

Redes de Computadores

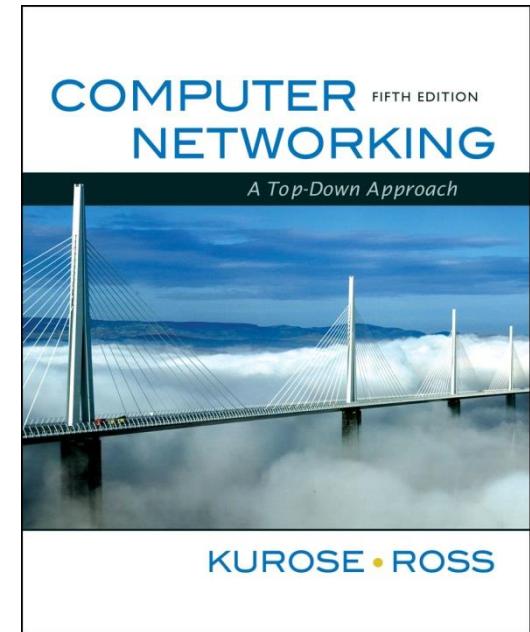
Prof. Nelson Fonseca

nfonseca@ic.unicamp.br

www.ic.unicamp.br/~nfonseca/redes

Chapter 1

Introduction



A note on the use of these ppt slides:

We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you can add, modify, and delete slides (including this one) and slide content to suit your needs. They obviously represent a *lot* of work on our part. In return for use, we only ask the following:

- If you use these slides (e.g., in a class) in substantially unaltered form, that you mention their source (after all, we'd like people to use our book!)
- If you post any slides in substantially unaltered form on a www site, that you note that they are adapted from (or perhaps identical to) our slides, and note our copyright of this material.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

All material copyright 1996-2009
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

*Computer Networking:
A Top Down Approach ,
5th edition.
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, April
2009.*

Parte I: Introdução

Ler capítulo 1 do
livro texto

Objetivos:

- Introduzir conceitos básicos em redes
- dar uma visão geral da matéria, maiores detalhes ao longo do curso
- Abordagem:
 - descriptiva
 - Internet como exemplo

Conteúdo do capítulo:

- O que é a Internet
- O que é um protocolo?
- periferia da rede
- núcleo da rede
- rede de acesso, meios físicos
- backbones, NAPs, ISPs
- noções de desempenho
- hierarquia de protocolos, modelos de serviços
- história

“Fun” internet appliances



IP picture frame
<http://www.ceiva.com/>



Web-enabled toaster +
weather forecaster



Tweet-a-watt:
monitor energy use



Internet
refrigerator



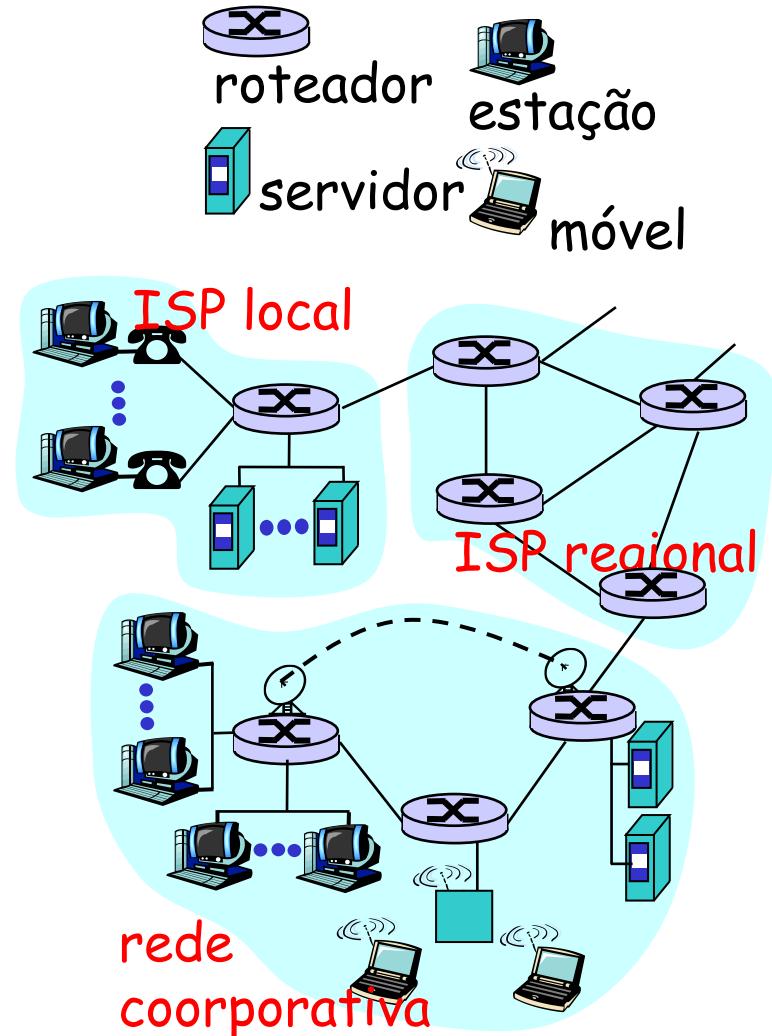
Slingbox: watch,
control cable TV remotely



Internet phones

O que é a Internet?

- Milhões de dispositivos interconectados: *hosts, sistemas finais*
 - Estações de trabalho, servidores
 - PDA's, fones, torradeiras executando aplicativos
- *Enlaces de comunicación*
 - fibras óticas, cobre, rádio, satélite
- *roteadores*: encaminham pacotes (blocos) de dados ao longo da rede



Link: Point-to-Point or Broadcast

■ Access type

- **Point-to-Point**

- Simplex, half-duplex, full-duplex
 - Usually WANs

- **Broadcast**

- Multiple access: contend to transmit
 - Usually LANs (exception: satellite-based ALOHA)

■ Media type

- **Wired**

- Twisted pair, coaxial cable, fiber optics

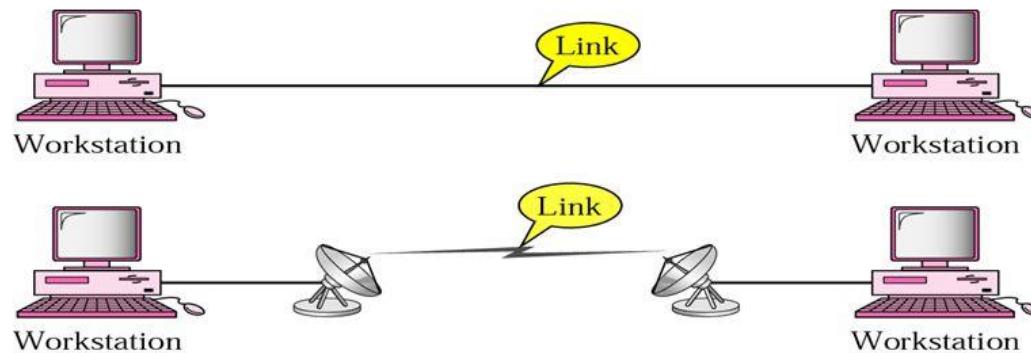
- **Wireless**

- Radio(10^4 ~ 10^8 Hz), microwave (10^8 ~ 10^{11} Hz), infrared (10^{11} ~ 10^{14} Hz)

Enlaces

Point-to-point

- A point-to-point line configuration provides a dedicated link between two devices.
- The entire capacity of the channel is reserved for transmission between those two devices (i.e. change TV channel by infrared remote control).

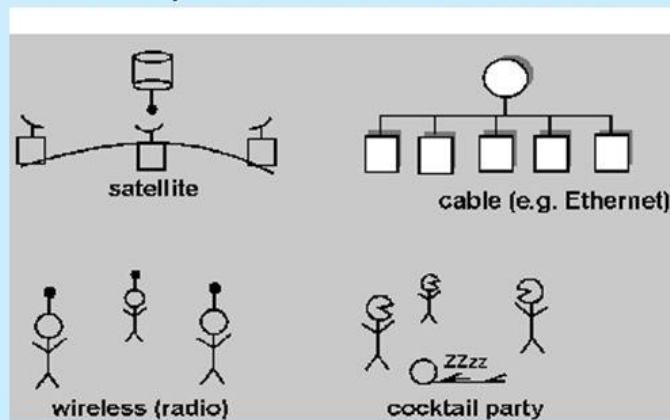


Enlaces

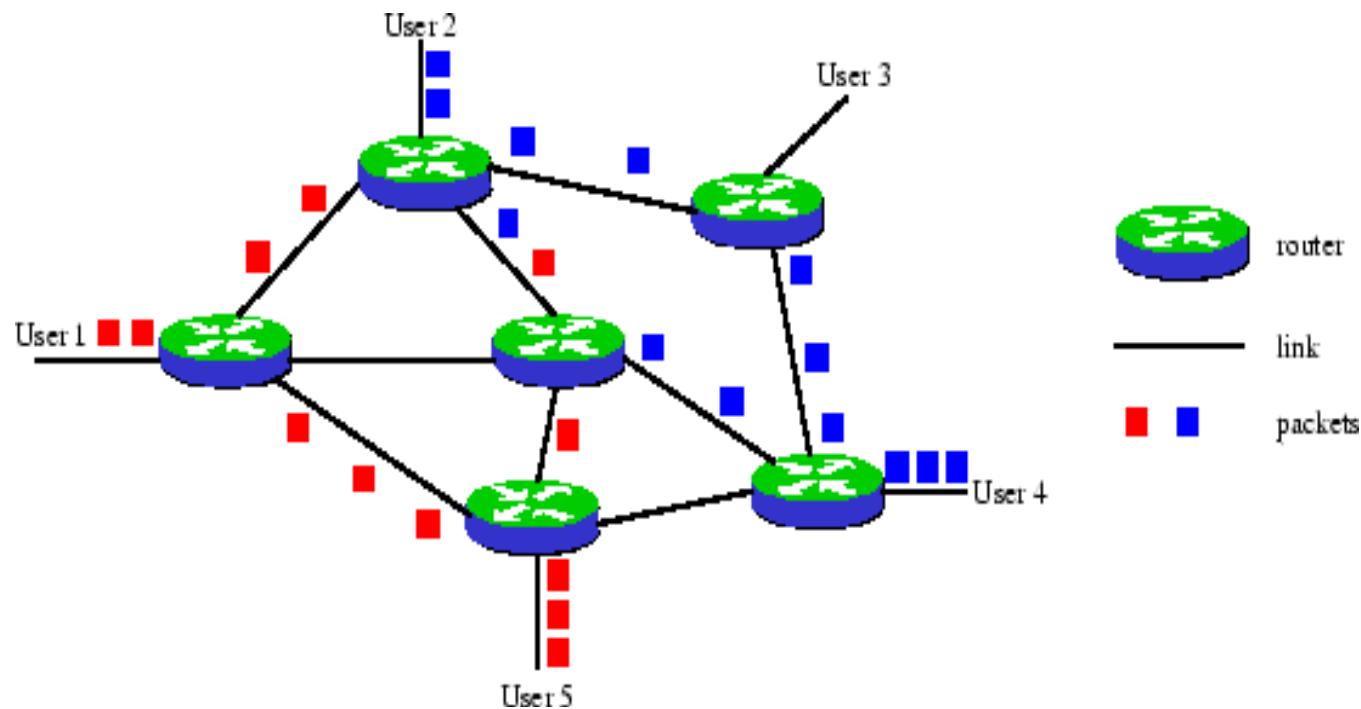
Broadcast links: Multiple Access Protocols

single shared communication channel

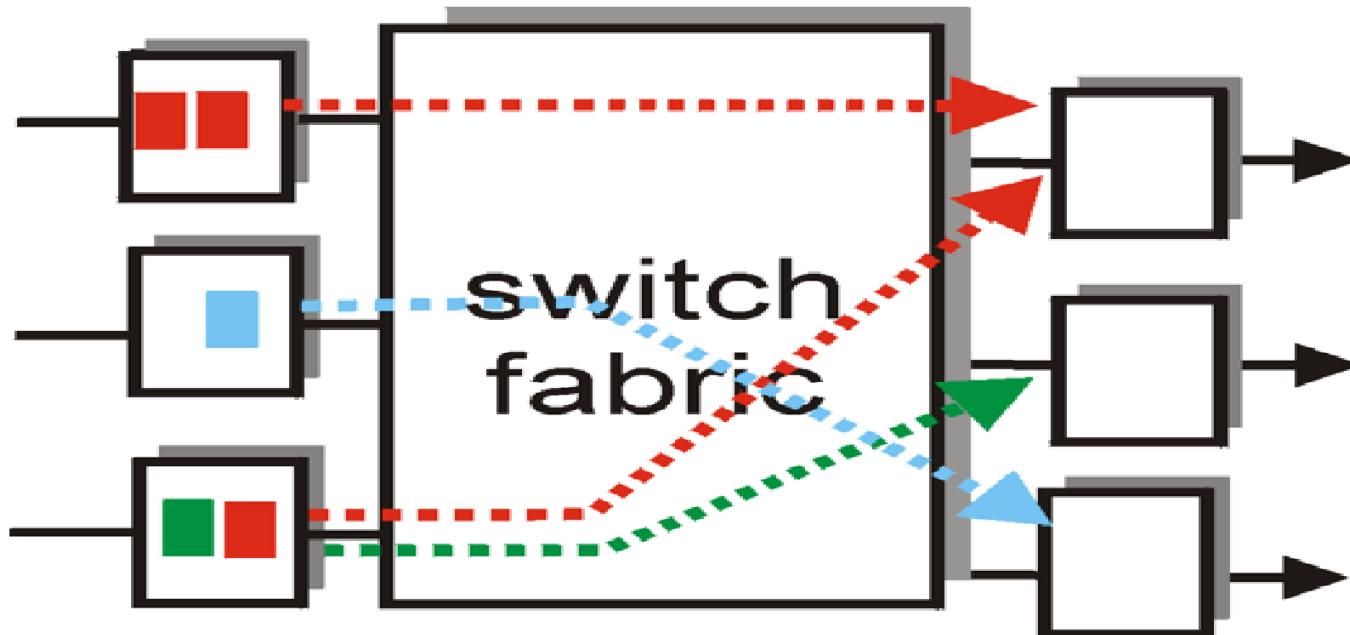
- two or more simultaneous transmissions by nodes: interference
 - only one node can send successfully at a time
 - question: how to share this broadcast channel
- examples of multiple access environments:



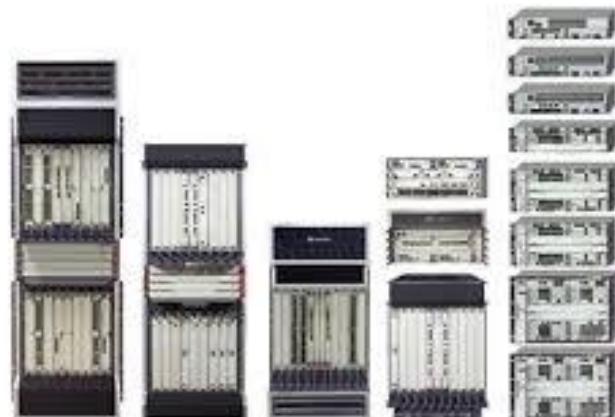
Roreadores/ switch



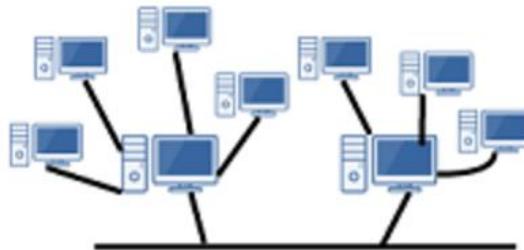
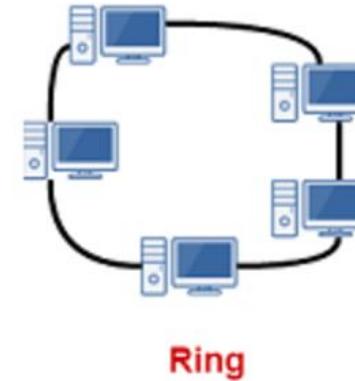
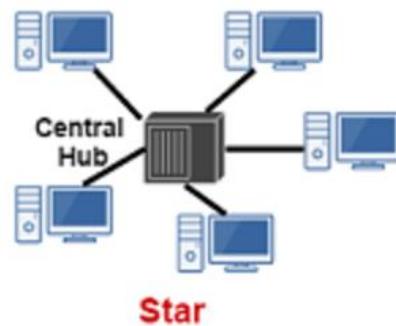
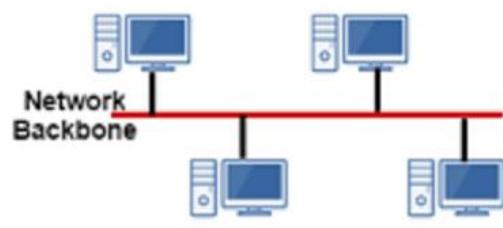
Roreador/switch



Roteadores



Topologia de Redes

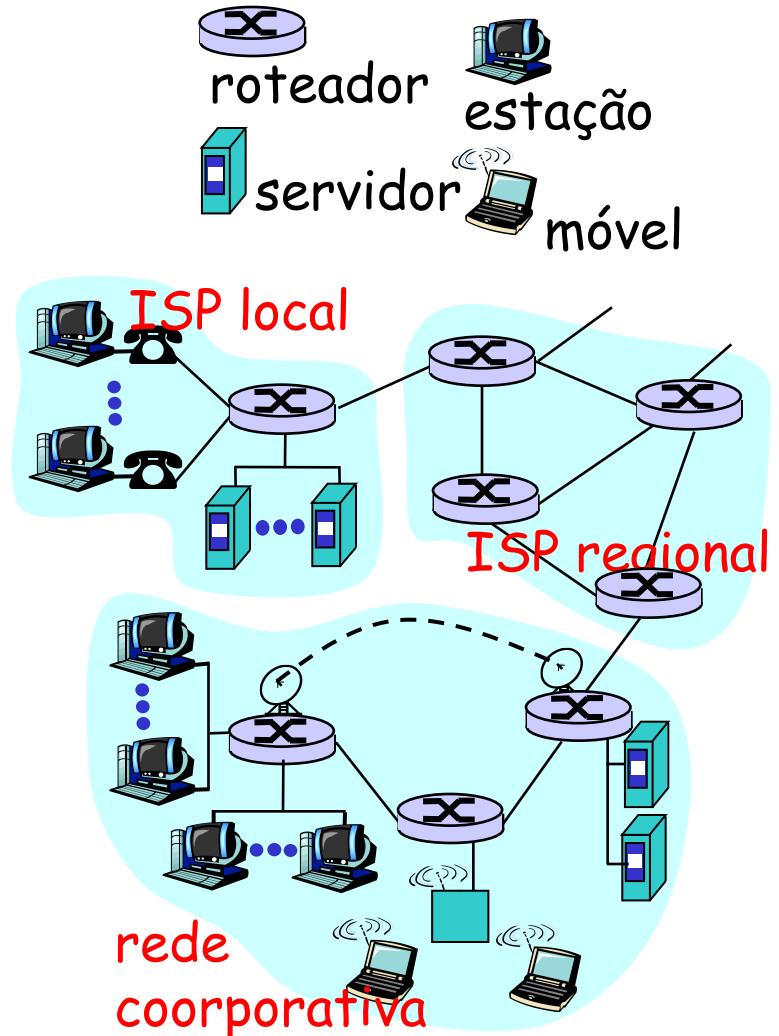


Mesh

Tree

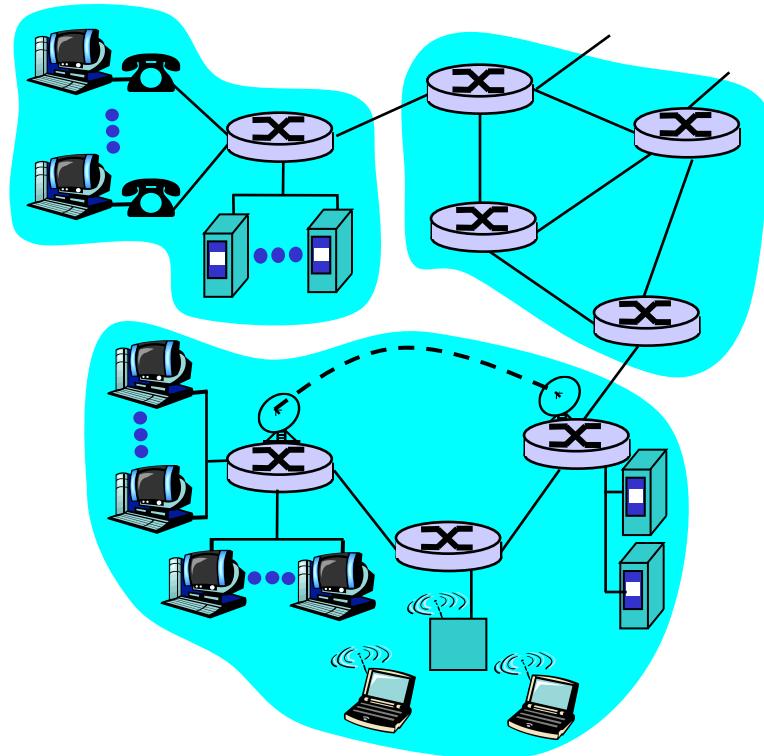
O que é a Internet

- **protocolos:** controla o envio e recebimento de msgs
 - e.g., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- **Internet: "rede de redes"**
 - Fricamente hierarquizada
 - Internet pública versus intranet privativas
- **Padrões Internet**
 - RFC: Request for comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



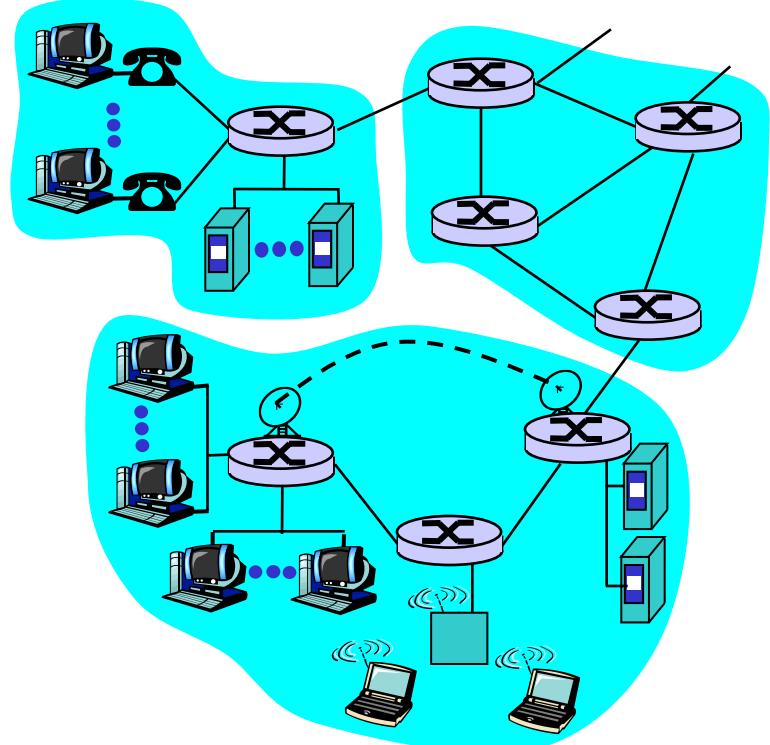
Estrutura da Internet

- Periferia da rede: aplicações e hosts
- Núcleo da rede:
 - roteadores
 - redes de redes
- **redes de acesso, meio físico: enlaces de comunicação**



Serviços da Internet

- **Infraestrutura de comunicação** permite aplicações distribuídas:
 - WWW, e-mail, jogos, comércio eletrônico, banco de dados., compartilhamento de arquivos (MP3)
- **Serviços de comunicação:**
 - sem conexão
 - orientado à conexão
- **cyberspace** [Gibson]:
"a consensual hallucination experienced daily by billions of operators, in every nation,"



O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- "Que horas são?"
- "Eu tenho uma pergunta"

- ... Msgs específicas enviadas
- ... Ações específicas tomadas frente ao recebimento das msgs

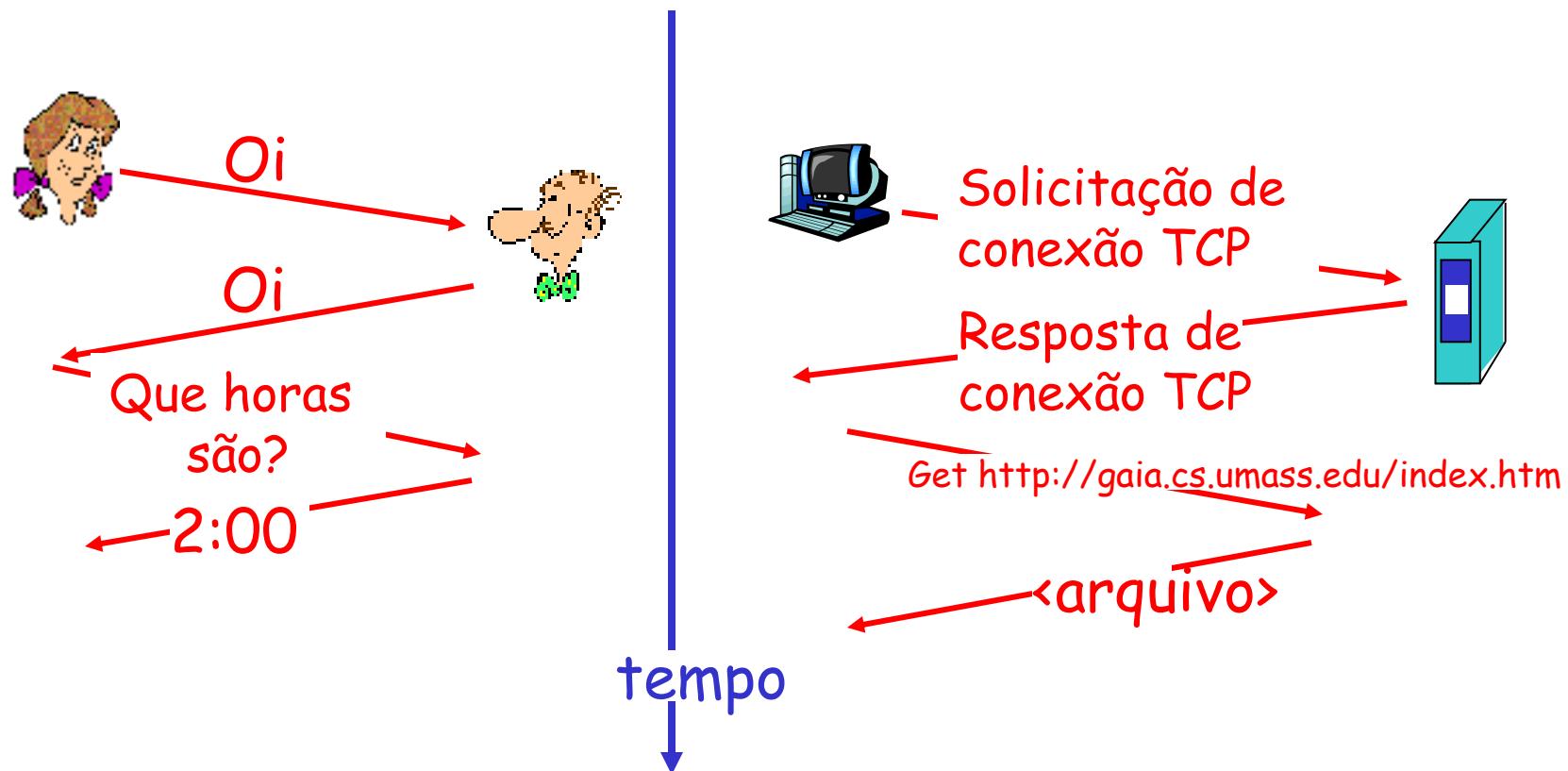
Protocolos de Redes:

- Máquinas ao invés de humanos
- Toda comunicação em redes é regida por protocolos

Protocolos definem o formato, a ordem de envio e recebimento de msgs entre entidades e ações realizadas

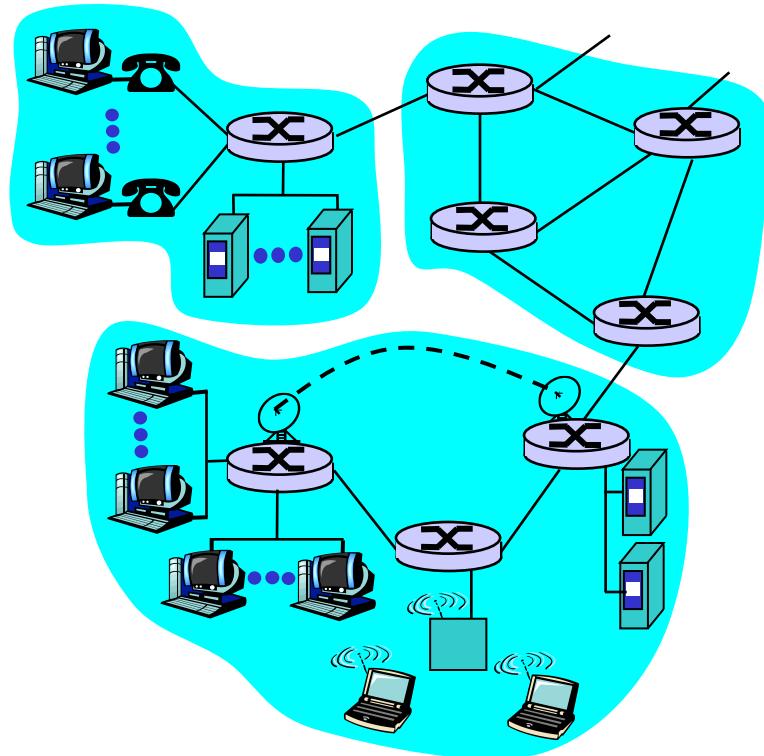
Protocolos

Exemplos de protocolos humanos e de computadores



Estrutura da Internet

- Periferia da rede: aplicações e hosts
- Núcleo da rede:
 - roteadores
 - redes de redes
- **redes de acesso, meio físico: enlaces de comunicação**



Periferia da Rede:

□ Sistemas finais (hosts):

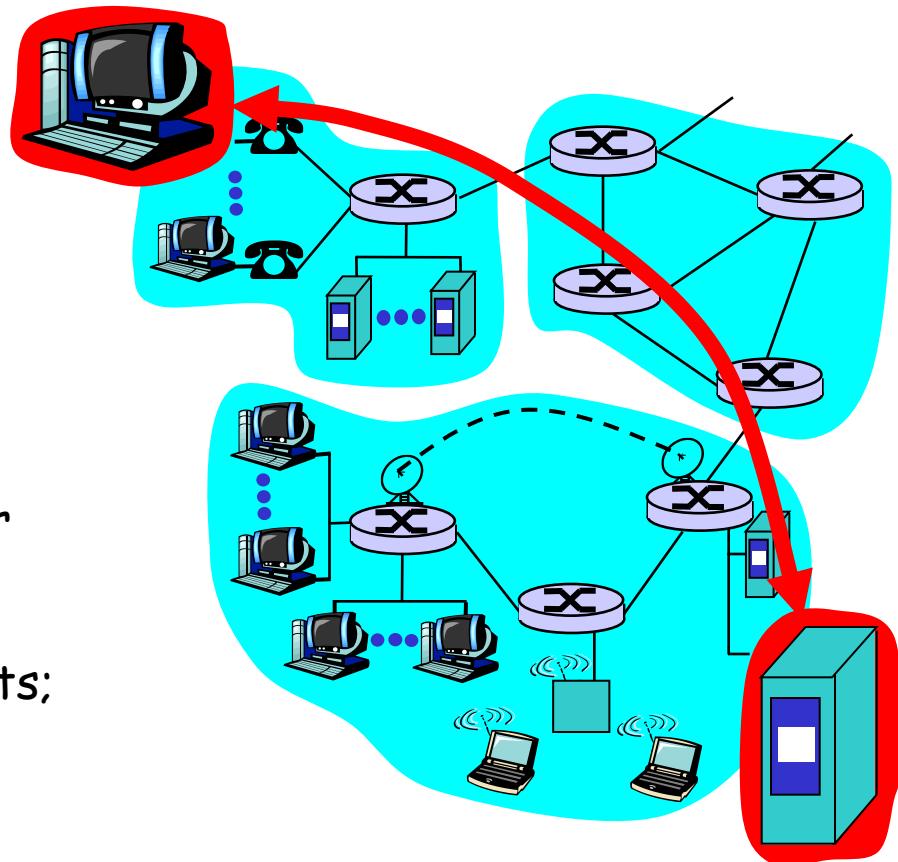
- executam aplicativos
- WWW, email
- "na periferia da rede"

□ modelo cliente/servidor

- host cliente envia requisição, servidor executa serviço
- e.g., cliente WWW(browser)/ servidor; email cliente/servidor

□ modelo par-a-par :

- Interação simétrica entre hosts;
- Mínimo (ou nenhum) uso de servidores dedicados;



Periferia da Rede: serviços orientados à conexão

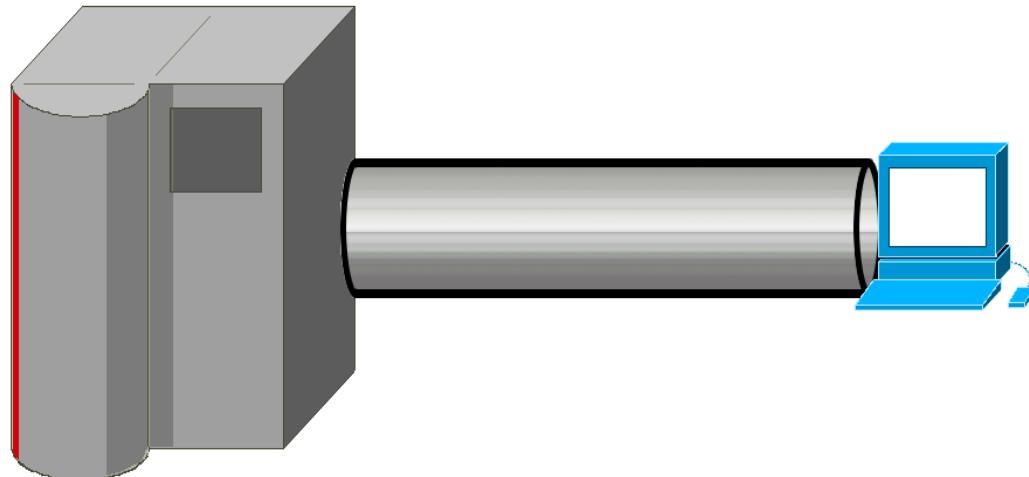
Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais

- **handshaking:** estabelecimento de conexão - preparação para transferência de dados
 - TCP - Transmission Control Protocol
 - Serviço orientado à conexão da Internet

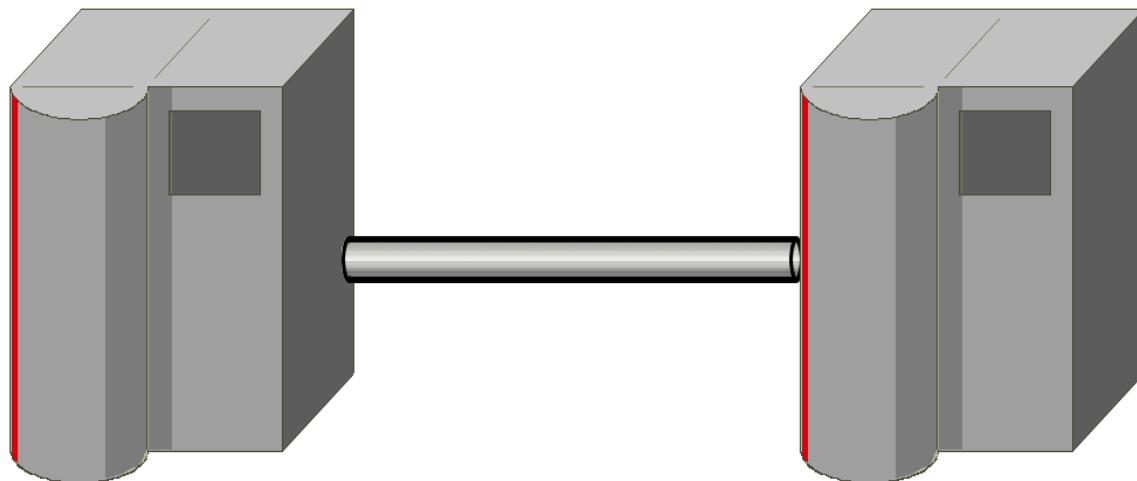
Serviços TCP [RFC 793]

- **Confiável, em seqüência, (byte-stream)**
 - Perdas: confirmações e retransmissões
- **Controle de fluxo:**
 - transmissor não sobrecarrega o receptor;
- **Controle de congestionamento:**
 - transmissor dimui taxa de transmissão quando a rede está congestionada

Controle de Fluxo



Controle de Congestionamento



Serviços não orientados a conexão

Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais

- UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]: serviços sem conexão da Internet
 - transferência não-confiável
 - sem controle de fluxo
 - sem controle de congestionamento

Aplicações típicas que usam TCP:

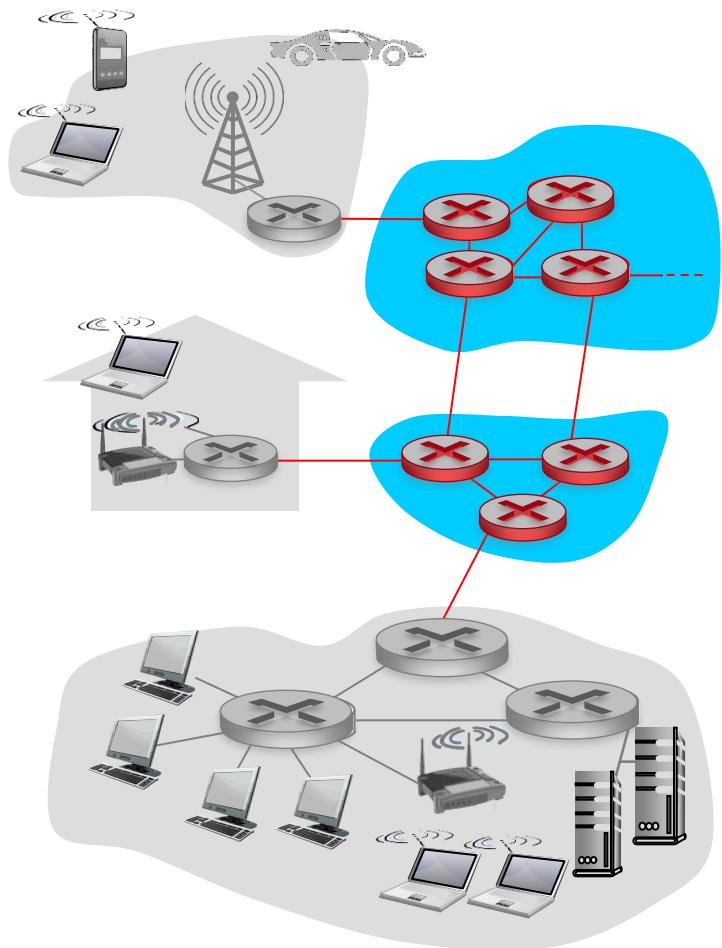
- HTTP (WWW), FTP, Telnet, SMTP (e-mail)

Aplicações típicas que usam UDP

- áudio sob medida, teleconferência, Telefonia Internet

O Núcleo da Rede

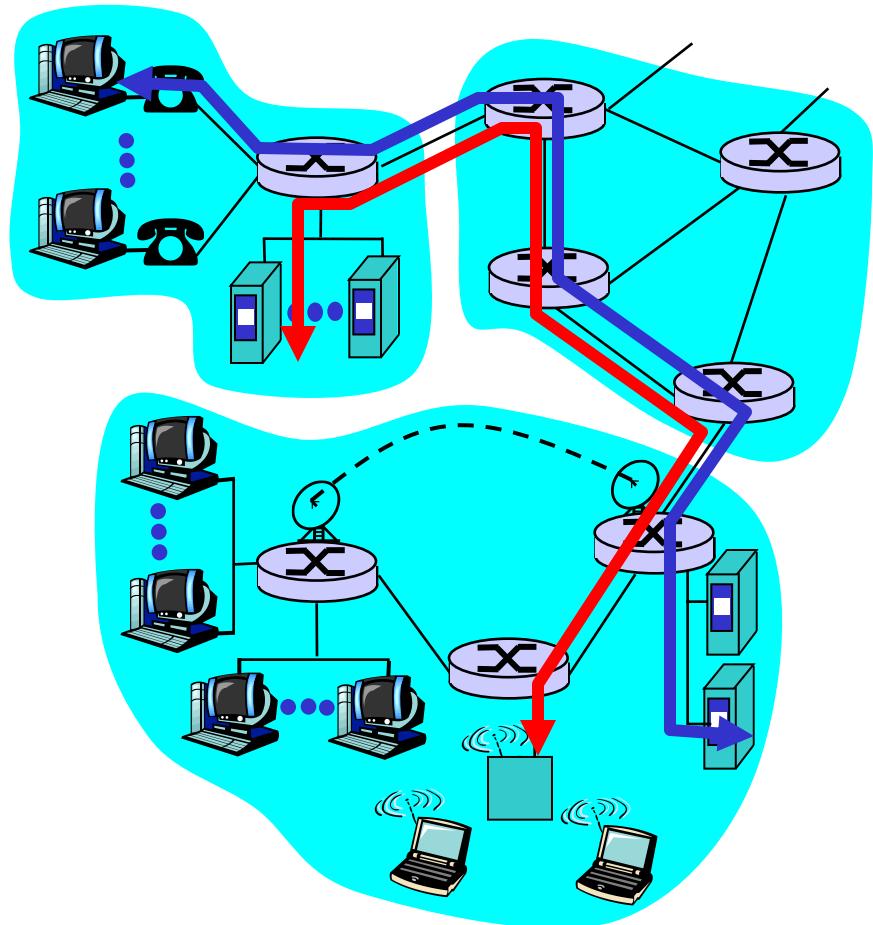
- Malha de roteadores interconectados
- Questão fundamental:
Como os dados são transferidos na rede?
 - comutação de circuitos: circuitos dedicados - rede telefônica
 - comutação de pacotes: dados enviados pela rede em "blocos"



Comutação de Circuitos

Recursos reservados
fim-a-fim para uma
chamada ("call")

- banda passante do enlace, capacidade do comutador
- recursos dedicados: não há compartilhamento
- desempenho garantido
- Estabelecimento de circuito obrigatório

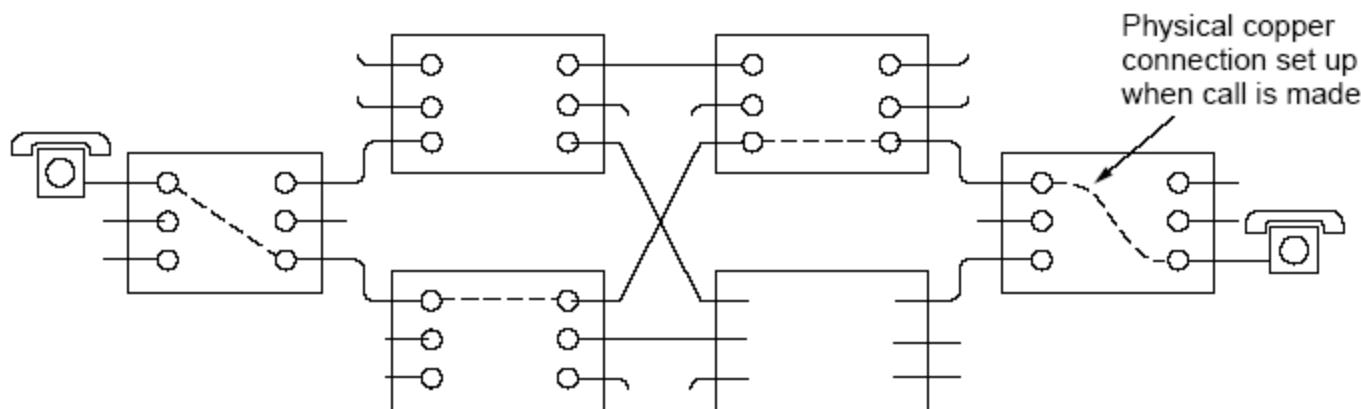


Comutação por Circuito



□ Comutação por circuito:

- overhead estabelecimento de circuito - ordem de 10 segundos.
- Após estabelecimento, retardo de propagação 5 ms por 1000 Km.
- Reserva estática de banda passante.



Comutação de Circuitos

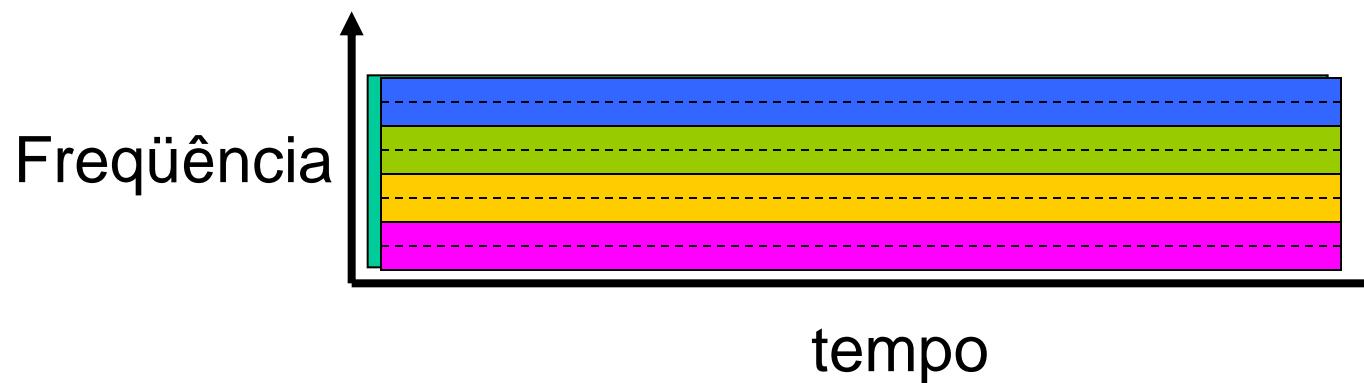
Banda passante
dividida em "fatias"

- "fatias" de recursos alocados às chamadas
- **desperdício:** caso recurso não esteja sendo utilizado
- Divisão da banda passante
 - Divisão por freqüência
 - Divisão por tempo

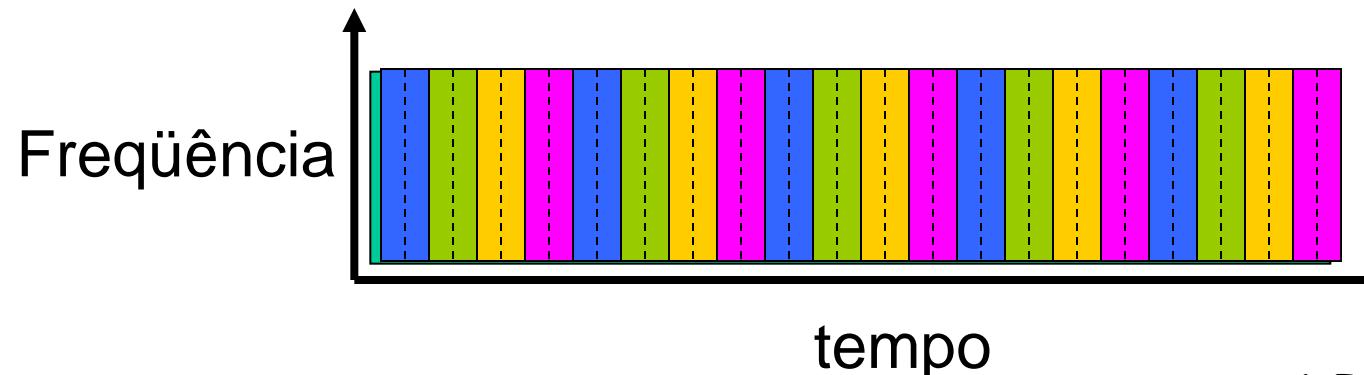
- Divisão da banda passante
 - Atribui diferentes freqüências
 - Atribui banda em diferentes intervalos de tempo

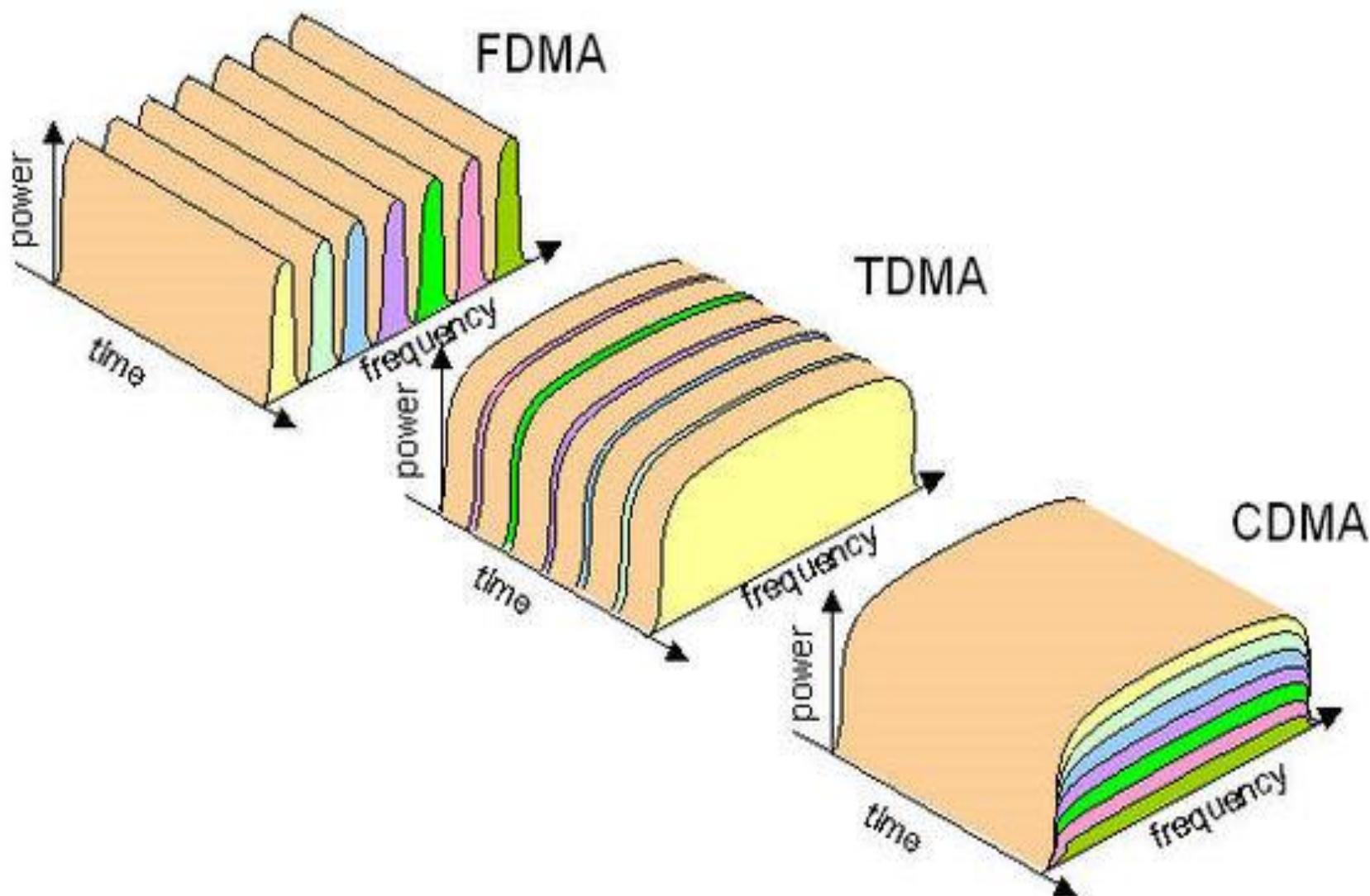
Comutação de Circuitos: FDMA e TDMA

FDMA



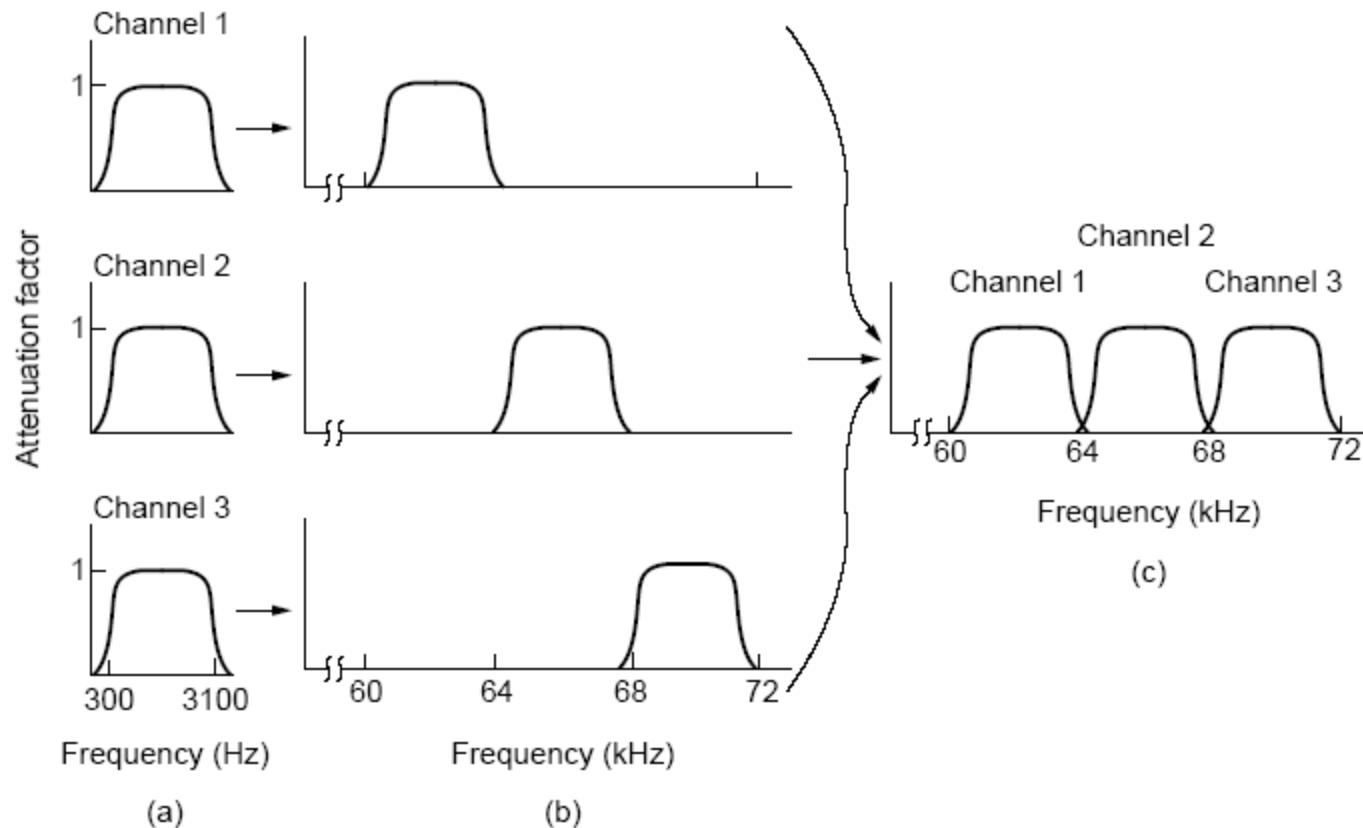
TDMA





FDM

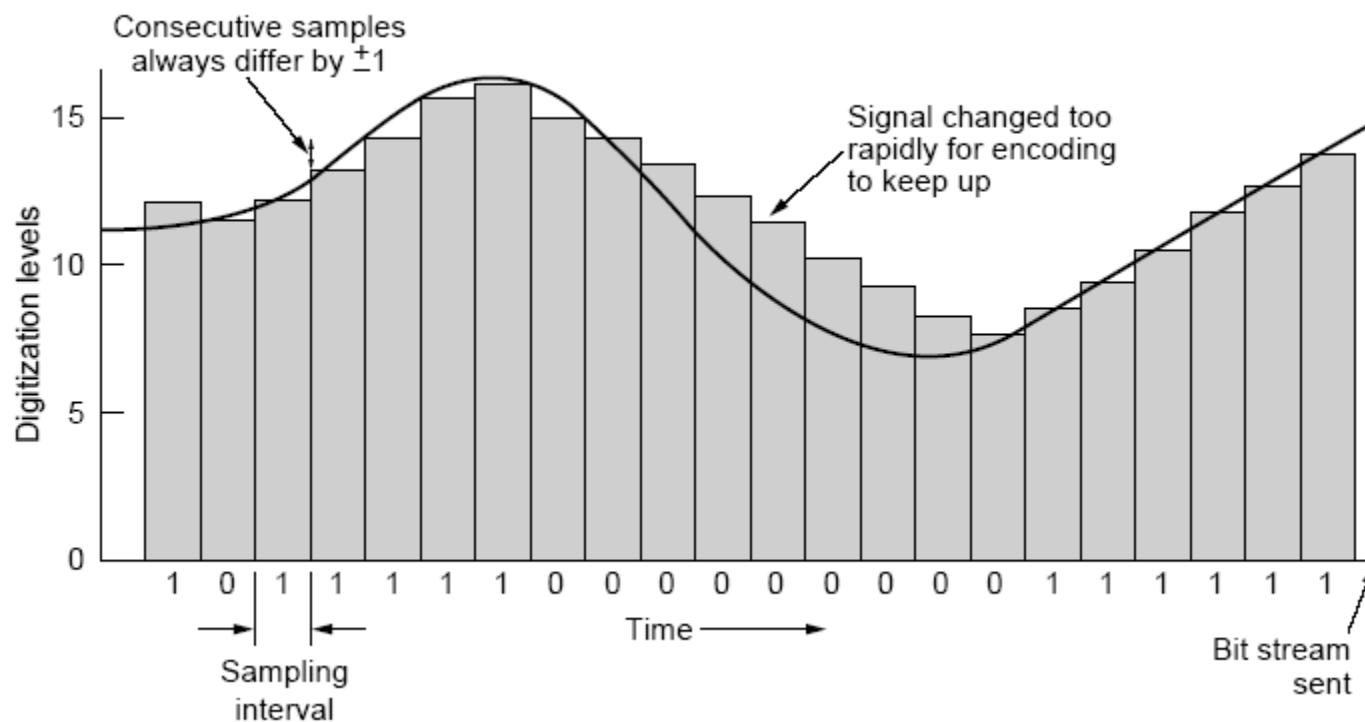
□ Multiplexação por Divisão da Freqüência



TDM

□ Multiplexação por Divisão de Tempo

- Modulação delta - assume que amostragem difere da anterior +1 ou -1:



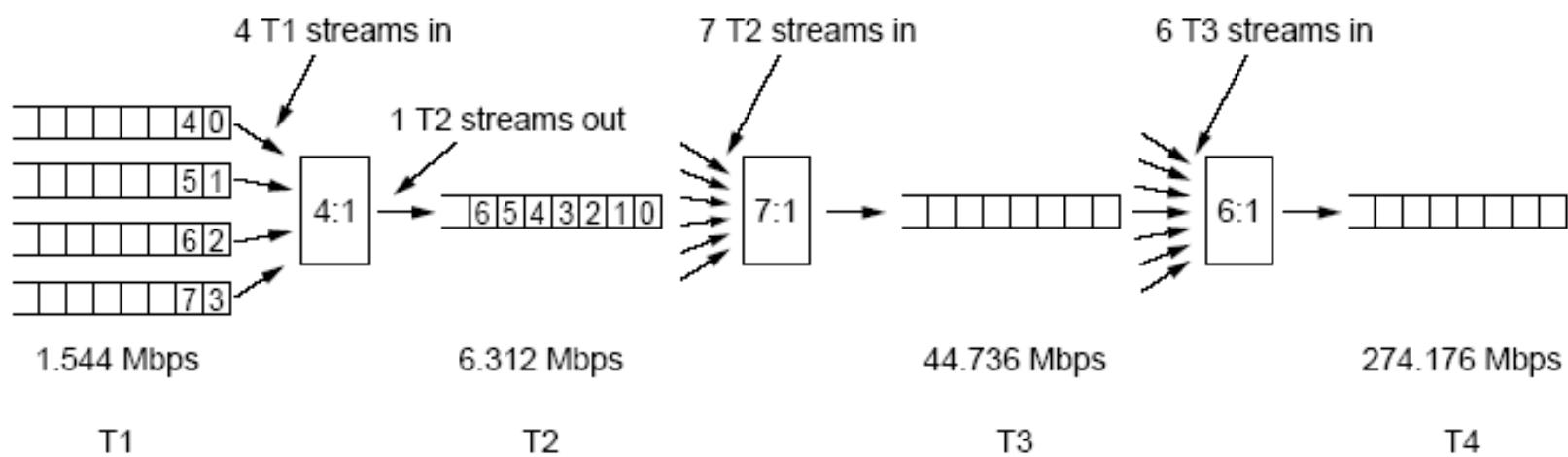
TDM

- Multiplexação por Divisão de Tempo
 - Sistemas digitais.
 - Codec - digitalização de sinais analógicos.
 - 8000 amostras por segundo - $125\mu\text{s}/\text{amostra}$.
 - Pulse Code Modulation (PCM).
 - T1 - 24 canais multiplexados, amostragem alternada, fluxo resultante enviado para Codec.

TDM

- Multiplexação por Divisão de Tempo
 - Cada um dos 24 canais insere 7 bits + 1 bit controle -- $24 \times 8 = 192$ bits + 1 bit sincronização = 193 bits a cada $125 \mu\text{s} = 1,544$ Mbps
 - E1 - 2048 Mbps - 30 canais dados + 2 sinalização
 - Modulação de Código de Pulso Diferencial (PDM Diferencial) - diferença entre valor atual e anterior 5 bits ao invés de 7 bits

TDM



TDM

SONET

- Synchronous Optical network (Bellcore).
- Unificação sistemas TDM.
- SDH (CCITT) baseado em SONET, padronização sistemas PDH (USA, Japão e Europa).
- Dar continuidade a hierarquia - Giga bps.
- Operação, administração e manutenção.

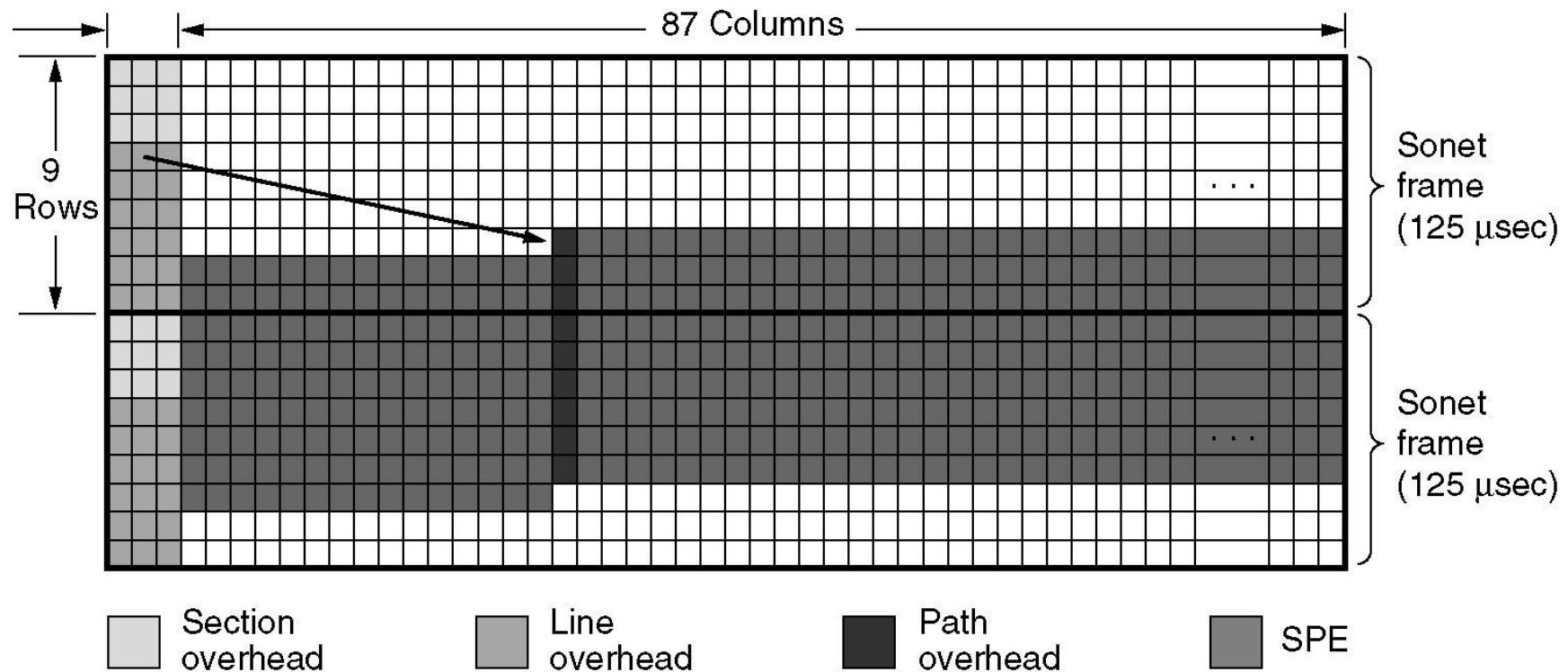
TDM

SONET

- Quadros 810 bytes, transmitido a cada $125 \mu s$ (8000 quadros por segundo).
- STS-1 - 9 linhas e 3 colunas informação overhead seção, linha e caminho.
- Multiplexação de tributária, byte a byte
- STS-3 - três quadros STS-1 = 155,52 Mbps.

TDM

- 3 Columns for overhead



TDM

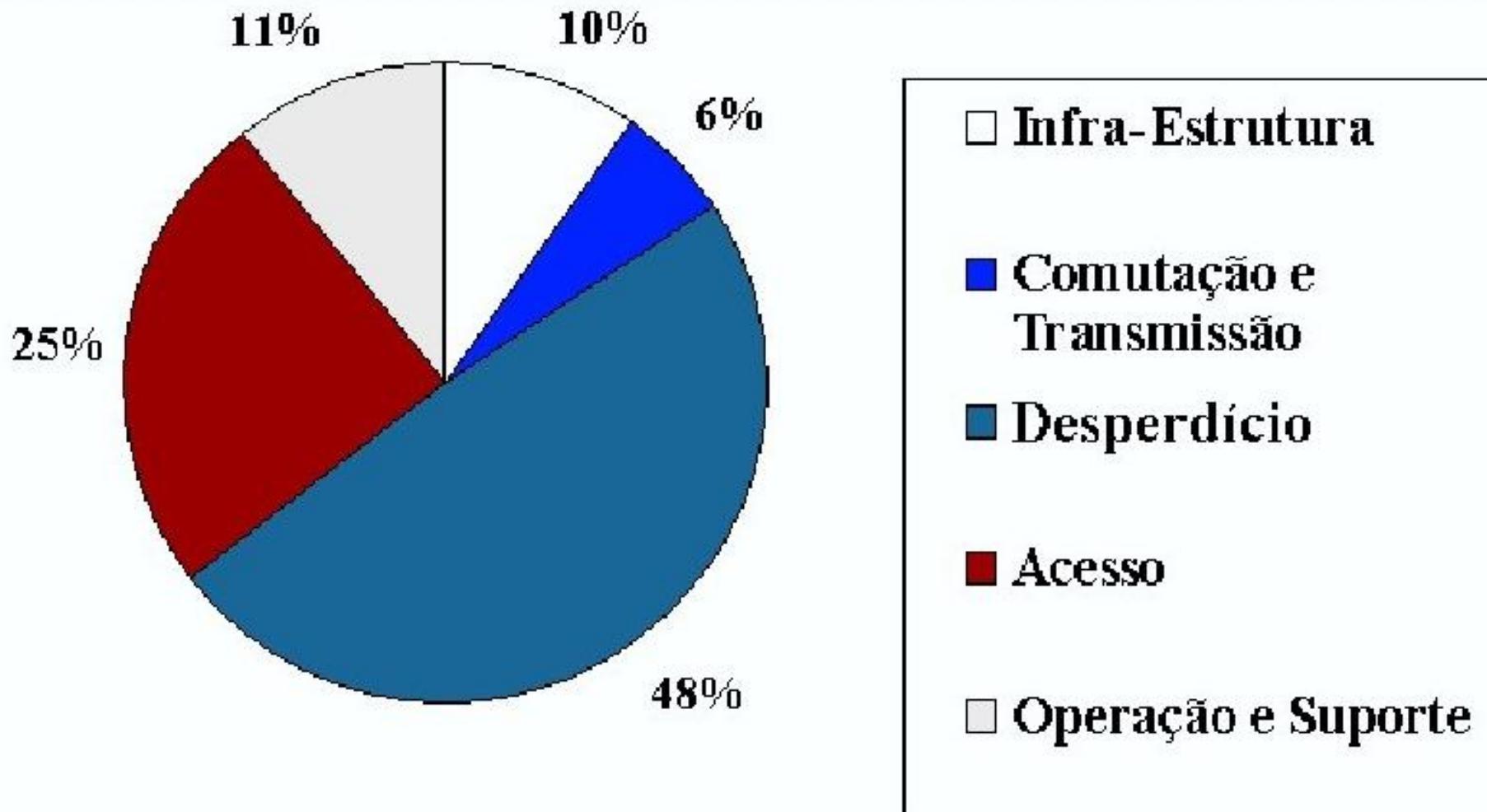
SONET		SDH	Data rate (Mbps)		
Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	User
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728
STS-192	OC-192	STM-64	9953.28	9621.504	9510.912

Carriers Utilizadas

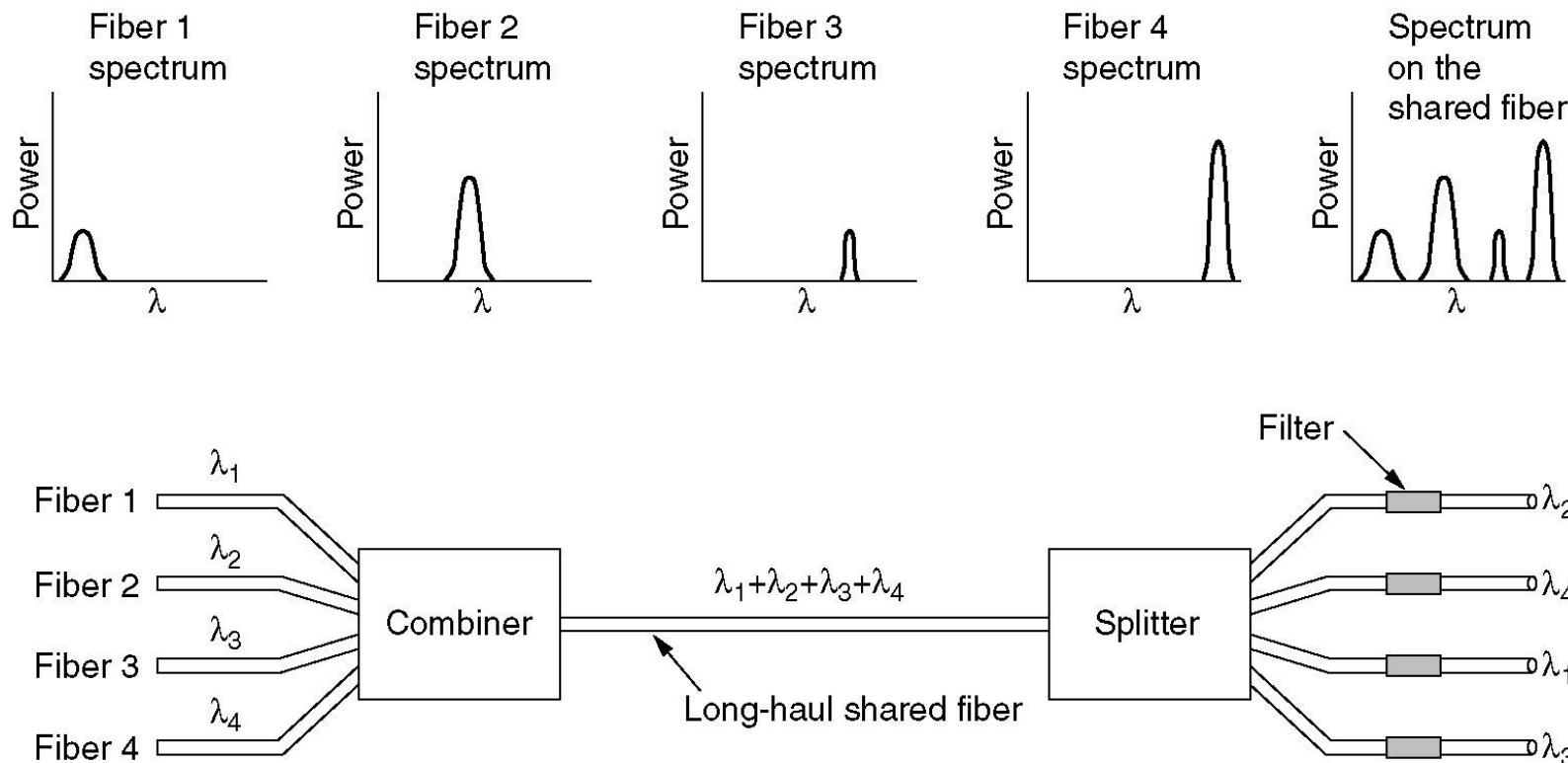
SONET/SDH Designations and bandwidths

SONET Optical Carrier level	SONET frame format	SDH level and frame format	Payload bandwidth ^[nb 3] (kbit/s)	Line rate (kbit/s)
OC-1	STS-1	STM-0	50,112	51,840
OC-3	STS-3	STM-1	150,336	155,520
OC-12	STS-12	STM-4	601,344	622,080
OC-24	STS-24	-	1,202,688	1,244,160
OC-48	STS-48	STM-16	2,405,376	2,488,320
OC-192	STS-192	STM-64	9,621,504	9,953,280
OC-768	STS-768	STM-256	38,486,016	39,813,120

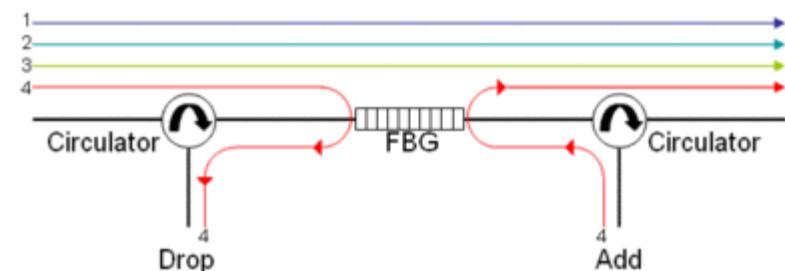
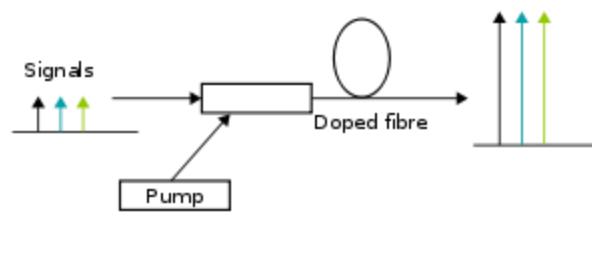
Custos de telefonia



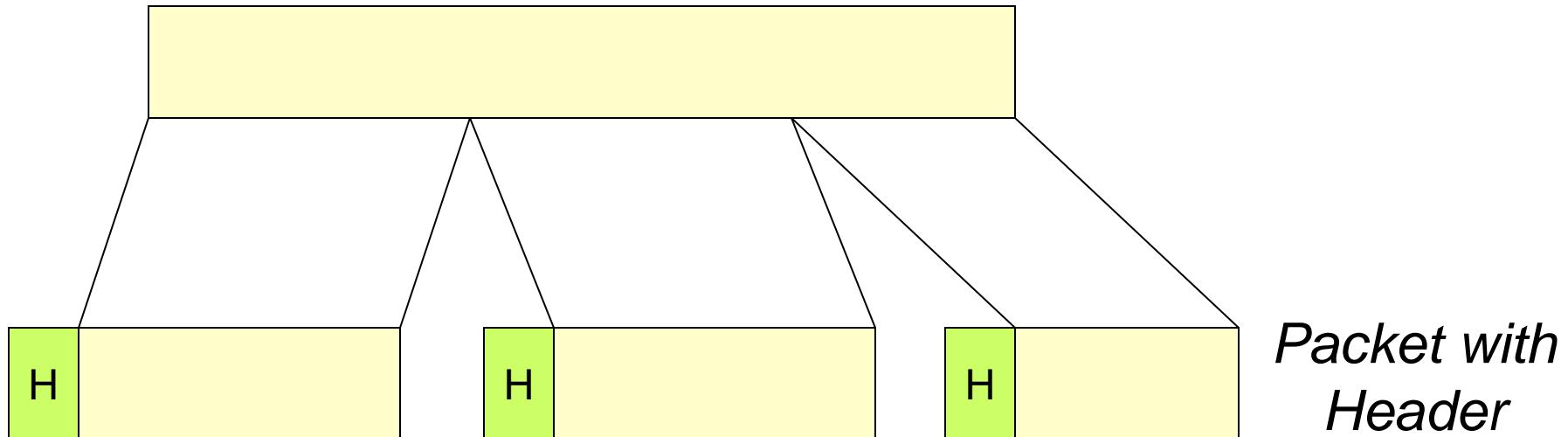
Wavelength Division Multiplexing



WDM



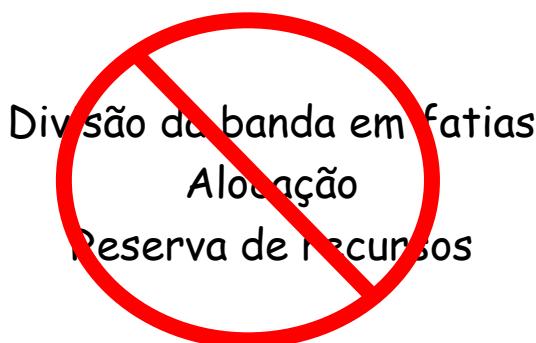
Pacotes



Comutação de Pacotes

Fluxo de dados fim-a-fim
dividido em pacotes

- pacotes compartilham recursos da rede
- cada pacote usa totalmente a banda passante do enlace
- recursos usados qdo necessário



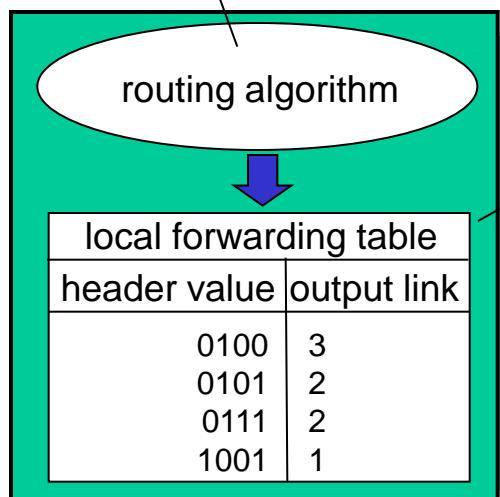
Contenção de recursos:

- a demanda por recursos pode ultrapassar o disponível
- congestionamento: enfileiramento para uso do enlace
- Armazena-e-retransmite: pacotes trafegam um comutador de cada vez
 - transmitem e esperam a vez

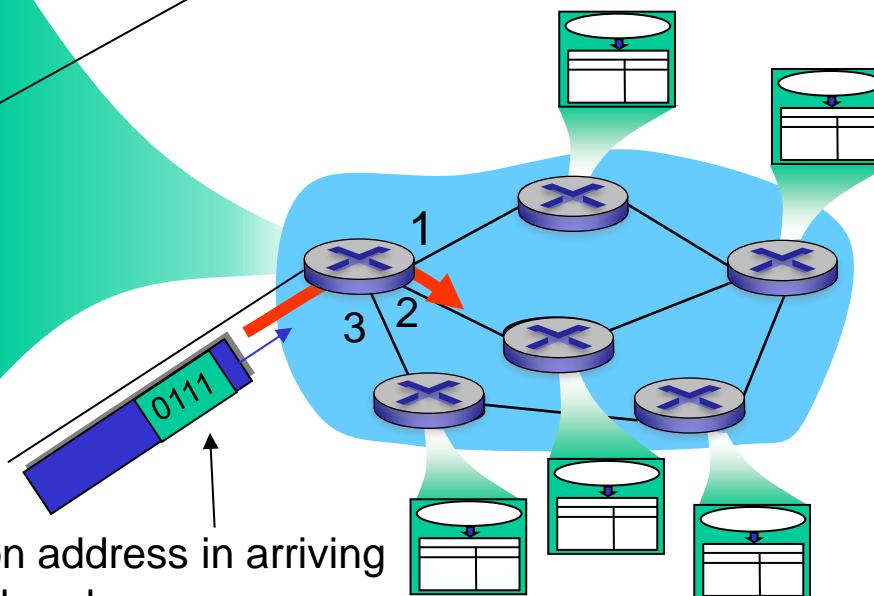
Two key network-core functions

routing: determines source-destination route taken by packets

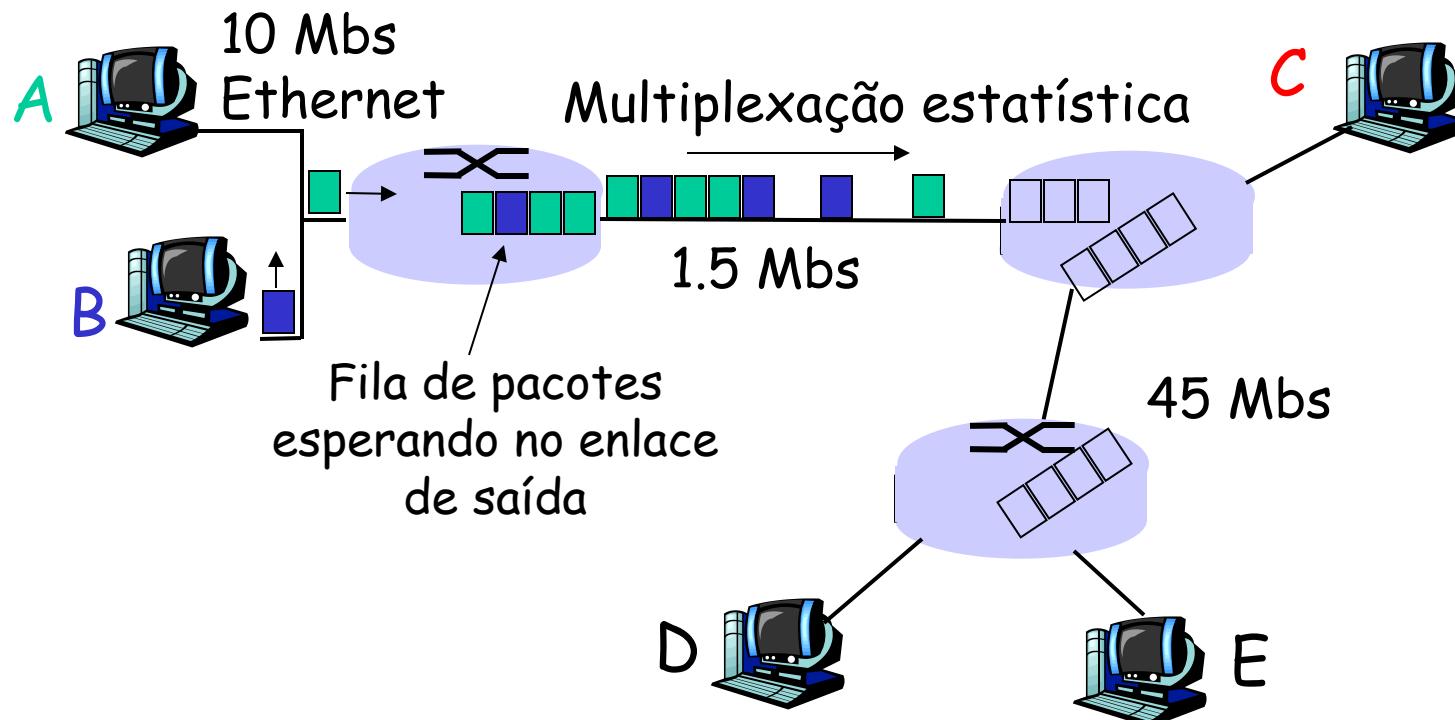
- ## ■ *routing algorithms*



forwarding: move packets from router's input to appropriate router output



Comutação de Pacotes: multiplexação estatística



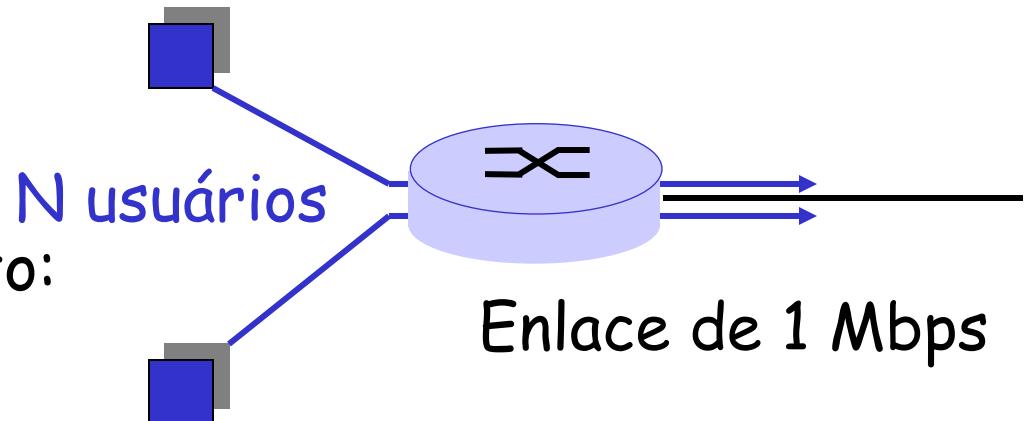
Comutação de pacotes versus comutação de circuitos: analogia com restaurantes

- existem outras analogias humanas?

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

Comutação de pacotes permite um maior número de usuários na rede!

- Enlace de 1 Mbit
- cada usuário:
 - 100Kbps quando ativo
 - ativo 10% do tempo
- Comutação de circuito:
 - 10 usuários
- Comutação de Pacotes:
 - com 35 usuários,
probabilidade > 10
ativos < .0004



Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

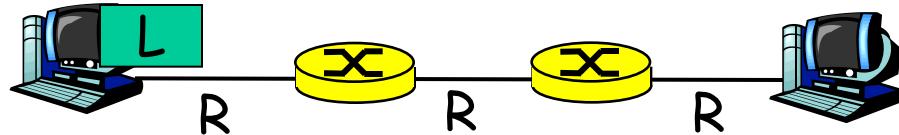
A comutação de pacotes ganha de lavagem?

- Ideal para tráfego em rajada
 - compartilhamento de recursos
 - não há o estabelecimento da chamada (call setup)
- Congestionamento excessivo: perda e retardo
 - protocolos necessário para transmissão confiável e controle de congestionamento
- Como prover serviços tipo circuito??
 - Garantia de banda passante para aplicações de vídeo e áudio
 - Ainda é um problema em aberto

A comparison of circuit switched and packet-switched networks.

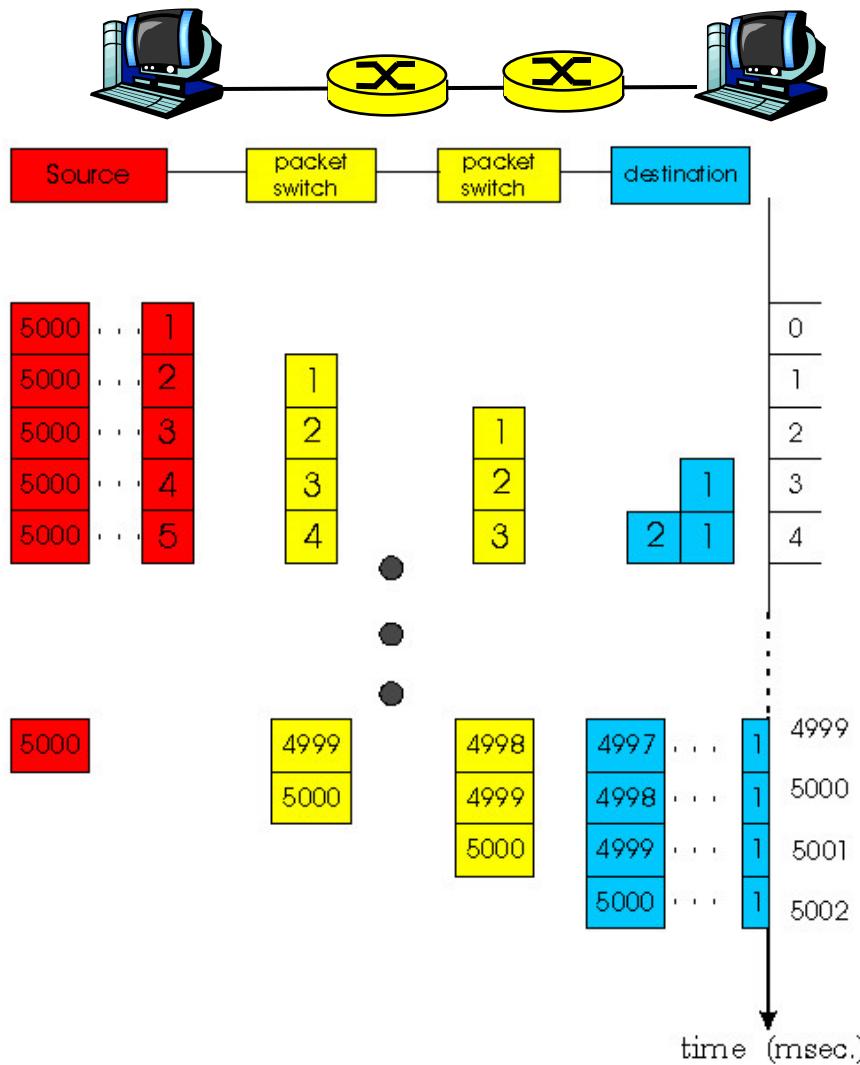
Item	Circuit-switched	Packet-switched
Call setup	Required	Not needed
Dedicated physical path	Yes	No
Each packet follows the same route	Yes	No
Packets arrive in order	Yes	No
Is a switch crash fatal	Yes	No
Bandwidth available	Fixed	Dynamic
When can congestion occur	At setup time	On every packet
Potentially wasted bandwidth	Yes	No
Store-and-forward transmission	No	Yes
Transparency	Yes	No
Charging	Per minute	Per packet

Comutação de Pacotes: armazena-e-reenvia



- Leva L/R segundos para transmitir o pacote com L bits em um enlace de R bps;
 - O pacote inteiro deve chegar ao comutador antes de ser transmitido no próximo enlace: **armazena-e-reenvia**
 - Atraso = $3L/R$
- Exemplo:
- $L = 7.5$ Mbits
 - $R = 1.5$ Mbps
 - atraso = 15 sec

Comutação de Pacotes: segmentação de mensagens



Agora a mensagem é segmentada em 5000 pacotes

- Cada pacote com 1.500 bits
- 1 msec para transmitir o pacote em um enlace;
- *pipelining*: cada enlace trabalha em paralelo
- Atraso reduzido de 15 segundos para 5.002 segundos

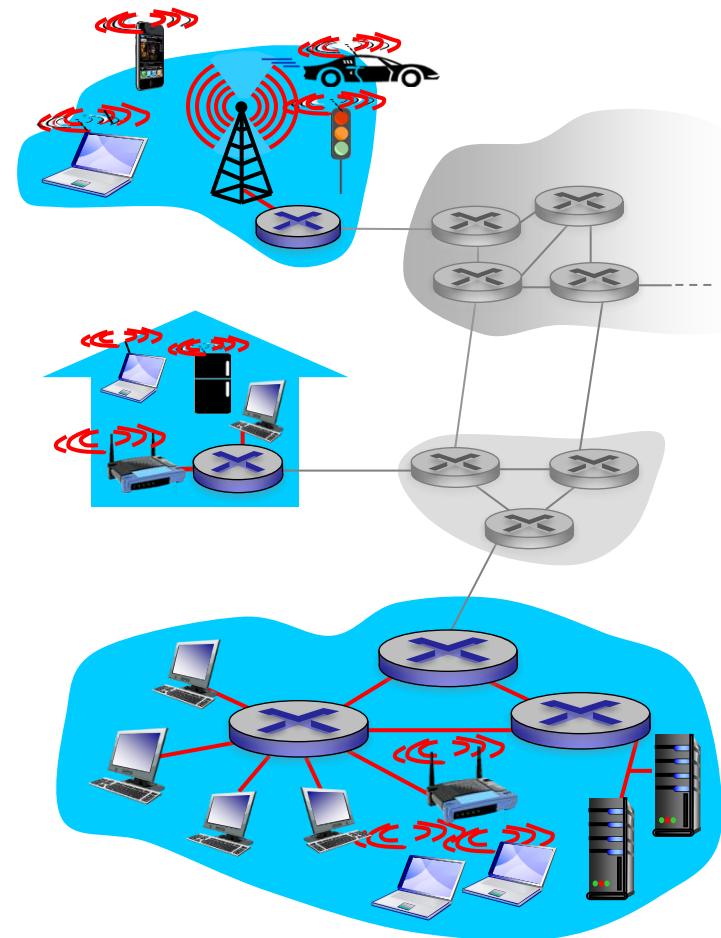
Redes de Acesso e Meios Físicos

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

- Redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escolas, empresa)
- redes de acesso móvel

Considere:

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



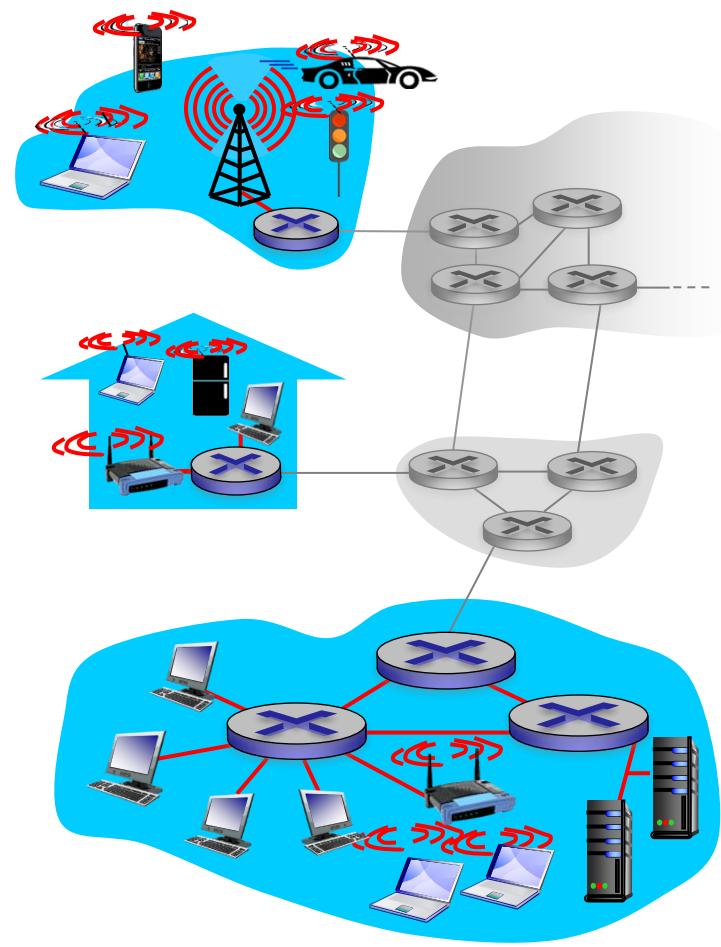
Access networks and physical media

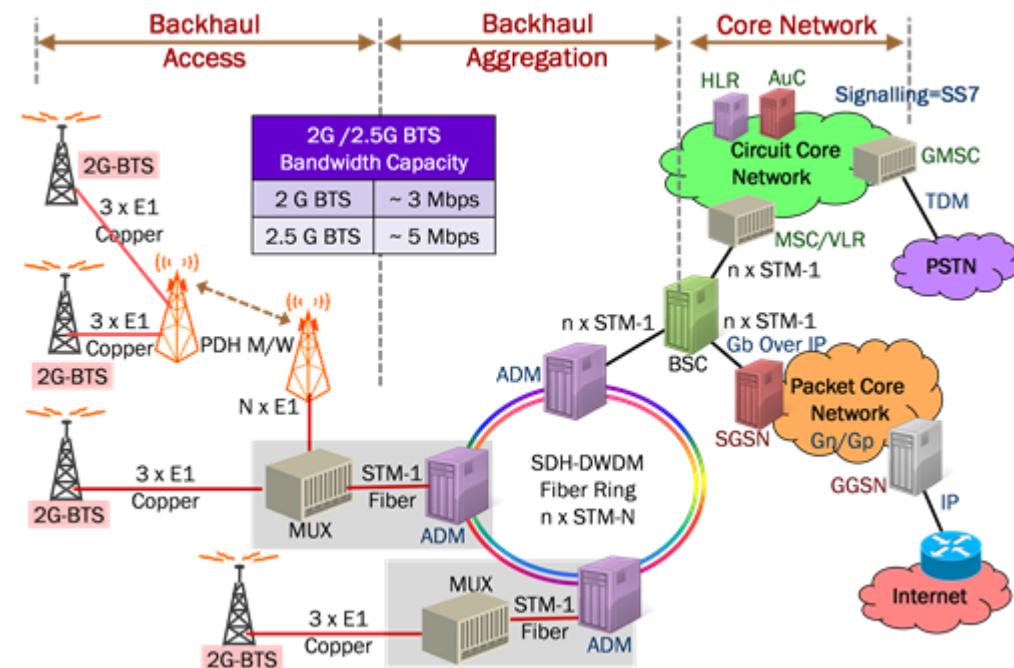
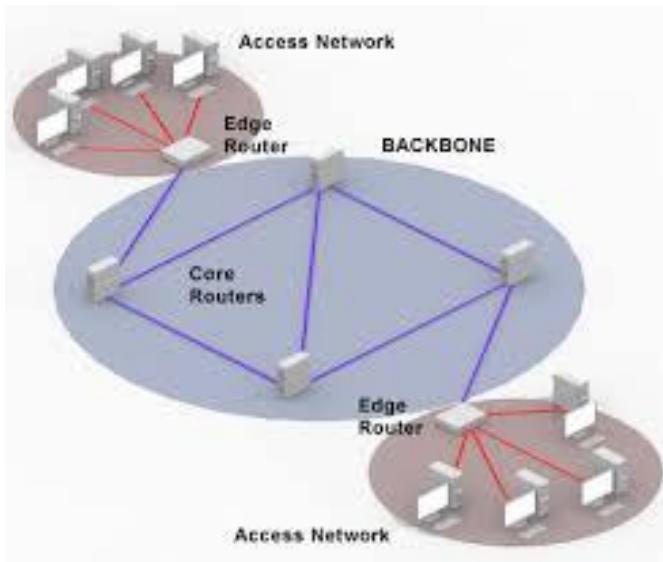
Q: How to connect end systems to edge router?

- residential access nets
- institutional access networks (school, company)
- mobile access networks

keep in mind:

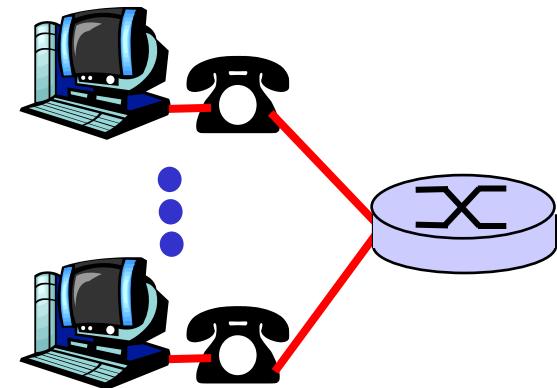
- bandwidth (bits per second) of access network?
- shared or dedicated?



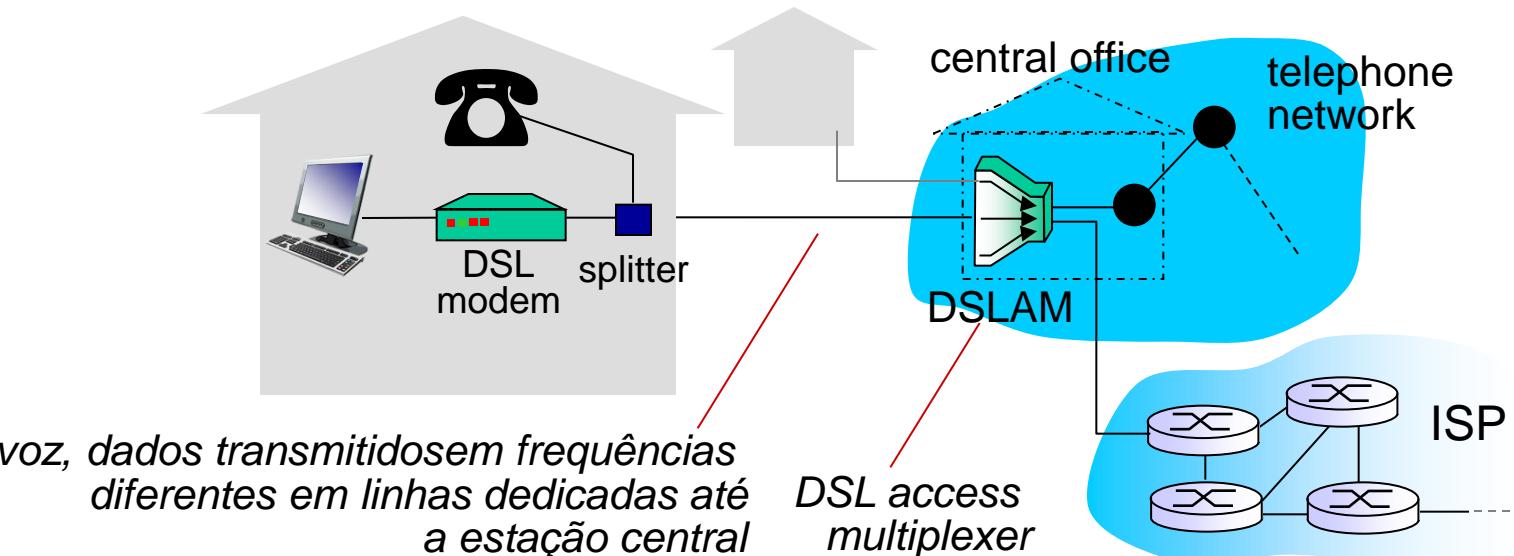


Rede de Acesso Residencial ponto-a-ponto (tecnologias passadas)

- **Discado (Dialup) via modem**
 - acesso direto ao roteador de até 56Kbps (teoricamente);
 - Não pode falar ao telefone e “surfar na Internet ao mesmo tempo”; não pode estar sempre conectado



Digital subscriber line (DSL)



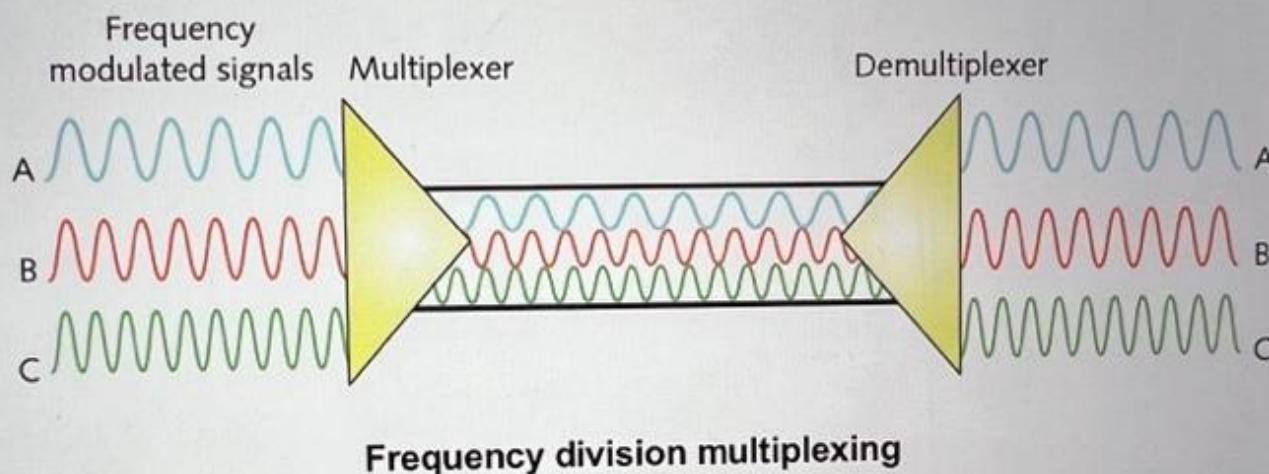
- ❖ usa linha telefônica existente para o DSLAM na estação central
 - Dados enviados para Internet
 - Voz enviado para rede telefônica
 - < 2.5 Mbps taxa transmissão upstream (typically < 1 Mbps)
 - < 24 Mbps taxa transmissão downstream (typically < 10 Mbps)

DSL - FDM

Frequency division multiplexing (FDM)

Unique frequency band for each communications subchannel

- DSL Internet access



DSL - Atenuação

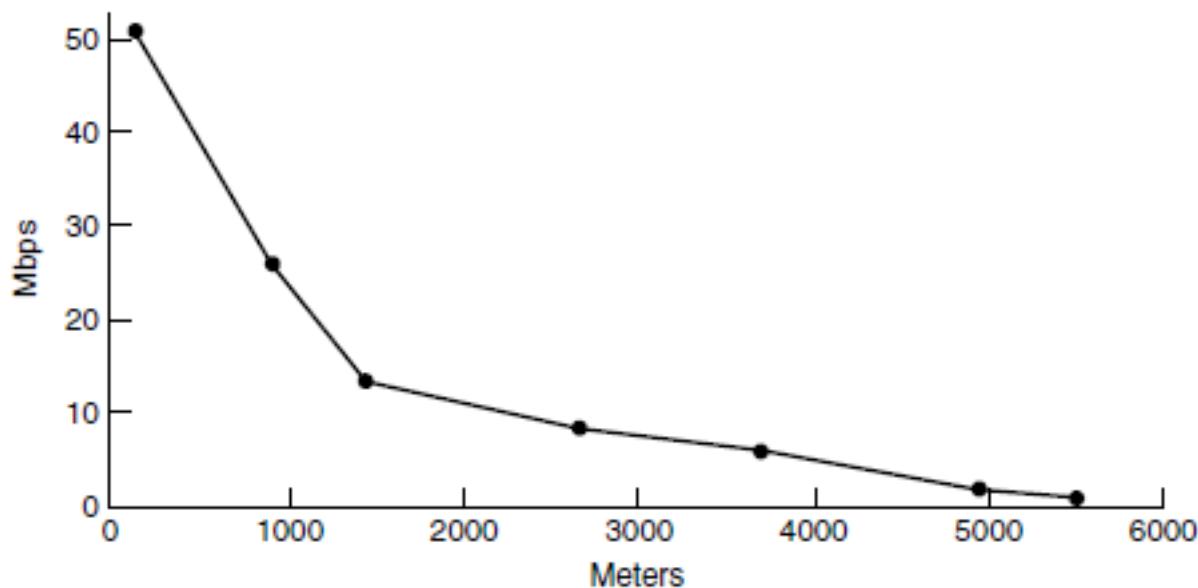
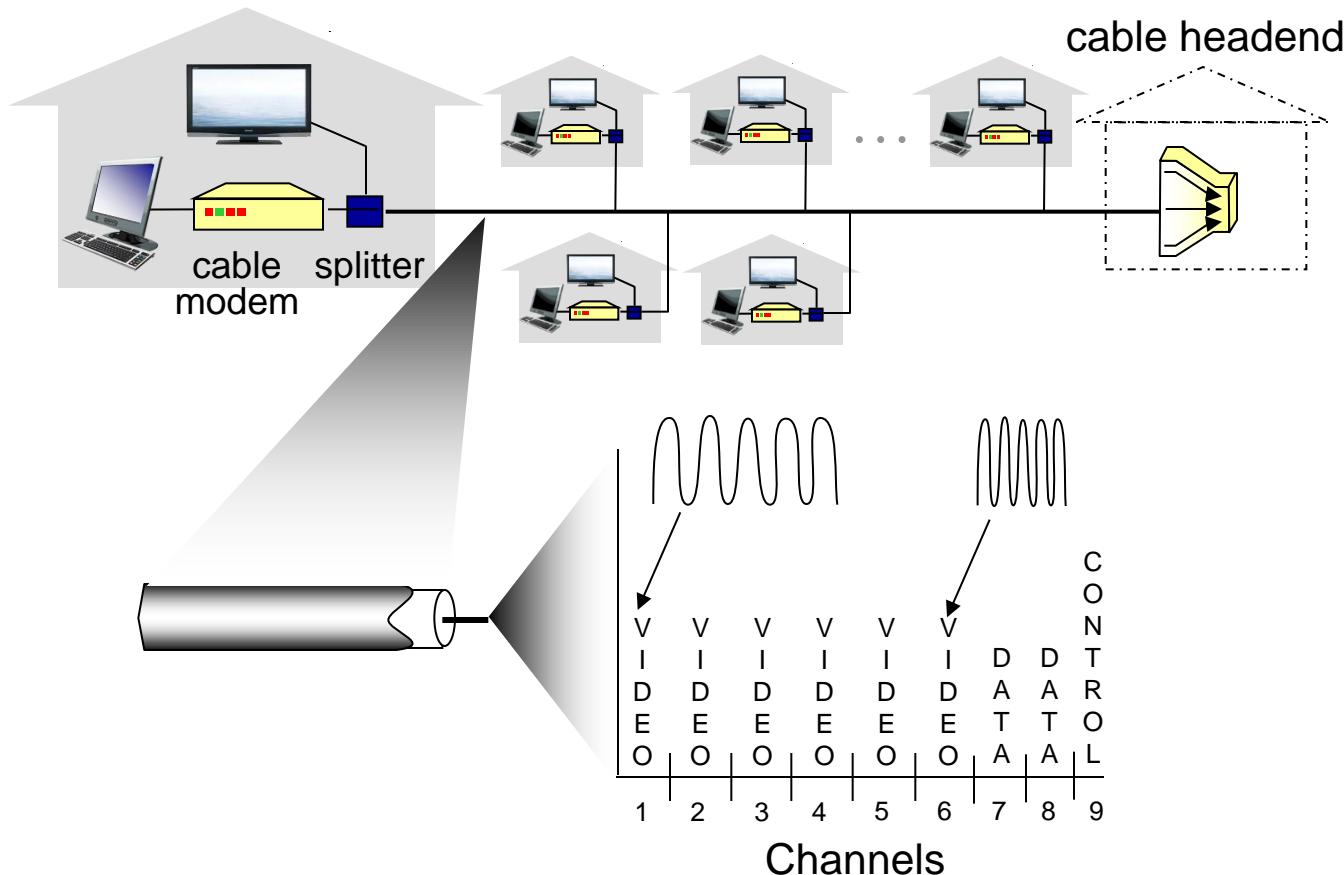


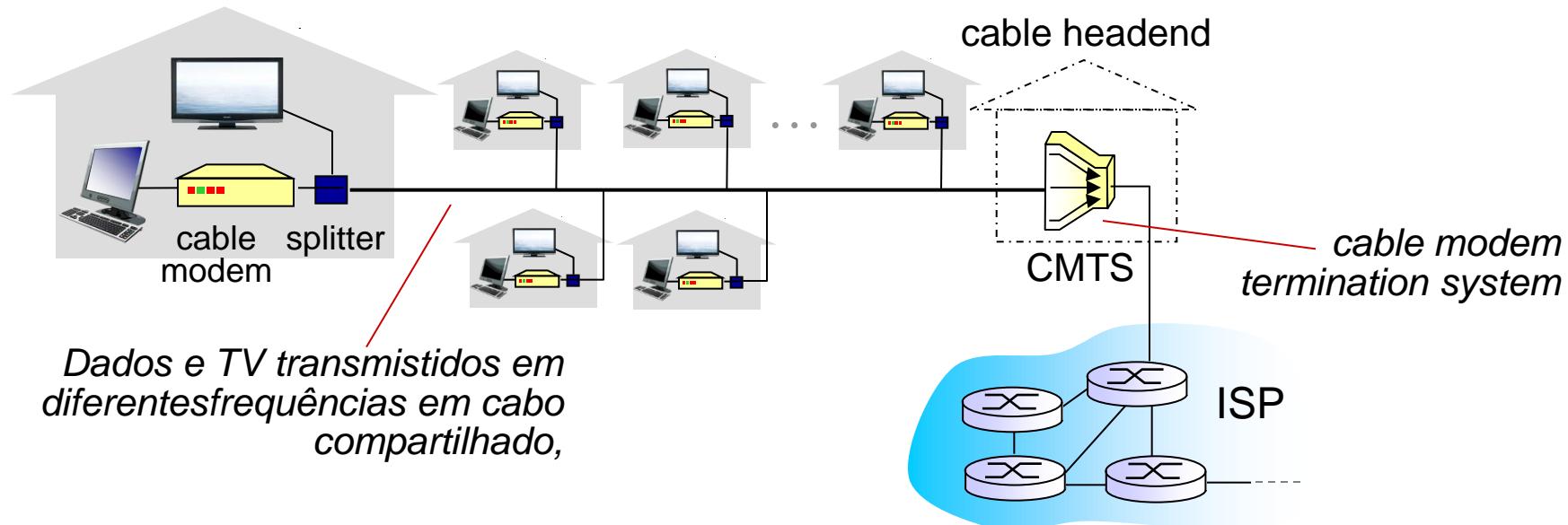
Figure 2-33. Bandwidth versus distance over Category 3 UTP for DSL.

Rede a Cabo - HFC



frequency division multiplexing: diferentes canais de TV e dados transmitidos em diferentes frequências

HFC



- ❖ **HFC: hybrid fiber coax**
 - assimétrico: até taxa de transmissão de 30Mbps downstream e até 2 Mbps upstream
- ❖ **Rede de cabo e fibra ligam residências ao roteador dos ISPs**
 - Residências compartilham acesso até o headend
 - Diferente de DSL, que possui acesso dedicado

DOCSIS

- Data over cable interface specification(DOCSIS)
- Cable modems verificam a distância até head-end através de pacote de ranging,
- cada modem requer o número de mini-slots necessários para transmissão do pacote

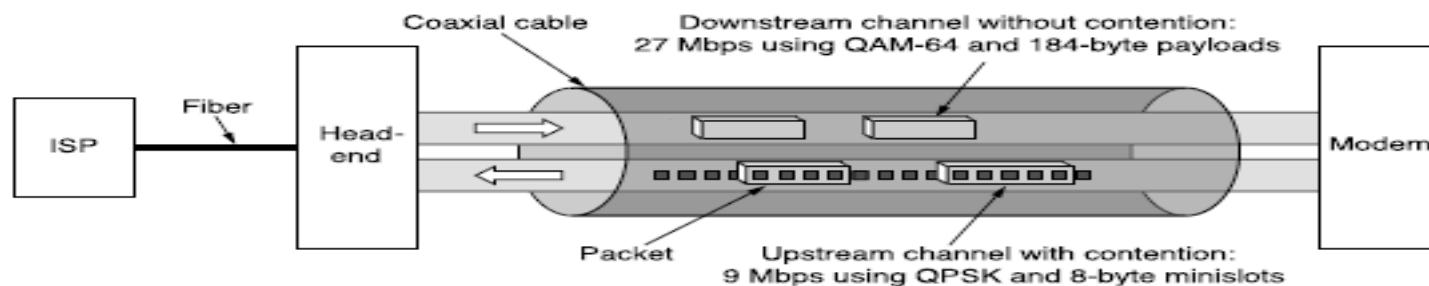


Figure 2-53. Typical details of the upstream and downstream channels in North America.

Rede a cabo - histórico

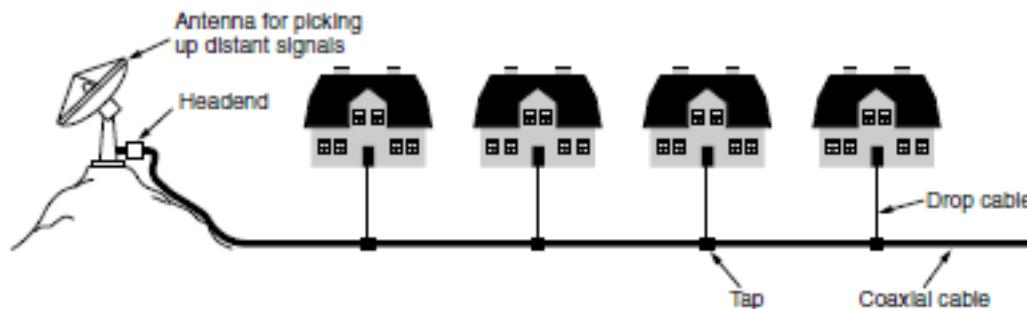
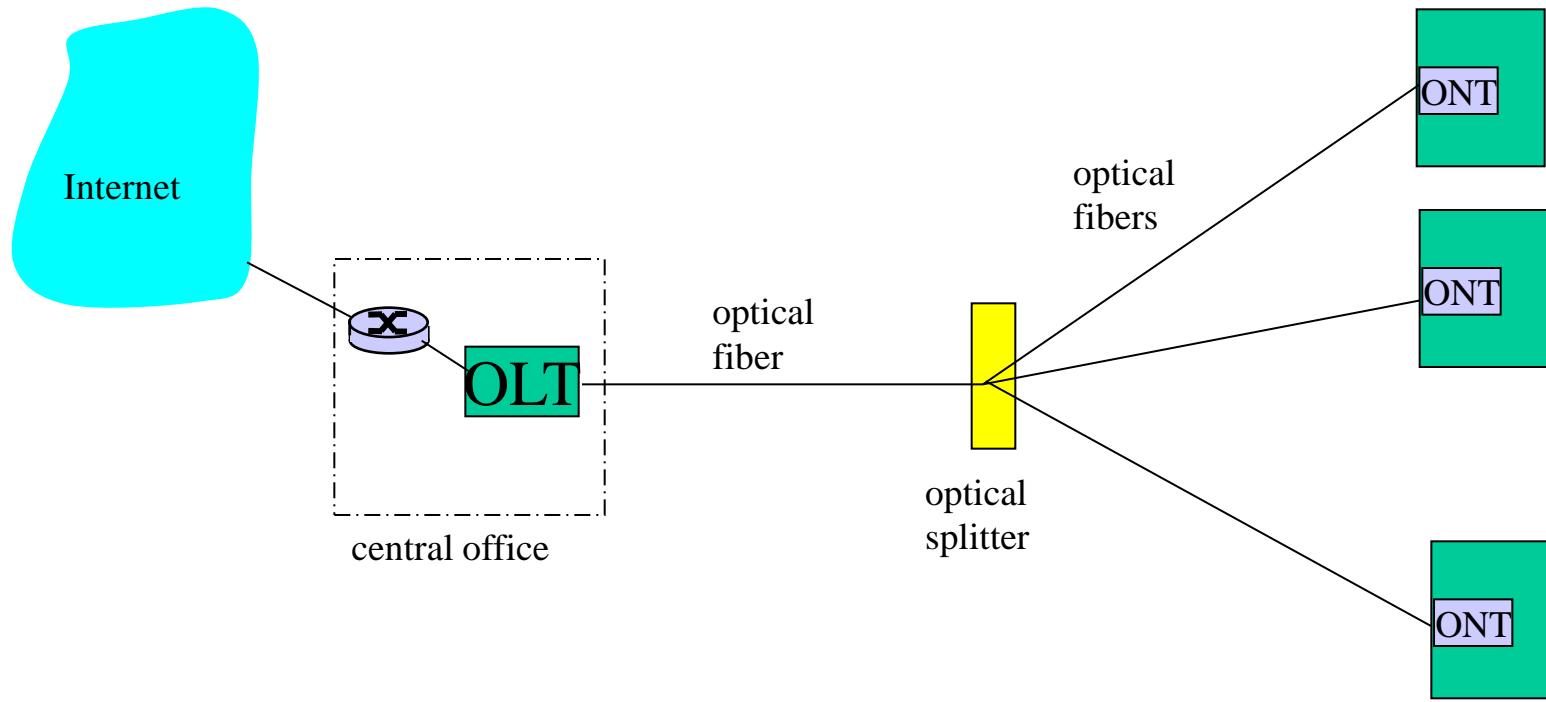


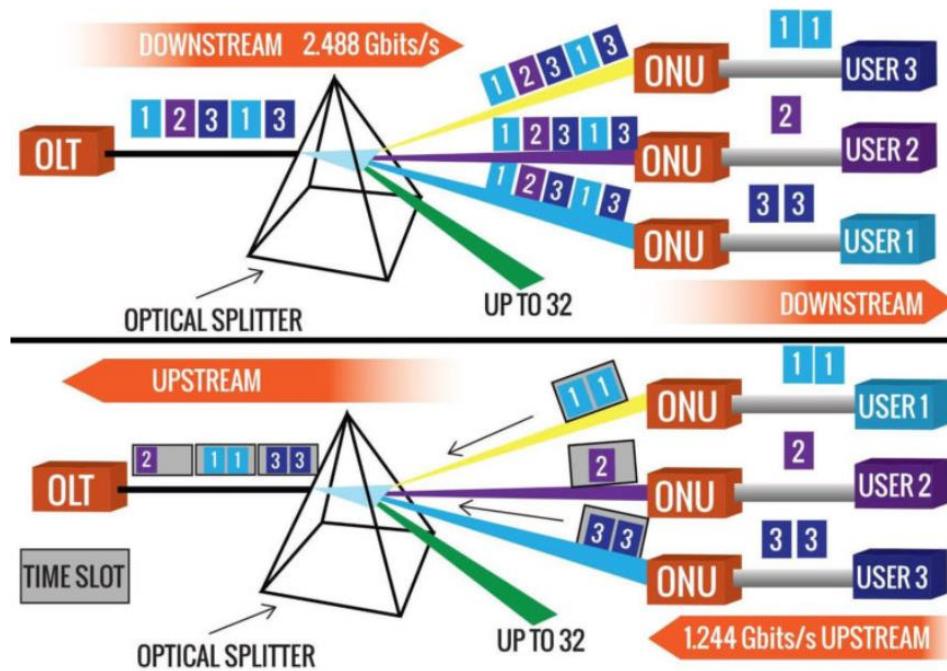
Figure 2-50. An early cable television system.

Fiber to the Home



- Enlaces ópticos da estação central até a casa do usuário
- Dua tecnologias:
 - Passive Optical network (PON) - Gigabit PON (GPON), Ethernet PON (EPON)
 - Active Optical Network (PAN)
 - Taxas muito mais elevadas, também transmitem TV e voz

PONS



GPON

O padrão GPON denomina uma rede PON capaz de oferecer uma conexão acima de 1 gigabit por segundo (1 Gb/s). No geral, a estrutura é capaz de fornecer uma velocidade de download de até 2,5 Gb/s, enquanto o upload alcança até 1,25 Gb/s. Como a demanda é maior no sentido provedor-usuário do que o contrário, uma rede assimétrica é mais vantajosa, por permitir maiores velocidades de download.

GPON

O GPON não é o único padrão de rede PON, e há outros com características distintas:

- **XGPON/10G-PON:** Considerado o substituto do GPON, é capaz de fornecer velocidades de download de até 10 Gb/s e upload de até 2,5 Gb/s;
- **XGS-PON:** Uma evolução do XGPON, fornece conexão síncrona (download = upload) de até 10 Gb/s;
- **EPON/GEPON:** Usa Ethernet na conexão final. O padrão GEPON entrega conexão síncrona de até 1,25 Gb/s;
- **10G-EPON:** Evolução do GEPON, fornece conexão síncrona de até 10 Gb/s;
- **PAC-PON:** Um ponto de acesso cabeado (um switch, por exemplo) recebe a conexão de uma rede PON, e redistribui o sinal para usuários via cabo Ethernet. Mais usado em condomínios e edifícios.

EPON x GPON

EPON

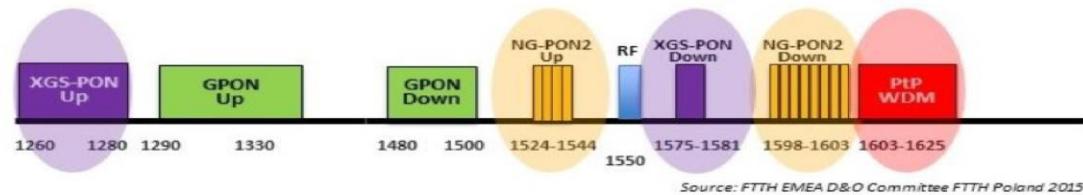
- Utiliza o protocolo Ethernet para trafegar dados;
- Especificações definidas no IEEE 802.3ah;
- Dispensa qualquer conversão ou encapsulamento quando se conecta a redes iguais;
- Os dados são transmitidos em pacotes de 1518 bytes;
- As portas PON das OLTs EPON podem se conectar a 64 ONUs/ONTs;
- A eficiência da taxa de tráfego de informação útil que chega ao usuário final é de 67%.

GPON

- Desenvolvida pela ITU-T G984;
- Utiliza o GEM (GPON Encapsulation Method) para operar multiserviços;
- Encapsula dados de variados protocolos para transporte (Ethernet, IP, TCP, UDP, T1/E1, vídeo e VoIP e encriptação AES também no downstream);
- O pacote varia de 53 bytes a 1518 bytes;
- O dobro da razão de divisão: 128 ONUs/ONTs por porta PON (apesar da norma defender a razão de 64 clientes por porta PON). No entanto, sempre é importante ponderar o número de usuários e a banda máxima oferecida para garantir a qualidade da transmissão;
- Até 93% de eficiência na taxa de tráfego útil.

GPON

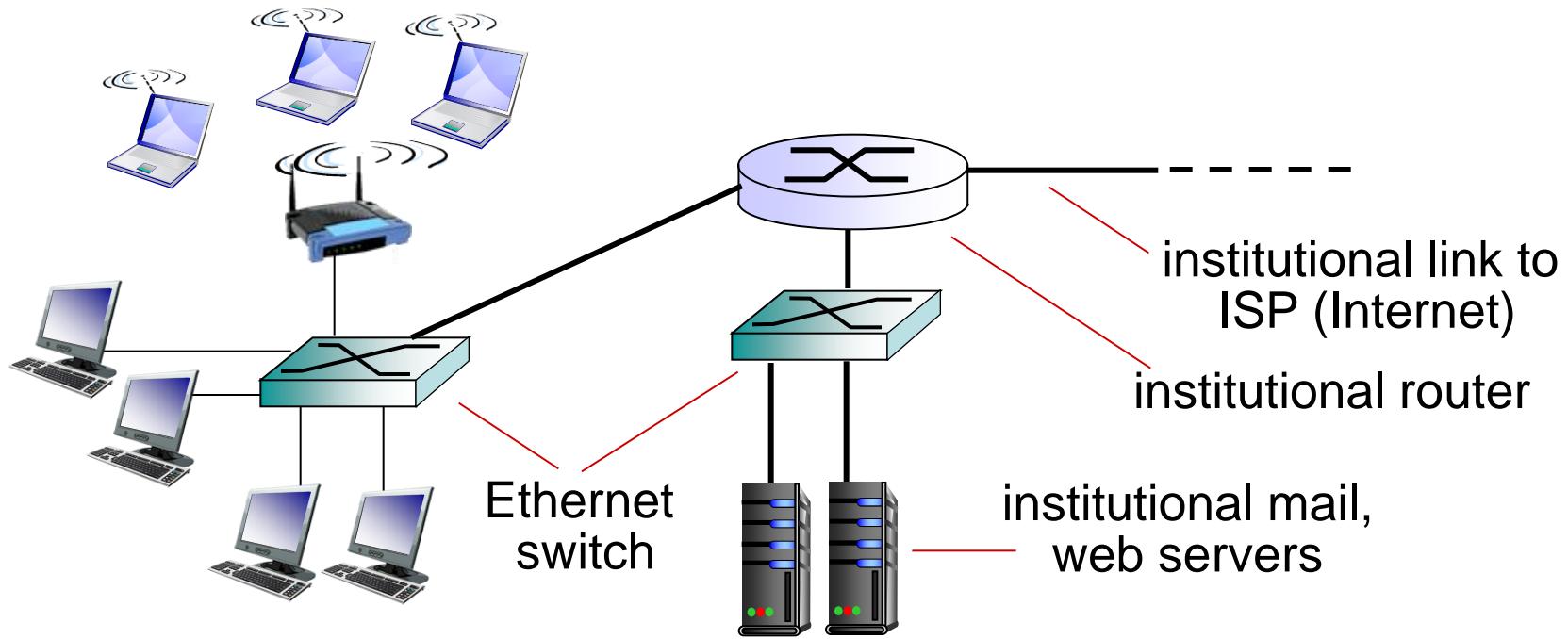
	GPON	XGS-PON (sym)	NG-PON2	GE-PON	10G-EPON	100G-EPON
Standards	ITU-T G.984 (2003)	ITU-T G.9807.1 (2016)	ITU-T G.989 (2015)	IEEE 802.3ah (2004)	IEEE 802.3av (2009)	IEEE 802.3ca (2019 TBD)
Downstream/Upstream Data Rates	2.4 / 1.2 Gbps	10 / 10 Gbps	40 / 10 Gbps	1.25/1.25 Gbps	10 / 10 Gbps	Up to 100/100
Splitting Ratio	up to 1:64 (128)	up to 1:128 (256)	up to 1:64	up to 1:64	up to 1:128	TBD
Coexistence	N/A	Yes, with G-PON	N/A	N/A	Yes, with GE-PON	



MyPON



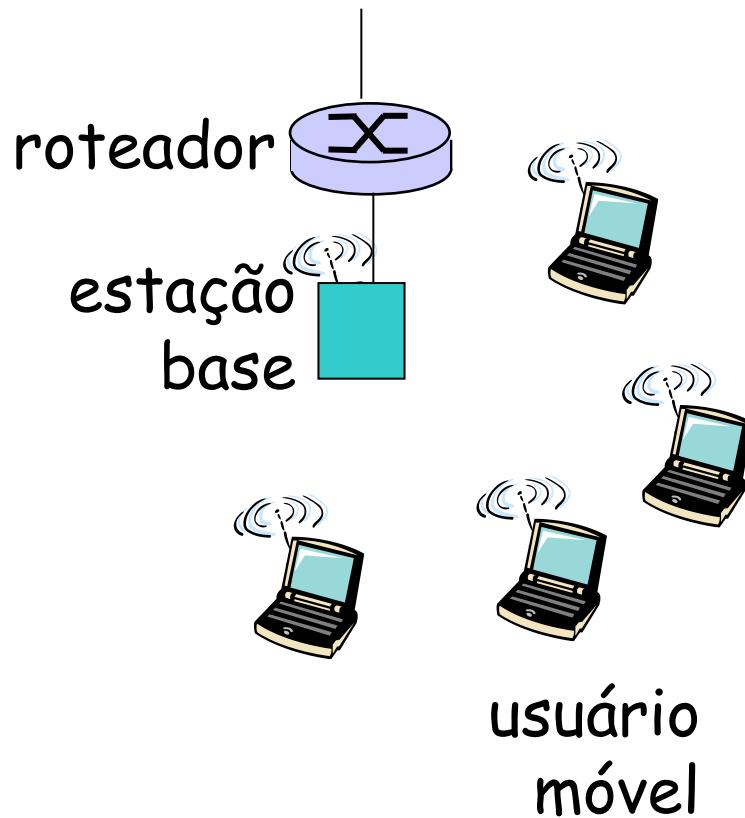
Acesso Institucional (Ethernet)



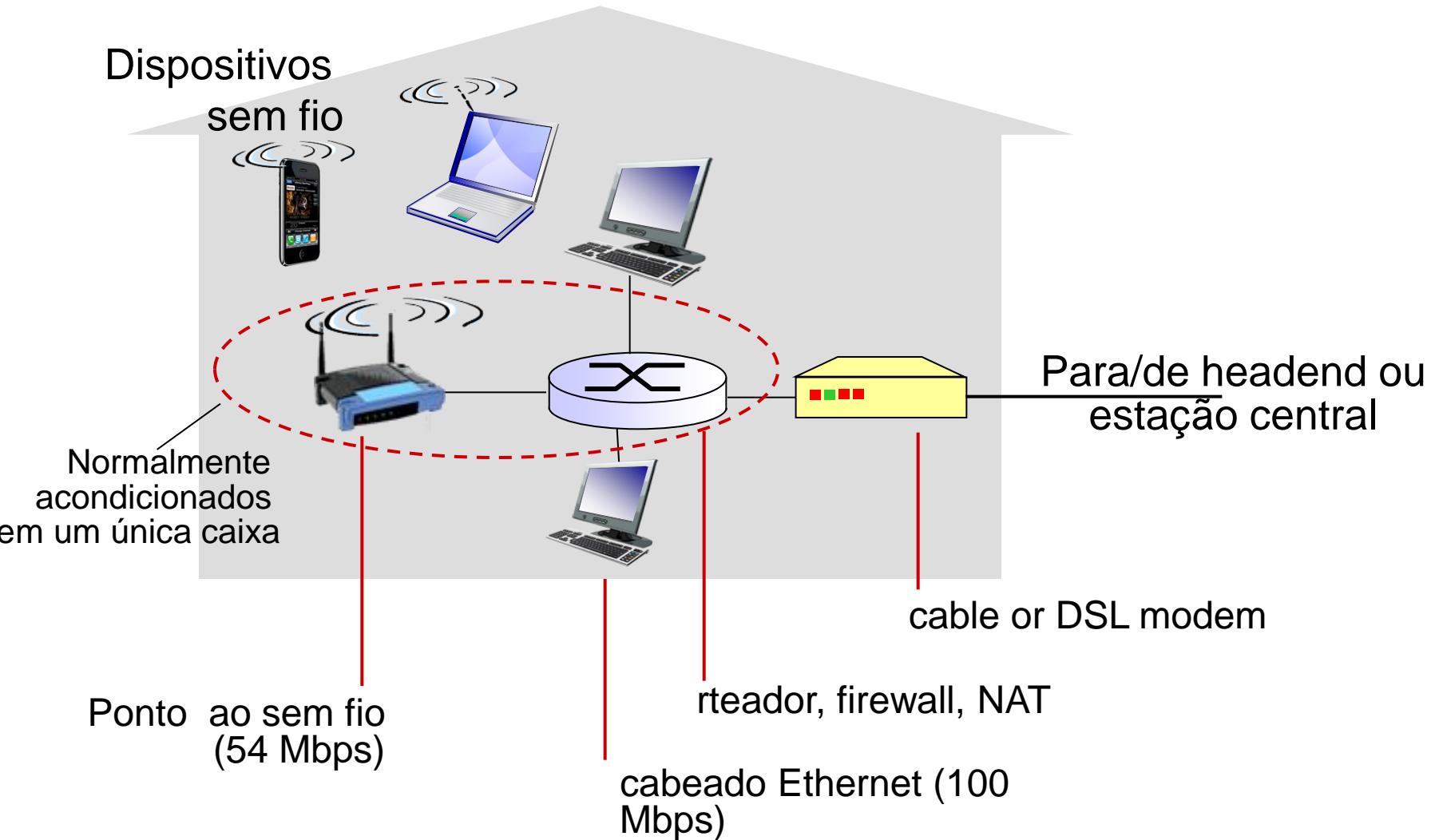
- ❖ Empresas, universidades
- ❖ 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps transmission rates
- Tipicamente conectado a switch ethernet

Redes de Acesso sem Fio (wireless)

- rede de acesso compartilhado *sem fio* conecta o sistema final ao roteador
 - via estação base (ponto de acesso)
- **LANs sem fio:**
 - ondas de rádio substituem os fios
 - 802.11b,g,n (Wifi): 11, 50, 300 Mbps
- **acesso sem fio com maior cobertura**
 - Provido pela operadora de telecomunicações;
 - WAP/GRPS na Europa
 - 3G ~384 Kbps
 - 4G ate 10 Mbs



Redes Residencias



Meio Físico

- **enlace físico:** bit de dados transmitido se propaga através do enlace
- **meios guiados:**
 - os sinais se propagam em meios sólidos: cobre, fibra
- **meios não guiados:**
 - os sinais se propagam livremente, ex. rádio

Par Trançado

- **dois fios**
 - Categoria 3: telefonia tradicional, 10 Mbps Ethernet
 - Categoria 5 TP: 100Mbps Ethernet



Cabo Coaxial e Fibra Ótica

Cabo coaxial:

- fio (transporta o sinal) dentro de outro fio (blindagem)
 - banda básica (*baseband*): canal único no cabo
 - banda larga (*broadband*): múltiplos canais num cabo
- bidirecional
- uso comum em Ethernet 10Mbps



Cabo de fibra óptica:

- fibra de vidro transporta pulsos de luz, cada pul'so é um bit
- opera em alta velocidade:
 - Ethernet 100Mbps
 - transmissão ponto a ponto de alta velocidade (ex., 5 Gps)
- baixa taxa de erros: imune a ruídos eletromagnéticos



Meios físicos: rádio

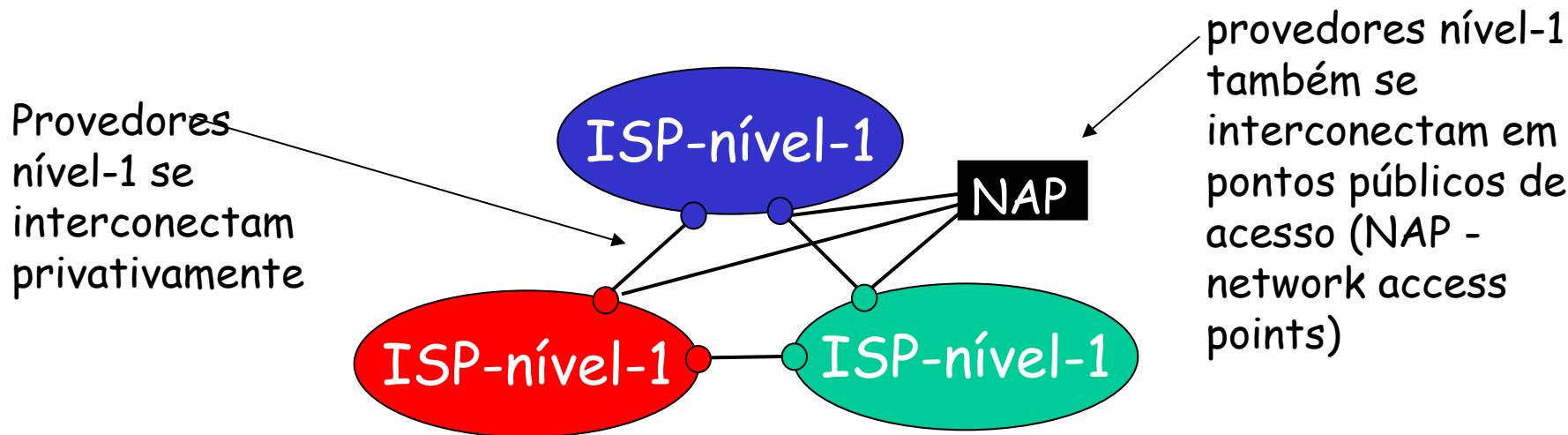
- Sinal transportado em meio eletromagnético
- não existe “cabo”
- bidirecional
- efeitos de propagação:
 - reflexão
 - obstrução de objetos
 - interferência

Tipos de enlaces de rádio:

- microondas
 - ex.: canais de até 45 Mbps
- LAN (ex., waveLAN)
 - 2Mbps, 11Mbps, 150 Mbs
- satélite
 - canal de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
 - atraso fim a fim de 270 msec
 - geoestacionário versus LEOs

Estrutura Internet: redes de redes

- Ligeiramente hierarquizado
- No centro: **ISPs-nível-1** (ex: UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T), cobertura nacional/internacional
 - Tratamento igualitário entre os ISPs

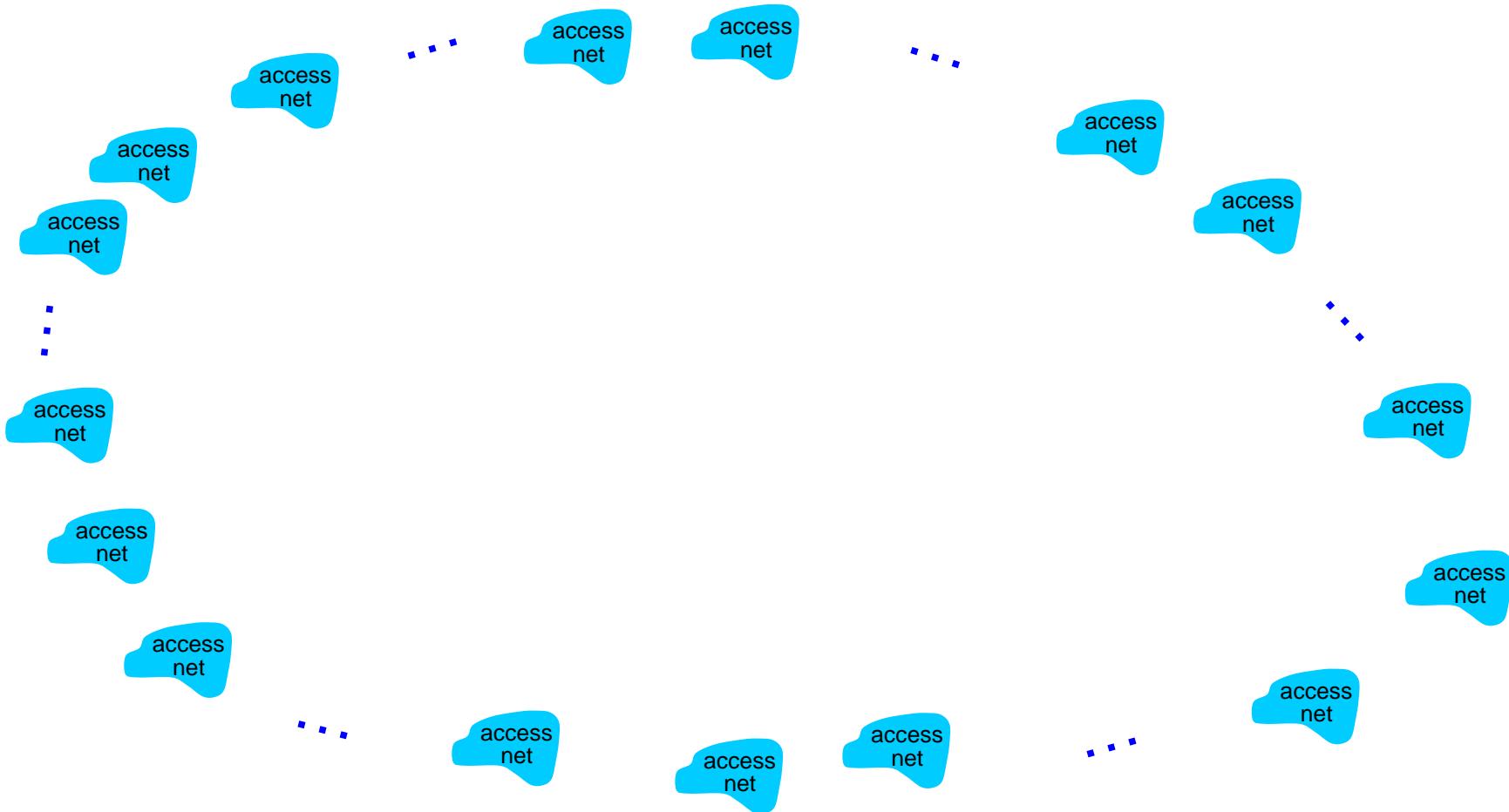


Internet structure: network of networks

- ❖ Usuários conectados a Provedores de acesso, (Internet Service Providers) ISP
- ❖ Residenciais, empresas e universidades
- ❖ Provedores de acesso devem estar conectados de forma que os hosts possam trocar pacotes
- ❖ Estrutura da Internet
 - Topologia hierarquizadas
 - Evolução ditada por razões econômicas e políticas

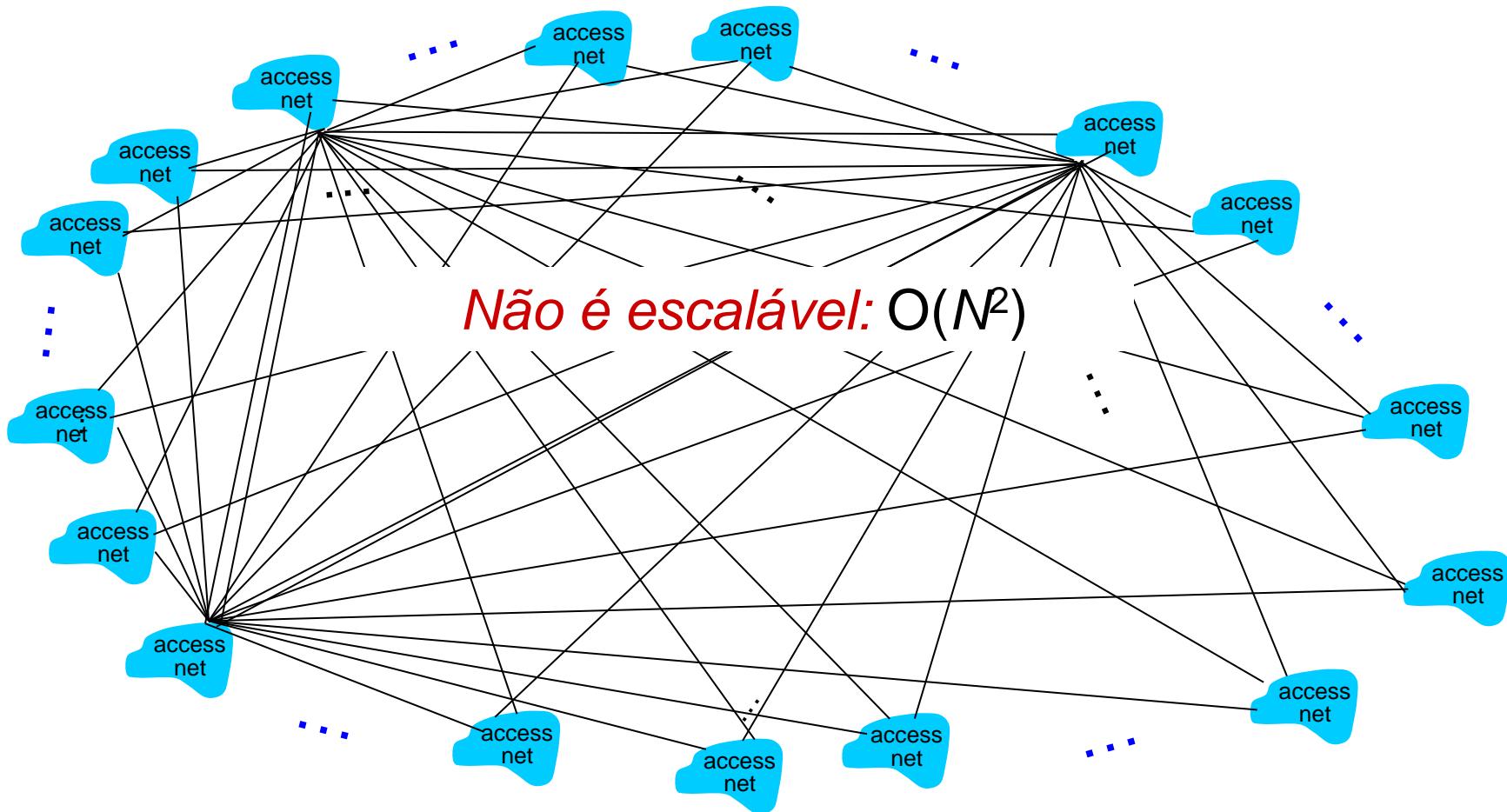
Estrutura da Internet

Como conectar milhares de ISPs?



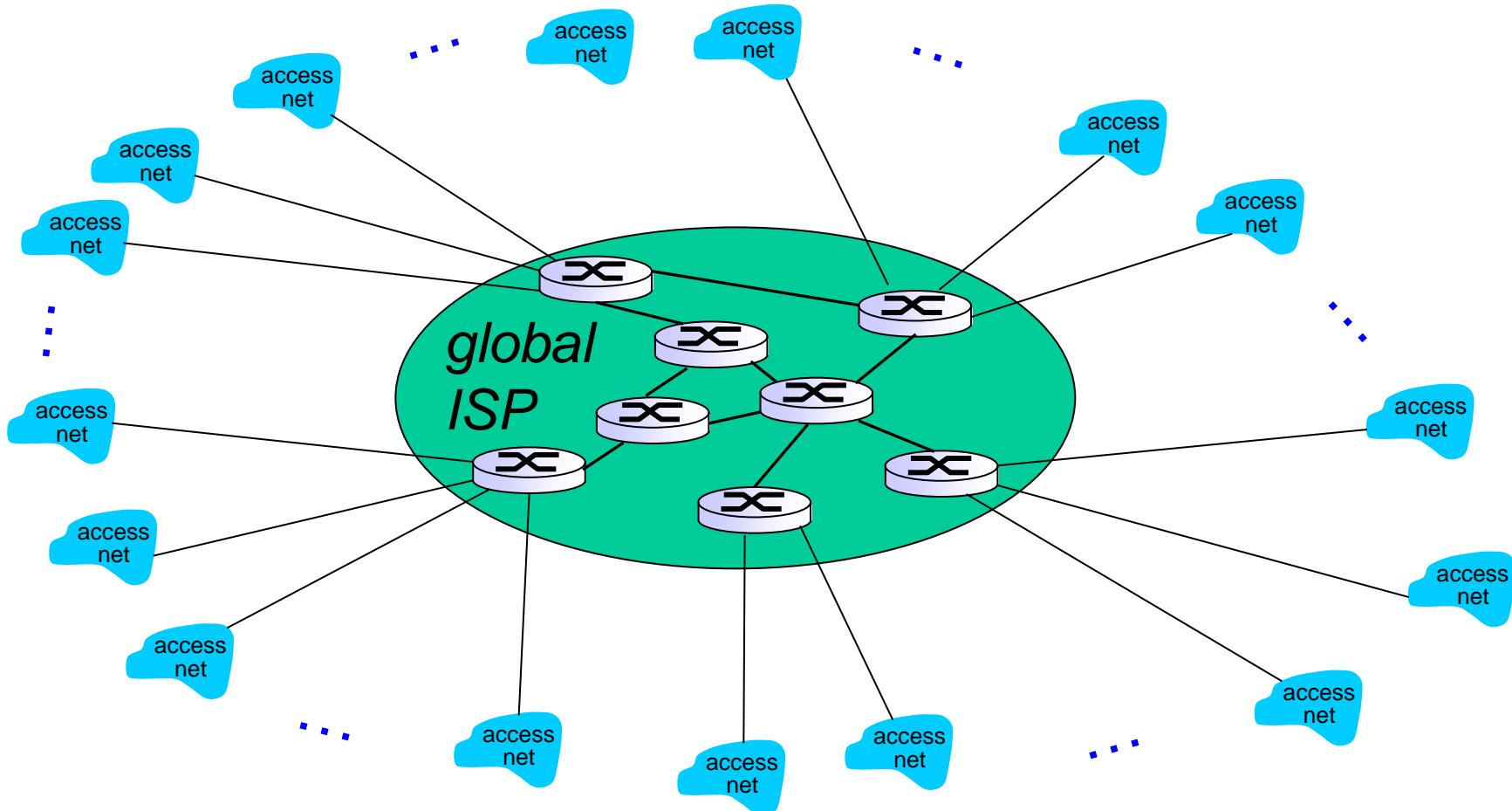
Estrutura da Internet

Conectar ISPs diretamente não é viável



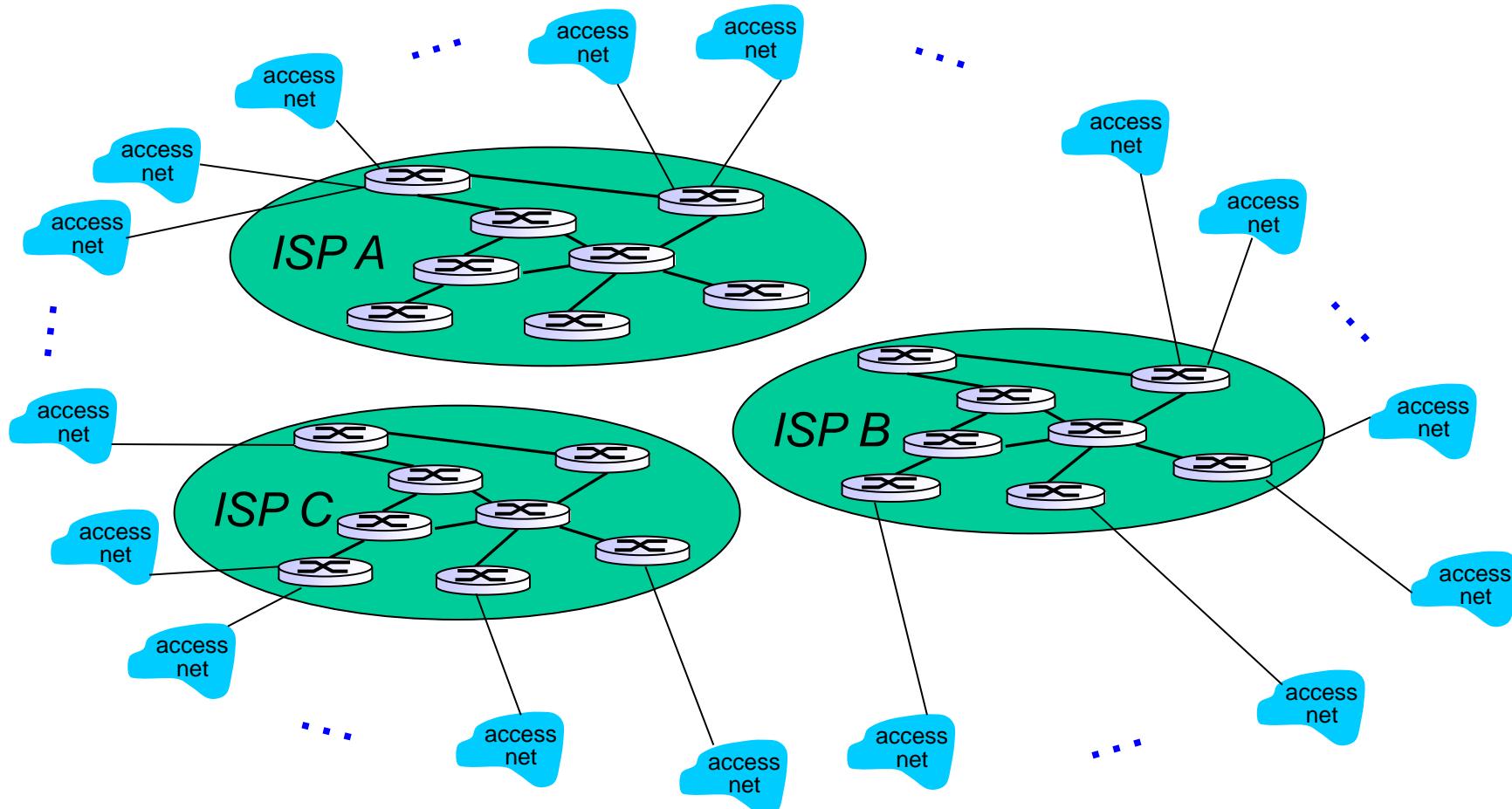
Estrutura da Internet

Opção: conectar a um ISP global.



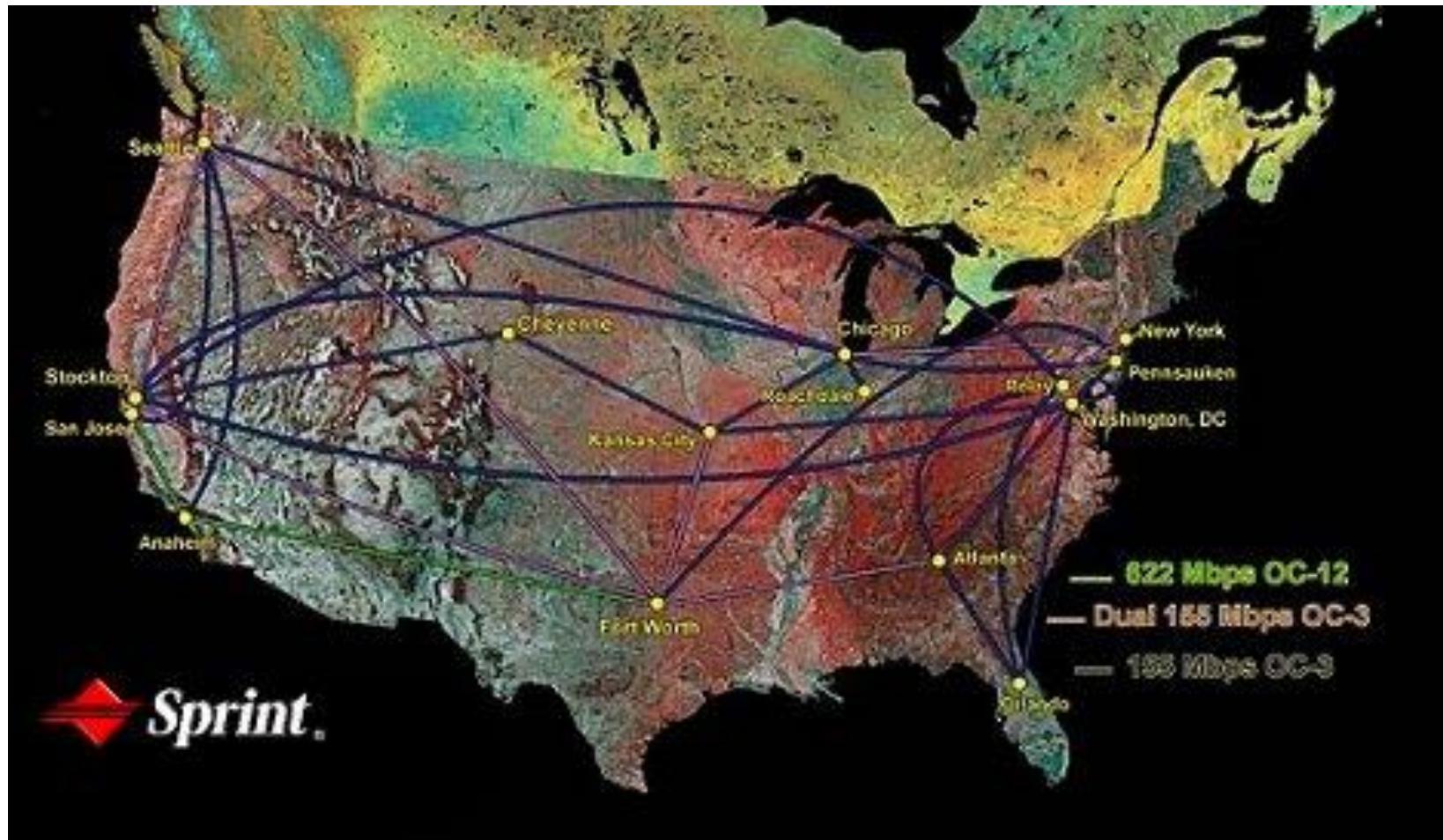
Estrutura da Internet

Na realidade, vários provedores de infraestrutura



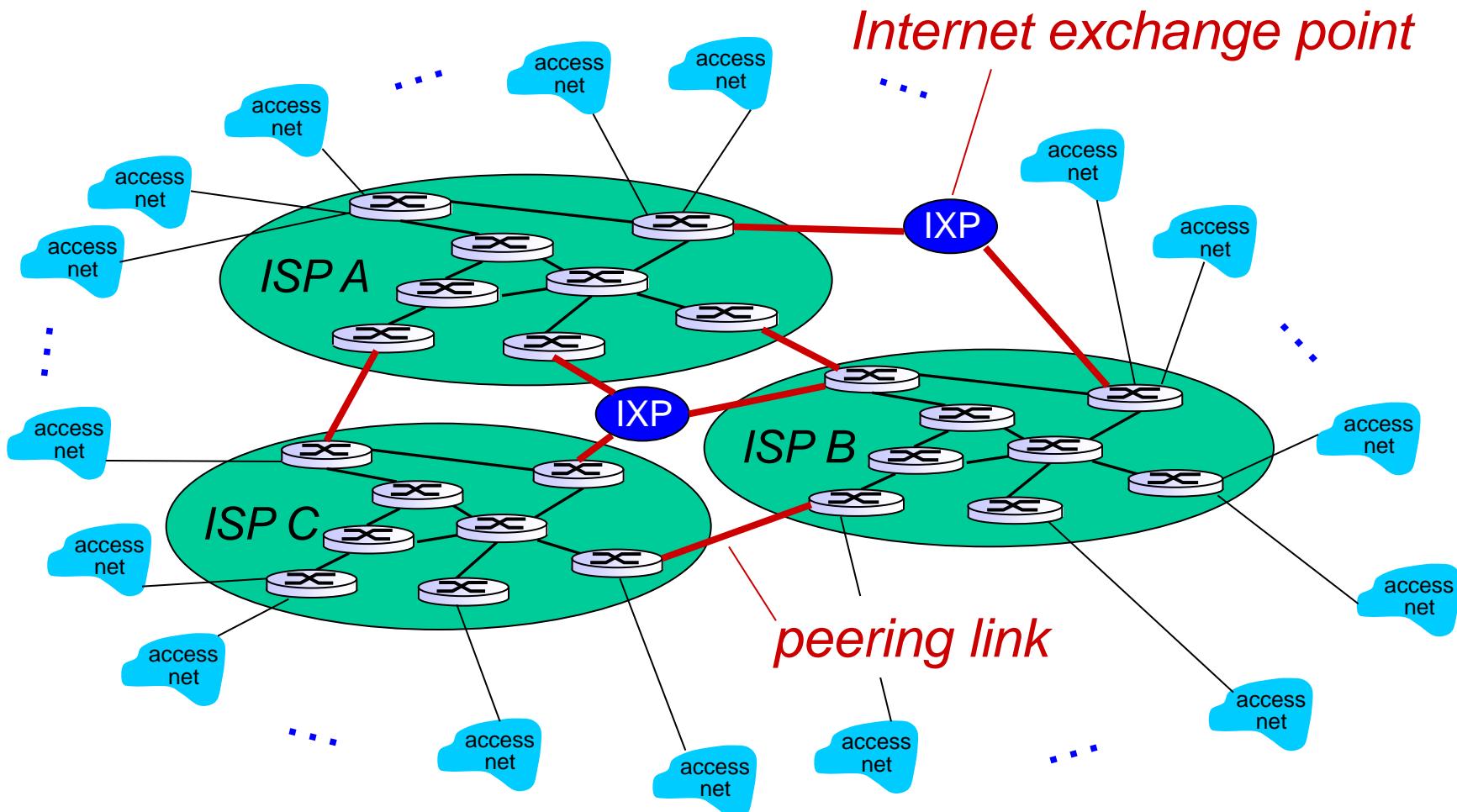
ISP-nível-1: ex: Sprint

Backbone Sprint US



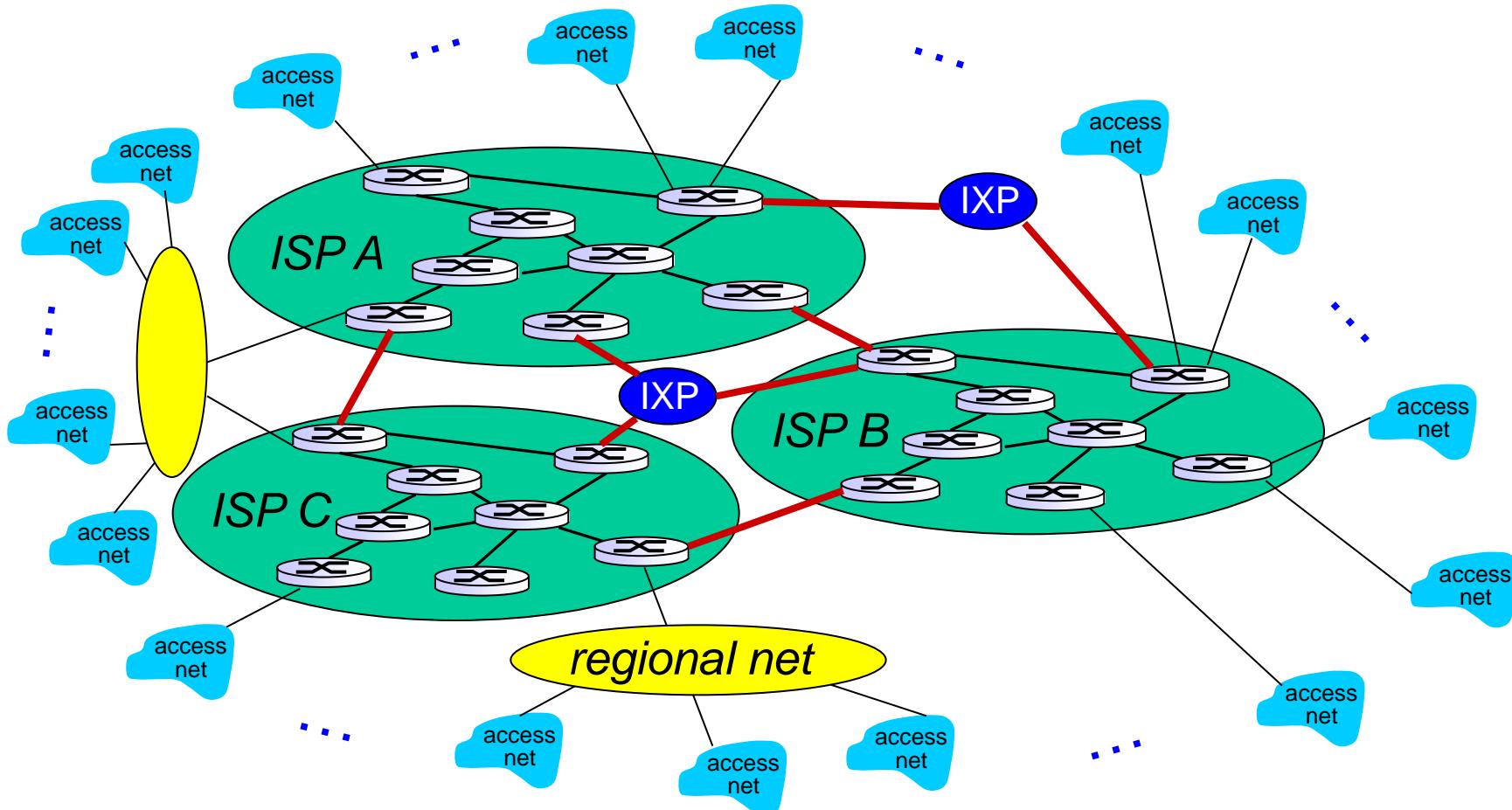
Estrutura da Internet

ISP globais tem que ser conectados entre si

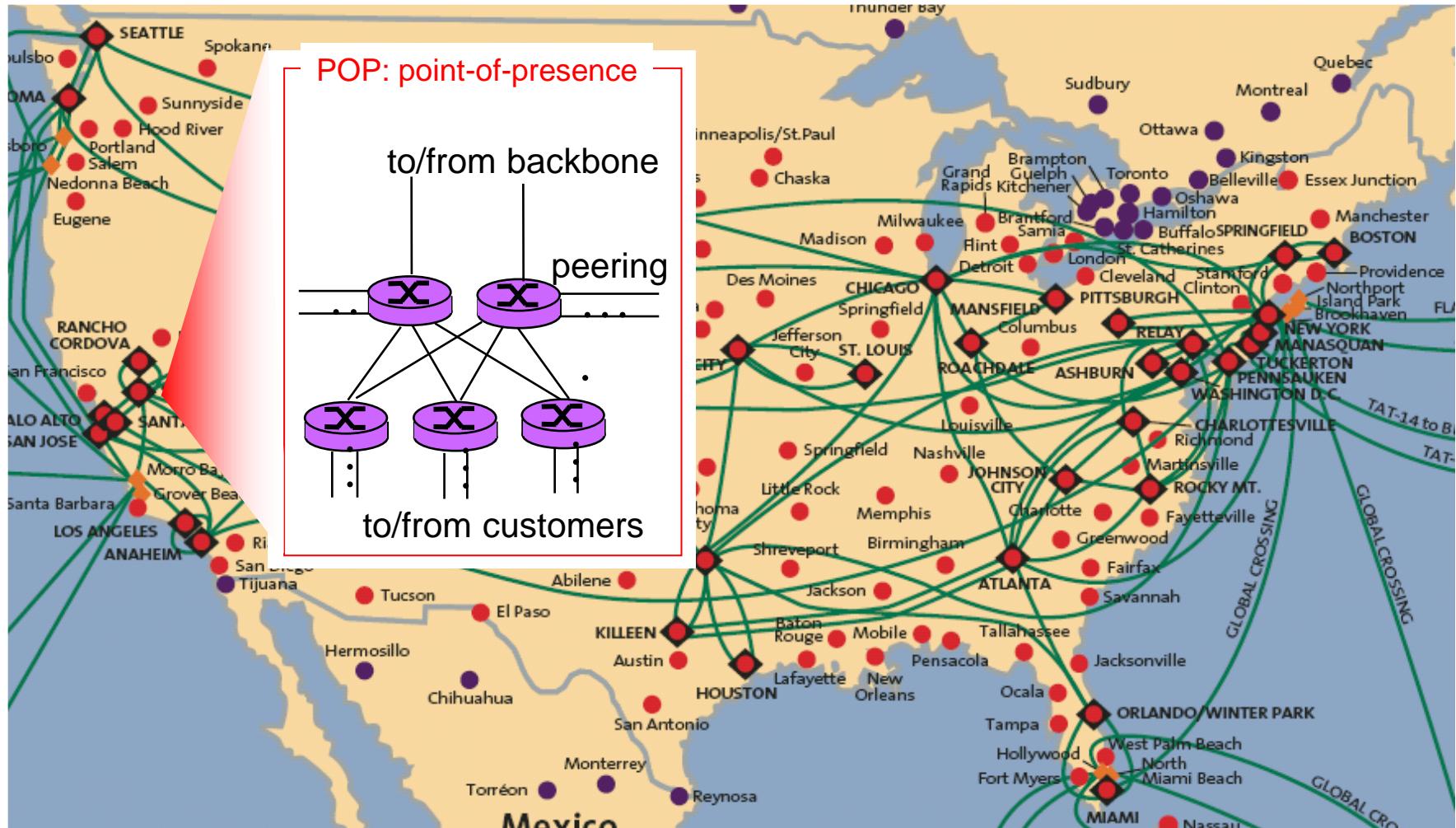


Estrutura da Internet

Redes regionais conectando ISP de acesso a ISPs de núcleo



Tier-1 ISP: e.g., Sprint





Mapa IXP

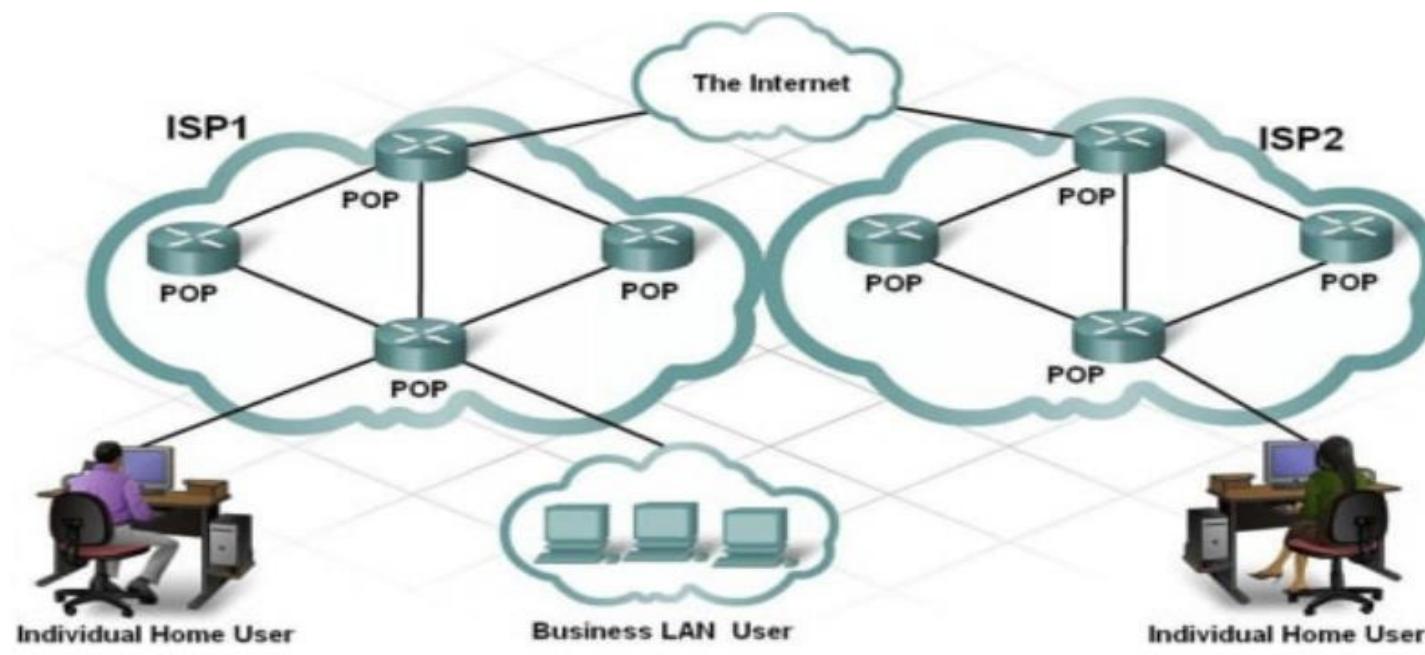


IXP Size

Short name	Name	City	Country	Established	Members	(Gbit/s) maximum	(Gbit/s) average	Values updated
DE-CIX	Deutscher Commercial Internet Exchange ^[1]	Frankfurt, Hamburg, Munich, Düsseldorf, New York City, Dubai (As UAE-IX), Palermo, Marseille, Istanbul, Dallas, Madrid	Germany, USA, UAE, Italy, France, Turkey, Spain	1995	718 ^[2]	5638 ^[3]	3428 ^[3]	19 January 2017
AMS-IX	Amsterdam Internet Exchange ^[4]	Amsterdam, Haarlem, Schiphol-Rijk ^[5]	Netherlands	1997 ^[6]	804 ^[7]	5284 ^[8]	3451 ^[8]	19 January 2017
LINX	London Internet Exchange ^[9]	London, Manchester, Edinburgh, Cardiff, Northern Virginia ^[10]	United Kingdom, USA	1994	644 ^[11]	3420 ^[12]	2089 ^[12]	18 October 2016
MSK-IX	MSK-IX ^[13]	Moscow, Saint-Petersburg, Novosibirsk, Rostov-on-Don, Stavropol, Samara, Kazan, Ekaterinburg, Vladivostok	Russia	1995	504 ^[14]	2821 ^[15]	1211 ^[15]	25 February 2017
DATA-IX	DATA-IX ^[16]	Moscow, Saint-Petersburg, Novosibirsk, Samara, Ufa, Perm, Ekaterinburg, Chelyabinsk, Krasnoyarsk, Khabarovsk, Omsk	Russia, Ukraine, Kazakhstan, Germany	2009	344 ^[17]	2700 ^[18]	1300 ^[19]	5 February 2017
IX.br	Brazil Internet Exchange ^[20]	Belém, Belo Horizonte, Brasília, Campina Grande, Campinas, Caxias do Sul, Cuiabá, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Goiânia, Lajeado, Londrina, Manaus, Maringá, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Carlos, São José dos Campos, São José do Rio Preto, São	Brazil	2004	1350 ^[21]	2280 ^[22]	1490 ^[22]	18 January 2017

Point-of-Presence

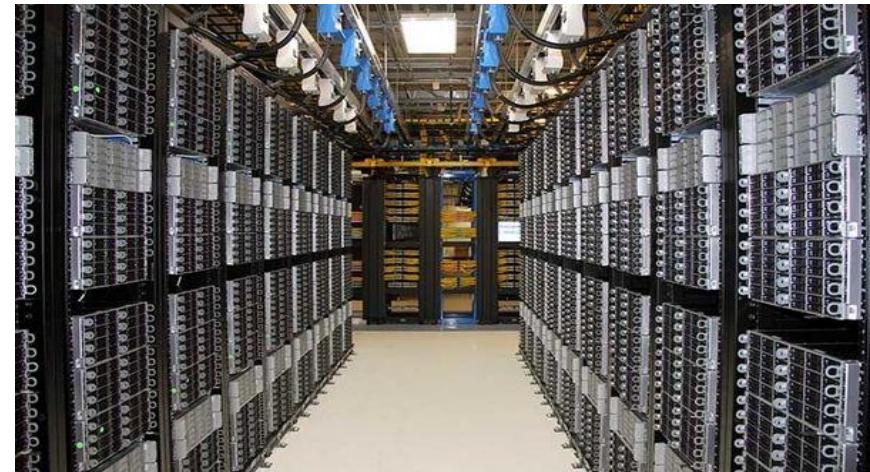
- ❑ Permite Acesso à Internet



Point-of-Presence

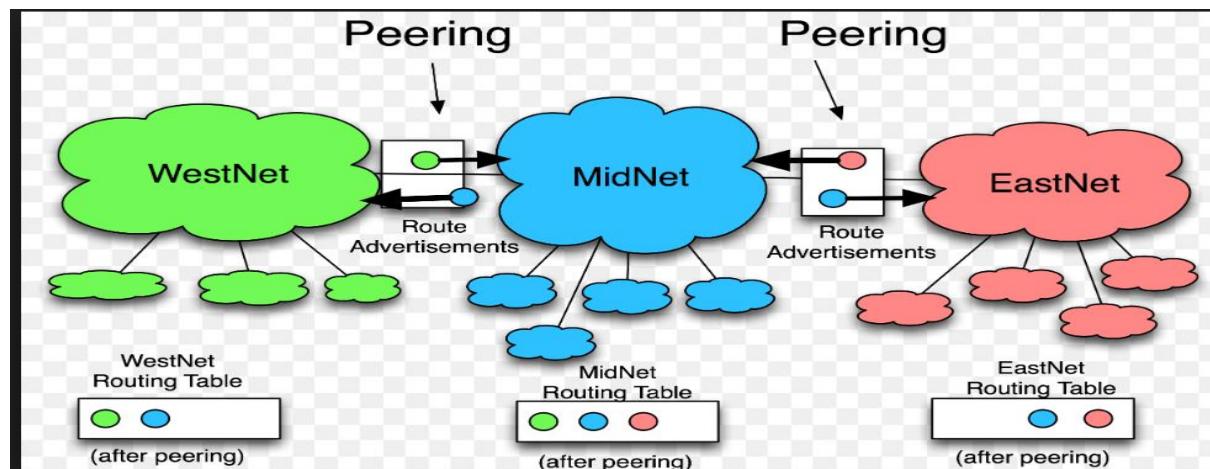


<https://blog.apnic.net/2016/11/23/start-internet-exchange-point/>



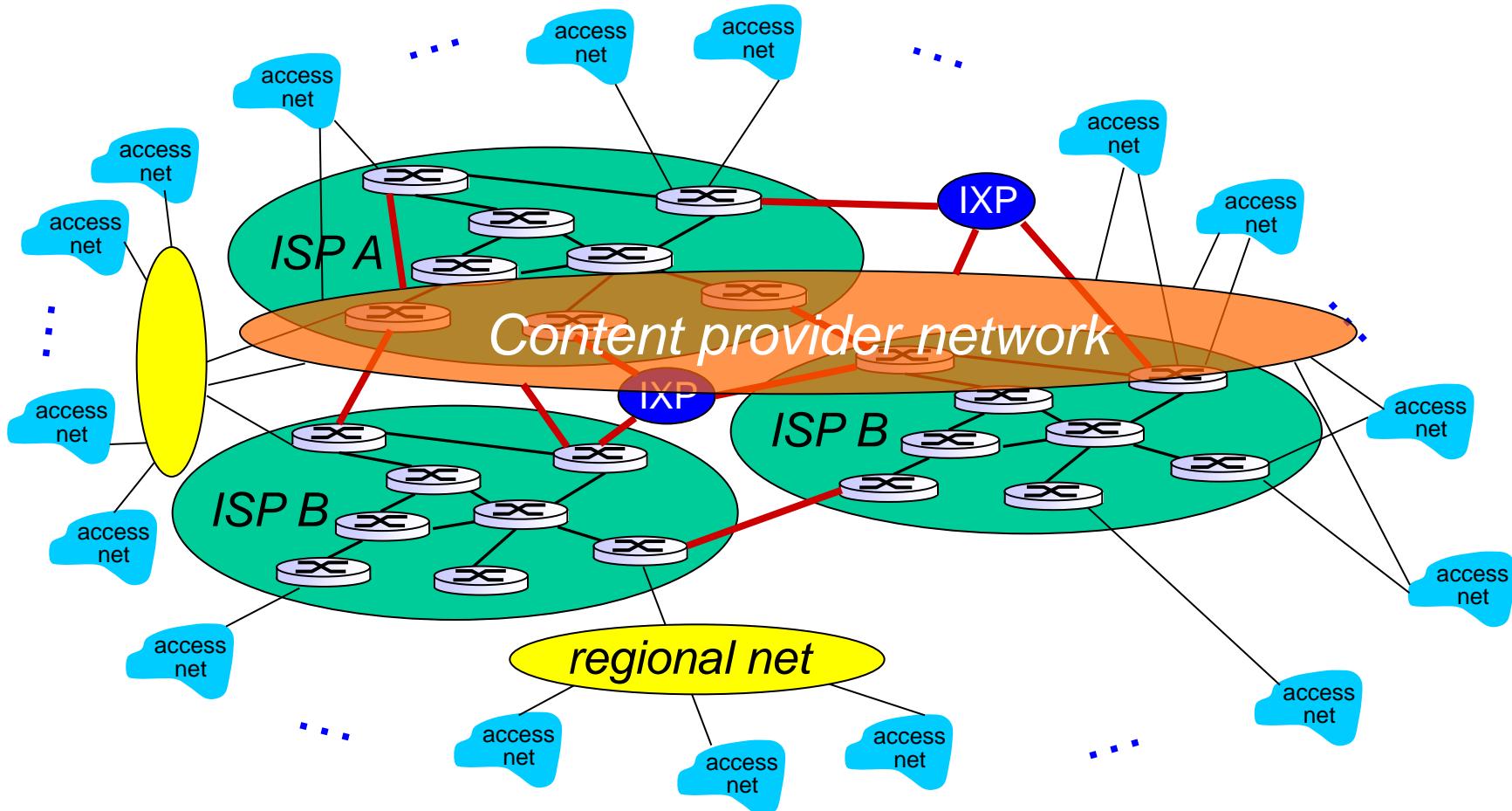
Peering

- Conexão voluntária entre duas redes independentes
- Aumento de: redundância, capacidade, controle de roteamento,



Internet structure: network of networks

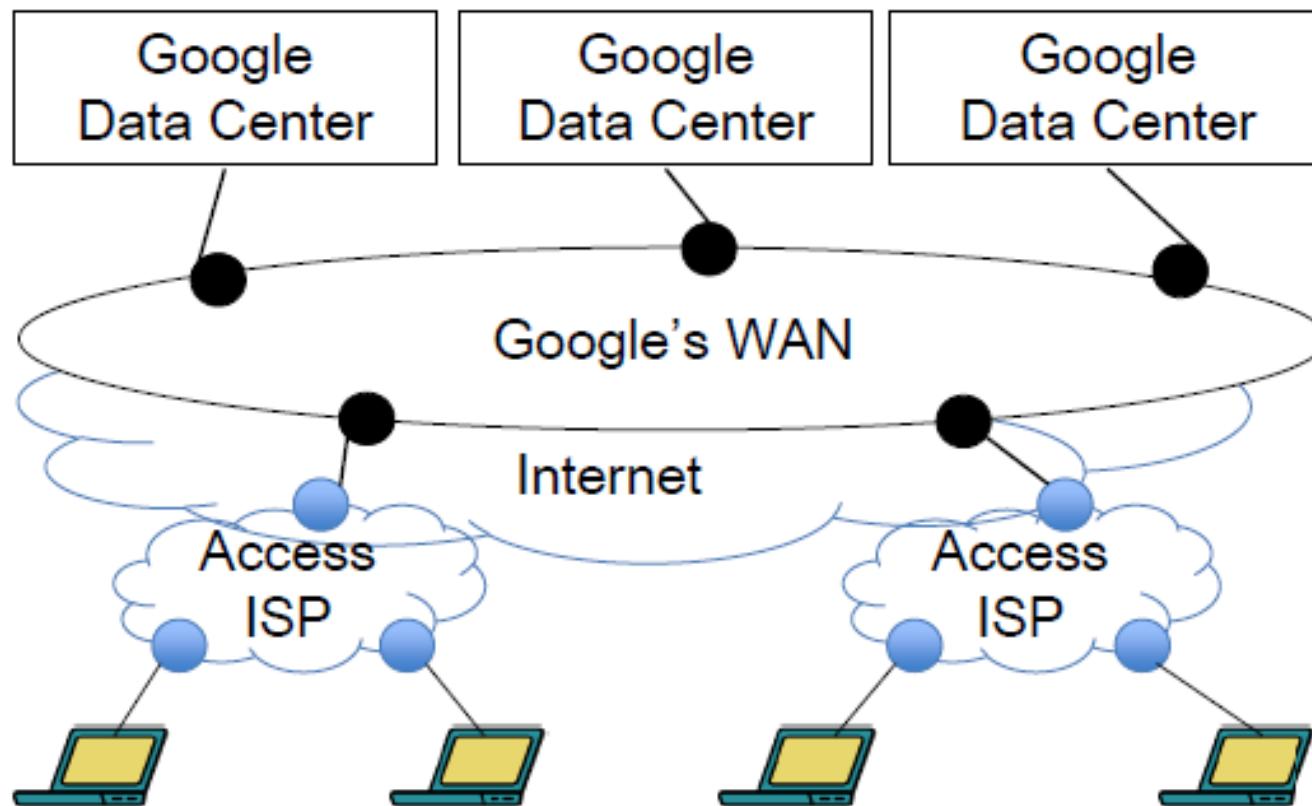
... provedores de conteúdo possuem sua própria rede (Google, Microsoft, Akamai)para trazer serviço perto do usuário



Redes de distribuição de conteúdo

- Exemplo: Google

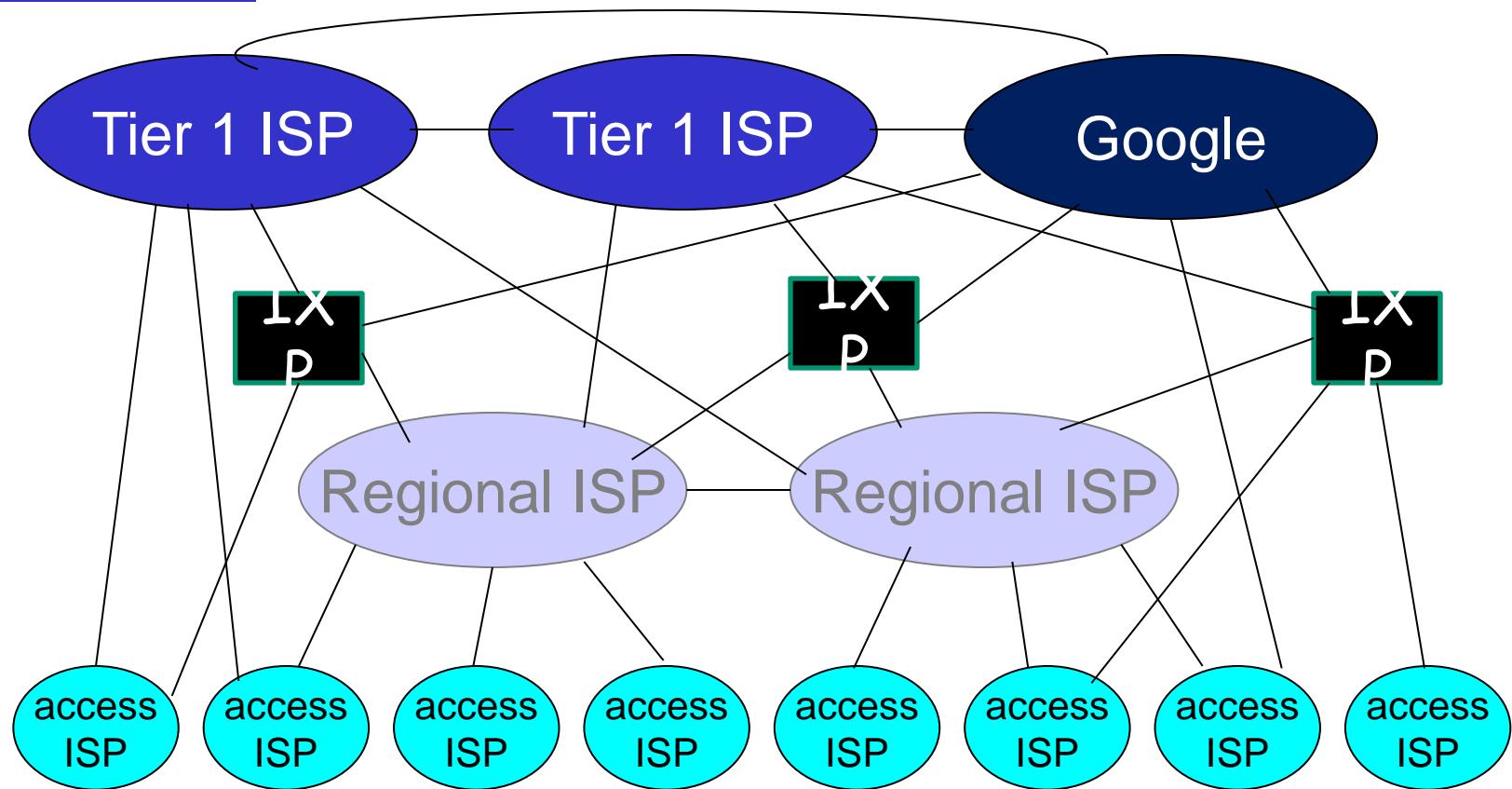
- WANs privadas para evitar tráfego pelo núcleo da Internet.



Google Network



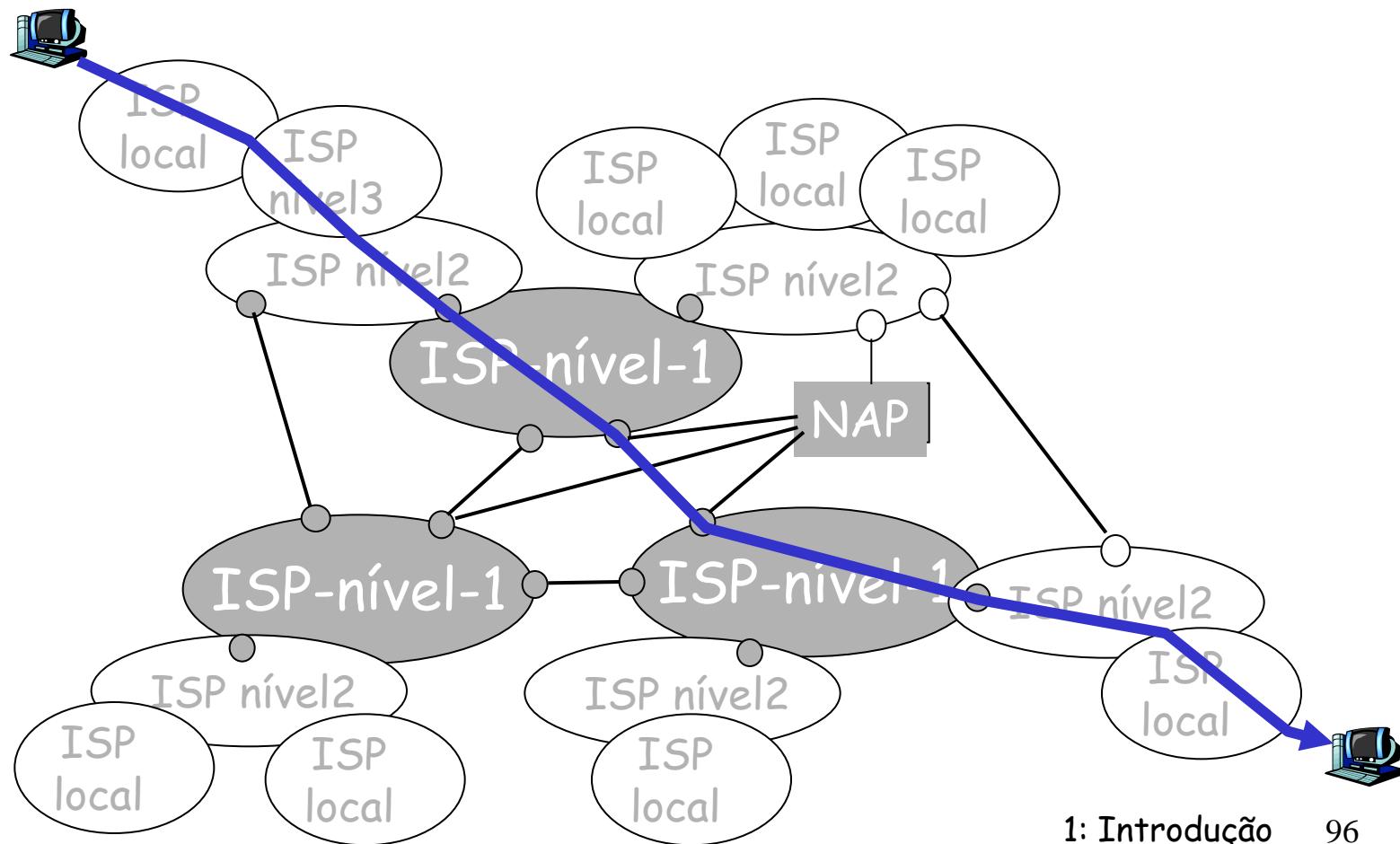
Internet structure: network of networks



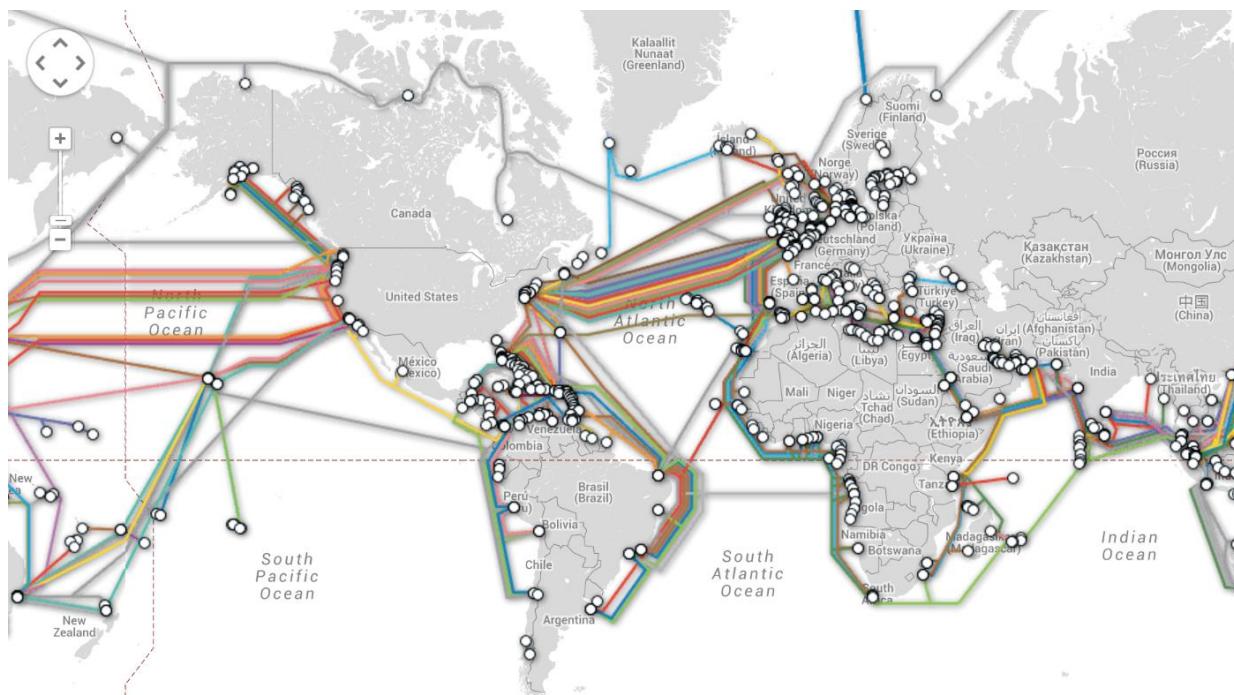
- Núcleo: pequeno número de ISPs nacionais e intercontinentais “tier-1” commercial ISPs (Level 3, Sprint, AT&T, NTT),
- Provedores de redes de conteúdo (e.g, Google): redes privadas para conectar aos seus próprios data center bypassando provedores de núcleo tier-1 e regionais

Estrutura Internet: redes de redes

- Um pacote passa por várias redes;

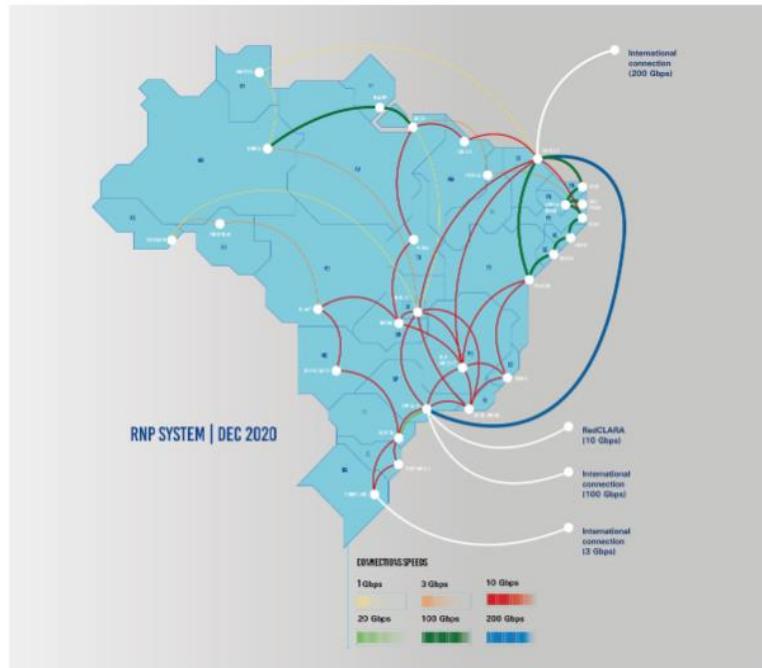


Interligação Redes Continentais



Rede Ipê - RNP

Connection in 2020



782 Gb/s

aggregate capacity

149 Gb/s

international capacity

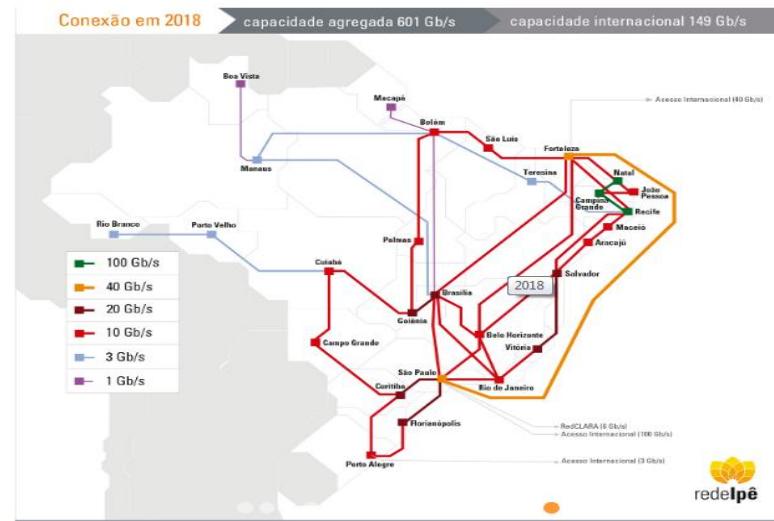
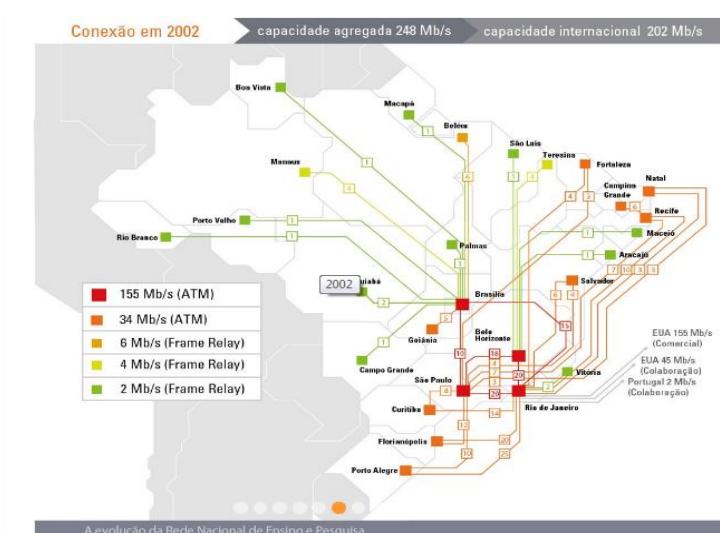
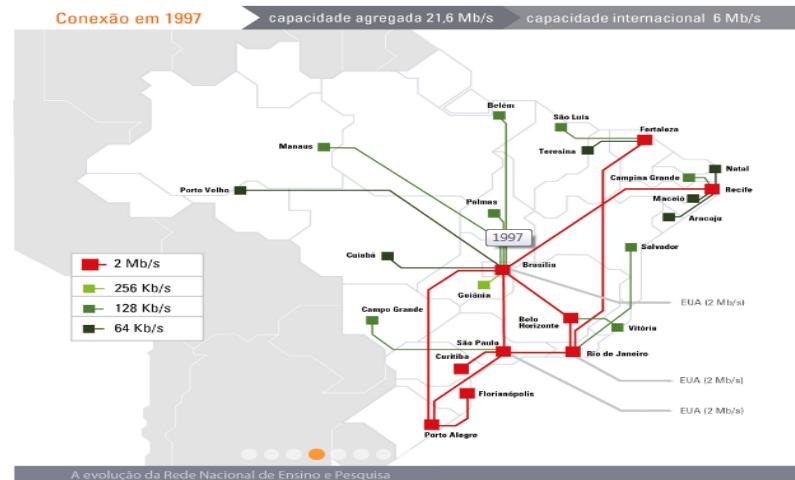
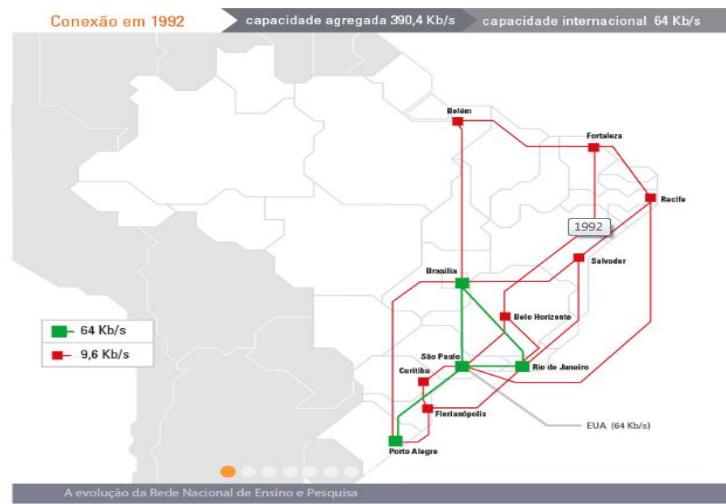
Via Ipê

Check the quality of connection with institutions.

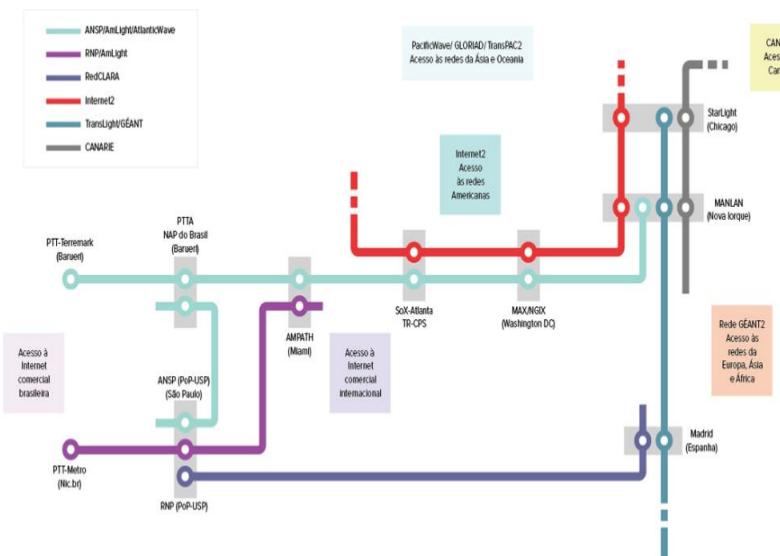
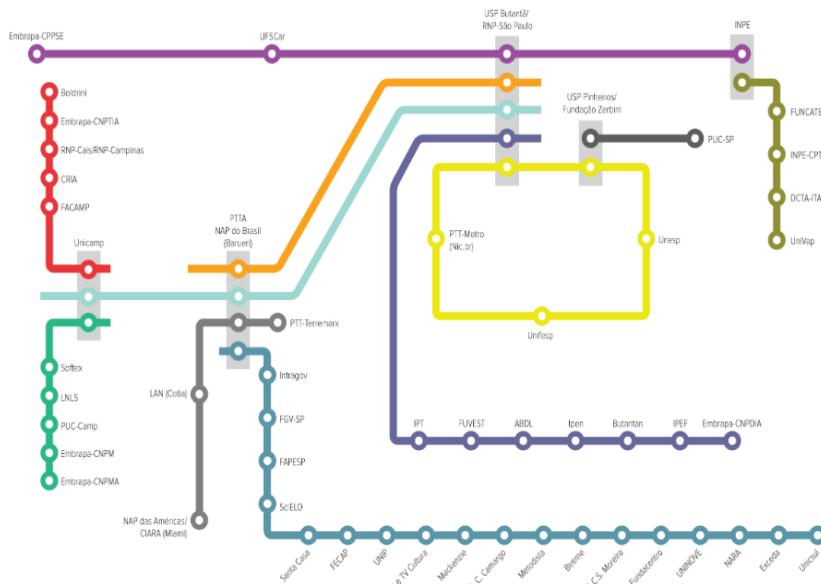
Evolution

See the expansion of Rede Ipê since its creation.

Evolução Backbone RNP



Rede ANSP (NARA) - FAPESP



Topologias típicas



(a) *Ladder*



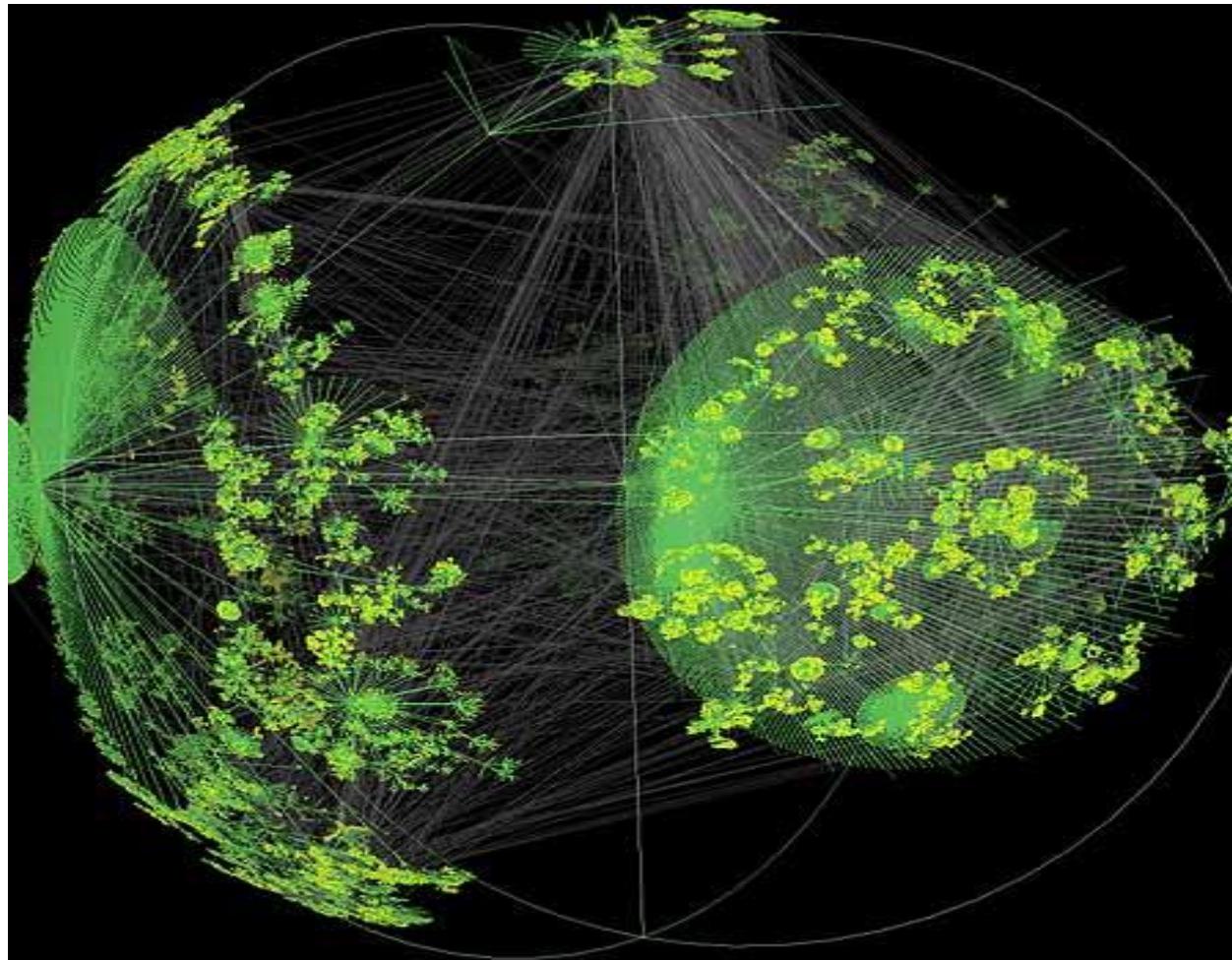
(b) *Estrela*



(c) *Hub & Spoke*

Figura 1. Exemplos de classes de topologias de provedores de rede.

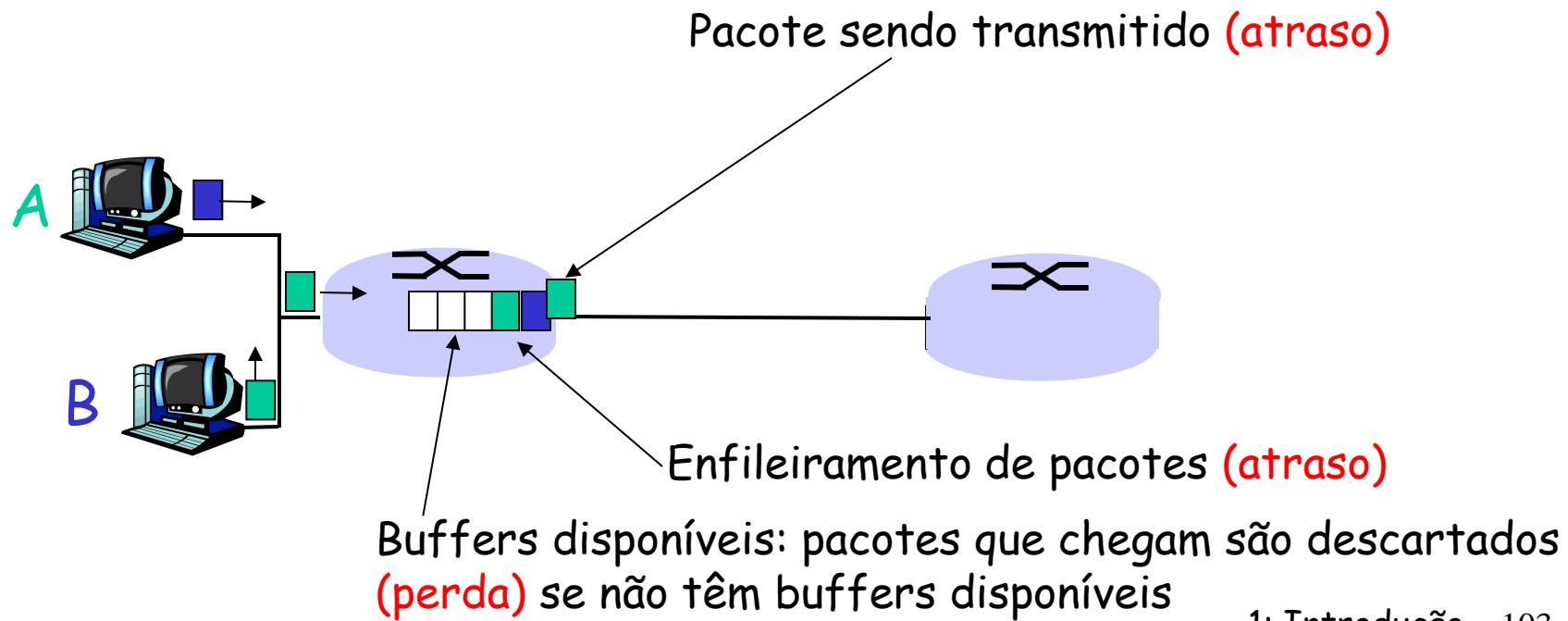
Topologia da Internet



Como ocorre perda e atraso?

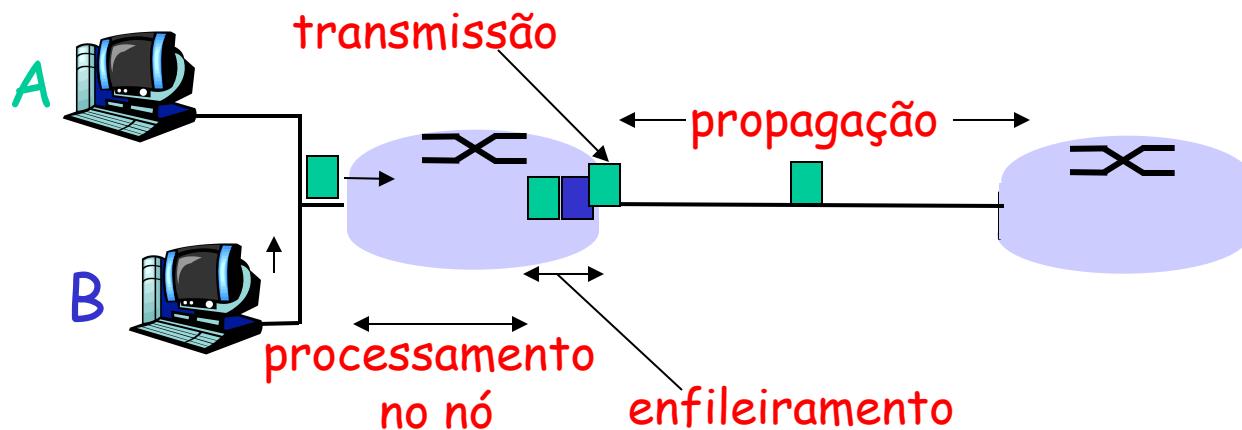
Filas de pacotes nos buffers dos roteadores: a taxa de chegada de pacotes excede a capacidade de saída do enlace

- ☐ Pacotes enfileirados, esperam sua vez de serem encaminhados



Quatro fontes de atraso de pacotes

- 1. Processamento no nó:
 - verificação de erros
 - determina o enlace de saída
- 2. Enfileiramento
 - tempo de espera no enlace de saída para transmissão
 - depende do nível de congestionamento do roteador



Atraso em redes comutadas por pacotes

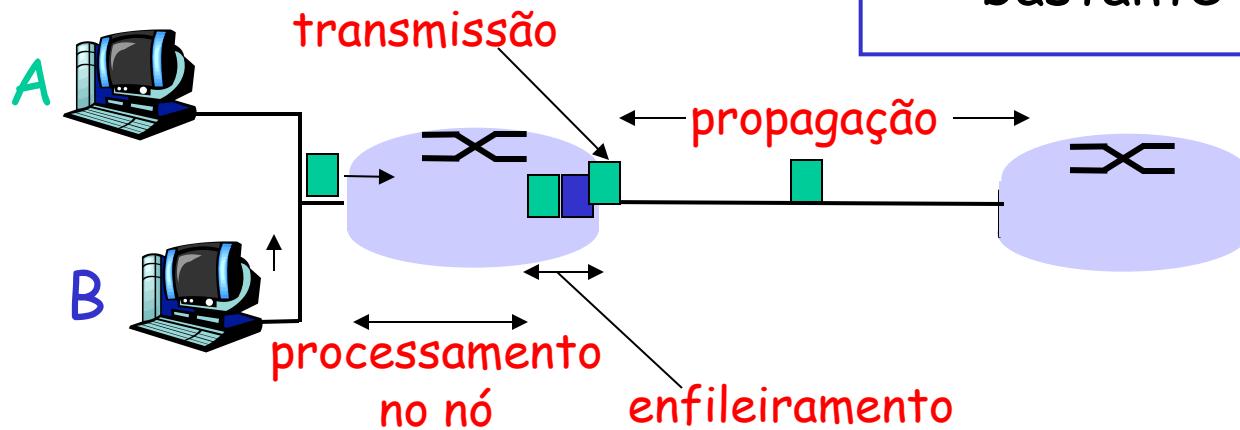
3. Atraso de transmissão:

- R =capacidade do enlace (bps)
- L =tamanho do pacote (bits)
- tempo para enviar bits no enlace = L/R

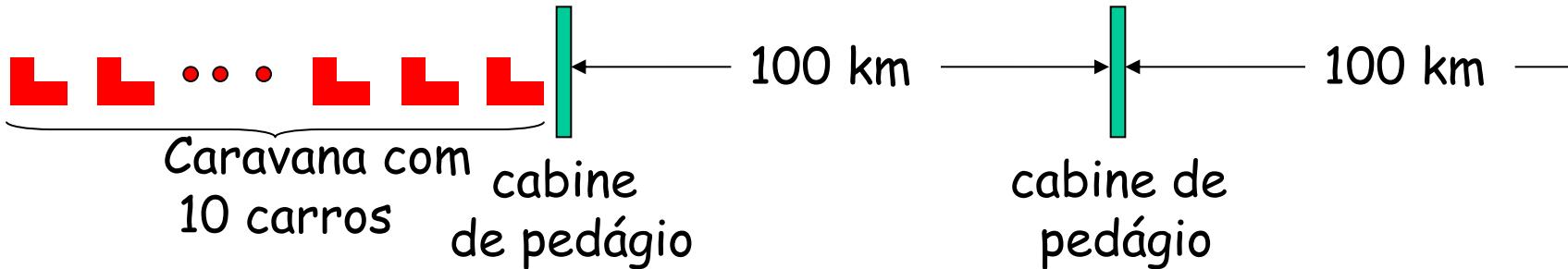
4. Atraso de propagação:

- d = comprimento do enlace físico
- s = velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- atraso de propagação = d/s

Nota: s e R são quantidades bastante diferentes!

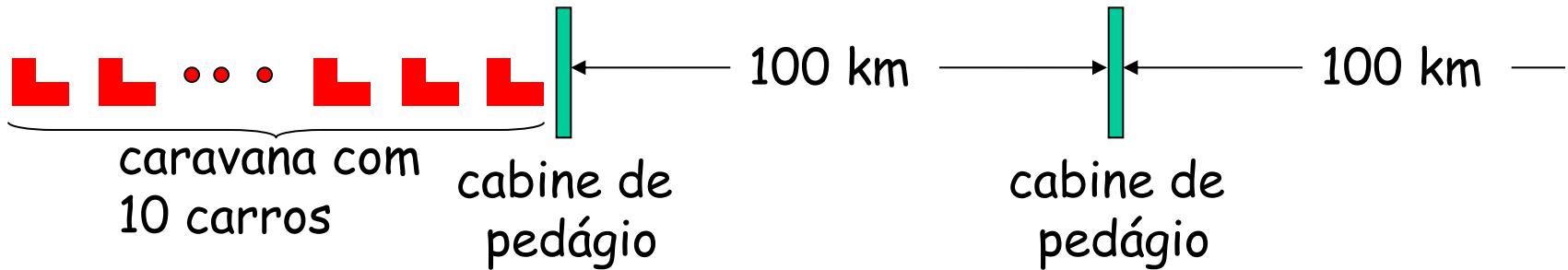


Analogia de uma caravana



- Carros viajam (propagam) a 100 km/h
- Cabine de pedágio leva 12 seg. para atender um carro (tempo de transmissão)
- carro~bit; caravana ~ pacote
- Q: Quanto tempo leva até que a caravana atinja o 2º ponto de pedágio?
- Tempo para atender a caravana inteira na rodovia: $12*10 = 120$ seg
- Tempo que leva para o último carro da caravana "propagar" do 1º para o 2º ponto de pedágio: $100\text{km}/(100\text{km/h})= 1$ hr
- A: 62 minutos

Analogia de uma caravana



- Carros agora propagam a 1000 km/h
- A cabine agora leva 1 min para atender um carro
- Q: **Algum carro irá chegar ao 2º ponto de pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no 1º ponto de pedágio?**
- Sim!** Depois de 7 min, o 1º carro atinge o 2º ponto de pedágio, enquanto ainda existem 3 carros no 1º ponto de pedágio
- Os primeiros pacotes de um pacote podem chegar no 2º roteador antes que o pacote seja completamente transmitido no 1º roteador!

Atraso nodal

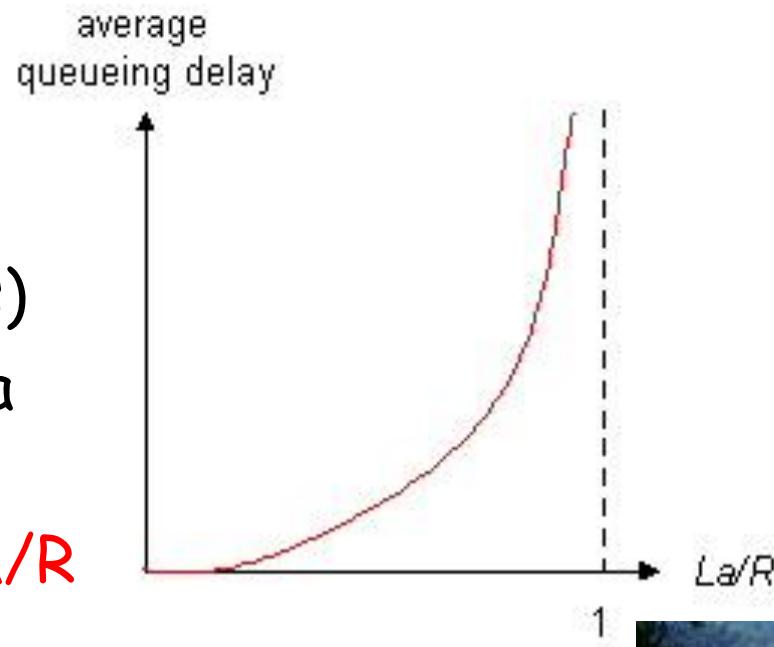
$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- d_{proc} = tempo de processamento
 - Tipicamente alguns microsegundos ou menos
- d_{queue} = atraso de enfileiramento
 - Depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - = L/R , significante para enlaces de baixa-velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - Algumas centenas de milisegundos

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

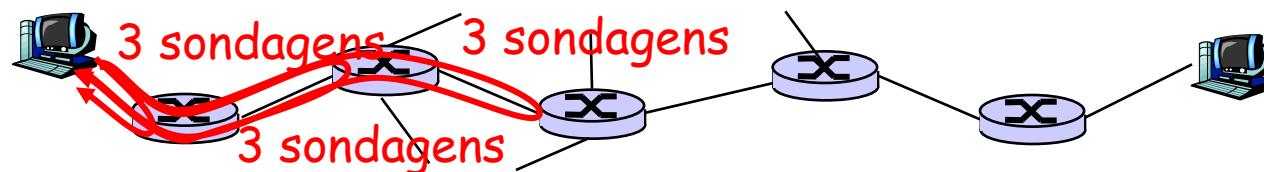


- $La/R \sim 0$: pequeno atraso de enfileiramento
- $La/R \rightarrow 1$: grande atraso
- $La/R > 1$: chega mais “trabalho” do que a capacidade de atendimento, atraso médio infinito!



Atraso “real” da Internet e dos roteadores

- Como deve ser o atraso e perda real da Internet?
- Programa Traceroute: provê medidas de atraso fim-a-fim do caminho entre o nó de origem e o nó de destino. Para cada i :
 - envia três pacotes para o roteador i no caminho da origem até o destino;
 - roteador i retorna pacotes para o emissor;
 - o emissor calcula o intervalo de tempo entre o envio do pacote e o recebimento da sua resposta.



Atraso "real" da Internet e dos roteadores

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

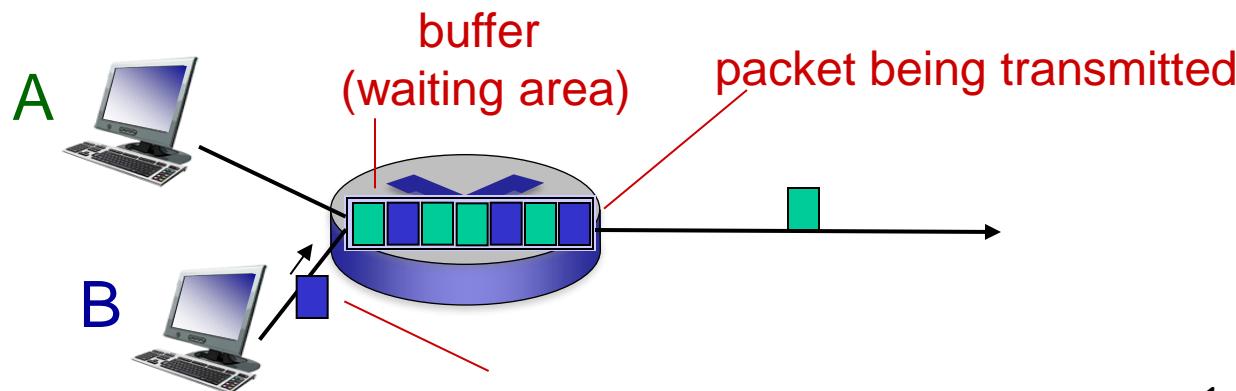
Três medidas de atraso de
gaia.cs.umass.edu to cs-gw.cs.umass.edu

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

* Significa que nenhuma resposta foi recebida)

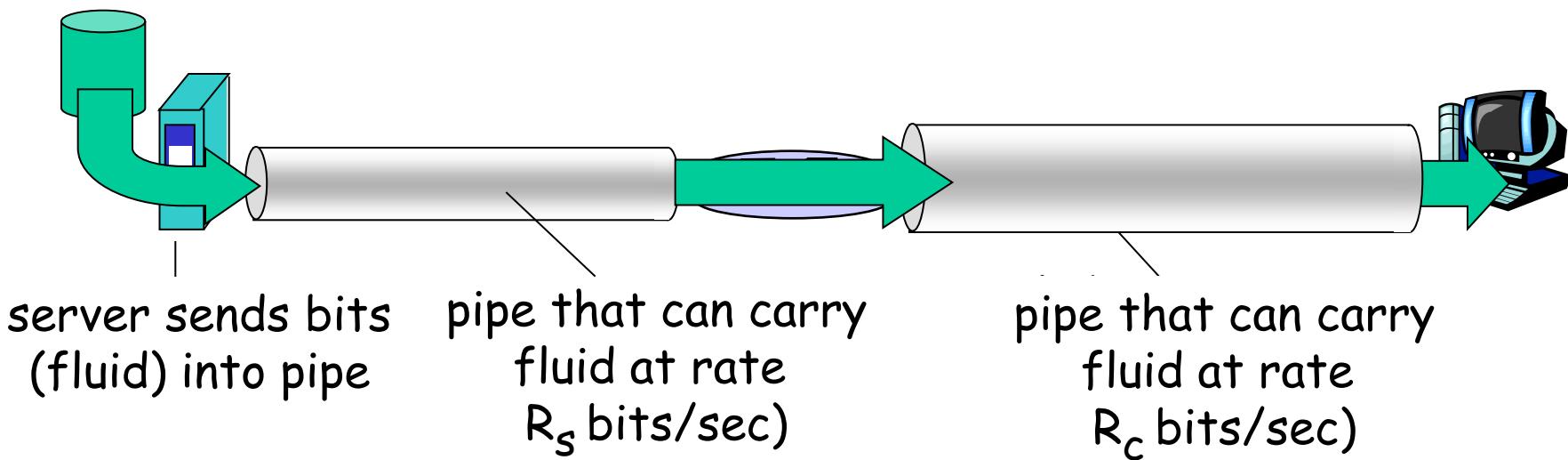
Perda de pacotes

- A fila dos roteadores tem uma capacidade limitada;
- quando a fila está cheia, os pacotes que chegam são descartados;
- Pacotes perdidos são retransmitidos pelo nó de origem ou não são retransmitidos;



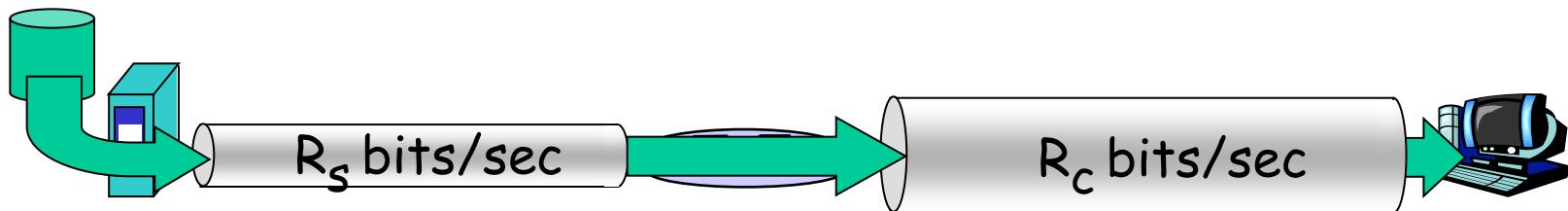
Throughput

- ❑ **throughput**: rate (bits/time unit) at which bits transferred between sender/receiver
 - *instantaneous*: rate at given point in time
 - *average*: rate over longer period of time

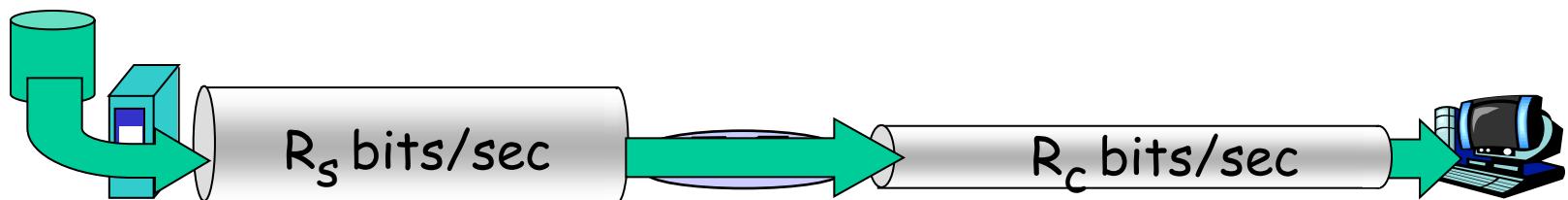


Throughput (more)

- $R_s < R_c$ What is average end-end throughput?



- $R_s > R_c$ What is average end-end throughput?

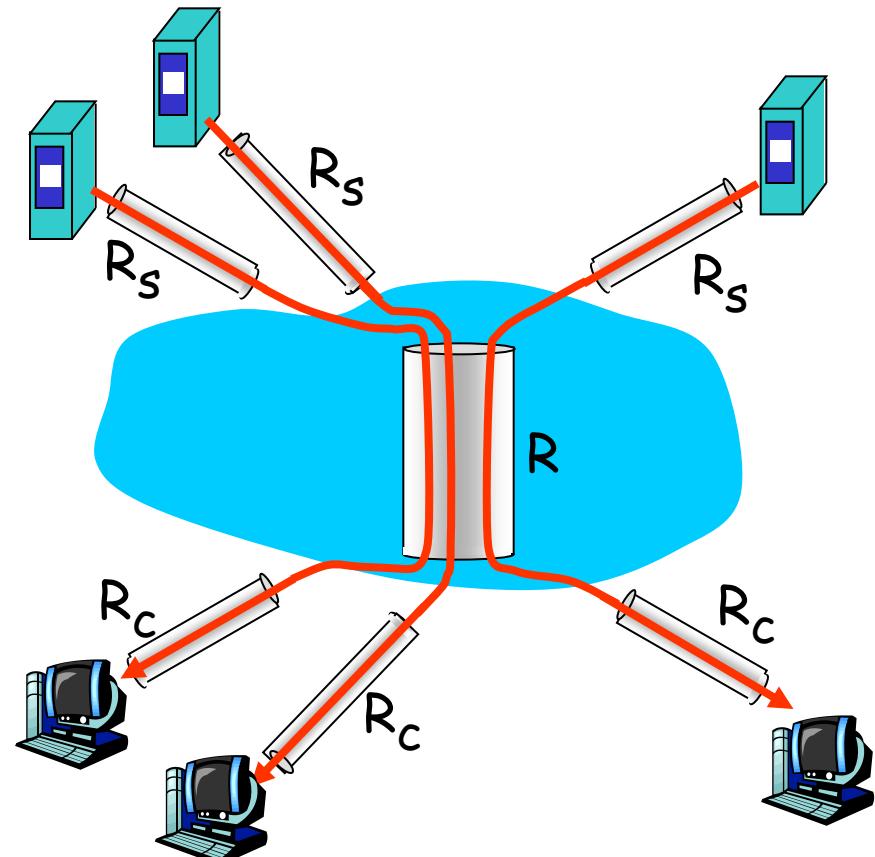


bottleneck link

link on end-end path that constrains end-end throughput

Throughput: Internet scenario

- ❑ per-connection end-end throughput:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- ❑ in practice: R_c or R_s is often bottleneck



10 connections (fairly) share backbone bottleneck link R bits/sec

“Camadas” de Protocolos

As redes são complexas!

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

Pergunta:

Há alguma esperança em
organizar a estrutura
da rede?

Ou pelo menos a nossa
discussão sobre redes?

Organização de uma viagem aérea:

bilhete (compra)

bagagem (check in)

portão (embarque)

decolagem

rota do vôo

bilhete (reclamação)

bagagem (recup.)

portão (desembarque)

aterrissagem

rota do vôo

Roteamento do avião

uma série de etapas

Viagem Aérea: uma visão diferente

bilhete (compra)	bilhete (reclamação)
bagagem (verificação)	bagagem (recup.)
portão (embarque)	portão (desembarque)
decolagem	aterrisagem
rota do vôo	rota do vôo
	roteamento do avião

Camadas: cada camada implementa um serviço

- através de elementos da própria camada
- depende dos serviços providos pela camada inferior

Viagem aérea em camadas: serviços

Transporte balcão a balcão de pessoas+bagagens

transporte de bagagens

transferência de pessoas: entre portões

transporte do avião de pista a pista

roteamento do avião da origem ao destino

Implementação distribuída da funcionalidade das camadas

aeroporto de saída

bilhete (compra)

bagagem (check in)

portão (embarque)

decolagem

rota de vôo

bilhete (reclamação)

bagagem (recup.)

portão (desembarque)

aterrissagem

rota de vôo

aeroporto de chegada

Aeroportos intermediários

rota de vôo

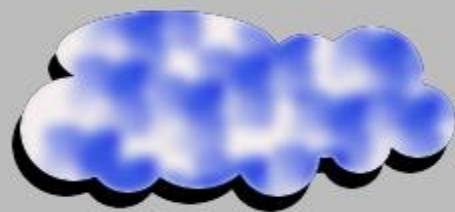
rota de vôo

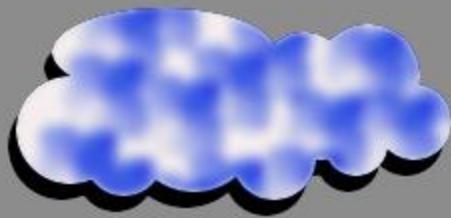
rota de vôo

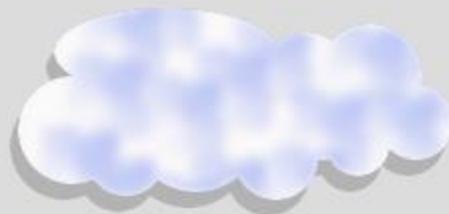
Por que camadas?

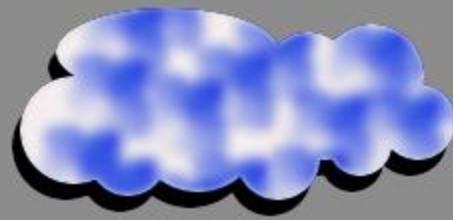
Lidar com sistemas complexos:

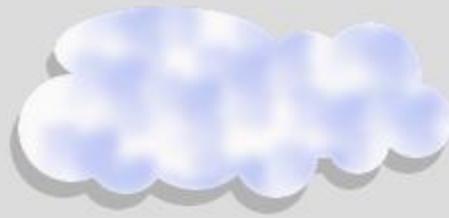
- estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
 - **modelo de referência** em camadas para discussão
- modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
 - mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema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







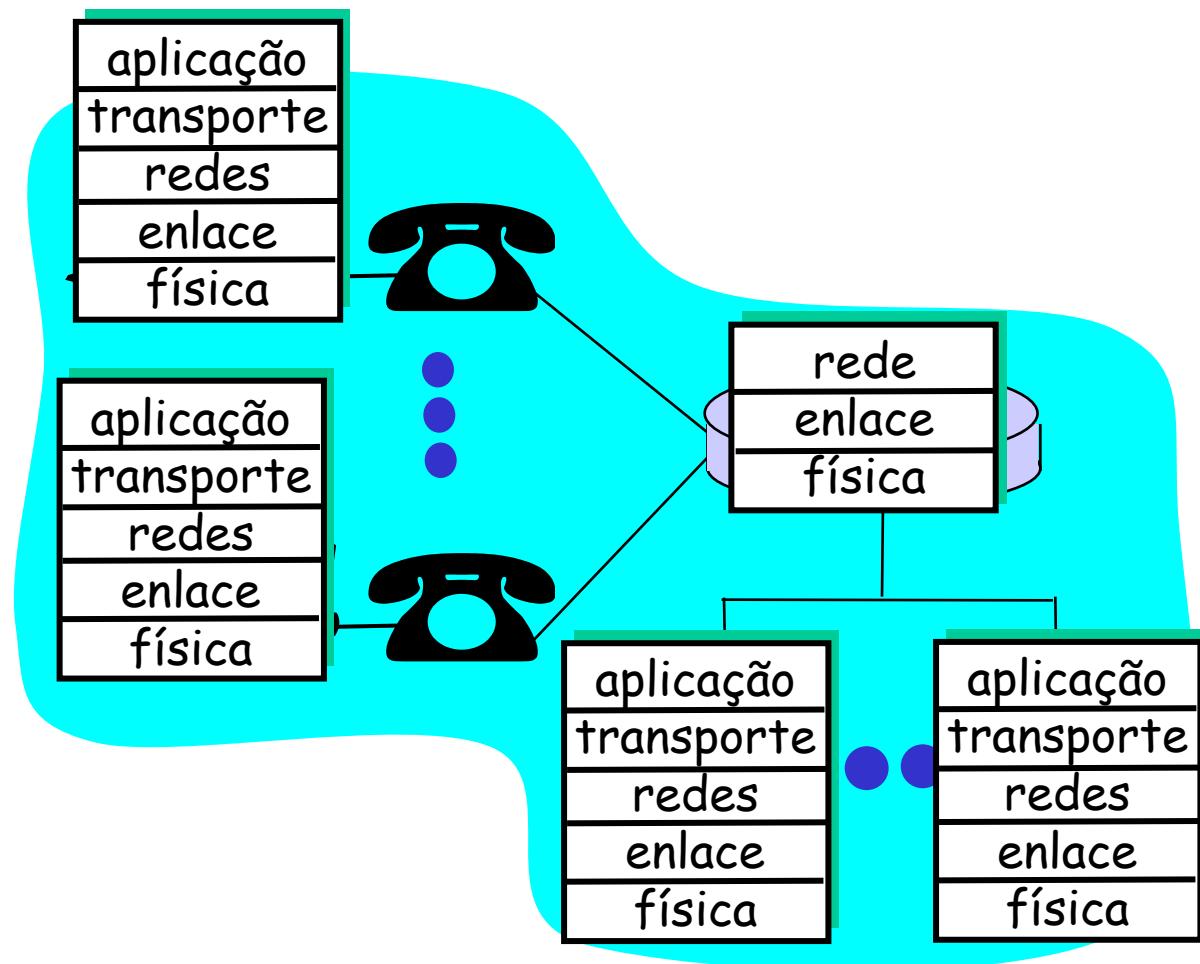




Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

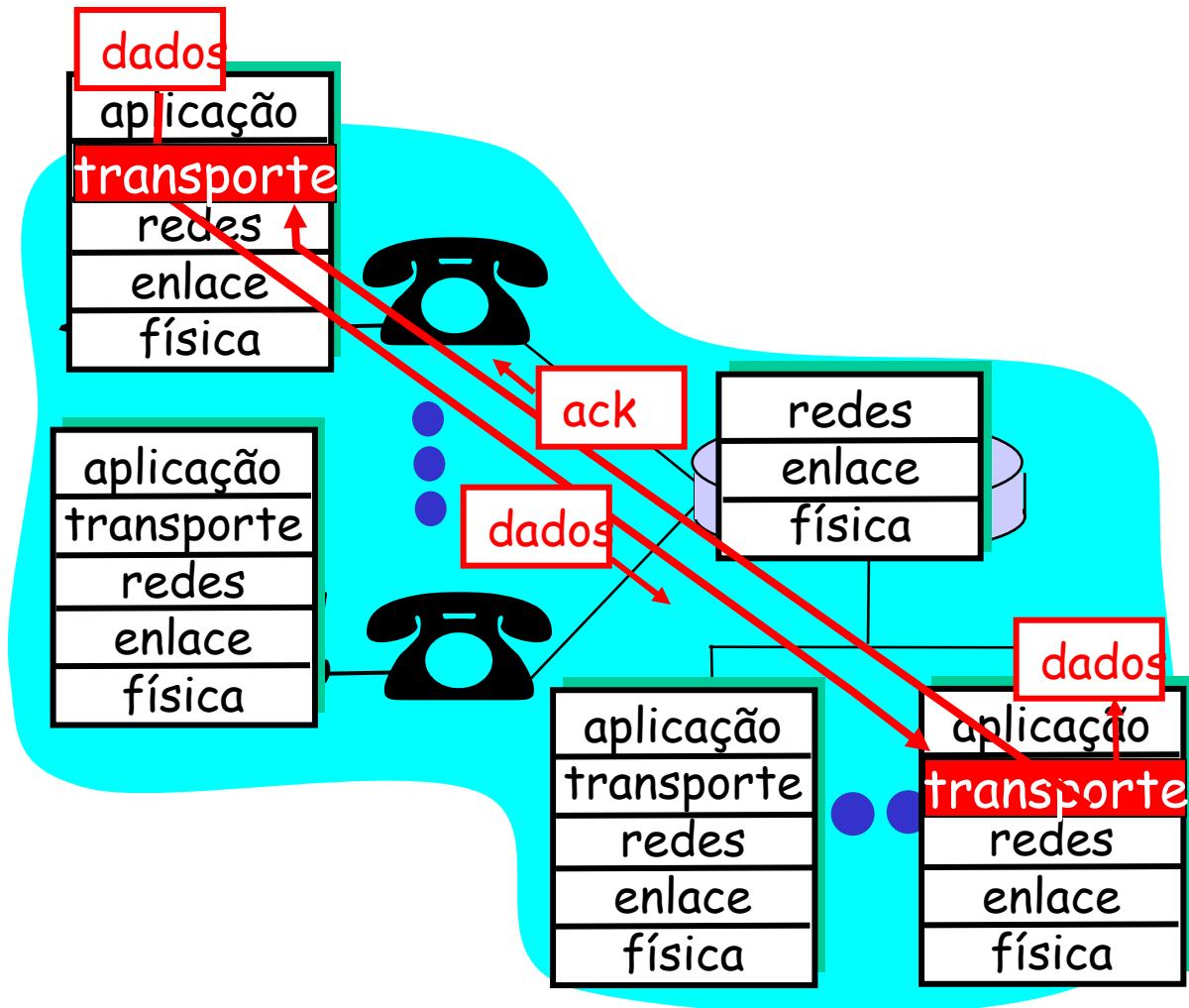
- distribuída
- “entidades” implementam as funções em cada nó
- entidades executam ações, trocam mensagens com os pares



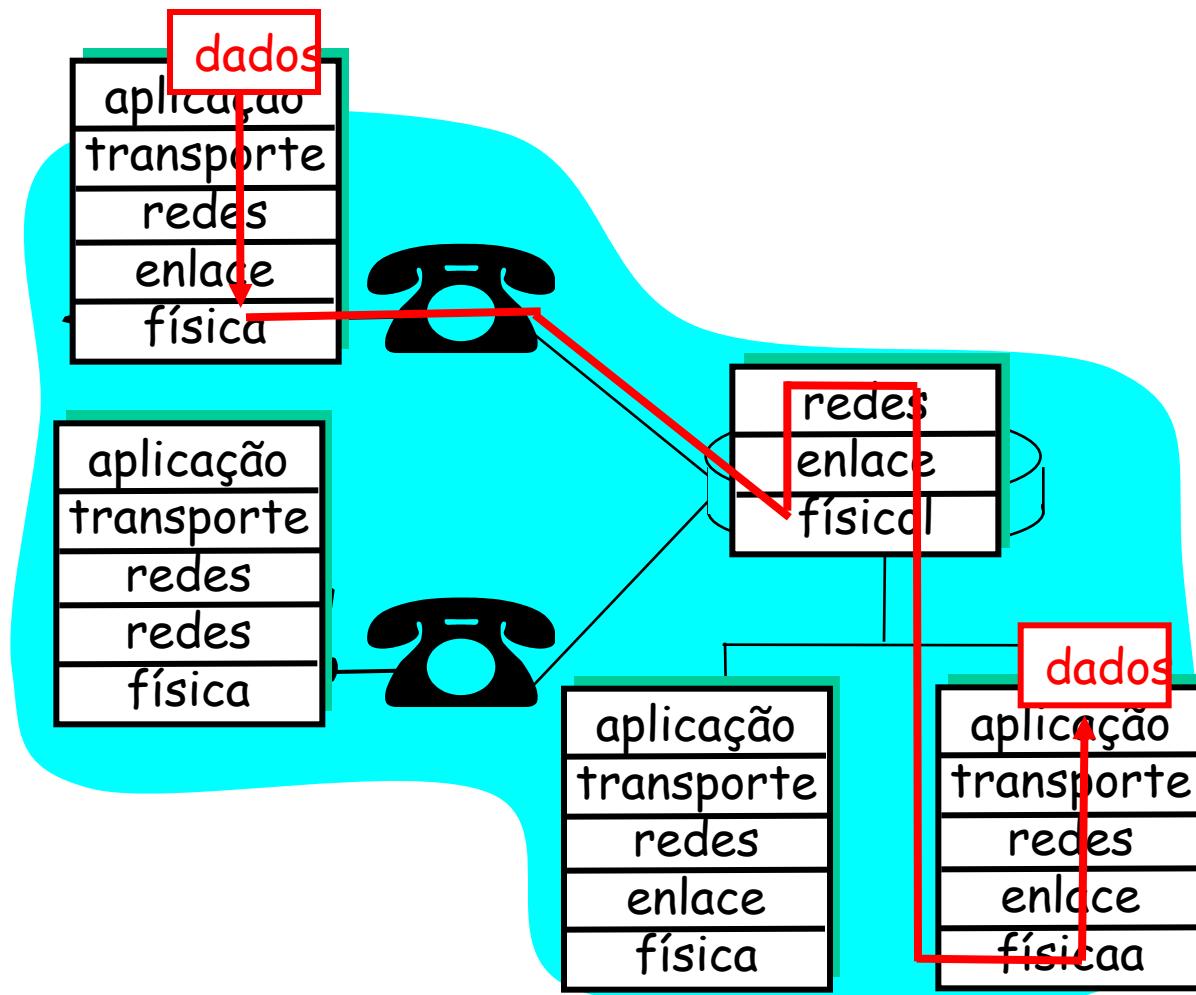
Camadas: comunicação lógica

Ex.: camada de transporte

- ❑ recebe dados da aplicação
- ❑ adiciona endereço e verificação de erro para formar o "datagrama"
- ❑ envia o datagrama para a parceira
- ❑ espera que a parceira acuse o recebimento (ack)
- ❑ analogia: correio

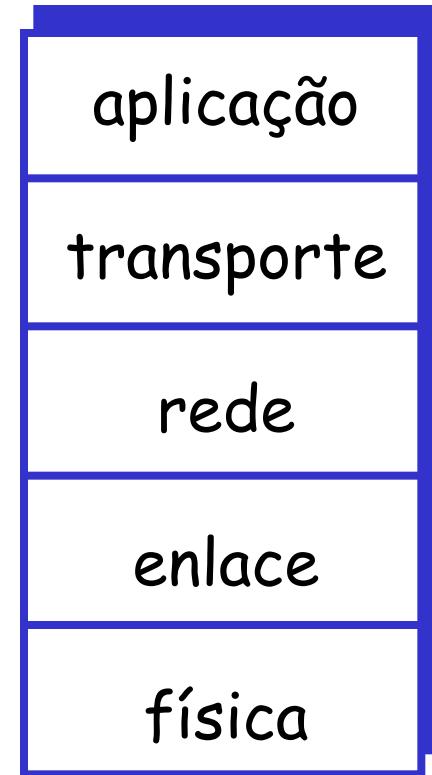


Camadas: Comunicação Física

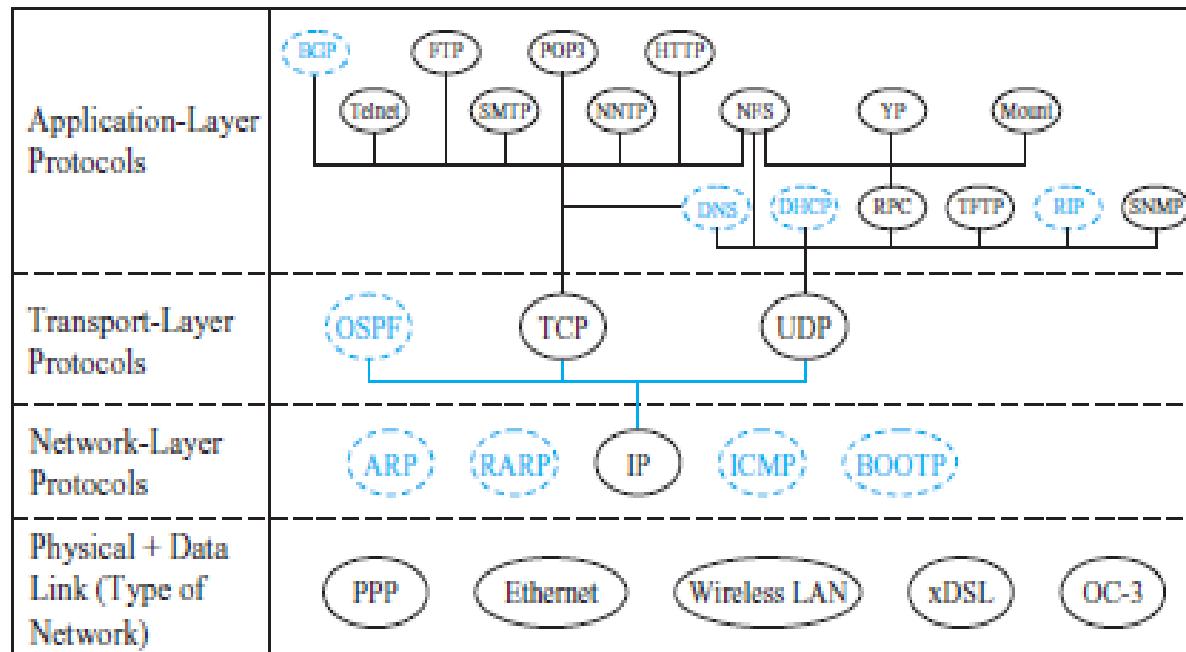


Pilha de protocolos Internet

- **aplicação**: dá suporte a aplicações de rede
 - ftp, smtp, http
- **transporte**: transferência de dados host-a-host
 - tcp, udp
- **rede**: roteamento de datagramas da origem até o destino
 - ip, protocolos de roteamento
- **enlace**: transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - ppp, ethernet
- **física**: bits "no fio"



Protocolos - Pilha TCP/IP

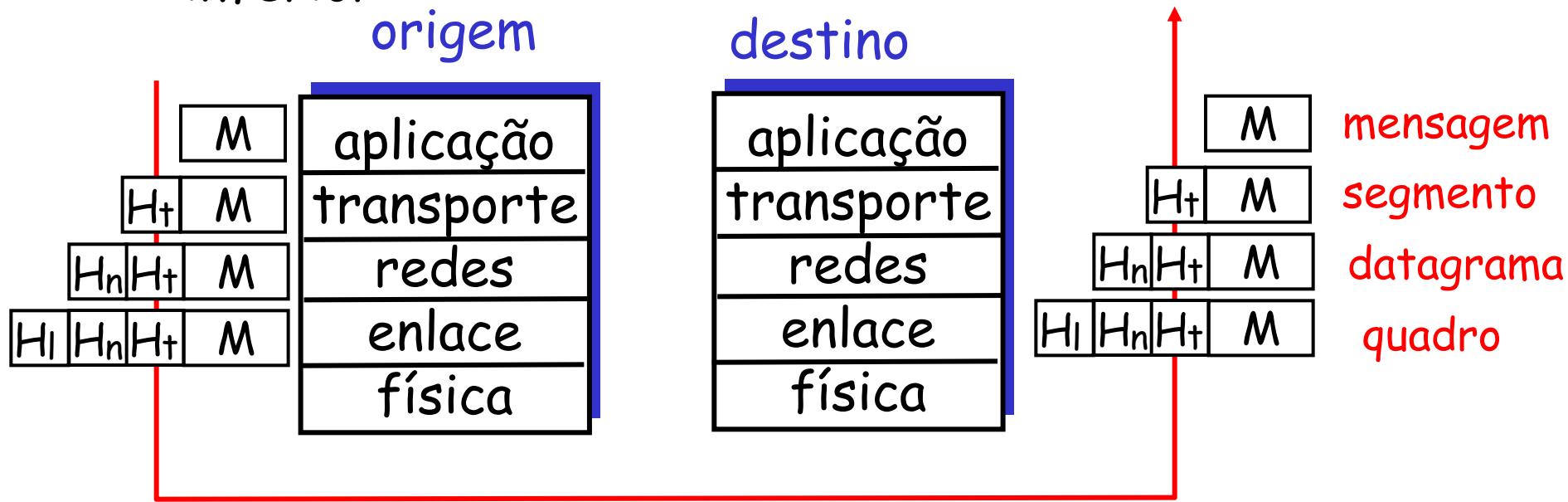


1.2.3

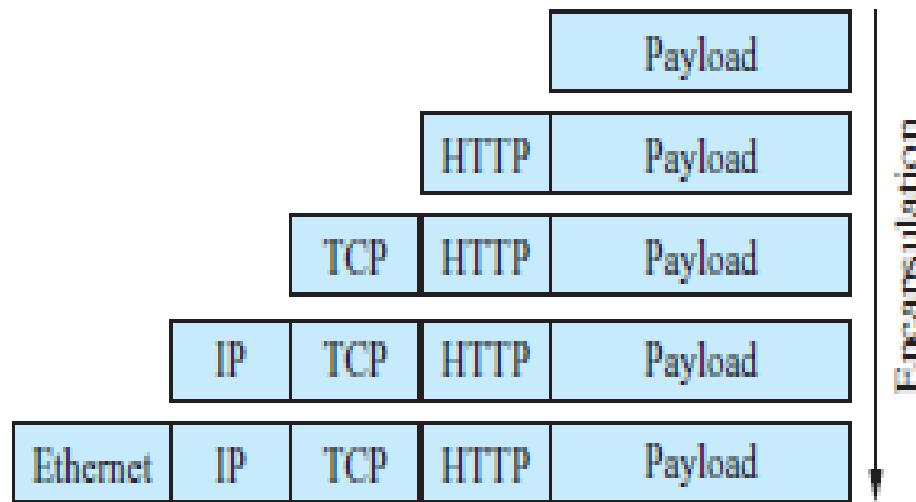
Camadas de protocolos e dados

Cada camada recebe dados da camada superior

- adiciona informação no cabeçalho para criar uma nova unidade de dados
- passa a nova unidade de dados para a camada inferior



Encapsulamento



End-to-End Argument

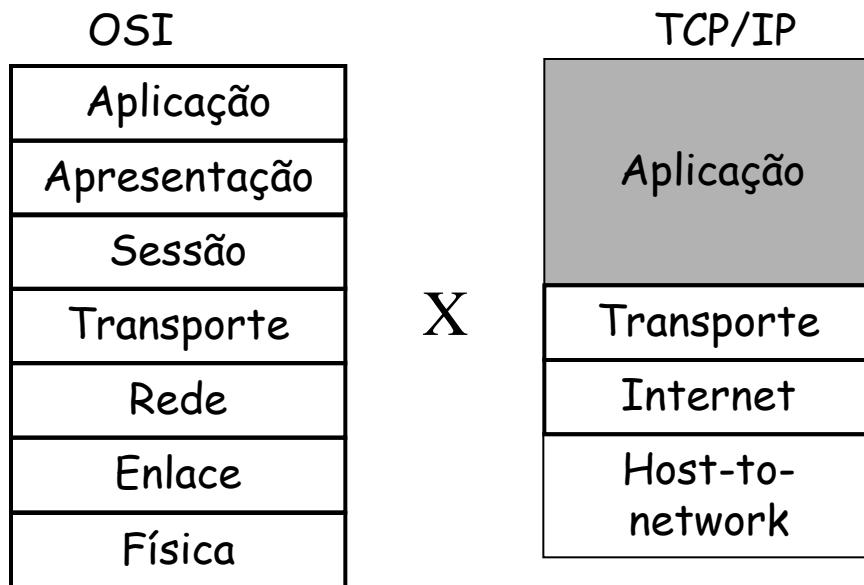
The End-to-End Argument

To provide reliable and orderly delivery of packets from sources to destinations, error and traffic control should be exercised on a hop-by-hop basis or an end-to-end basis, i.e., for all links or only at end hosts. The *hop-by-hop argument* says that if the transmissions on all links are reliable and orderly, the reliability and order will be guaranteed for the end-to-end transmissions. However, this argument is true only when nodes are error free. Because a path consists of nodes and links, guaranteeing the correctness of link operations does not cover the correctness of node operations and hence that of the end-to-end delivery along the path. Error and traffic control mechanisms are still needed at the end hosts to guard against the nodal errors. The end-to-end argument, which says do not put it in a lower layer unless it can be completely done there, thus wins here. Though some hop-by-hop error and traffic control still can be put at links, they are merely for *performance optimization* to detect and recover the error earlier. The end-to-end mechanisms still serve as the primary guards to guarantee the correctness of the connectivity.

The end-to-end argument has also pushed complexity toward the network *edge* and kept the network core simple enough to scale well. Processing of application-aware services should be done only at the end hosts, *outside* instead of *inside* the network, while leaving one single carrier service inside the network. We shall see this

Modelo OSI-ISO

- ISO - International Organization for Standards
- OSI - Open Systems Interconnection
- Modelo em 7 camadas:



Tecnologias utilizadas na Internet no passado

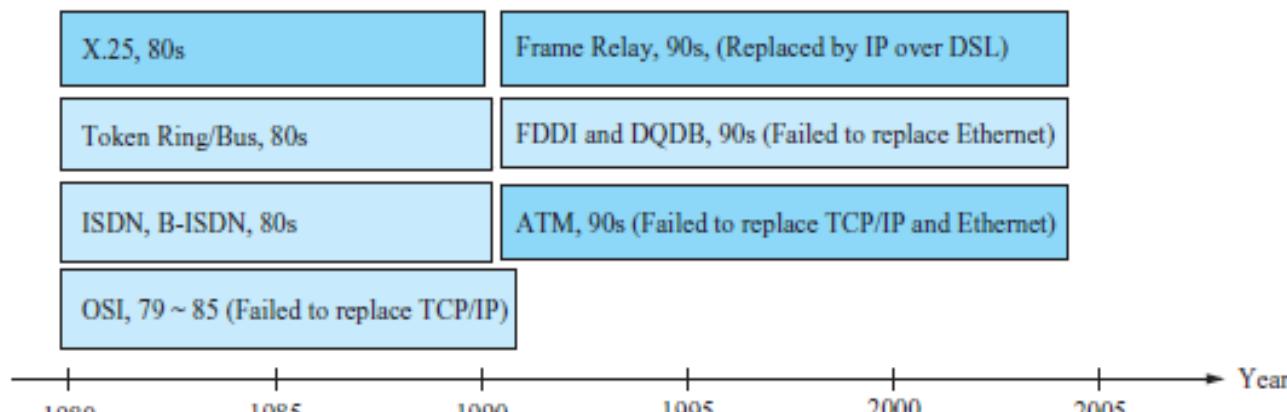


FIGURE A.4 Timeline with some short-lived and failed technologies.

Request for Comments (RFC)

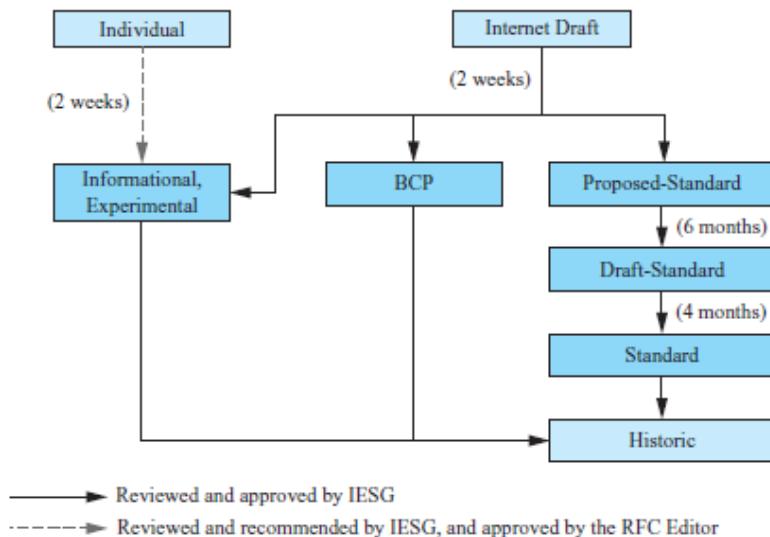


FIGURE A.1 The RFC Process.

TABLE A.2 Well-Known Protocols Defined by 1561 RFCs

Layer	Protocol	Count	Layer	Protocol	Count
Data link	ATM	46	Transport	TCP	111
	PPP	87		UDP	21
Network	ARP/RARP	24	Application	DNS	105
	BOOTP/DHCP	69		FTP/TFTP	51
	ICMP/ICMPv6	16		HTTP/HTML	37
	IP/IPv6	259		MIME	99
	Multicast	95		SMTP	41
	RIP/BGP/OSPF	154		SNMP/MIB	238
				TELNET	108

[[Docs](#)] [[txt|pdf](#)] [[draft-ietf-uri-url](#)] [[Tracker](#)] [[Diff1](#)] [[Diff2](#)] [[Errata](#)]
Obsoleted by: [4248](#), [4266](#) PROPOSED STANDARD
Updated by: [1608](#), [2368](#), [2396](#), [3986](#), [6196](#), [6270](#), [8089](#) Errata Exist
Network Working Group T. Berners-Lee
Request for Comments: 1738 CERN
Category: Standards Track L. Masinter
Xerox Corporation M. McCahill
University of Minnesota Editors
December 1994

Uniform Resource Locators (URL)

Status of this Memo

This document specifies an Internet standards track protocol for the Internet community, and requests discussion and suggestions for improvements. Please refer to the current edition of the "Internet Official Protocol Standards" (STD 1) for the standardization state and status of this protocol. Distribution of this memo is unlimited.

Abstract

This document specifies a Uniform Resource Locator (URL), the syntax and semantics of formalized information for location and access of resources via the Internet.

1. Introduction

This document describes the syntax and semantics for a compact string representation for a resource available via the Internet. These strings are called "Uniform Resource Locators" (URLs).

The specification is derived from concepts introduced by the World-Wide Web global information initiative, whose use of such objects dates from 1990 and is described in "Universal Resource Identifiers in WWW", [RFC 1630](#). The specification of URLs is designed to meet the requirements laid out in "Functional Requirements for Internet Resource Locators" [[12](#)].

This document was written by the URI working group of the Internet Engineering Task Force. Comments may be addressed to the editors, or to the URI-WG <uri@bunyip.com>. Discussions of the group are archived at <[URL: http://www.acl.lanl.gov/URI/archive/uri-archive.index.html](http://www.acl.lanl.gov/URI/archive/uri-archive.index.html)>

Princípio de projeto do Modelo OSI-ISO

- Uma camada deve ser criada se houver necessidade de abstração
- Camadas devem executar funções bem definidas
- A definição da camada deve levar em conta protocolos padronizados internacionalmente

Princípio de projeto do Modelo OSI-ISO

- Os limites de cada camada devem ser escolhidos a fim de reduzir o fluxo de informação transportada entre as interfaces;
- O número de camadas deve ser suficientemente grande para que funções distintas não precisem ser desnecessariamente colocadas na mesma camada e suficientemente pequeno para que o projeto não se torne difícil de controlar;

A Camada Física

- Especificação das interfaces mecânicas, elétricas e procedurais

A Camada de Enlace de Dados

- Transformar um canal de transmissão bruta de dados em uma linha que pareça livre de erros - controle de erro
- Enquadramento de dados;
- Delimitação de quadros;
- Controle de fluxo - acoplamento de velocidade de transmissão - transmisor / receptor

A Camada de Rede

- Controla a operação da sub-rede
- Roteamento
- Controle de congestionamento
- Contabilidade
- Interconexão de redes

A Camada de Transporte

- Aceitar dados da camada de sessão e dividi-los em unidades menores (pacotes);
- Gerenciamento de conexões:
 - estabelecimento, encerramento e multiplexação;
- Primeira camada fim-a-fim;
- Controle de fluxo;

A Camada de Sessão

- Gerenciamento de sessões;
- Gerenciamento de tokens;
- Sincronização;

A Camada de Apresentação

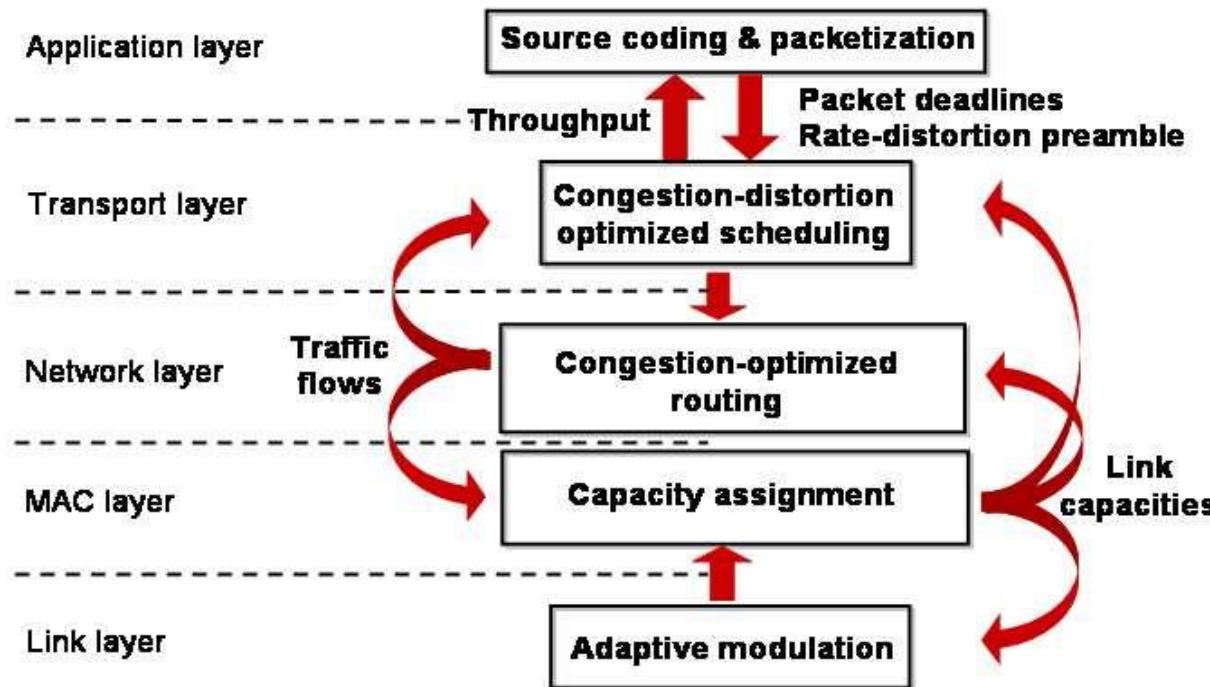
- Sintaxe e semântica da informação a ser transferida
- Codificação dos dados
- Conversão de estruturas de dados

A Camada de Aplicação

- ❑ Contém uma série de protocolos comumente necessários;
- ❑ Protocolo de terminal virtual;
- ❑ Protocolo de transferência de arquivos;

Cross Layer Design

Exemplo: Cross-layer design framework for low-latency media streaming over ad hoc wireless network



História da Internet

1961-1972: Primórdios dos Princípios de redes: 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
- 1972:
 - Demonstração pública da ARPAnet
 - NCP (Network Control Protocol) - primeiro protocolo host-host
 - primeiro programa de e-mail
 - ARPAnet com 15 nós

História da Internet

1972-1980: Interconexão, novas redes privativas

- 1970: rede de satélite ALOHAnet no Havaí
- 1973: Metcalfe propõe a Ethernet em sua tese de doutorado
- 1974: Cerf e Kahn - arquitetura para a interconexão de redes
- fim dos anos 70: arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- fim dos anos 70: comutação de pacotes de comprimento fixo (precursor do ATM)
- 1979: ARPAnet tem 200 nós

Cerf and Kahn's princípios de interconexão:

- minimalismo, autonomia, não há necessidade de mudança interna para interconexão
- modelo de serviço melhor esforço (best effort)
- roteadores sem estado
- controle descentralizado

define a arquitetura da Internet de hoje

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
- Novos backbones nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100,000 hosts conectados numa conferederação de redes

História da Internet

1990's, 2000's: comércio, WWW, novas aplicações

- início dos anos 90: ARPAnet desativada
- 1991: NSF remove restrições ao uso comercial da NSFnet (desativada em 1995)
- início dos anos 90 : WWW
 - 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:

- est. 50 milhões de computadores na Internet
- est. mais de 100 milhões de usuários
- enlaces de backbone a Gbps
- 1996: criação do projeto INTERNET2
- Segurança: uma necessidade
- Novas aplicações (killer applications): napster

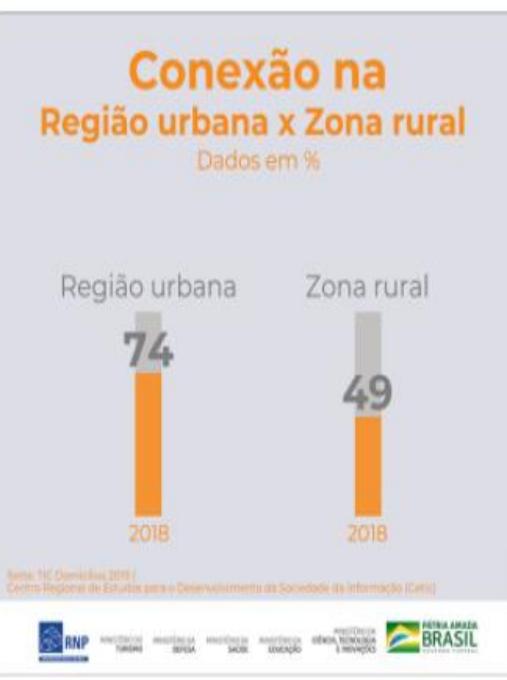


Network Technology Evolution



Internet/BR

- RNP teve início em 1989.
- Aberta para uso comercial em 1994
- Em 2018:



Timeline - Open Source

TABLE A.3 Open Source Timeline

1969	Internet started as ARPAnet. Unix.
1979	Berkeley Software Distribution (BSD).
1983	Sendmail by Eric Allman.
1984	Richard Stallman started the GNU project.
1986	Berkeley Internet Name Domain (BIND).
1987	Perl by Elaine Ashton.
1991	Linus Thorvald wrote Linux.
1994	Allan Cox carried on the Linux kernel maintenance. PHP by Rasmus Lerdorf.
2/1995	Apache HTTP Server Project with 8 team members.
3/1998	Navigator went Open Source.
8/1998	“Sure, we’re worried.”— Microsoft president Steve Ballmer.
3/1999	Macintosh released Darwin (kernel of MacOSX) under APS license.
7/2000	No. of Apache Web servers exceeded 11 million (62.8% of the whole market).
10/2000	Sun Microsystems made the StarOffice code available.
10/2003	UK government announced a deal with IBM on open-source software.
10/2004	IBM offered 500 patents for open source developers.
1/2005	Sun Microsystems opened the Solaris operation system.
5/2007	Microsoft claimed Linux infringed its patents.
11/2007	Google announced an open mobile device platform named Android.
9/2008	Microsoft CEO confessed that 40% of Web servers run Windows but 60% run Linux.
7/2009	Google introduced its open-source OS, Google Chrome OS.

Network Security

- The field of network security is about:
 - how bad guys can attack computer networks
 - how we can defend networks against attacks
 - how to design architectures that are immune to attacks
- Internet not originally designed with (much) security in mind
 - *original vision*: “a group of mutually trusting users attached to a transparent network” ☺
 - Internet protocol designers playing “catch-up”
 - Security considerations in all layers!

Bad guys can put malware into hosts via Internet

- Malware can get in host from a **virus**, **worm**, or **trojan horse**.
- **Spyware malware** can record keystrokes, web sites visited, upload info to collection site.
- Infected host can be enrolled in a **botnet**, used for spam and DDoS attacks.
- Malware is often **self-replicating**: from an infected host, seeks entry into other hosts

Bad guys can put malware into hosts via Internet

Trojan horse

- Hidden part of some otherwise useful software
- Today often on a Web page (Active-X, plugin)

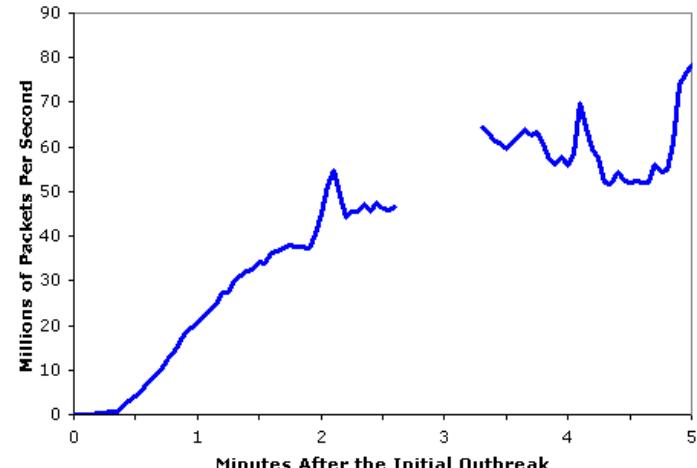
Virus

- infection by receiving object (e.g., e-mail attachment), actively executing
- self-replicating: propagate itself to other hosts, users

Worm:

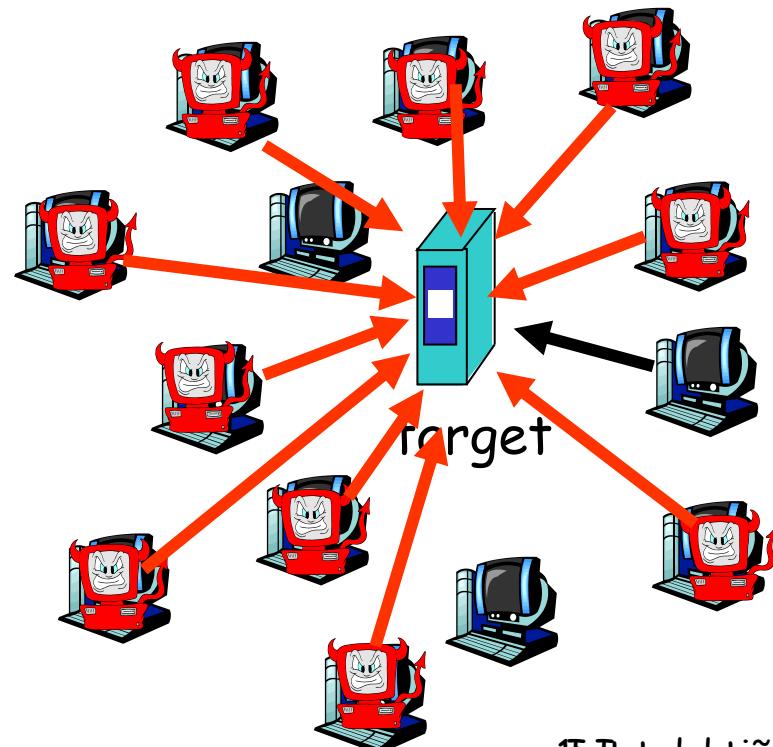
- ❖ infection by passively receiving object that gets itself executed
- ❖ self- replicating: propagates to other hosts, users

Sapphire Worm: aggregate scans/sec in first 5 minutes of outbreak (CAIDA, UWisc data)



Bad guys can attack servers and network infrastructure

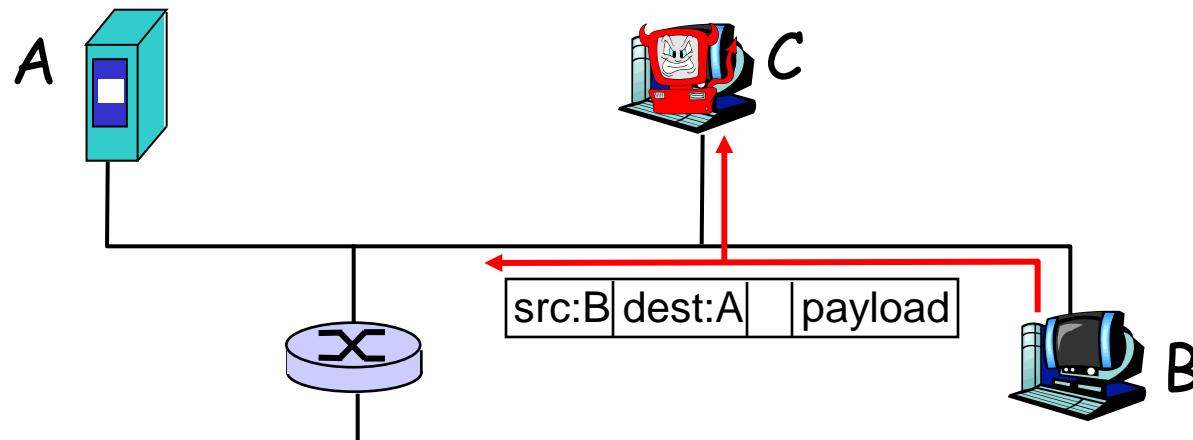
- Denial of service (DoS): attackers make resources (server, bandwidth) unavailable to legitimate traffic by overwhelming resource with bogus traffic
1. select target
 2. break into hosts around the network (see botnet)
 3. send packets toward target from compromised hosts



The bad guys can sniff packets

Packet sniffing:

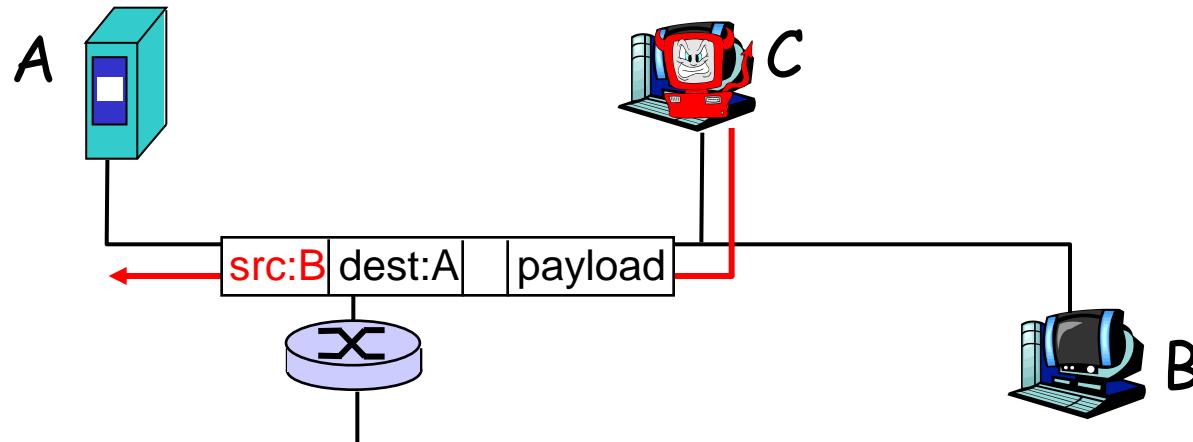
- broadcast media (shared Ethernet, wireless)
- promiscuous network interface reads/records all packets (e.g., including passwords!) passing by



- ❖ Wireshark software used for end-of-chapter labs is a (free) packet-sniffer

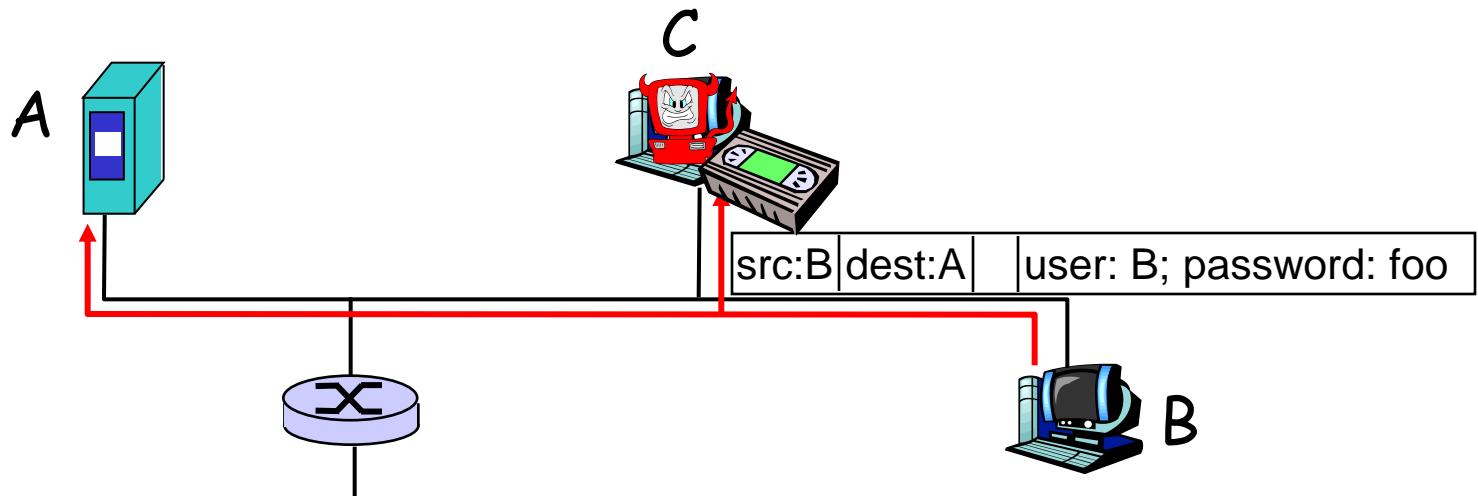
The bad guys can use false source addresses

- *IP spoofing*: send packet with false source address



The bad guys can record and playback

- **record-and-playback**: sniff sensitive info (e.g., password), and use later
 - password holder *is* that user from system point of view



Nomeclatura

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	
100 m	Building	Local area network
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	
1000 km	Continent	Wide area network
10,000 km	Planet	The Internet

Nomeclatura

Exp.	Explicit	Prefix	Exp.	Explicit	Prefix
10^{-3}	0.001	milli	10^3	1,000	Kilo
10^{-6}	0.000001	micro	10^6	1,000,000	Mega
10^{-9}	0.000000001	nano	10^9	1,000,000,000	Giga
10^{-12}	0.000000000001	pico	10^{12}	1,000,000,000,000	Tera
10^{-15}	0.000000000000001	femto	10^{15}	1,000,000,000,000,000	Peta
10^{-18}	0.0000000000000000001	atto	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000	Exa
10^{-21}	0.000000000000000000000000001	zepto	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000	Zetta
10^{-24}	0.0000000000000000000000000000000000001	yocto	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000	Yotta

Resumo da Introdução

Material coberto

- Visão geral da Internet
- O que é um protocolo
- Periferia da rede, núcleo da rede, redes de acesso
 - Comutação de pacotes versus comutação de circuitos
- backbones, NAPs, ISPs
- Desempenho: perda e atraso
- Modelo de serviços em camada
- História

Conhecimento adquirido:

- contexto, visão geral, sentimento da rede
- mais detalhes ao longo do curso