

Introdução

Sumário:

- ❑ O que é a Internet?
- ❑ O que é um protocolo?
- ❑ Periferia da rede
- ❑ Núcleo da rede
- ❑ Desempenho: perdas, atrasos
- ❑ Segurança
- ❑ Modelos de camada de protocolos e serviços
- ❑ História

O que é a Internet: Componentes

Milhões de Sistemas interligados

□ **PC's, Servidores, PDA's, Telefones**

❖ Executam **aplicações de rede**

□ **Canais de comunicação**

❖ fibra, cobre, radio, satélite

❖ Ritmo de transmissão **largura de banda**

□ **routers:** encaminham pacotes (blocos de dados)



PC



servidor



wireless laptop



Telefone celular



Ponto de acesso

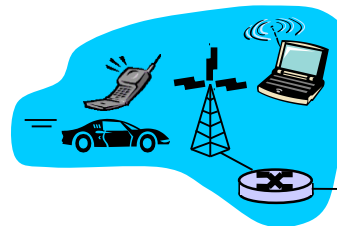


Ligação de cabo (cobre ou fibra)

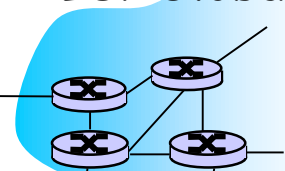


router

Rede Móvel



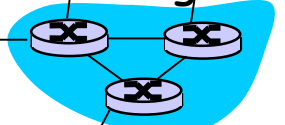
ISP Global



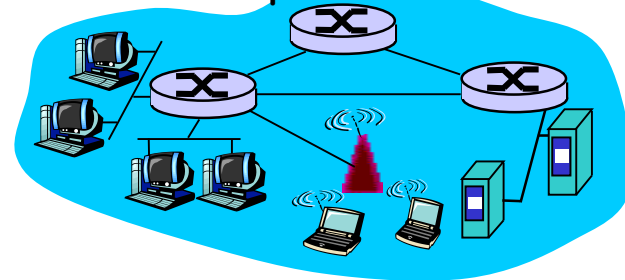
Rede doméstica



ISP Regional



Rede Empresarial



Equipamentos Internet "fixes"

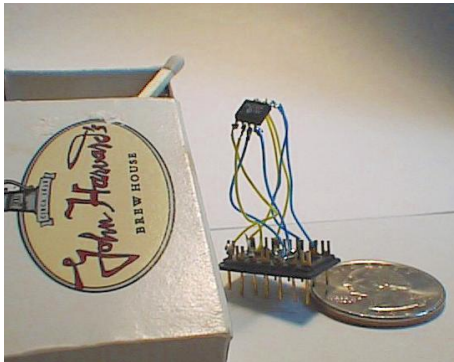


Moldura IP

<http://www.ceiva.com/>



Torradeira+ Estação meteo
com acesso web



Servidor mais pequeno do mundo

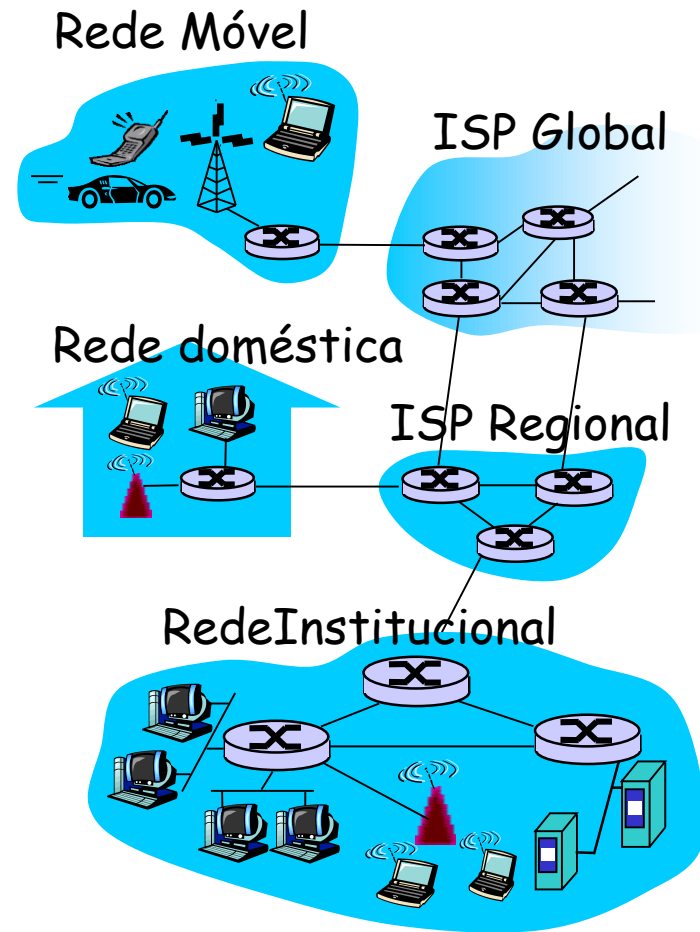
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>



Telefones IP

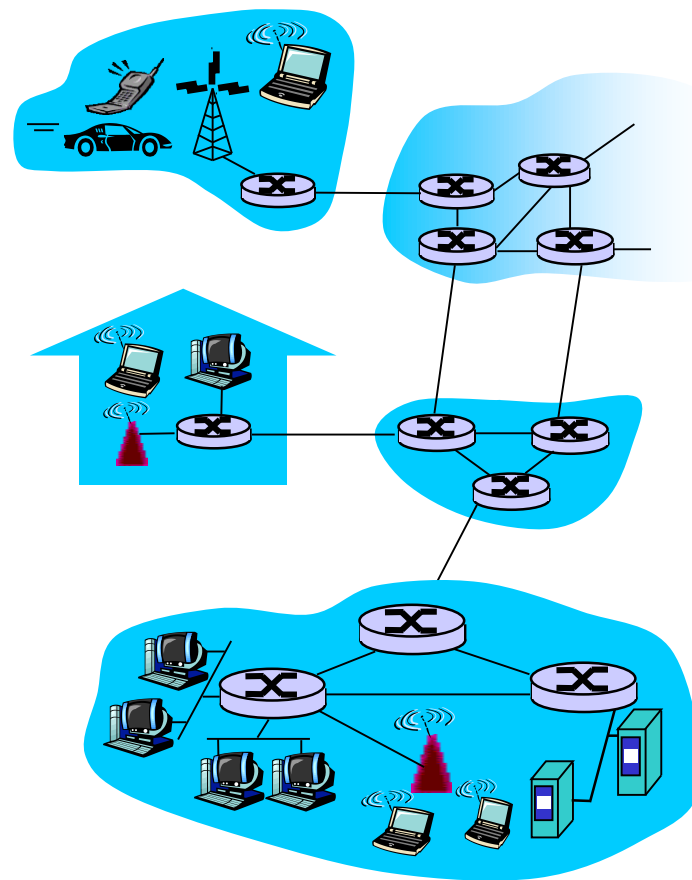
O que é a Internet: componentes

- ❑ **protocolos** controlam envio, recepção de msgs
 - ❖ e.g., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- ❑ **Internet: "Rede de Redes"**
 - ❖ Hierarquia fraca
 - ❖ Internet pública versus intranet privada
- ❑ **Standards da Internet**
 - ❖ RFC: Request for comments
 - ❖ IETF: Internet Engineering Task Force



O que é a Internet: Serviços

- ❑ A infraestrutura de comunicações permite aplicações distribuídas:
 - ❖ Web, VoIP, email, jogos, e-comércio, partilha de ficheiros (mp3, video, ...)
- ❑ Serviços de comunicação oferecidos às aplicações:
 - ❖ Entrega confiável de dados entre origem e destino
 - ❖ Entrega de dados sem garantia



O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- ❑ "que horas são?"
- ❑ "Tenho uma pergunta"
- ❑ Apresentações...

... msgs específicas
enviadas

... acções específicas
realizadas quando são
recebidas mensagens
ou outros eventos

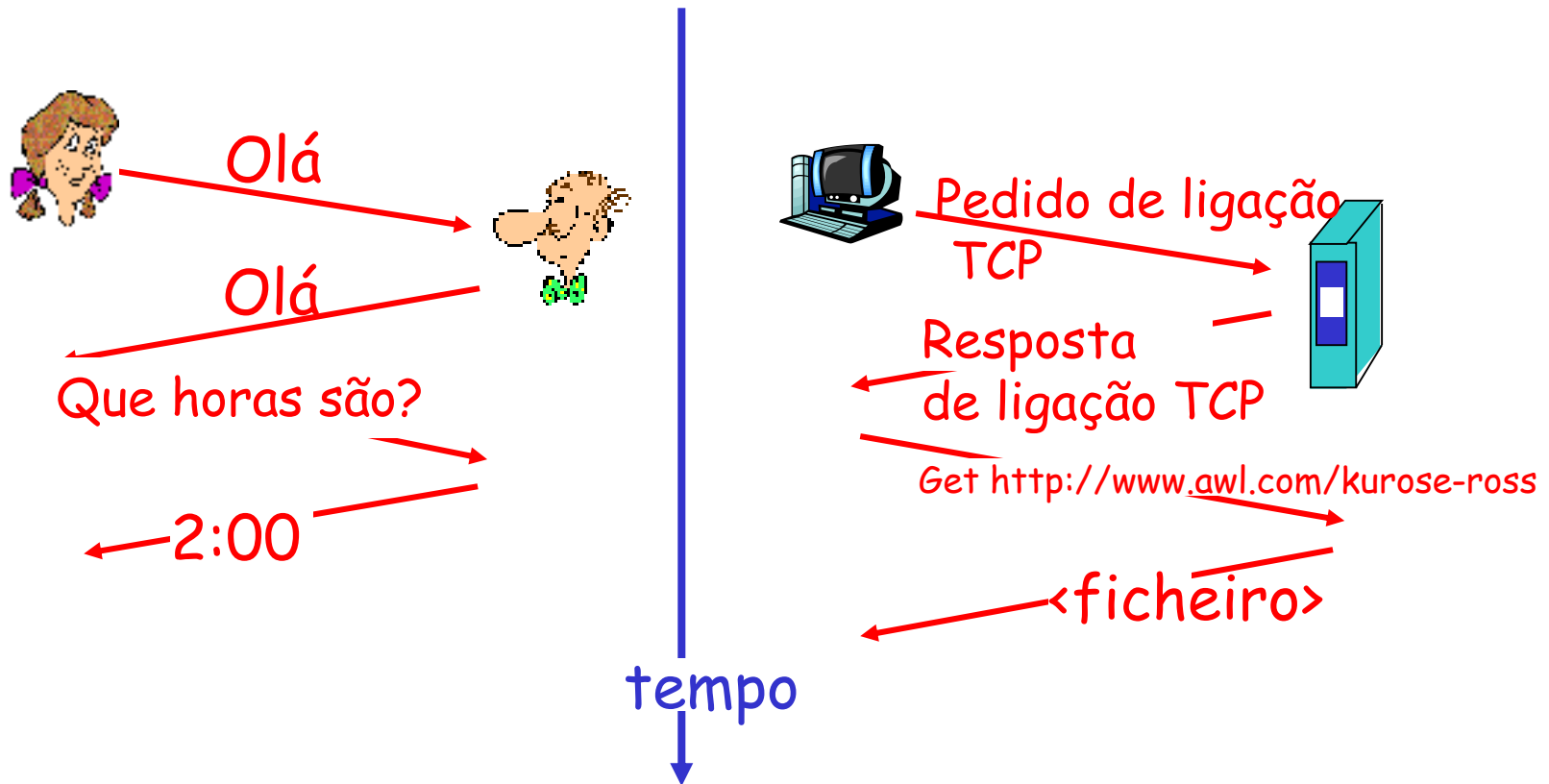
Protocolos de rede:

- ❑ Máquinas em vez de humanos
- ❑ Toda a actividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

protocolos definem o
formato, e a ordenação
das msgs enviadas e
recebidas entre as
entidades da rede, e as
acções a tomar

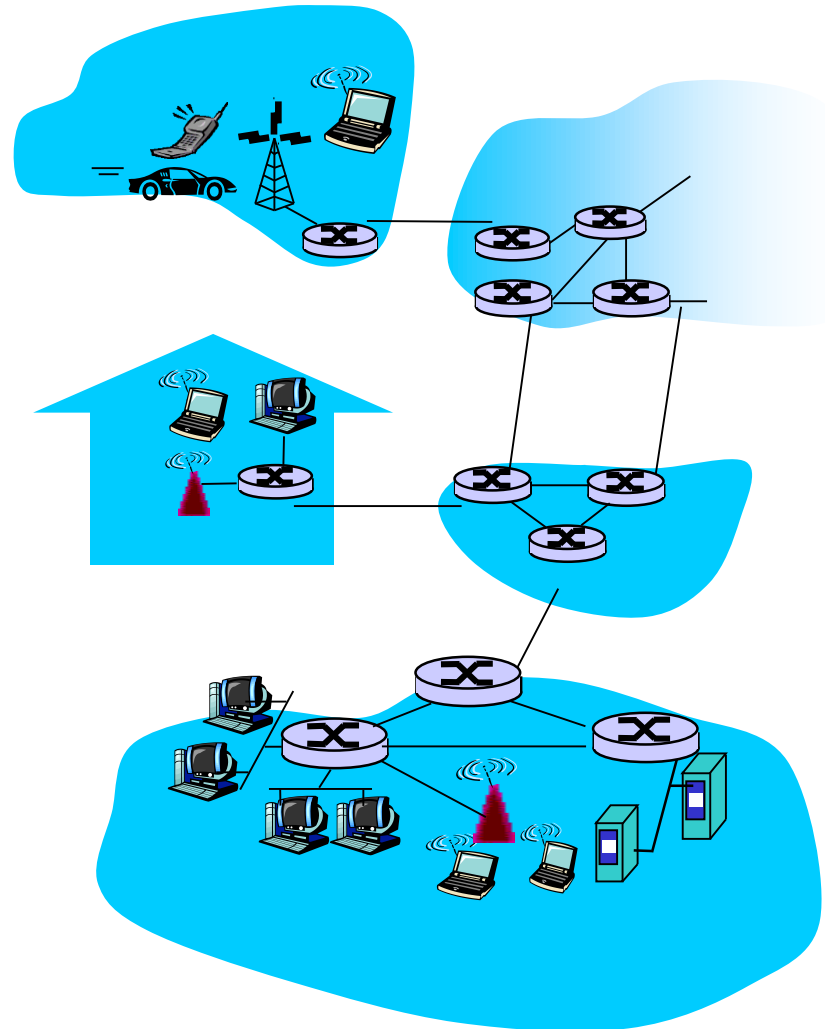
O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede:



Estrutura da rede:

- ❑ **Periferia da rede:**
aplicações e máquinas
- ❑ **Redes de acesso e meios físicos:** linhas de comunicações com e sem fios
- ❑ **Núcleo da rede:**
 - ❖ Interliga routers
 - ❖ Rede de redes



As várias Dimensões das Redes

Tipos de Rede

- PAN
- LAN
- MAN
- WAN

Topologias de Rede

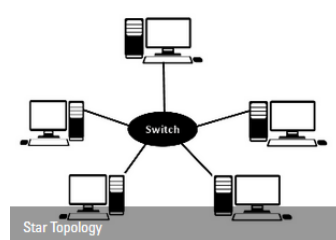
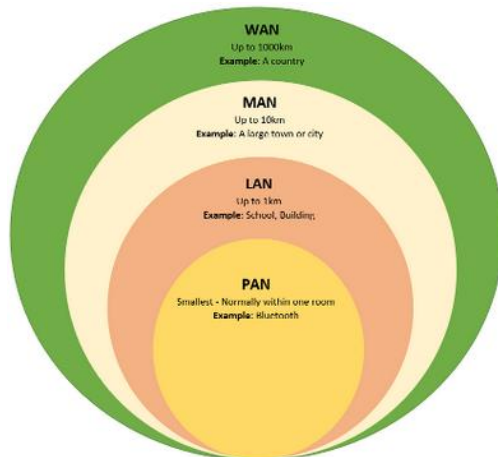
- Star
- Ring
- Bus

Arquitetura de Rede

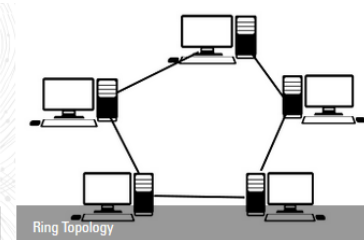
- Client-Server
- Peer to Peer

Interfaces de Rede

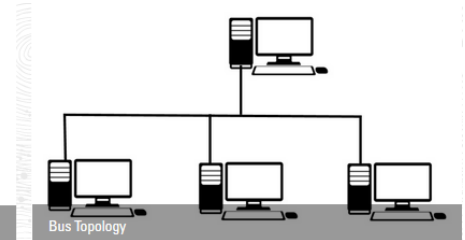
- Interfaces
- Hubs / Switches
- Cabling
- Software



Estrela

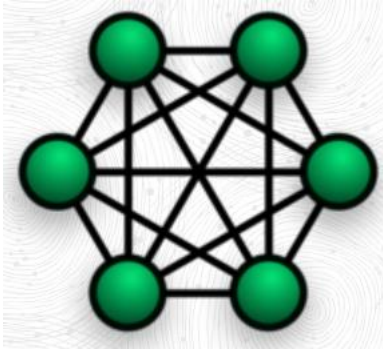


Anel

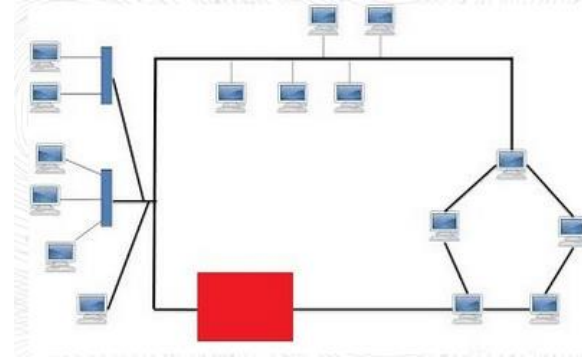


Bus

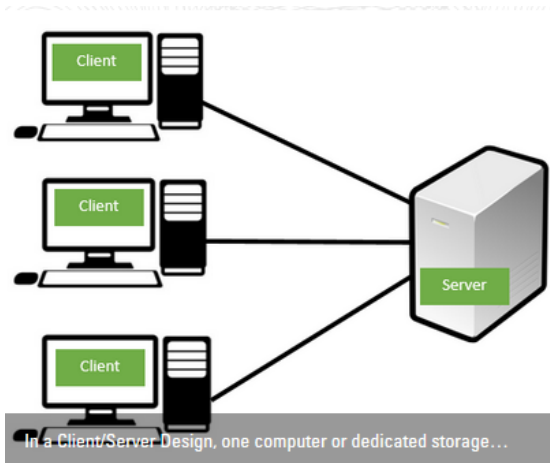
Topologias e Arquitecturas



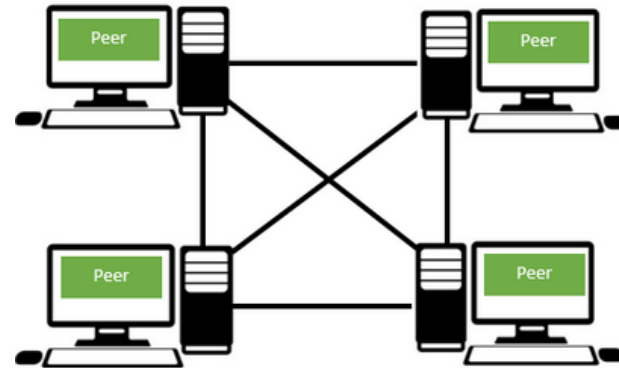
Malha



Misto



Cliente Servidor



Peer to Peer (P2P)

Tipos de Redes

Distância entre processadores	Área de acção	Exemplo	
1 m	metro quadrado	Personal area network	PAN
10 m	Sala	Local area network	LAN
100 m	Edifício	Local area network	LAN
1 km	Campus	Local area network	LAN
10 km	Cidade	Metropolitan area network	MAN
100 km	País	Wide area network	WAN
1000 km	Continente	Wide area network	WAN
10,000 km	Planeta	The Internet	
Massive	interplanetario	The Interplanetary Internet	

A periferia da rede:

❑ Sistemas terminais (hosts):

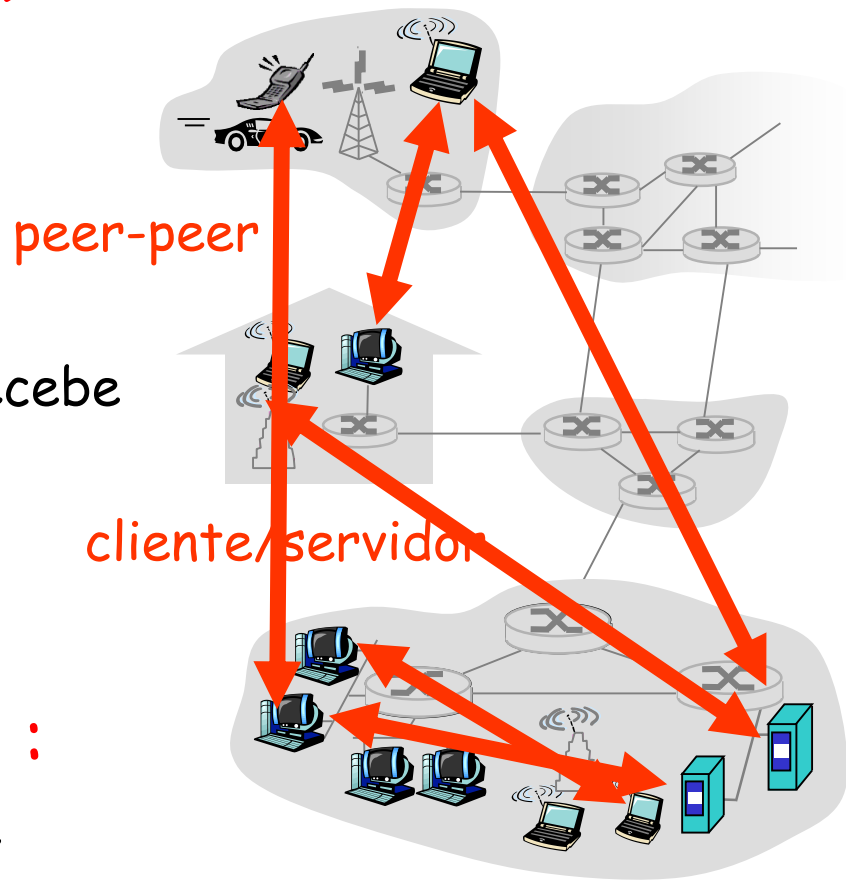
- ❖ Executam aplicações
- ❖ e.g. Web, email
- ❖ na "periferia da rede"

❑ Modelo cliente/servidor

- ❖ O cliente faz pedidos e recebe respostas de um servidor sempre ligado
- ❖ e.g. Web browser/server; email client/server

❑ Modelo peer-to-peer :

- ❖ pouco (ou nenhum) uso de servidores dedicados. Interação simétrica
- ❖ e.g. Skype, BitTorrent



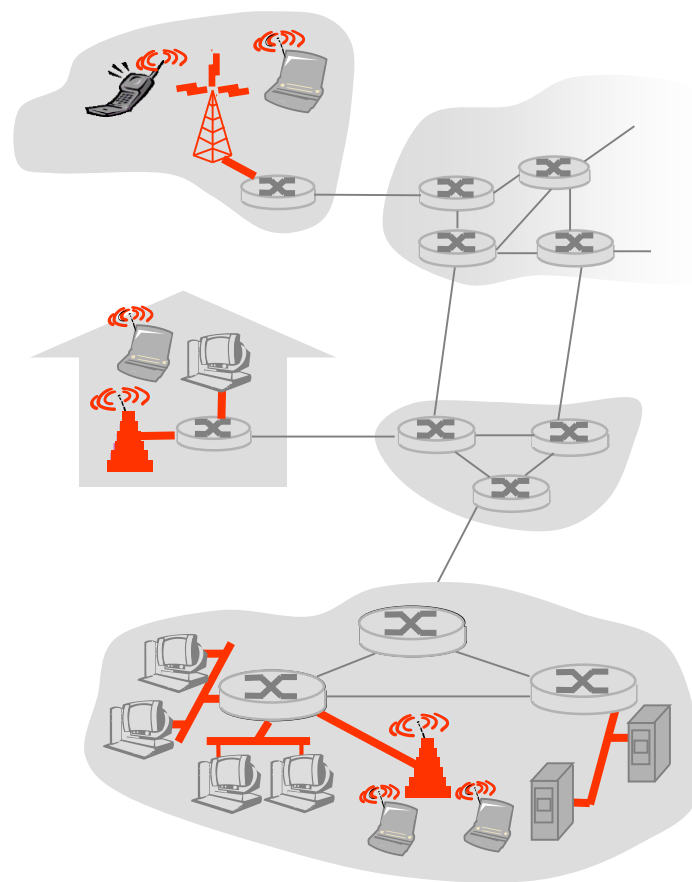
Redes de acesso e meios físicos

P: como ligar sistemas terminais ao router de saída?

- ❑ Redes de acesso residencial
- ❑ Redes de acesso institucional (escola, empresas)
- ❑ Redes móveis de acesso

relembrar:

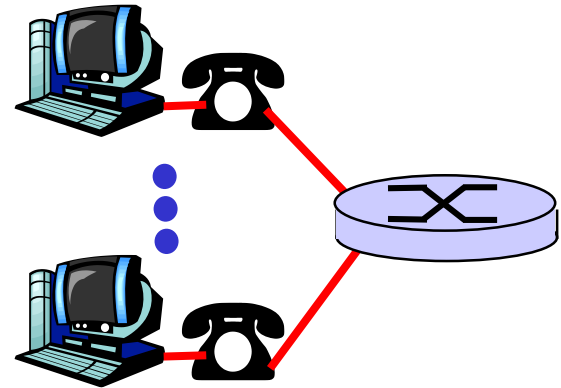
- ❑ Largura de banda?
- ❑ Dedicado ou partilhado?



Acesso residencial: acesso ponto a ponto

❑ Modem por Rede comutada

- ❖ até 56Kbps acesso directo ao router
- ❖ Não permite utilização simultânea do telefone e da Internet: não pode estar "sempre ligado"



❑ DSL: Digital Subscriber Line

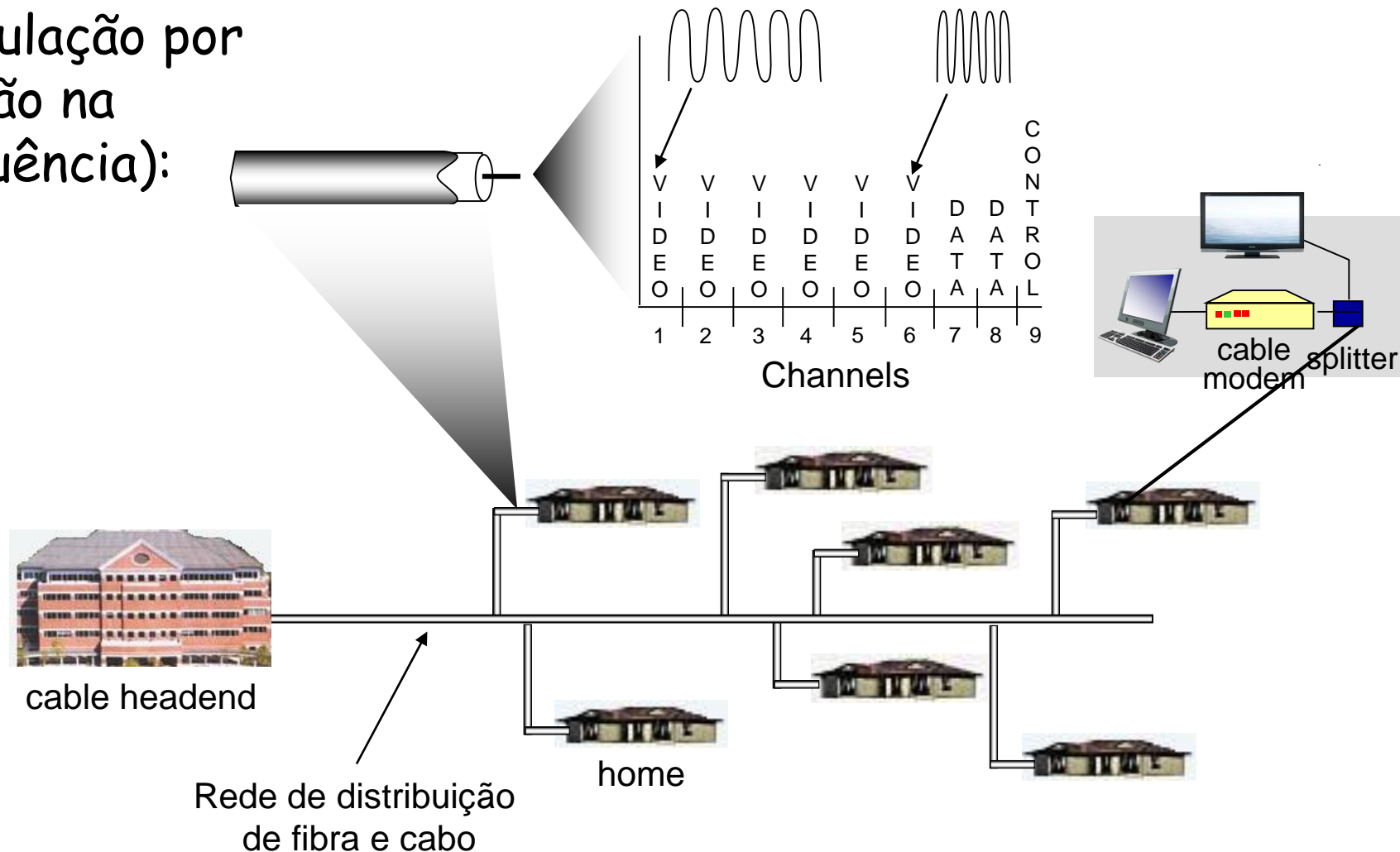
- ❖ ISP: companhia telefónica (tipicamente)
- ❖ Até 10 Mbps upstream
- ❖ Até 24 Mbps downstream
- ❖ Linha física dedicada até à central telefónica

Acesso residencial: modems de cabo

- ❑ **HFC: Hybrid Fiber Coax (FTTC)**
 - ❖ assimétrico: até 200Mbps downstream, 10 Mbps upstream
 - ❖ Partilha do meio físico pelos clientes
- ❑ **Rede de fibra óptica (FTTH)** liga as residências ao router do ISP
- ❑ **ISP:** empresas telefónicas e de televisão por cabo
 - ❖ Na residência: os utilizadores partilham o acesso ao router na rede doméstica

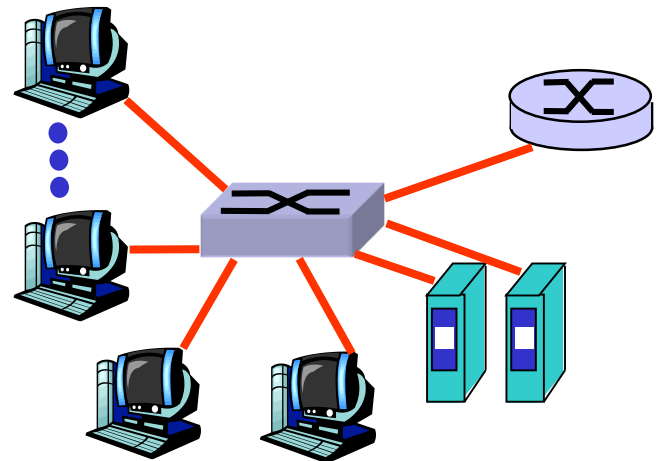
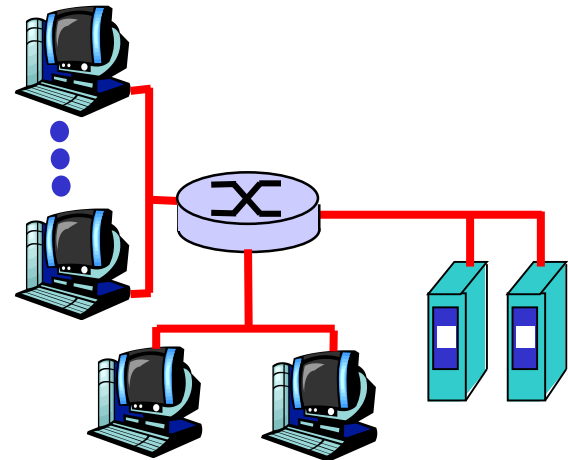
Arquitetura de redes de cabo coaxial

FDM
(Modulação por
Divisão na
Frequência):



Acesso institucional: Local Area Networks

- ❑ Rede da Empresa / escola (LAN) liga os sistemas terminais ao router de saída
- ❑ **Ethernet:**
 - ❖ 10 Mbs, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps Ethernet
 - ❖ configuração: sistemas terminais ligam a comutador (switch) *Ethernet*



Redes de acesso sem fios

□ Acesso wireless partilhado liga sistemas terminais ao router

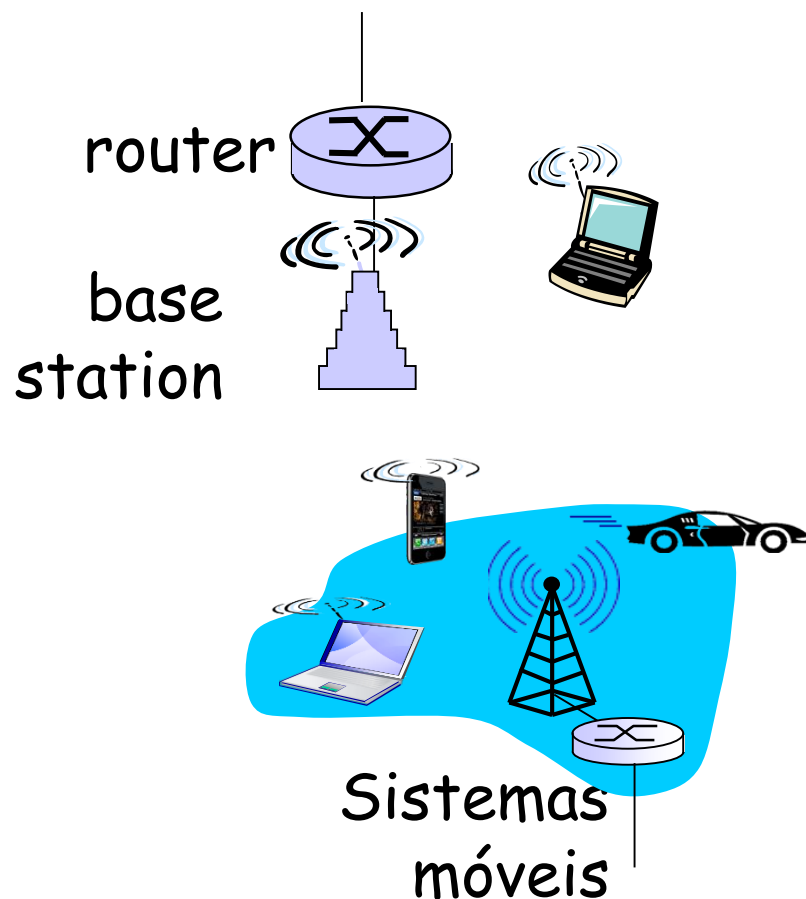
- ❖ via estação base aka "access point" AP

□ wireless LANs:

- ❖ 802.11a/b/g/n/ac (WiFi):
de 10 Mbps até 1 Gbps

□ Acesso wider-area wireless

- ❖ Fornecido por operadores de telecomunicações
- ❖ De 1Mbps até 20 Gbps sobre sistema celular (EVDO, HSDPA, GSM, 3G, 4G, 5G)



Redes de acesso sem fios

Protocolo	Publicação	Freq. (GHz)	L.B. (MHz)	Velocidades de transferência (Mbit/s ou MB/s)	Alcance (m)	
					Indoor	Outdoor
802.11	Jun 1997	2.4	22	1 Mbit/s ~ 0.12 MB/s 2 Mbit/s ~ 0.24 MB/s	20	100
802.11a	Set 1999	5	20	54 Mbit/s ~ 6.44 MB/s	35	120
		3.7			—	5000
802.11b	Set 1999	2.4	22	11 Mbit/s ~ 1.31 MB/s	35	140
802.11g	Jun 2003	2.4	20	54 Mbit/s ~ 6.44 MB/s	38	140
802.11n	Out 2009	2.4/5	20	72.2 Mbit/s ~ 8.6MB/s	70	250
			40	150 Mbit/s ~ 17.8MB/s	70	250
802.11ac	Dez 2013	5	20	Até 7.6 Mbit/s ~ 10.4MB/s	—	—
			40	até 200 Mbit/s ~ 23.8MB/s	—	—
			80	até 433.3 Mbit/s ~ 51.6MB/s	—	—
			160	até 866.7 Mbit/s ~ 103.32 MB/s	—	—
802.11ad	Dez 2012	60	2160	até 6912 Mbit/s ~ 823.97 MB/s (6.75 Gbit/s)	—	—

Sinais

- ❑ **Informação:** alteração de uma propriedade física de um sinal que se propague:
 - ❖ Luz:
 - ❖ Corrente eléctrica:
 - ❖ Radiação electromagnética:

O que liga o emissor e o receptor

- ❑ **Meio guiado:**
 - ❖ Os sinais propagam-se em meios sólidos: cobre, fibra, cabo coaxial
- ❑ **Meios não guiados:**
 - ❖ sinais propagam-se livremente, ondas electromagnética, som

Meios físicos Guiados: UTP

Twisted Pair (TP) - pares de fios entrançados

- ❑ Distinguem-se quanto à blindagem dos fios:
- ❑ Fios sem blindagem:
 - ❖ Unshielded Twisted Pair - UTP
- ❑ Fios com blindagem:
 - ❖ Shielded Twisted Pair - STP
 - ❖ Consoante a blindagem, assume várias designações:
 - ❖ FTP, STP, SSTP, SFTP, ...
- ❑ A blindagem torna os cabos menos maleáveis e com maior diâmetro



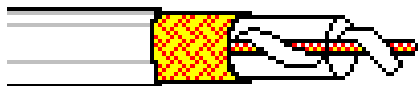
Meios físicos Guiados: UTP

Nome	Tipo de Cabo	Largura de Banda	Aplicações
Level 1	2 fios	0.4 MHz	Telefones e linhas Modem
Level 2	2 fios	4 MHz	Sistemas terminais antigos
Cat 3	UTP	16 MHz	10BASE-T / 100BASE-T4
Cat 4	UTP	20 MHz	16 Mbit/s Token Ring
Cat 5	UTP	100 MHz	100BASE-TX / 1000BASE-T
Cat 5e	UTP, F/UTP, U/FTP	100 MHz	1000BASE-T / 2.5GBASE-T
Cat 6	UTP, F/UTP, U/FTP	250 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T
Cat 6A	UTP, F/UTP, U/FTP, S/FTP	500 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T
Cat 7	S/FTP, F/FTP	600 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T
Cat 7A	S/FTP, F/FTP	1000 MHz	5GBASE-T / 10GBASE-T
Cat 8/8.1	F/UTP, U/FTP	2000 MHz	25GBASE-T / 40GBASE-T
Cat 8.2	S/FTP, F/FTP	2000 MHz	25GBASE-T / 40GBASE-T

Meios físicos: coax, fibra

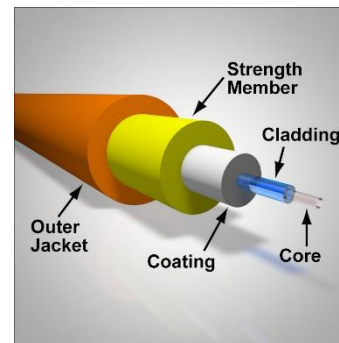
Cabo Coaxial :

- ❑ Dois condutores de cobre concêntricos
- ❑ bidirecional
- ❑ baseband:
 - ❖ Canal único no cabo
 - ❖ legacy Ethernet
- ❑ broadband:
 - ❖ vários canais no cabo
 - ❖ HFC



Cabo de fibra óptica:

- ❑ Fibra de vidro transporta impulsos de luz, cada impulso é um bit
- ❑ Alta velocidade:
 - ❖ Transmissão ponto a ponto alta velocidade (e.g., 10's-100's Gps)
- ❑ Baixa taxa de erros: repetidores afastados; imune ao ruído eletromagnético



Meios físicos: rádio

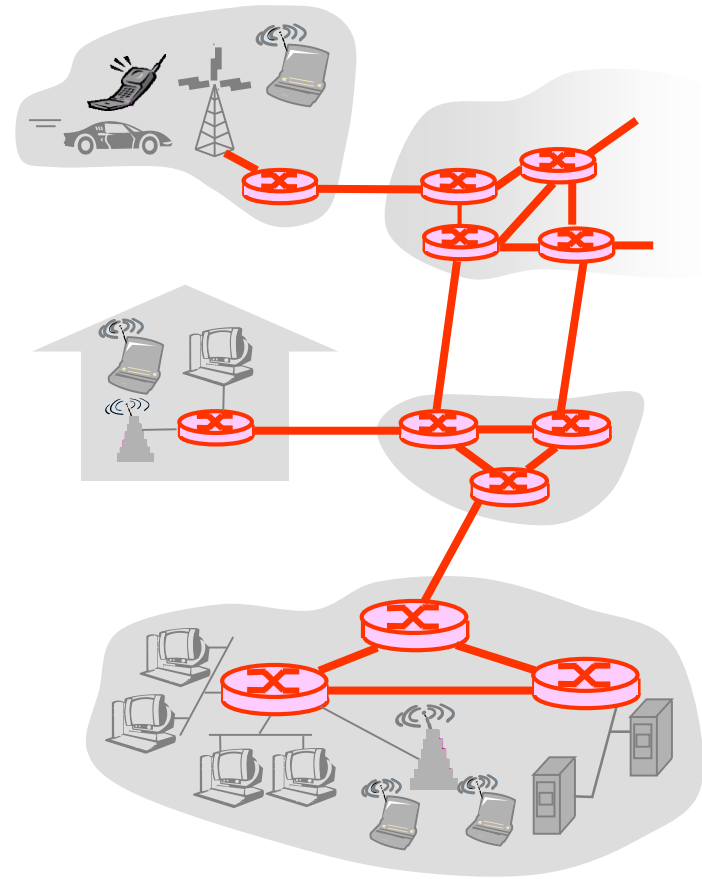
- ❑ Sinais transportados no espectro electromagnético
- ❑ Sem "cabos" físicos
- ❑ bidirecional
- ❑ Efeitos ambientais de propagação:
 - ❖ Reflexão
 - ❖ Obstrução por objectos
 - ❖ Interferências

Tipos de ligações rádio:

- ❑ **Micro ondas terrestres**
 - ❖ e.g. até canais de 45 Mbps
- ❑ **WLAN** (e.g., Wifi)
 - ❖ 11Mbps, 54 Mbps
- ❑ **Wide-area** (e.g., celular)
 - ❖ 3G, 4G celular: ~ 1 Mbps
- ❑ **Satélite**
 - ❖ Canais de Kbps até 45Mbps
 - ❖ 270 msec de atraso ponto a ponto
 - ❖ Geo síncrono versus baixa altitude

O Núcleo da Rede

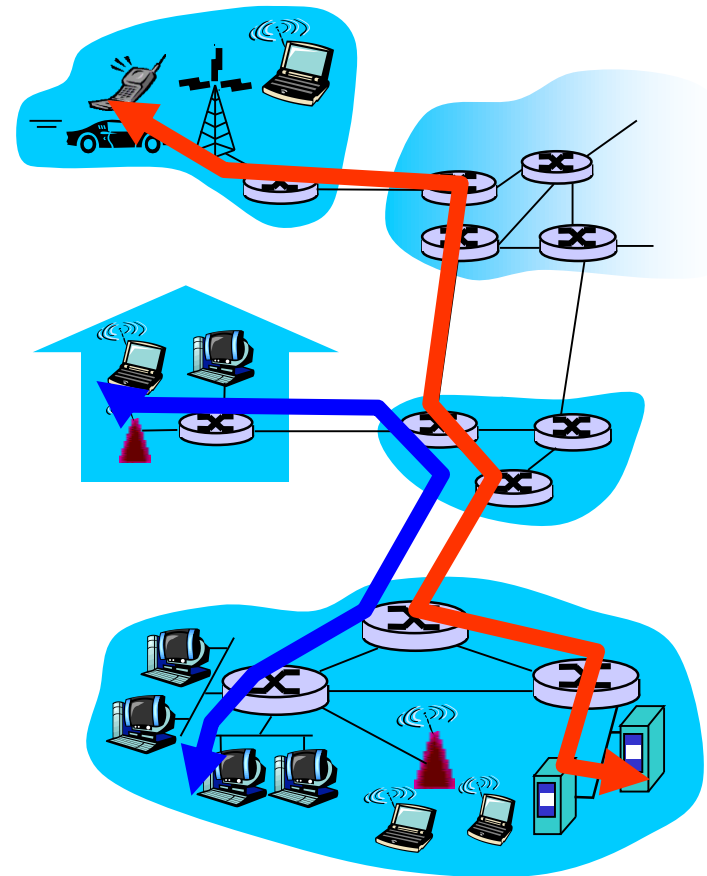
- ❑ Malha de routers interligados
- ❑ Questão fundamental:
como são os dados transferidos na rede?
 - ❖ **Comutação de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede telefónica
 - ❖ **Comutação de pacotes:** dados enviados em pequenos pacotes com trajectos diferentes



Núcleo da rede: comutação de circuitos

Recursos ponto a ponto reservados durante toda a chamada

- ❑ Recursos dedicados, sem partilha.
- ❑ Recurso desperdiçado se não utilizado.
- ❑ Performance garantida
- ❑ Necessário estabelecer a chamada

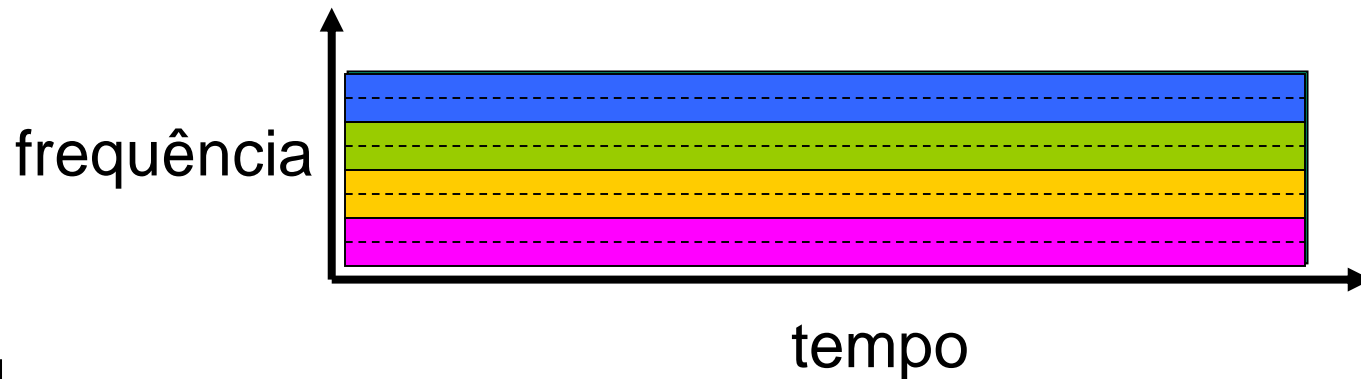


Comutação de circuitos: FDM e TDM

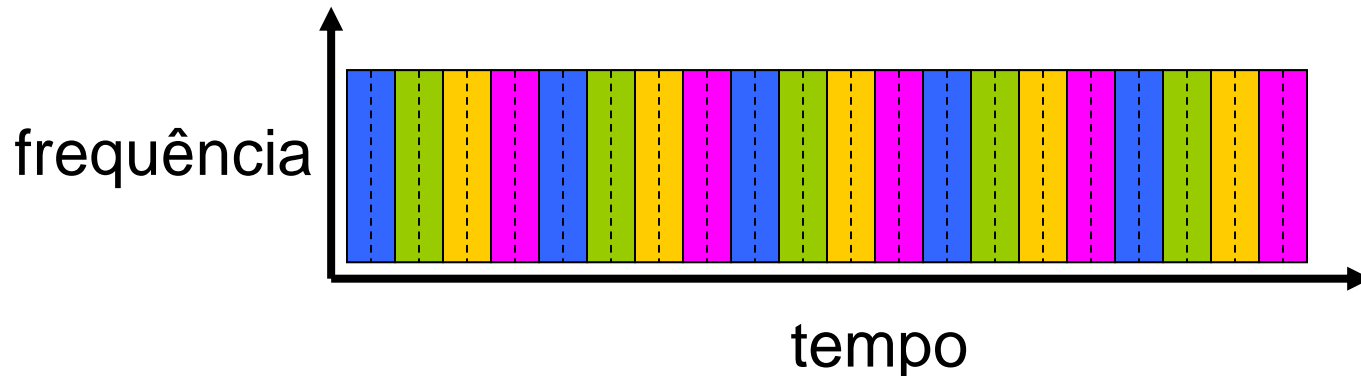
Exemplo:

4 utilizadores ■ ■ ■ ■

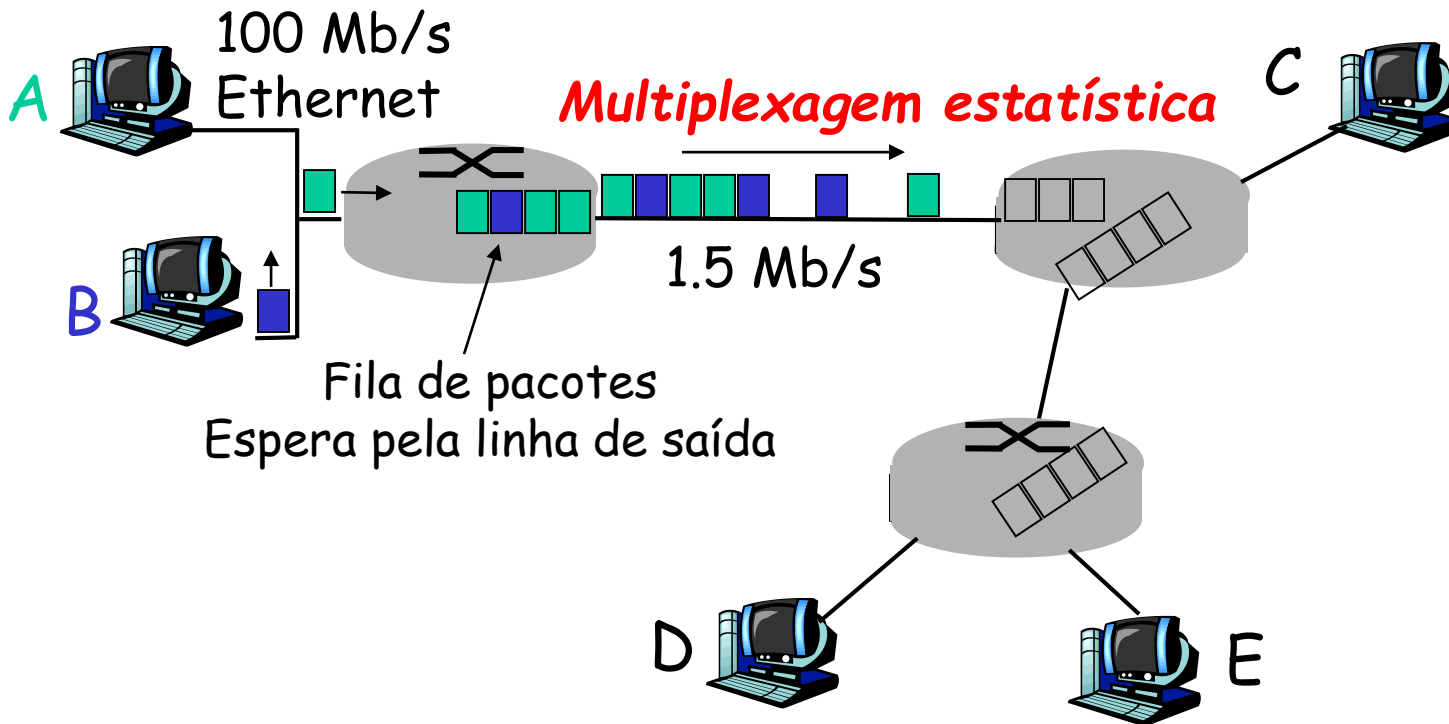
FDM



TDM



Comutação de pacotes: Multiplexagem estatística

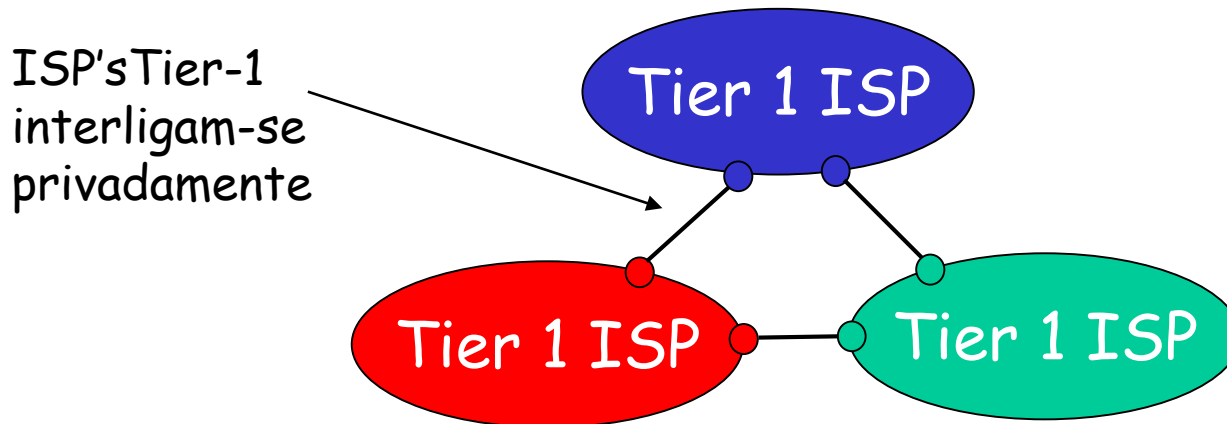


Sequência de pacotes de A e B sem padrão fixo, partilha do meio a pedido de cada um:

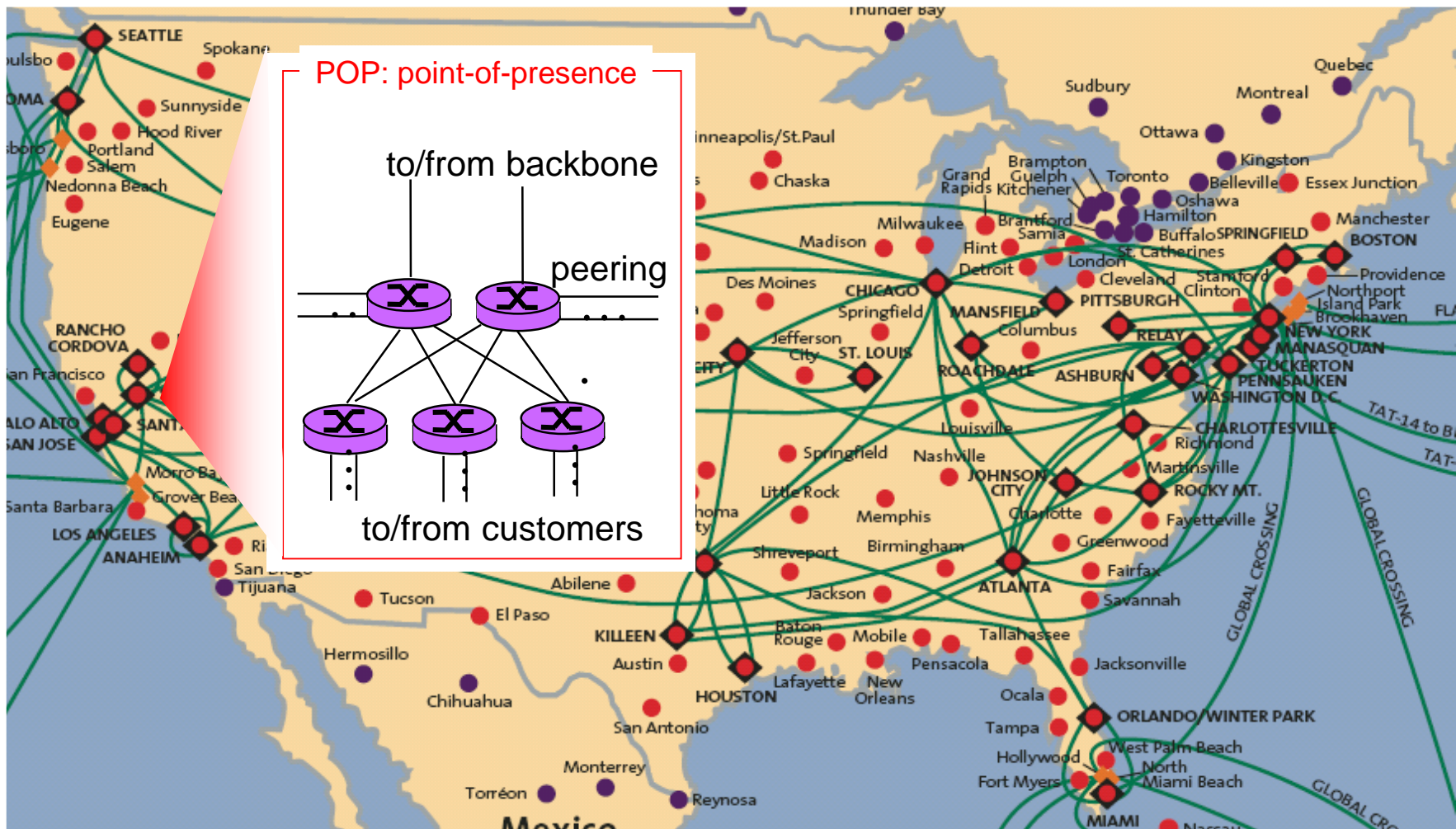
multiplexagem estatística dos utilizadores.

Estrutura da Internet: Rede de Redes

- ❑ Hierarquia fraca
- ❑ **no centro: ISPs "tier-1"** (e.g., Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless), cobertura nacional/internacional
 - ❖ Trata os outros como iguais



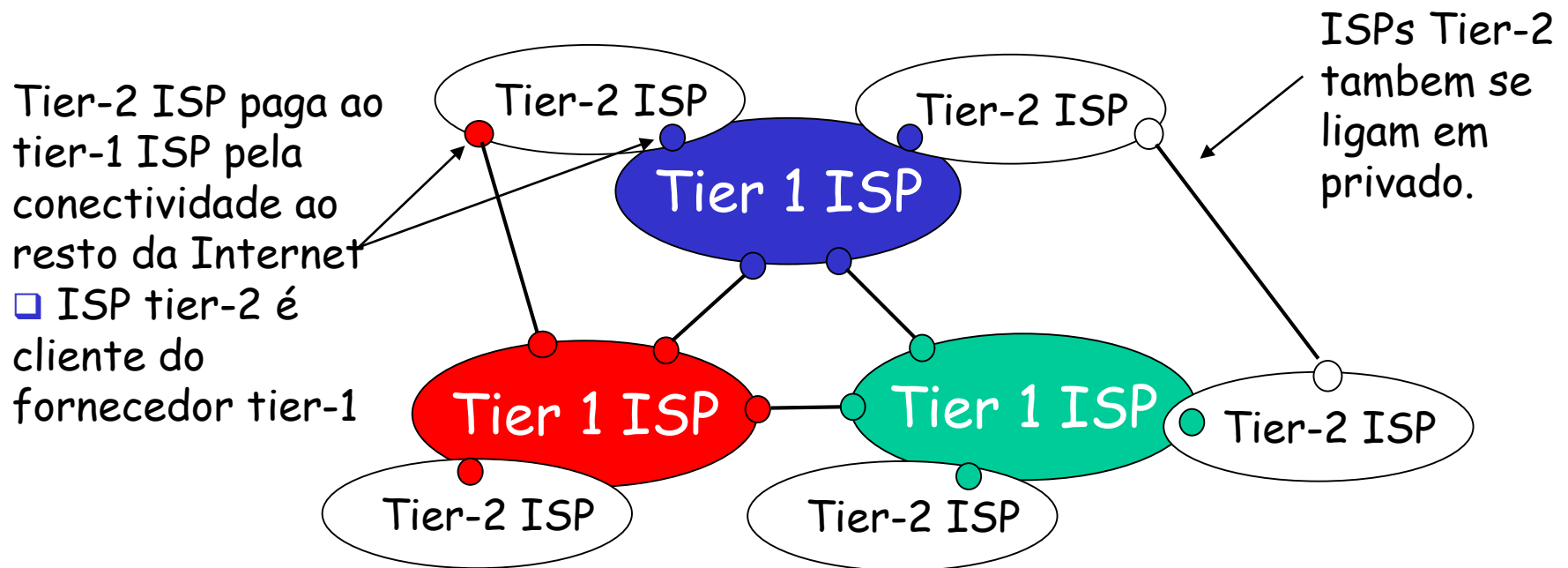
Tier-1 ISP: ex., Sprint



Estrutura da Internet: Rede de Redes

❑ ISPs "Tier-2" : ISPs mais pequenos (por vezes regional)

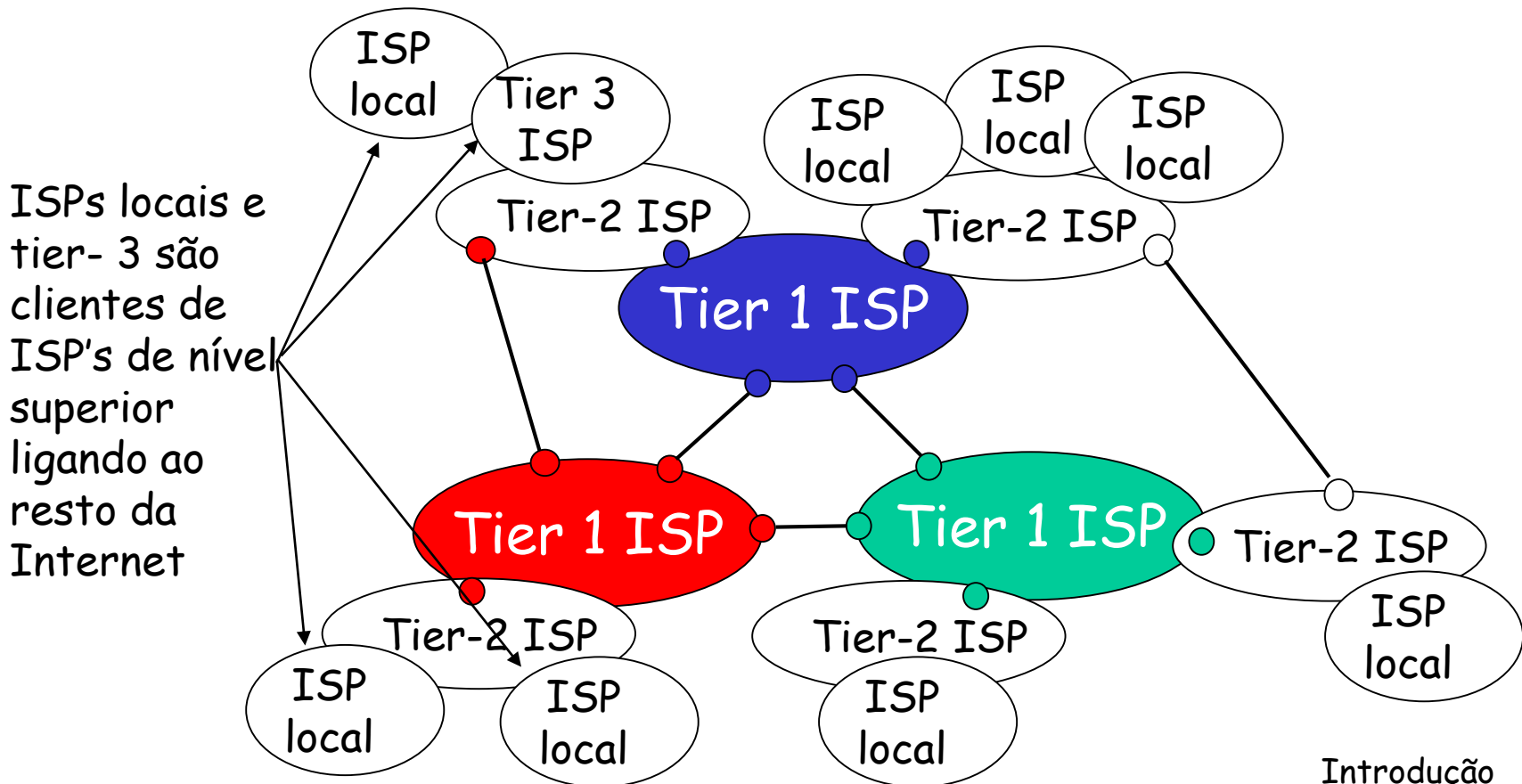
- ❖ Liga-se a 1 ou mais ISP's tier-1, possivelmente a outros ISP's tier-2



Estrutura da Internet: Rede de Redes

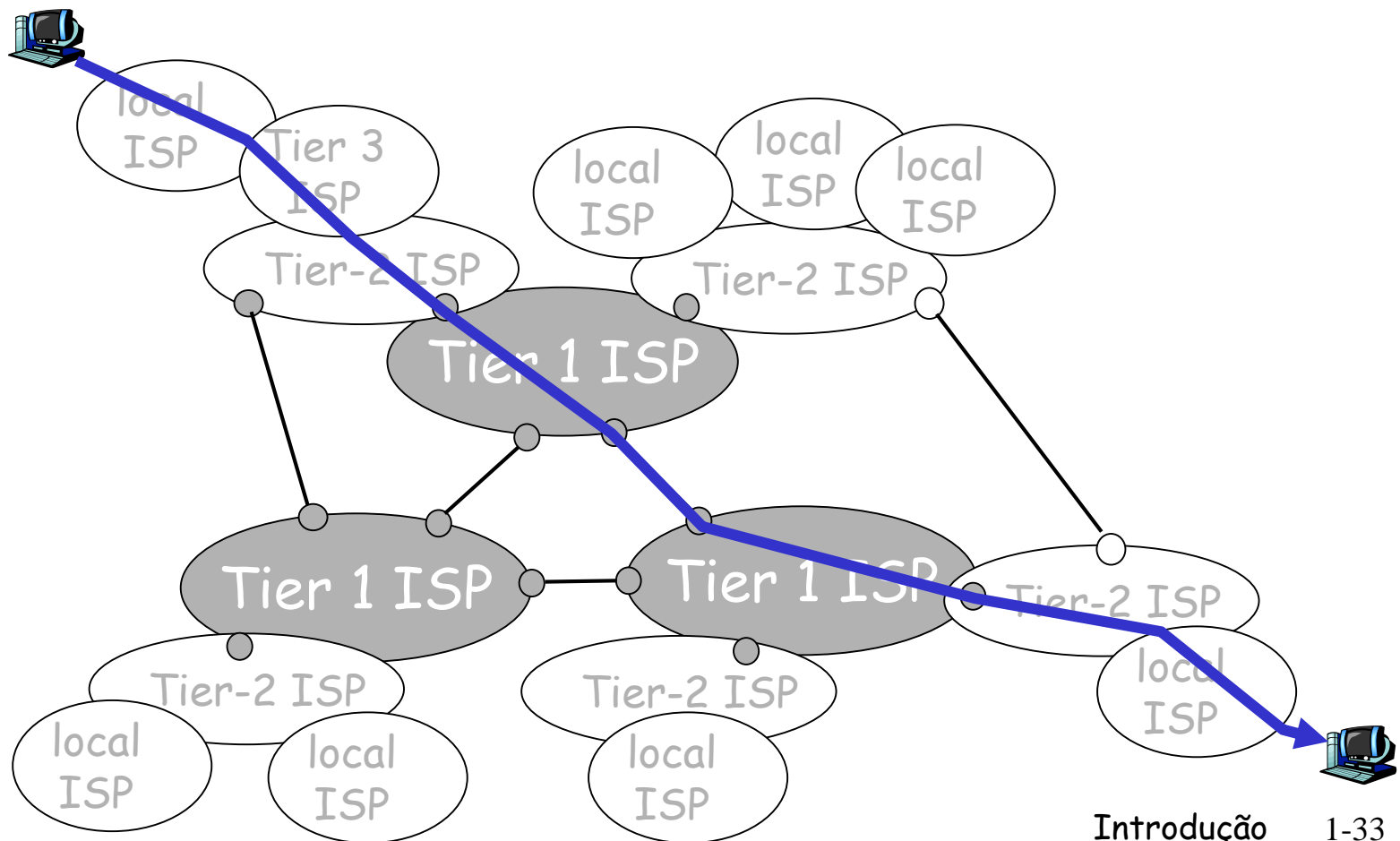
❑ ISPs "Tier-3" e ISPs locais

- ❖ Rede de última ligação ("acesso") (perto dos sistemas terminais)



Estrutura da Internet: Rede de Redes

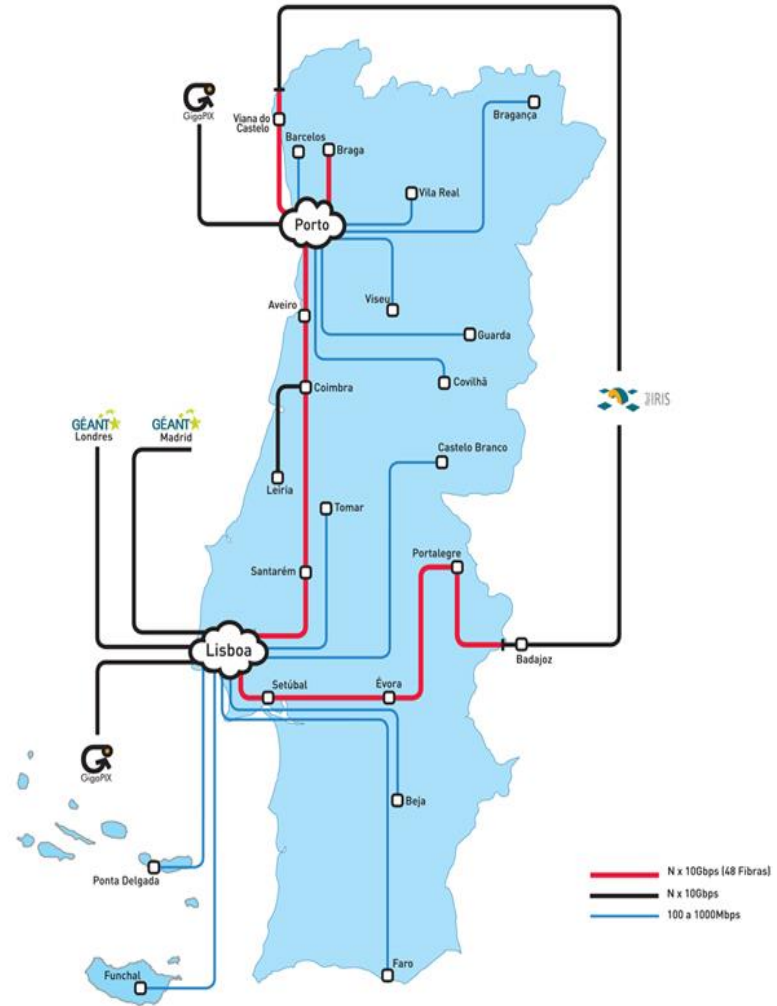
- Um pacote atravessa várias redes...



FCCN - Fundação para a Computação Nacional

Missão

- Gestão do domínio de internet .pt
- Fornecimento de Internet para escolas, universidades e centros de investigação
- Fornecimento de VoIP para escolas, universidades e centros de investigação
- Biblioteca de Publicações Científicas On-Line (B-on)
- Campus virtual (EDUROAM)
- Gestor da Rede Ciência, Tecnologia e Sociedade (RCTS)



Níveis de protocolo

As redes são complexas

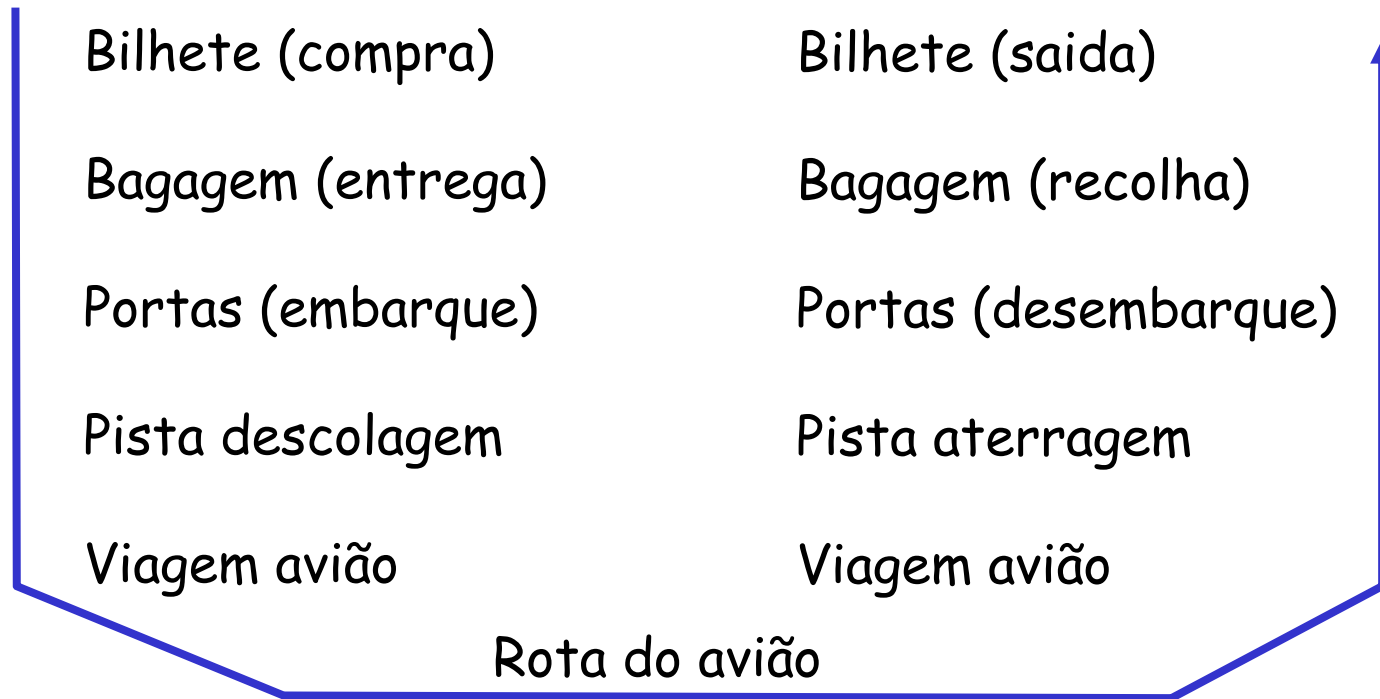
❑ Muitas “peças”:

- ❖ postos
- ❖ routers
- ❖ Ligações com meios físicos diferentes
- ❖ aplicações
- ❖ protocolos
- ❖ hardware, software

Questão:

Como se pode organizar a estrutura da rede?

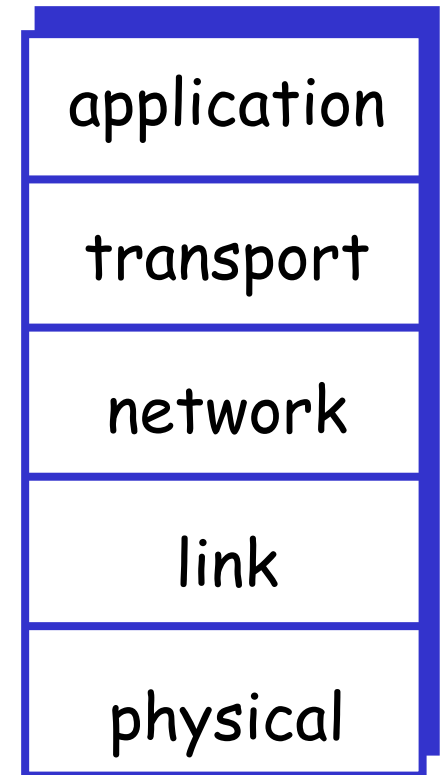
Ex. Organização de viagem aérea



- ❑ Um conjunto de passos e regras a seguir

Protocolo Internet (TCP/IP)

- ❑ **application:** suporta aplicações de rede e outras aplicações
 - ❖ FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **transport:** transferência de dados processo a processo
 - ❖ TCP, UDP
- ❑ **network:** encaminhamento de datagramas do posto de origem ao destino
 - ❖ IP, routing protocols
- ❑ **link:** transferência de dados entre vizinhos
 - ❖ PPP, Ethernet
- ❑ **physical:** bits no meio físico



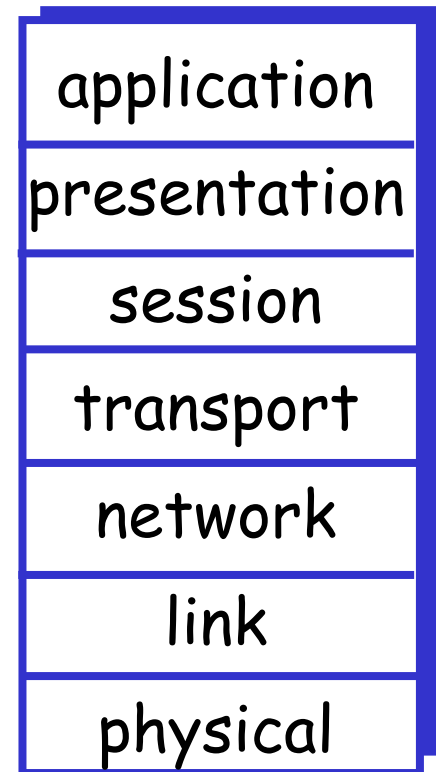
Modelo de referência ISO/OSI

□ Mais 2 níveis:

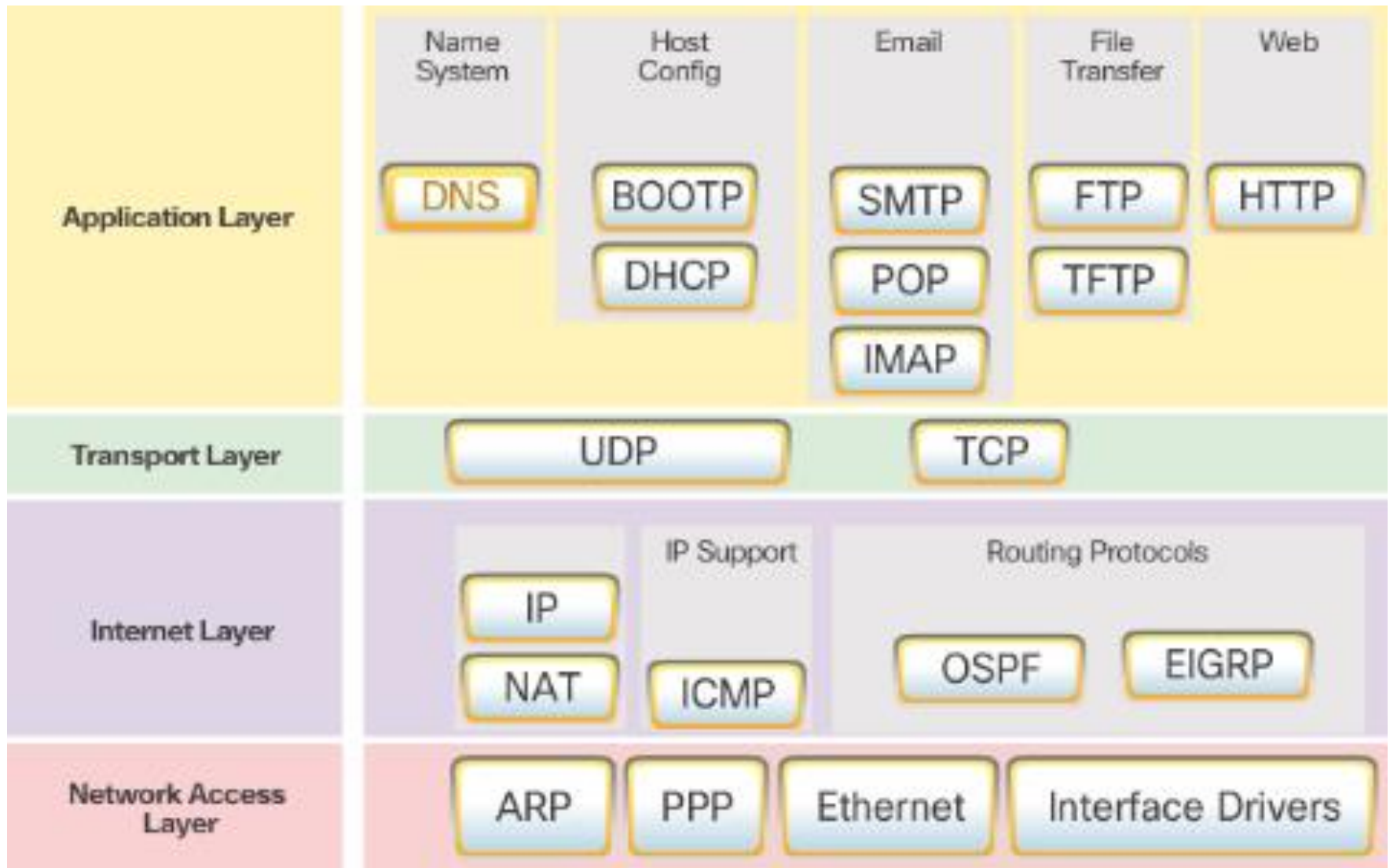
- ❖ **presentation**: permite às aplicações interpretar os significados dos dados, e.g., encriptação, compressão
- ❖ **session**: sincronização, checkpoints, recuperação de dados

□ Protocolo Internet não tem estes níveis!

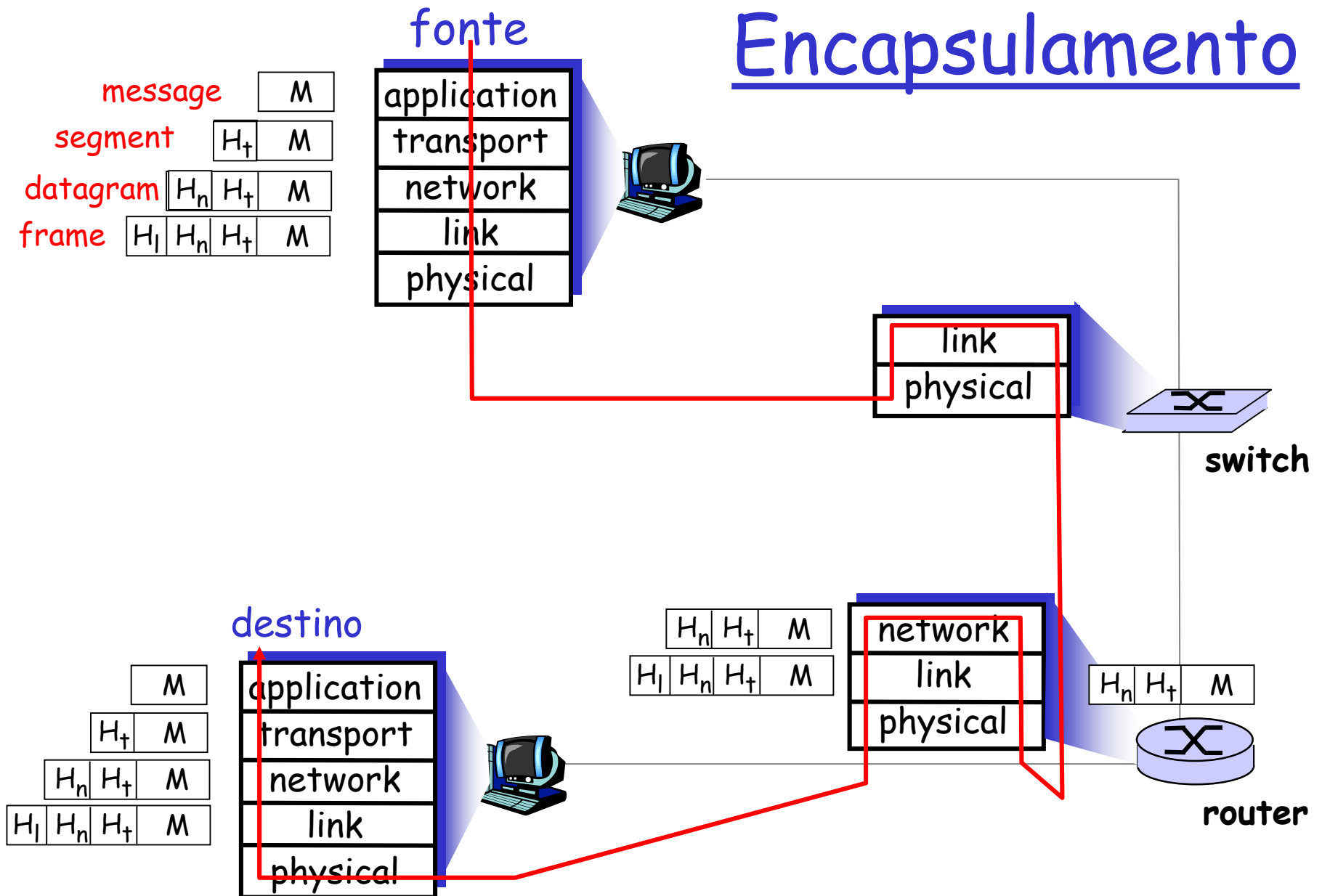
- ❖ Estes serviços, *se necessários*, devem ser realizados na aplicação



Suite de protocolo IP



Encapsulamento



Observação dos routers percorridos na internet

```
C:\Users\Jorge> tracert www.utas.edu.au
```

1	1 ms	<1 ms	<1 ms	CISCO3000 [192.168.2.1]
2	6 ms	7 ms	5 ms	10.23.0.1
3	7 ms	7 ms	7 ms	pal-84-91-0-221.netvisao.pt [84.91.0.221]
4	8 ms	9 ms	9 ms	lis2-br1-gi14-0.cprm.net [195.8.10.53]
5	13 ms	12 ms	11 ms	lis2-cr1-te8-0-3.cprm.net [195.8.0.213]
6	35 ms	35 ms	35 ms	lon1-cr1-pol2-0-0.cprm.net [195.8.0.70]
7	35 ms	36 ms	37 ms	ge-3-3-0.mpr1.lhr3.uk.above.net [195.66.226.76]
8	37 ms	34 ms	35 ms	ge-3-3-0.mpr1.lhr3.uk.above.net [64.125.28.145]
9	36 ms	35 ms	35 ms	so-5-3-0.mpr1.lhr2.uk.above.net [64.125.24.13]
10	112 ms	109 ms	108 ms	so-0-1-0.mpr1.dca2.us.above.net [64.125.27.57]
11	106 ms	132 ms	116 ms	xe-0-3-0.cr1.dca2.us.above.net [64.125.29.17]
12	141 ms	139 ms	139 ms	xe-2-2-0.cr1.iah1.us.above.net [64.125.29.37]
13	172 ms	166 ms	167 ms	xe-1-3-0.cr1.lax112.us.above.net [64.125.26.122]
14	178 ms	179 ms	177 ms	xe-0-2-0.cr1.sjc2.us.above.net [64.125.26.26]
15	183 ms	179 ms	180 ms	xe-0-1-0.mpr1.pao1.us.above.net [64.125.31.65]
16	332 ms	331 ms	329 ms	64.124.200.214.allocated.above.net [64.124.200.214]
17	329 ms	329 ms	332 ms	so-3-3-1.bb1.a.syd.aarnet.net.au [202.158.194.173]
18	333 ms	333 ms	333 ms	so-0-1-0.bb1.a.cbr.aarnet.net.au [202.158.194.41]
19	338 ms	339 ms	339 ms	ge-0-0-0.bb1.b.cbr.aarnet.net.au [202.158.194.206]
20	342 ms	342 ms	341 ms	so-0-1-0.bb1.b.mel.aarnet.net.au [202.158.194.29]
21	342 ms	341 ms	341 ms	ge-0-0-0.bb1.a.mel.aarnet.net.au [202.158.194.181]
22	352 ms	351 ms	351 ms	so-0-0-0.bb1.b.hba.aarnet.net.au [202.158.194.114]
23	351 ms	351 ms	351 ms	tengigabi[...].er2.utas.cpe.aarnet.net.au [202.158.204.2]
24	352 ms	351 ms	351 ms	gw1.er2.utas.cpe.aarnet.net.au [113.197.9.6]
25	352 ms	353 ms	354 ms	edge-ims.gw.utas.edu.au [202.12.92.222]
26	353 ms	353 ms	354 ms	sb-core-a-fw-v.sw.utas.edu.au [131.217.252.27]
27	360 ms	359 ms	358 ms	babel.its.utas.edu.au [131.217.10.29]

Rastreo concluído.

Localização geográfica de endereços IP públicos

The screenshot shows a Firefox browser window displaying the utrace website. The address bar shows the URL <http://en.utrace.de/?query=38.104.190.246>. The page features the utrace logo and a search bar with the IP address 38.104.190.246 entered. Below the search bar, a message states: "The IP address '38.104.190.246' is located in the following region:". A map of the Northeastern United States is displayed, with a red pin indicating the location of the IP address. A tooltip over the pin provides the following information:

- IP Address: 38.104.190.246
- ISP: PSINet
- Region: New York (US)

The map includes labels for various cities and states, such as New York, Pennsylvania, New Jersey, and Delaware. At the bottom of the page, there are links for [Home | All IP Addresses | Your IP Address | Whois | Statistics | Widget | API | Imprint] and the text "utrace - locate IP addresses and domainnames".

Taxas de Transmissão de Dados de Áudio e Vídeo

Qualidade	<i>bits</i> / amostra	Taxa bruta	Taxa comprimida	Factor de compressão
Telefone	8000 amostras/s, 8 <i>bits</i> por amostra	64 Kbps	8-32 Kbps	2:1 a 8:1
Teleconferência	16000 amostras/s, 8 <i>bits</i> por amostra	128 Kbps	48-64 Kbps	2:1 a 8:3
CD	44100 amostras/s, 16 <i>bits</i> por amostra	705.6 Kbps	128 Kbps	5.5:1

Qualidade	Formatos	<i>bits</i> / amostra	Taxa bruta	Taxa comprimida	Factor de compressão
VCR	CIF (MPEG2)	352 <i>pixel</i> × 240 linhas × 12 <i>bits</i> / <i>pixel</i> × 30 frames / s	30.4 Mbps	4 Mbps	7.6:1
TV	MPEG-2 (PAL)	720 <i>pixel</i> × 576 linhas × 12 <i>bits</i> / <i>pixel</i> × 25 frames / s	124.4 Mbps	15 Mbps	8:1
	MPEG-2 (NTSC)	720 <i>pixel</i> × 480 linhas × 12 <i>bits</i> / <i>pixel</i> × 30 frames / s	124.4 Mbps	15 Mbps	8:1
HDTV	HDTV	1920 <i>pixel</i> × 1080 linhas × 16 <i>bits</i> / <i>pixel</i> × 30 frames / s	994.3 Mbps	135 Mbps	7.4:1
	MPEG-3	1920 <i>pixel</i> × 1080 linhas × 12 <i>bits</i> / <i>pixel</i> × 30 frames / s	745.8 Mbps	20-40 Mbps	18.6:1 a 37:1

Segurança de redes

❑ Segurança de redes:

- ❖ Como é que as redes de computadores podem ser atacadas
- ❖ Como nos podemos defender dos ataques
- ❖ Como podemos desenhar arquitecturas "imunes" aos ataques

❑ A internet não foi criada com muita preocupação na segurança

- ❖ *versão original*: "um grupo de utilizadores confiáveis ligados numa rede transparente" 😊

Agora: Segurança implementada em todos os níveis!

Vilões podem colocar código malicioso nos postos via Internet

- ❑ Malware pode entrar num posto através de um vírus, verme (worm), ou cavalo de Tróia (trojan horse).
- ❑ Spyware pode gravar as teclas premidas, sitios visitados, passwords e enviar essa informação.
- ❑ Postos infectados podem ser agrupados numa rede (botnet), usados para spam e ataques DDoS .
- ❑ Malware é muitas vezes autoreplicante: um posto infectado vai infectar outros

Vilões podem colocar código malicioso nos postos via Internet

❑ Trojan horse

- ❖ Parte escondida de um programa utilizado
- ❖ Hoje geralmente em páginas web (Active-X, plugin)

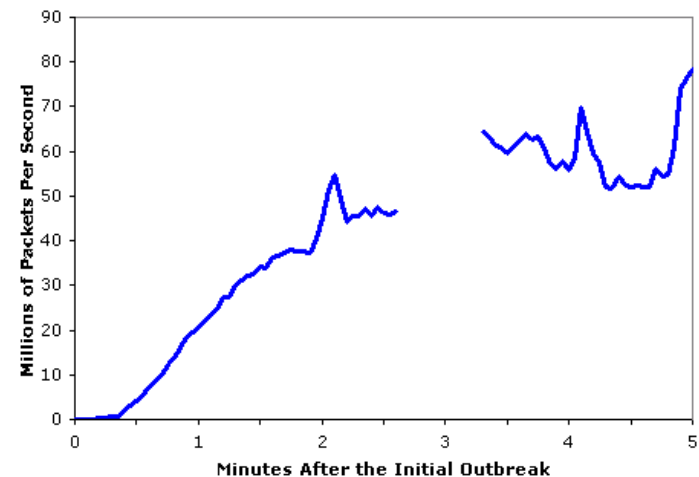
❑ Virus

- ❖ Infecção por recepção de objectos (e.g., anexos de e-mail), executados de propósito
- ❖ Auto replicantes:

❑ Worm:

- ❖ infecção por recepção passiva de objectos que se auto executam
- ❖ Auto replicantes

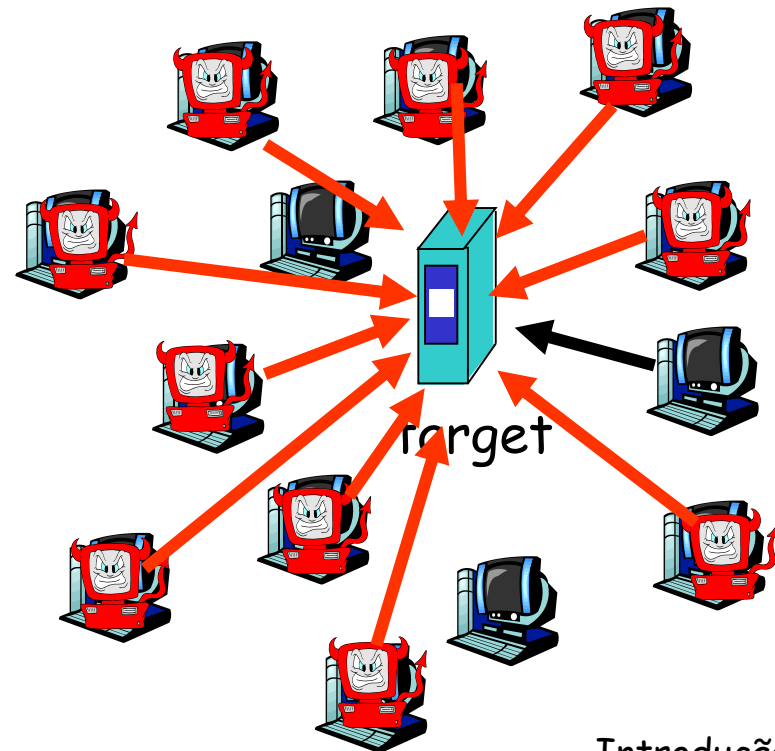
Sapphire Worm: aggregate scans/sec in first 5 minutes of outbreak (CAIDA, UWisc data)



Vilões podem colocar código malicioso nos postos via Internet

❑ Denial of service (DoS): ataque torna os recursos indisponíveis (servidores ou largura de banda) por sobrecarga de pedidos

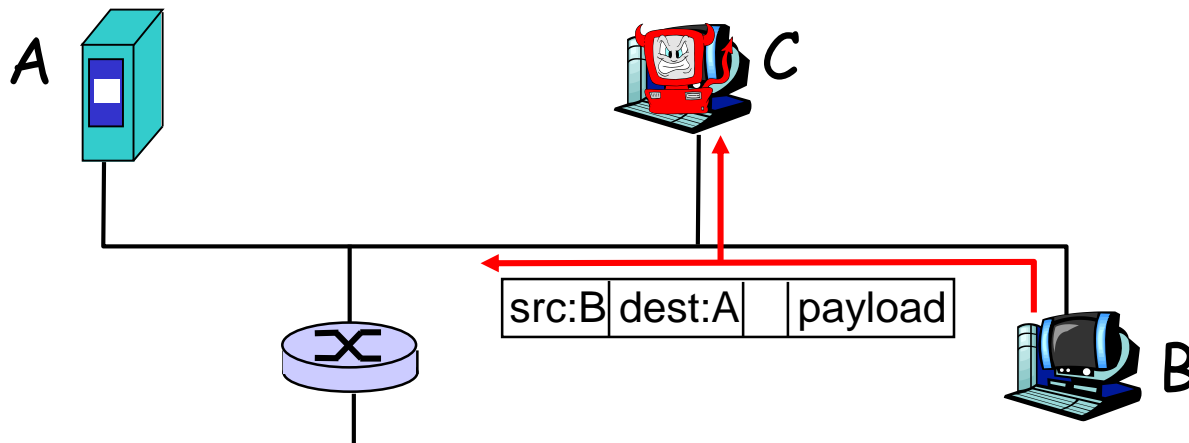
1. Selecciona alvo
2. Espalha-se para outros postos na rede (botnet)
3. Enviam pacotes para o alvo



Vilões podem ler pacotes

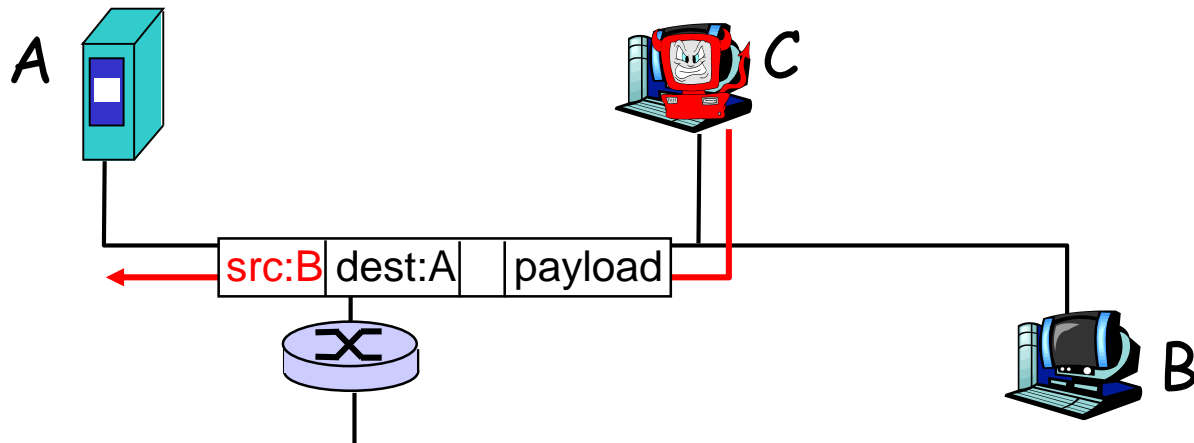
Packet sniffing:

- ❖ Meios de difusão (Ethernet partilhada, wireless)
- ❖ Interfaces de rede leêm e gravam todos os pacotes que passam (e.g., incluindo passwords!)



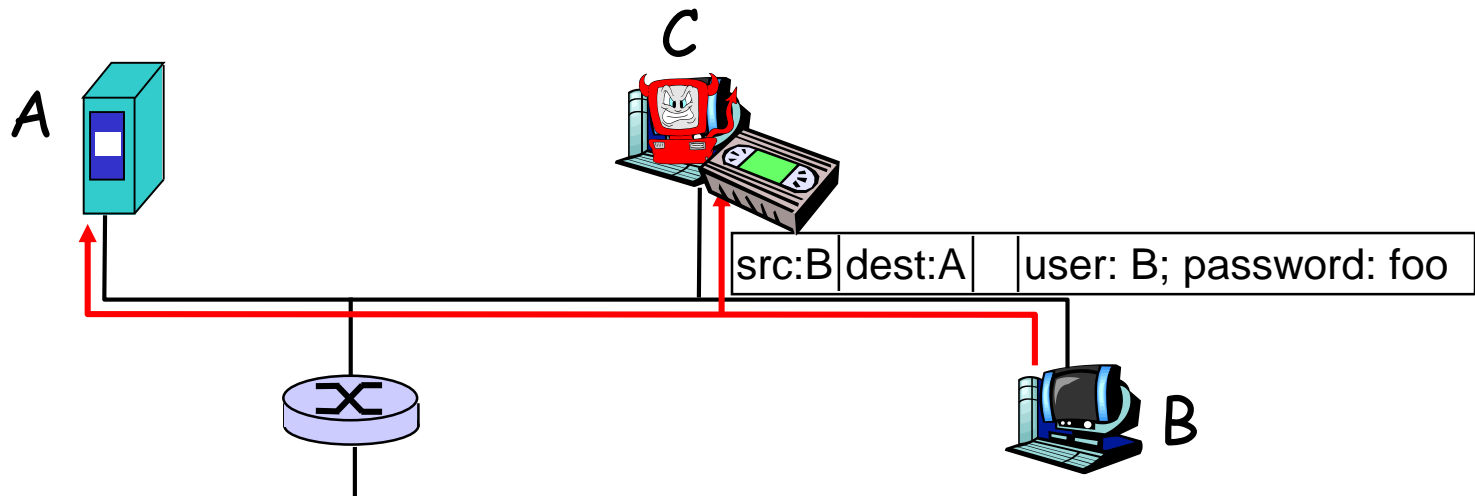
Vilões podem usar endereços falsos

- ❑ *IP spoofing*: envia pacotes com endereço de origem falso



Vilões podem gravar e reproduzir

- ❑ *Gravar e reproduzir*: grava informação sensível (e.g., password), e usa mais tarde



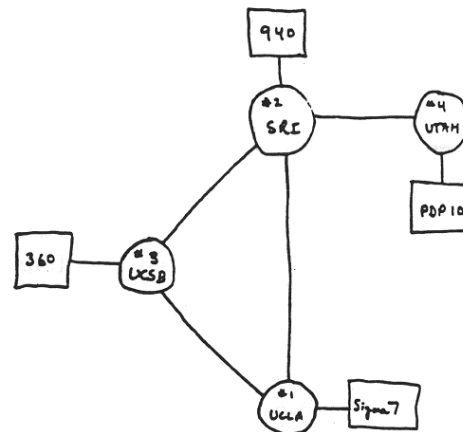
História da Internet

1961-1972: primeiros princípios de comutação de pacotes

- 1961: Kleinrock - teoria das filas de espera mostra a sua eficiência na comutação de pacotes
- 1964: Baran - comutação de pacotes em redes militares
- 1967: realização da ARPAnet pela Advanced Research Projects Agency
- 1969: primeiro nó ARPAnet operacional

□ 1972:

- ❖ Demonstração pública da ARPAnet
- ❖ NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo ponto a ponto
- ❖ Primeiro programa de correio electrónico
- ❖ ARPAnet tem 15 nós



THE ARPA NETWORK

História da Internet

1972-1980: interligação de redes, redes novas e proprietárias

- ❑ 1970: rede de satélite ALOHAnet no Hawaii
- ❑ 1974: Cerf and Kahn - arquitectura para interligação de redes
- ❑ 1976: Ethernet na Xerox PARC
- ❑ fins 70's: arquitecturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- ❑ Fins 70's: comutação de pacotes de dimensão fixa (precursor do ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet tem 200 nós

Cerf and Kahn: Princípios da interligação de redes

- ❖ minimalismo, autonomia - não é necessário modificações para acrescentar redes
- ❖ Modelo de melhor esforço
- ❖ Routers sem estado
- ❖ Controlo descentralizado

define a arquitectura da Internet actual

História da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- ❑ 1983: implantação do TCP/IP
- ❑ 1982: definição do protocolo smtp e-mail
- ❑ 1983: definição do protocolo DNS
- ❑ 1985: definição do protocolo ftp
- ❑ 1988: controlo congestão TCP
- ❑ Novas redes nacionais: Cernet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100,000 ligados à confederação de redes

História da Internet

1990, 2000's: comercialização, a Web, novas aplicações

- ❑ Início 1990's: ARPAnet desactivada
- ❑ 1991: NSF levanta restrições ao uso comercial da NSFnet (desactivada, 1995)
- ❑ Início 1990's: Web
 - ❖ hypertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - ❖ HTML, HTTP: Berners-Lee
 - ❖ 1994: Mosaic, mais tarde Netscape
 - ❖ Fins 1990's: comercialização da Web

Fins 1990's - 2000's:

- ❑ Mais *killer apps*: instant messaging, partilha de ficheiros P2P
- ❑ Preocupação com segurança da rede
- ❑ 50 milhões de máquinas, mais de 100 milhões de utilizadores
- ❑ Ligações principais com velocidades superiores ao Gbps

História da Internet

2007:

- ❑ ~750 milhões de postos
- ❑ Voz, Video sobre IP
- ❑ Aplicações P2P : BitTorrent (partilha de ficheiros) Skype (VoIP), PPLive (video), Bitcoin
- ❑ Mais aplicações: YouTube, jogos
- ❑ wireless, mobilidade

2007 - actualidade:

- ❑ Internet HD TV
- ❑ Compras on line
- ❑ Notícias
- ❑ Serviços na Cloud
- ❑ Redes de utilizadores de interesses comuns - Internet comunitária:
 - ❖ Facebook
 - ❖ Youtube
 - ❖ IoT
 - ❖ Petições