*.

Notação CIDR	Notação Decimal	Número de hosts
/1	128.0.0.0	2147483648
/2	192.0.0.0	1073741824
/3	224.0.0.0	536870912
/4	240.0.0.0	268435456
/5	248.0.0.0	134217728
/6	252.0.0.0	67108864
/7	254.0.0.0	33554432
/8	255.0.0.0	1667216
/9	255.128.0.0	8388608
/10	255.192.0.0	4194304
/11	255.224.0.0	2097152
/12	255.240.0.0	1048576
/13	255.248.0.0	524288
/14	255.252.0.0	262144
/15	255.254.0.0	131072
/16	255.255.0.0	65536
/17	255.255.128.0	32768
/18	255.255.192.0	16384
/19	255.255.224.0	8192
/20	255.255.240.0	4096
/21	255.255.248.0.	2048
/22	255.255.252.0	1024
/23	255.255.254.0	512
/24	255.255.255.0	256
/25	255.255.255.128	128
/26	255.255.255.192	64
/27	255.255.255.224	32
/28	255.255.255.240	16
/29	255.255.255.248	8
/30	255.255.255.252	4
/31	255.255.255.254	2
/32	255.255.255.255	1

TCP/IP - Distribuição de Endereços

- *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA) atua como organização centralizadora na distribuição de endereços à nível mundial
- No Brasil a distribuição de endereços do domínio .br está centralizado na Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), no endereço **http://registro.br**, podem ser encontradas as normas e as regras para solicitação e registro de domínios
- Em 1994 o *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA) através da RFC 1597 reservou para uso em *intranets* os seguintes endereços, para redes privadas, atualizada pela RFC 1918 de 02/1996 :
  - **10.0.0.0 a 10.255.255.255 (prefixo 10/8)**
  - **172.16.0.0 a 172.31.255.255 (prefixo 172.16/12)**
  - **192.168.0.0 a 198.168.255.255 (prefixo 192.168/16)**

TCP/IP – Network Address Translation

- Técnica que permite a utilização de endereços privados para acesso à Internet por meio de um roteador ou firewall.
  - Pode gerar problemas para serviços com UDP, Ipsec, desempenho
  - Como vantagem tem-se mais segurança, controle/gerência
  - IP Masquerading

TCP/IP – *Regional Internet Registry (RIR)*

- ✓ Um Registro Regional da Internet (RIR) é uma organização que tem delegação da IANA para administrar e gerenciar a distribuição de recursos da Internet em uma região do mundo. São geridos a distribuição de endereços IP e Autônomos Systems.
- ✓ Existem cinco RIRs em operação
  - ✓ AFRINIC Africa Region
  - ✓ ARIN Canada, USA, and some Caribbean Islands
  - ✓ LACNIC Latin America and some Caribbean Islands
  - ✓ RIPE NCC Europe, the Middle East, and Central Asia

TCP/IP – nic.br

- ✓ O Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR é uma entidade civil, sem fins lucrativos, que desde dezembro de 2005 implementa as decisões e projetos do Comitê Gestor da Internet no Brasil, conforme explicitado no comunicado ao público e no estatuto do NIC.br.
  - ✓ https://nic.br
  - ✓ https://www.nic.br/atividades/
  - ✓ https://www.youtube.com/user/NICbrvideos
  - ✓ **30 anos .br 17/04/2019** https://www.youtube.com/watch?v=cGeKlwVbCNk

TCP/IP – nic.br

- **Como funciona a Internet parte 1, 2, 3 e 4**
  1. **O Protocolo IP:** https://www.youtube.com/watch?v=HNQD0qJ0TC4
  2. **Sistemas autônomos, BGP, PTT:** https://www.youtube.com/watch?v=C5qNAT_j63M
  3. **DNS:** https://www.youtube.com/watch?v=ACGuo26MswI
     - **A importância do DNS nas Redes**
  4. **Governança da Internet:** https://www.youtube.com/watch?v=ZYsjMEISR6E
- **IETF e Padrões para Internet**
  - http://www.youtube.com/watch?v=SN-EaJIeB-w
- **Fragmentação de pacotes IPv4 e IPv6**
  - https://www.youtube.com/watch?v=5OtebbSnwoM
- **Endereços IP não são todos iguais**
  - Parte 1: https://www.youtube.com/watch?v=jnuHODaLcO8
  - Parte 2: https://www.youtube.com/watch?v=63M61wttuMk

TCP/IP – nic.br

- **Introdução ao roteamento de pacotes IP**
  - https://www.youtube.com/watch?v=y9Vx5l-th9Y
- **NTP e a hora certa na Internet**
  - http://www.youtube.com/watch?v=hyCrd0x2yGg
- **Como Fazer um bom plano de endereçamento IP parte 1 e 2**
  - http://www.youtube.com/watch?v=h74MVDgfYV8
  - http://www.youtube.com/watch?v=8GjMjZFUMSk&list=UUscVLgae-2f9baEXhVbM1ng
- **Ponto de troca de Tráfego**
  - http://www.youtube.com/watch?v=QXUpRg29iZQ
  - 15 anos do IX.br https://www.youtube.com/watch?v=2FiCV0hr83Q
- **A Internet das coisas**
  - https://www.youtube.com/watch?v=jlkvzcG1UMk

TCP/IP - RFCs

RFC	Descrição
768	User Datagram Protocol (UDP)
783	Trivial File Transfer Protocol (TFTP)
791	Internet Protocol (IP)
792	Internet Control Message Protocol (ICMP)
793	Transmission Control Protocol (TCP)
826	Address Resolution Protocol (ARP)
854	Telnet Protocol (TELNET)

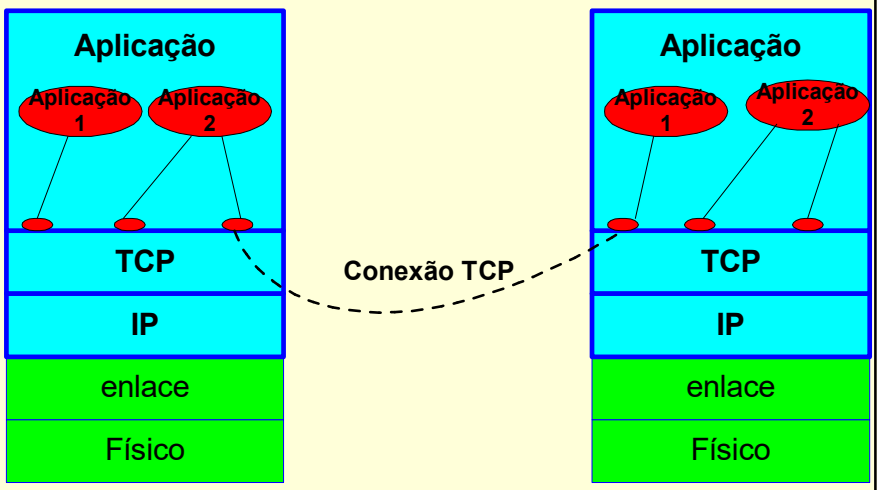
TCP/IP – Arquitetura TCP/IP

- Arquitetura de rede chamada TCP/IP
- Camada 3 protocolo IP
  - Carteiro, melhor esforço, não garante a entrega do pacote
  - Sem conexão, controle de erro no cabeçalho,
  - Controle de fragmentação dos pacotes
  - Transmissão sem conexão
  - Responsável pelo roteamento entre as redes
    - Gateway ou roteadores

TCP/IP – Arquitetura TCP/IP

- Camada 4 protocolo **TCP**
  - ✓ Transmissão com conexão, serviço confiável, ack e retransmissão de pacotes perdidos ou com problema
  - ✓ Segmentação, sequenciação, controle de erro e controle de fluxo
- Camada 4 protocolo **UDP**
  - ✓ Não implementa mecanismo de correção de erro
  - ✓ Não garante a ordem de chegada dos pacotes
  - ✓ Voltado a portas na origem e no destino
  - ✓ As aplicações devem garantir a segurança e confiabilidade

TCP/IP – Modelo de referência



modelo de referencia do TCP/IP

TCP/IP - Protocolo IP
Características

- O protocolo IP se destina a interconexão de redes que utilizam tecnologia de comutação de pacotes, é voltado principalmente para o ambiente de *internetworking*, ou inter-redes que é composto por *hosts* conectados a redes interligadas através de *gateways*.
- Os equipamentos que fazem o papel de *gateway* no nível de rede são chamados de roteadores ou routers.
- Não orientado a conexão, ele é como um CARTEIRO
- Entrega os datagramas com base no endereço IP

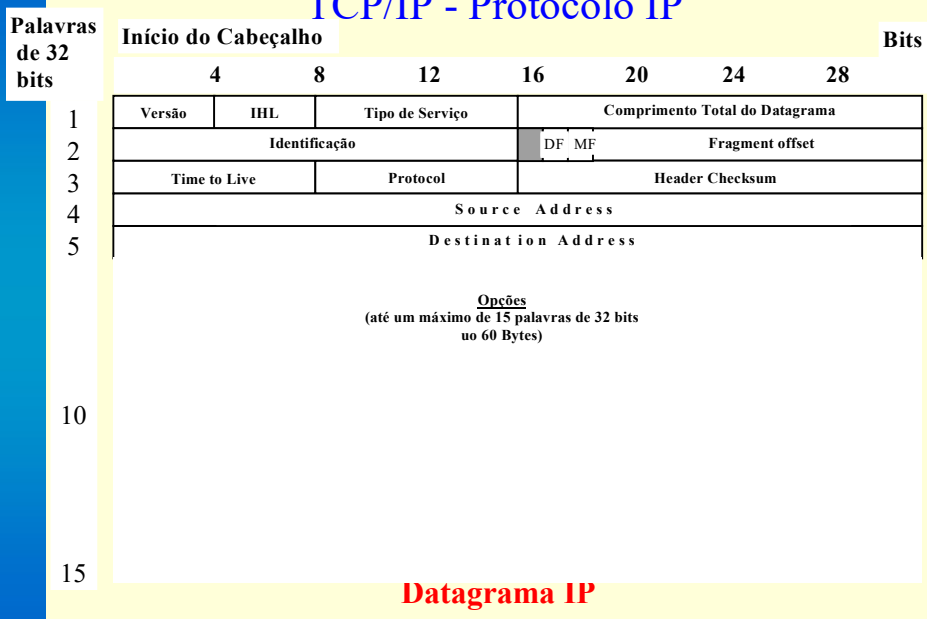
TCP/IP - Protocolo IP
Características

- IP oferece serviço de fragmentação e remontagem de datagramas, para a transição em redes onde o tamanho máximo do frame seja menor do que o datagrama em transição.
- Cada datagrama é independente e não tem relação com nenhum outro junto ao protocolo IP.
- Comunicação utilizada não é confiável
- Serviço de datagrama não confiável, melhor esforço
- Endereçamento IP hierárquico
- Controle de erro é feito no cabeçalho, por um campo de *checksum*

TCP/IP - Protocolo IP
Características

- Não faz controle de fluxo
- Tem identificação de urgência no datagrama
- Os datagramas podem ser descartados, nos roteadores, com base em informações em um campo que indica o tempo de vida do datagrama
- Protocolo IP define o datagrama básico usado para transferência de informação em redes TCP/IP
- As implementações do IP efetuam função de roteamento, para escolher o melhor caminho no qual o datagrama deve ser enviado

TCP/IP - Protocolo IP



Datagrama IP

TCP/IP - Protocolo IP -Datagrama

Campo	Bits	Descrição
Version	4	Indica o numero da versão do IP que montou o datagrama. A versão atual é 4
IHL	4	*Internet Header Lenght* (IHL), indica o tamanho do *header* do datagrama IP, que pode ser variável. O tamanho mínimo é de 5 e o máximo 1111 = 15 * 4(palavra de 32 bitis) = 60 bytes de header
Type of Service	8	Especifica qual o tipo do serviço é requerido para as redes onde o datagrama passa, como velocidade, atraso, erros. O roteador pode por exemplo escolher um link mais rápido. Na prática não é usado. Bit 1 a 3 - Precedence (3 bits) – indica o grau de prioridade de 0 a 7 Bit 4 - Low delay D - Baixo atraso Bit 5 - Hight throughput T - alta vazão Bit 6 - High reliability R - alta confiabilidade Bits 7 e 8 não usados
Total Length	16	Indica o tamanho total do datagrama IP incluindo os dados. O tamanho máximo possível é 65.536
Identification	16	Serve para o destinatário identificar os datagramas que sofreram fragmentação, e uni-los novamente
Flags	3	• Primeiro bit não é usado • Segundo bit chamado de Don´t Fragment (DF) com valor 1 sinaliza ao roteador para não fragmentar este datagrama, pois o destinatário não poderá remonta-lo • O terceiro bit conhecido como More Fragments (MF) é sinalizado com 1 em todos os datagramas fragmentados, exceto no último
Fragment Offset	13	Indica o offset de onde inicia o frame fragmentado, todos os fragmentos são múltiplos de 8 bytes.

TCP/IP - Protocolo IP -Datagrama

Campo	Bits	Descrição
Time To Live	8	(TTL) é um contador de quantos gateways o datagrama pode passar. A cada roteador este campo é decrementado de 1, e ao chegar a zero o datagrama é descartado.
Protocol	8	Identifica o protocolo de transporte que gerou este datagrama (TCP, UDP, etc..). Estes números podem ser encontrados na RFC 1700.
Header Checksum	16	Contem o calculo do checksum do header, ele é calculado a cada hop, por causa da mudança do TTL.
Source Address	32	Endereço da máquina que originou o datagrama
Destination Address	32	Endereço da máquina a qual o datagrama se destina
Options		• É um campo opcional que inicialmente foi usado para teste e debug da rede. • Também se tornou uma válvula de escape, permitindo que novas versões dos protocolos incluíssem informações não previstas inicialmente. • Este campo tem tamanho variável, com um mínimo inicial de 4 bytes.
Padding		Depende do campo *options*, ele serve para garantir que o *header* tenha um tamanho múltiplo de 32 bits.
Data		São os dados transportados pelo IP.

TCP/IP - Mapeamento de endereços IP / MAC

- Para o envio de pacotes IP de um segmento da rede para outro, é necessário o mapeamento dos endereços IPs para os endereços físicos da sub-rede. Estes endereços físicos ou de hardware são chamados de MAC segundo a arquitetura IEEE 802.3.
- O protocolo *Address Resolution Protocol* (ARP) possibilita a uma estação de uma sub-rede encontrar o endereço de outra estação em outra sub-rede.
- O ARP é descrito na RFC 826
- Em uma mesma sub-rede esta resolução é feita de forma local sem a necessidade de um servidor, caso contrario deve ser repassadas para o seu gateway.

TCP/IP - Mapeamento de endereços IP / MAC

- É feito um *broadcast* com o endereço IP da estação de destino (MAC), todas as estações ouvirão e somente a estação em questão irá responder.
  - Request com o endereço IP e solicita o endereço MAC por meio de broadcast.
  - Response com o endereço IP e o endereço MAC diretamente para quem enviou o pedido/Request.

TCP/IP - Mapeamento de endereços MAC / IP

- O problema inverso acontece quando uma estação não sabe seu número IP, na rede deverá existir um servidor de endereços IP que será requisitado para isto, através do RARP, que esta definido na RFC 903.

TCP/IP - ICMP

- Usado pelos roteadores e pelas estações para enviar datagramas com informações de controle, erros e testes.
- Os roteadores reportam erros a seus roteadores vizinhos, com informações de controle.
- O PING é um exemplo típico de aplicação do protocolo *Internet Control Message Protocol* (ICMP)

TCP/IP - PROTOCOLO TCP

- É um dos protocolos do nível de Transporte da Internet, orientado a conexão.
- Projetado para fornecer uma conexão confiável, fim a fim, para suprir a não confiabilidade do IP
- Se adapta dinamicamente às diferentes características das sub-redes (banda, atraso, ...)
- É robusto frente as falhas da Internet
- suporta segmentação, sequenciação, controle de erro e controle de fluxo
- utiliza janela deslizante, com *piggyback*

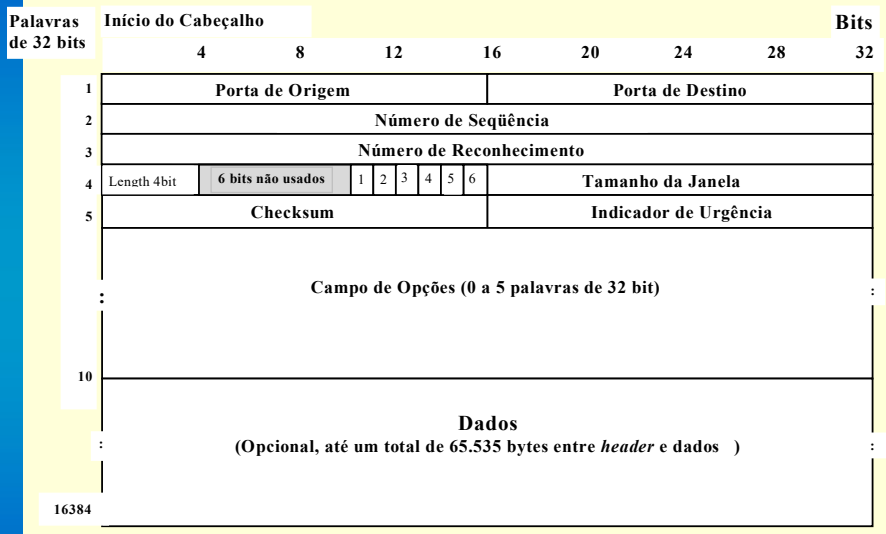
TCP/IP - PROTOCOLO TCP

- Definido originalmente na RFC 793, corrigido na RFC 1122 e estendido na RFC 1323
- Para troca de dados entre si, as entidades de transmissão e recepção TCP, trocam dados em forma de segmentos.
- O segmento possui um cabeçalho, formado por:
  - mínimo de 5 palavras de 32 bits (4 bytes), totalizando 20 bytes;
  - máximo de 10 palavras de 32 bits (4 bytes), totalizando 40 bytes.

TCP/IP - PROTOCOLO TCP

- Após o cabeçalho segue o campo de dados, que pode ser nulo, ou conter até um máximo de
  - 65536 – 20 (cabeçalho) – 20 (cabeçalho) = 65496 bytes,
  - Seu tamanho é determinado pelo MTU especificado na sub-rede pela qual o segmento estará passando.
- O protocolo usado para troca de segmentos entre as entidades é do tipo janela deslizante ou *sliding-windows*.

TCP/IP - PROTOCOLO TCP



Estrutura de um segmento TCP, usada para troca de dados por entidades de transmissão e recepção

TCP/IP - PROTOCOLO TCP

- **Porta de origem e destino** : FTP 21, TELNET 23, etc,
- **Número de sequência** : primeiro indica o número do último byte transmitido,
- **Número de Reconhecimento** : indica o número do próximo byte que está sendo esperado no fluxo TCP,
- ***Lenght* (4 bits):** Indica quantas palavras de 32 bits contém o cabeçalho do quadro TCP,

TCP/IP - PROTOCOLO TCP

- **6 *Flags* de um bit:**
  - **1 - URG - Urgent Pointer, ativo ou não.**
  - **2 - ACK - Mecanismo do Acknowledgment esta ativo ou não.**
  - **3 - PSH - Push Held Data, solicitação de liberação dos dados assim que chegam.**
  - **4 - RST - Reset da conexão TCP por algum problema.**
  - **5 - SYN - Pedido de estabelecimento de conexão (conexão aceita indicado por ACK).**
  - **6 - FIN - Pedido para desconexão, último pacote enviado.**
- **Tamanho da janela**: define o tamanho da janela de reconhecimento, com tamanho máximo de 16 bits = 65.536 bytes no máximo por janela de transmissão
- **Checksum**: O valor deste campo é obtido a partir da soma em complemento de *um* de todas as meias palavras de 16 bit do cabeçalho
- **Indicador de urgência:** se o flag urg foi marcado então será um indicador de 16 bits indicando o offset byte urgente dentro do segmento.
- **Opções:** não é obrigatório, pode conter 0 ou mais palavras de 32 bits. Indica o tipo de opção, tamanho máximo de segmento, tamanho da janela, time stamp, opção de retransmissão,

TCP/IP - PROTOCOLO UDP

- Protocolo de transporte não orientado a conexão
- não implementa mecanismo de correção de erro
- Não garante a ordem de chegada dos pacotes
- Voltado a portas na origem e no destino

1	17	32
Porta de origem	**Porta de Destino**	
Tamanho do pacote	***Checksum***	
Dados		
Dados		

TCP/IP - Protocolos de Aplicação

- *File Transfer Protocol* - FTP
  - utilizado para transferência de arquivos
  - permite que um usuário renomeie, apague arquivos, crie ou apague diretórios em um computador remoto
  - Usuário precisa dar um login
  - utiliza porta 21

TCP/IP - Protocolos de Aplicação

- TELNET - Terminal virtual
  - usado para estabelecer uma sessão em uma maquina remota
  - Descrito pela RFC 854
  - utiliza a porta 23
  - protocolo orientado a byte

TCP/IP - Protocolos de Aplicação

- *Simple Mail Transfer Protocol* - SMTP
  - Transmite / recebe mensagens
  - redireciona mensagens
  - porta 25
  - verifica e expande lista de usuários
    - helo maquina.teste.br
    - mail from:<username@teste.br>
    - rcpt to:<user-destino@teste.br>
    - data
    - mensagem mensagem mensagem
    - <CRLF>.<CRLF>

TCP/IP - Protocolos de Aplicação - WEB

- 1989, CERN Lab,
- Tim Berners-Lee, propôs uma tecnologia de hipermídia para troca de pesquisas texto na Internet
- 1991 o CERN lança o protótipo da WEB ou WWW
- *Hipertext Transfer Protocol* - HTTP
  - protocolo usado para transferência de informações na World-Wide Web ou WWW
  - porta 80
  - utiliza conexão TCP, que só é mantida durante a transferência

Aplicações

- Whois
  - Identificar o domínio e blocos de endereços e outras informações administrativas de acordo com a www.arin.net
  - https://www.whois.com/

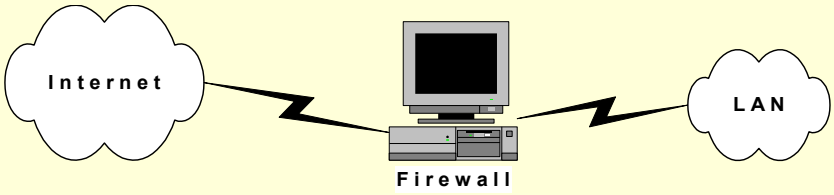
Segurança em Redes

- Proxy Server
  - cache
  - autenticação de usuário
    - microsoft proxy server
    - netscape proxy
    - squid
  - Intermedia trafego da LAN com a Internet

395

Segurança em Redes

- Firewall
  - boqueia trafego e serviços não desejado de uma origem
  - utiliza filtragem de IP, Portas
  - IPCHAINS (2.4.2) IPTABLES (2.4.4)



396

Exercícios

- **Exercício 1** - Utilizar os programas analisadores de rede do tipo sniffer para responder as questões abaixo: **(Wireshark)** **http://www.wireshark.org/**
  1. Capturar pacotes pelo menos 3 pacotes e apresentá-los
  2. Verificar erros que ocorre
  3. Qual a banda utilizada no laboratório durante a aula
  4. Quais tipos de protocolos foram encontrados
  5. Qual o tamanho dos pacotes encontrados
  6. Estatísticas sobre a rede do laboratório bytes, frames por segundo
  7. Quais os *Top Users* (usuários que mais consomem banda)
  8. Quais os endereços IP, MAC e nomes dos computadores
  9. Qual o site mais acessado
  10. Descobrir outro programas que faça a mesma função do wireshark
  11. **Verificar se as senhas dos provedores de e-mail são criptografadas, escolher 4 provedores e informar o resultado mostrando os pacotes**
  12. **(entregar arquivo .docx ou pdf com o trabalho)**

Exercícios – análise de rede

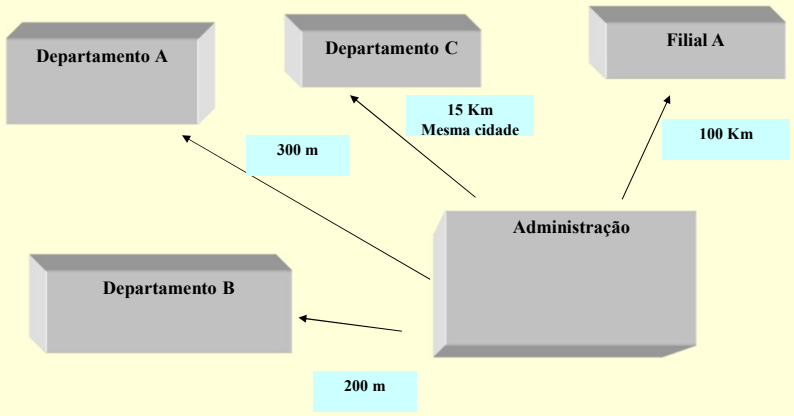
- **Exercício 2 – utilizar e explicar os comandos:**
  1. Utilizar comando **tracert**
     - Explicar sua função e o utilizá-lo para 4 sites diferentes, com rotas diferentes
     - Ex. tracert www.uel.br
  2. Explicar a função do comando **netstat**
  3. Explicar a função do comando **nslookup**
     - set type=mx
     - Set debug
  4. Utilizar comando **ping**
     1. Explicar sua função e verificar o tempo para 4 sites diferentes
  5. Verificar a configuração de rede das máquinas do lab.
     - Endereços IP e MAC, gateway, DNS, WINS etc...
     - Protocolos utilizados
     - Ipconfig ou winipcfg
  6. Descobrir algum software de gerência de rede e fazer uma breve descrição sobre suas principais funções incluindo telas do software
  7. Pesquisar como fazer cadastro de domínio no site registro.br

Exercícios

- **Exercício 3 – projeto de rede**
  - Supondo que a empresa XYZ queira um projeto completo de redes e sabendo que:
    - Três departamentos A, B, C, prédio de administração e Filial A, como ilustrado na figura a seguir
    - O depto A terá 80 computadores, o B terá 100 computadores e o C 120 computadores, a filial A 50 computadores
    - No prédio da administração estarão centralizados servidores de BD e de arquivo
    - Cada prédio deverá ter 2 impressoras lasers de rede, de 50 ppm
    - Faça um projeto para instalação de infra para rede na empresa, que contenha descrição detalhada de:
      - Custo de software
      - Custo de hardware
      - Custo de mão de obra
      - Custo mensal com canais de comunicação

Exercícios

- **Exercício 3 – projeto de rede**



Exercícios

- **Exercício 4 – Trabalho de pesquisa**
  - Apresentar um de no máximo 5 pág. sobre um dos temas abaixo:
    1. **Segurança em redes**
       - ✓ **Detecção de intrusos, Ataques e anomalias**
       - ✓ **Criptografia e TLS**
    2. **Cloud Computing, IaaS, PaaS, SaaS**
    3. **Redes SDN e Open Flow**
    4. **Gerenciamento de Redes utilizando fluxos IP (IPFIX, Netflow)**
    5. **Ethernet 10, 40, 100 Gigabit/s, MetroEthernet**
    6. **QoS – Quality of Service em TCP/IP e LANs**
       - ✓ **Intserv e Diffserv, MPLS**
    7. **IPV6 !!! ???**
    8. **Redes Celulares 4ª geração e protocolo LTE e 5ª geração**
    9. **Redes Wireless (bluetooth, 802.11)**
    10. **Computação Autonômica**
    11. **Redes de Sensores**
    12. **Redes de acesso**
    13. **Voz sobre IP (VoIP)**

Exercícios

- **Exercício 5 – Serviços de rede**
- Cite e explique a função dos principais serviços necessários para o funcionamento de uma rede:
  1. Como eles se relacionam
  2. Qual o grau de dependência entre eles
  3. A quem eles atendem

Exercícios

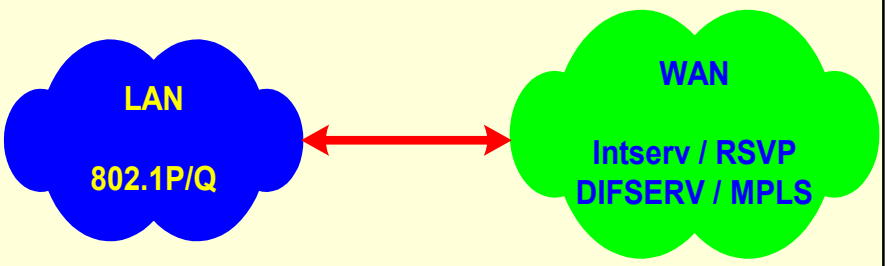
- **Exercício 6 – interfaces para comunicação com o Computador**
  - Apresentar uma descrição de cada uma das interfaces para comunicação com o computador utilizadas atualmente (5 linhas cada).
  - Fazer uma tabela comparativa com interfaces que voce descreveu (sugestões: ATA, PATA, SATA, SAS, SCSI, IDE, EIDE, ATAPI, Fiber channel, PCI, PCI-E, PCI-X, USB, Bluetooth, Firewire, Ethernet, Thunderbolt ? (algo mais))
  - Memórias, descrever o padrão atual, DDRXX? 4) Fazer outra tabela para comparar a velocidade das principais interfaces (escolha 3) com as das memórias (principais em uso atualmente)

Internet e Redes – QoS

- *Quality of Service* (QoS)
  - Visa garantir desempenho fim-a-fim
  - Aplicações que requerem tempo real
  - Na Internet não existe diferenças entre os pacotes
    - Ideal seria estabelecer classes de trafego com reserva mínima e aceitável de banda

Internet e Redes – QoS

- QoS hoje na Internet

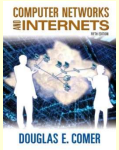


Internet e Redes – QoS

- QoS
  - Interserv – 1990
    - RSVP – Reserva de banda por fluxo
    - Baixa escalabilidade
  - Diffserv – 1996
    - Estabelece classes de serviços
    - Ideal para backbone IP
    - Alta escalabilidade
    - MPLS
      - Roteamento IP
      - Comutação ATM

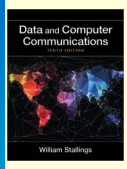
Bibliografia

- [COM01] Comer, Douglas E. "**Redes de Computadores e Internet**", Bookman 2001, Porto Alegre

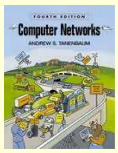


- [COM04] Comer, Douglas E. "**Computer Networks and Internets**", Prentice Hall, 2009, 5th Edition

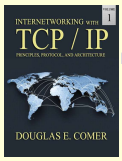
Bibliografia



- [STA99] Stallings, Willian, "**Data and Computer Communications"**, 10a edição, William Stallings, Prentice Hall, 2013

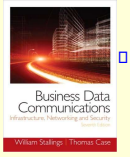


- [TAN02] Tanenbaum A. S. "**Computer Networks"**, 5a edição, Ed. Prentice Hall, 2011.



- [COM00] Comer, Douglas, "**INTERNETWORKING WITH TCP/IP V.1 PRINCIPLES, PROTOCOLS, AND ARCHITECTURE** ", 6a edição, Prentice Hall, 2013, ISBN-10: 013608530X

Bibliografia



- **Redes e Sistema de Comunicação de Dados**, 7a edição, William Stallings, Prentice Hall, 2016, ISBN 078-85-352-8358-7