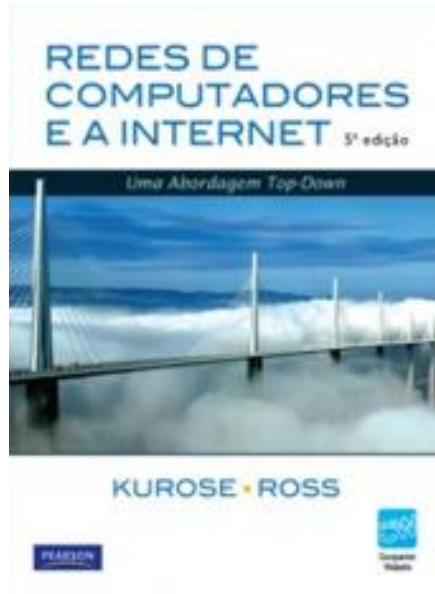


Redes de Computadores e a Internet

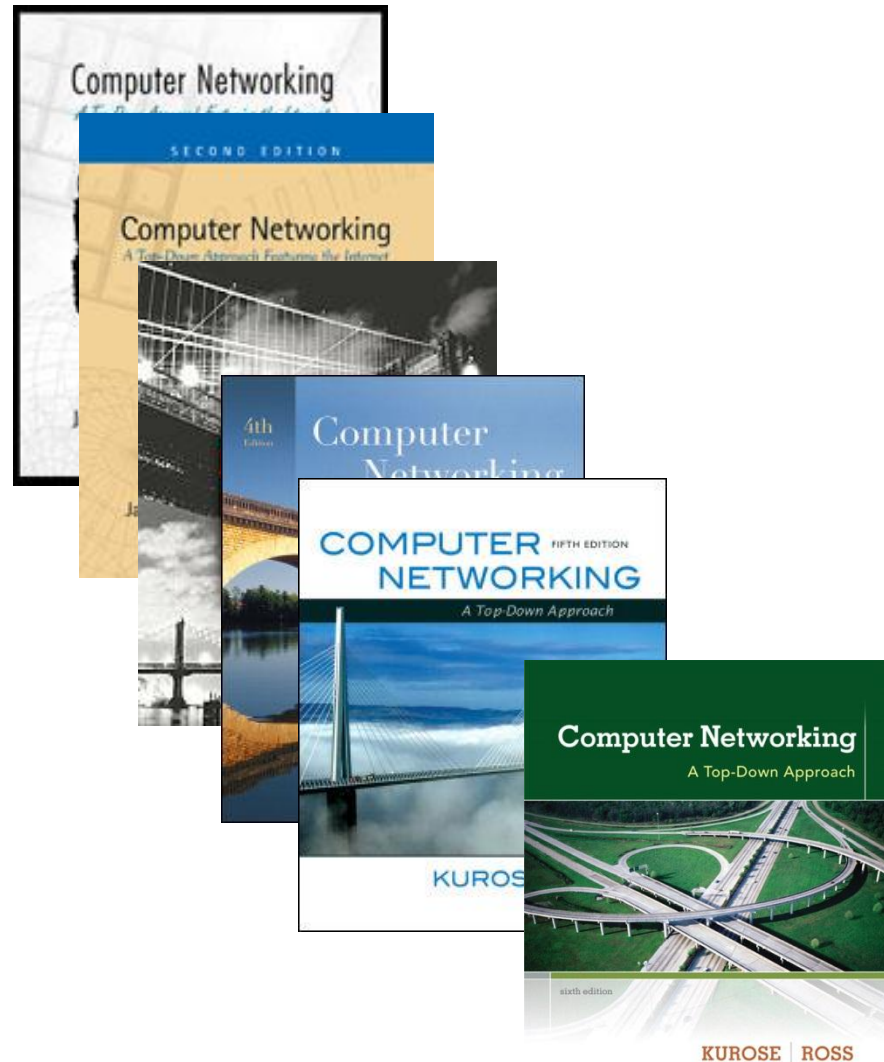
Prof. José Augusto Suruagy Monteiro
suruagy@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~suruagy/cursos

Livro-Texto:



REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET
5ª Edição
James F. Kurose e Keith W. Ross
Copyright: 2010
640 páginas - ISBN: 8588639971

<http://www.pearson.com.br/>



Conteúdo

1. Redes de Computadores e a Internet
2. Camada de Aplicação
3. Camada de Transporte
4. Camada de Rede
5. Camada de Enlace e Redes Locais
6. Redes Sem Fio (*Wireless*) e Móveis
7. Multimídia em Redes
8. Segurança em Redes
9. Gerenciamentos de Redes

Capítulo I: Introdução

Objetivo do capítulo:

- ❑ entender o contexto, visão geral, “sacar” o que são redes
- ❑ maior profundidade, detalhes
posteriormente no curso
- ❑ abordagem:
 - descritiva
 - uso da Internet como exemplo

Resumo:

- ❑ o que é a Internet
- ❑ o que é um protocolo?
- ❑ a borda (periferia) da rede
- ❑ o núcleo da rede
- ❑ desempenho: atraso, perda e vazão
- ❑ camadas de protocolos, modelos de serviço
- ❑ segurança: redes sob ataque
- ❑ história

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

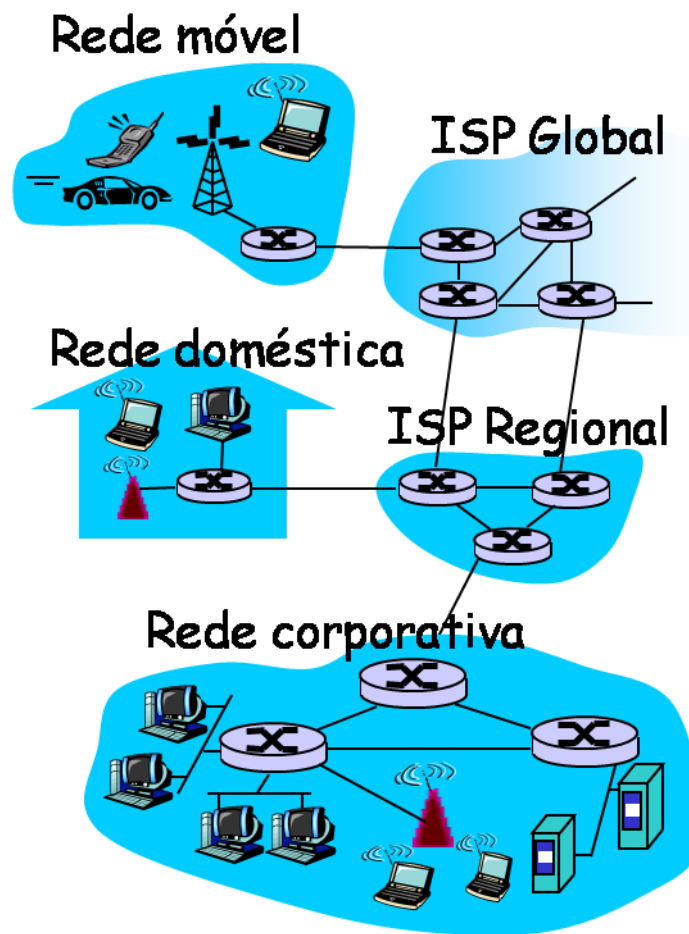
1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

O que é a Internet: visão dos componentes

- milhões de dispositivos de computação conectados:
hospedeiros (hosts) = sistemas finais
 - rodando *aplicações de rede*
- *enlaces (links) de comunicação*
 - fibra, cobre, rádio, satélite
 - Taxa de transmissão = largura de banda (*bandwidth*)
- *Roteadores (comutadores de pacotes)*: encaminham pacotes (pedaços de dados) através da rede
- *Provedores de serviço Internet - ISP (Internet Service Providers)*



Aparelhos internet interessantes



Porta retratos IP
<http://www.ceiva.com/>



Tostadeira habilitada para a Web +
Previsão do tempo
<http://news.bbc.co.uk/1/low/sci/tech/1264205.stm>



Geladeira
Internet



Kindle DX



Telefones Internet

Aplicações Populares

☐ Navegação



☐ Correio



☐ Mensagens Instantâneas



☐ Compartilhamento de Arquivos



☐ Jogos em rede



☐ Voz e Vídeo



☐ Blogs

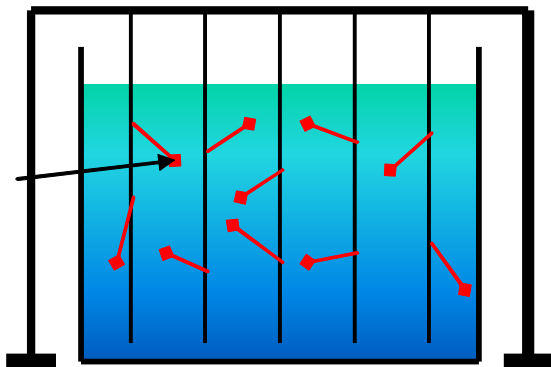
☐ Trabalho Cooperativo





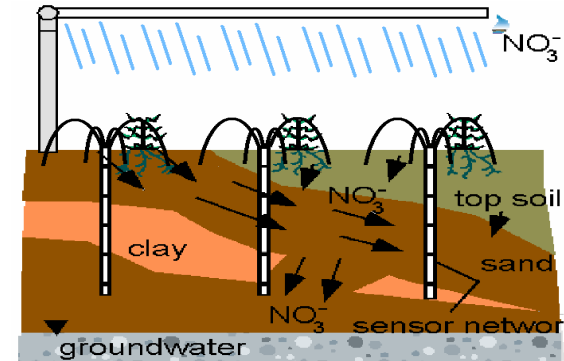
Ecosystems, Biocomplexity

Marine Microorganisms



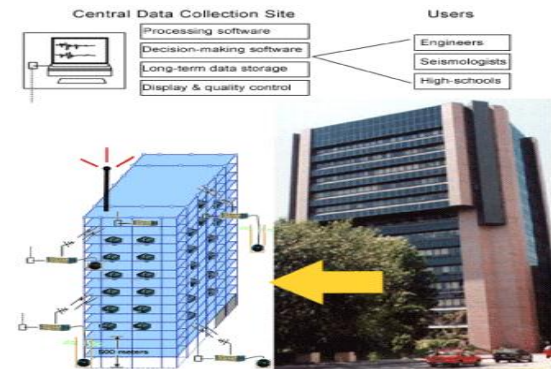
- Micro-sensors, on-board processing, wireless interfaces feasible at very small scale--can monitor phenomena “up close”
- Enables spatially and temporally dense environmental monitoring

Embedded Networked Sensing will reveal previously unobservable phenomena



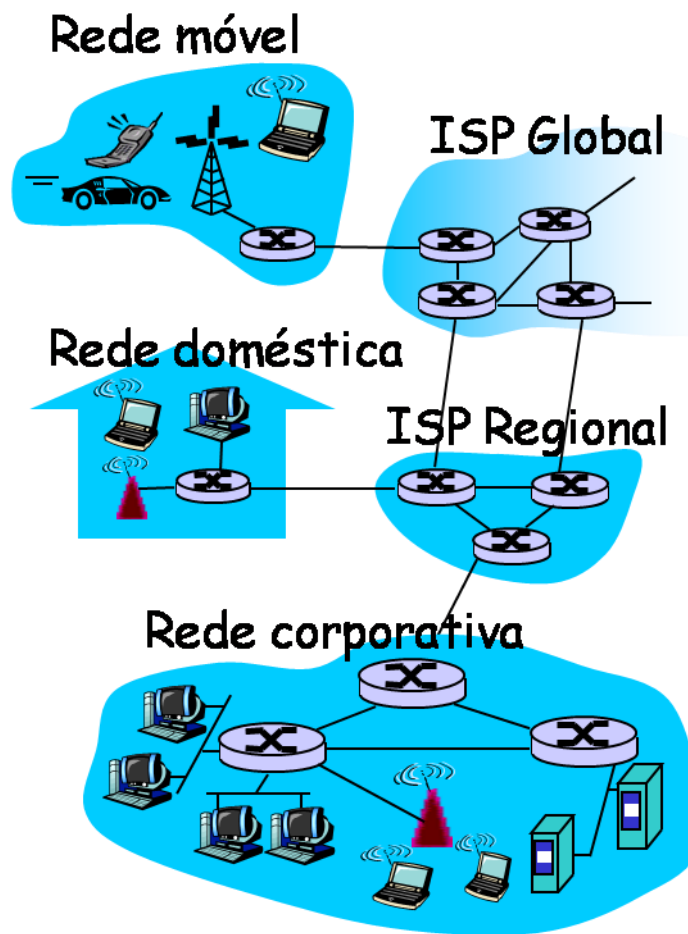
Contaminant Transport

Seismic Structure Response



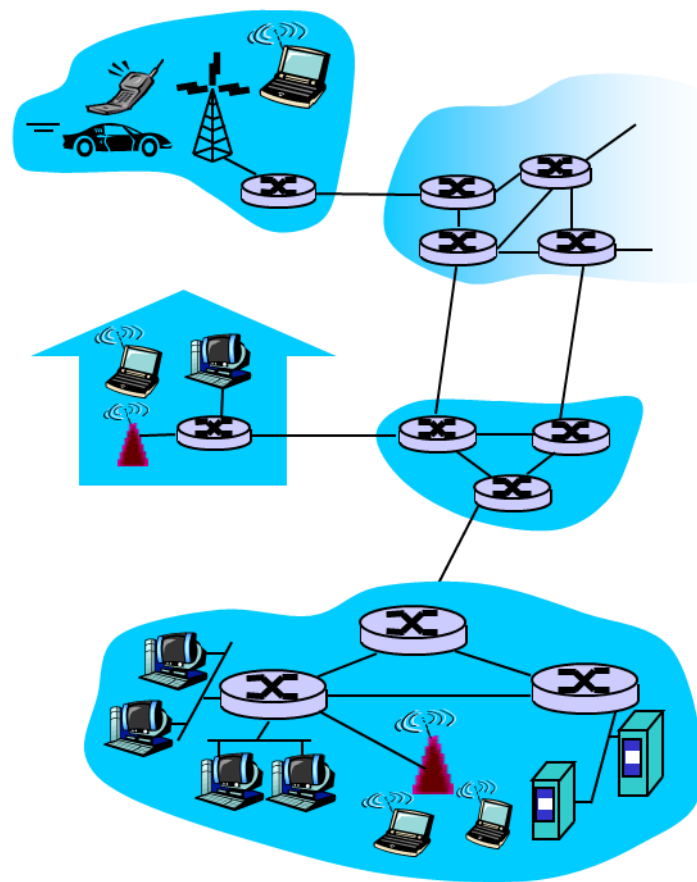
O que é a Internet: visão dos componentes

- ❑ **Internet: "rede de redes"**
 - livremente hierárquica
 - ISPs interconectados
- ❑ **protocolos:** controlam o envio e o recebimento de mensagens
 - ex., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- ❑ **Padrões Internet**
 - RFC: *Request for comments*
 - IETF: *Internet Engineering Task Force*
 - www.ietf.org



O que é a Internet: visão dos serviços

- *a infra-estrutura de comunicação* permite o uso de aplicações distribuídas:
 - Web, e-mail, jogos, mensagens instantâneas, voz sobre IP (VoIP), redes sociais , ...
- *Provê interface de programação para aplicações*
 - Permitem que programas de aplicações se conectem à Internet
 - Provê opções de serviço, de forma análoga aos Correios



O que é um protocolo?

protocolos humanos:

- ❑ "que horas são?"
- ❑ "tenho uma dúvida"
- ❑ apresentações

... msgs específicas são enviadas

... ações específicas são realizadas quando as msgs são recebidas, ou acontecem outros eventos

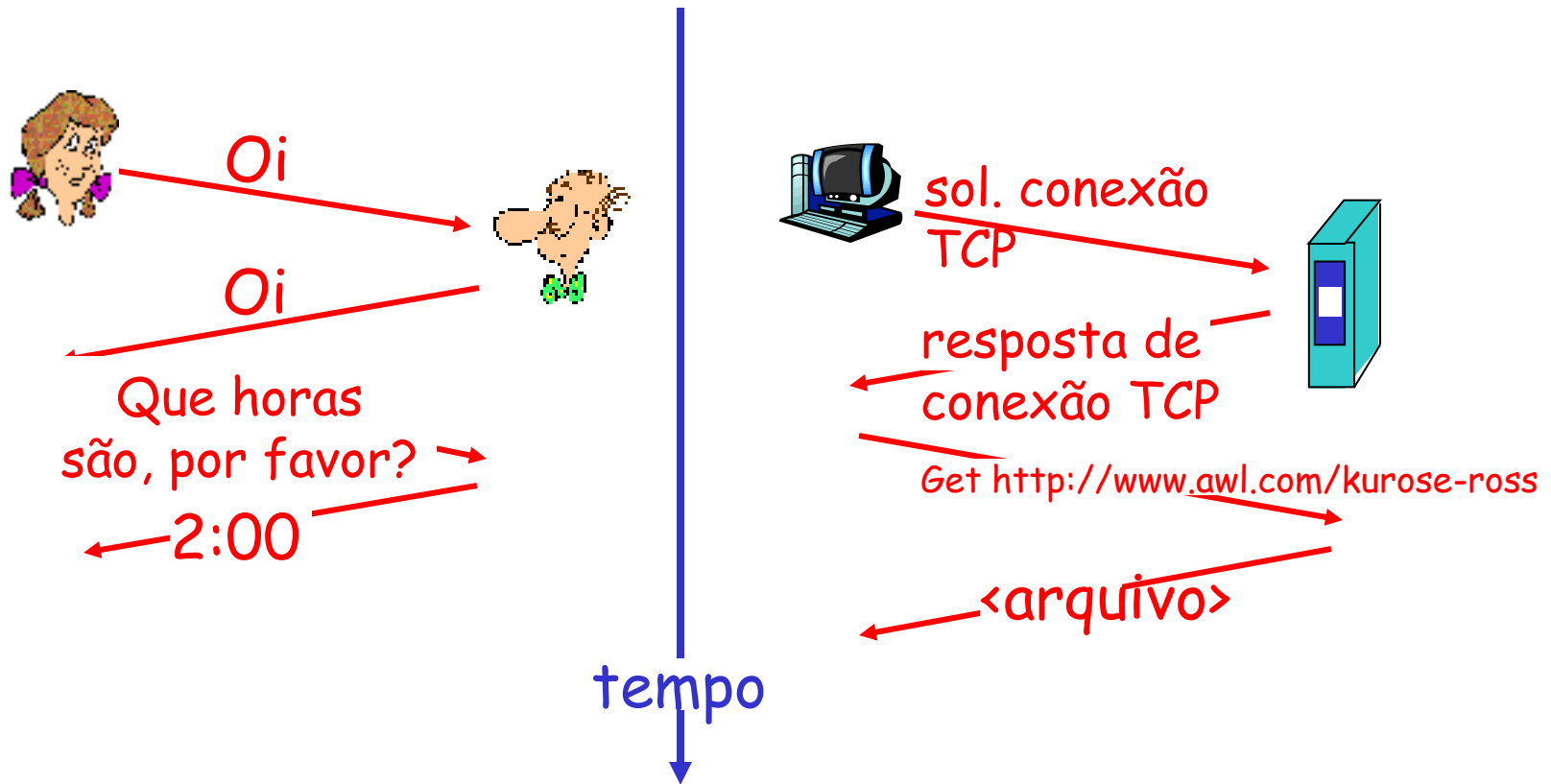
Protocolos de rede:

- ❑ máquinas ao invés de pessoas
- ❑ todas as atividades de comunicação na Internet são governadas por protocolos

protocolos definem o formato, ordem das msgs enviadas e recebidas pelas entidades da rede, e ações tomadas quando da transmissão ou recepção de msgs

O que é um protocolo?

um protocolo humano e um protocolo de rede:



P: Apresente outro protocolo humano!

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

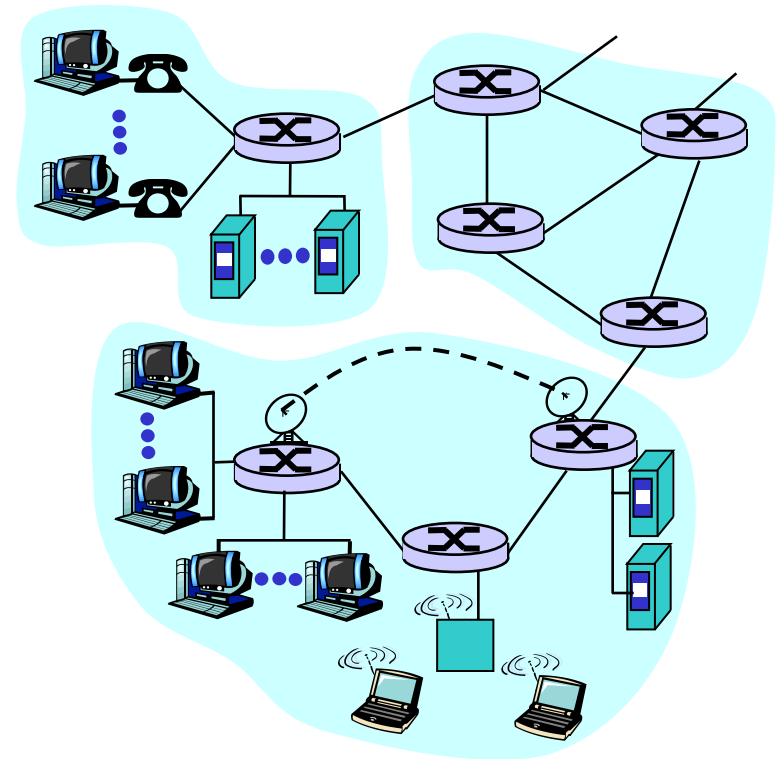
1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

Uma olhada mais de perto na estrutura da rede:

- **Borda da rede:**
 - hospedeiros (*hosts*)/sistemas finais: clientes e servidores
 - Servidores frequentemente em *Data Centers*
- **redes de acesso, meio físico:** enlaces de comunicação cabeados e sem fio
- **núcleo da rede:**
 - Roteadores interconectados
 - rede de redes



A borda da rede:

❑ **Sistemas finais (hosts):**

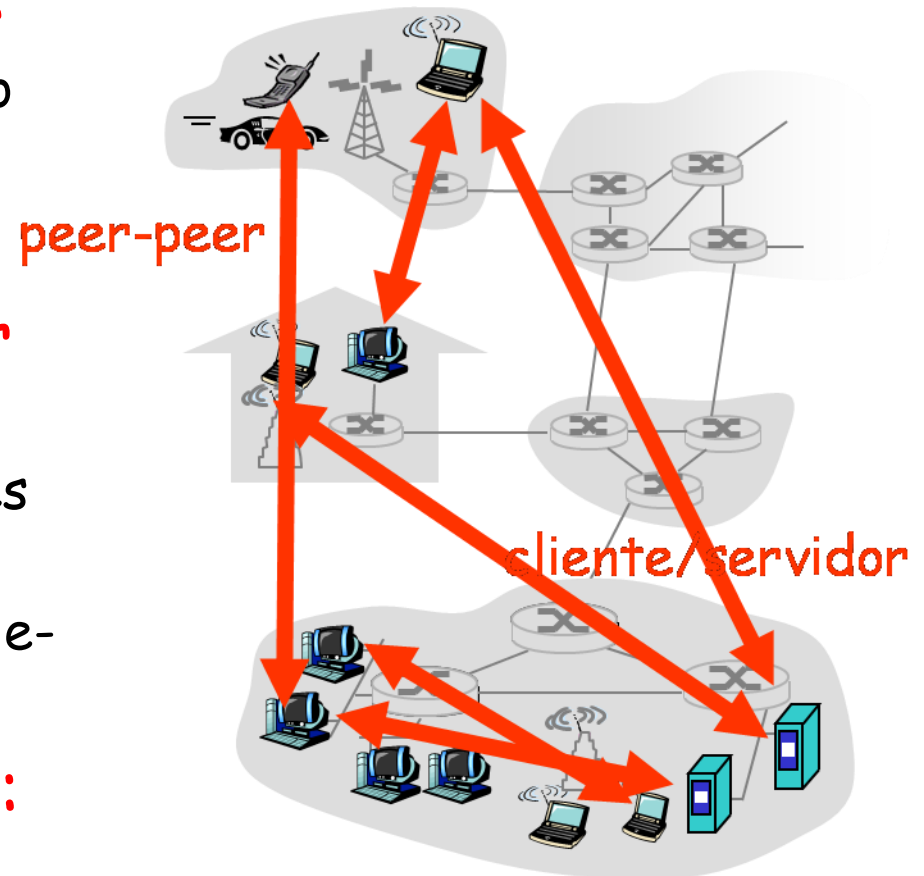
- rodam programas de aplicação
- ex., WWW, email
- na "borda da rede"

❑ **modelo cliente/servidor**

- o host cliente faz os pedidos, são atendidos pelos servidores
- ex., cliente Web (browser)/servidor; cliente/servidor de e-mail

❑ **modelo peer-peer (p2p):**

- uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
- ex.: Skype, BitTorrent



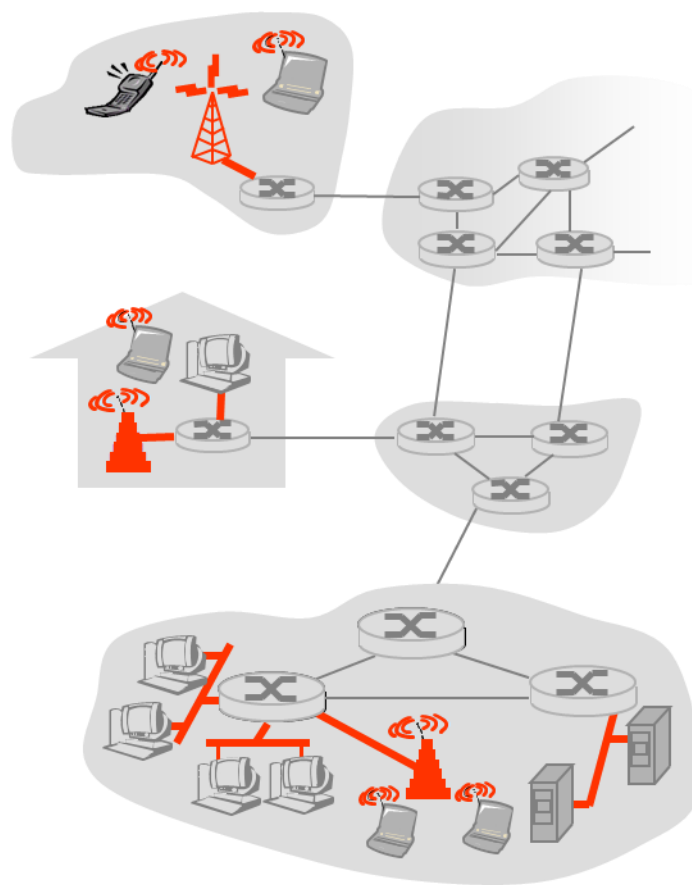
Redes de acesso

P: Como conectar os sistemas finais aos roteadores de borda?

- ❑ redes de acesso residencial
- ❑ redes de acesso corporativo (escola, empresa)
- ❑ redes de acesso sem fio

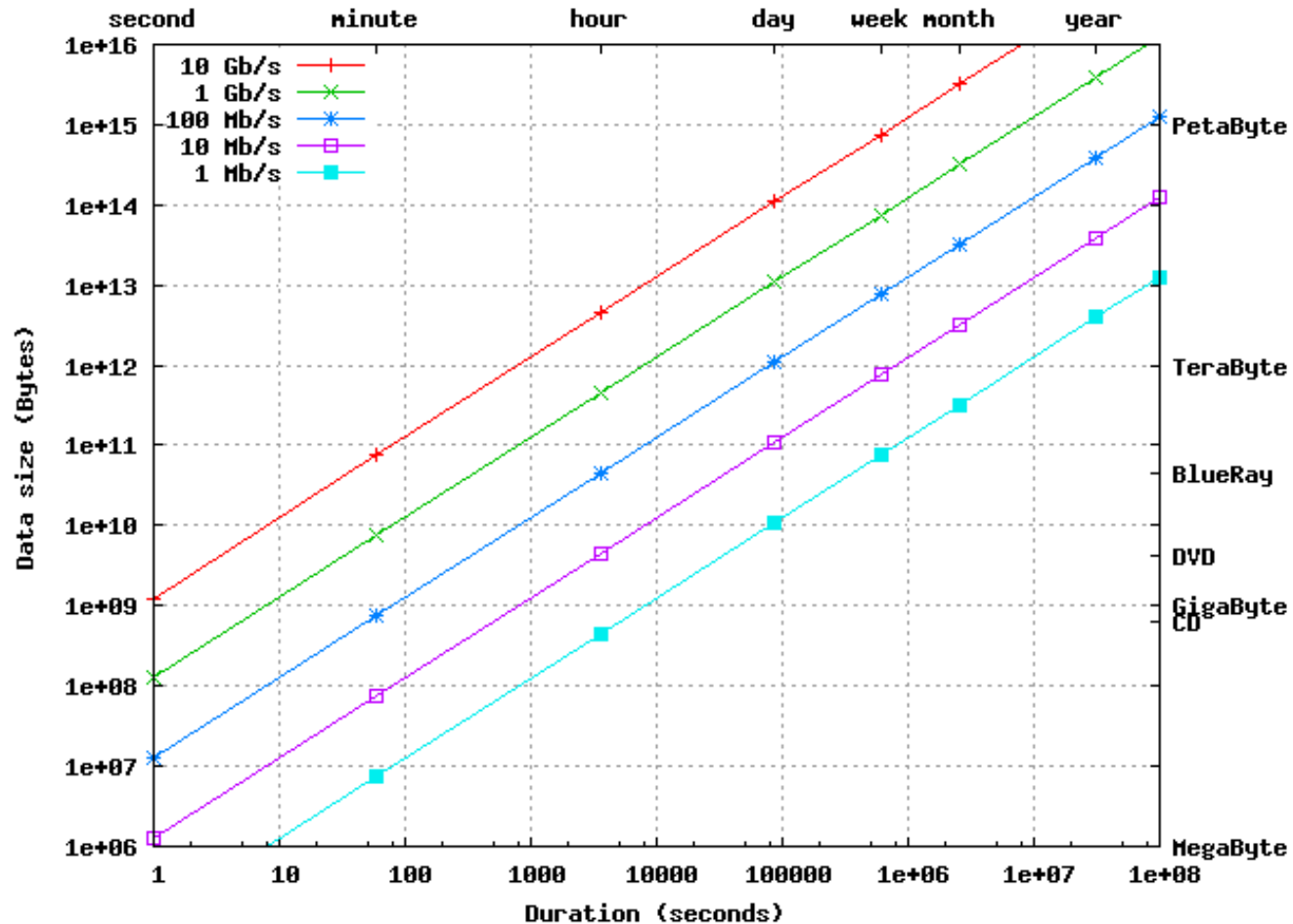
Questões a serem consideradas:

- ❑ largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso.
- ❑ compartilhada ou dedicada?

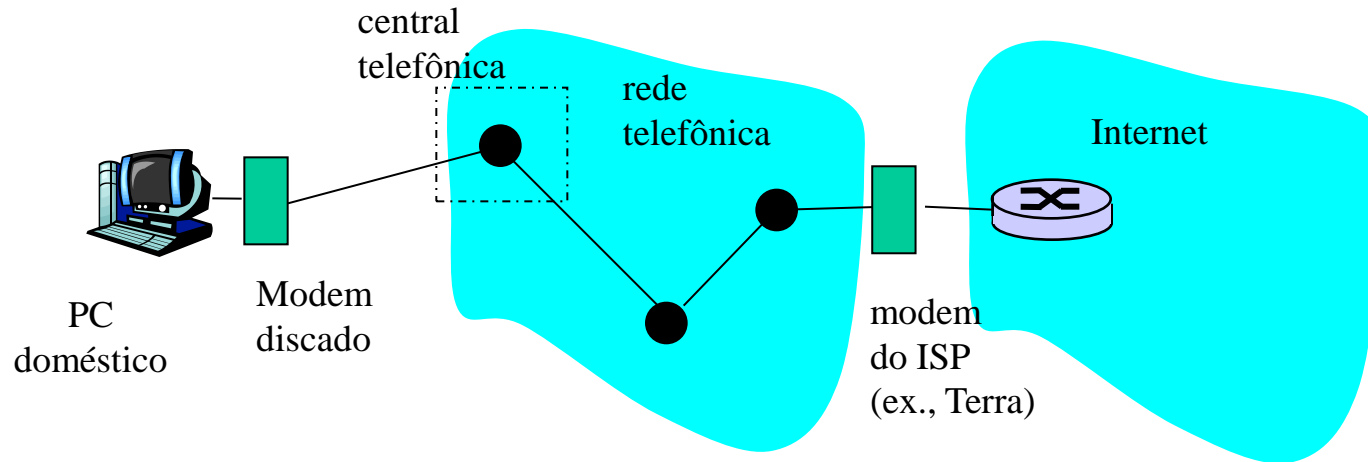


O quão rápido é rápido?

Transfer sizes for different data rates and durations



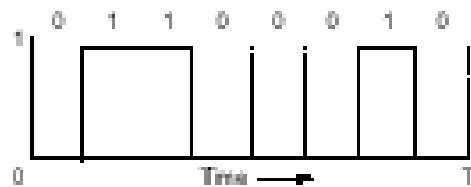
Acesso discado



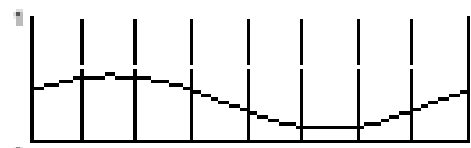
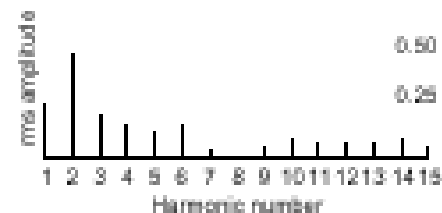
- ❑ Usa a infraestrutura existente de telefonia
 - Residência está conectada à **central telefônica**
- ❑ Até 56kbps de acesso direto ao roteador (frequentemente menos)
- ❑ Não dá para navegar e usar o telefone ao mesmo tempo: não está **"sempre conectado"**

Decomposição de um sinal binário em suas harmônicas.

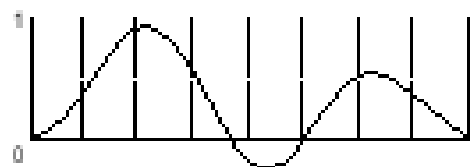
A limitação de frequência dos canais de comunicação causam distorção no sinal transmitido.



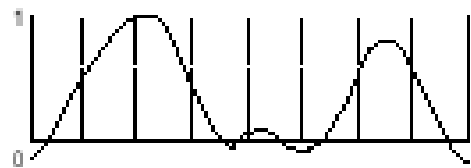
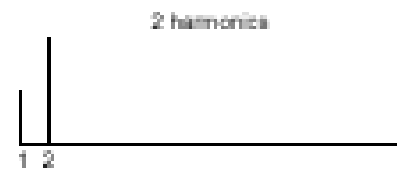
(a)



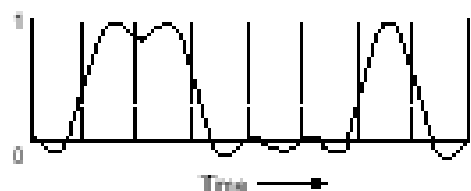
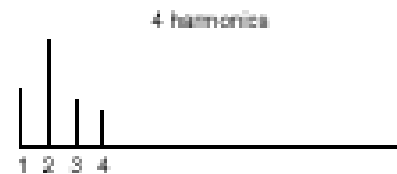
(b)



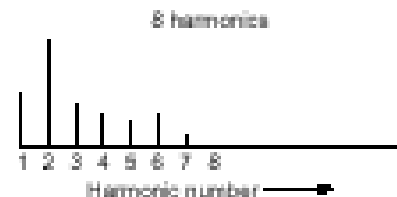
(c)



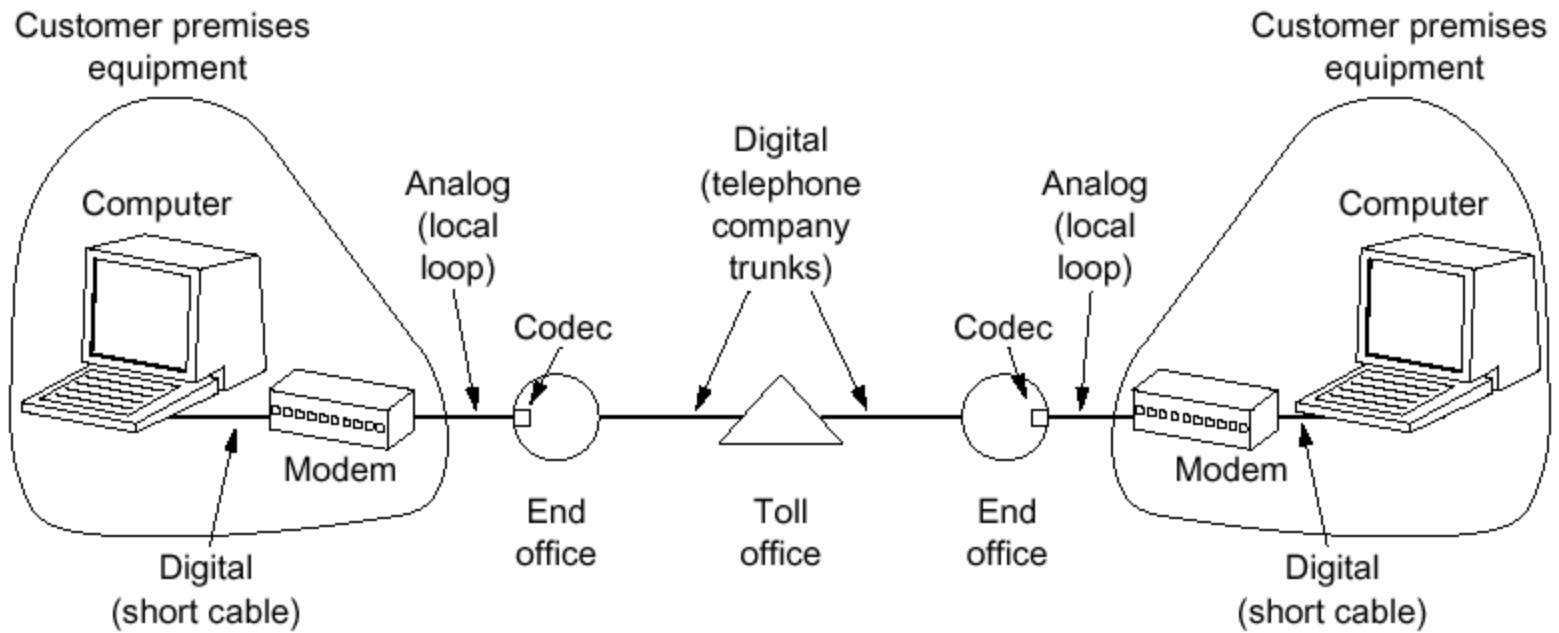
(d)



(e)



Modems



Modulação

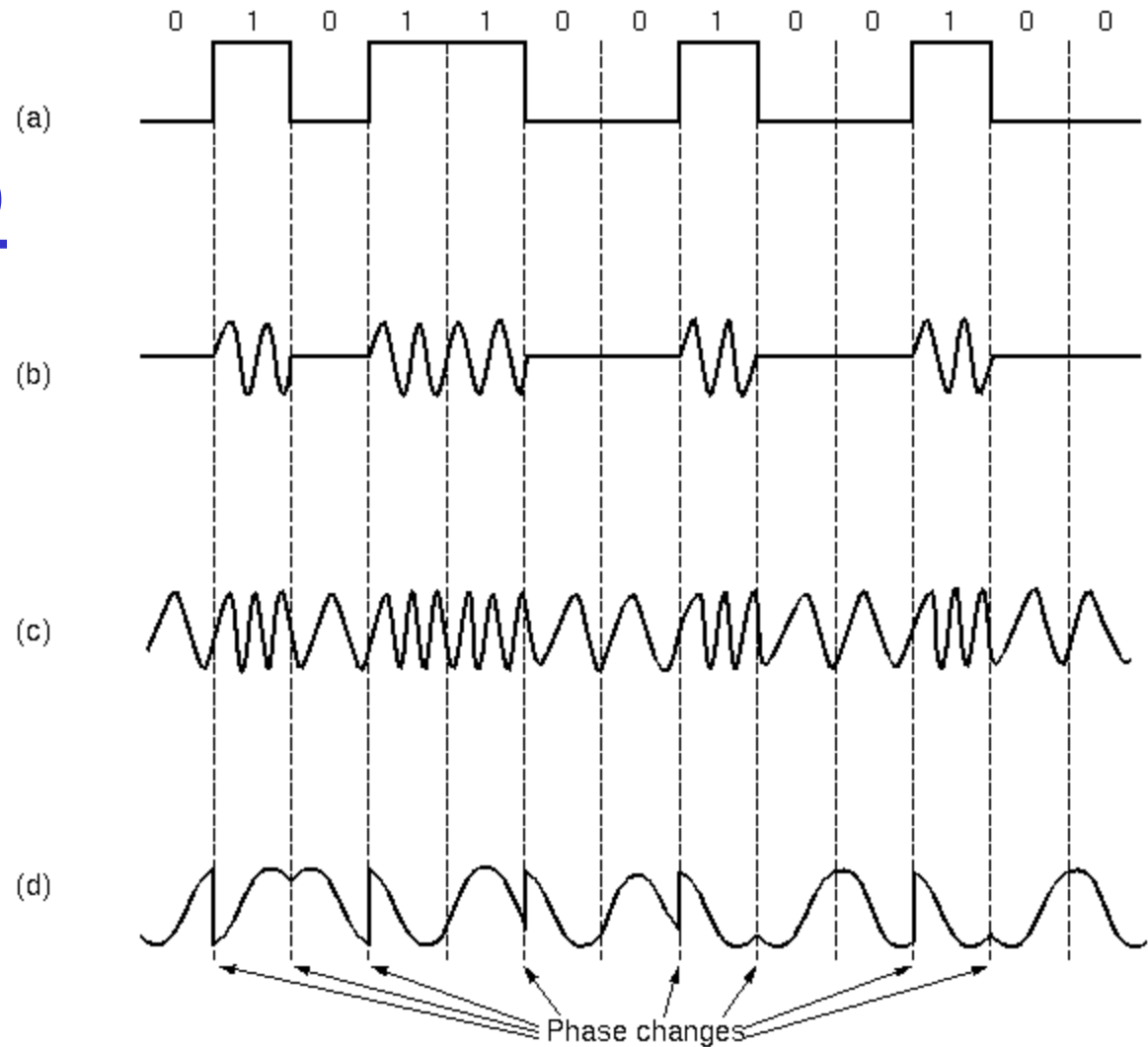
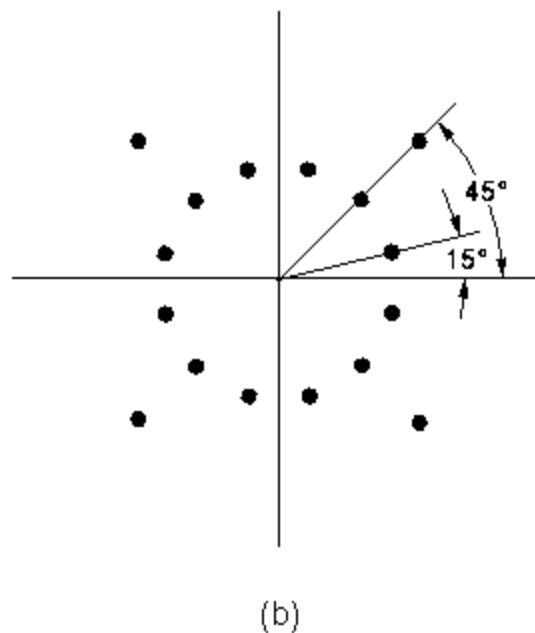
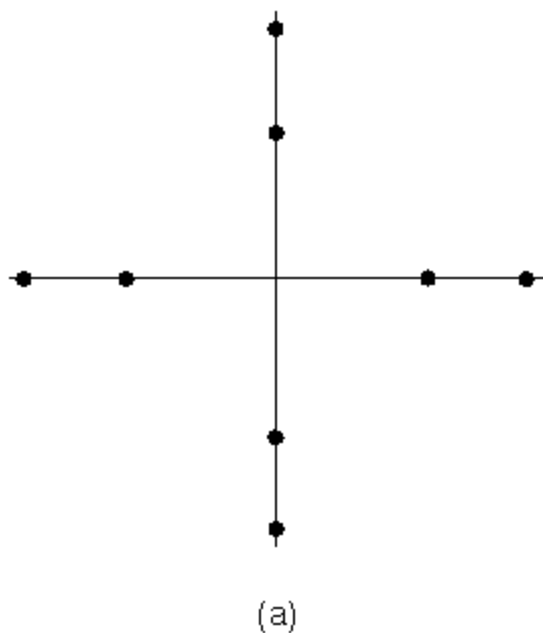


Fig. 2-18. (a) A binary signal. (b) Amplitude modulation. (c) Frequency modulation. (d) Phase modulation.

Modulação

□ QAM (Quadrature Amplitude Modulation)



9600 bps
em
2400 bauds

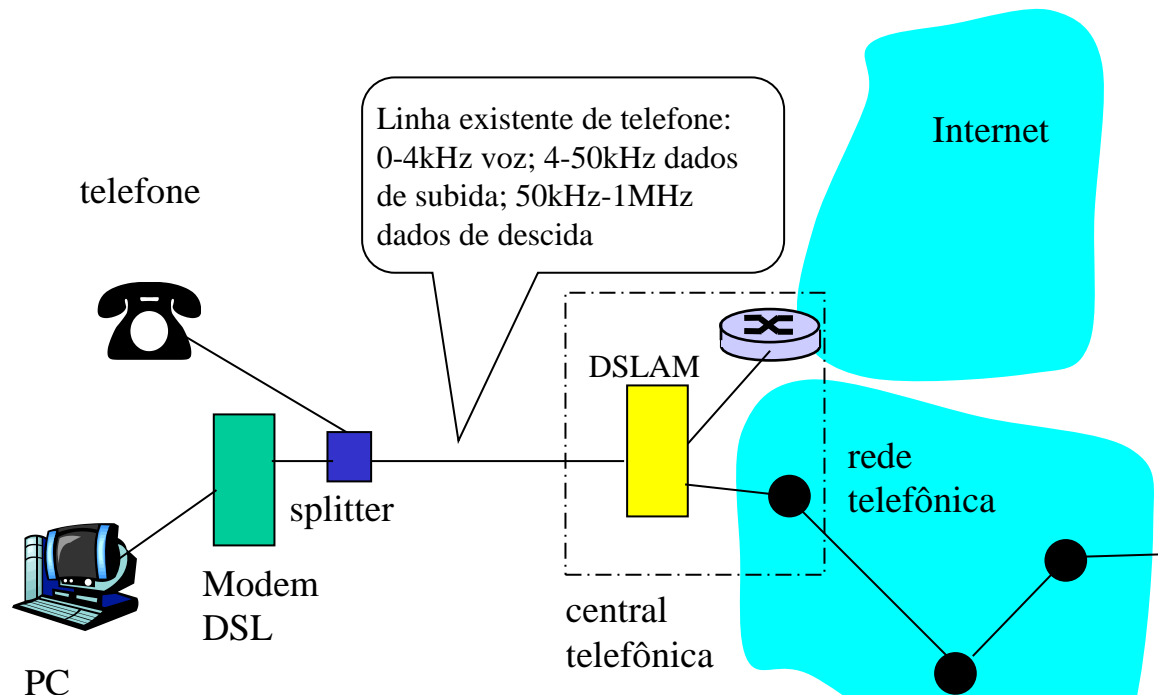
ITU V.32

Fig. 2-19. (a) 3 bits/baud modulation. (b) 4 bits/baud modulation.

Modems

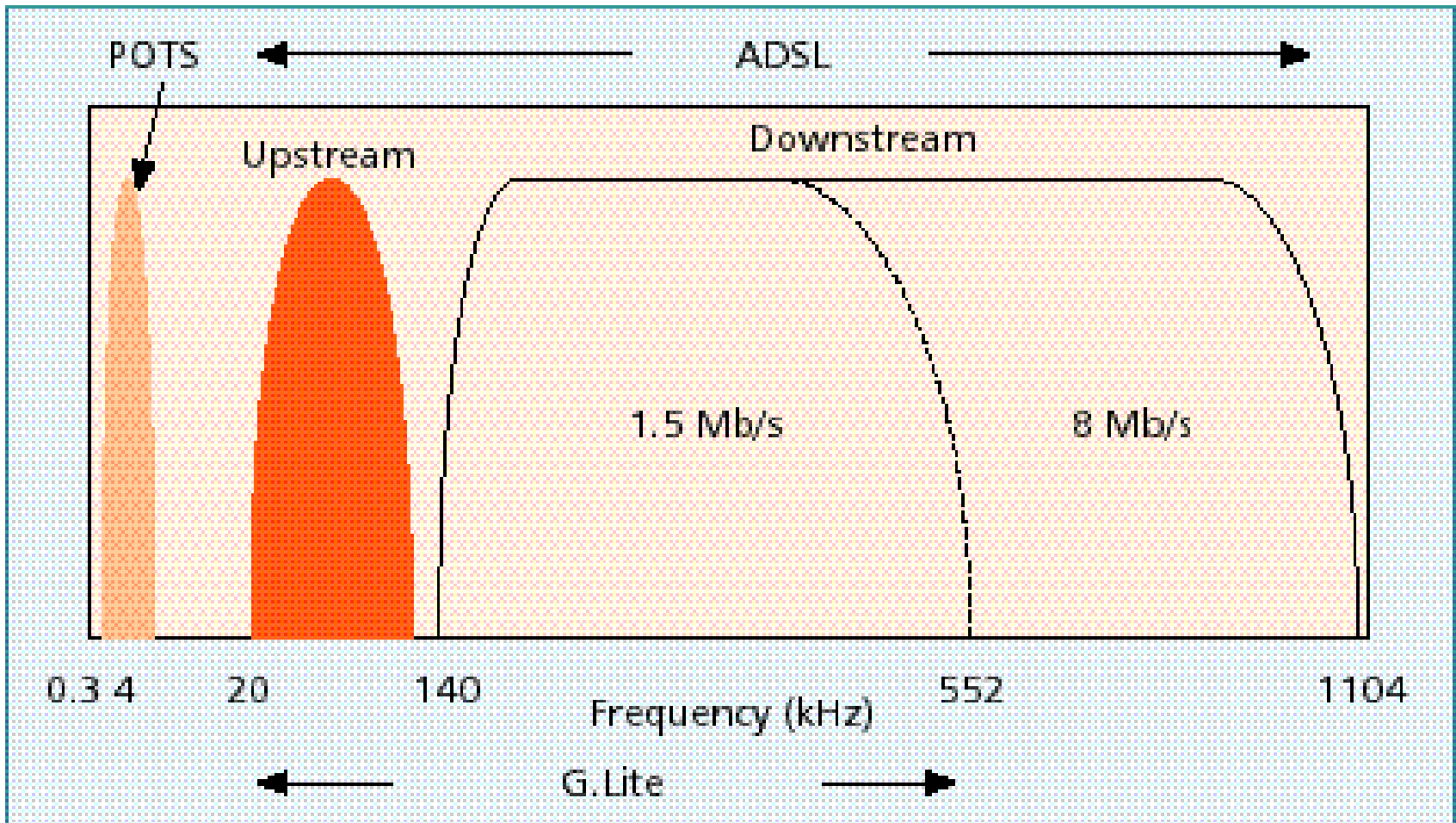
- V.32 bis
 - 14.400 bps
- V.34
 - 28.800 bps (máximo de 33,6 Kbps)
- V.90
 - 56 Kbps (*downstream*) e 33,6 Kbps (*upstream*)
- V.92
 - 56 Kbps (*downstream*) e 48 Kbps (*upstream*)

DSL (Digital Subscriber Line)



- ❑ Também usa a infraestrutura telefônica
- ❑ até 2,5 Mbps de subida (tipicamente < 1 Mbps)
- ❑ até 24 Mbps de descida (tipicamente < 10 Mbps)
- ❑ linha física dedicada até a central telefônica

ADSL: Espectro de frequências



DSL - Linha Digital de Assinante

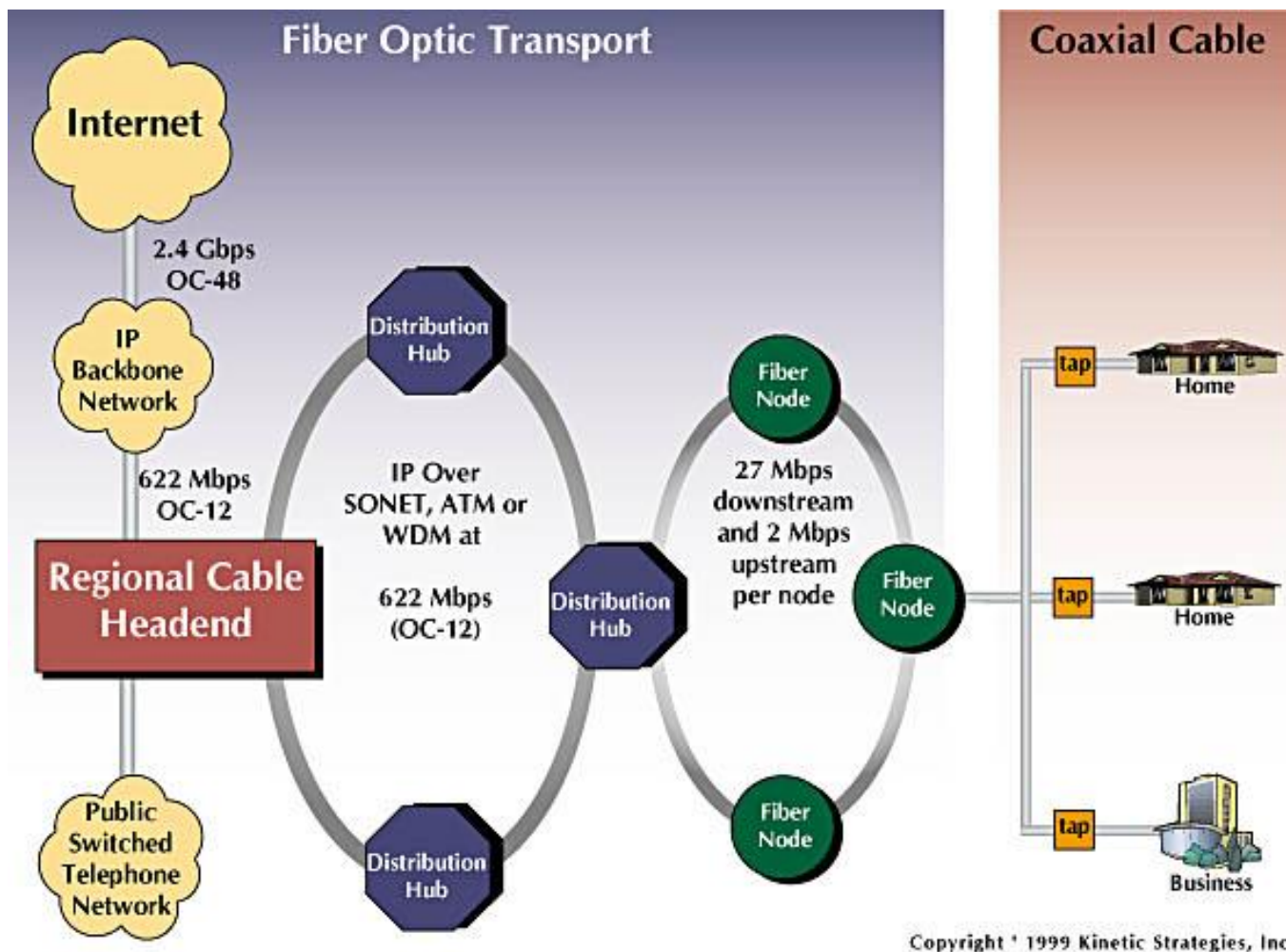
Family	ITU	Name	Ratified	Maximum Speed capabilities
ADSL	G.992.1	G.dmt	1999	7 Mbps down 800 kbps up
ADSL2	G.992.3	G.dmt.bis	2002	8 Mb/s down 1 Mbps up
ADSL2plus	G.992.5	ADSL2plus	2003	24 Mbps down 1 Mbps up
ADSL2-RE	G.992.3	Reach Extended	2003	8 Mbps down 1 Mbps up
SHDSL (updated 2003)	G.991.2	G.SHDSL	2003	5.6 Mbps up/down
VDSL	G.993.1	Very-high-data-rate DSL	2004	55 Mbps down 15 Mbps up
VDSL2 -12 MHz long reach	G.993.2	Very-high-data-rate DSL 2	2005	55 Mbps down 30 Mbps up
VDSL2 - 30 MHz Short reach	G.993.2	Very-high-data-rate DSL 2	2005	100 Mbps up/down

<http://broadband-forum.org/>

Acesso residencial: modens a cabo

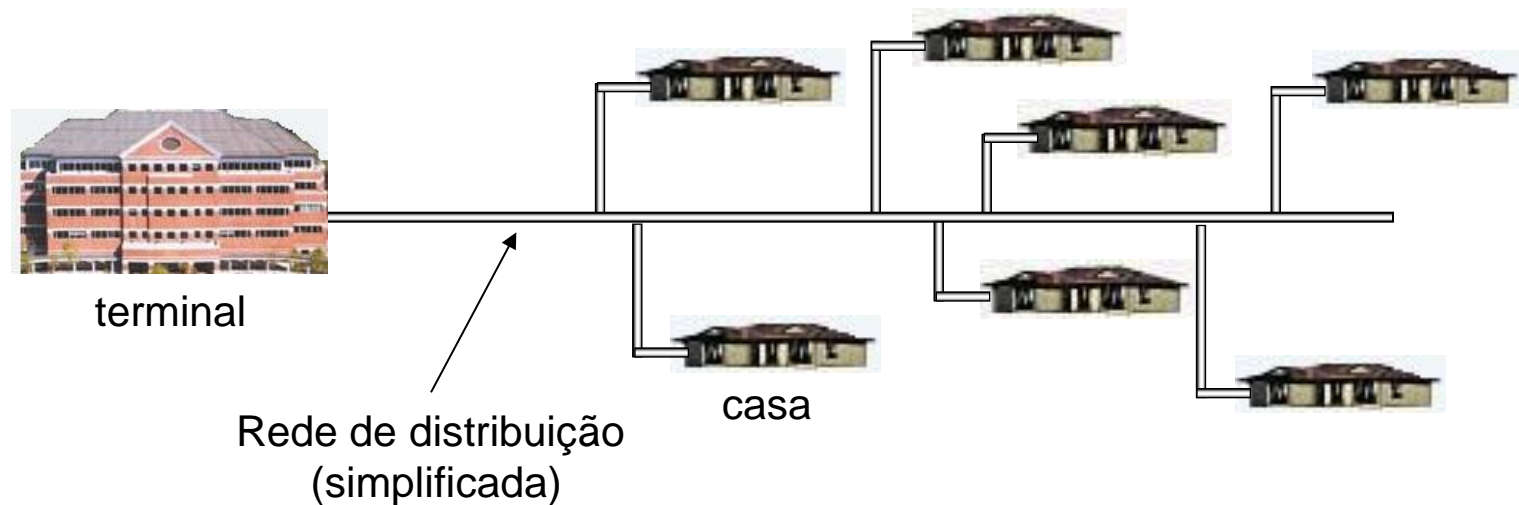
- ❑ Não utiliza a infraestrutura da rede telefônica
 - Usa a infraestrutura da TV a cabo
- ❑ **HFC: cabo híbrido coaxial/fibra**
 - assimétrico: até 30Mbps descida (downstream), 2 Mbps subida (upstream).
- ❑ **rede** de cabos e fibra conectam as residências ao roteador do ISP
 - **acesso compartilhado** das residências ao roteador
 - ao contrário do DSL, que tem **acesso dedicado**

Acesso residencial: modens a cabo

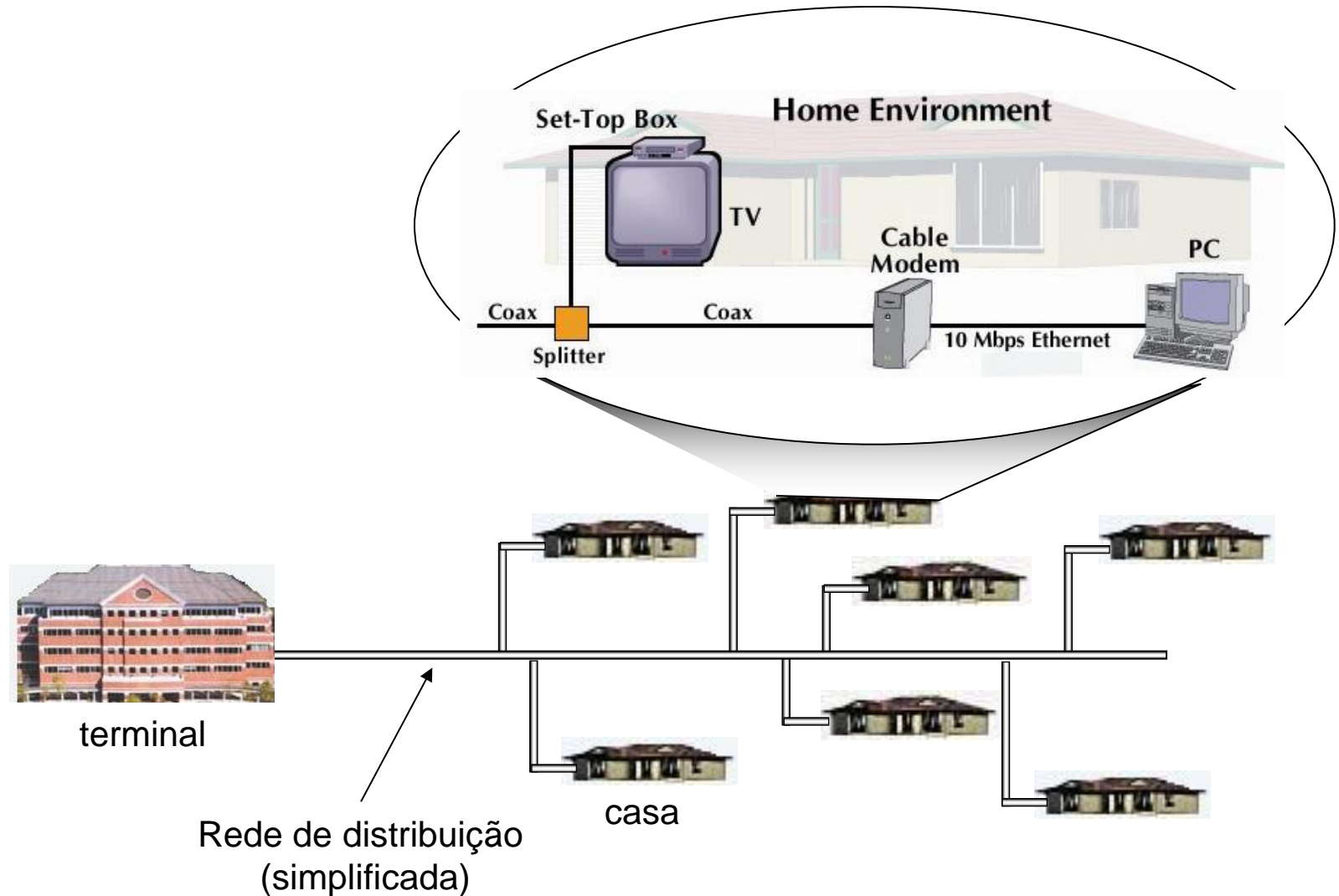


Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

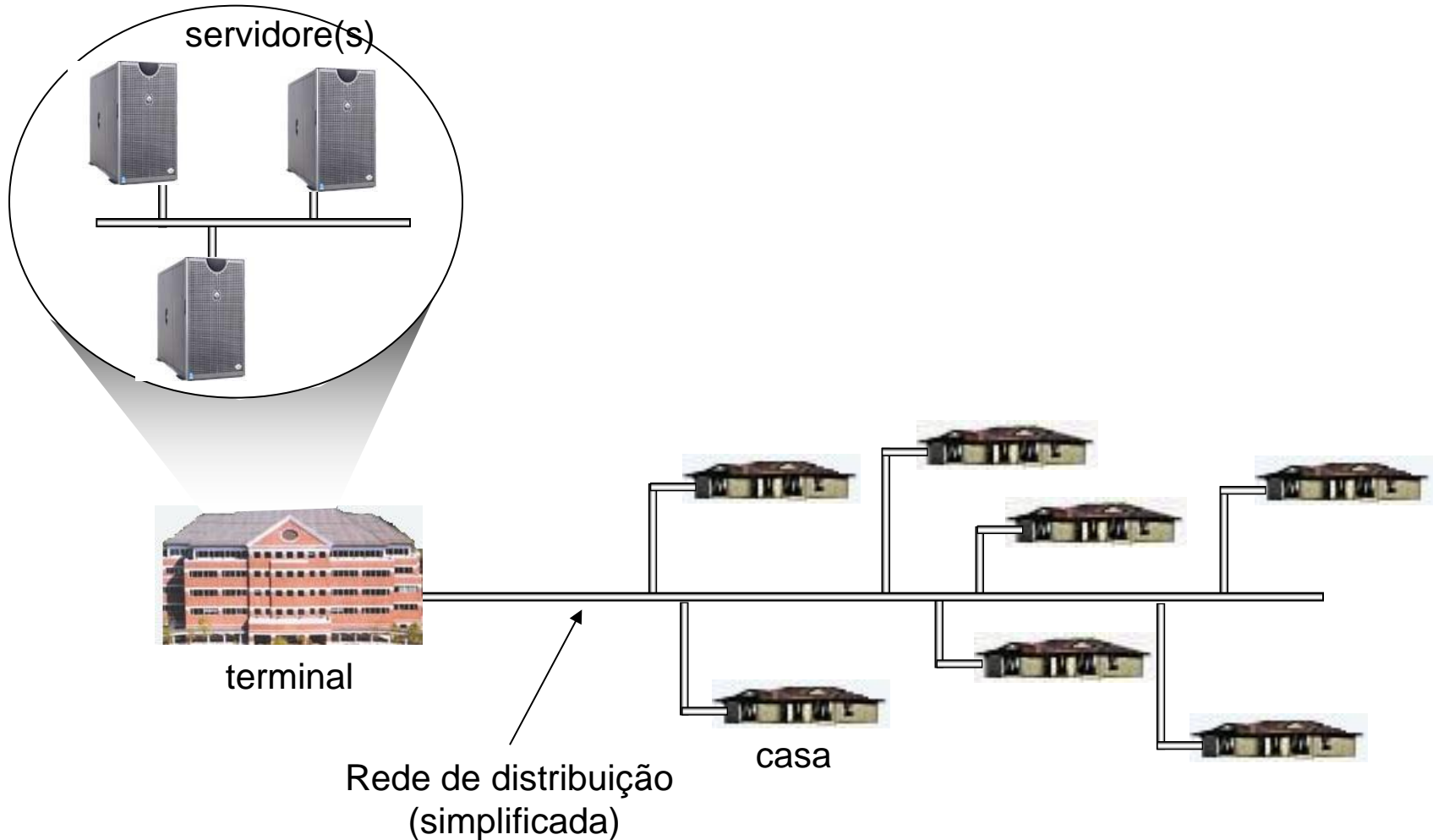
Tipicamente entre 500 a 5.000 residências



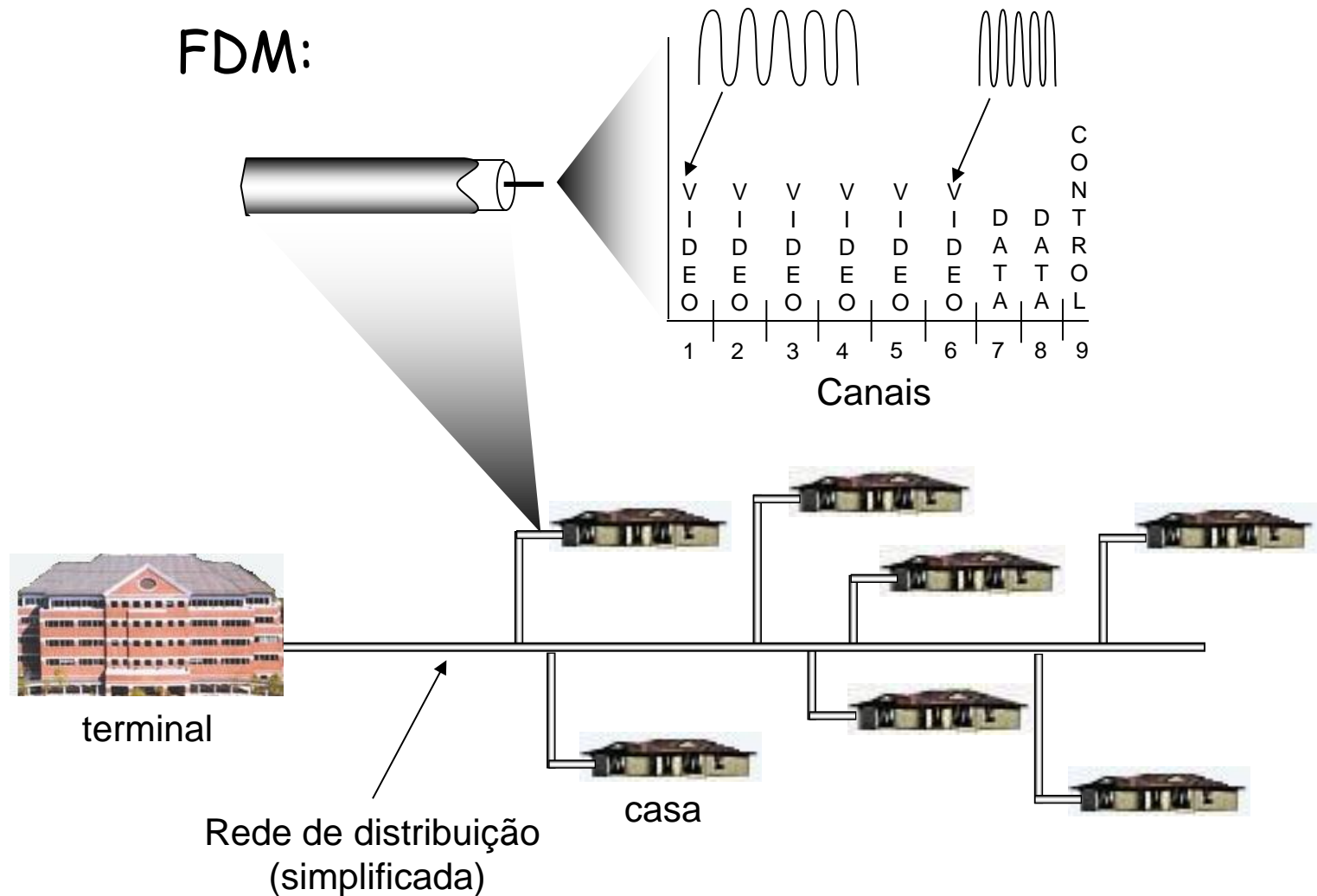
Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

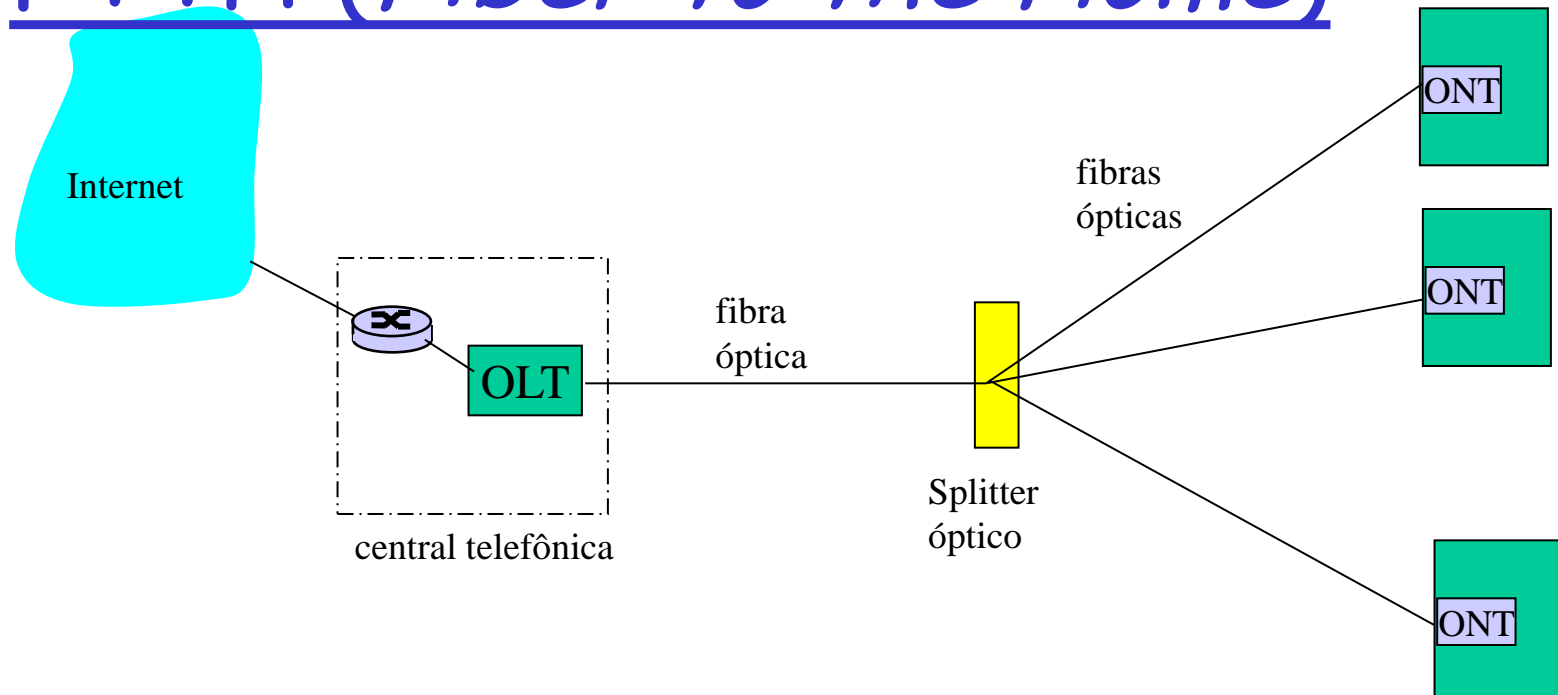


Padrões DOCSIS

Versão	DOCSIS		EuroDOCSIS	
	Downstream	Upstream	Downstream	Upstream
1.x	42.88 (38) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s	55.62 (50) Mbit/s	10.24 (9) Mbit/s
2.0	42.88 (38) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s	55.62 (50) Mbit/s	30.72 (27) Mbit/s
3.0 (4 canais)	+171.52 (+152) Mbit/s	+122.88 (+108) Mbit/s	+222.48 (+200) Mbit/s	+122.88 (+108) Mbit/s
3.0 (8 canais)	+343.04 (+304) Mbit/s	+122.88 (+108) Mbit/s	+444.96 (+400) Mbit/s	+122.88 (+108) Mbit/s

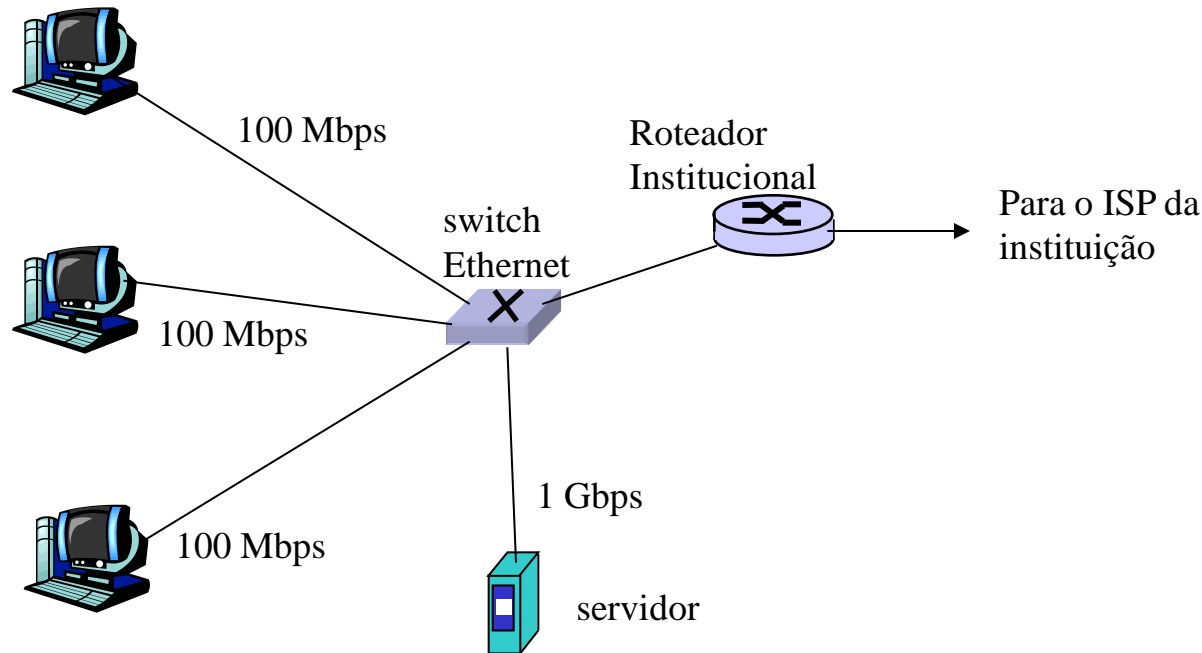
Taxa máxima de sincronização (taxa máxima utilizável)
<http://www.docsis.org/>

FTTH (*Fiber to the Home*)



- ❑ Links ópticos da central telefônica até as residências
- ❑ Duas tecnologias ópticas competidoras:
 - Rede óptica passiva (PON)
 - Rede óptica ativa (PAN)
- ❑ Taxas Internet muito mais altas; fibra transporta televisão e serviços telefônicos

Acesso Ethernet

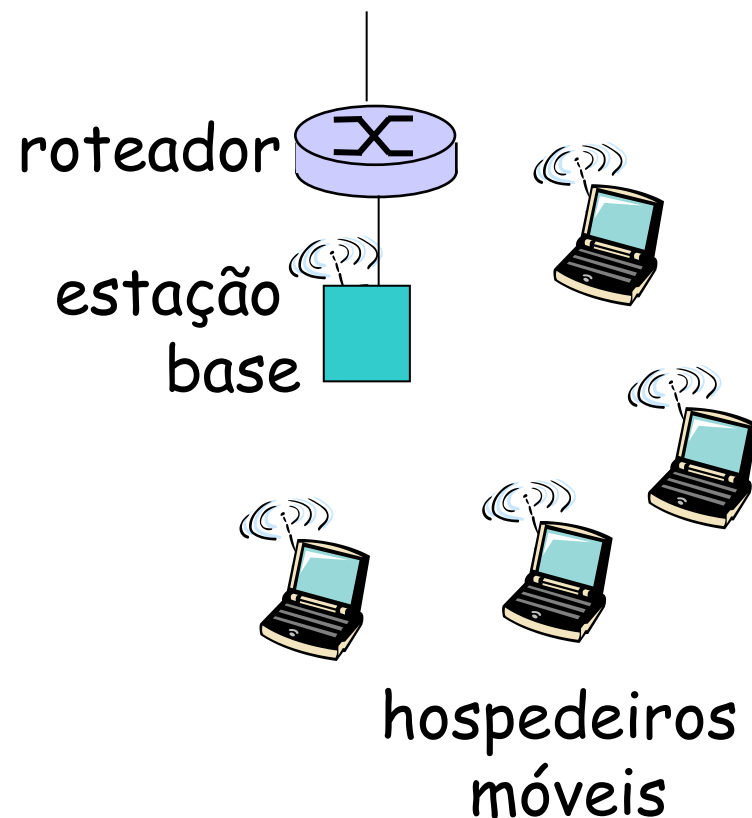


- ❑ Usado tipicamente em empresas, universidades, etc.
- ❑ Ethernet de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps e 10Gbps
- ❑ Hoje tipicamente os sistemas terminais se conectam a switches Ethernet

Redes de acesso sem fio (wireless)



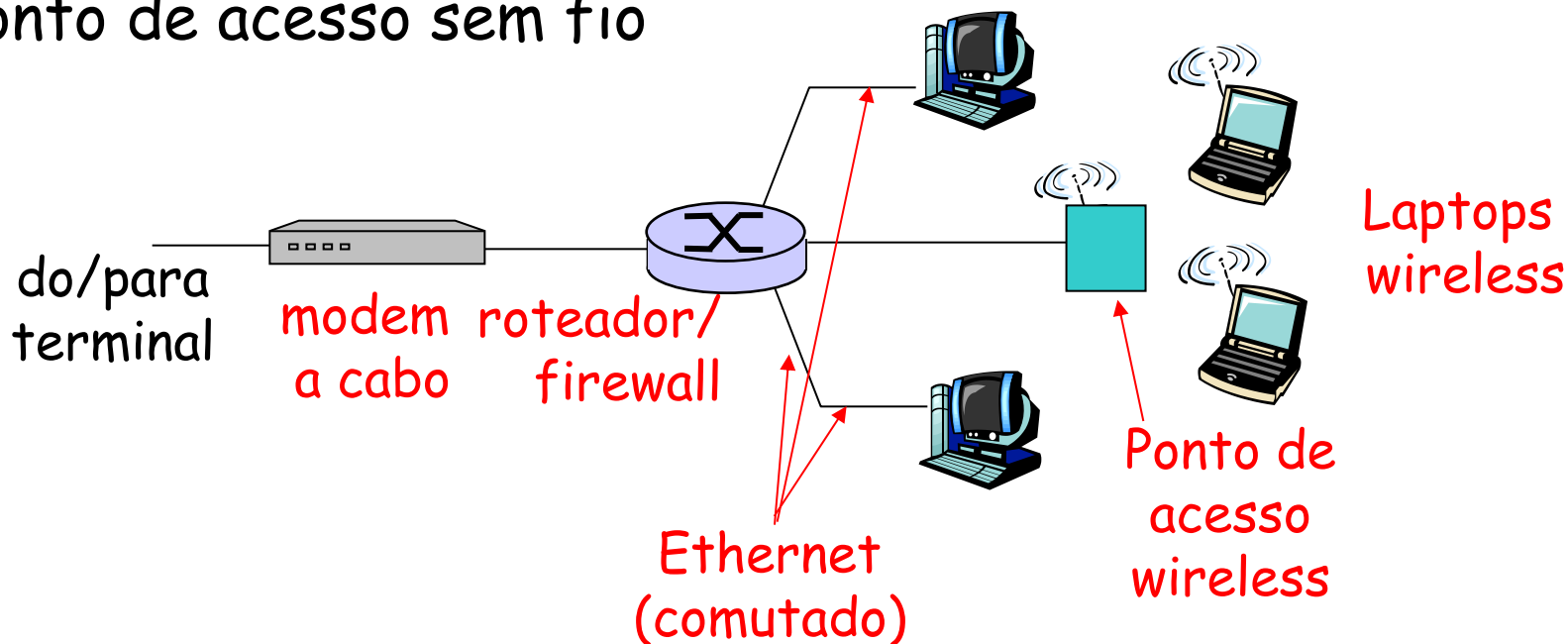
- rede de acesso compartilhado *sem fio* conecta o sistema final ao roteador
 - Via estação base = "ponto de acesso" sem fio
- LANs sem fio:
 - ondas de rádio substituem os fios
 - 802.11 (Wi-Fi):
 - 802.11b <= 11 Mbps
 - 802.11g <= 54 Mbps
 - 802.11n <= 12x 802.11g
- acesso sem fio com maior cobertura
 - Provido por uma operadora
 - 3G > 1 Mbps
 - EVDO (*Evolution-Data Optimized*)
 - HSDPA (*High-Speed Downlink Packet Access*)
 - Próximo (?): WiMAX (dezenas Mbps) em grandes distâncias

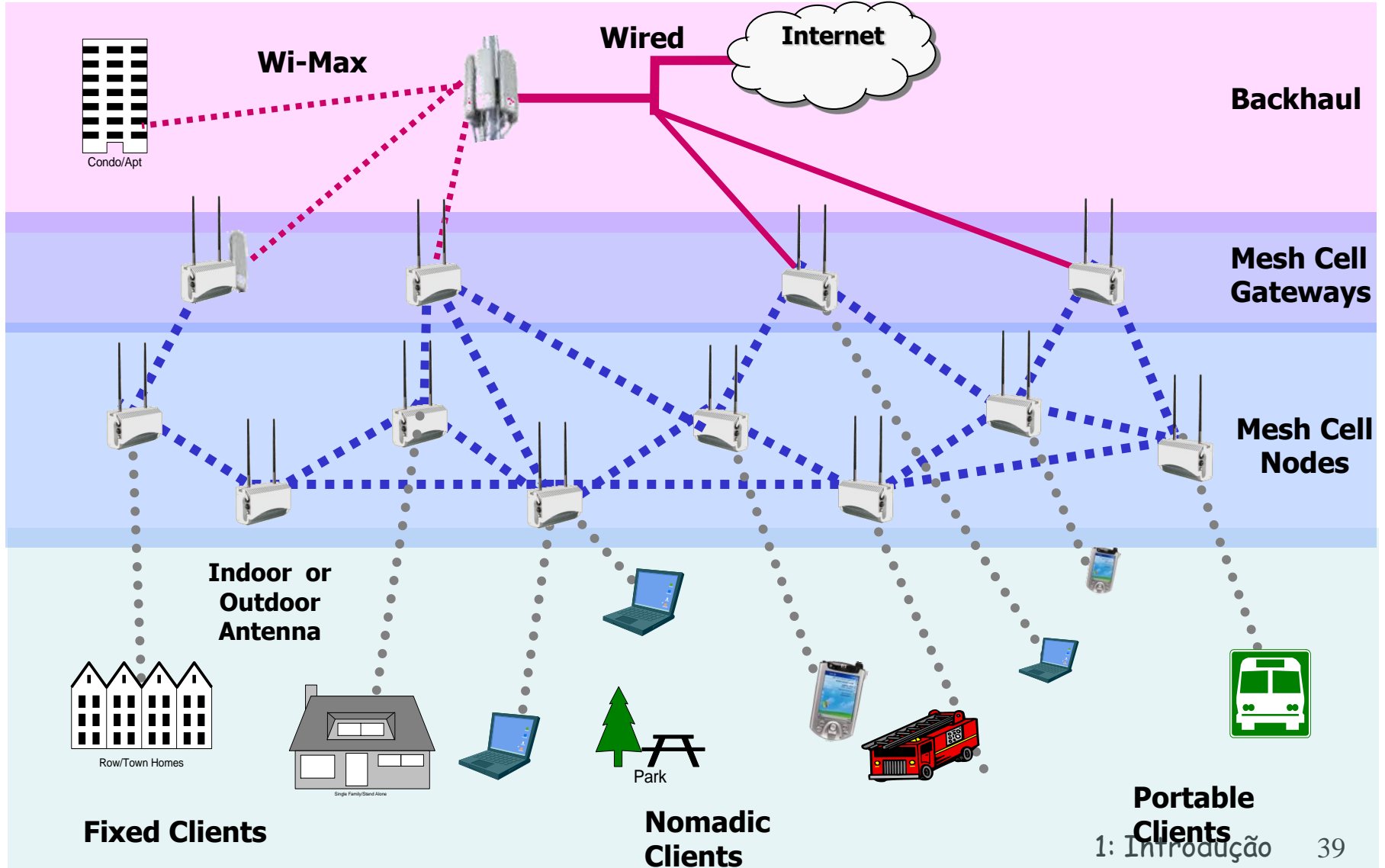


Redes domésticas

Componentes típicos da rede doméstica:

- ❑ ADSL ou modem a cabo
- ❑ roteador/firewall/NAT
- ❑ Ethernet
- ❑ Ponto de acesso sem fio





WiMAX



- ❑ *Worldwide Interoperability for Microwave Access*
- ❑ Padrão IEEE 802.16d-2004
 - Distâncias de 16 km
 - Taxas de até 75 Mbps
- ❑ Padrão IEEE 802.16e-2005 (WiMax Móvel)

- ❑ www.wimaxforum.org

Meios Físicos

- ❑ **Bit:** Propaga-se entre o transmissor e o receptor
- ❑ **enlace físico:** o que está entre o transmissor e o receptor
- ❑ **meios guiados:**
 - os sinais se propagam em meios sólidos: cobre, fibra
- ❑ **meios não guiados:**
 - os sinais se propagam livremente, ex. rádio

Par Trançado (TP - *Twisted Pair*)

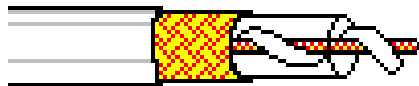
- ❑ dois fios de cobre isolados
 - Categoria 5: 100Mbps e 1 Gbps Ethernet
 - Categoria 6: 10 Gbps



Meios físicos: cabo coaxial, fibra

Cabo coaxial:

- ❑ fio (transporta o sinal) dentro de outro fio (blindagem)
- ❑ bidirecional
- ❑ banda base (*baseband*):
 - canal único no cabo
 - Ethernet legada
- ❑ banda larga (*broadband*):
 - múltiplos canais num cabo
 - HFC



Cabo de fibra óptica:

- ❑ fibra de vidro transporta pulsos de luz
- ❑ opera em alta velocidade:
 - transmissão ponto a ponto de alta velocidade (ex., 10' s a 100' s Gbps)
- ❑ baixa taxa de erros: repetidores mais afastados; imune a ruído eletromagnético



2008 SUBMARINE CABLE MAP

PRODUCED BY DESIGN

TeleGeography **Southern Cross CABLE NETWORK**
The independent market leader providing 60% of the capacity for the Asia-Pacific region.

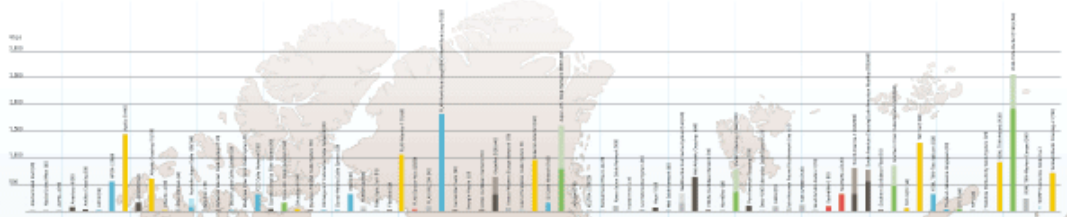
TeleGeography
901 F St., 10th Floor, Washington, DC 20004 USA
Tel: +1 202 775 0222 Fax: +1 202 775 1022
www.tele-geo.com

Southern Cross Cable Network
Suite 50, 775 Pitt St, 4th Floor, Melbourne, VIC 3000 Australia
Tel: +61 3 9247 2700 Fax: +61 3 9247 2701
www.southern-cross.com.au

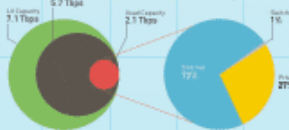
SPONSORSHIP
The independent market leader providing 60% of the capacity for the Asia-Pacific region.

SUBMARINE CABLE CAPACITY, 2007
Global submarine cable capacity in Tbps (Terabits per second) by region and by cable system. The European continent is the largest submarine cable capacity market. Figure includes capacity for all submarine cables in operation as of 31st Dec 2007. Capacity is based on the number of fiber pairs and the number of wavelengths per fiber pair.

Legend:
 - Yellow: Trans-Atlantic
 - Green: Asia-Pacific
 - Blue: Europe-Middle East
 - Red: Europe-Asia
 - Purple: Other



HOW IS CAPACITY USED?
Capacity is used in various ways across different regions. The chart shows that a significant portion of capacity is used for private bandwidth, while a smaller portion is used for public bandwidth.



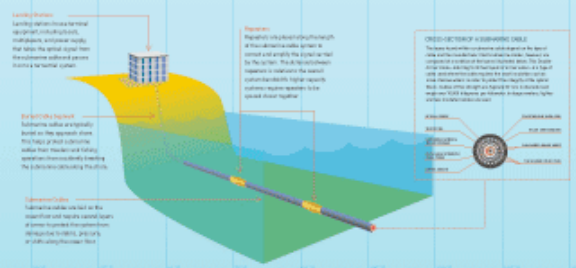
WHAT SALES A MONTH CAN BUY?
The chart shows the cost of different submarine cable systems. The longest submarine cable system, SeaMeWe3, is the most expensive, while the shortest, Easynet, is the least expensive.

Cable System	Length (km)	Capacity (Tbps)	Cost (USD)
SeaMeWe3	12,000	1.2	~\$100M
Europe-Asia	10,000	1.0	~\$80M
Europe-Middle East	8,000	0.8	~\$60M
Trans-Atlantic	6,000	0.6	~\$40M
Easynet	2,000	0.2	~\$10M

THE LONGEST SUBMARINE CABLE SYSTEM
SeaMeWe3 is the longest submarine cable system in the world, spanning 12,000 kilometers from Southeast Asia to South America.

FIBER-OPTIC SUBMARINE CABLE SYSTEMS
The chart shows the number of fiber-optic submarine cable systems in operation. The number of systems has increased significantly over the past few years, reflecting the growing demand for global connectivity.

COMPONENTS OF A SUBMARINE CABLE SYSTEM



UNIT COST OF SUBMARINE CABLE SYSTEMS
The chart shows the unit cost of submarine cable systems in USD per km. The cost has decreased significantly over the past few years, making it more economical to build new cable systems.

Year	Unit Cost (USD/km)
2004	\$5,308
2005	\$3,116
2006	\$499
2007	\$360

BTM-1 PRICE TRENDS
The chart shows the price trends for BTM-1, a key component of submarine cable systems. The price has fluctuated over the past few years, with a notable peak in 2005.

LT SUBMARINE CABLE CAPACITY
The chart shows the LT submarine cable capacity in Tbps. The capacity has increased significantly over the past few years, reflecting the growing demand for global connectivity.

GLOBAL LT SUBMARINE CABLE CAPACITY
The chart shows the global LT submarine cable capacity in Tbps. The capacity has increased significantly over the past few years, reflecting the growing demand for global connectivity.

Eletronet



Meios físicos: rádio

- ❑ sinal transportado em ondas eletromagnéticas
- ❑ não há "fio" físico
- ❑ bidirecional
- ❑ efeitos do ambiente de propagação:
 - reflexão
 - obstrução por objetos
 - interferência

Tipos de enlaces de rádio:

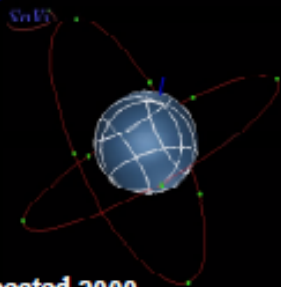
- ❑ **microondas**
 - ex.: canais de até 45 Mbps
- ❑ **LAN** (ex., Wifi)
 - 11Mbps, 54 Mbps
- ❑ **longa distância** (ex., celular)
 - ex. 3G, ~ 1 Mbps
- ❑ **satélite**
 - canal de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
 - atraso de propagação de 270 mseg (fim-a-fim)
 - geoestacionários versus de baixa altitude (LEOS)

Mobile satellite constellations

the engineering principles behind the implementations are studied by the
Centre for Communication Systems Research
at the University of Surrey

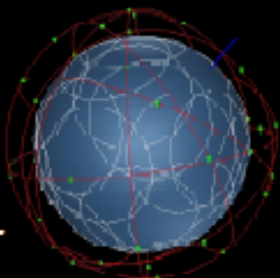
ICO

service expected 2000



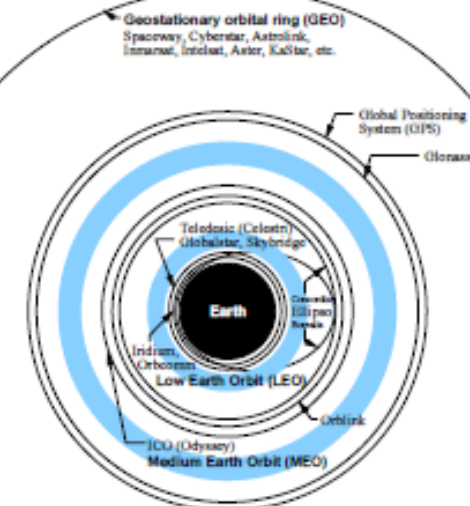
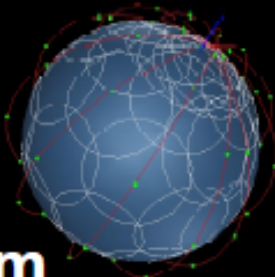
Globalstar

service expected 1999



Iridium

service expected 1998



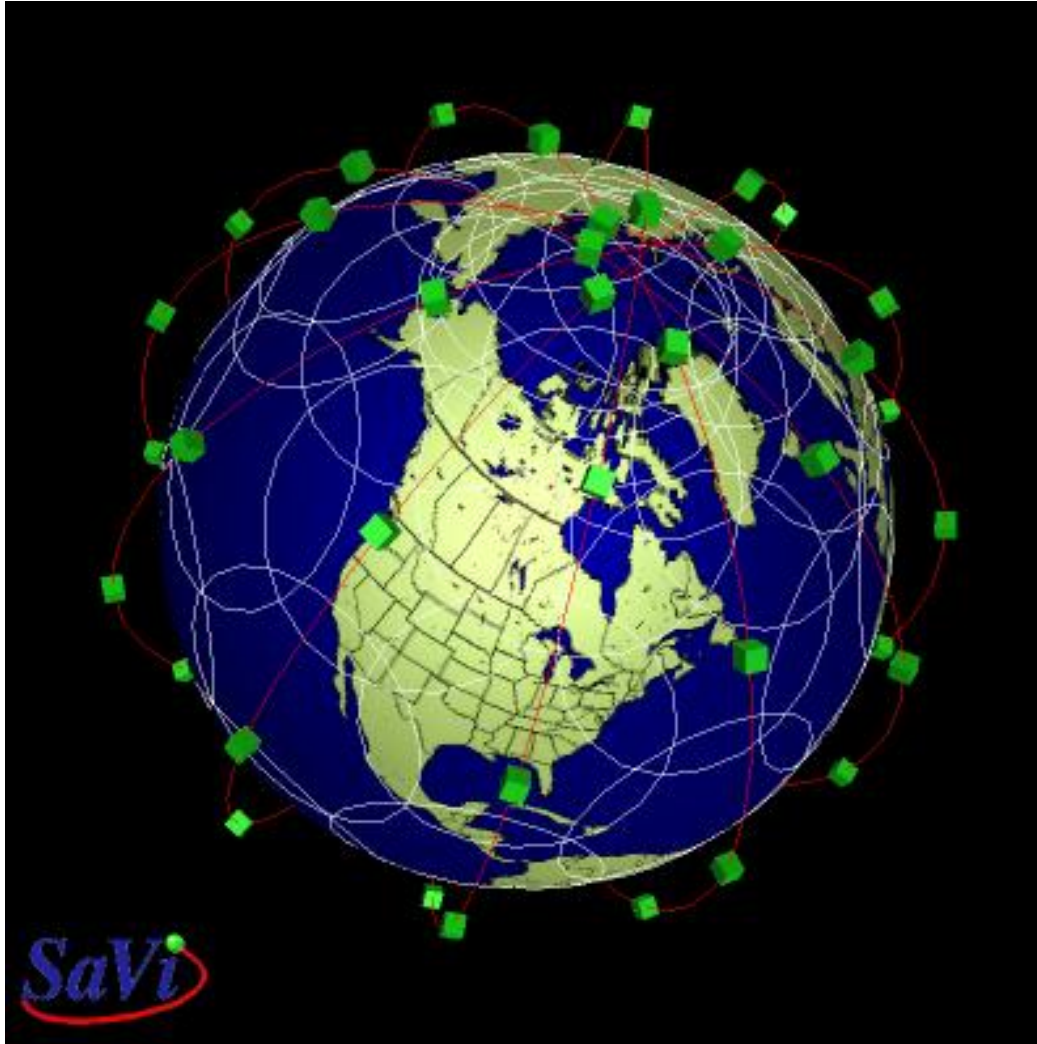
Orbital altitudes for satellite constellations

■ peak radiation bands of the Van Allen belts (high-energy protons)
while we not shown actual inclination, this is a guide to altitude only

- voice codecs
- networking
- signal processing
- modulation
- propagation



Meios Físicos: Satélites de Baixa Órbita - Iridium



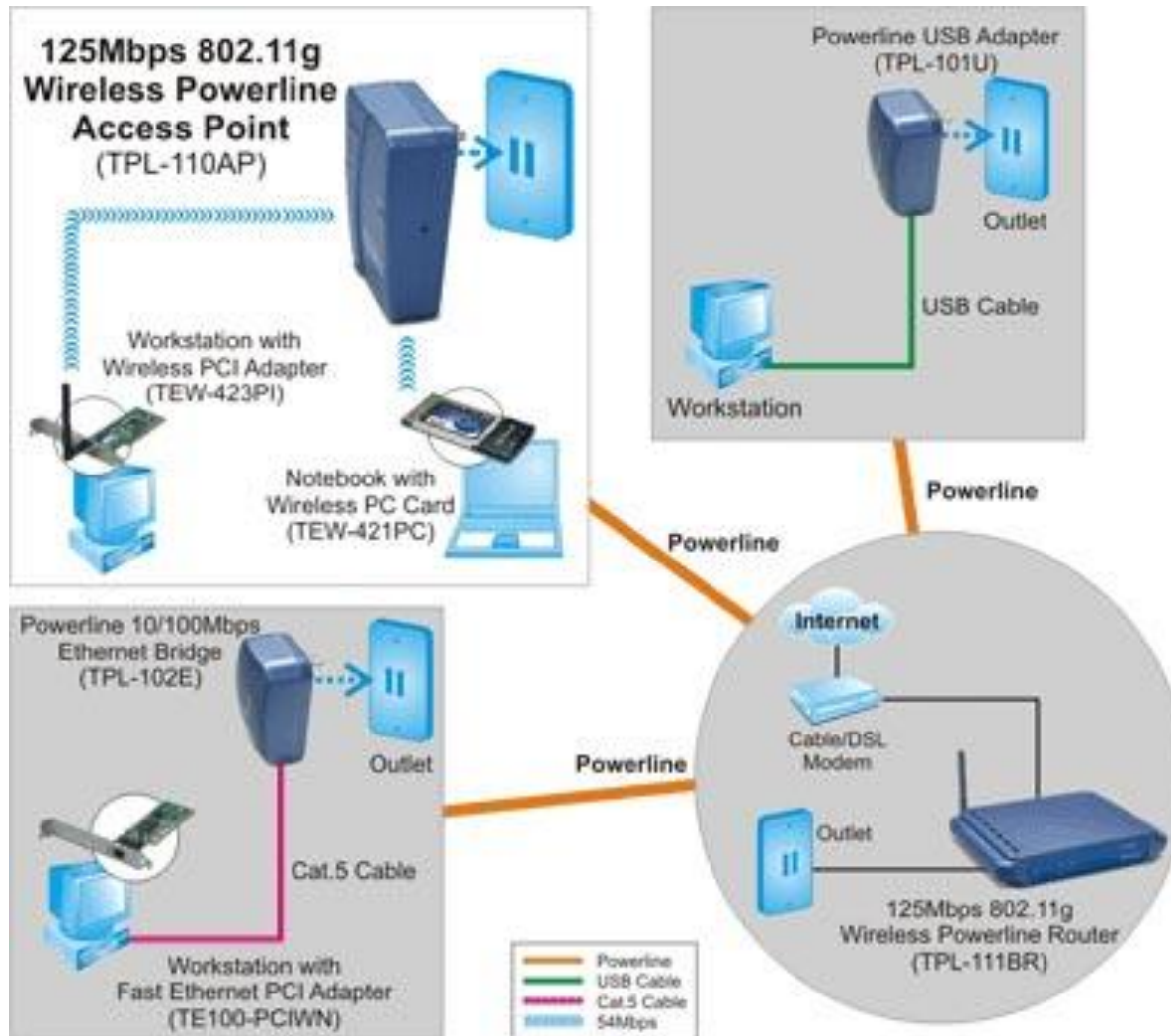
- ❑ Projeto original:
 - 77 satélites
 - No. atômico do Irídio
- ❑ Projeto implementado:
 - 66 satélites
 - No. atômico do **Disprósio!!!**

Fogueira espacial

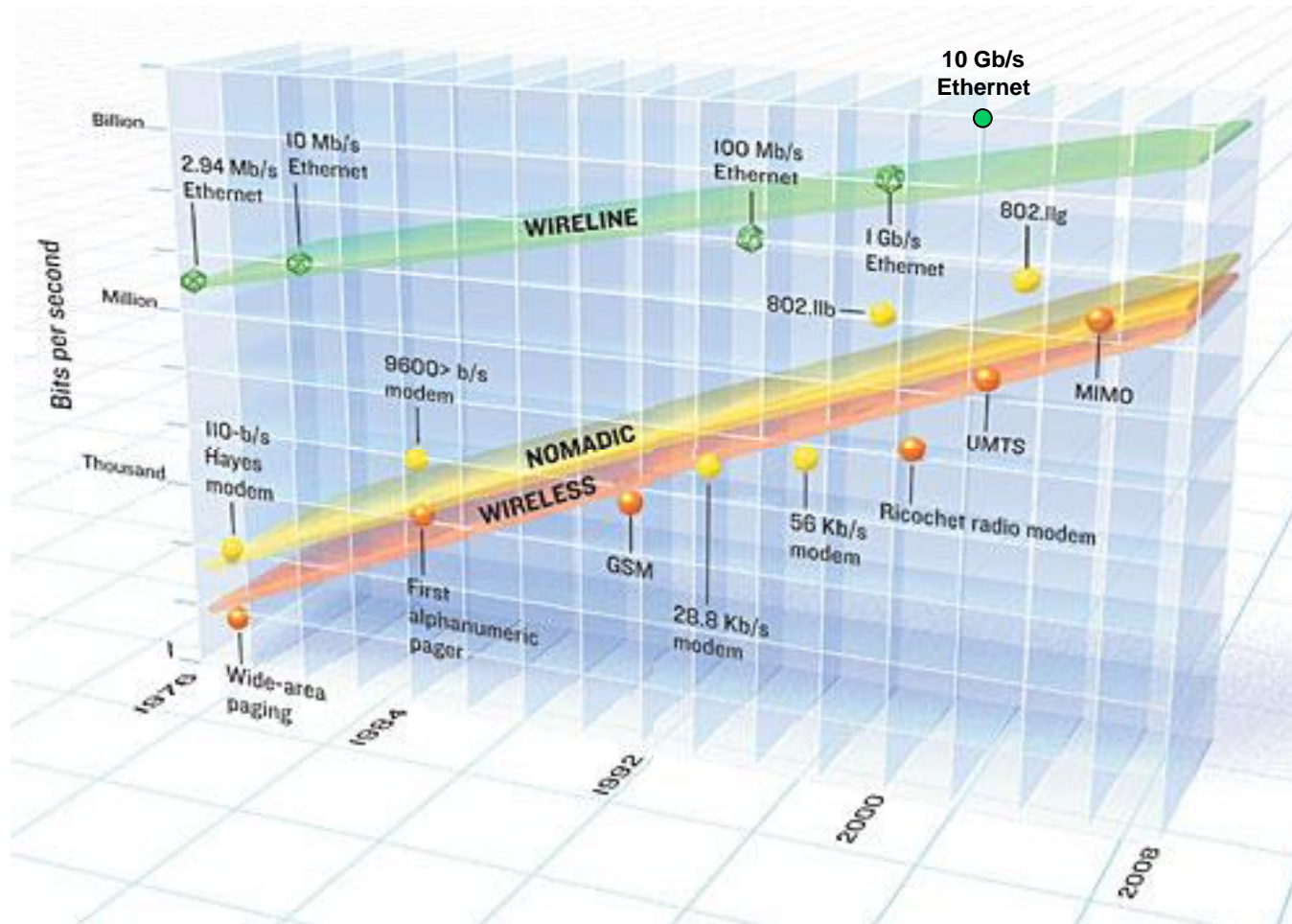


- ❑ VEJA
29/3/2000:
- ❑ Motorola decide destruir os 66 satélites do Iridium queimando-os na atmosfera terrestre
- ❑ Quem salvou o Iridium?

Meios físicos: Fios elétricos



Lei da Largura de Banda de Edholm



O Paradoxo da Melhor Rede

- ❑ <http://netparadox.com/>
- ❑ Melhor para quem?
 - Para se ganhar dinheiro (operadoras)?
 - Para os usuários?
- ❑ Os usuários querem uma rede "burrinha", rápida e barata!
- ❑ Propostas:
 - Estabelecer um objetivo
 - Separar fios de serviços
 - Remover barreiras regulatórias
 - Ajudar os municípios
 - Manter o IP burro
 - Restabelecer o papel dos direitos autorais

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

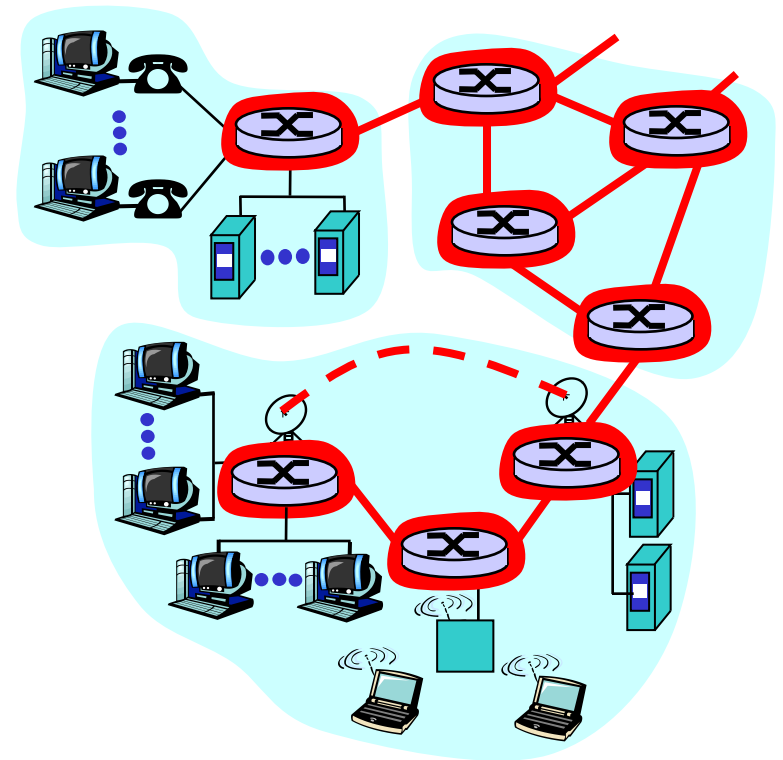
1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

O Núcleo da Rede

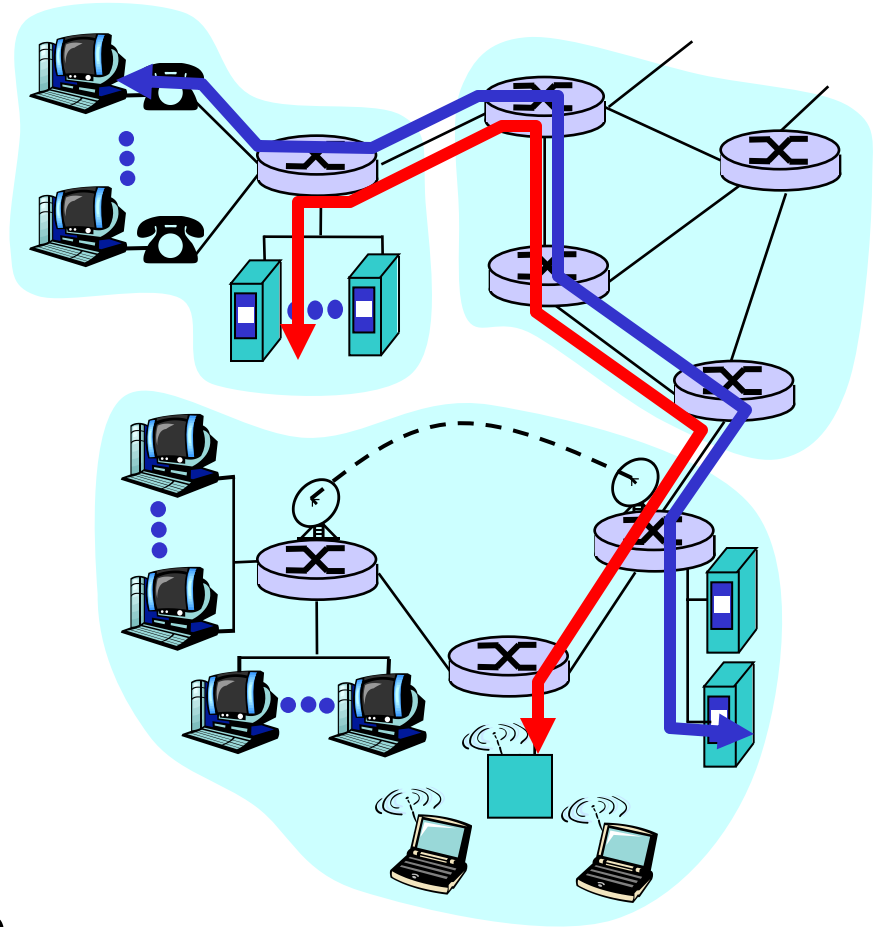
- ❑ Malha de roteadores interconectados
- ❑ **a pergunta fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
 - **comutação de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede telefônica (Não é "normalmente" usada em Redes de Computadores.)
 - **comutação de pacotes:** os dados são enviados através da rede em pedaços discretos.



Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

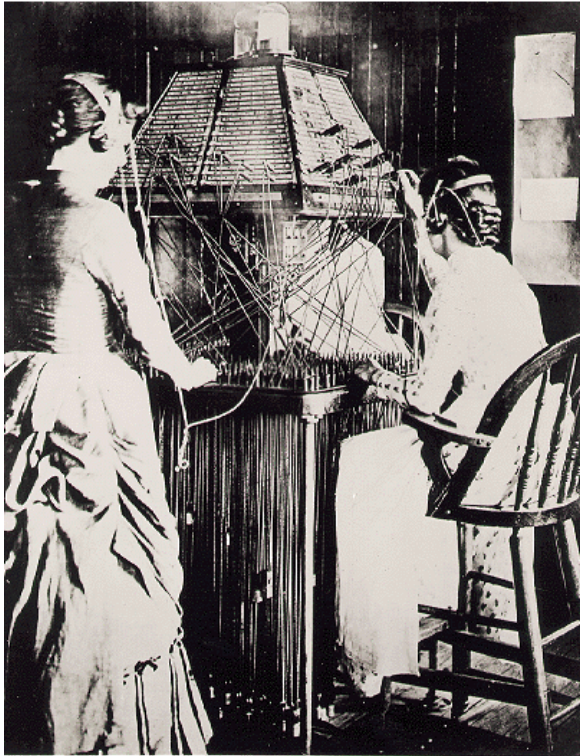
Recursos fim a fim são reservados para a chamada.

- ❑ Banda do enlace, capacidade dos comutadores
- ❑ recursos dedicados: sem compartilhamento
- ❑ desempenho tipo circuito (garantido)
- ❑ necessita estabelecimento de conexão



Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 1996 AT&T



<http://www.telephonemuseumofgridley.org/>

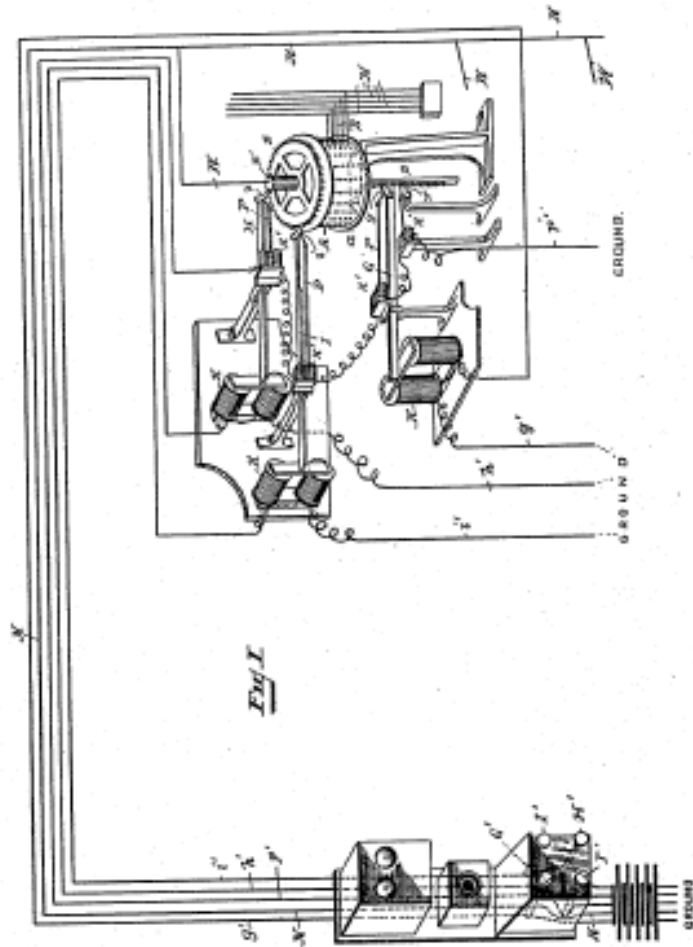
(No Model.)

3 Sheets—Sheet 1.

A. B. STROWGER.
AUTOMATIC TELEPHONE EXCHANGE.

No. 447,918.

Patented Mar. 10, 1891.



Witnesses:

R. B. Balcherson,
Ch. M. Strowger.

Inventor:

Almon B. Strowger

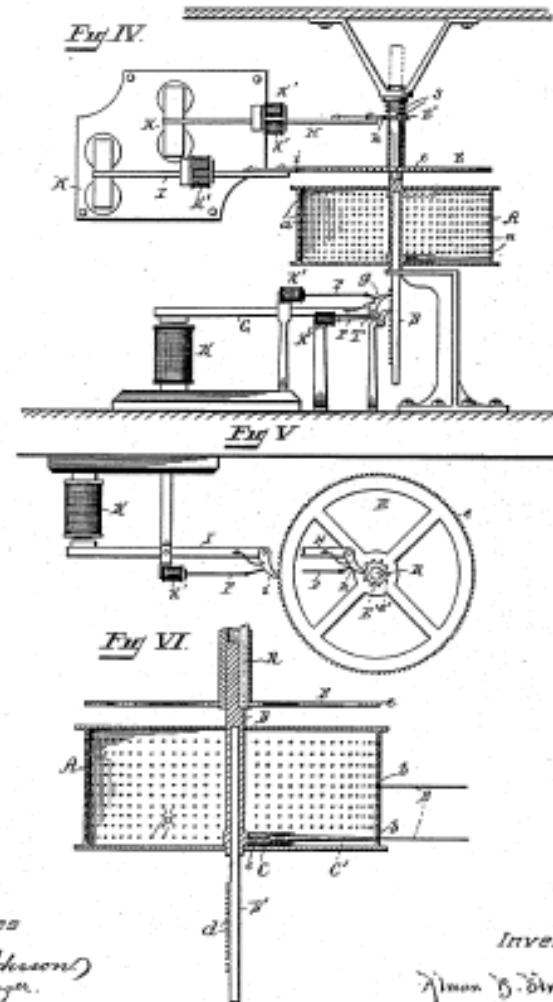
(No Model.)

3 Sheets—Sheet 2.

A. B. STROWGER.
AUTOMATIC TELEPHONE EXCHANGE.

No. 447,918.

Patented Mar. 10, 1891.



Witnesses

R. B. Balcherson,
Ch. M. Strowger.

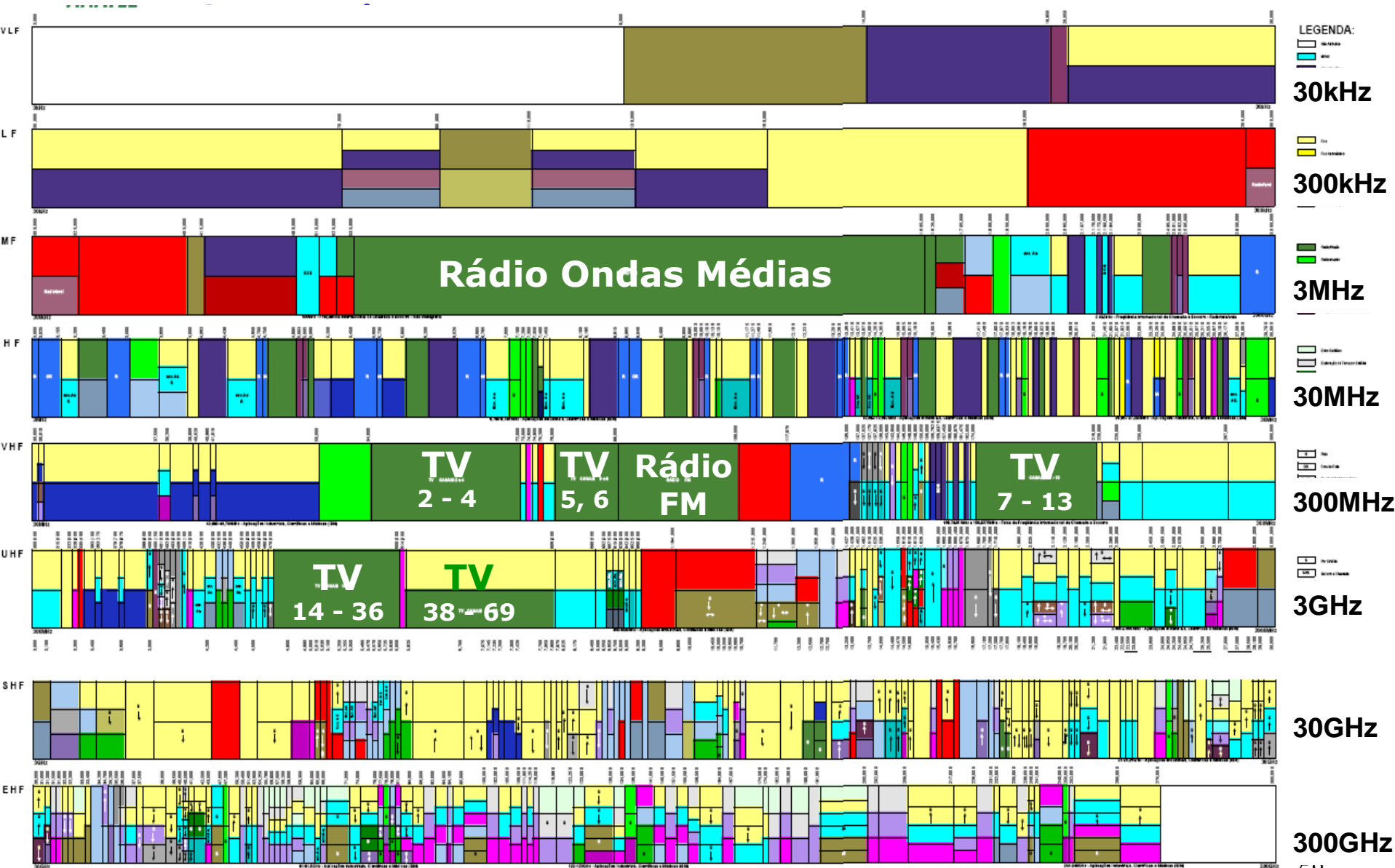
Inventor:

Almon B. Strowger

Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

- ❑ recursos da rede (ex., largura de banda) são **divididos em "pedaços"**
- ❑ pedaços alocados às chamadas
- ❑ o pedaço do recurso fica **ocioso** se não for usado pelo seu dono (não há compartilhamento)
- ❑ como é feita a divisão da banda de um canal em "pedaços" (multiplexação)
 - divisão de frequência
 - divisão de tempo

Alocação de Faixas de Freqüência

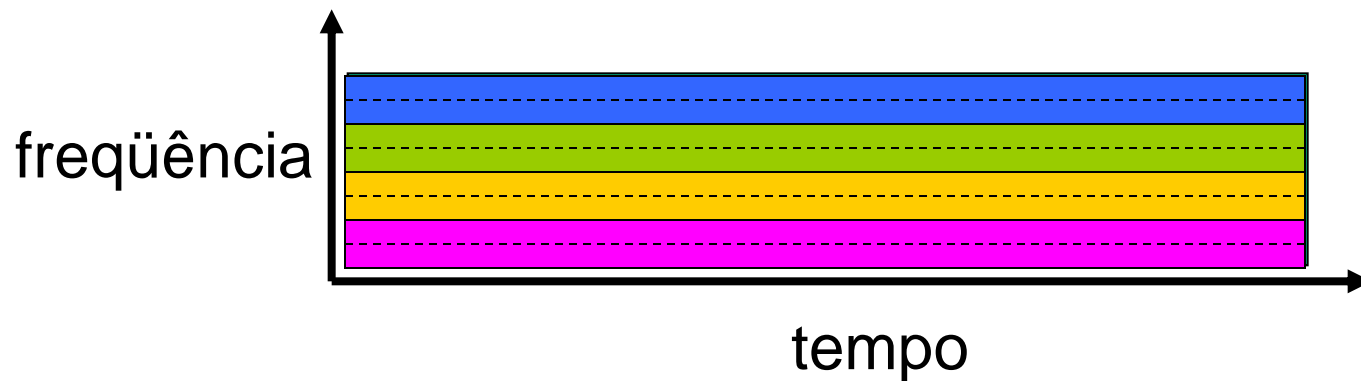


Comutação de Circuitos: FDM e TDM

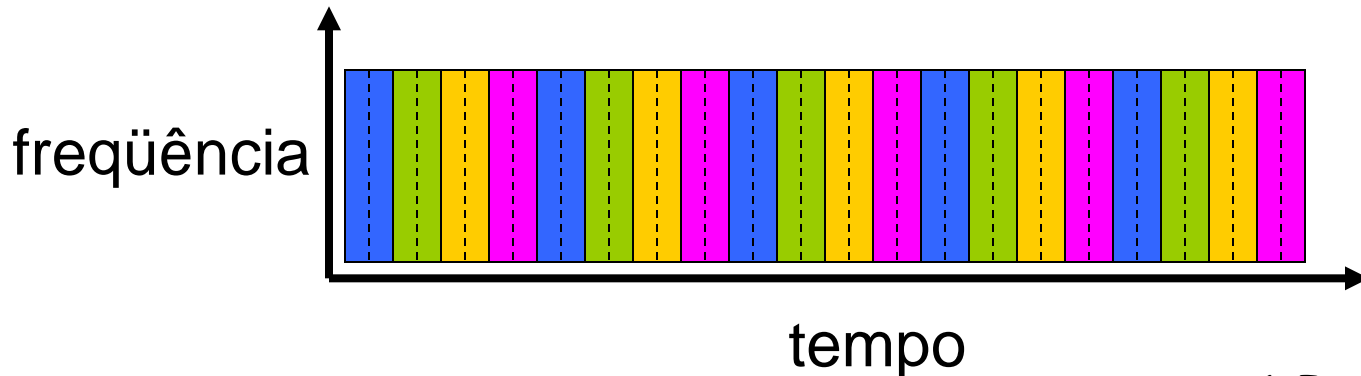
FDM

Exemplo:

4 usuários ■ ■ ■ ■



TDM



A Portadora T1

□ T1

1 frame = $(24 \cdot 8 + 1)$

1 frame = 193 bits

TAXA TOTAL

1,544 Mbps

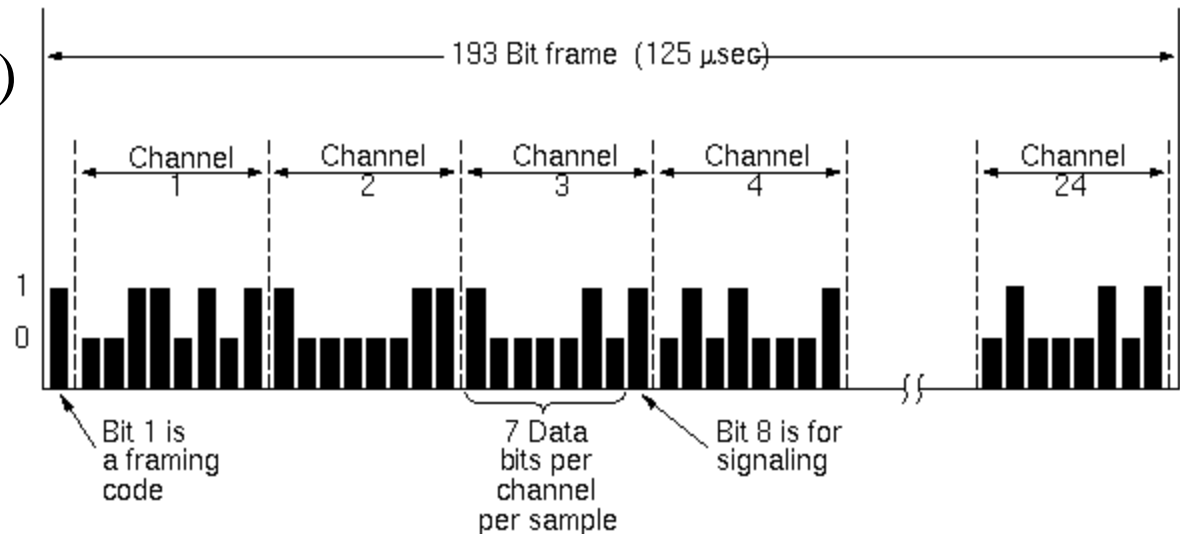


Fig. 2-26. The T1 carrier (1.544 Mbps).

Multiplexação de Canais T1

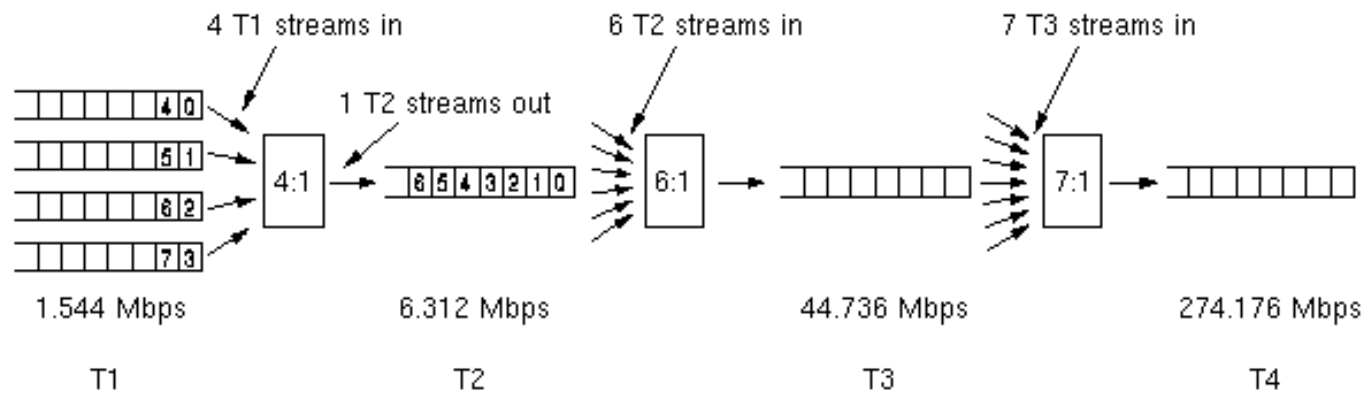
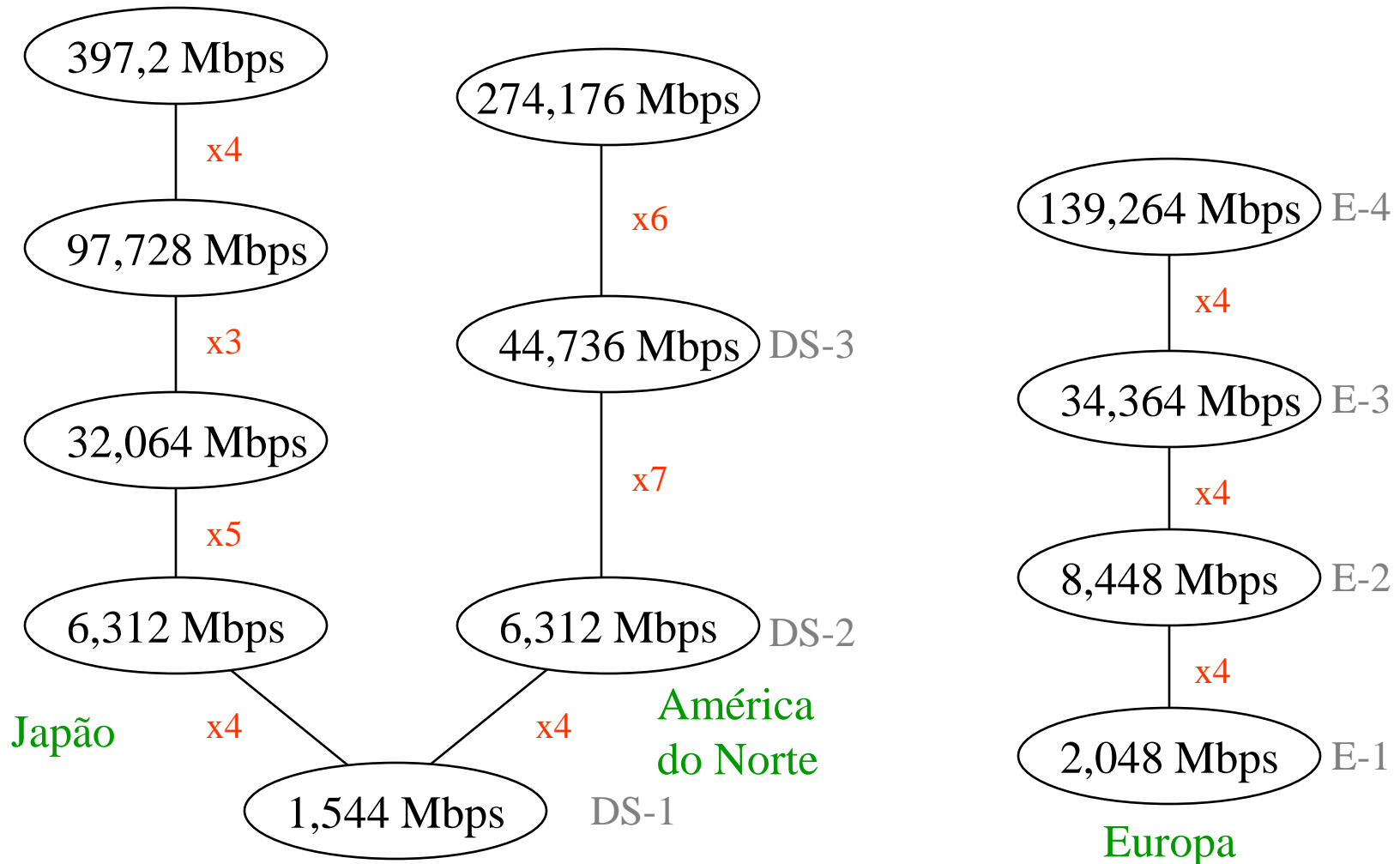


Fig. 2-28. Multiplexing T1 streams onto higher carriers.

Hierarquias Digitais Plesiócronicas (PDH)

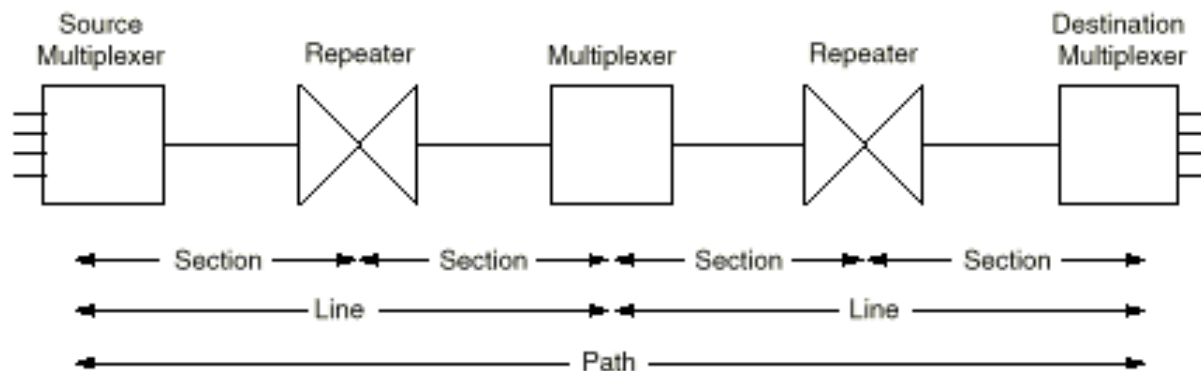


SONET/SDH

- ❑ Synchronous Optical NETWORK
 - Desenvolvido pela Bellcore
- ❑ Synchronous Digital Hierarchy
 - Padronizado pelo ITU-T
- ❑ Objetivos
 - Prover um padrão para transmissão
 - Unificar os sistemas dos EUA, Europa e Japão
 - Multiplexar diversos canais digitais
 - Prover suporte para Operação, administração e Manutenção (OAM)

SONET

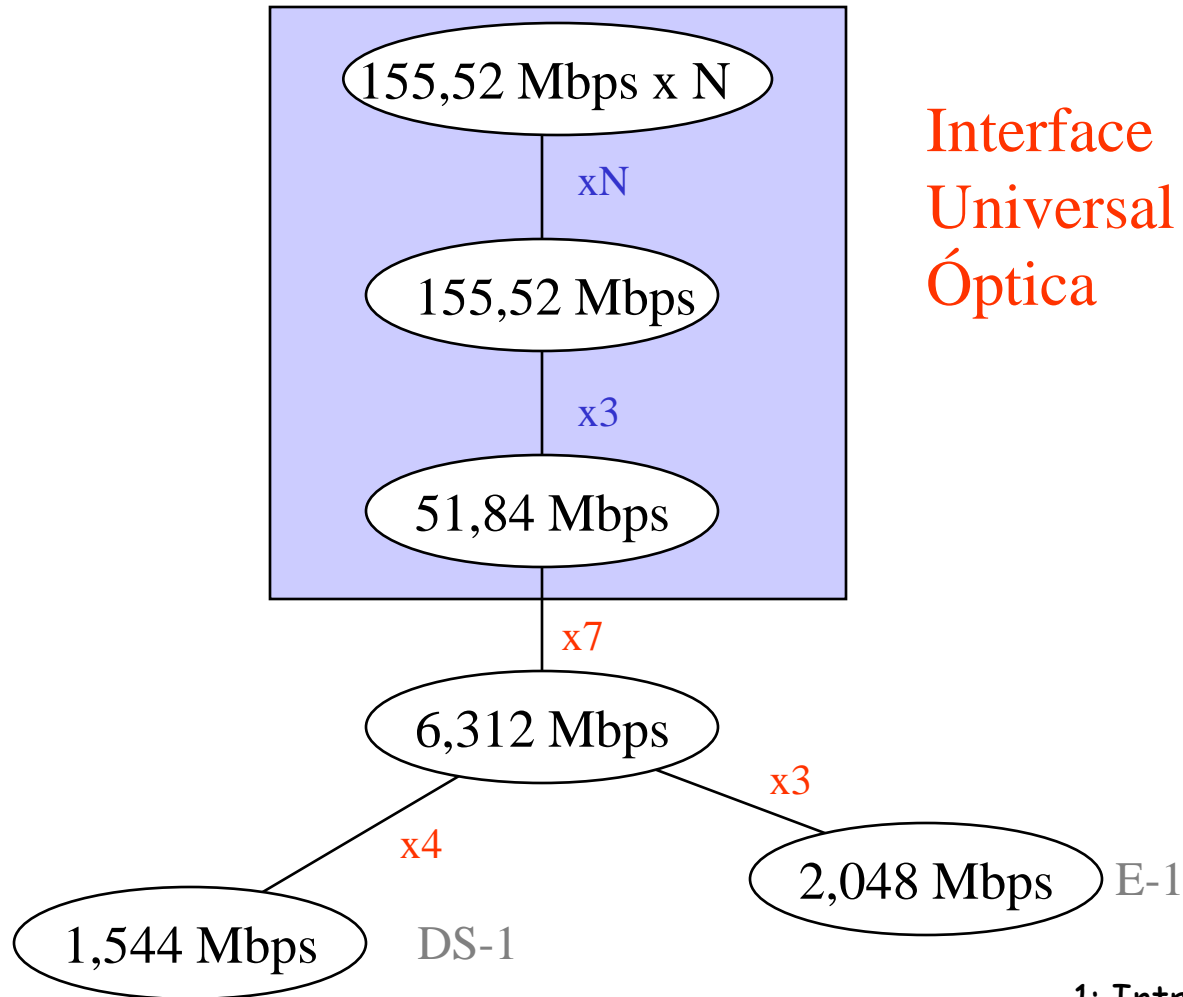
□ Caminho Típico



□ O Quadro básico é um bloco de 810 bytes

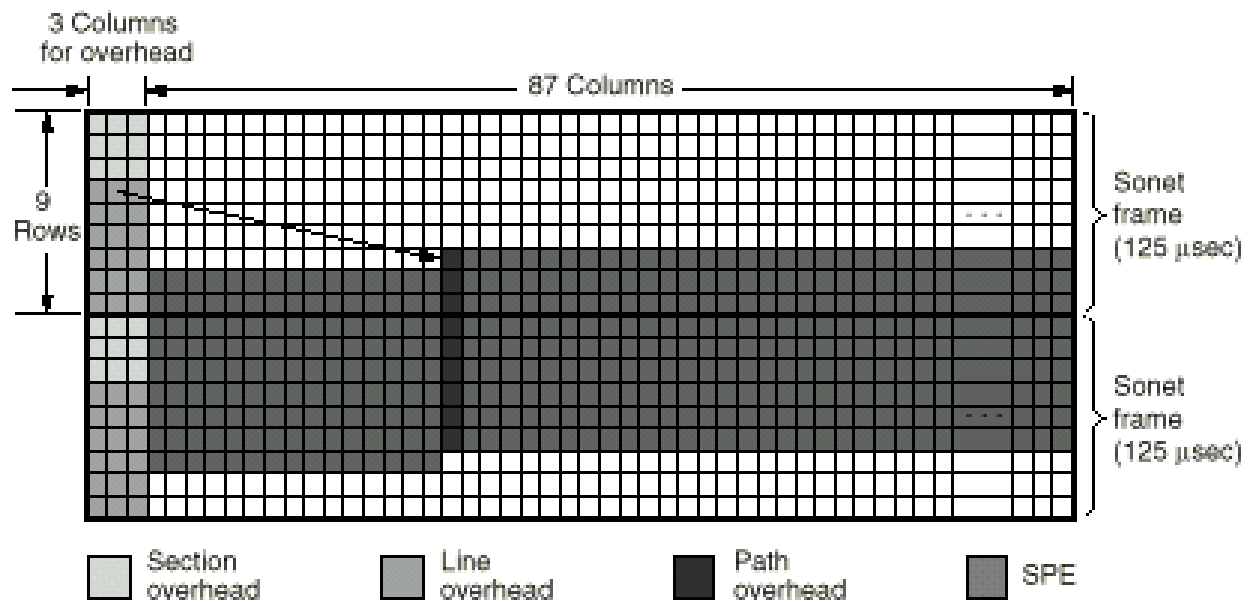
$$810 * 8 * 8000 = \text{TAXA TOTAL} = 51,84 \text{ Mbps}$$

Hierarquia digital síncrona



Quadro SONET Básico

- Todo: 90 colunas
- SPE (*Synchronous Payload Envelope*):
 - 87 colunas
- Usuário: 86 colunas



DWDM

- ❑ *Dense Wavelength Division Multiplexing*
- ❑ As fibras estão sendo usadas a 2,4 Gbps (STM-16) ou, no máximo, 10 Gbps (STM-64).
- ❑ Isto representa apenas cerca de 1% da capacidade das mesmas.
- ❑ Atualmente há sistemas que colocam até 16 canais de 2,4 Gbps numa única fibra, resultando em 40 Gbps.
- ❑ Estão em desenvolvimento sistemas com 40 canais, resultando em 100 Gbps.

- ❑ Há também o CWDM (Coarse WDM)

Exemplo numérico

- Quanto tempo leva para enviar um arquivo de 640kbits de um host A para um host B através de uma rede de comutação de circuitos?
 - Todos os enlaces são de 2,048 (1,536) Mbps
 - Cada enlace usa TDM com 32 (24) *slots* (compartimentos)
 - 500 mseg para estabelecer um circuito fim-a-fim

Vamos calcular!

Núcleo da Rede: Comutação de Pacotes

Cada fluxo de dados fim a fim é dividido em *pacotes*

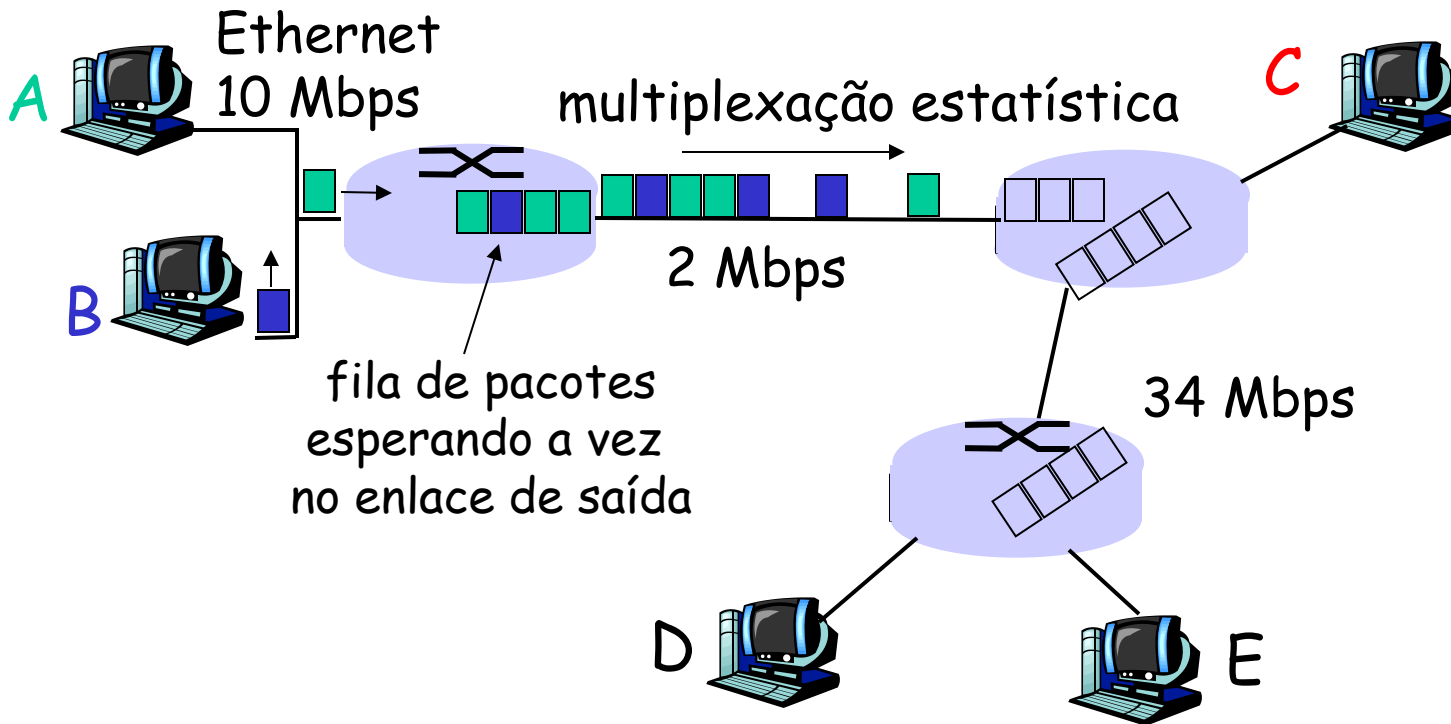
- ❑ pacotes dos usuários A, B *compartilham* os recursos da rede
- ❑ cada pacote usa toda a banda do canal
- ❑ recursos são usados *quando necessário*,

Divisão da banda em "pedaços"
Alocação dedicada
Reserva de recursos

Disputa por recursos:

- ❑ a demanda total pelos recursos pode superar a quantidade disponível
- ❑ congestionamento: pacotes são enfileirados, esperam para usar o enlace
- ❑ armazena e reenvia (*store and forward*): pacotes se deslocam uma etapa por vez
 - transmite num enlace
 - espera a vez no próximo

Comutação de Pacotes: Multiplexação Estatística

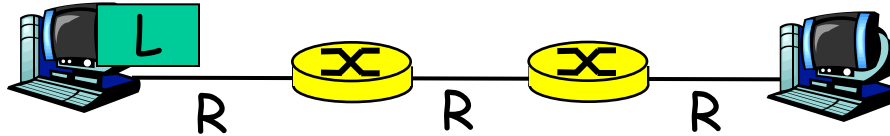


A seqüência de pacotes A & B não possui um padrão constante

→ ***multiplexação estatística***

Em TDM cada hospedeiro utiliza o mesmo compartimento (*slot*) em cada um dos quadros TDM.

Comutação de Pacotes: armazena-e-reenvia



- Leva L/R segundos para transmitir um pacote de L bits em um canal de R bps
- Todo o pacote deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo canal: *armazena e reenvia*
- atraso = $3L/R$ (assumindo que o atraso de propagação seja desprezível!)

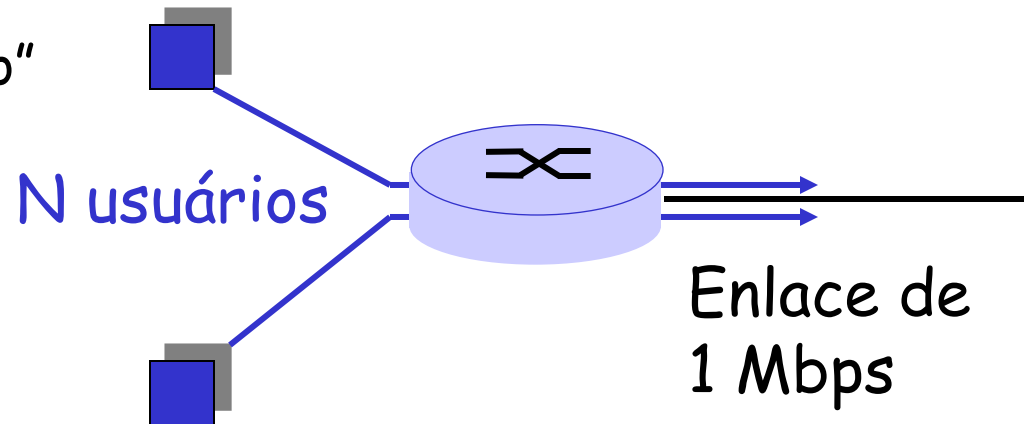
Exemplo:

- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso em cada etapa = 5 seg
- atraso fim-a-fim = 15 seg

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes permite que mais usuários usem a rede!

- ❑ Enlace de 1 Mbit
- ❑ cada usuário:
 - 100kbps quando "ativo"
 - ativo 10% do tempo
- ❑ comutação por circuitos:
 - 10 usuários
- ❑ comutação por pacotes:
 - com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menor que 0,004

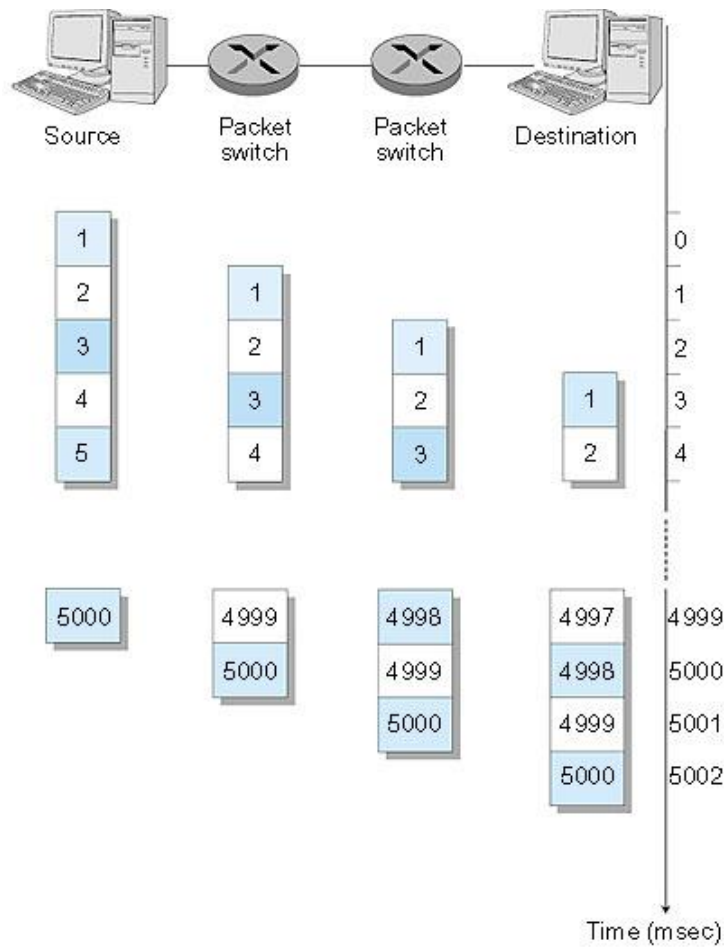


Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes ganha de lavada?

- ❑ Ótima para dados em surtos
 - compartilhamento dos recursos
 - não necessita estabelecimento de conexão
- ❑ **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - necessita de protocolos para transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- ❑ **P: Como fornecer um comportamento do tipo circuito?**
 - São necessárias garantias de banda para aplicações de áudio e vídeo
 - ainda é um problema não resolvido (cap. 7)

Comutação de pacotes: Segmentação de mensagens



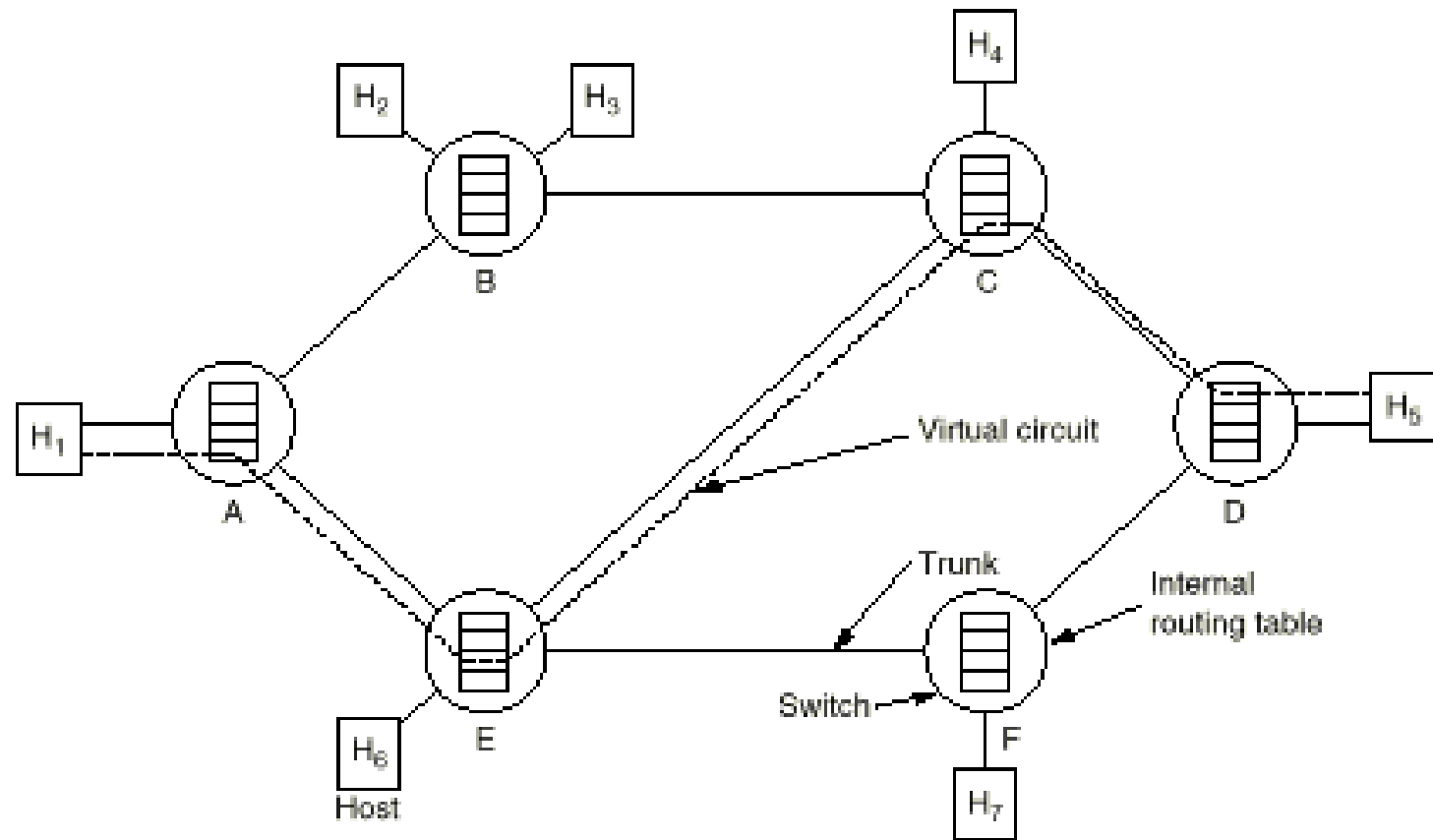
Quebre agora a mensagem em 5.000 pacotes

- ❑ Cada pacote com 1.500 bits
- ❑ 1 mseg para transmitir um pacote em um canal
- ❑ **Paralelismo (pipelining):** cada canal funciona em paralelo
- ❑ Atraso reduzido de 15 seg para 5,002 seg

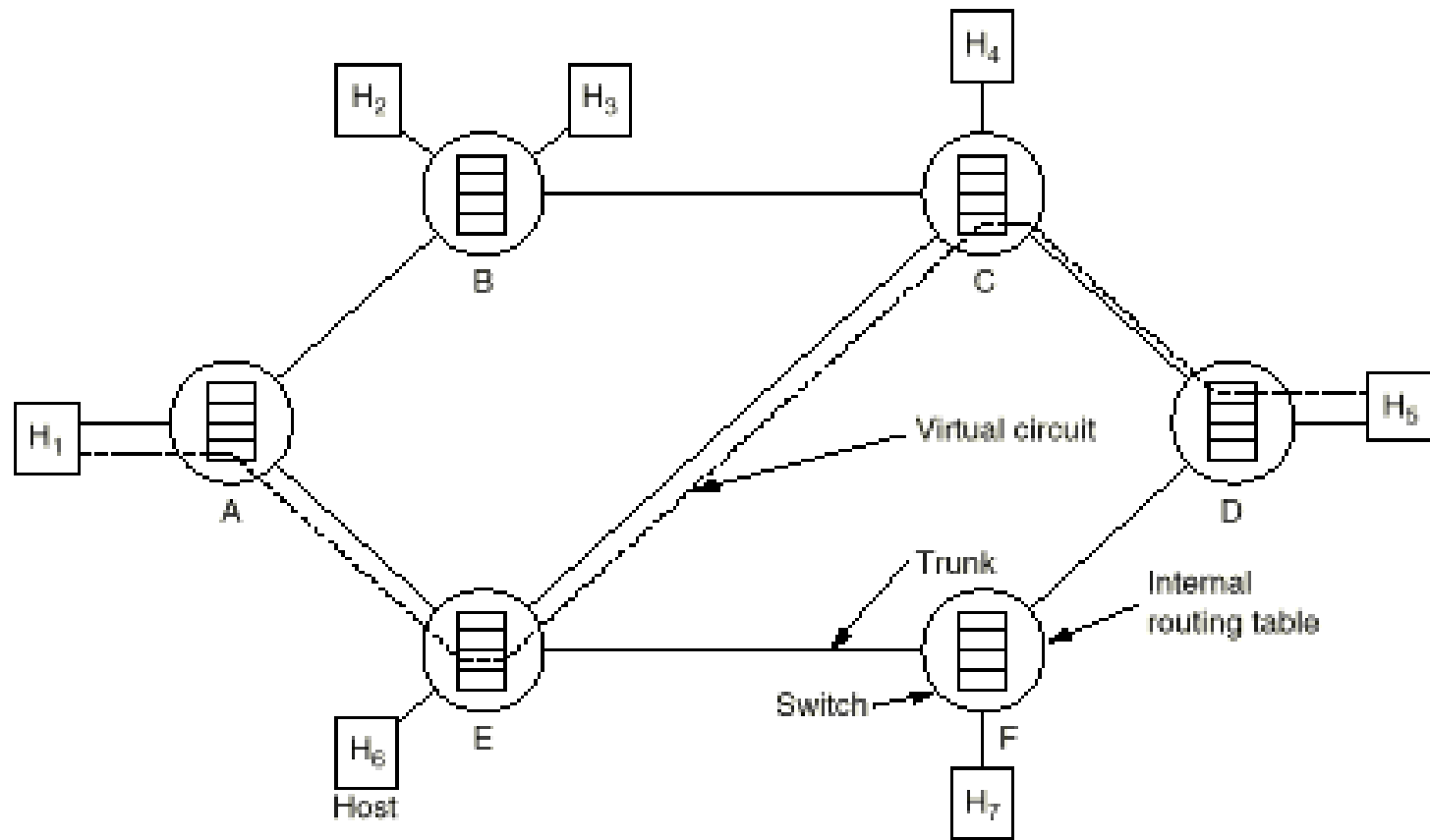
Redes de comutação de pacotes: repassa (*forwarding*)

- ❑ Objetivo: mover pacotes entre roteadores da origem até o destino
 - serão estudados diversos algoritmos de escolha de caminhos (capítulo 4)
- ❑ **redes datagrama**:
 - *o endereço do destino* determina a próxima etapa
 - rotas podem mudar durante a sessão
 - analogia: dirigir, pedindo informações
- ❑ **redes de circuitos virtuais**:
 - cada pacote contém uma marca (id. do circuito virtual), marca determina próxima etapa
 - caminho fixo determinado no *estabelecimento da chamada*, permanece fixo durante a chamada
 - **os roteadores mantêm estados para cada chamada**

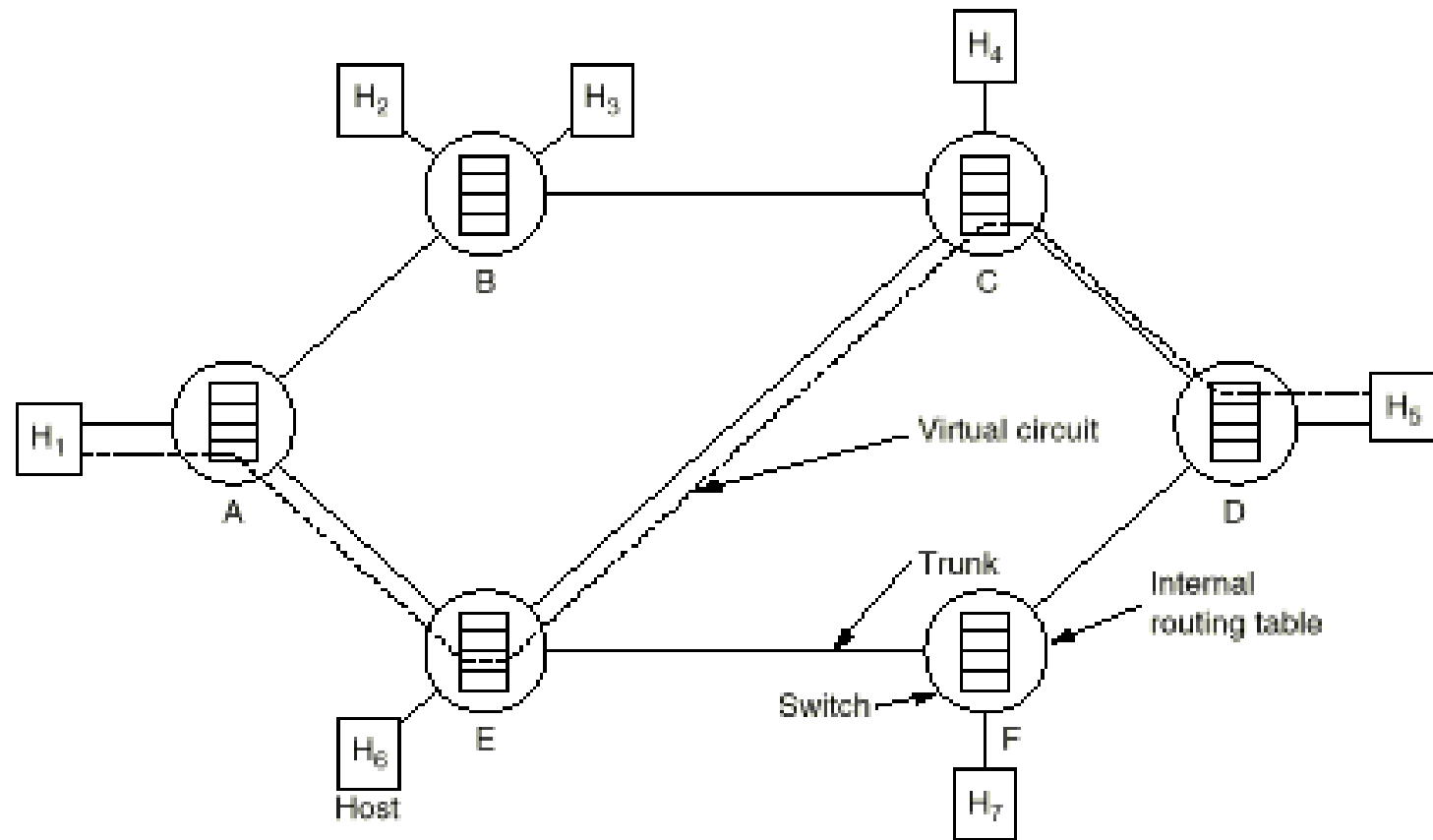
Comutação de Circuitos

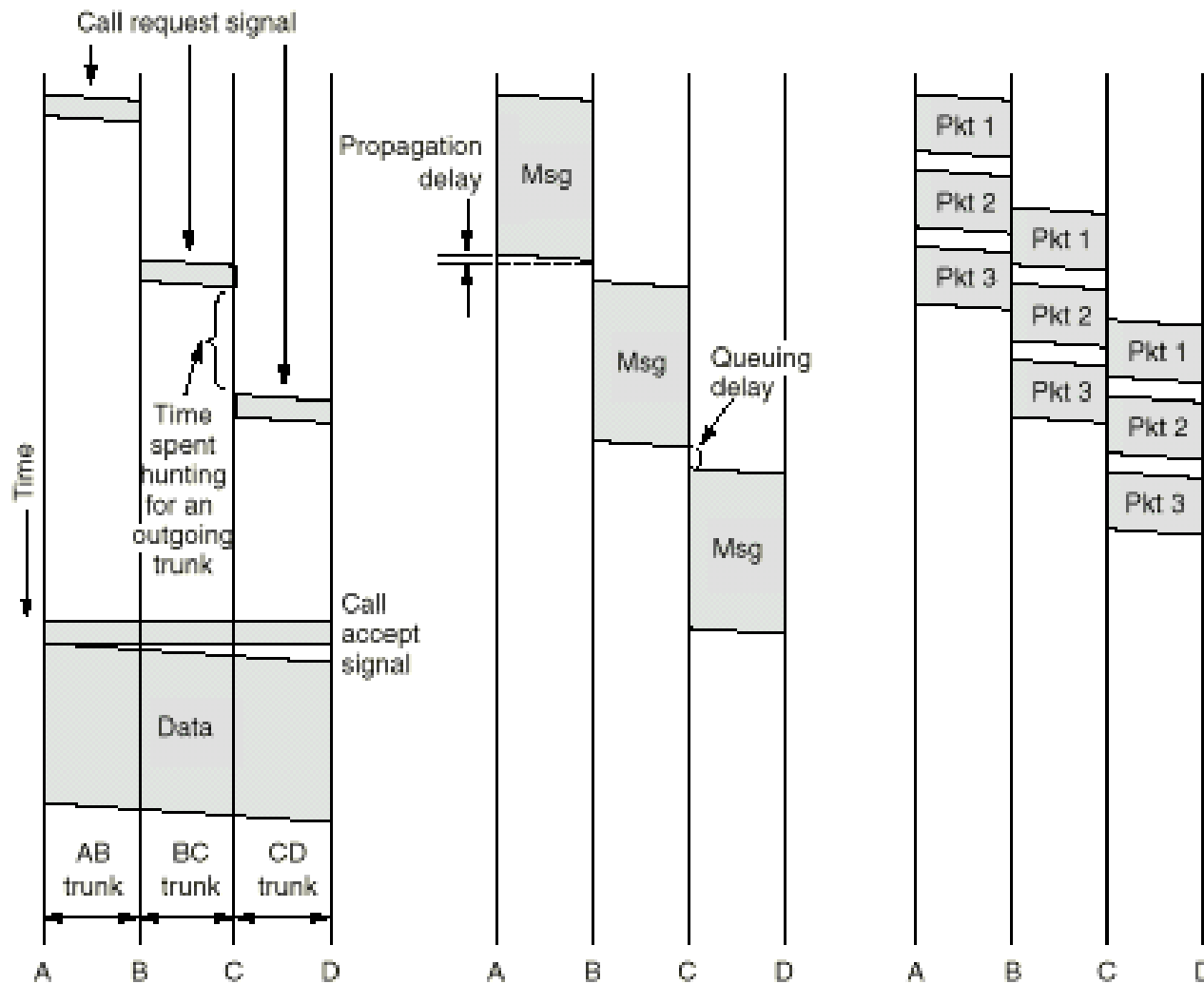


Datagramas



Circuitos Virtuais



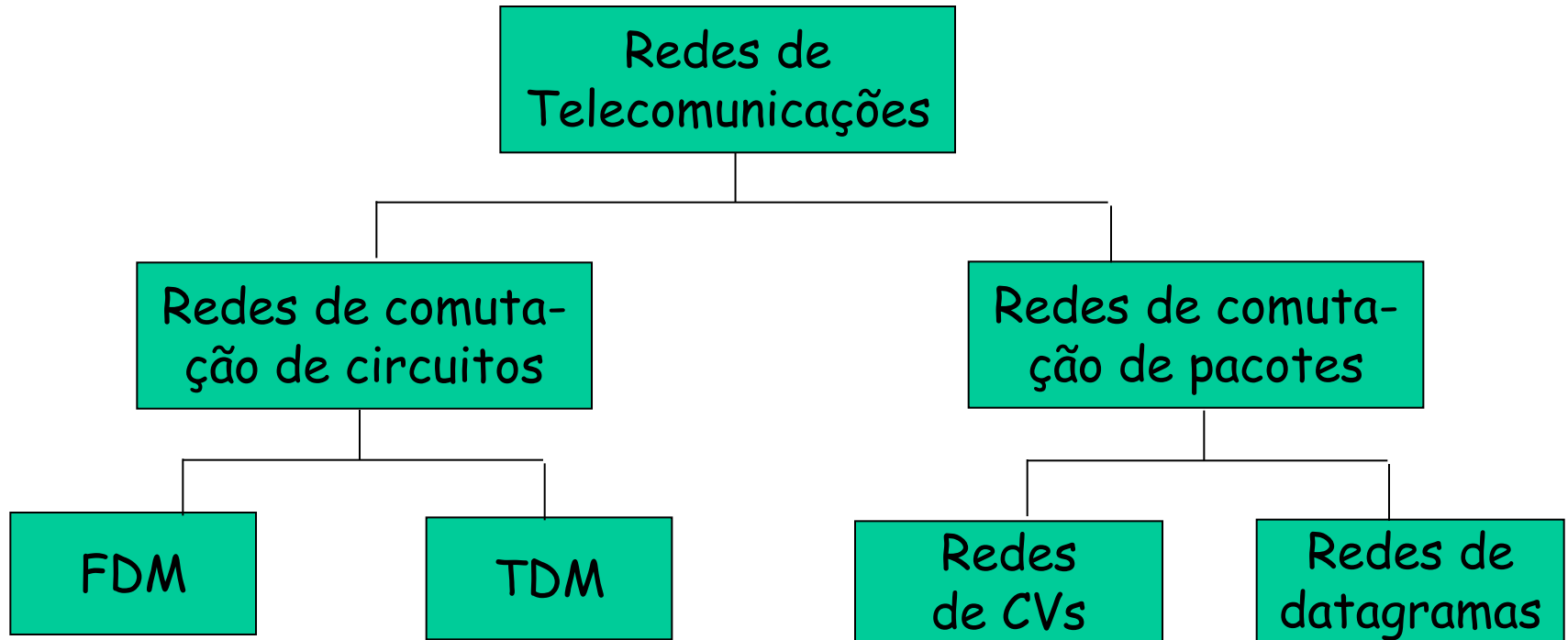


**Comutação
de
Circuitos**

**Comutação
de
Mensagens**

**Comutação
de
Pacotes**

Taxonomia de Redes

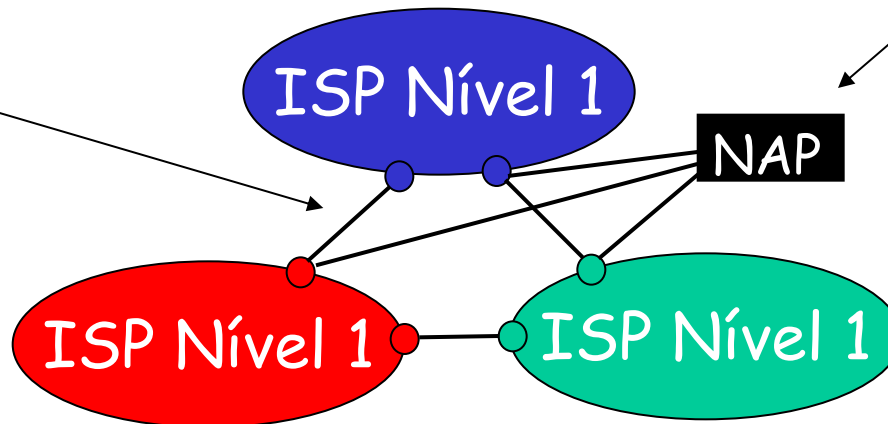


- Uma rede Datagrama é não orientada para conexão.
- A Internet provê tanto serviços orientados a conexão (TCP) quanto não-orientados a conexão (UDP) para as aplicações.

Estrutura da Internet: rede de redes

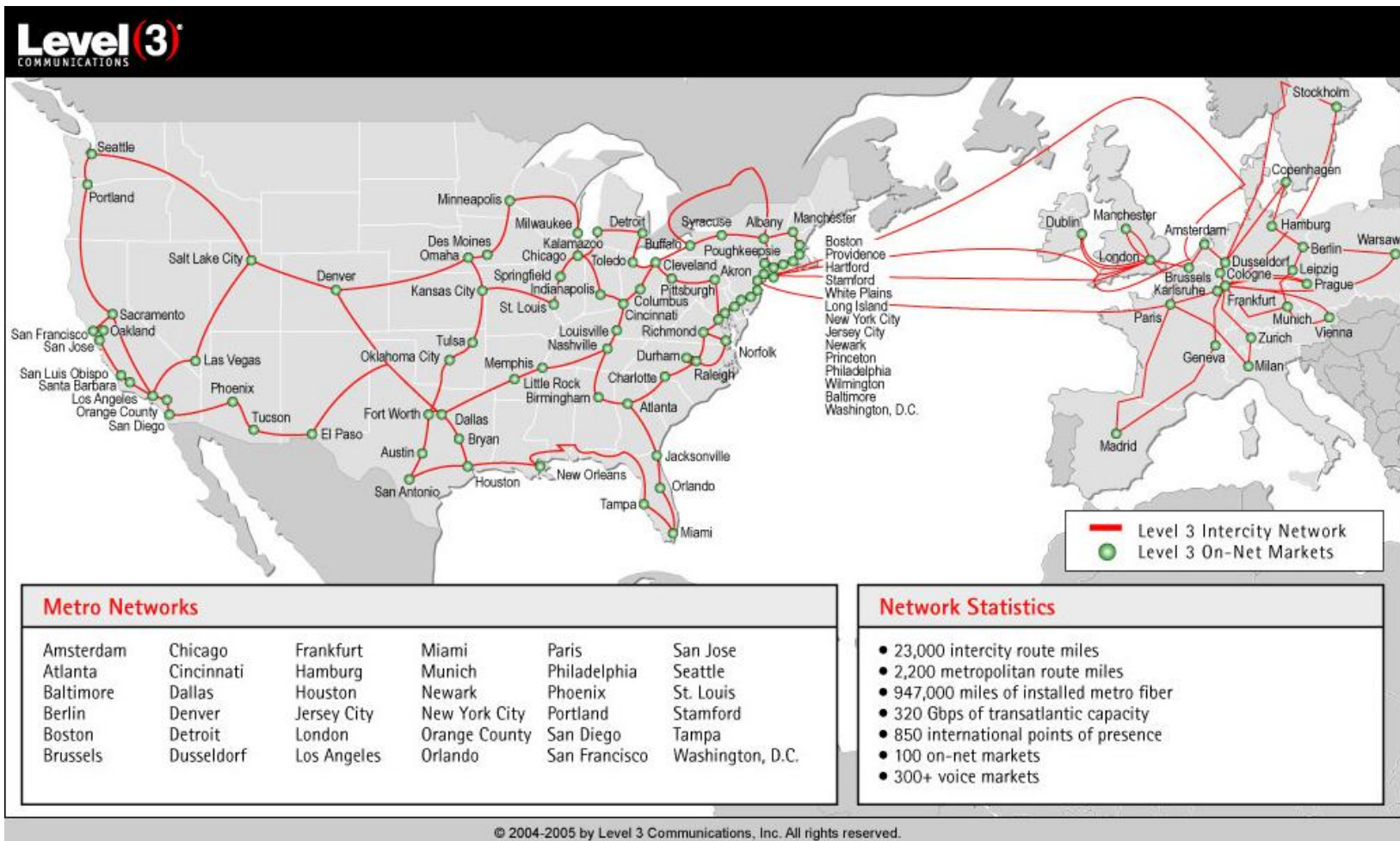
- quase hierárquica
- **No centro: ISPs de "nível-1"** (ex., Sprint, MCI, AT&T, Level3, Qwest, Cable & Wireless), cobertura nacional/internacional
 - trata os demais como iguais

Provedores de Nível-1 se interligam (peer) de forma privada



Provedores de Nível-1 também se interligam em pontos de acesso de rede (NAPs) públicos

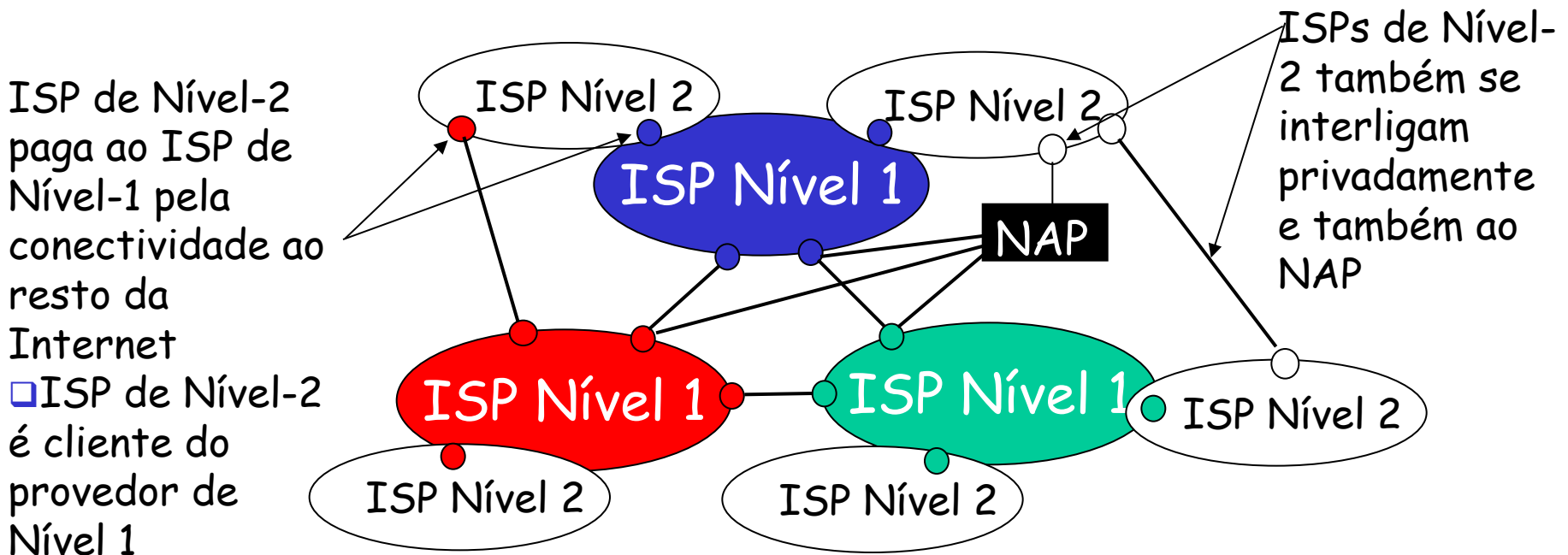
ISP de Nível 1: Level3



© 2004-2005 by Level 3 Communications, Inc. All rights reserved.

Estrutura da Internet: rede de redes

- ISPs de "Nível-2" ISPs: ISPs menores (frequentemente regionais)
 - Conexão a um ou mais ISPs de Nível-1, possivelmente a outros ISPs de Nível-2



Provedor de Backbone Nacional

ex. Embratel

Giga PoPs

CR-RJO
CR-RJO-MKZ
CR-RJO-ARC
CR-SPO-IG
CR-SPO-LP
CR-SPO-MB
CR-CAS
CR-CTA
CR-PAE
CR-SDR
CR-BHE
CR-BSA

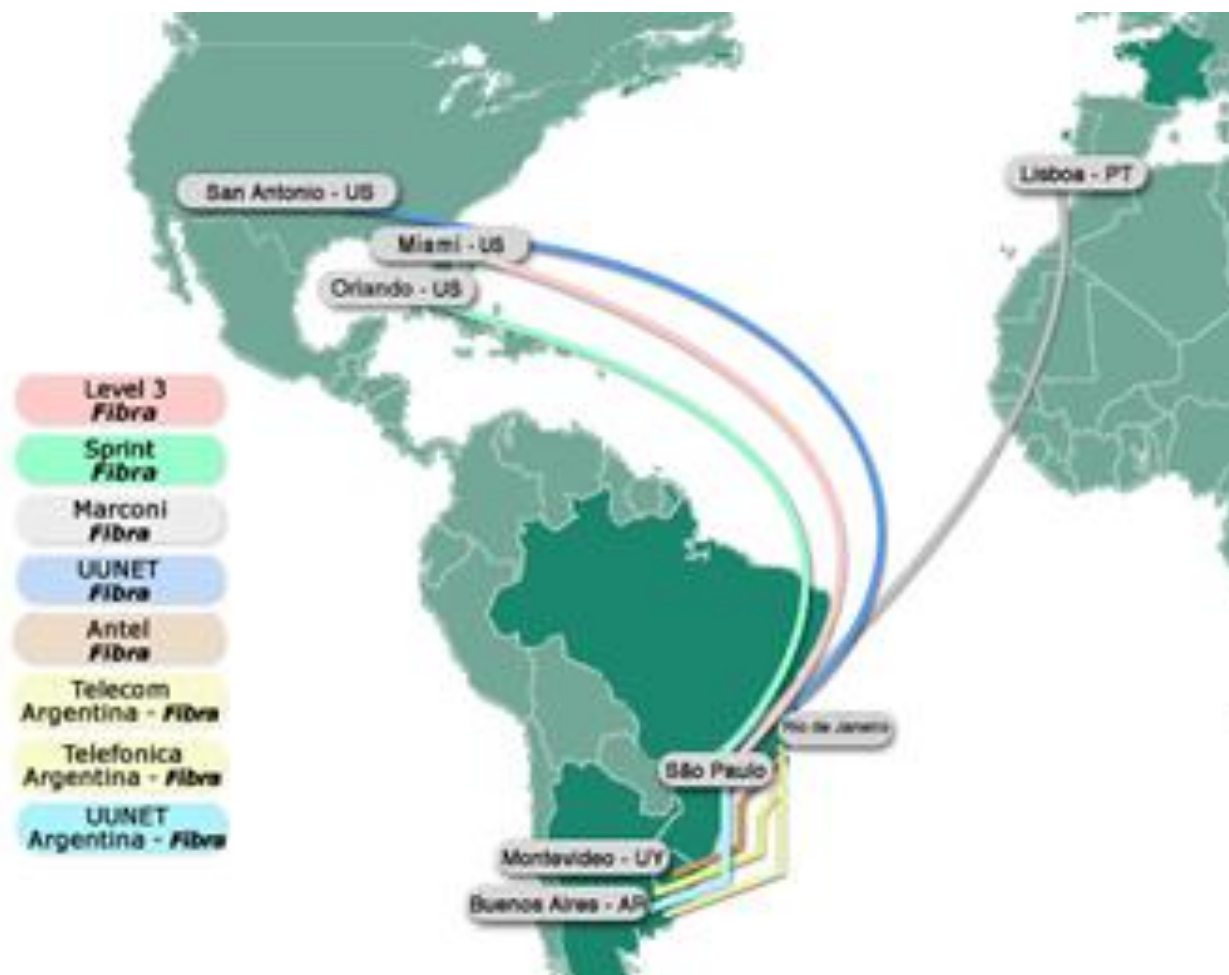
Maior

- * diversidade
- * capacidade
- * qualidade
- * confiabilidade

 ATM 155 Mbps/622 Mbps



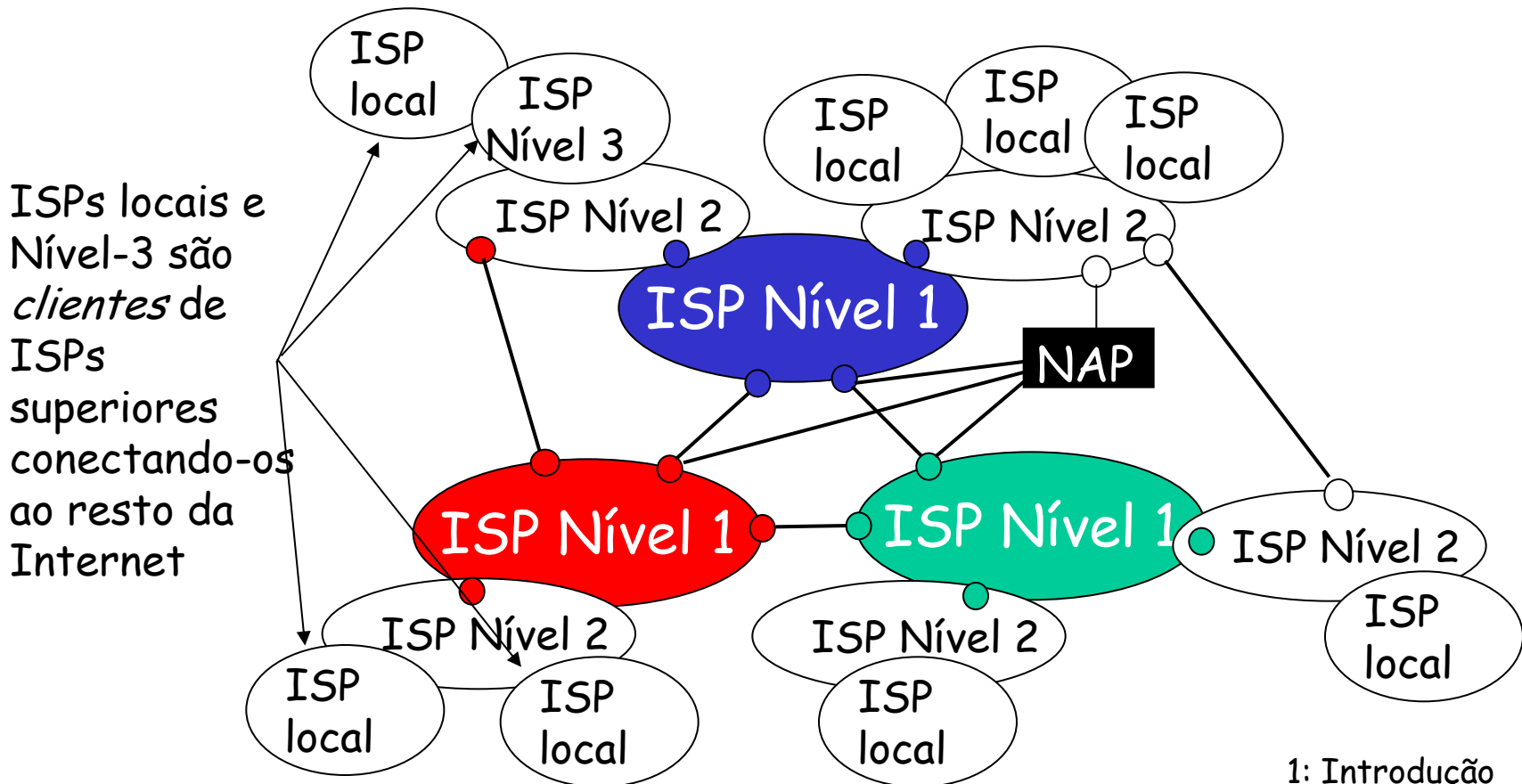
Conexões Internacionais



Estrutura da Internet: rede de redes

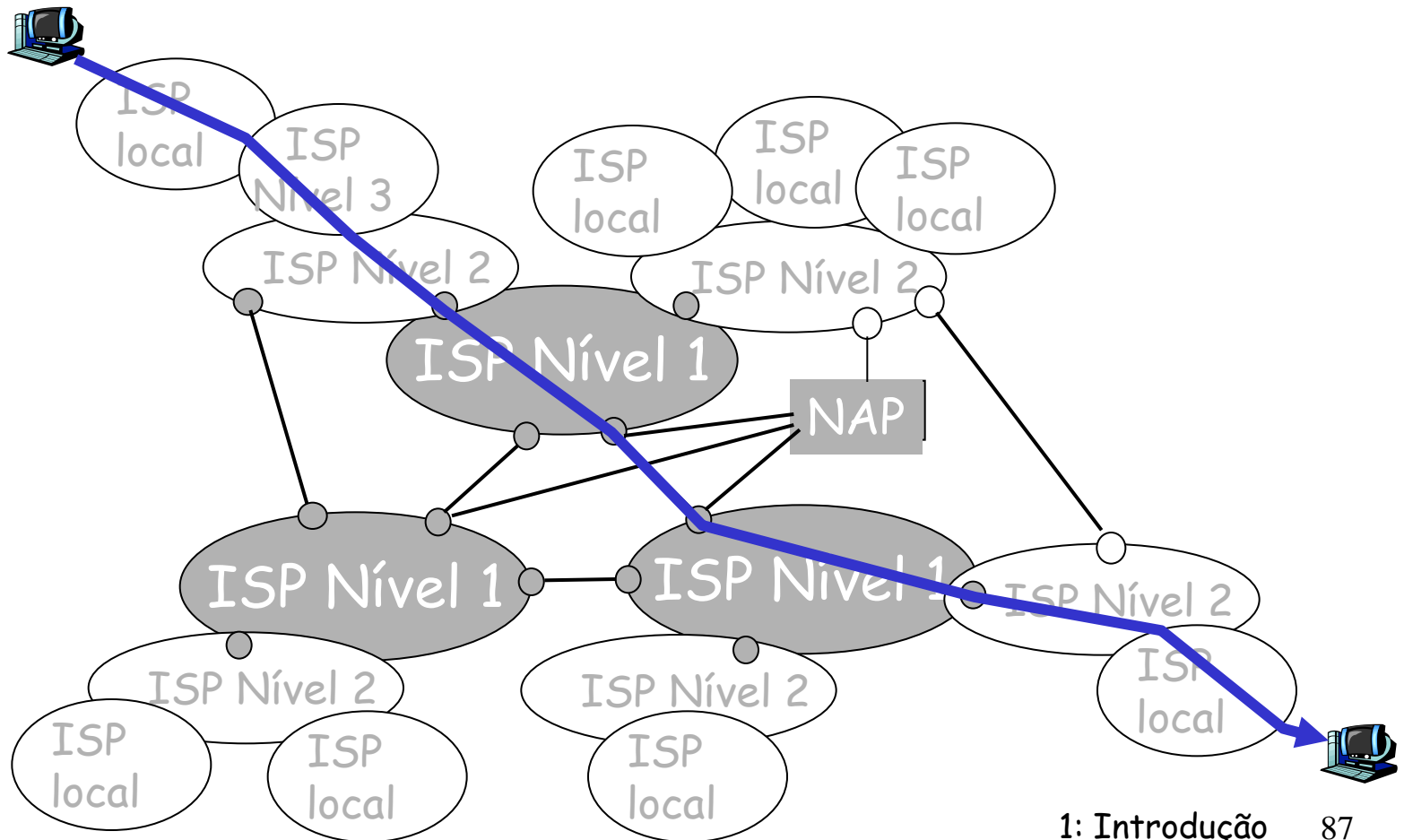
□ ISPs de "Nível-3" e ISPs locais

- rede de última milha ("acesso") (próximo aos sistemas finais)



Estrutura da Internet: rede de redes

- um pacote passa através de diversas redes!



Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

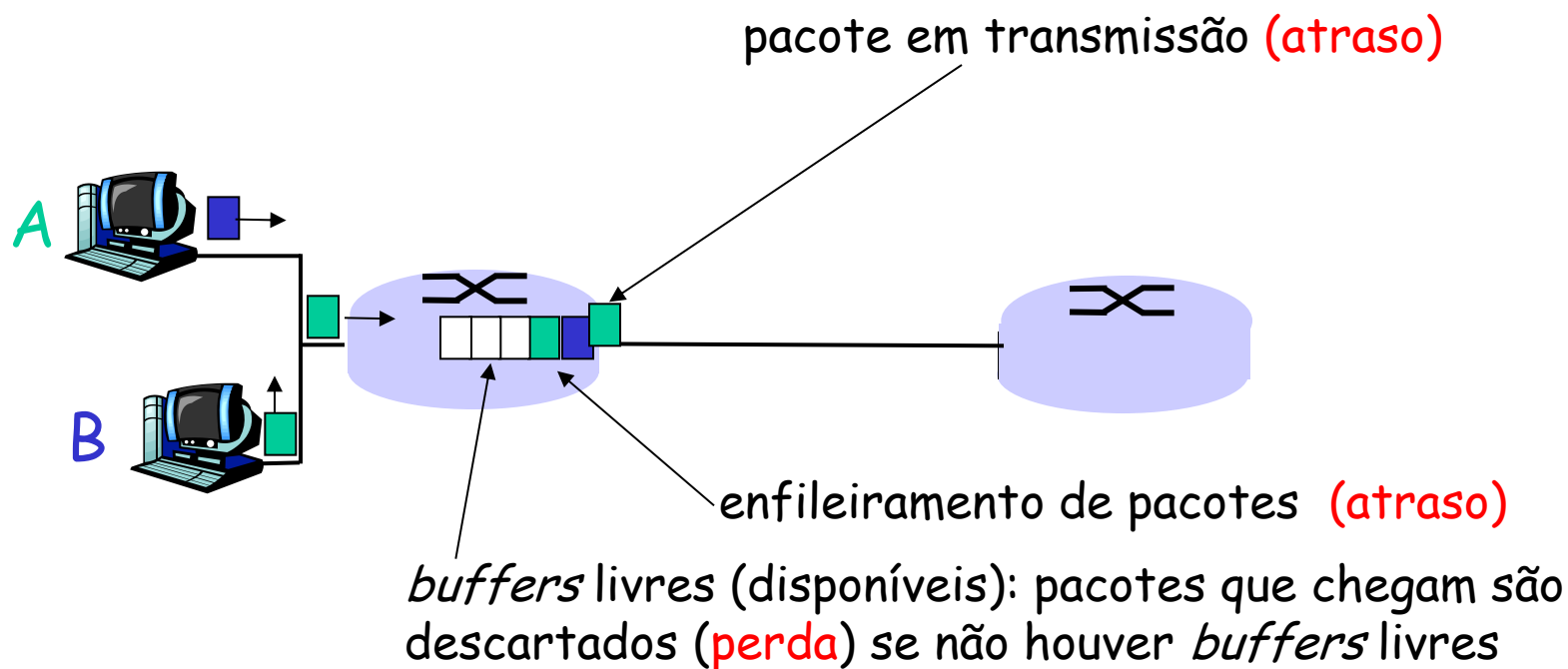
1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

Como ocorrem as perdas e atrasos?

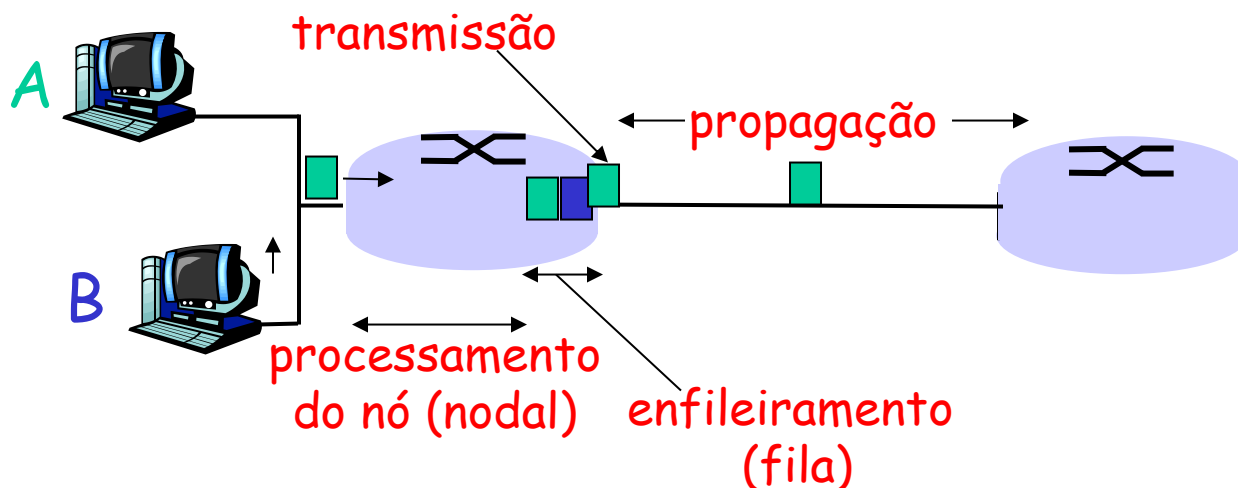
pacotes enfileiram nos buffers do roteador

- ❑ taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do link de saída.
- ❑ pacotes enfileiram, esperam pela vez



Quatro fontes de atraso dos pacotes

- 1. processamento do nó:
 - verificação de bits errados
 - identificação do enlace de saída
 - tipicamente < mseg
- 2. enfileiramento
 - tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
 - depende do nível de congestionamento do roteador



Atraso em redes comutadas por pacotes

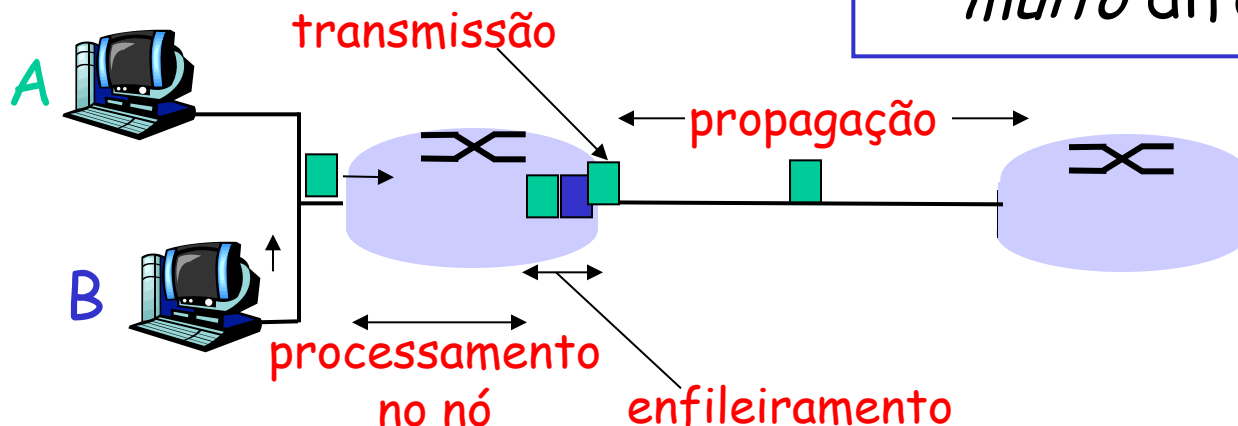
3. Atraso de transmissão:

- ❑ R = largura de banda do enlace (bps)
- ❑ L = compr. do pacote (bits)
- ❑ tempo para enviar os bits no enlace = L/R

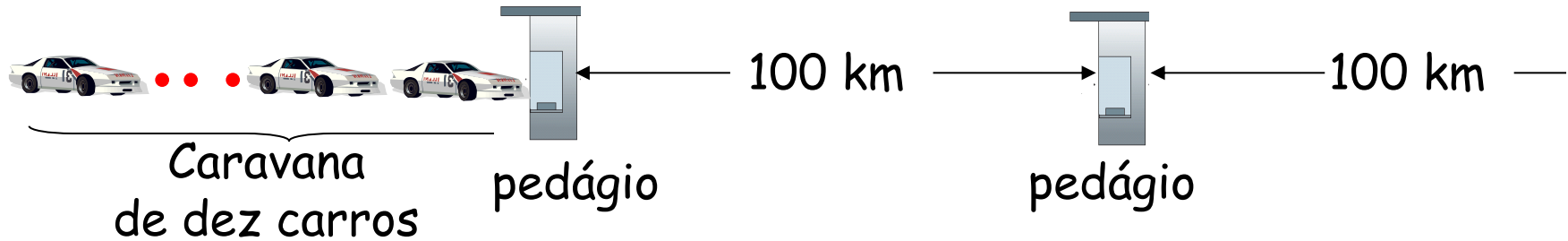
4. Atraso de propagação:

- ❑ d = compr. do enlace
- ❑ s = velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/seg)
- ❑ atraso de propagação = d/s

Nota: s e R são valores muito diferentes!

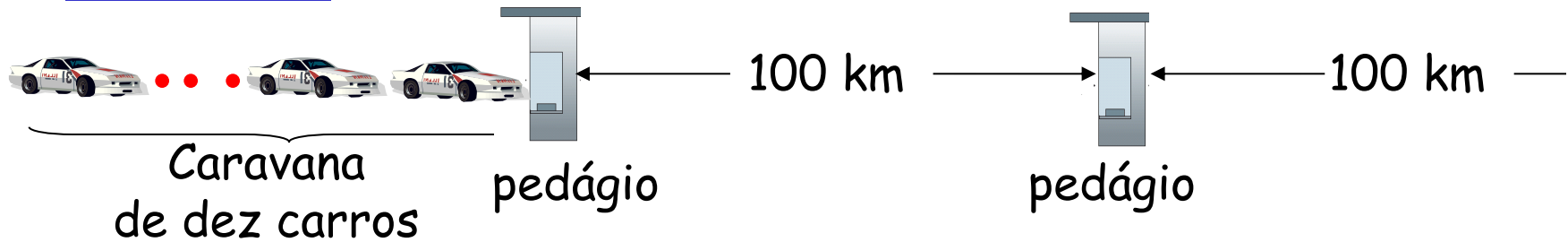


Analogia com uma Caravana



- ❑ Os carros se "propagam" a 100 km/h
- ❑ O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- ❑ carro ~ bit; caravana ~ pacote
- ❑ P: Quanto tempo leva até que a caravana esteja enfileirada antes do segundo pedágio?
- ❑ Tempo para "atravessar" toda a caravana através do pedágio para a estrada = $12 \cdot 10 = 120$ seg
- ❑ Tempo para que o último carro se propaga do primeiro para o segundo pedágio:
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- ❑ R: 62 minutos

Analogia com uma caravana (mais)



- ❑ Os carros agora se "propagam" a 1000 km/h
- ❑ Os pedágios agora levam em torno de 1 min para atender um carro
- ❑ **P: Os carros chegarão ao segundo pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no primeiro pedágio?**

- ❑ **Sim!** Após 7 min, o 1o. Carro chega ao 2o. Pedágio e ainda há 3 carros no 1o. pedágio.
- ❑ **O 1o. bit do pacote pode chegar ao 2o. Roteador antes que o pacote tenha sido totalmente transmitido no 1o. roteador!**
 - Veja o applet Ethernet no site da AWL

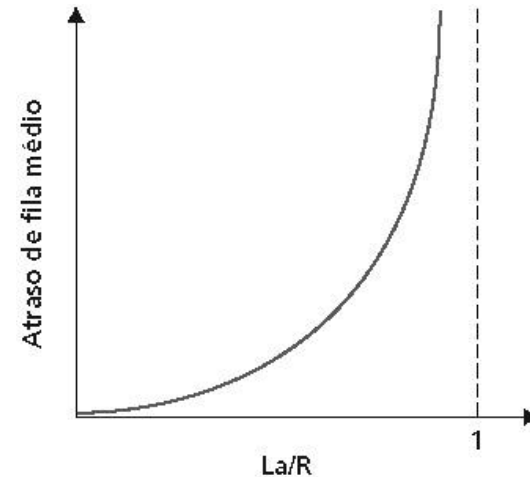
Atraso por nó

$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{fila}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- ❑ d_{proc} = atraso de processamento
 - tipicamente de poucos microsecs ou menos
- ❑ d_{fila} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- ❑ d_{trans} = atraso de transmissão
 - = L/R , significativo para canais de baixa velocidade
- ❑ d_{prop} = atraso de propagação
 - poucos microsecs a centenas de msecs

Atraso de enfileiramento

- R = largura de banda do enlace (bps)
- L = compr. do pacote (bits)
- a = taxa média de chegada de pacotes



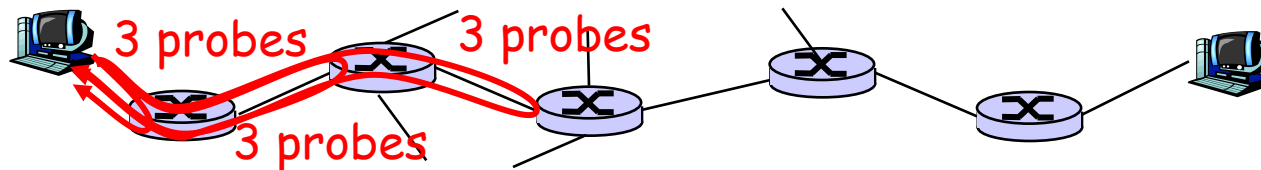
intensidade de tráfego = La/R

- $La/R \sim 0$: pequeno atraso de enfileiramento
- $La/R \rightarrow 1$: grande atraso
- $La/R > 1$: chega mais "trabalho" do que a capacidade de atendimento, atraso médio infinito!



Atrasos e rotas "reais" da Internet


- ❑ Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- ❑ **Programa Traceroute**: fornece medições de atraso da fonte até os diversos roteadores ao longo do caminho fim-a-fim até o destino. Para cada i :
 - Envia três pacotes que alcançarão o roteador i no caminho até o destino.
 - O roteador i devolverá os pacotes ao transmissor
 - O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta.



Atrasos e rotas "reais"

traceroute: gaia.cs.umass.edu para www.eurocom.fr

Três medições de atraso de
gaia.cs.umass.edu p/cs-gw.cs.umass.edu



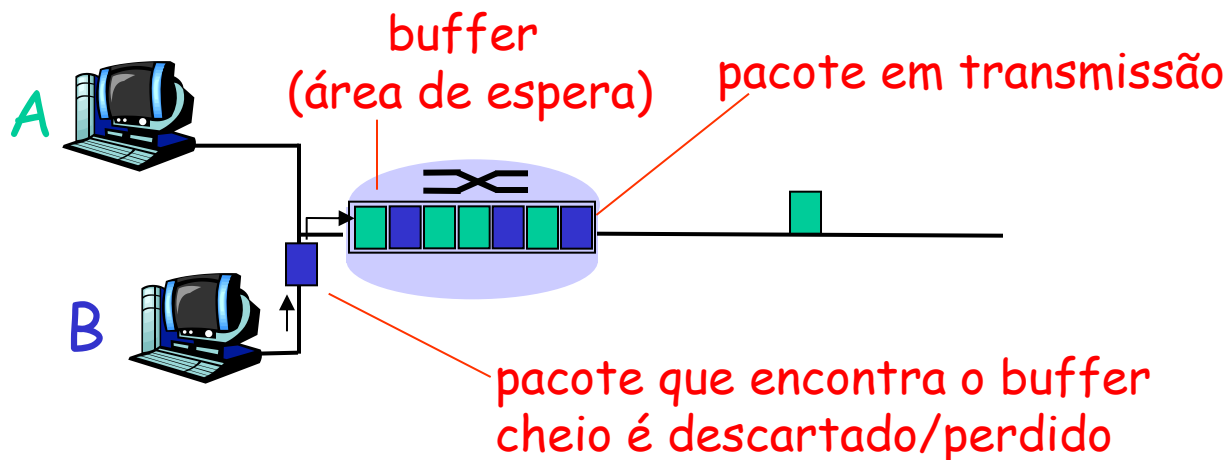
```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
```

link trans-
oceânico

* sem resposta (pacote perdido, roteador não responde)

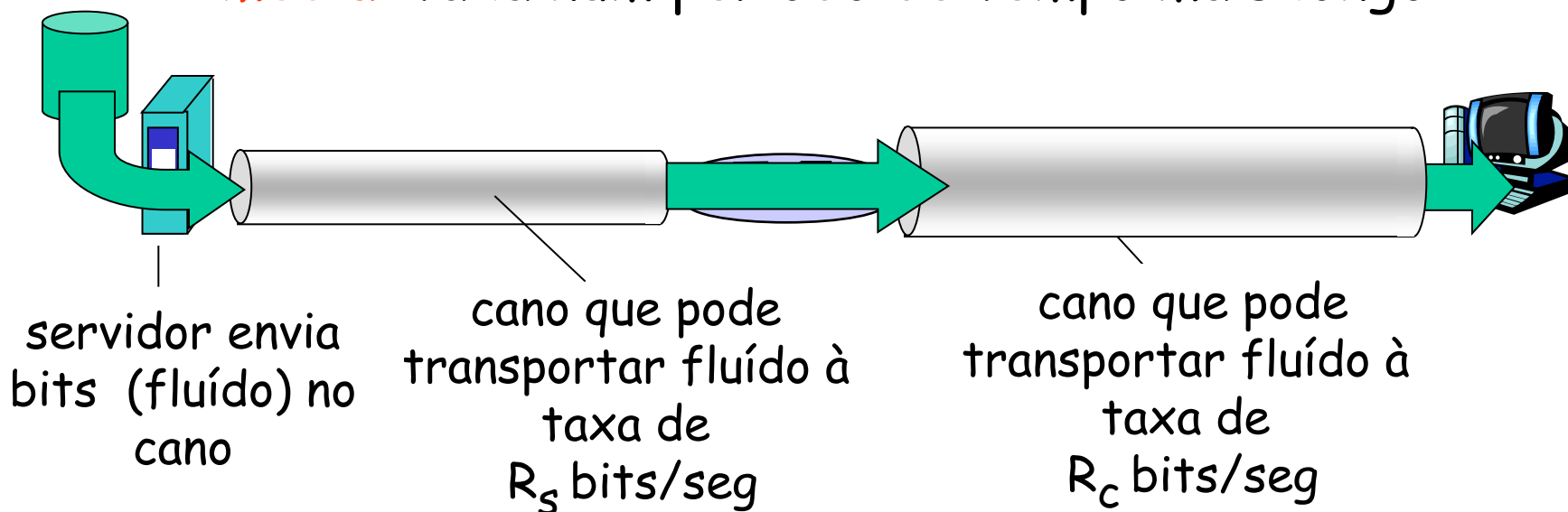
Perda de pacotes

- ❑ fila (buffer) anterior a um canal possui capacidade finita
- ❑ quando um pacote chega numa fila cheia, o pacote é descartado (perdido)
- ❑ o pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema origem, ou não ser retransmitido



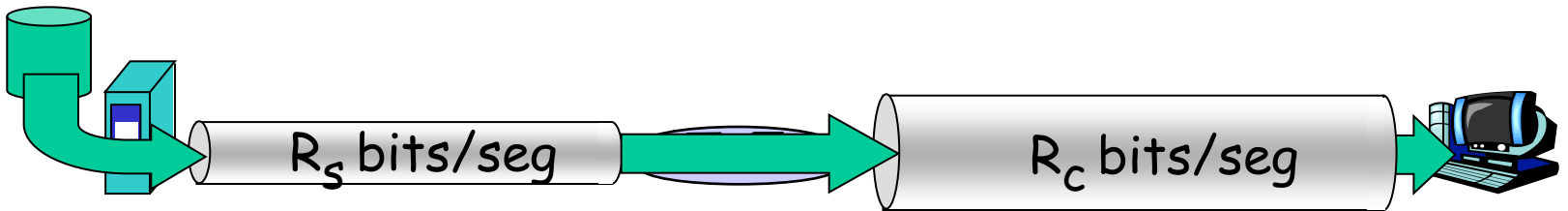
Vazão (Throughput)

- **vazão**: taxa (bits/unidade de tempo) na qual os bits são transferidos entre o transmissor e o receptor
 - **instantânea**: taxa num certo instante de tempo
 - **média**: taxa num período de tempo mais longo

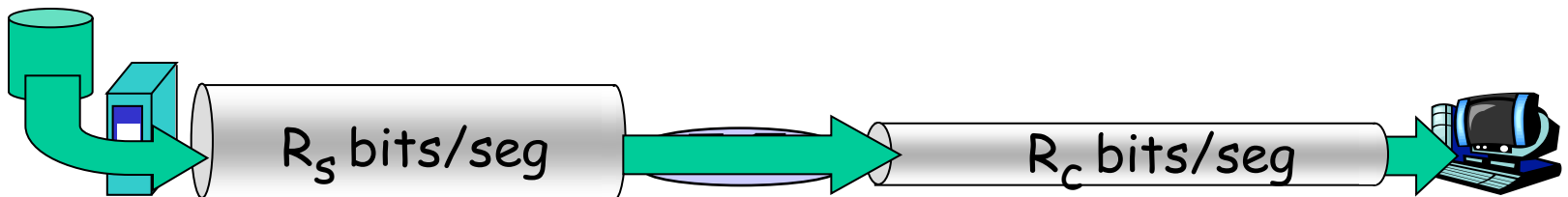


Vazão (mais)

- $R_s < R_c$ Qual é a vazão média fim-a-fim?



- $R_s > R_c$ Qual é a vazão média fim-a-fim?

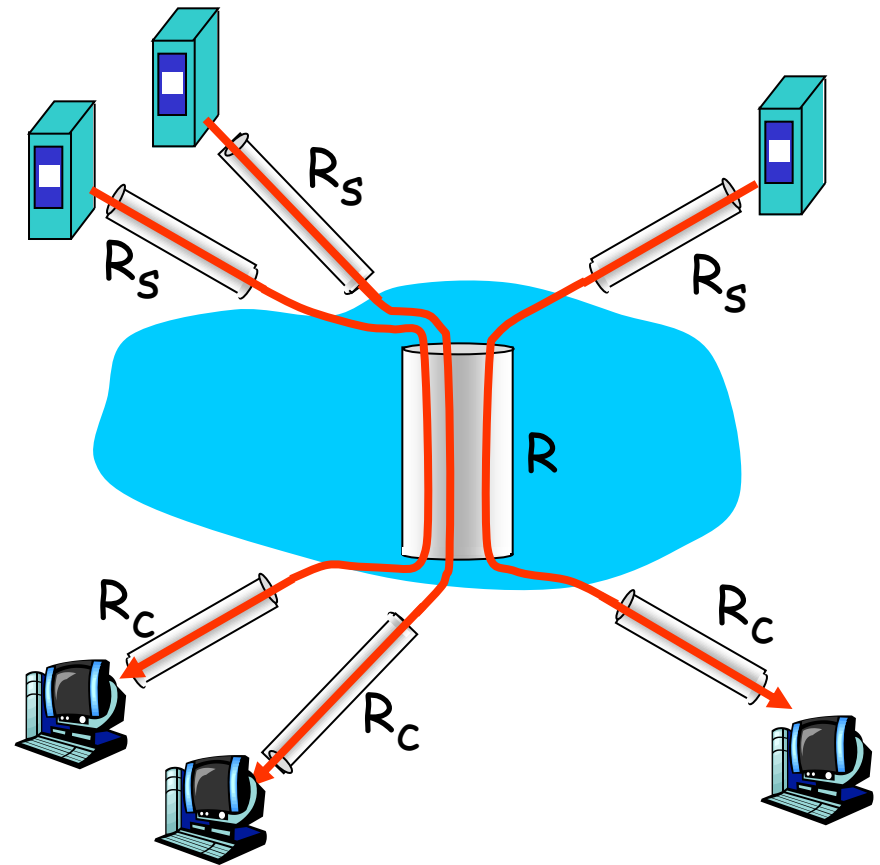


Enlace gargalo

link no caminho fim-a-fim que restringe a vazão fim-a-fim

Vazão: cenário da Internet

- vazão por conexão fim-a-fim:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- na prática: R_c ou R_s são frequentemente o gargalo



10 conexões compartilham (de modo justo) o enlace gargalo do *backbone* de R bits/seg

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

"Camadas" de Protocolos

As redes são complexas!

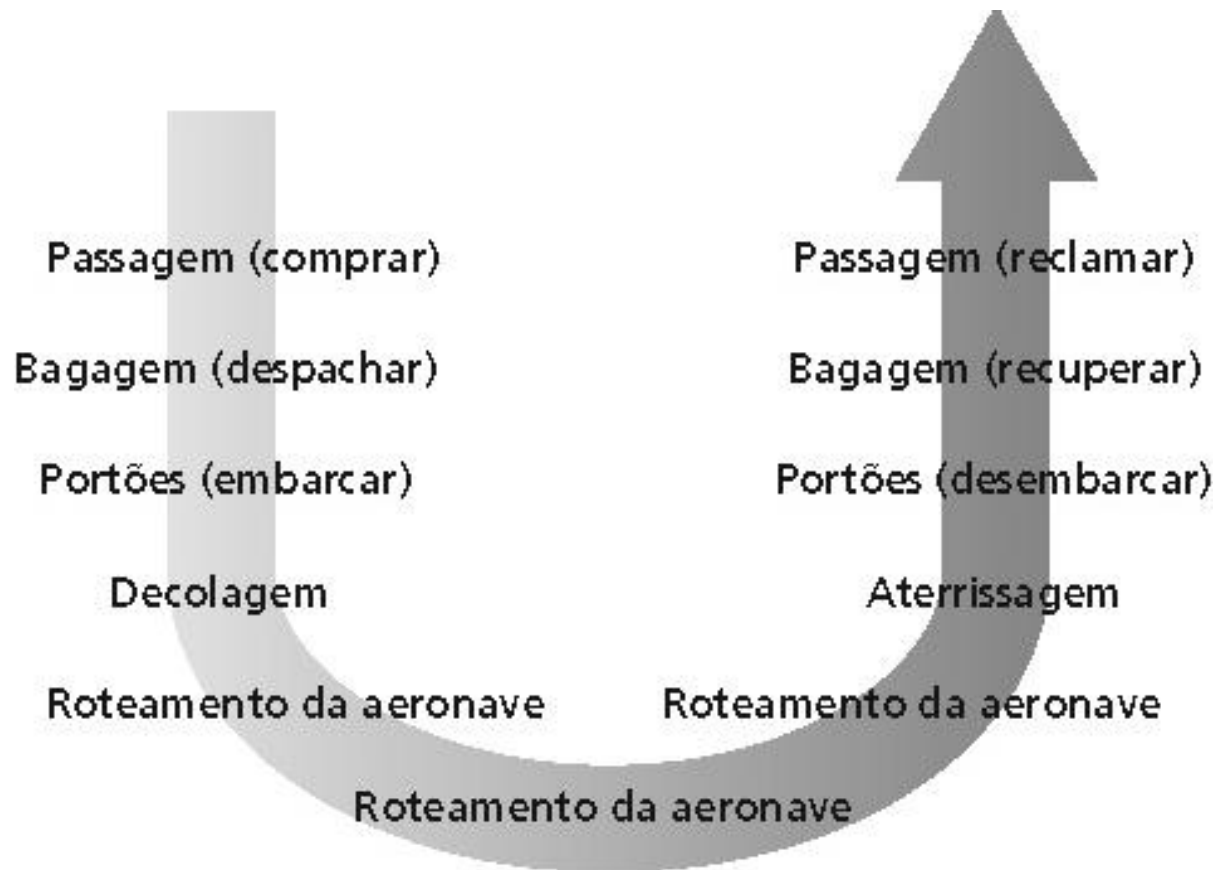
- muitos "pedaços":
 - hosts
 - roteadores
 - enlaces de diversos meios
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Pergunta:

Há alguma esperança em conseguirmos *organizar* a estrutura da rede?

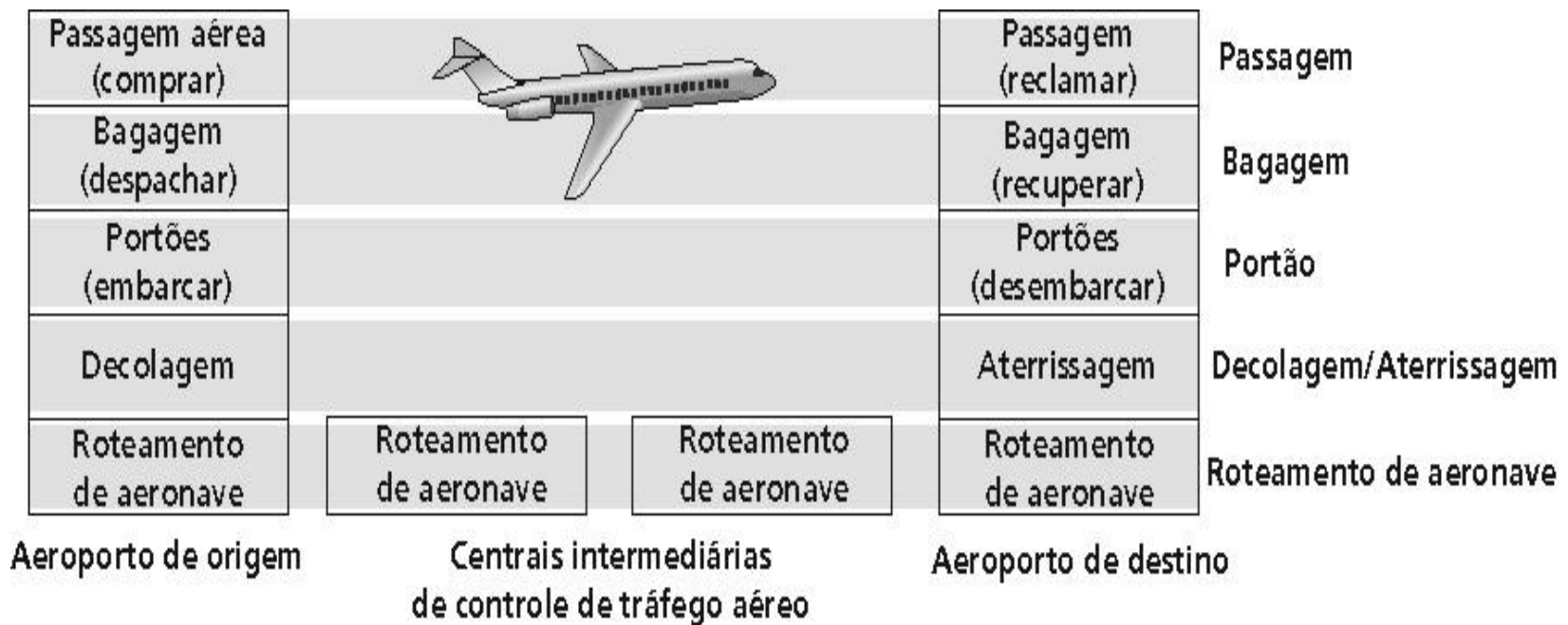
Ou pelo menos a nossa discussão sobre redes?

Organização de uma viagem aérea



- Uma série de passos/ações

Funcionalidade de uma linha aérea em camadas



Camadas: cada camada implementa um serviço

- através de ações internas à camada
- depende dos serviços providos pela camada inferior

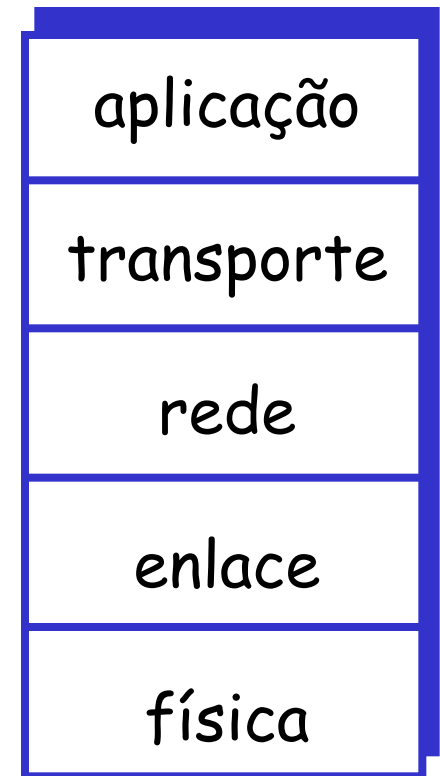
Por que dividir em camadas?

Lidar com sistemas complexos:

- ❑ estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
 - **modelo de referência** em camadas para discussão
- ❑ modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
 - mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema
 - ex., mudança no procedimento no portão não afeta o resto do sistema
- ❑ divisão em camadas é considerada prejudicial?

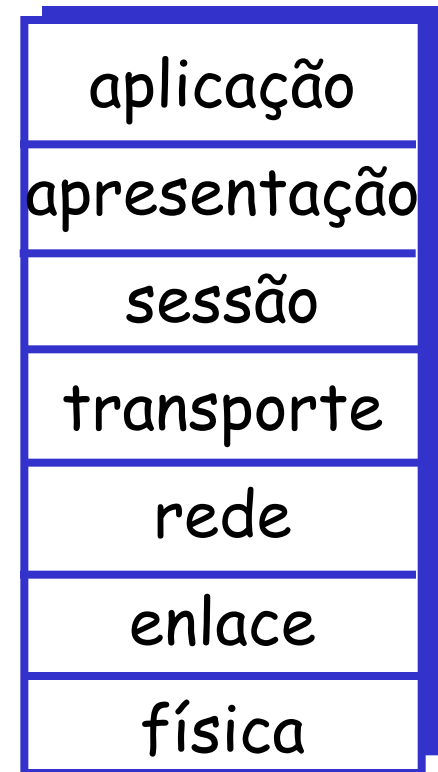
Pilha de protocolos Internet

- ❑ **aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **transporte:** transferência de dados processo a processo
 - TCP, UDP
- ❑ **rede:** repasse (encaminhamento) de datagramas da origem até o destino
 - IP, protocolos de roteamento
- ❑ **enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - PPP, Ethernet, 802.11
- ❑ **física:** bits "no fio"



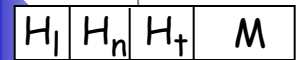
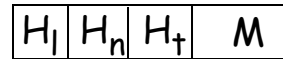
Modelo de referência ISO/OSI

- **apresentação**: permite às aplicações interpretar o significado dos dados, ex., cifragem, compressão, convenções específicas de máquina
- **sessão**: sincronização, verificação, recuperação da troca de dados
- a pilha Internet não contém estas camadas!
 - estes serviços, *caso necessários*, devem ser implementados na aplicação
 - eles são necessários?



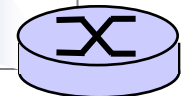
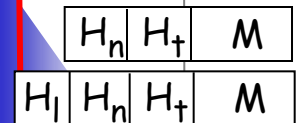
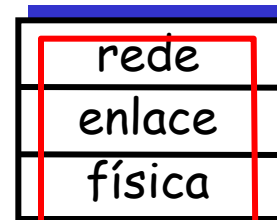
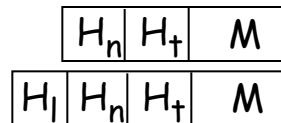
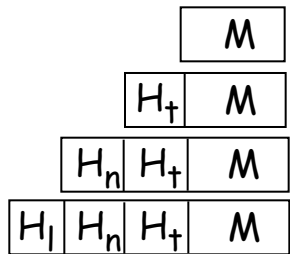
Encapsulamento

origem



switch

destino



roteador

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

Segurança de Redes

- ❑ O campo de segurança de redes lida com:
 - como os vilões podem atacar as redes
 - como podemos defender as redes contra ataques
 - como projetar arquiteturas que sejam imunes a ataques

- ❑ A Internet não foi projetada inicialmente com (muita) segurança em mente
 - *visão original*: “um grupo de usuários mutuamente confiáveis conectados a uma rede transparente 😊
 - Projetistas dos protocolos Internet estão “correndo atrás do prejuízo”
 - Considerações sobre segurança em todas as camadas!

Os vilões podem colocar *malware* no seu hospedeiro através da Internet

- ❑ O *Malware* pode entrar nos hospedeiros através de *vírus*, *worms*, ou *cavalo de Troia*.
- ❑ *Spyware* pode registrar teclas digitadas, sítios web visitados, carregar informações para sítio de coleta.
- ❑ Hospedeiro infectado podem ser incluídos numa *botnet*, usada para gerar spams e ataques DDoS.
- ❑ *Malware* é frequentemente *autoreprodutor*: cada hospedeiro invadido procura invadir novos hospedeiros.

Os vilões podem colocar *malware* no seu hospedeiro através da Internet

☐ *Cavalo de Troia*

- Parte escondida em algum programa útil
- Hoje é encontrado frequentemente em páginas Web (Active-X, plugin)

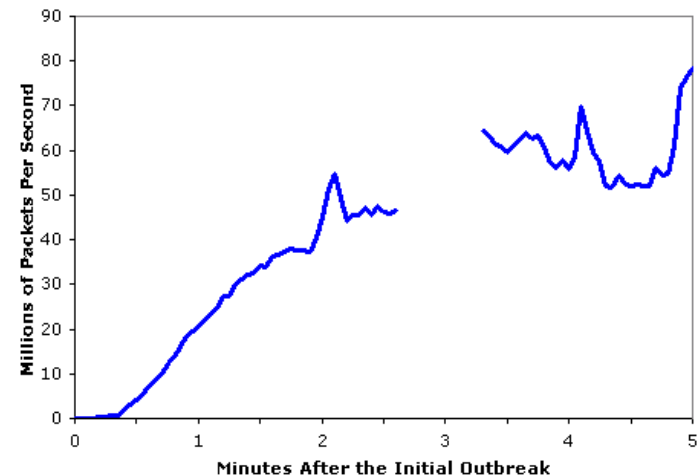
☐ *Vírus*

- Infecção pela execução ativa de objetos recebidos (ex., anexo de e-mail).
- autoreprodutor: propaga-se para outros hospedeiros, usuários

☐ *Worm:*

- ❖ infecção através da recepção passiva de objetos que são executados
- ❖ autoreprodutor: propaga-se para outros hospedeiros, usuários

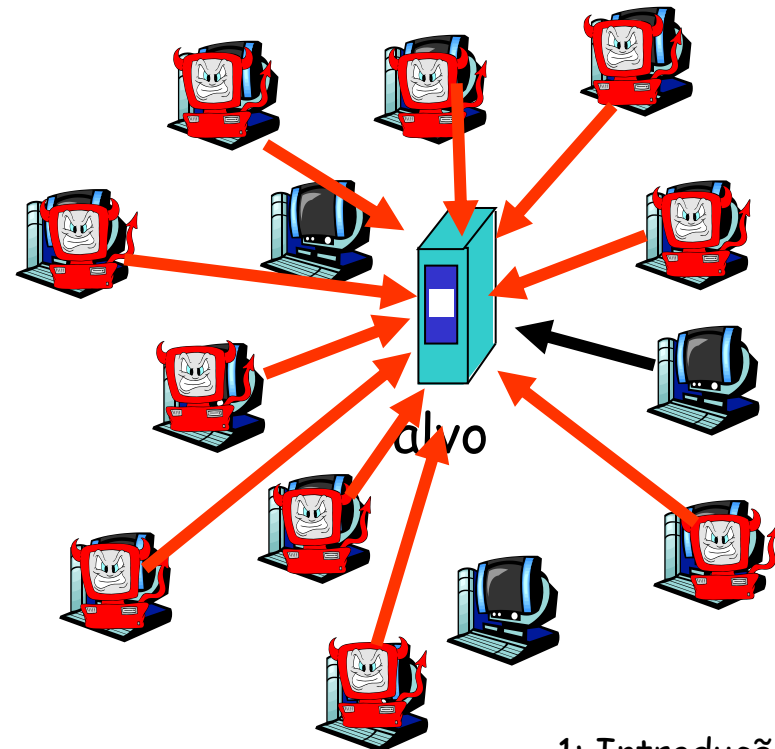
Sapphire Worm: taxa agregada de scans/seg nos primeiros 5 minutos do surto (CAIDA, UWisc data)



Ataque a servidores e à infraestrutura da rede

- *Negação de serviço (DoS)*: atacantes deixam os recursos (servidor, banda) indisponíveis para o tráfego legítimo sobrecarregando o recurso com tráfego falso

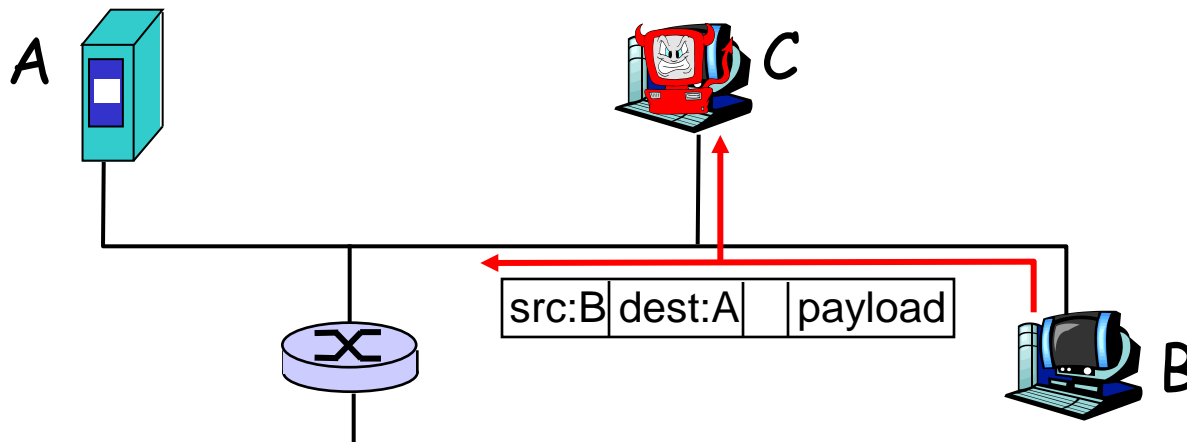
1. seleciona o alvo
2. Invade hospedeiros na rede (vide botnet)
3. envia pacotes para o alvo a partir de hospedeiros invadidos



Os vilões podem analisar pacotes

Analísadores (farejadores) de pacotes:

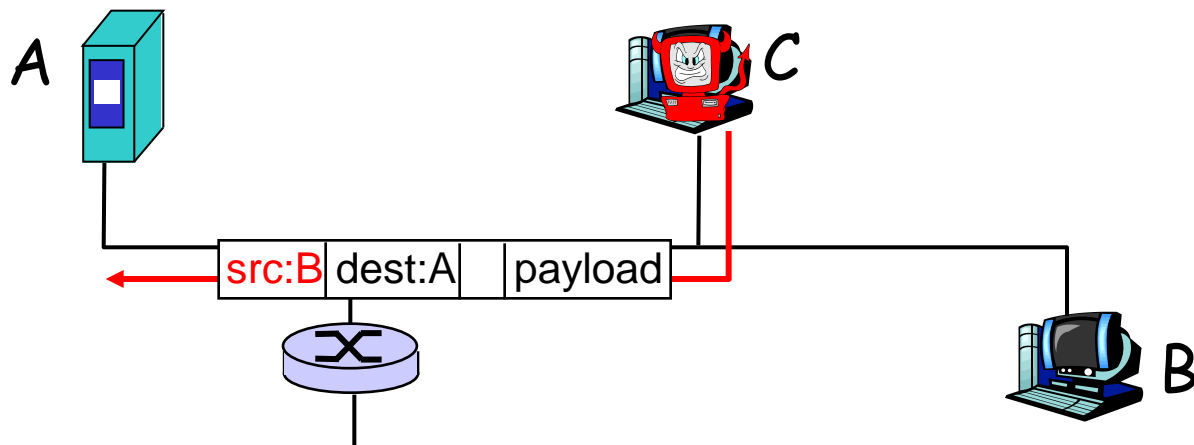
- meios de difusão (Ethernet compartilhado, sem fio)
- interface promíscua de rede lê/registra todos os pacotes que passam (incluindo senhas!)



- ❖ O programa Wireshark usado para os laboratórios no final do capítulo é um analisador grátis de pacotes

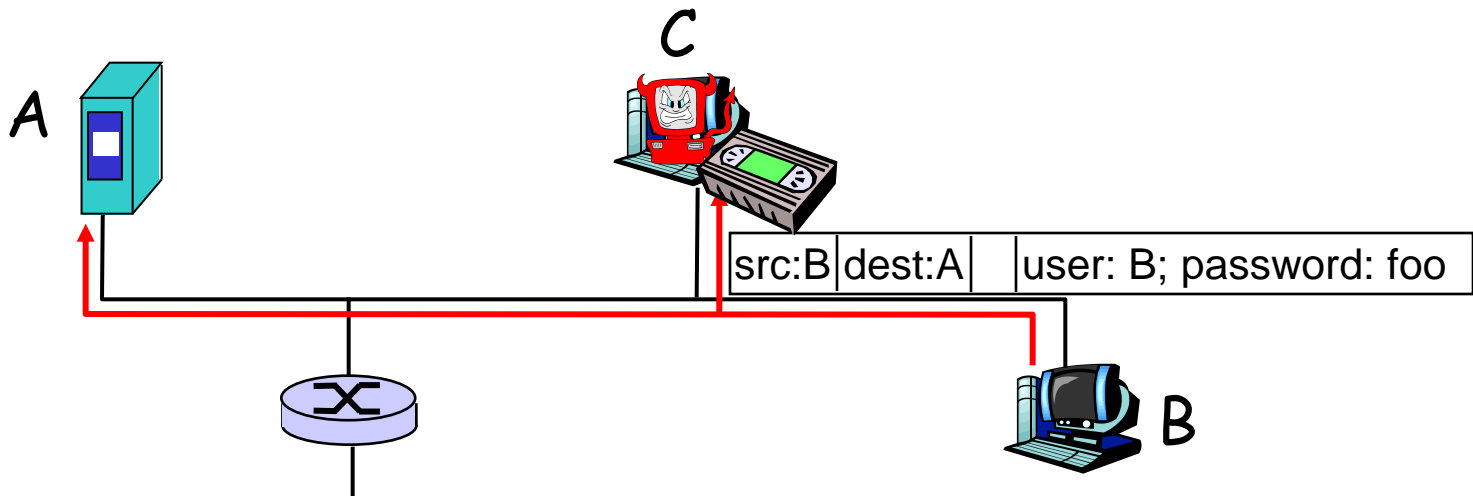
Os vilões podem se passar por alguém de sua confiança

- *Imitação (spoofing) de pacotes IP*: envia pacotes com endereços origem falsos



Os vilões podem alterar ou excluir mensagens

- *gravar e reproduzir*: copia informações confidenciais (ex., senha), para usar posteriormente
 - o possuidor da senha é aquele usuário do ponto de vista do sistema



Segurança de Rede

- ❑ Mais ao longo do curso
- ❑ Capítulo 8: foco em segurança
- ❑ técnicas de criptografia: usos óbvios e usos não tão óbvios

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

História da Internet

1961-1972: Estréia da comutação de pacotes

- ❑ 1961: Kleinrock - teoria das filas demonstra eficiência da comutação por pacotes
- ❑ 1964: Baran - comutação de pacotes em redes militares
- ❑ 1967: concepção da ARPAnet pela ARPA (*Advanced Research Projects Agency*)
- ❑ 1969: entra em operação o primeiro nó da ARPAnet

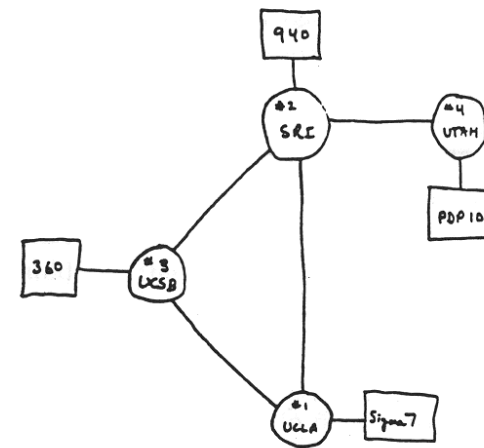


História da Internet

1961-1972: Estréia da comutação de pacotes

□ 1972:

- demonstração pública da ARPAnet
- NCP (*Network Control Protocol*) primeiro protocolo host-host
- primeiro programa de e-mail
- ARPAnet com 15 nós



THE ARPA NETWORK

História da Internet

1972-1980: Interconexão de redes novas e proprietárias

- ❑ 1970: rede de satélite ALOHAnet no Havaí
- ❑ 1974: Cerf e Kahn - arquitetura para a interconexão de redes
- ❑ 1976: Ethernet no XEROX PARC
- ❑ fim dos anos 70: arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- ❑ fim dos anos 70: comutação de pacotes de comprimento fixo (precursor do ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet com 200 nós

Princípios de interconexão de Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia - não é necessária nenhuma mudança interna para interconectar redes
- modelo de serviço *best effort*
- roteadores sem estados
- controle descentralizado

definem a arquitetura atual da Internet

História da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- ❑ 1983: implantação do TCP/IP
- ❑ 1982: definição do protocolo SMTP para e-mail
- ❑ 1983: definição do DNS para tradução de nome para endereço IP
- ❑ 1985: definição do protocolo FTP
- ❑ 1988: controle de congestionamento do TCP
- ❑ novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100.000 hosts conectados numa confederação de redes

História da Internet

Anos 90 e 2000: comercialização, a Web, novas aplicações

- ❑ início dos anos 90: ARPAnet desativada
- ❑ 1991: NSF remove restrições ao uso comercial da NSFnet (desativada em 1995)
- ❑ início dos anos 90 : Web
 - hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, posteriormente Netscape
 - fim dos anos 90: comercialização da Web

Final dos anos 90-00:

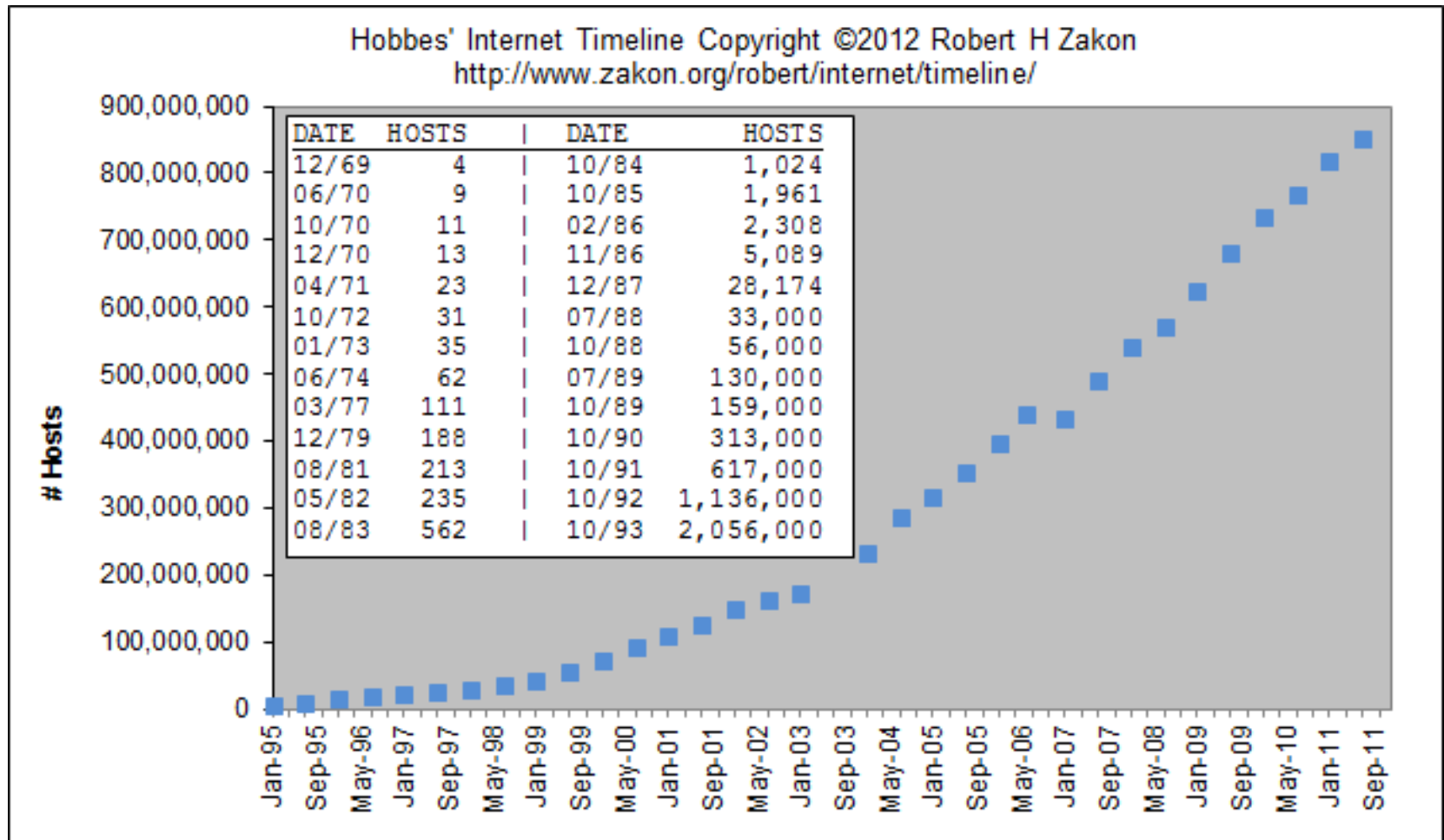
- ❑ novas aplicações: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P
- ❑ preocupação com a segurança de redes
- ❑ est. 50 milhões de computadores na Internet
- ❑ est. mais de 100 milhões de usuários
- ❑ enlaces de backbone a Gbps

História da Internet

A partir de 2005:

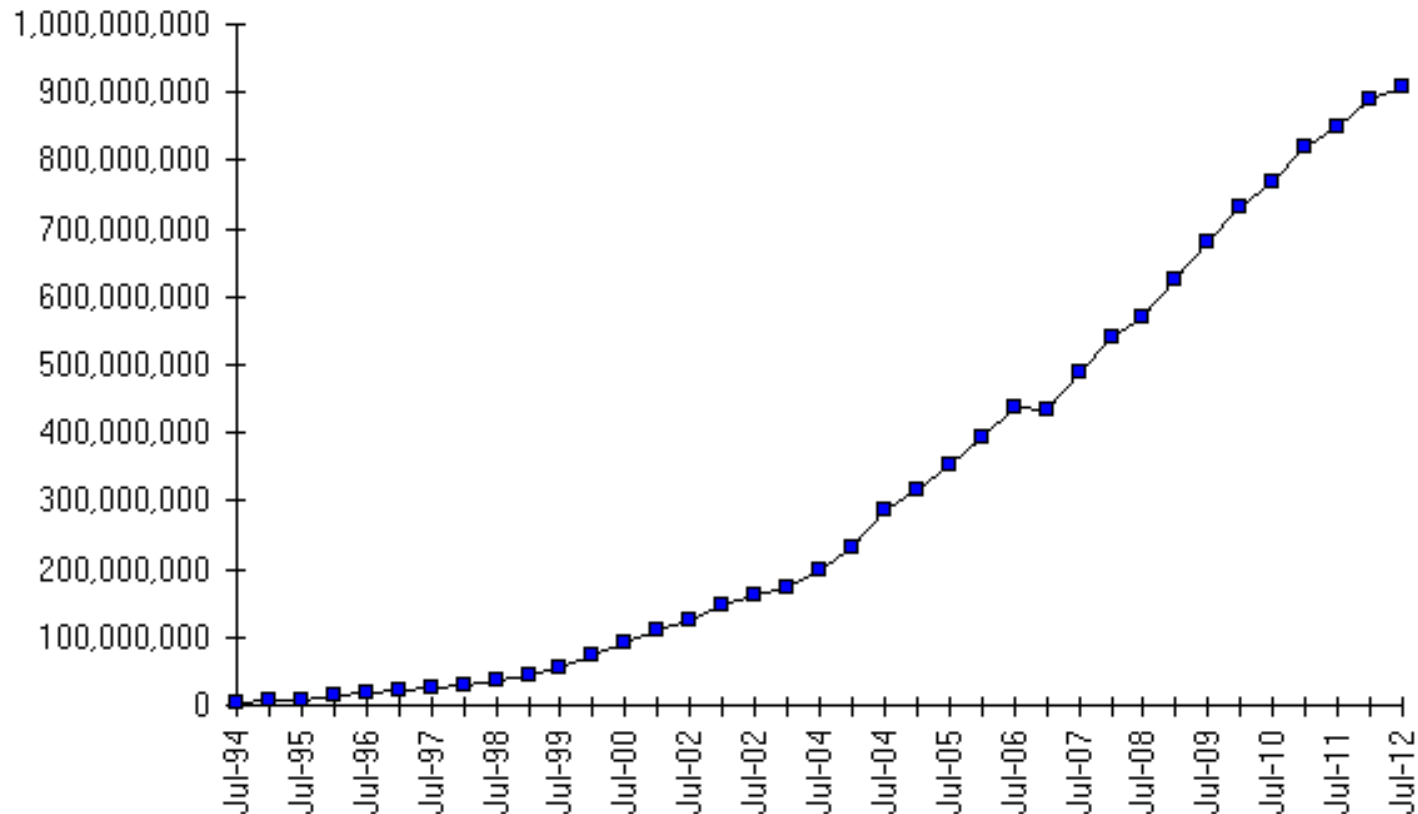
- ❑ ~750 milhões de hospedeiros
 - *Smartphones e tablets*
- ❑ Implantação agressiva de acesso de banda larga
- ❑ Crescente ubiquidade de acessos sem fio de alta velocidade
- ❑ Surgimento das redes sociais
 - Facebook: prestes a alcançar um bilhão de usuários
- ❑ Provedores de serviço (Google, Microsoft) criam suas próprias redes
 - Evitam a Internet, fornecendo acesso "instantâneo" a buscas, e-mails, etc.
- ❑ Comércio Eletrônico, universidades e empresas rodando serviços na "nuvem" (ex., Amazon EC2)

Evolução do Número de Hosts



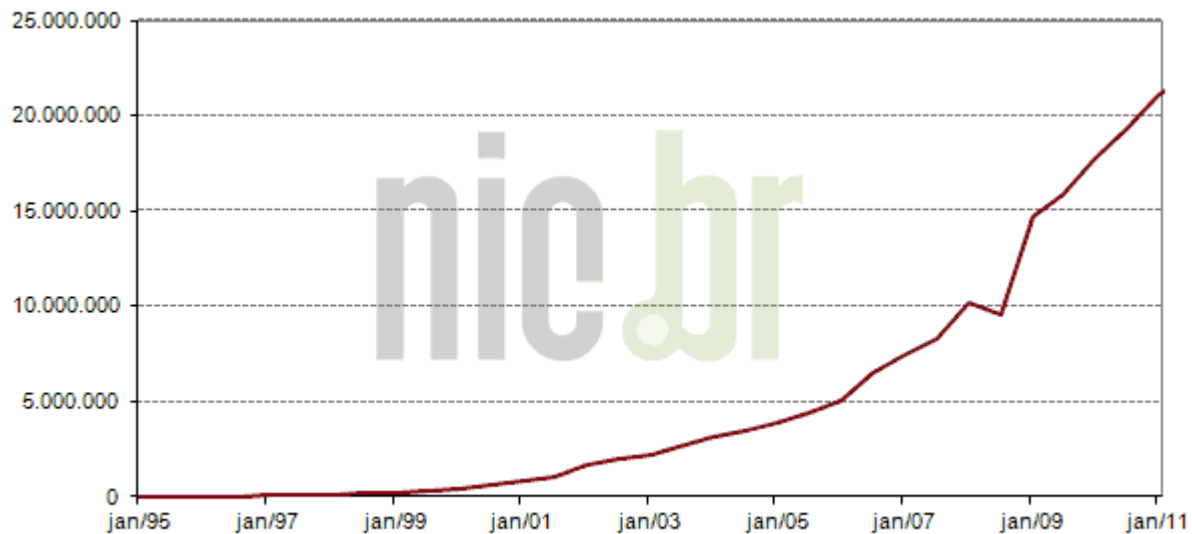
Evolução do Número de Hosts

Internet Domain Survey Host Count



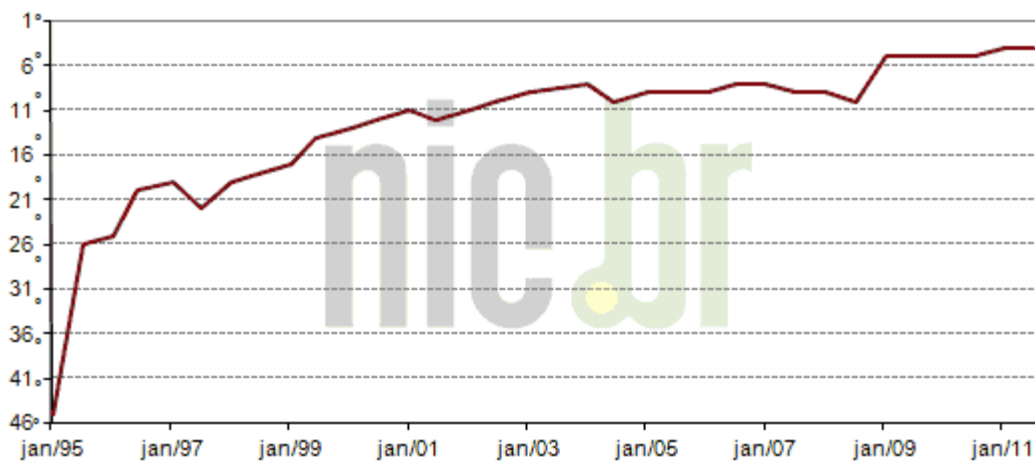
Source: Internet Systems Consortium (www.isc.org)

Internet/BR



Número de Hosts

Posição Relativa



Internet/BR

- ❑ A Rede Nacional de Pesquisa (RNP) teve início em 1989.
- ❑ Aberta para uso comercial em 1994

- ❑ Posição absoluta (7/11)
 - Número de hosts: 22.212.190
 - 4o do Mundo
- ❑ IBOPE/NetRatings (1/12):
 - 39 Milhões de Internautas residenciais ativos
 - 35:58 hs de tempo médio mensal de horas navegadas por internauta ativo

Fonte: www.cetic.br

Introdução: Resumo

Foi coberta uma tonelada de material!

- ❑ visão geral da Internet
- ❑ o que é um protocolo?
- ❑ borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - Comutação de pacotes vs. Comutação de circuitos
- ❑ estrutura da Internet/ISPs
- ❑ desempenho: perda, atraso, vazão
- ❑ modelos de camadas e de serviços
- ❑ segurança
- ❑ história

Esperamos que agora você possua:

- ❑ contexto, visão geral, "sentimento" do que sejam redes
- ❑ maior profundidade, detalhes *posteriormente no curso*