

PTC 3360

I. Redes de comunicação – Parte I

(Kurose, Seções 1.1 e 1.2)

Agosto 2023

I. Redes de comunicação

Objetivo:

Introduzir a terminologia e a infraestrutura das redes de comunicação atuais

Abordagem:

Usar a Internet como exemplo

Visão geral:

- ❖ O que é a Internet?
- ❖ O que é um protocolo?
- ❖ **Borda da rede:** *hosts*, acesso a rede, meio físico
- ❖ **Núcleo da rede:** comutação por pacote e por circuito, estrutura da Internet

Conceitos básicos

- ❖ Elementos e estrutura de redes
- ❖ Camadas de protocolos, modelos de serviço

Conteúdo

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

- Comutação de pacotes, comutação de circuitos, estrutura da rede

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

A. O que é a Internet ?

2 formas de responder essa pergunta:

i) Conjunto de *hardware* e *software*

ii) Infraestrutura de serviços

O que é a Internet? i) *hardware* e *software*



❖ Bilhões de *dispositivos computacionais* conectados
(5.3 bilhões de usuários - 2023)

- **hospedeiros** (*hosts*) = **sistemas finais**
- **rodam aplicativos** (*apps*) de rede

❖ **Enlaces de comunicação**

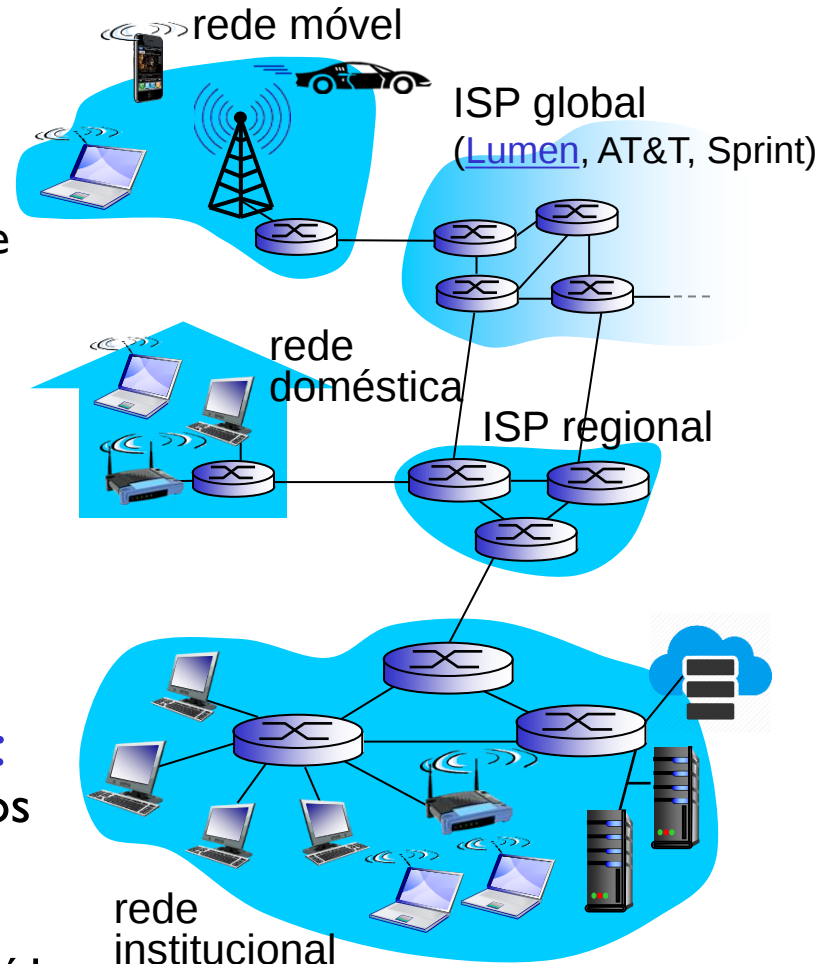
- fibra, cobre, rádio (terrestre ou satélite)
- diversas taxas de transmissão (**bits/segundo**)



❖ **Comutadores de pacotes:** encaminham **pacotes** (conjuntos de bits)



❖ **Armazenamento:** dados distribuídos em várias unidades de disco rígidos e *solid-state drives* (SSD)



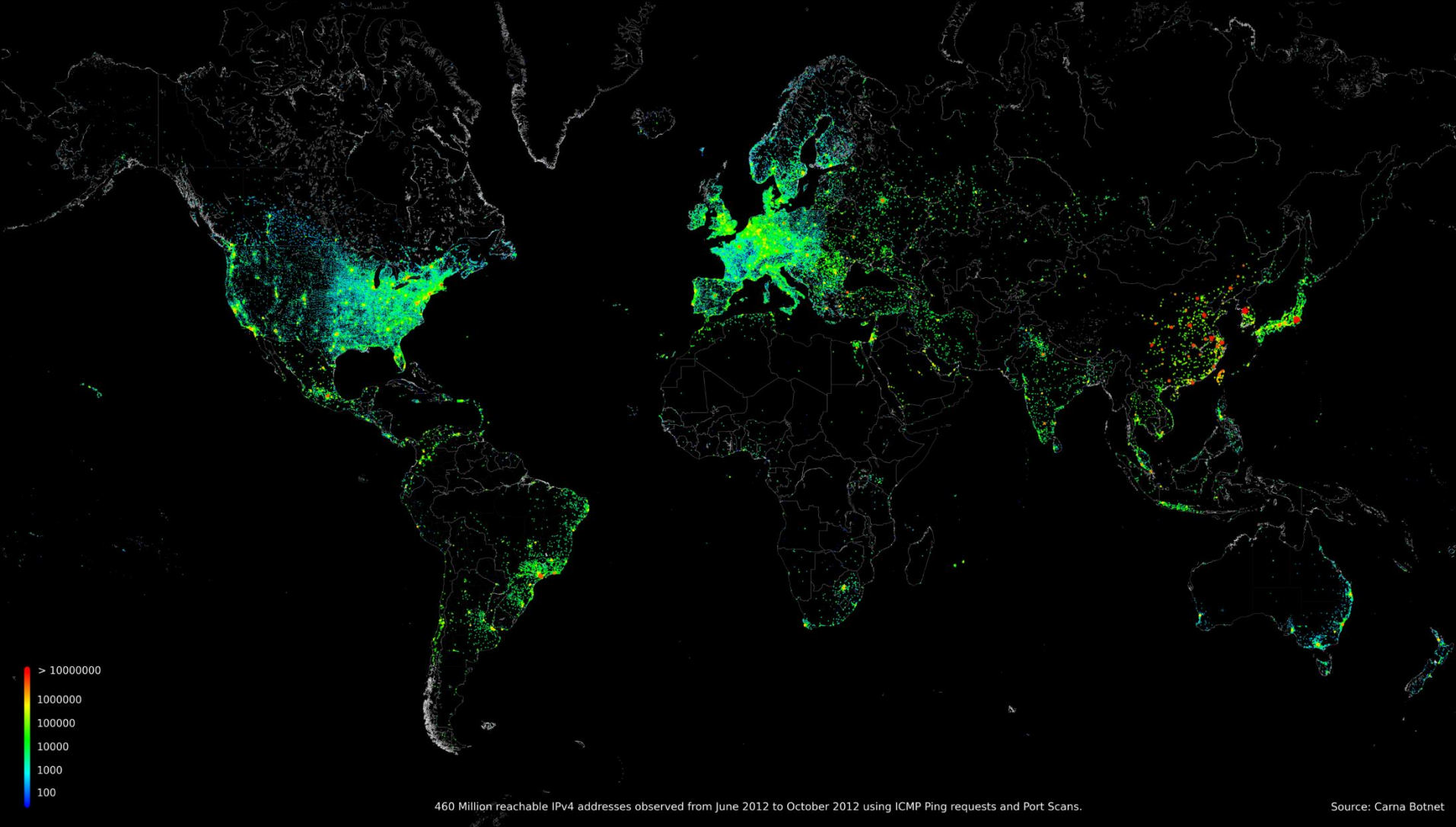
ISP = *Internet Service Provider*



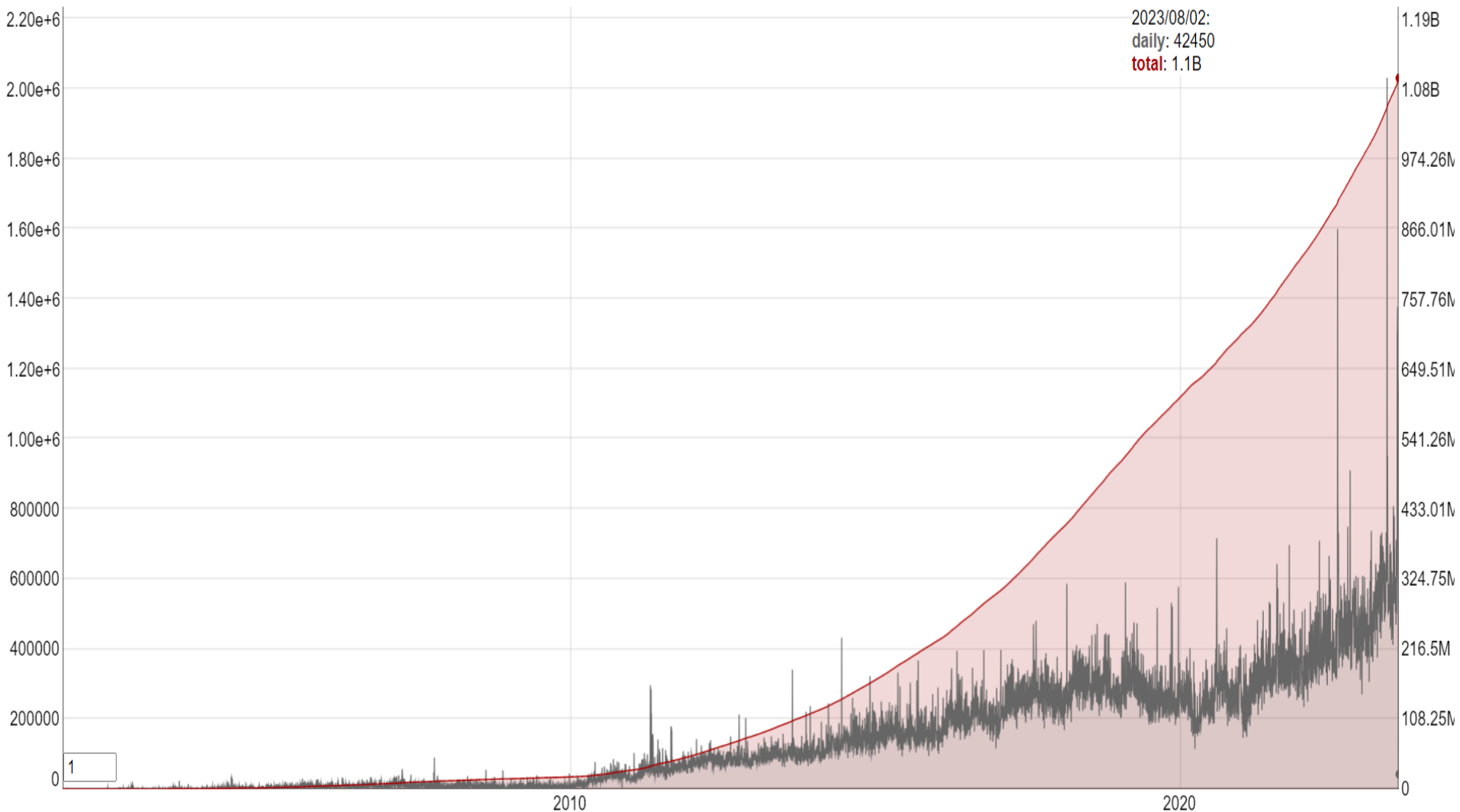
Torre celular com diversos tipos de antena



Interior de um container de 12 m da Microsoft, data center de Chicago



- Tráfego de 273 exabytes (bilhões de Gbytes) por mês (previsão para 2022)
- <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/executive-perspectives/annual-internet-report/index.html>



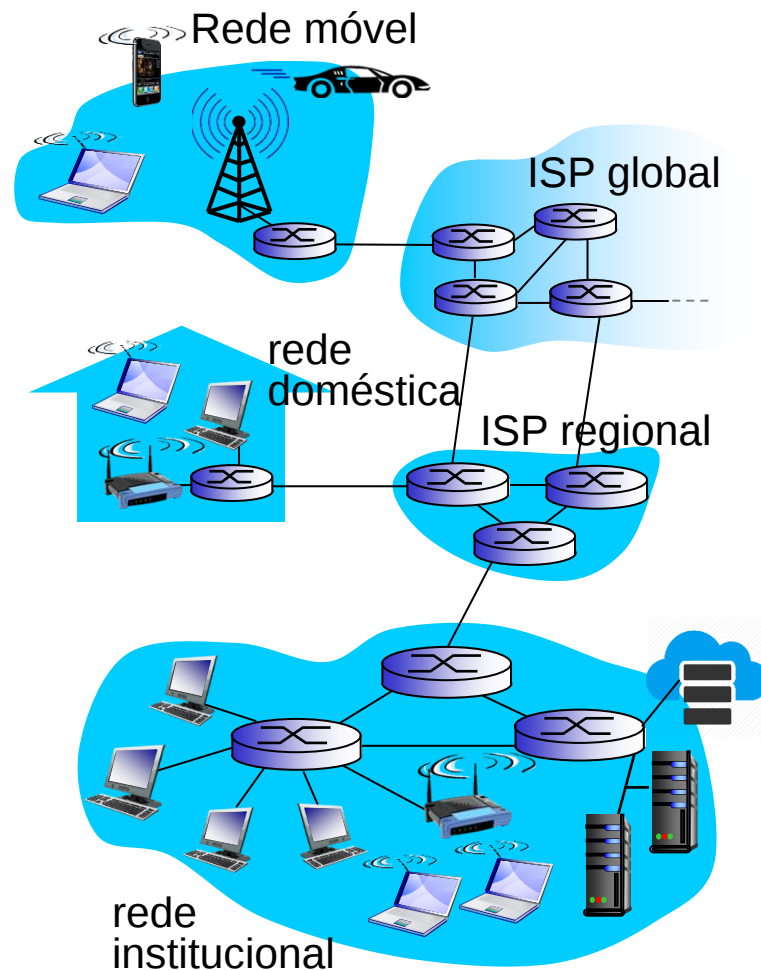
- Em **02/08/2023**, pelo menos
 - 1,1 bilhão de redes Wi-Fi no mundo
 - Brasil: 10.4 milhões (15º no mundo) – 3,8 milhões em São Paulo

Como abordar um sistema tão complexo?

- ❖ *Dado que as redes de comunicação (Internet, por exemplo) são tão complexas, como estudar e entender seu funcionamento?*
- ❖ *Resposta:* Vamos focar em princípios e estrutura básicos – fundamentos para entender as redes não só de hoje mas do futuro também.
- ❖ Sem perder de vista conceitos mais gerais, usar **exemplos concretos vindos sobretudo da Internet.** 
- ❖ Observação: O uso de acrônimos é disseminado na área de redes (**sopa de letras**), como você perceberá nas próximas aulas. Mas você não precisa se preocupar em decorá-los. 

O que é a Internet: i) *hardware* e *software*

- ❖ *Protocolos* controlam envio, recebimento de mensagens
 - Por exemplo, TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11
- ❖ *Padrões Internet*
 - IETF: **Internet Engineering Task Force**
 - RFC: Request for comments 9457 (02/08/22)
 - <https://www.ietf.org/standards/rfcs/>
 - IEEE (camadas de enlace e física)
 - Exemplo: **IEEE 802 Standards Committee** – Ethernet e WiFi
 - <http://www.ieee802.org/>



O que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- ❖ para iniciar conversa: “oi” e esperar por resposta para fazer pergunta
- ❖ levantar a mão para fazer uma pergunta na aula

... mensagens específicas enviadas

... ações específicas tomadas quando mensagens são recebidas

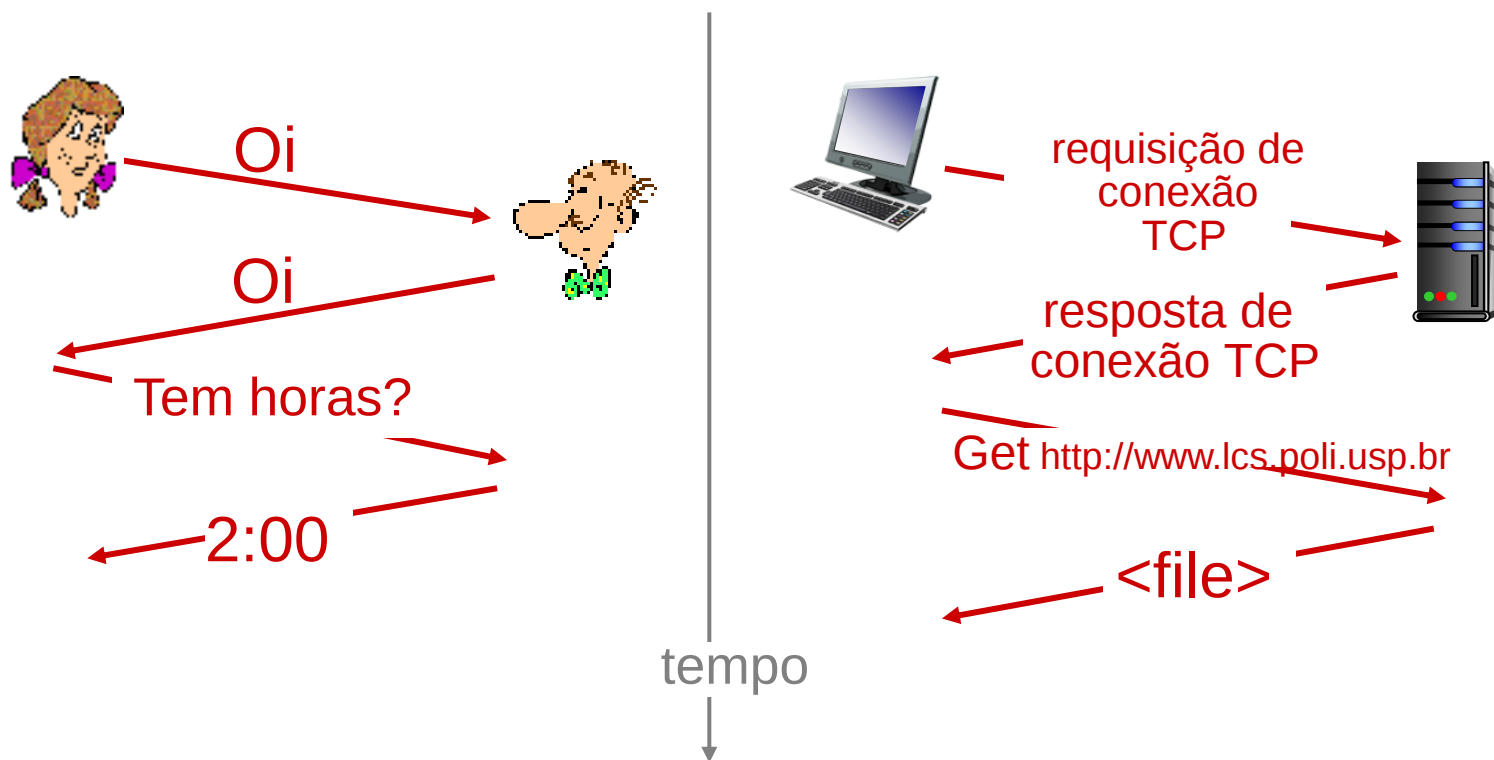
Protocolos de rede:

- ❖ máquinas ao invés de humanos
- ❖ todas atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos!

Protocolos definem *formato* e *ordem* das *mensagens enviadas e recebidas* entre entidades da rede e *ações tomadas* quando da transmissão e recepção de mensagens

O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores



Dominar a área de Redes de Comunicação é equivalente a entender o que, porquê e como dos protocolos de rede!

A. O que é a Internet ?

2 formas de responder essa pergunta:

i) Conjunto de *hardware* e *software*

ii) Infraestrutura de serviços

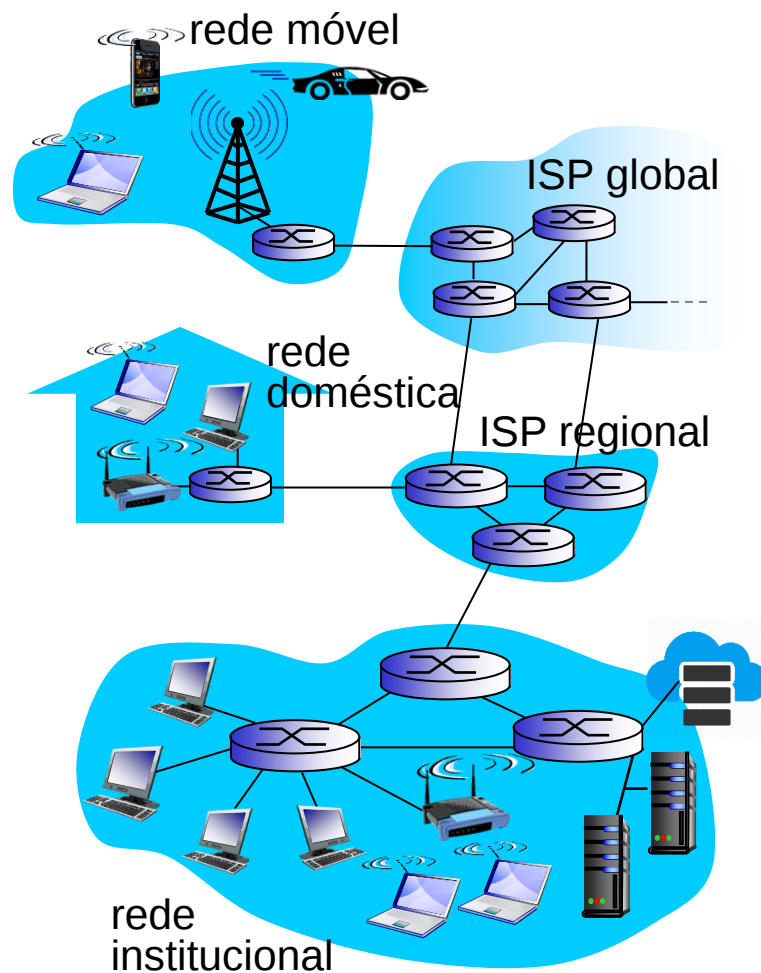
O que é a Internet? ii) serviços

❖ *Infraestrutura que provê serviços a aplicativos (apps) que rodam em sistemas finais:*

- Web, VoIP, email, jogos, e-commerce, redes sociais, ...

❖ *Provê interface de programação para apps (API)*

- regras que permitem apps enviar e receber dados
- equivalente a enviar uma carta pelo correio
- provê opções de serviço, de forma análoga ao serviço postal



Uma segunda olhada na estrutura da rede:

❖ *Borda da rede:*

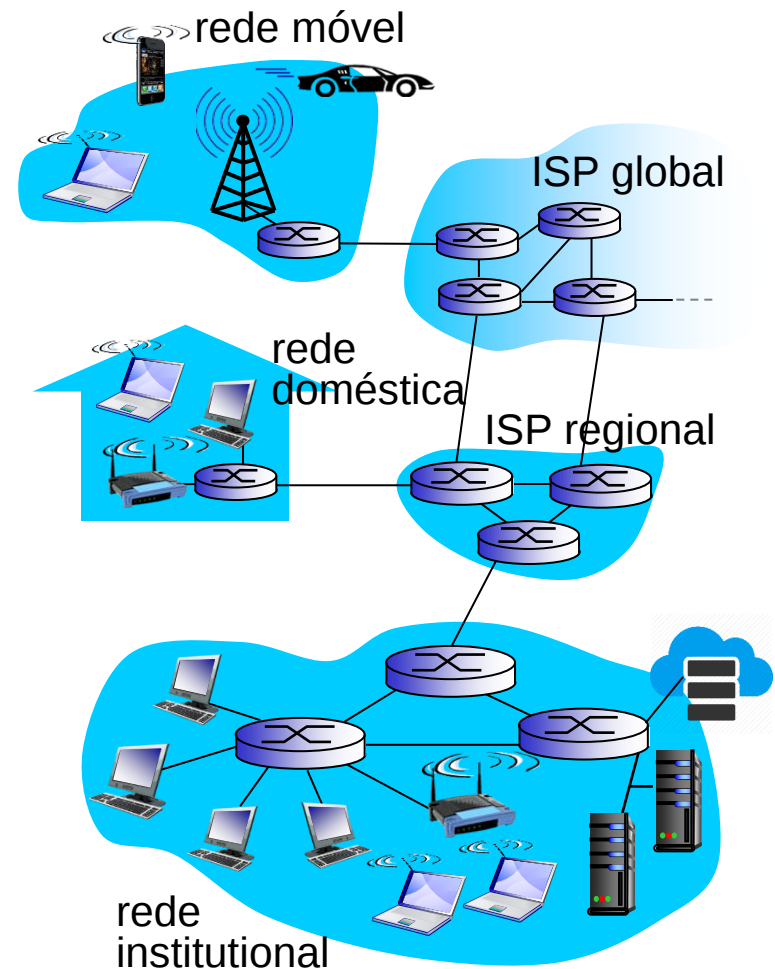
- *Hosts:* clientes e servidores
- Servidores muitas vezes em *data centers*
- Google – *data centers* com 10^5 servidores

❖ *Redes de acesso:*

- Redes que fisicamente conectam um *host* ao primeiro roteador (roteador de borda)
- Enlaces cabeados ou sem fio

❖ *Núcleo da rede:*

- ISPs interconectados
- Rede de redes



Conteúdo

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

- Comutação de pacotes, comutação de circuitos, estrutura da rede

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

Hosts diferentes (Internet das coisas)



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



Torradeira com acesso à Web +
Previsão do tempo

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1264205.stm>



Fitbit



Tweet-a-watt:
Monitoramento do uso de energia
<https://learn.adafruit.com/tweet-a-watt/>



Refrigerador
Internet



Amazon echo



carros



Pacemaker & Monitor



AR devices 1-17

Hosts diferentes: convergência com telefonia



Internet *phones*

Conteúdo

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

- Comutação de pacotes, comutação de circuitos, estrutura da rede

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

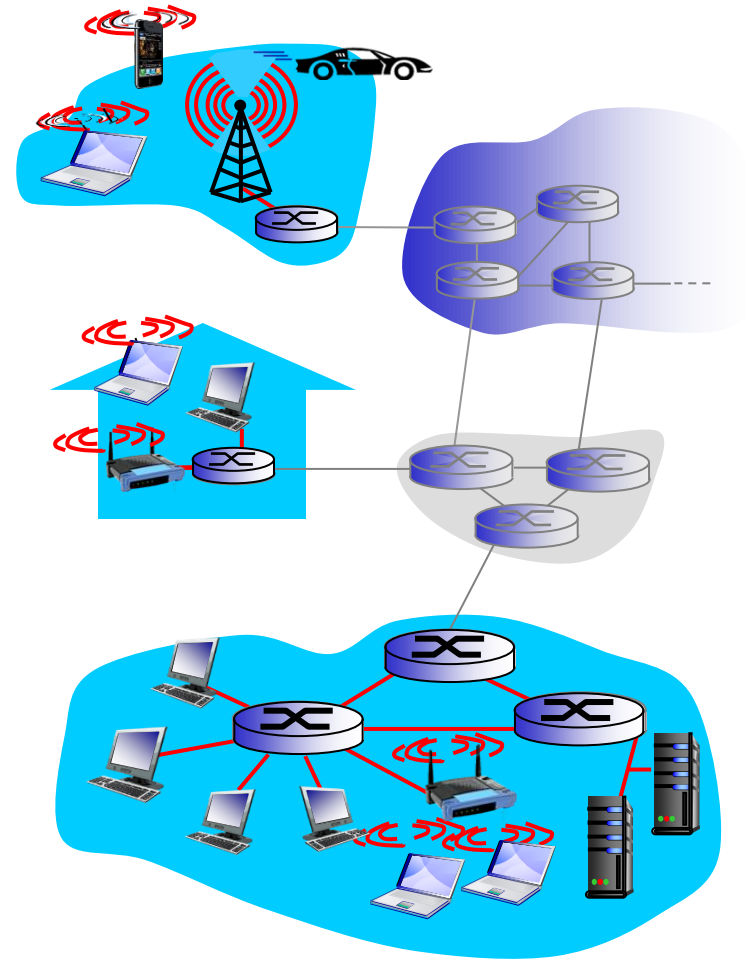
Redes de acesso e meio físico

Q: Como conectar sistemas finais aos roteadores da borda?

- ❖ 1. Redes de acesso móvel
- ❖ 2. Redes de acesso residencial
- ❖ 3. Redes de acesso institucionais

Propriedades:

- ❖ Taxa de transmissão (bits por segundo) do acesso à rede
- ❖ Compartilhado ou dedicado?



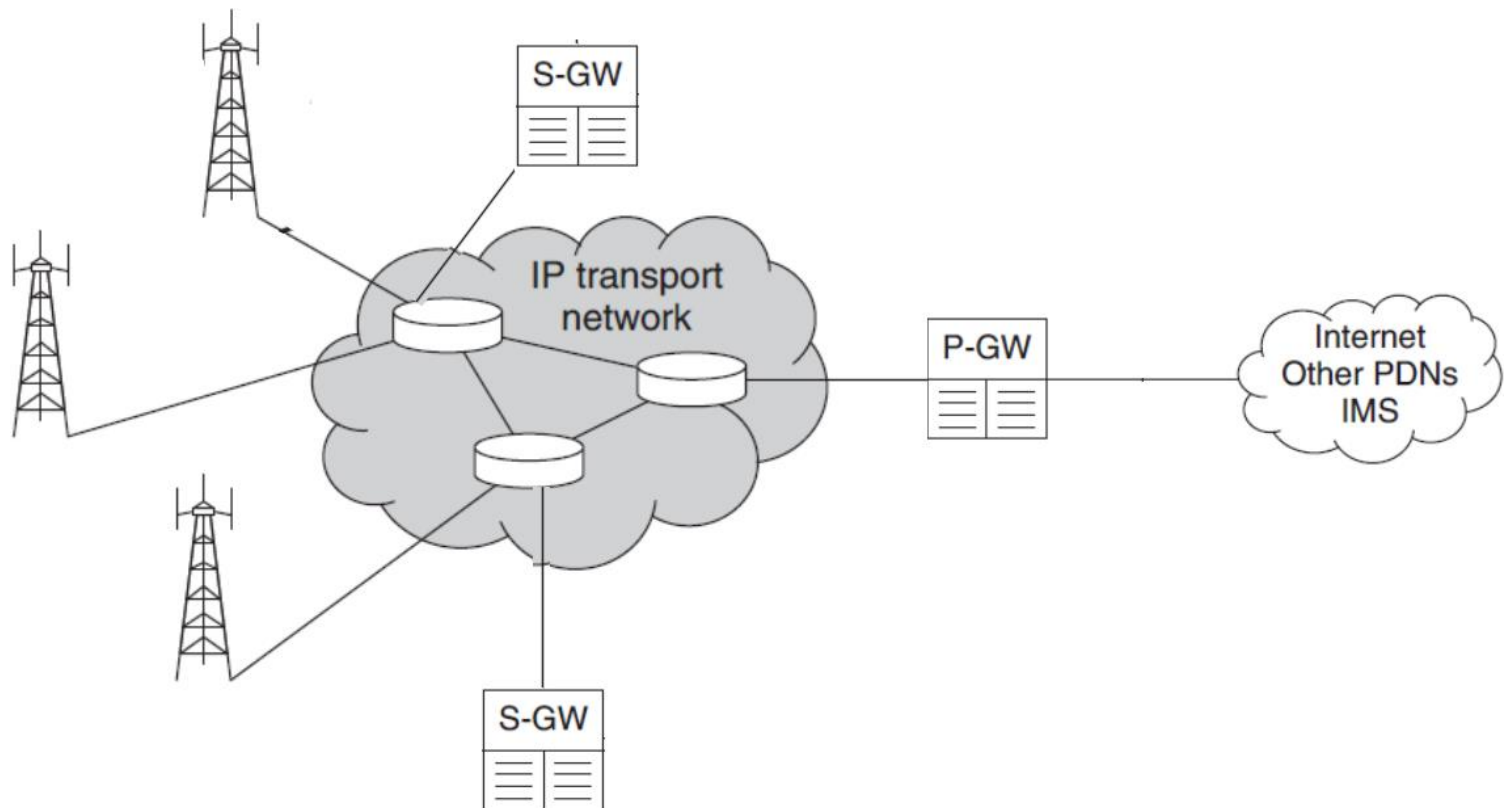
I. Redes de acesso móvel

Cenário:

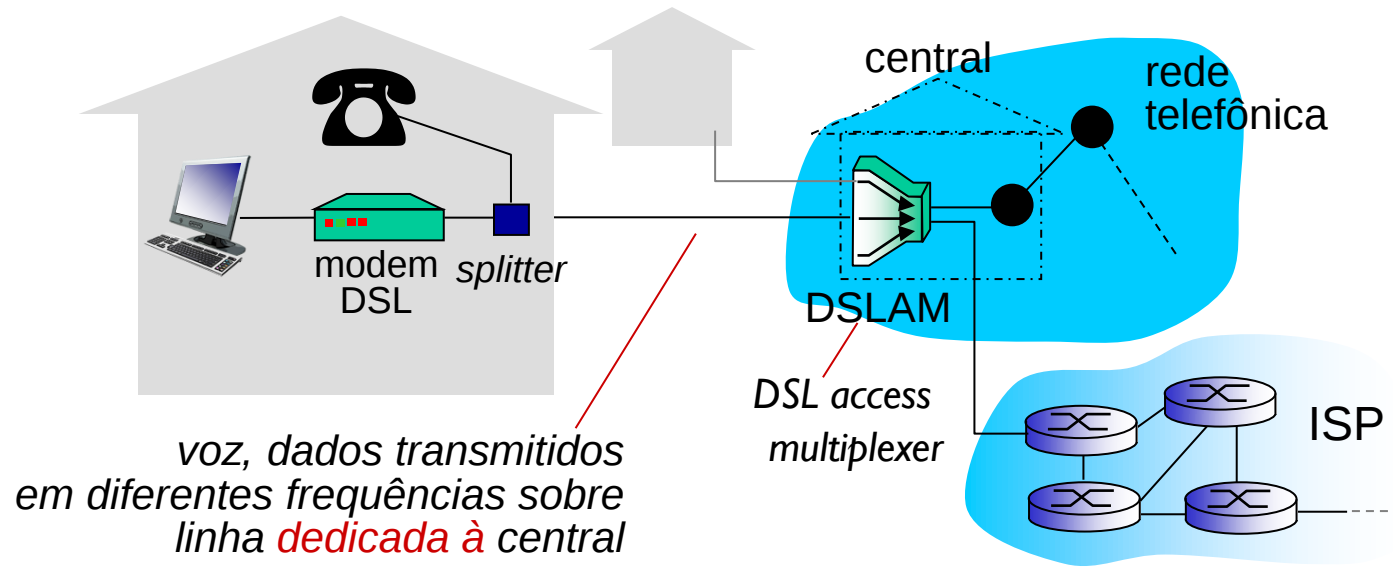
- ❖ Número de assinantes de telefonia celular superou número de assinantes de telefonia fixa (5-para-1)! – 251 milhões de celulares no Brasil em junho 2023,
- ❖ 2 importantes (mas diferentes) desafios
 - *Sem fio*: comunicação sobre enlace sem fio
 - *Mobilidade*: tratamento do usuário móvel que muda de ponto de conexão à rede
 - Mais desafiante: ambos ao mesmo tempo – VoIP em um carro a 120 km/h

Exemplo de rede de acesso móvel: LTE (celular 4G)

Sistemas LTE usam **uma rede de pacotes própria** para conectar as estações rádio-base com os servidores (S-GW) e as interfaces externas (P-GW) do seu **núcleo de rede**

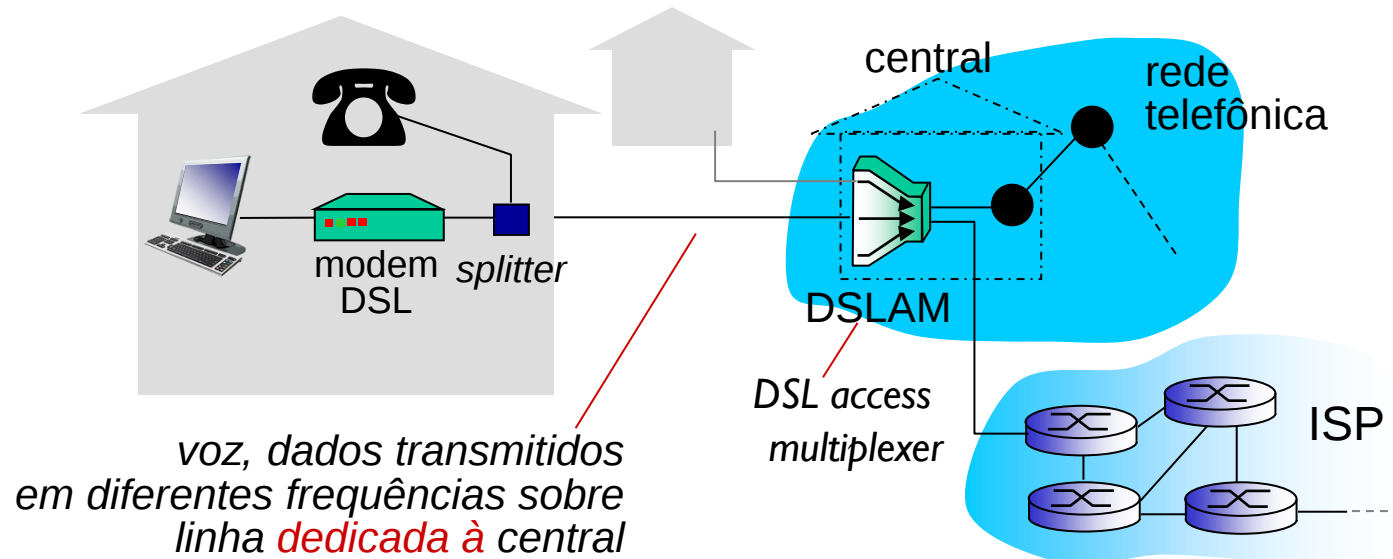


2. Redes de acesso residencial: *Digital Subscriber Line (DSL)*



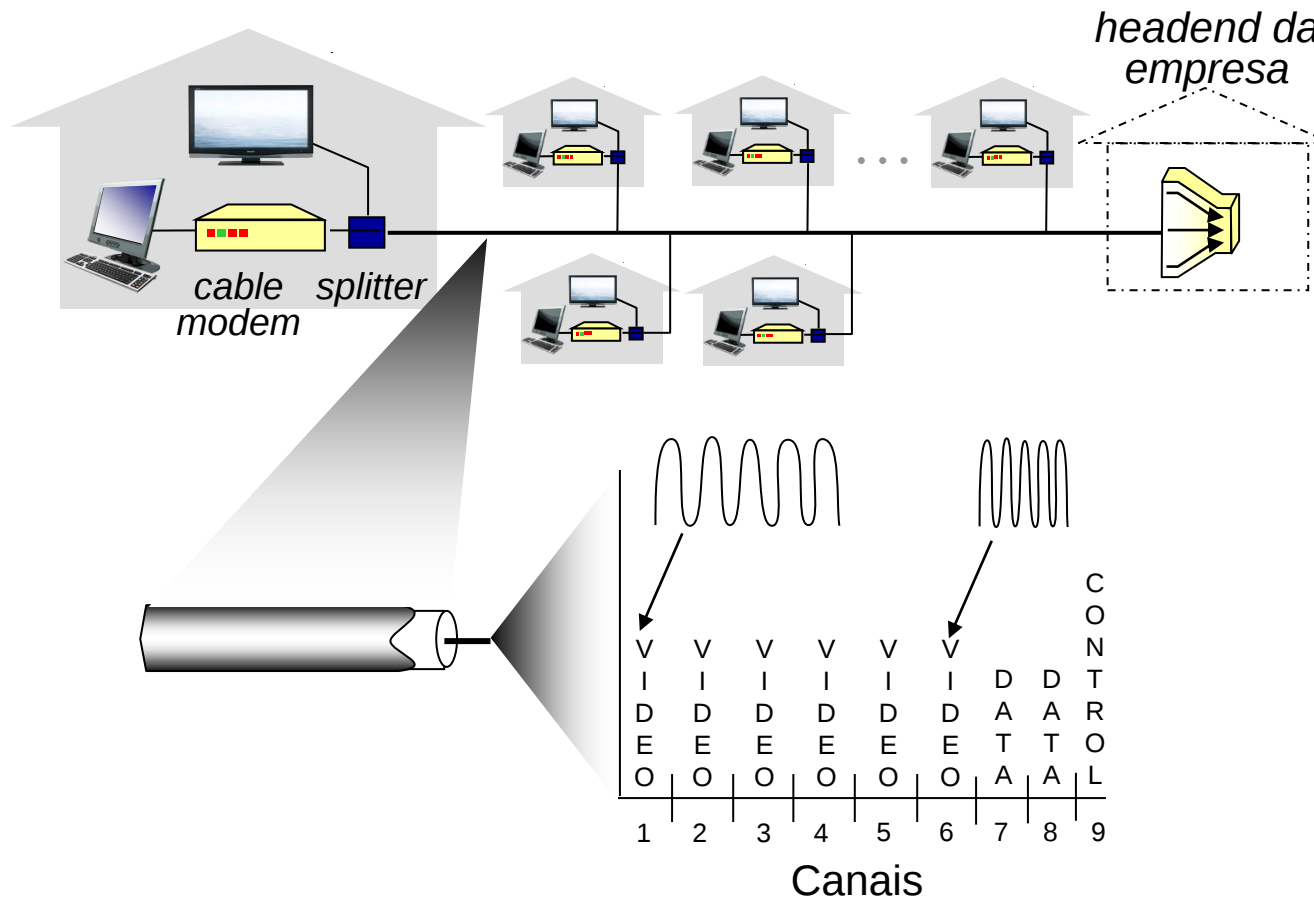
- ❖ Fornecido por companhia telefônica (Ex: Vivo)
- ❖ Usa linha telefônica *existente* até o DSLAM da central
- ❖ “3 enlaces” na mesma linha (multiplexação em frequência)
 - ❖ canal *telefônico* convencional bidirecional na faixa entre 0 e 4 kHz
 - ❖ canal *upstream* de média velocidade na faixa de 4 kHz a 140 kHz
 - ❖ canal *downstream* de alta velocidade na faixa de 140 kHz a 2,2 MHz

2. Redes de acesso residencial: *Digital Subscriber Line* (DSL)



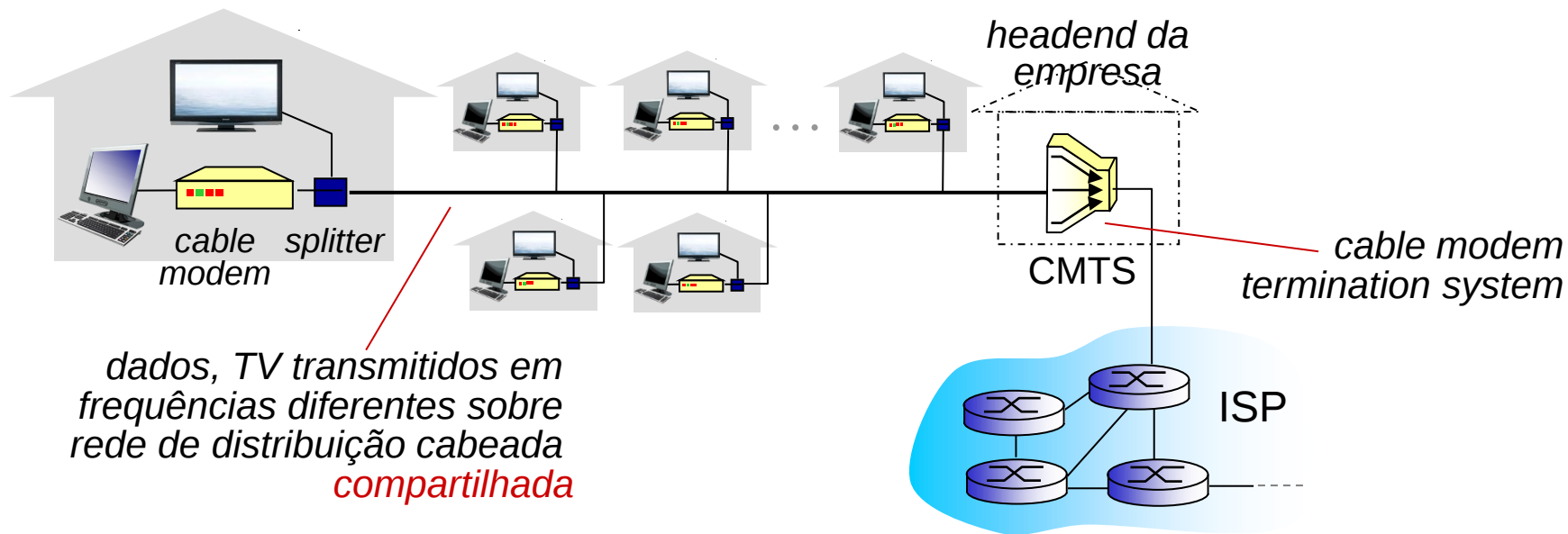
- Na central:
 - dados sobre a linha telefônica DSL vão para a Internet
 - voz sobre a linha telefônica DSL vai para a rede telefônica
- Taxas de transmissão (*assimétrico*): <https://en.wikipedia.org/wiki/G.992.5>
- ❖ < 3 Mbps taxa de transmissão *upstream* (típico < 1 Mbps)
- ❖ < 24 Mbps taxa de transmissão *downstream* (típico < 10 Mbps)

2. Redes de acesso residencial: rede da TV a cabo



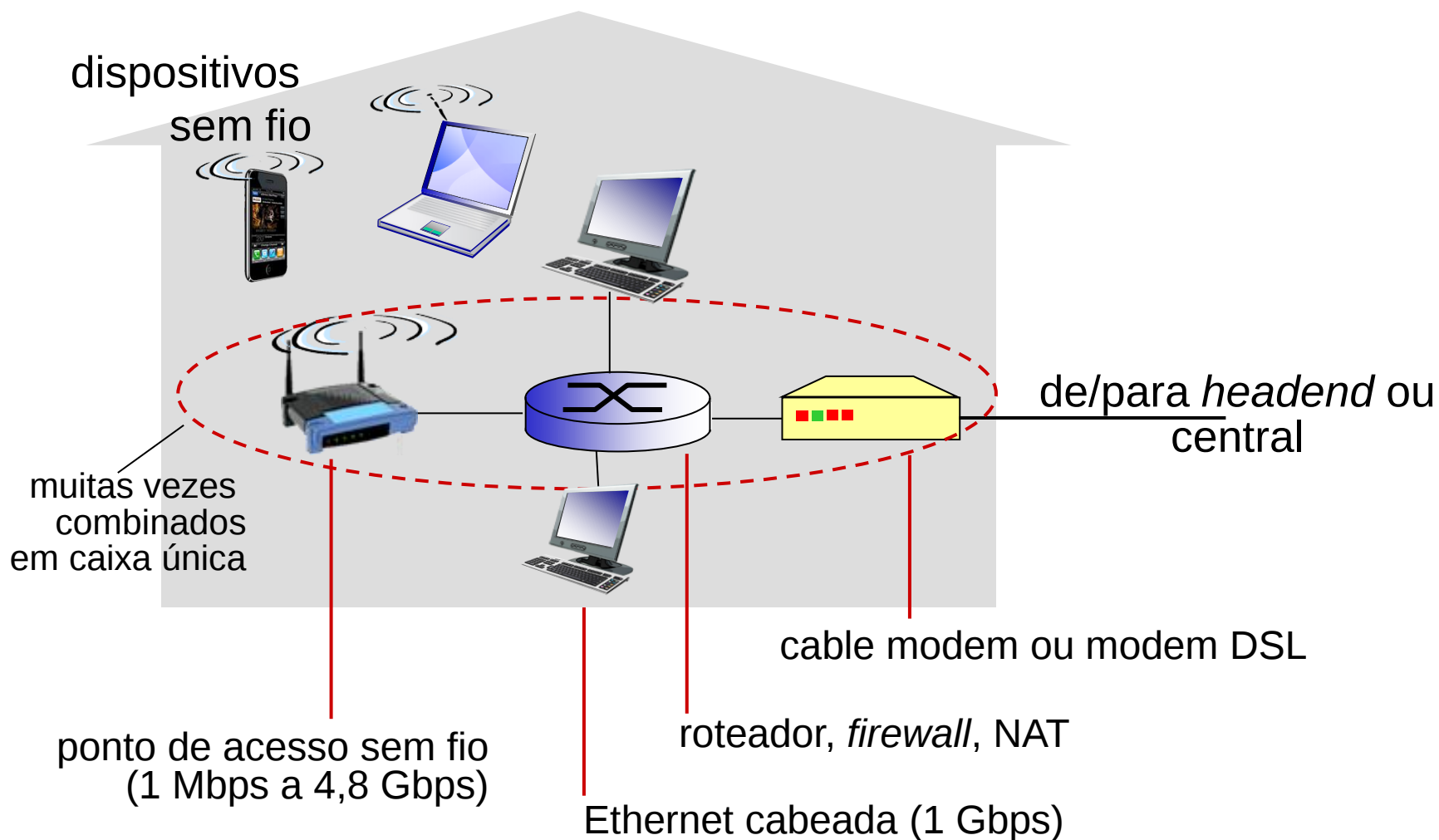
- ❖ Fornecido por empresa de TV a cabo (Ex: Virtua da Net)
- ❖ **Multiplexação por divisão de frequência:** canais diferentes transmitidos em bandas de frequência diferentes

2. Redes de acesso residencial: rede da TV a cabo

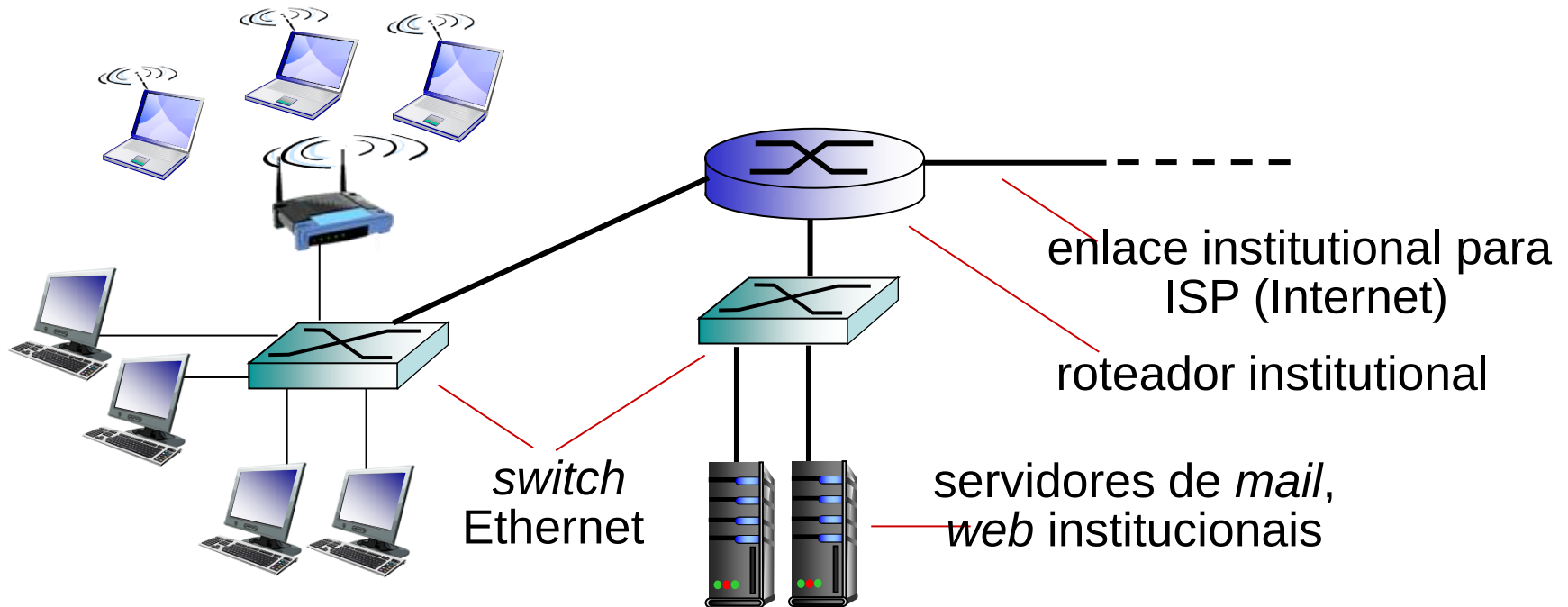


- ❖ **HFC: hybrid fiber coax**
- ❖ **Assimétrico:** até 10 Gbps de taxa de transmissão *downstream*, 1 Gbps de taxa de transmissão *upstream* (DOCSIS 3.1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/DOCSIS>)
- ❖ Residências **partilham rede de acesso até headend** da empresa; diferente do DSL, que tem acesso dedicado até a central
 - necessário protocolo para endereçar e evitar colisões! (Veremos...)
 - cada pacote enviado ao *headend* chega a todos os usuários!
 - taxa disponível para cada usuário pode ser afetada pelo uso feito pelos outros

2. Redes de acesso residencial: rede doméstica



3. Redes de acesso institucionais



- ❖ Tipicamente usadas em empresas, universidades, etc
- ❖ Taxas de transmissão de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
- ❖ Atualmente, sistemas finais tipicamente conectam-se em *switch Ethernet*
- ❖ Veremos muito mais detalhes sobre roteadores, switches, etc. em breve...