



MCI02 – Algoritmos e Organização de Computadores

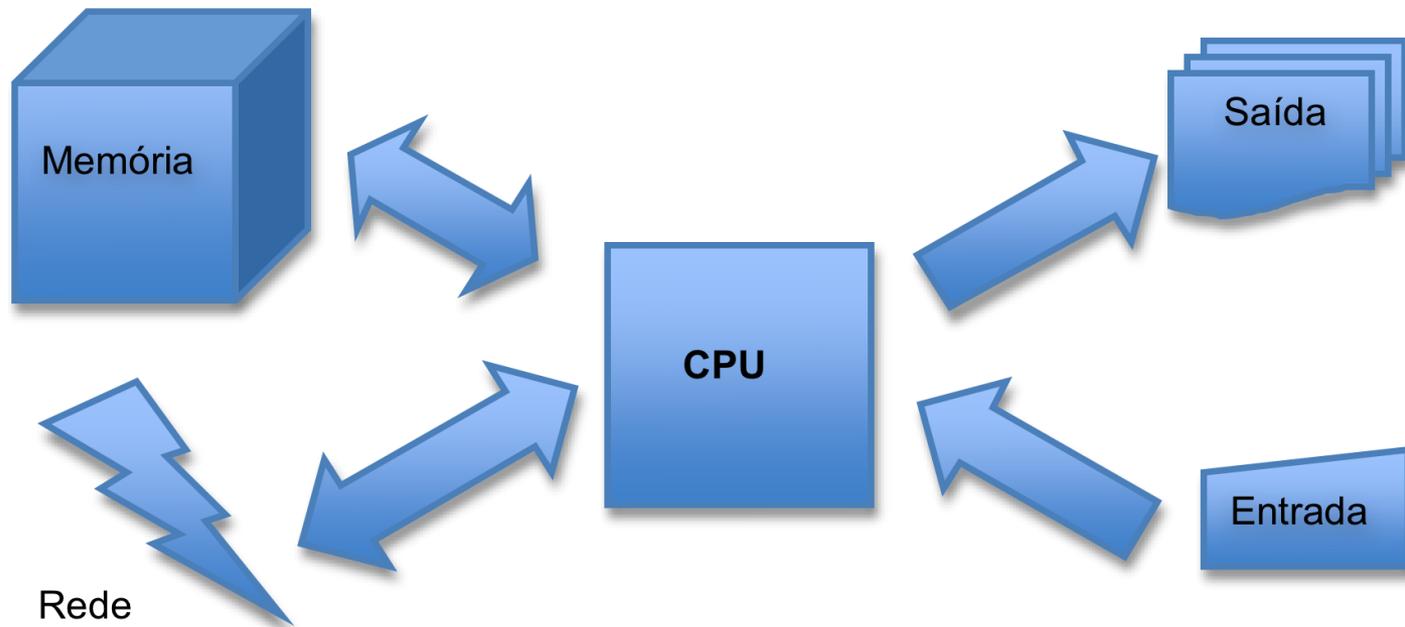
Prof. Ricardo Dahab – IC-UNICAMP

Conteúdo

- 1. Organização interna dos computadores
- 2. Tipos de dispositivos computacionais
- 3. Representação interna da informação
- 4. Tipos de softwares
- 5. Redes de computadores

Organização dos computadores

Componentes básicos



A CPU

- Componente central do computador
- Responsável pela execução de todas as tarefas (conjunto de instruções ou programas)
- Frequência de funcionamento da ordem de bilhões por segundo
- Núcleo simples ou múltiplo (dual core, quad core, etc)

A CPU

- Composta de subcomponentes
 - Unidade lógica e aritmética (ALU)
 - Registradores especiais
 - Registradores de uso geral
 - Cache de memória
 - Etc...



A memória

- Onde residem dados e programas (instruções que manipulam os dados)
- Várias classificações
 - Voláteis ou não
 - Forma de operação (apenas leitura (ROM), escrita e leitura (RAM))
 - Forma de acesso (sequencial ou aleatória)
 - Velocidade de operação

Random Access Memory (RAM)

- R/W, volátil
- Onde residem os programas ativos (em execução pela CPU)
- Custo moderado
- Alta velocidade
- Tipicamente de 2 a 4GB em PCs



Memória secundária

- R/W, não volátil
- Mais lenta que RAM
- Custo baixo
- Maior quantidade (250GB a 1Tb em PCs)
- Guardam programas não ativos
- HDs, cartões, pendrives



Caches e registradores

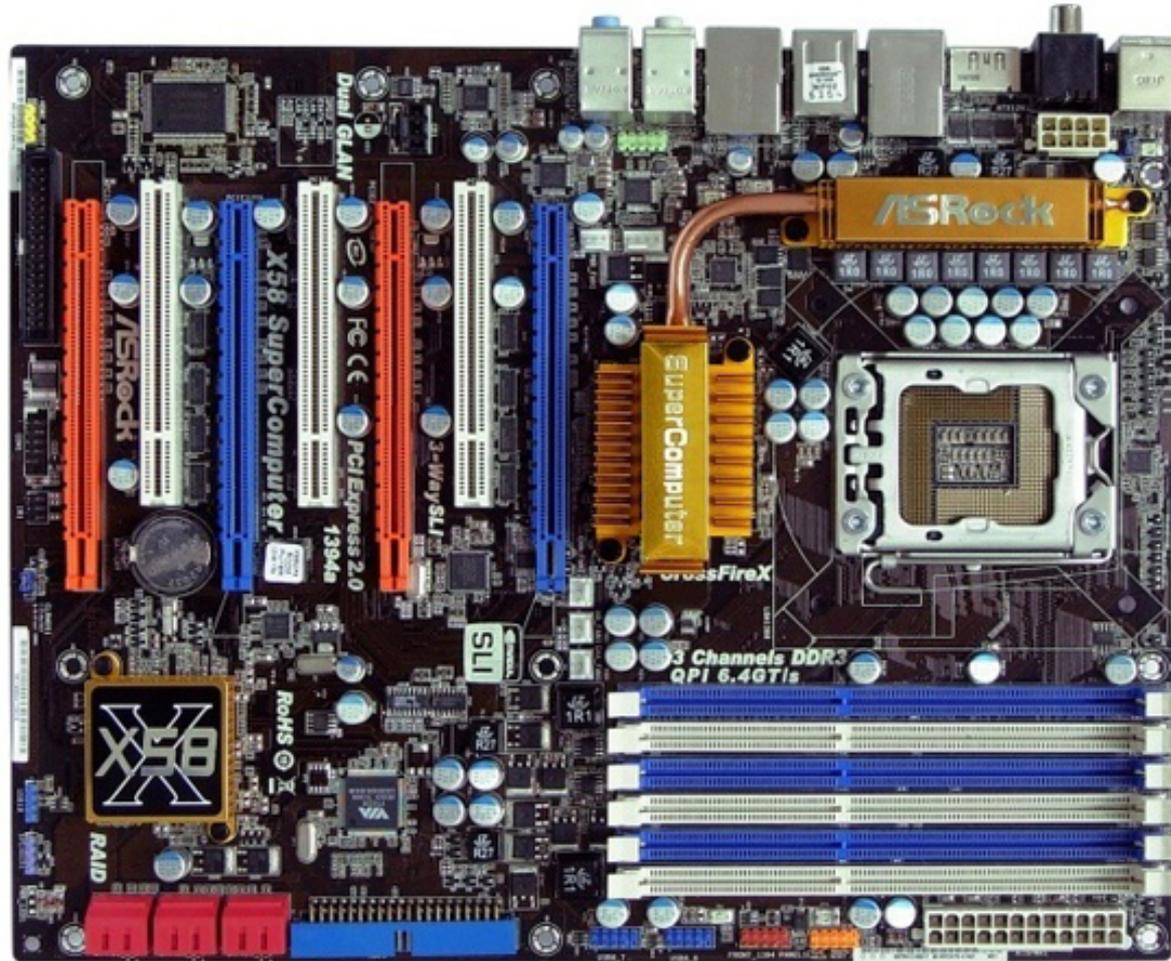
- Volátil, R/W
- Alto custo, alta velocidade
- Menor quantia (máximo de alguns MB)
- Residem fisicamente junto à CPU
- Armazenam informações que são utilizadas com maior frequência ou que devam ser rapidamente acessíveis.
- Seu fim principal é aumentar eficiência de processamento

Read-only memory (ROM)

- Memória de leitura somente
- Informação gravada apenas uma vez
- Muito barata, muito mais lenta
- Guardam informações por longo prazo
- CDs, DVDs



Placa-mãe (CPU + memória + etc.)



Dispositivos de entrada e saída

- Comunicação com o mundo externo
- **Entrada** (inserção) de dados do mundo externo para o computador
- **Saída** (exportação) de dados para o mundo externo



Dispositivos para comunicação em rede

- Circuitos (placas) dedicados à comunicação entre computadores, governada por protocolos de rede (discutidos na terceira aula)
- Conexão cabeada ou sem fio (wireless)



Tipos de dispositivos computacionais

- Computação ubíqua é um termo que denota a presença de dispositivos computacionais em virtualmente toda parte.
- A seguir mostraremos, em ordem de capacidade computacional, alguns desses dispositivos.

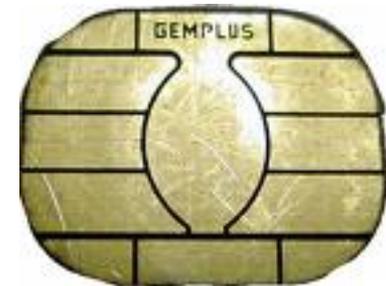
Etiqueta RFID

- Sem energia própria
- Capacidade computacional reduzidíssima
- Finalidade é transmitir, via antena, sua identidade
- Uso principal é como código de barras eletrônico (muito mais eficiente, pois não precisa de linha de visada)



Smartcards

- Reduzido poder computacional, sem energia própria
- Memória de alguns KB e poder de processamento suficiente para cálculos complexos
- *Chips* similares em *tags* de carros, etc.



Sensores (com e sem fio)

- Poder computacional pequeno mas já apreciável
- Usados em monitoramento e automação
- Comunicação cabeada ou sem fio



Telefones celulares

- Poder computacional equivalente ao de computadores de alguns anos atrás
- Extremamente versáteis
- Baterias ainda são um limitante sério



Computadores pessoais

- Muito poderosos e versáteis, com poder de processamento e comunicação suficiente para a maioria das aplicações pessoais e comerciais.
- Portáteis ou desktops.



Servidores

- Computadores muito poderosos, com grande quantidade de memória e múltiplos processadores.
- Essencialmente multiusuários, seja como servidor de aplicações ou como equipamento de rede



Supercomputadores

- Poder computacional extremo.
- Destinados ao processamento científico: previsão do tempo, simulações de fenômenos físicos complexos, observação astronômica, etc.



Representação interna da informação

- Informação é representada internamente por sequências (cadeias) de 0s e 1s. (bits)
- Eletronicamente, isso se traduz em níveis de voltagem nos circuitos da memória, registradores e processador (CPU):
 - Baixa voltagem = bit 0
 - “Alta” voltagem = bit 1

Representação interna da informação

- Um bit pode, portanto, representar dois valores: 0 e 1
- Dois bits podem representar quatro valores:

$b_1 b_2$	Valor
00	0
01	1
10	2
11	3

Representação interna da informação

- Três bits podem representar 8 valores:

$b_1 b_2 b_3$	Valor
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

Representação interna da informação

- De forma geral, quantos valores podem ser representados com ***n*** bits?
- Como cada bit pode representar dois valores diferentes, temos, no total, um produto de ***n*** fatores iguais a 2:

$$2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^n$$

Representação interna da informação

- Dessa forma, qualquer informação que puder ser codificada em números, pode ser representada por bits:
 - Números (inteiros ou não)
 - Textos
 - Fotos, vídeos, sons, etc.
- Além dos programas, é claro, que operam com essa informação. Afinal, programas são textos.

Representando números

$b_1b_2b_3$	Valor
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

É fácil verificar que cada um desses valores é igual a

$$4.b_1 + 2.b_2 + 1.b_3$$

Representando números

- Em geral, dada a cadeia de bits

$$b_1 b_2 \dots b_n$$

o número inteiro correspondente a essa cadeia é

$$2^{n-1}b_1 + 2^{n-2}b_2 + \dots + 2^1b_{n-1} + 2^0b_n$$

Representando números

- A operação inversa, isto é, de conversão de números inteiros para cadeias de bits, é um pouquinho mais complicada e não será vista aqui
- A conversão de números reais para cadeia de bits é mais complexa e também não será vista aqui.

Representando outras informações

- Letras, símbolos: Tabela ASCII

1	␣	33	!	65	A	97	a	129	␣	161	␣	193	Á	225	á
2	␣	34	"	66	B	98	b	130	,	162	¢	194	Â	226	â
3	␣	35	#	67	C	99	c	131	f	163	£	195	Ã	227	ã
4	␣	36	\$	68	D	100	d	132	„	164	¤	196	Ä	228	ä
5	|	37	%	69	E	101	e	133	...	165	¥	197	Å	229	å
6	-	38	&	70	F	102	f	134	†	166	¦	198	Æ	230	æ
7	•	39	'	71	G	103	g	135	‡	167	§	199	Ç	231	ç
8	▣	40	(	72	H	104	h	136	ˆ	168	¨	200	È	232	è
9		41	)	73	I	105	i	137	%	169	©	201	É	233	é
10		42	*	74	J	106	j	138	Š	170	ª	202	Ê	234	ê
11	¿	43	+	75	K	107	k	139	<	171	«	203	Ë	235	ë
12	□	44	,	76	L	108	l	140	œ	172	¬	204	Ì	236	ì
13		45	-	77	M	109	m	141	␣	173	-	205	Í	237	í
14	␣	46	.	78	N	110	n	142	Ž	174	@	206	Î	238	î
15	⌘	47	/	79	O	111	o	143	␣	175	¯	207	Ï	239	ï
16	†	48	0	80	P	112	p	144	␣	176	°	208	Ð	240	ð
17	◀	49	1	81	Q	113	q	145	'	177	±	209	Ñ	241	ñ
18	↓	50	2	82	R	114	r	146	'	178	²	210	Ò	242	ò
19	!!	51	3	83	S	115	s	147	"	179	³	211	Ó	243	ó
20	¶	52	4	84	T	116	t	148	"	180	´	212	Ô	244	ô
21	⊥	53	5	85	U	117	u	149	•	181	µ	213	Õ	245	õ
22	␣	54	6	86	V	118	v	150	-	182	¶	214	Ö	246	ö
23	‡	55	7	87	W	119	w	151	—	183	·	215	×	247	×
24	↑	56	8	88	X	120	x	152	˘	184	¸	216	Ø	248	ø
25	‡	57	9	89	Y	121	y	153	™	185	¹	217	Ù	249	ù
26	→	58	:	90	Z	122	z	154	š	186	º	218	Ú	250	ú
27	←	59	;	91	[	123	{	155	>	187	»	219	Û	251	û
28		60	<	92	\	124	|	156	œ	188	¼	220	Ü	252	ü
29		61	=	93	]	125	}	157	␣	189	½	221	Ý	253	ý
30		62	>	94	^	126	~	158	ž	190	¾	222	Þ	254	þ
31		63	?	95	_	127	␣	159	ÿ	191	¿	223	ß	255	ÿ
32		64	@	96	`	128	€	160		192	À	224	à		

Representando outras informações

- **Imagens** são discretizadas e
 - Cada ponto (pixel) é representado por um número. Pode-se depois usar métodos para comprimir o resultado: jpg, gif, etc.
- **Som** é discretizado e
 - Cada ponto da curva é representado por um número. Pode-se depois usar métodos para compressão: MP3, Ogg, etc.
- **Vídeos** têm processo semelhante.

Operando com bits

Programas executam várias operações sobre cadeias de bits

- Aritméticas
- Lógicas
- Deslocamentos
- Comparações
- etc

Operando com bits

Operações aritméticas

- São similares à aritmética decimal, exceto pelo fato de termos dois valores somente
- As tabelas ao lado ilustram soma e subtração

$b_1 b_2$	$b_1 + b_2$
00	0
01	1
10	1
11	0 e vai um

$b_1 b_2$	$b_1 - b_2$
00	0
01	1 e empresta um
10	1
11	0

Operando com bits

	3	0	0	0	1	1
×	7	0	0	1	1	1
<hr/>		0	0	0	1	1
		0	0	1	1	
		0	1	1		
<hr/>		21	1	0	1	0
			1	0	1	1

Operando com bytes e palavras

- Processadores podem operar com vários bits de cada vez
 - Um **byte (B)** = 8 bits (b).
 - 1MB = 8Mb
 - Memória RAM de PCs: 2 a 4MB
 - Banda larga doméstica: 300Kb a 10Mb
 - Tamanho da palavra do processador: 8, 16, 32, 64 bits. (quanto maior a palavra, mais bits são processados de uma vez.)

Por que bits?

- Bits são usados por razões tecnológicas: mais fáceis de implementar e, portanto, menor custo.
- Bits são algarismos em base 2 (binária)
- Outras bases
 - 10: Decimal (0, 1, 2, ..., 9)
 - 8: Octal (0, 1, 2, ..., 7)
 - 16: Hexadecimal (0, 1, 2, ..., 9, A, B, ..., F)
 - o que bem entenderem...

Tipos de softwares

Inicialmente, havia dois tipos de programas em computadores:

1. Um programa simples para prover as funções básicas:
 - entrada e saída de dados, carga de programa na memória.
2. Programas para executar as funções-fim, os **aplicativos**.

Tipos de softwares

Em 50 anos, multiplicaram-se as finalidades dos computadores, suas formas de comunicação, velocidade, custo, tamanho.

Como consequência, os tipos de programas diversificaram-se enormemente, especialmente aqueles destinados aos objetivos-fim, os aplicativos, e as ferramentas para construí-los.

Tipos de softwares

- BIOS
 - Provê funções básicas de entrada e saída
- Sistema operacional
 - Gerência de recursos computacionais
- Software básico e middleware
 - Apoio ao desenvolvimento e execução de aplicativos
- Aplicativos
 - Atividade-fim

Tipos de softwares



Tipos de softwares



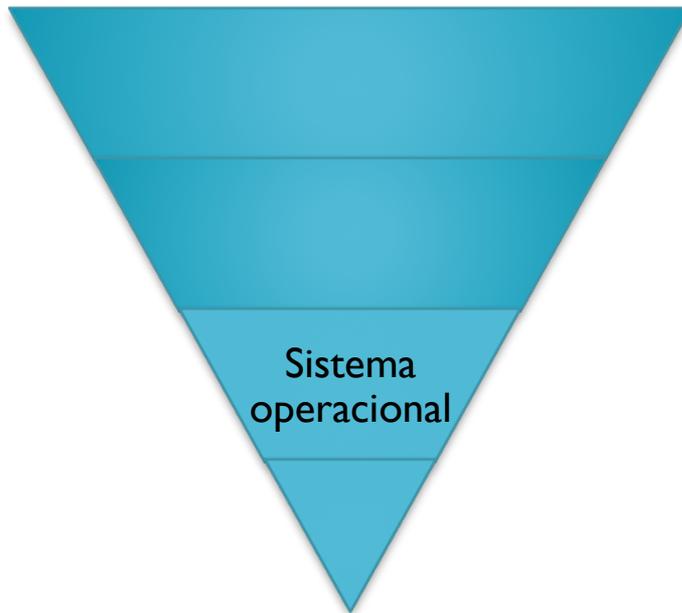
- Navegadores: IE, Firefox, Chrome
- Office e similares
- Email
- Bancos de dados
- Buscadores
- Administrativos
- Específicos para cada atividade

Tipos de softwares



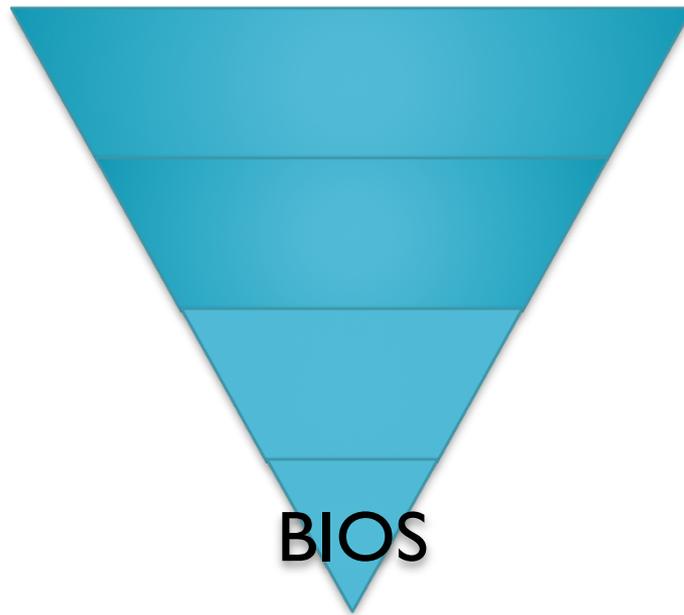
- Sistemas de desenvolvimento de software: compiladores e mais.
- Protocolos de comunicação
- Gerência e monitoramento de redes
- Máquinas virtuais

Tipos de softwares



- **Famílias:**
 - Linux e similares
 - Windows
 - MacOS
 - Para celulares
 - Projetos específicos
- **Características**
 - Multi/mono usuário
 - Muti/mono programa
 - Interfaces amigáveis

Tipos de softwares



- Execução é quase imperceptível
- Específicos para cada família de processadores
- Crucial para a execução segura de programas

A grande maioria das transparências a seguir fazem parte do material didático criado para o livro “Redes de Computadores e a Internet”, 5a. Edição, de Kurose e Ross e disponibilizado graciosamente pela Editora Pearson.



AVISO IMPORTANTE

O que é a Internet: visão básica



PC



servidor



laptop
sem fio



celular
portátil



pontos de
acesso

enlaces
com fio



roteador

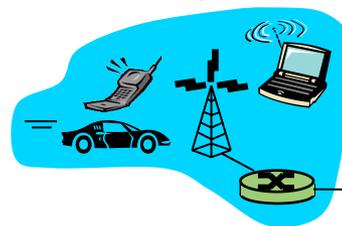
- milhões de dispositivos de computação conectados:
hospedeiros = sistemas finais
 - rodando *aplicações de rede*

□ *enlaces de
comunicação*

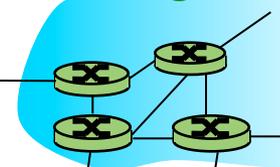
- ❖ fibra, cobre, rádio, satélite
- ❖ taxa de transmissão = *largura de banda*

□ *roteadores:
encaminham pacotes
(pedaços de dados)*

Rede móvel



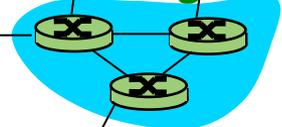
ISP global



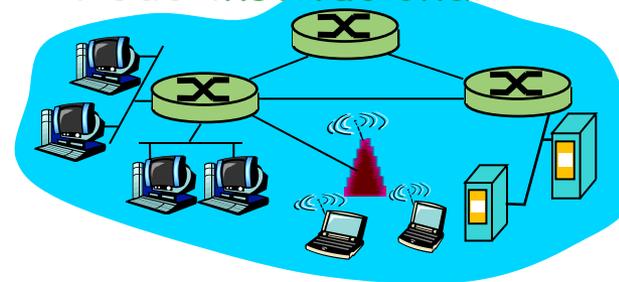
Rede doméstica



ISP regional



Rede institucional



Utensílios “legais” da Internet



Quadro de imagens
IP
<http://www.ceiva.com/>



Tostadora preparada para
Internet + previsor de tempo

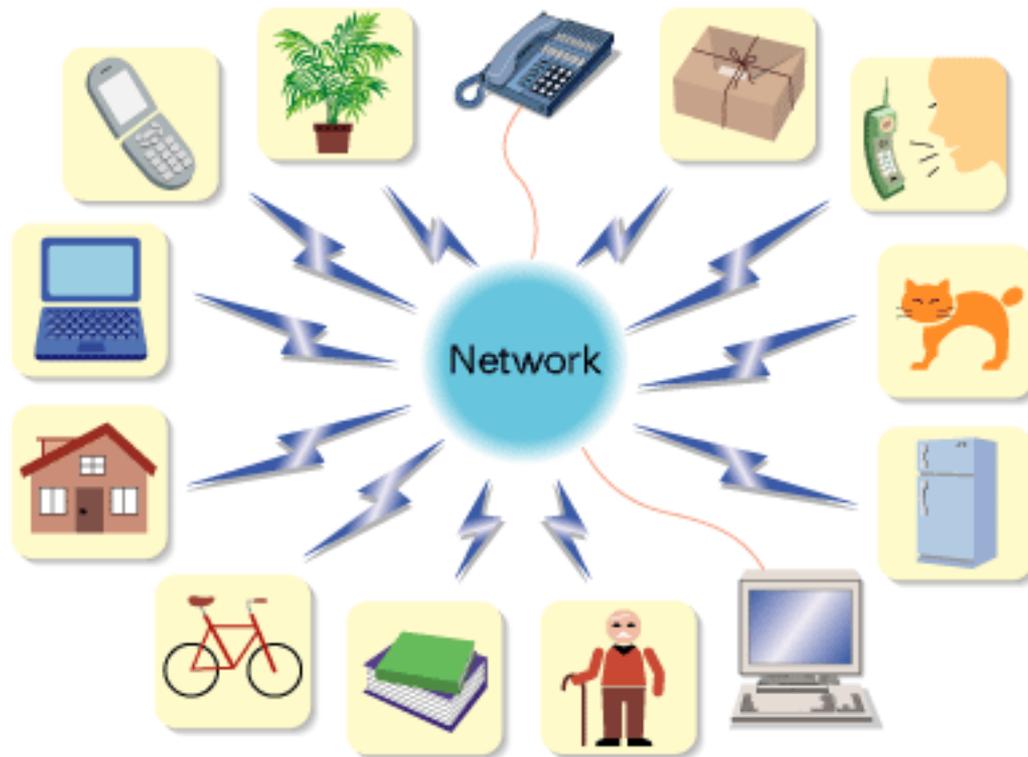


Menor servidor Web do mundo
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>



Telefones de Internet

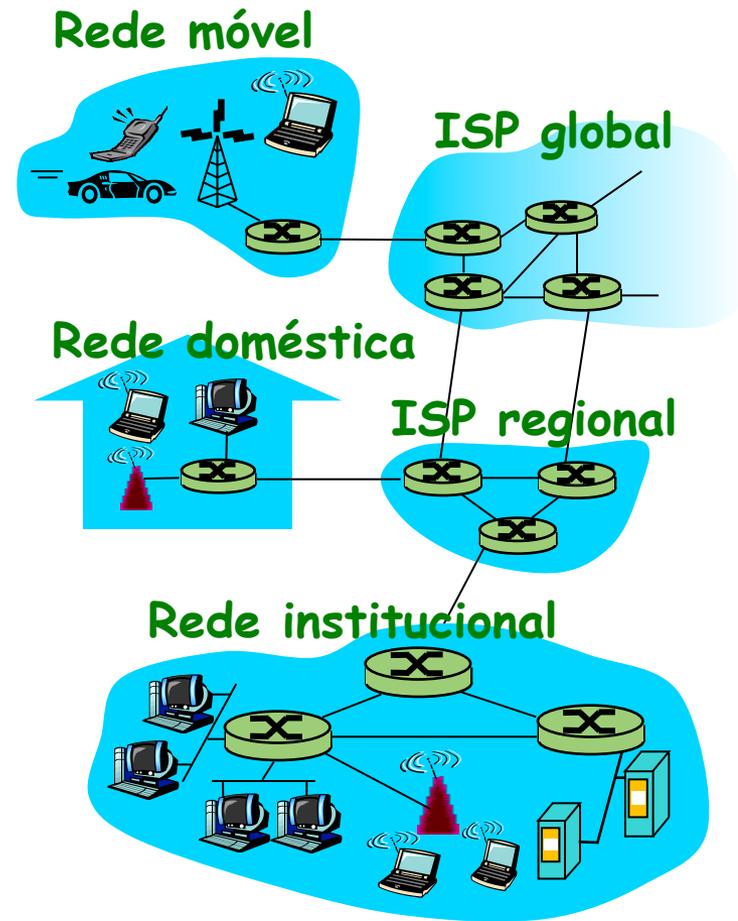
Mais utensílios “legais” da Internet



Ubiquitous computing will enable diverse wireless applications, including monitoring of pets and houseplants, operation of appliances, keeping track of books and bicycles, and much more.

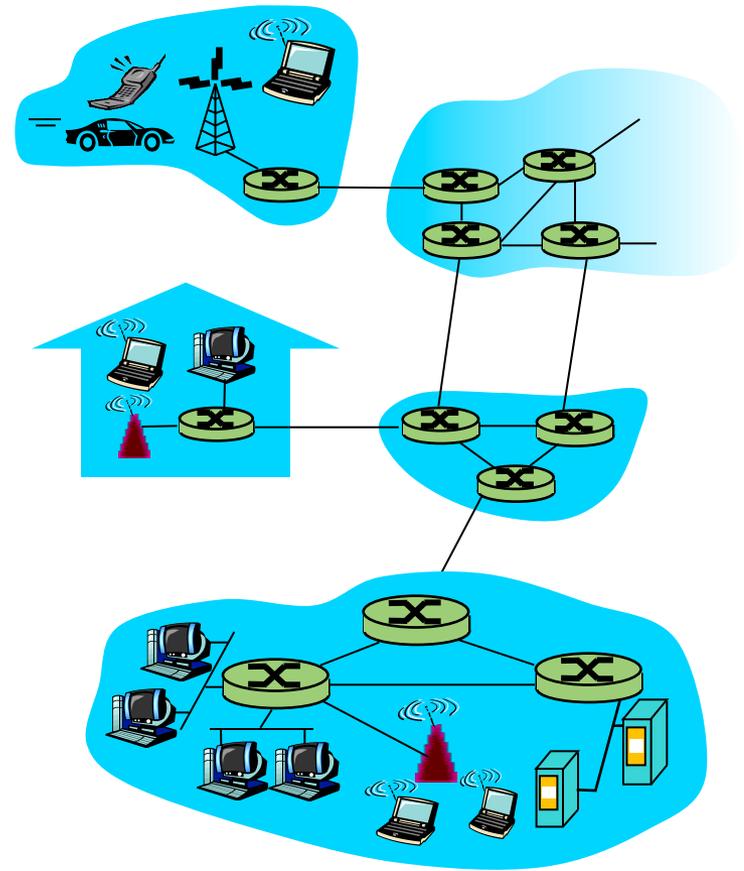
O que é a Internet: visão dos elementos básicos

- **protocolos** controle de envio e recepção de msgs
 - p. e., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- **Internet: “rede de redes”**
 - vagamente hierárquica
 - Internet pública versus intranet privada
- **padrões da Internet**
 - RFC: Request For Comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



O que é a Internet: uma visão de serviço

- **infraestrutura de comunicação** possibilita aplicações distribuídas:
 - Web, VoIP, e-mail, jogos, e-commerce, compartilhamento de arquivos
- **serviços de comunicação** fornecidos às aplicações:
 - entrega de dados confiável da origem ao destino (TCP)
 - entrega de dados pelo “melhor esforço” (não confiável) (UDP)



O que é um protocolo?

protocolos humanos:

- “que horas são?”
- “tenho uma pergunta”
- introduções

... msgs específicas
enviadas

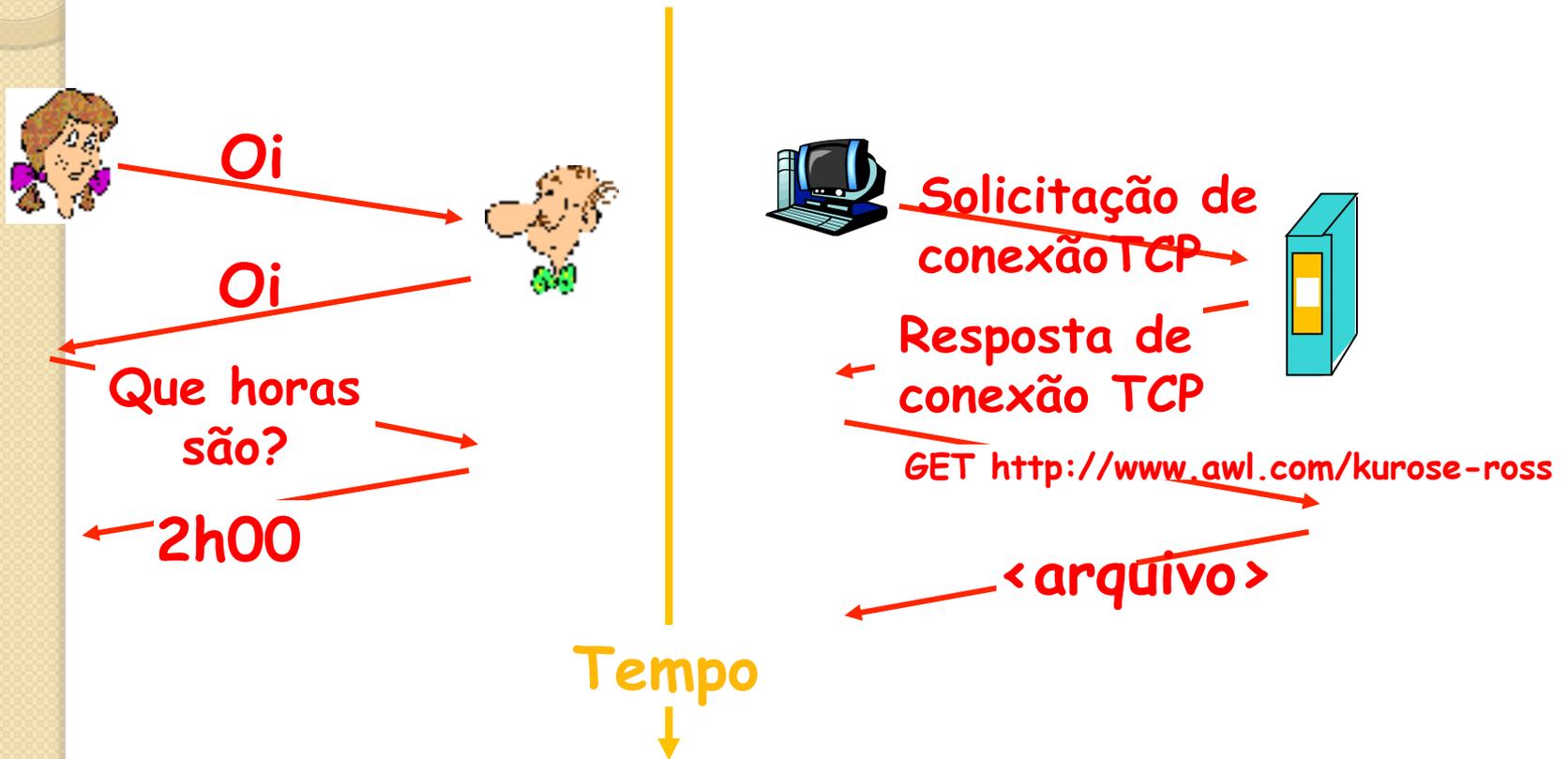
... ações específicas
tomadas quando msgs
recebidas, ou outros
eventos

protocolos de rede:

- máquinas em vez de humanos
- toda atividade de comunicação na Internet controlada por protocolos

*Protocolos definem
formato, ordem de msgs
enviadas e recebidas
entre entidades de rede
e ações tomadas sobre
transmissão e recepção
de msgs*

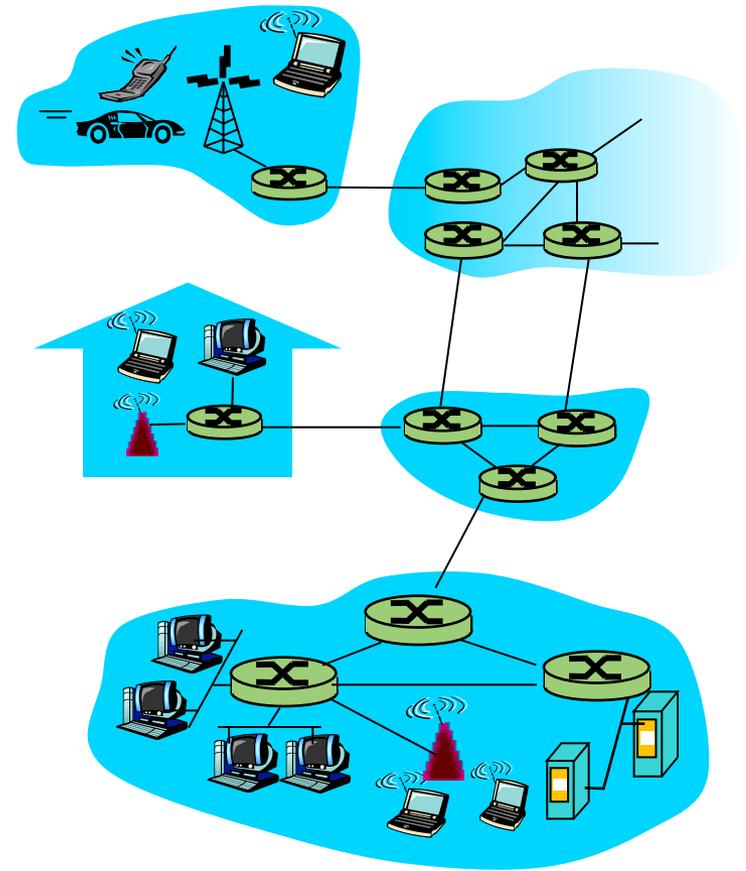
um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:



P: Outros protocolos humanos?

Visão mais de perto da estrutura de rede:

- **borda da rede:**
aplicações e hospedeiros
- **redes de acesso,**
meios físicos: enlaces de comunicação com e sem fio
- **núcleo da rede:**
 - ❖ roteadores interconectados
 - ❖ rede de redes



A borda da rede:

- **sistemas finais (hospedeiros):**

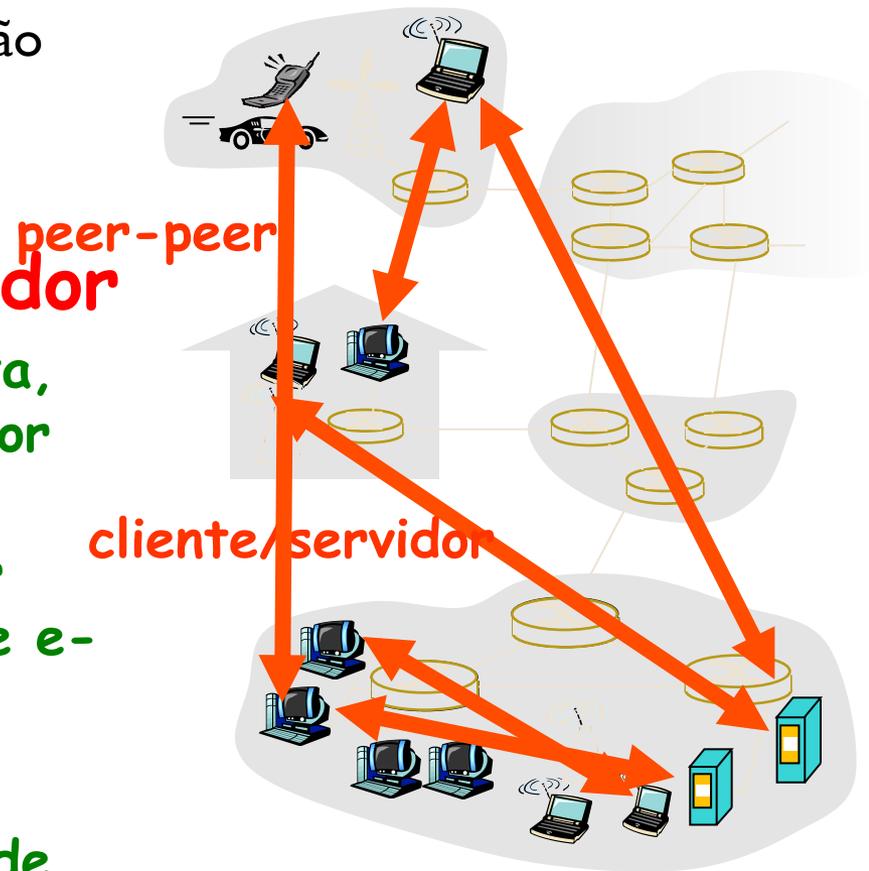
- executar programas de aplicação
- p. e. Web, e-mail
- na “borda da rede”

- **modelo cliente/servidor**

- ❖ hospedeiro cliente solicita, recebe serviço de servidor sempre ativo
- ❖ p. e. navegador/servidor Web; cliente/servidor de e-mail

- **modelo peer-peer:**

- ❖ uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
- ❖ p. e. Skype, BitTorrent



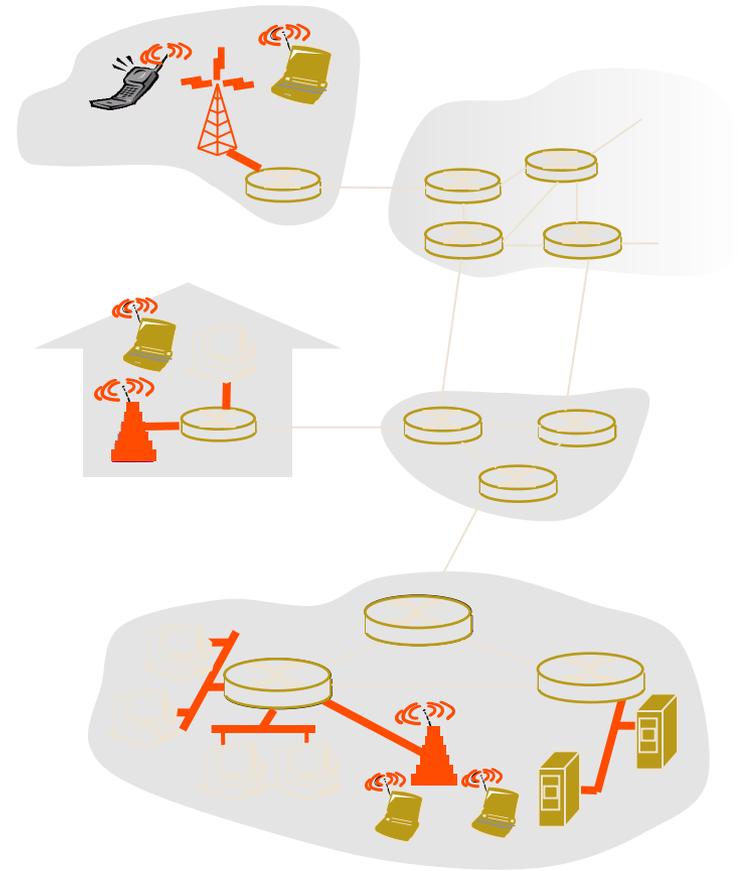
Redes de acesso e meios físicos

P: Como conectar sistemas finais ao roteador da borda?

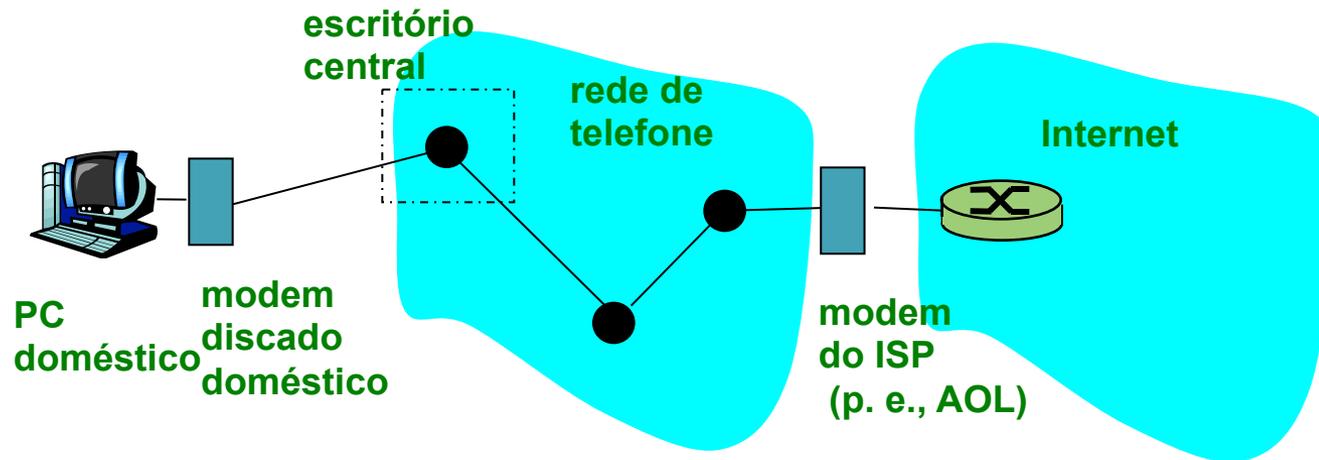
- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, empresa)
- redes de acesso móvel

Lembre-se:

- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- compartilhado ou dedicado?

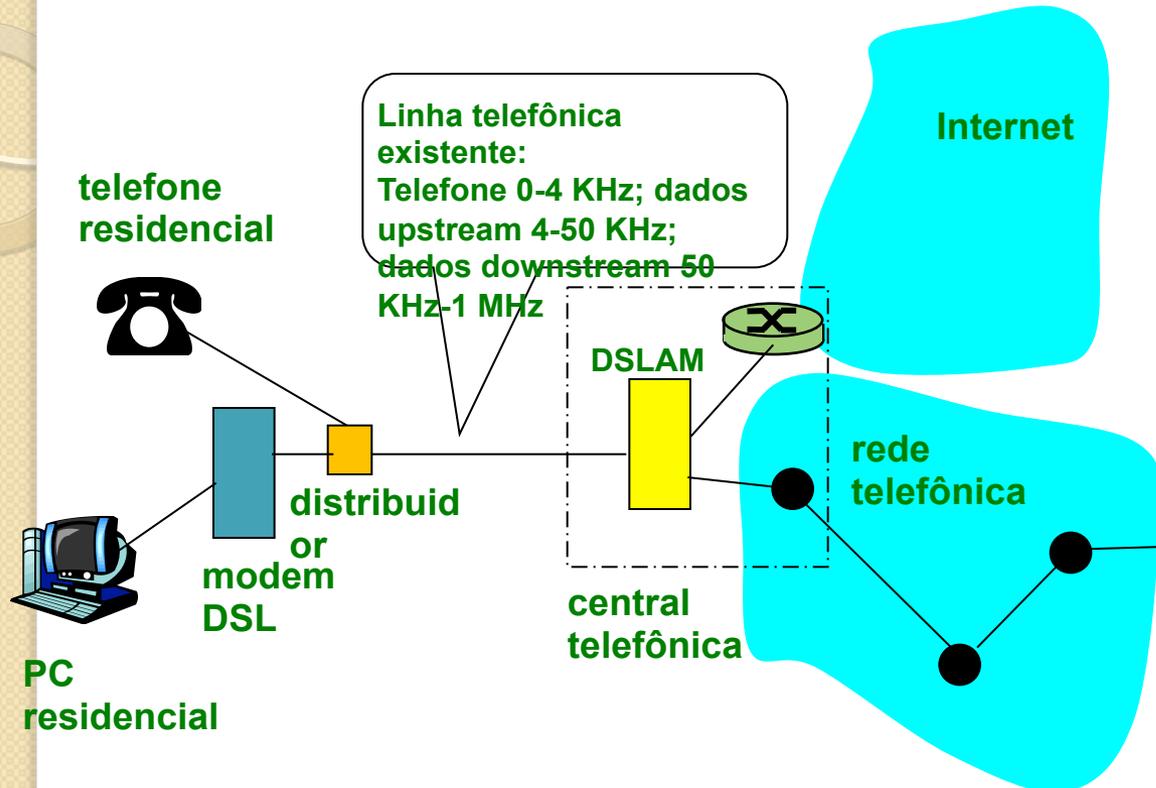


Modem discado



- ❖ usa infraestrutura de telefonia existente
 - ❖ casa conectada ao **escritório central**
- ❖ até 56 kbps de acesso direto ao roteador (geralmente menos)
- ❖ não pode navegar e telefonar ao mesmo tempo: não está **“sempre ligado”**

Digital Subscriber Line (DSL)

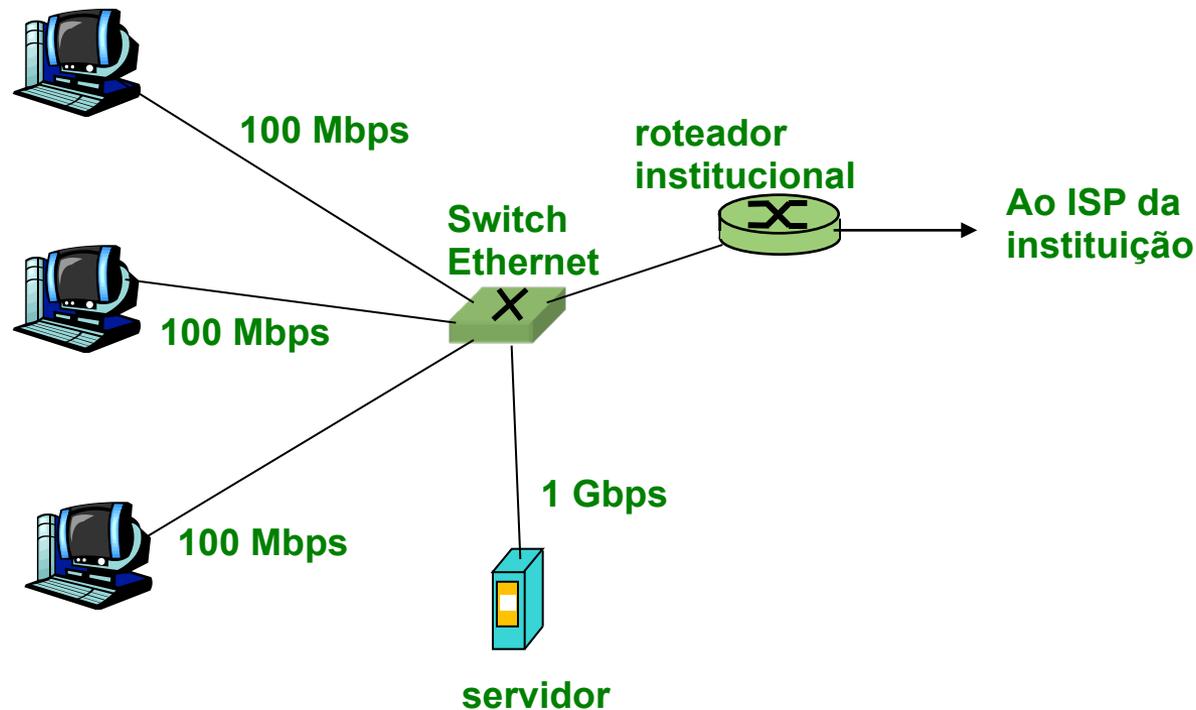


- ❖ também usa infraestrutura de telefone existente
- ❖ até 1 Mbps upstream (hoje, normalmente < 256 kbps)
- ❖ até 8 Mbps downstream (hoje, normalmente < 1 Mbps)

Acesso residencial: modems a cabo

- não usa infraestrutura de telefone
 - usa infraestrutura de TV a cabo
- **HFC: Hybrid Fiber Coax**
 - assimétrico: até 30 Mbps downstream, 2 Mbps upstream
- **rede** de cabo e fibra conecta casas ao roteador ISP
 - casas **compartilham acesso** ao roteador
 - diferente de DSL, que tem **acesso dedicado**

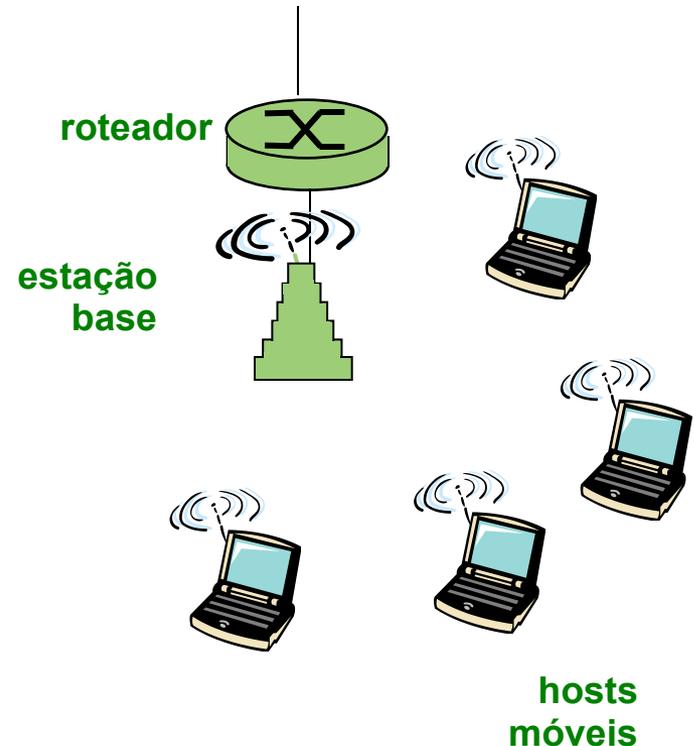
Acesso à Internet por Ethernet



- normalmente usado em empresas, universidade etc.
- ❑ Ethernet a 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
- ❑ hoje, os sistemas finais normalmente se conectam ao computador Ethernet

Redes de acesso sem fio

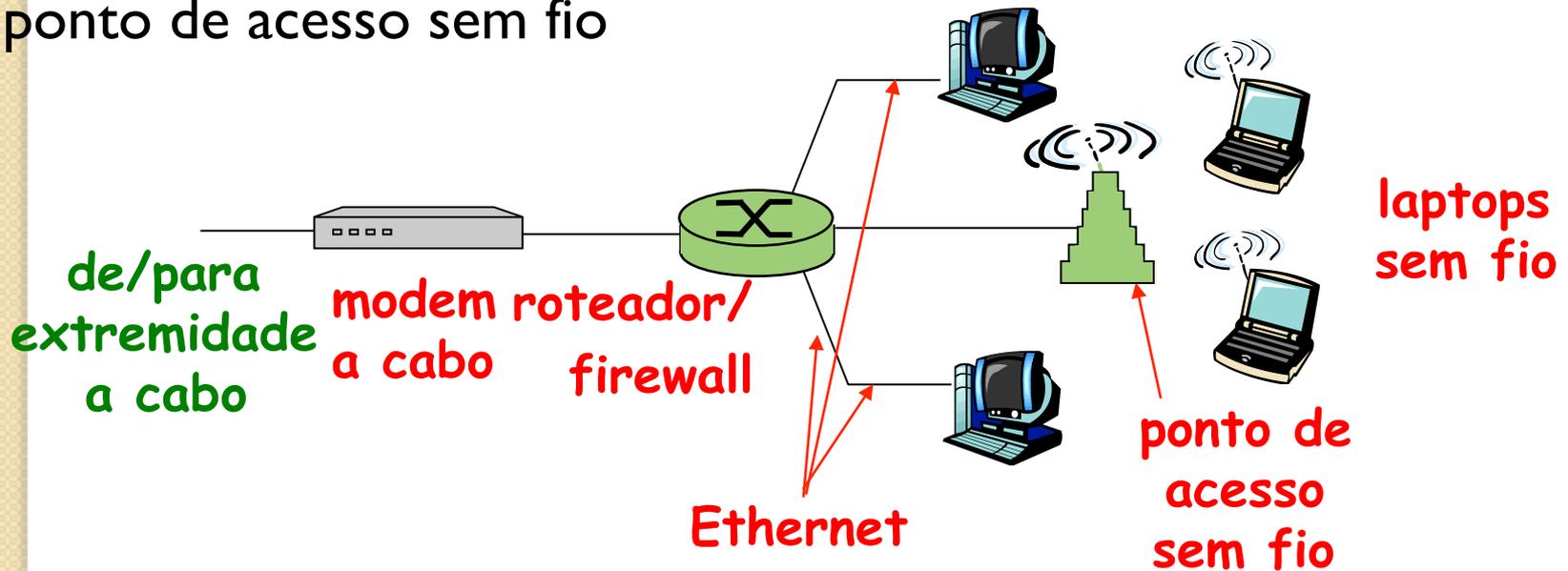
- rede de acesso *sem fio* compartilhado conecta sistema final ao roteador
 - via estação base, também conhecida como “ponto de acesso”
- **LANs sem fio:**
 - 802.11b/g (WiFi): 11 ou 54 Mbps
- **acesso sem fio de área mais remota**
 - fornecido pelo operador de telecomunicação
 - ~1Mbps por sistema celular (EVDO, HSDPA)
 - próximo (?): WiMAX (10' s Mbps) por área remota



Redes residenciais

componentes típicos da rede residencial:

- modem DSL ou a cabo
- roteador/firewall/nat
- Ethernet
- ponto de acesso sem fio



Meios físicos

- **bit:** propaga entre pares de transmissor/receptor
- **enlace físico:** o que fica entre transmissor e receptor
- **meio guiado:**
 - sinais se propagam em meio sólido: cobre, fibra, coaxial
- **meio não guiado:**
 - sinais se propagam livremente, p. e., rádio

Par Trançado (TP)

- dois fios de cobre isolados
 - categoria 3: fios de telefone tradicionais, Ethernet a 10 Mbps
 - categoria 5: Ethernet a 100 Mbps

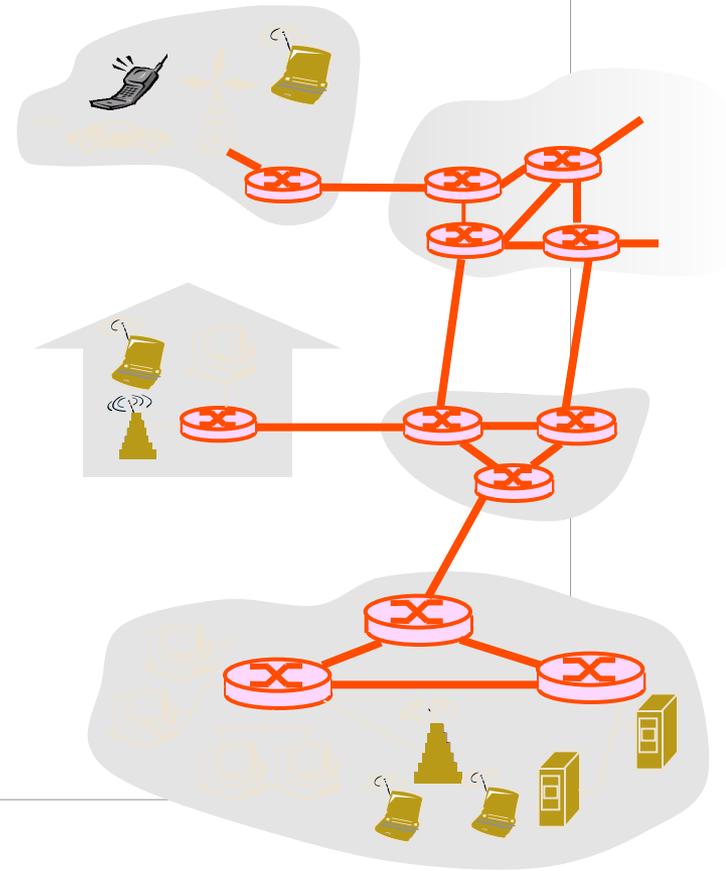


O núcleo da rede

- malha de roteadores interconectados
- **Questão fundamental:** como os dados são transferidos pela rede?
 - **comutação de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede telefônica
 - **comutação de pacotes:** dados enviados pela rede em “pedaços” (pacotes)



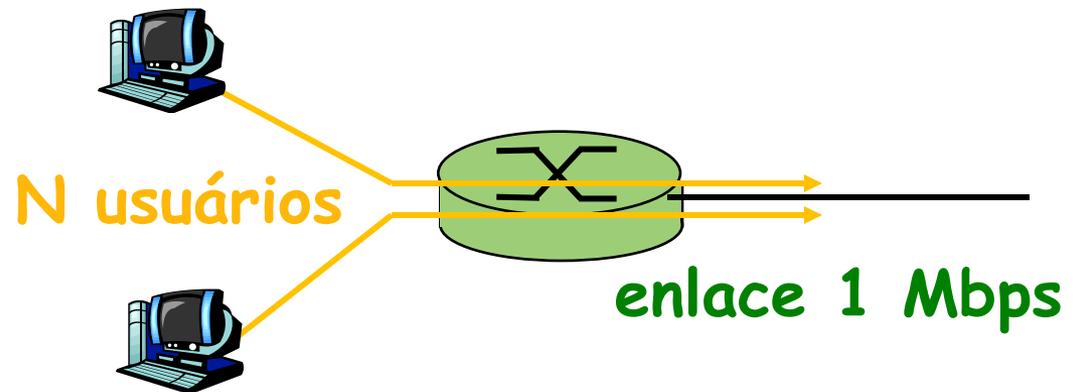
The image cannot be displayed. Your computer may not have enough memory to open the image, or the image may have been corrupted. Restart your computer, and then open the file again. If the red x still appears, you may have to delete the image and then insert it again.



Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

Comutação de pacotes permite que mais usuários usem a rede!

- enlace de 1 Mb/s
- cada usuário:
 - 100 kb/s quando “ativo”
 - ativo 10% do tempo
- *comutação de circuitos*
 - 10 usuários
- *comutação de pacotes:*
 - com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos ao mesmo tempo é menor que 0,0004



P: Como obtivemos o valor 0,0004?

A comutação de pacotes é a “grande vencedora”?

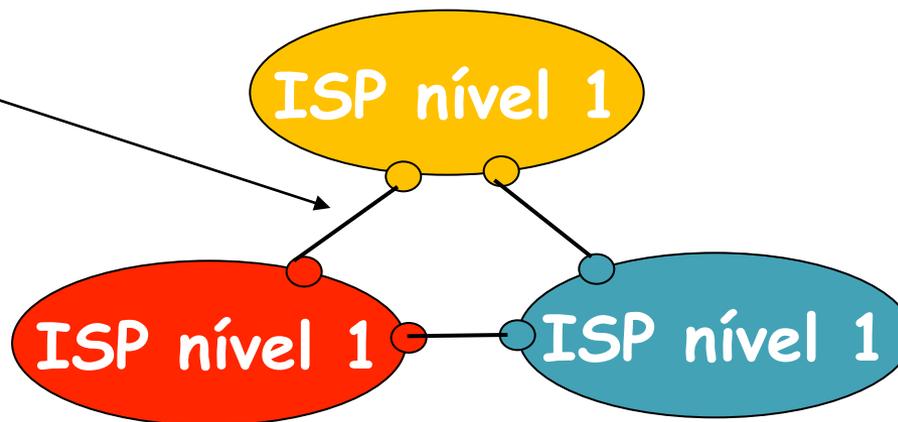
- ótima para dados em rajadas
 - compartilhamento de recursos
 - mais simples, sem configuração de chamada
- **congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - protocolos necessários para transferência de dados confiável, controle de congestionamento
- **P: Como fornecer comportamento tipo circuito?**
 - largura de banda garante necessário para aplicações de áudio/vídeo
 - ainda um problema não resolvido (Capítulo 7)

P: Analogias humanas de recursos reservados (comutação de circuitos) versus alocação por demanda (comutação de pacotes)?

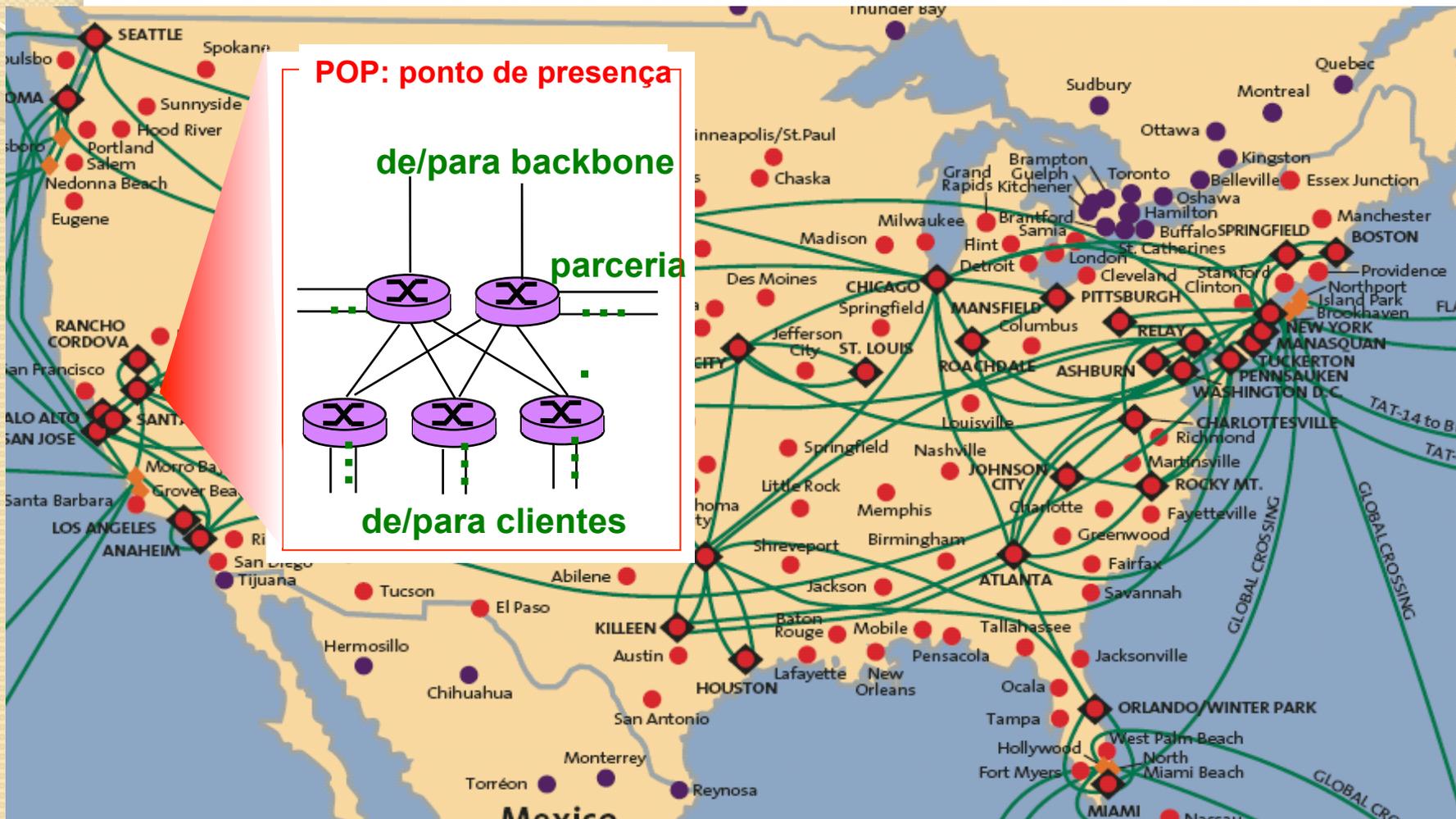
Estrutura da Internet: rede de redes

- aproximadamente hierárquica
- **no centro: ISPs de “nível 1”** (p. e., Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless), cobertura nacional/internacional
 - tratam uns aos outros como iguais

interconexão de
provedores de
nível 1 (peer)
privadamente



Nível I: p. e., Sprint

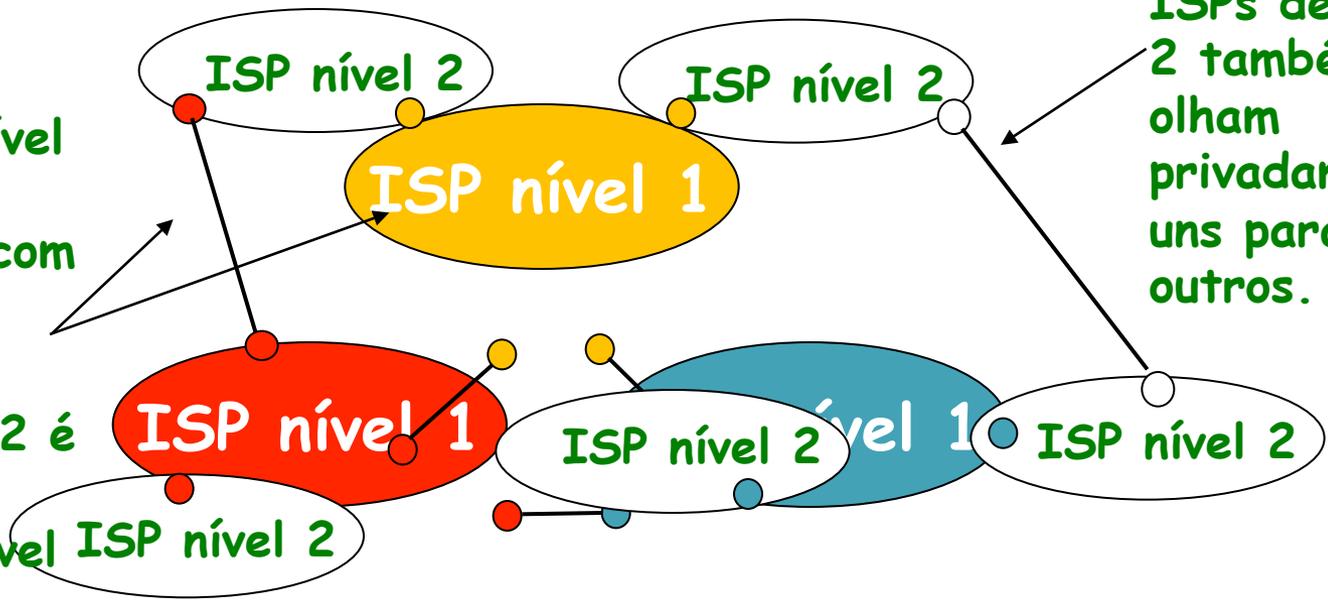


- **ISPs de nível 2: ISPs menores (geralmente regionais)**

- conectam a um ou a mais ISPs de nível 1, possivelmente outros ISPs de nível 2

ISP de nível 2 paga ao ISP nível 1 por conectividade com restante da Internet

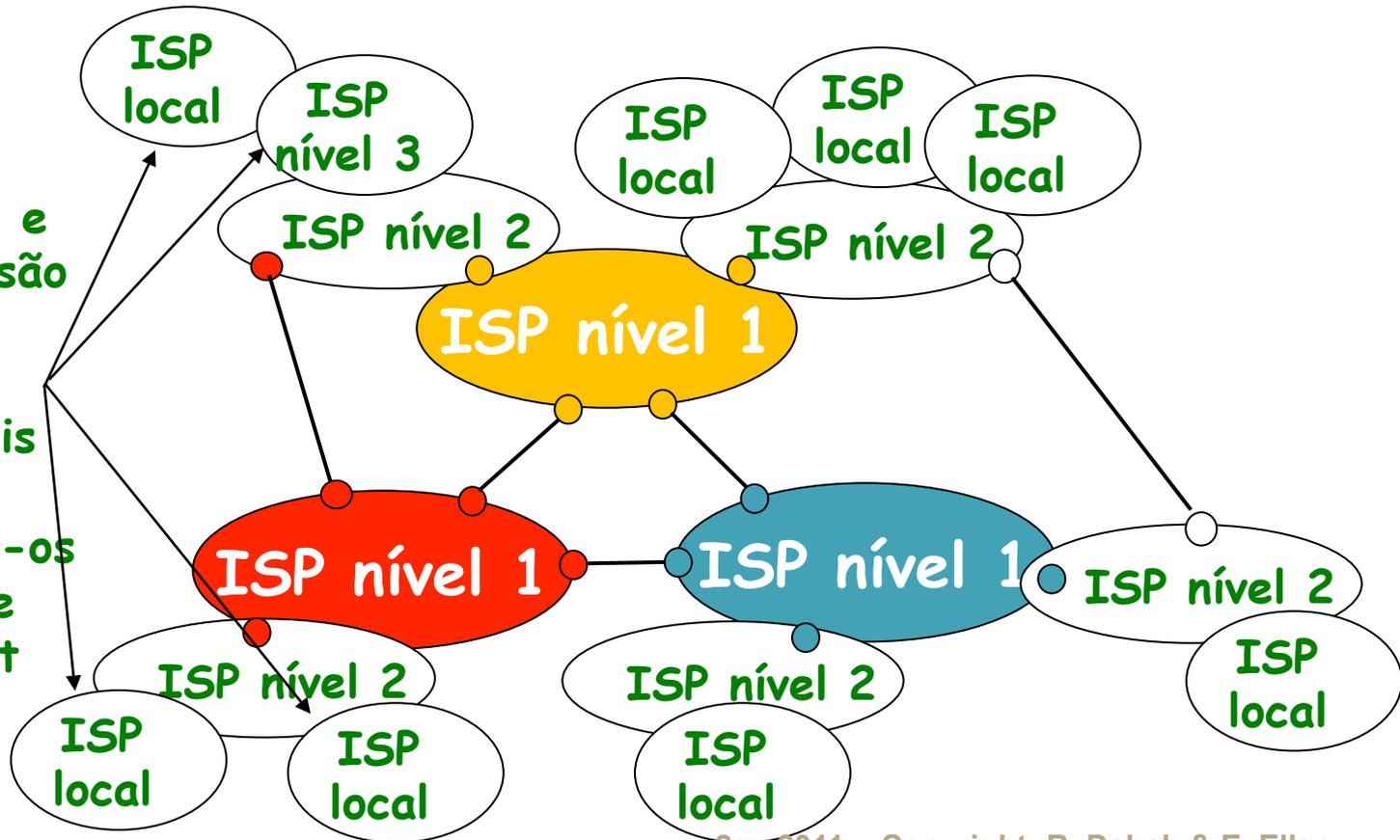
□ ISP de nível 2 é cliente do provedor de nível 1



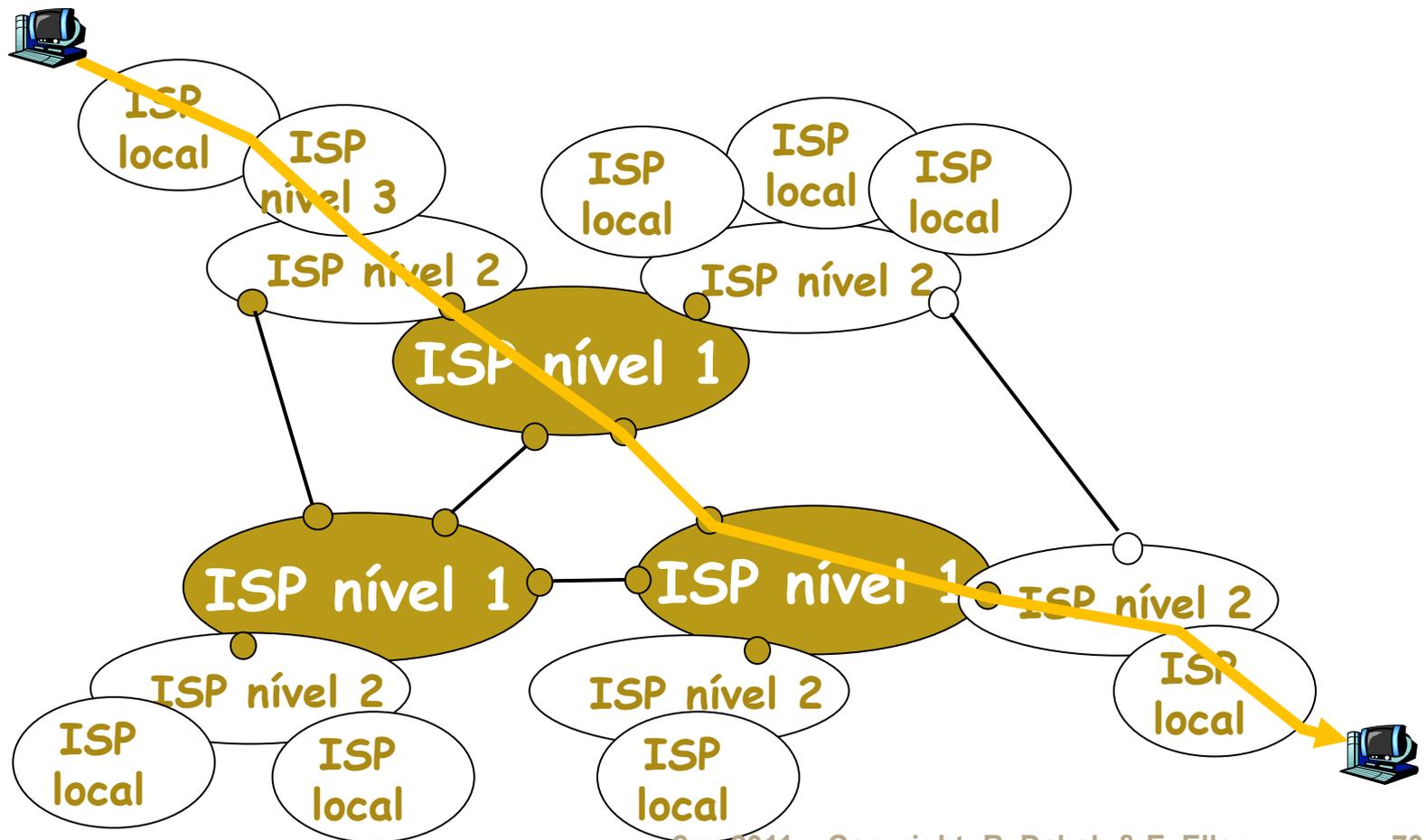
ISPs de nível 2 também olham privadamente uns para os outros.

- **ISPs de nível 3 e ISPs locais**
 - rede do último salto (“acesso”), mais próxima dos sistemas finais

ISPs locais e de nível 3 são *clientes* de ISPs de camada mais alta conectando-os ao restante da Internet



- um pacote passa por muitas redes!



“Camadas” de protocolo

Redes são complexas!

- muitas “partes”:
 - hospedeiros
 - roteadores
 - enlaces de vários meios físicos
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Pergunta:

Existe esperança de *organizar* a estrutura da rede?

Ou, pelo menos, nossa discussão sobre redes?

Organização da viagem aérea

passagem (comprar)

passagem (reclamar)

bagagem (verificar)

bagagem (retirar)

portões (embarcar)

portões (desembarcar)

decolagem na pista

pouso na pista

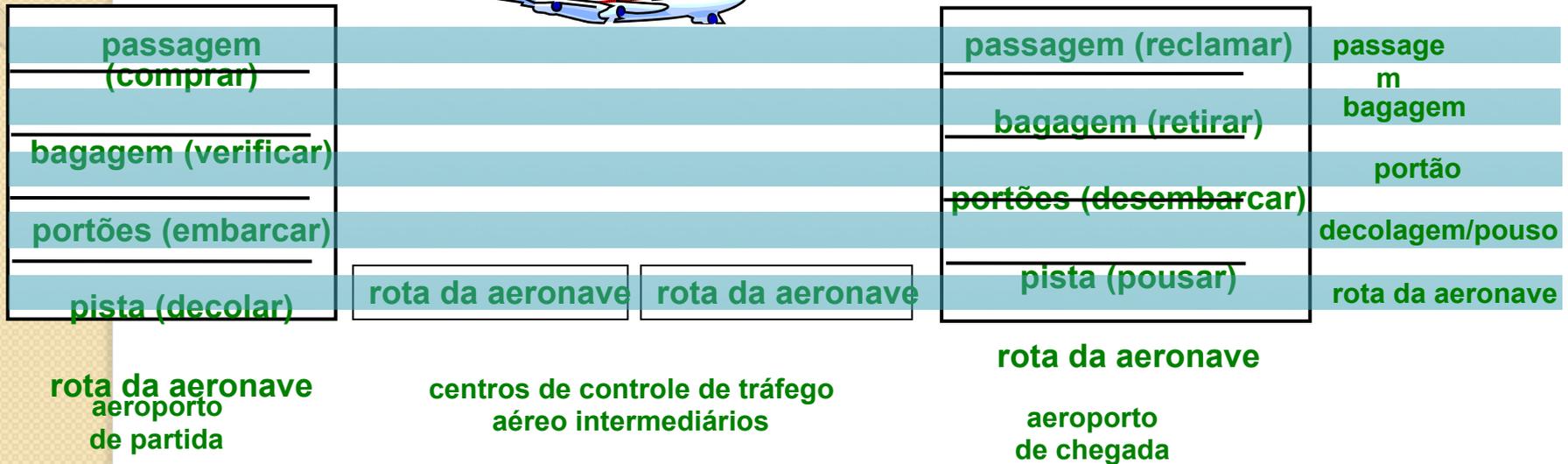
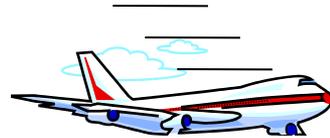
rota da aeronave

rota da aeronave

rota da aeronave

- uma série de passos

Camadas de funcionalidade da viagem



Camadas: cada camada implementa um serviço

- por meio de suas próprias ações da camada interna
- contando com serviços fornecidos pela camada abaixo

Pilha de protocolos da Internet

- **aplicação:** suporte a aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- **transporte:** transferência de dados processo-processo
 - TCP, UDP
- **rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
 - IP, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede
 - PPP, Ethernet
- **física:** bits “nos fios”

CAMADAS

Aplicação

transporte

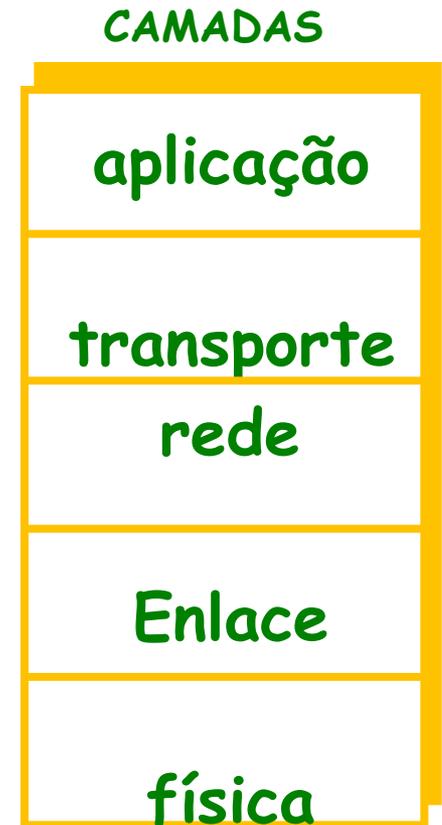
rede

enlace

física

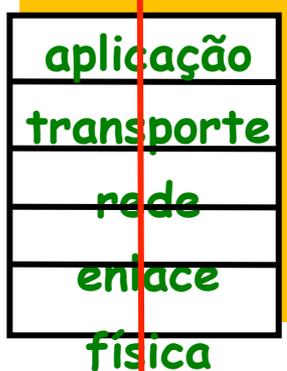
Modelo de referência ISO/OSI

- **apresentação:** permite que as aplicações interpretem significado de dados, p. e., criptografia, compactação, convenções específicas da máquina
- **sessão:** sincronização, verificação, recuperação de troca de dados
- Pilha da Internet “faltando” essas camadas!
 - estes serviços, se *necessários*, devem ser implementados na aplicação
 - necessários?





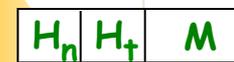
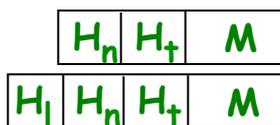
origem



comutador

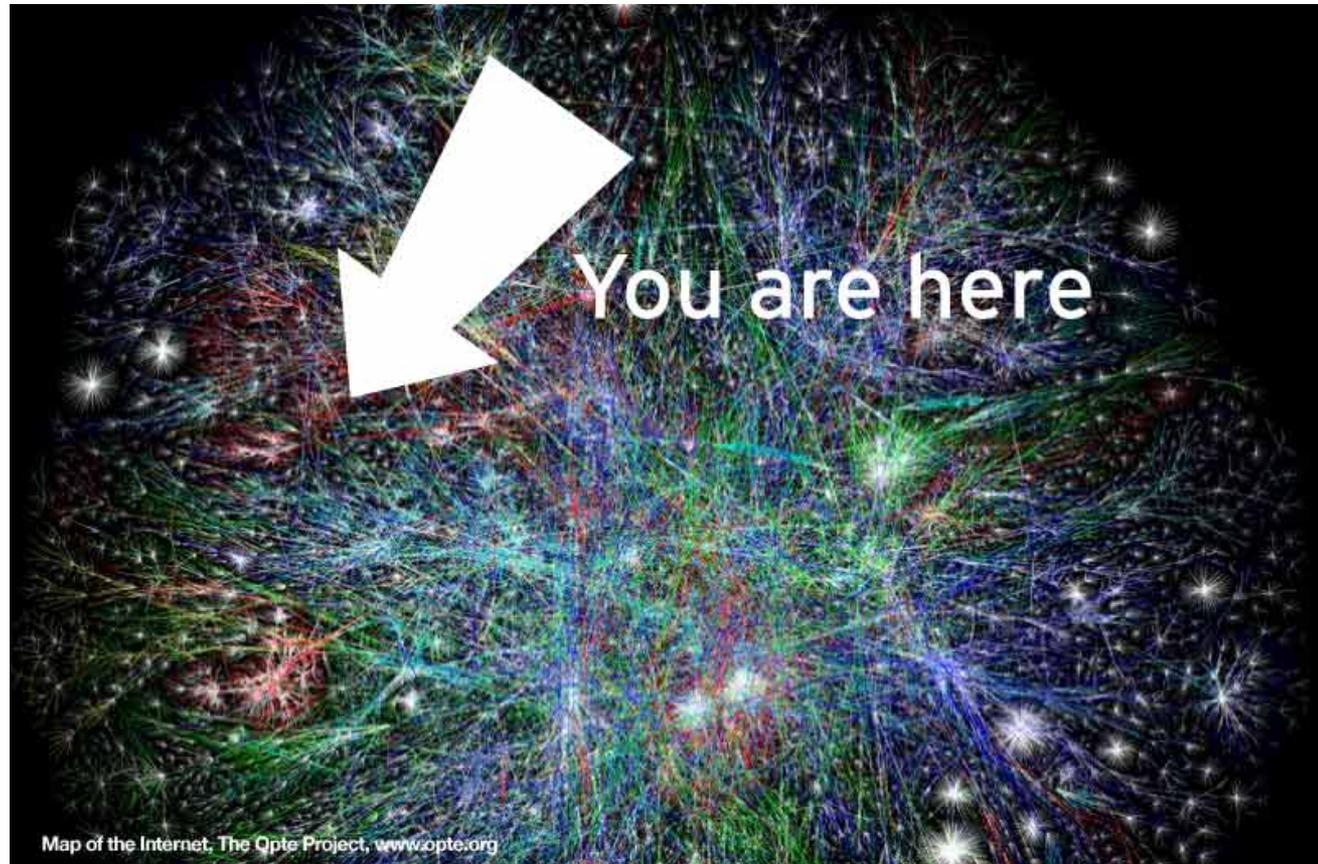
Encapsulamento

destino



roteador

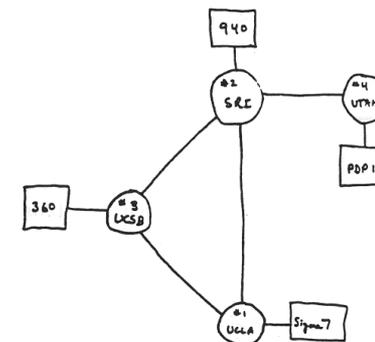
A Internet



História da Internet

1961-72: Princípios da comutação de pacotes

- **1961:** Kleinrock – teoria do enfileiramento mostra eficácia da comutação de pacotes
- **1964:** Baran – comutação de pacotes em redes militares
- **1967:** ARPANet concebida pela ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- **1969:** primeiro nó ARPANet operacional
- **1972:**
 - demonstração pública da ARPANet
 - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo hospedeiro-hospedeiro
 - primeiro programa de e-mail
 - ARPANet tem 15 nós



THE ARPA NETWORK

1972-1980: Inter-rede, redes novas e proprietárias

- **1970:** rede por satélite ALOHAnet no Havaí
- **1974:** Cerf e Kahn – arquitetura para interconexão de redes
- **1976:** Ethernet na Xerox PARC
- **final dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- **final dos anos 70 :** comutação de pacotes de tamanho fixo
- **1979:** ARPAnet tem 200 nós

princípios de inter-rede de Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia – sem mudanças internas exigidas para interconexão de redes
- modelo de serviço pelo melhor esforço
- roteadores sem estado
- controle descentralizado

definem arquitetura atual da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- **1983:** implantação do TCP/IP
- **1982:** protocolo de e-mail smtp definido
- **1983:** DNS definido para tradução entre nome-endereço IP
- **1985:** protocolo FTP definido
- **1988:** controle de congestionamento TCP
- novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hospedeiros conectados à confederação de redes

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

- início dos anos 90: ARPAnet retirada de serviço
- 1991: NSF aumenta restrições para uso comercial da NSFnet (retirada em 1995)
- início dos anos 90: Web
 - hipertexto [Bush 1945, Nelson anos 60]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, depois Netscape
 - final dos anos 90: comercialização da Web

Final dos anos 90 – após ano 2000:

- mais aplicações formidáveis: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P
- segurança de rede ao primeiro plano
- est. 50 milhões de hospedeiros, mais de 100 milhões de usuários
- enlaces de backbone rodando em Gbps

2007:

- ~500 milhões de hospedeiros
- voz, vídeo por IP
- aplicações P2P: BitTorrent
(compartilhamento de arquivos)
Skype (VoIP), PPLive (vídeo)
- mais aplicações: YouTube, jogos
- redes sem fio, mobilidade