

# Redes de Computadores

## Introdução

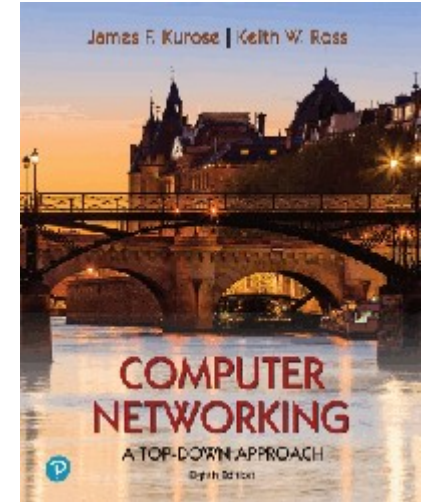
Material baseado nas apresentações (*slides*) disponibilizados junto com o livro referência a seguir.

A note on the use of these Powerpoint slides:  
We're making these slides freely available to all (faculty, students, readers). They're in PowerPoint form so you see the animations; and 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:

All material copyright 1996-2020  
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

*Bibliografia:*  
*Computer Networking: A  
Top Down Approach*

*8th Edition, Global Edition*  
*Jim Kurose, Keith Ross*  
*Pearson 2020*



# Sumário

- O que é a Internet? O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, acesso, meios físicos
- Núcleo da rede: comutação de circuitos e de pacotes; estrutura da Internet
- Questões de performance: perda, atraso, desempenho
- Segurança
- Camadas de protocolos, modelos de serviço
- História

# O que é a Internet



Bilhões de **dispositivos conectados**:

- **hosts** = **sistemas finais**
- Executam **aplicações de rede**

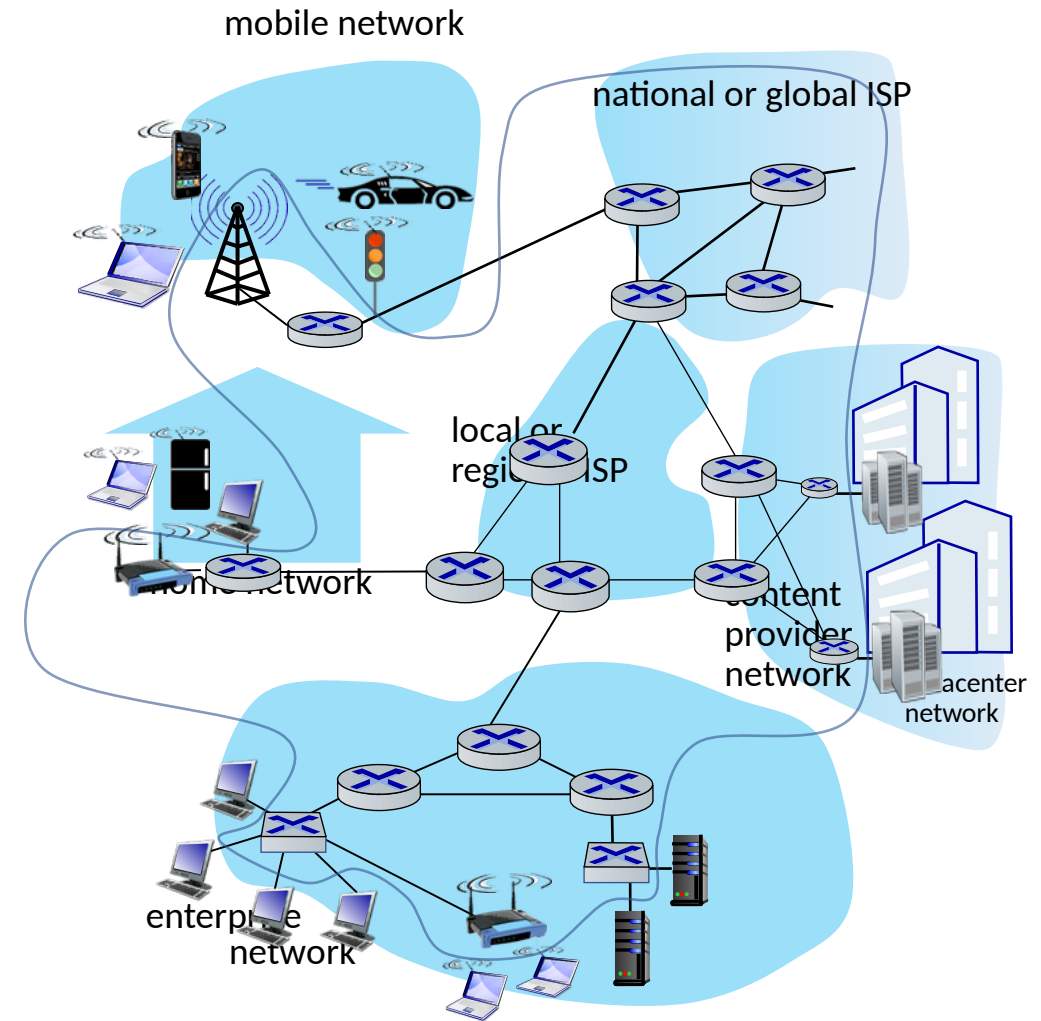
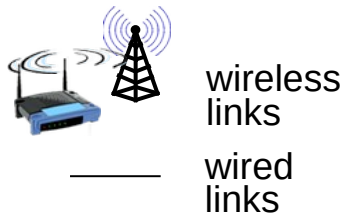
**Enlaces** de comunicação

- Fibra, fios de cobre (par trançado), rádio, satélite
- Razão de transmissão: **largura de banda**

**Comutação de pacotes**:

encaminha pacotes (pedaços de dados)

- roteadores e switches



# O que é a Internet



Amazon Echo



Internet refrigerator



IP picture frame



Pacemaker & Monitor



Tweet-a-watt:  
monitor energy use



bikes



Security Camera



Slingbox: remote control cable TV



Web-enabled toaster +  
weather forecaster



AR devices



cars



scooters



Internet phones



Gaming devices



sensorized,  
bed  
mattress



Fitbit

# O que é a Internet



Tweet-a-watt:  
monitor energy use

Internet of Things (IoT)  
Internet of Medical Things (IoMT)  
Industrial Internet of Things (IIoT)  
Internet of Battlefield Things (IoBT)

....



Internet phones



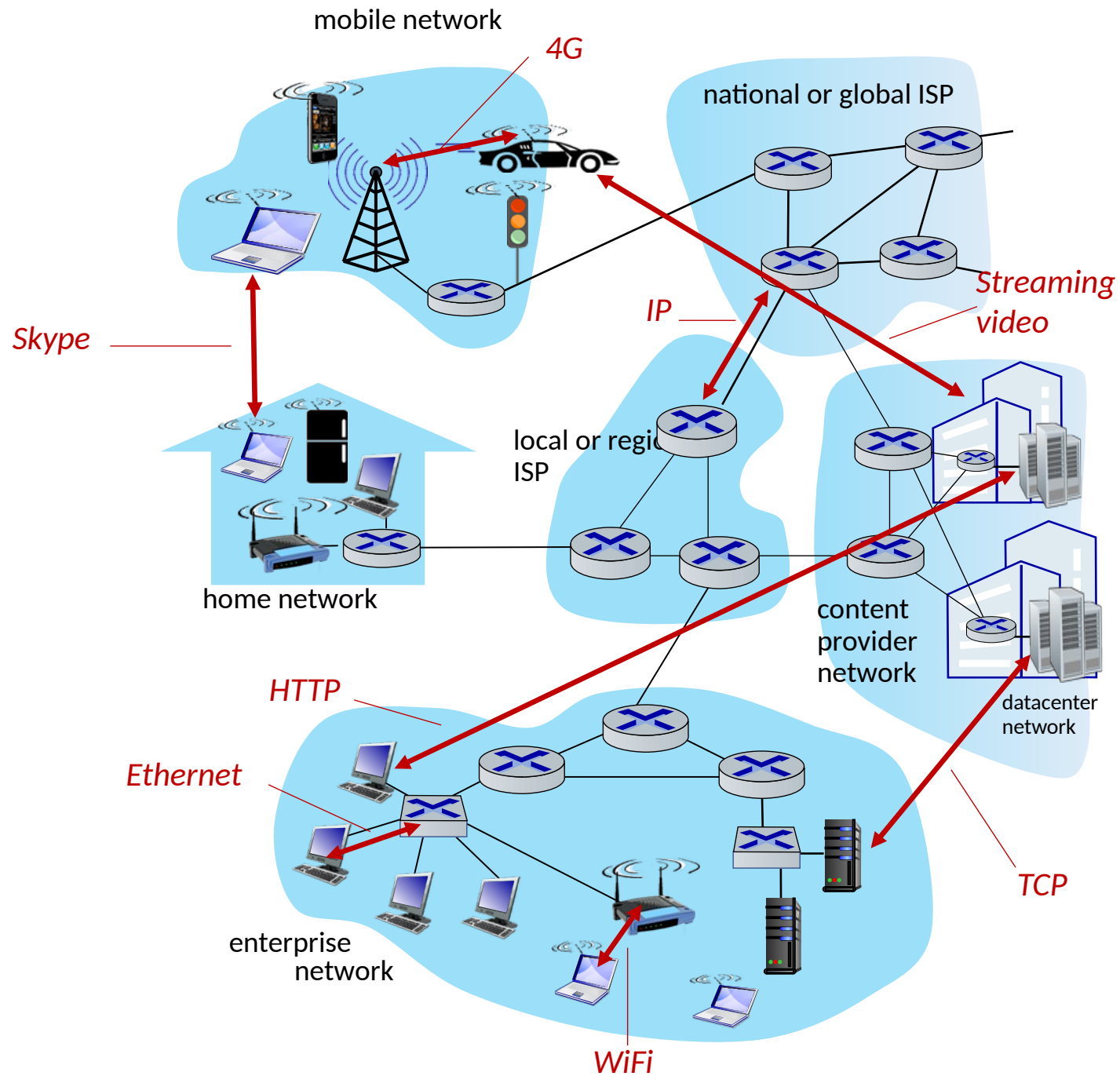
Gaming devices



Fitbit



oters



# Visão geral da Internet

Internet: “redes das redes”

ISPs interconectados

**Protocolos** controlando o envio e recebimento de mensagens

Ex.: TCP, IP, HTTP, DNS, DHCP, 802.11 (WiFi), 4/5G, Ethernet, streaming de vídeo e de áudio (Skype)

**Padrões** em Internet

RFC (*Request for Comments*)

IETF (*Internet Engineering Task Force*)



# Visão geral da Internet

**Infraestrutura** que provê serviço às aplicações:

Web, VoIP, email, games, e-commerce, redes sociais, etc

Provê **interface para a programação** de aplicações distribuídas

- Meios para enviar e receber informações (dados, códigos, etc) usando o serviço de transporte da Internet
- As interfaces proveem opções de tipos de serviços
- Interface Sockets



# O que é um protocolo?

## Protocolos humanos:

- “que horas são?”
- Apresentações pessoais

... mensagens específicas são enviadas

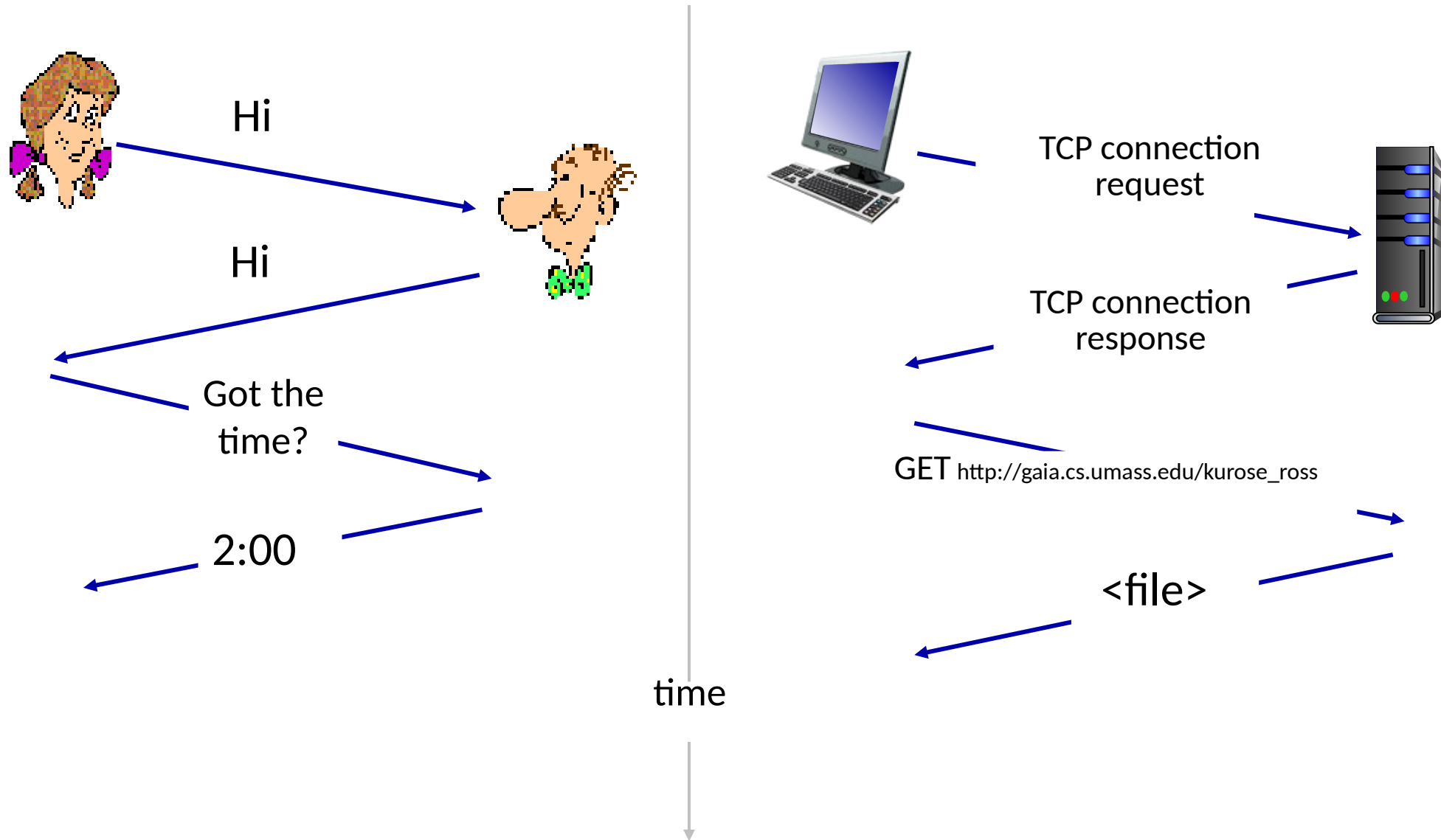
... ações específicas são tomadas quando mensagens chegam

## *Protocolos de rede:*

- Máquinas e dispositivos (hw/sw)
- Toda atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

**Protocolos** definem **formato** e **ordem** das **mensagens enviadas e recebidas** entre entidades na rede, e as respectivas **ações tomadas** quando do recebimento e transmissão

# O que é um protocolo?



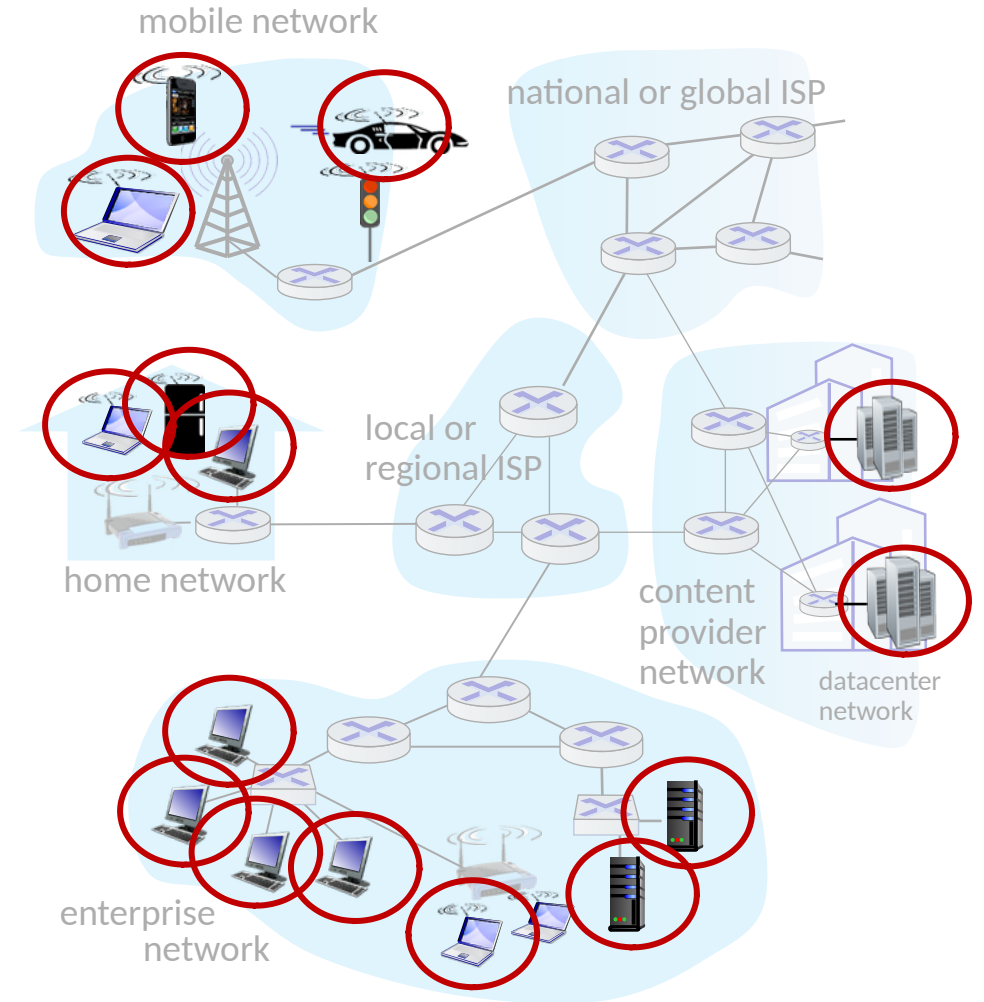
# Sumário

- O que é a Internet? O que é um protocolo?
- Borda da rede: hosts, acesso, meios físicos
- Core da rede: comutação de circuitos e de pacotes; estrutura da Internet
- Questões de performance: perda, atraso, desempenho
- Segurança
- Camadas de protocolos, modelos de serviço
- História

# Estrutura da Internet

## Borda da rede

- **Hosts**: clientes e servidores : **sistemas finais**
- Servidores geralmente em centro de dados (cloud computing)



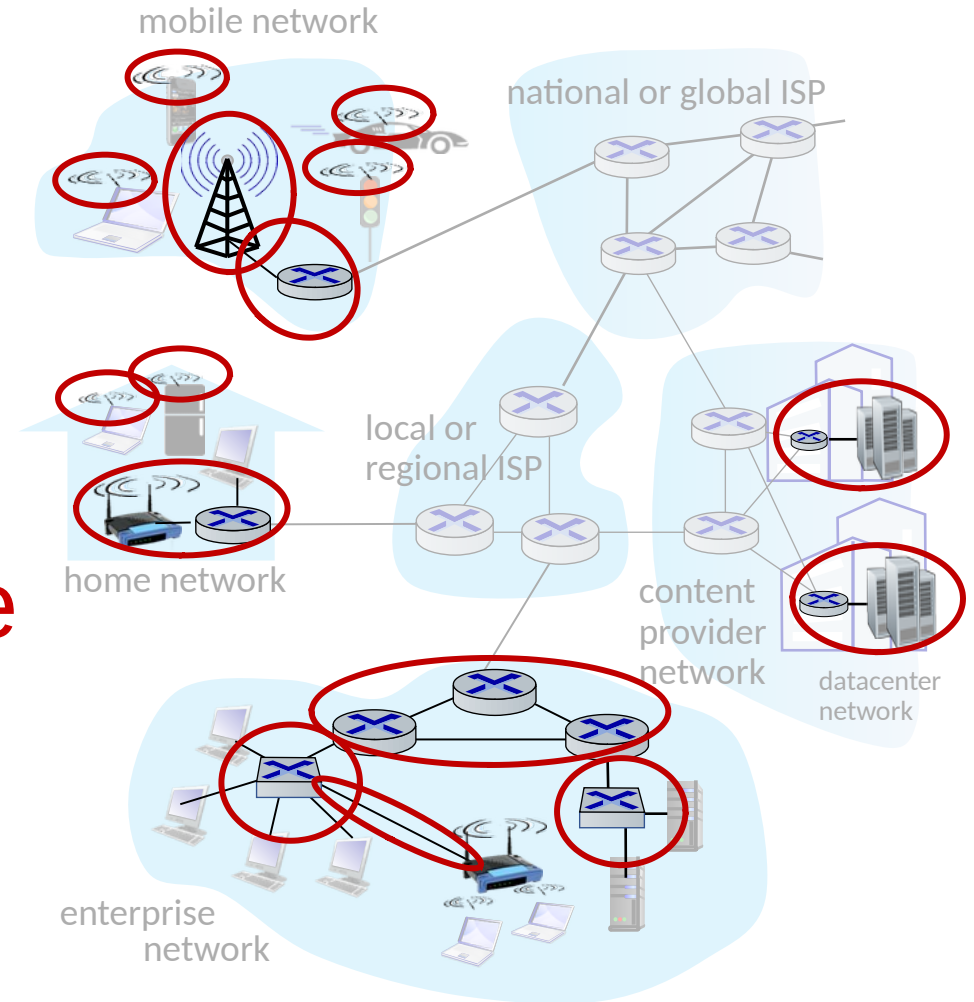
# Estrutura da Internet

## Borda da rede

- **Hosts:** clientes e servidores : sistemas finais
- Servidores geralmente em centro de dados (cloud computing)

Meios físicos para acesso à rede

Enlaces com fio e sem fio (wireless)



# Estrutura da Internet

## Borda da rede

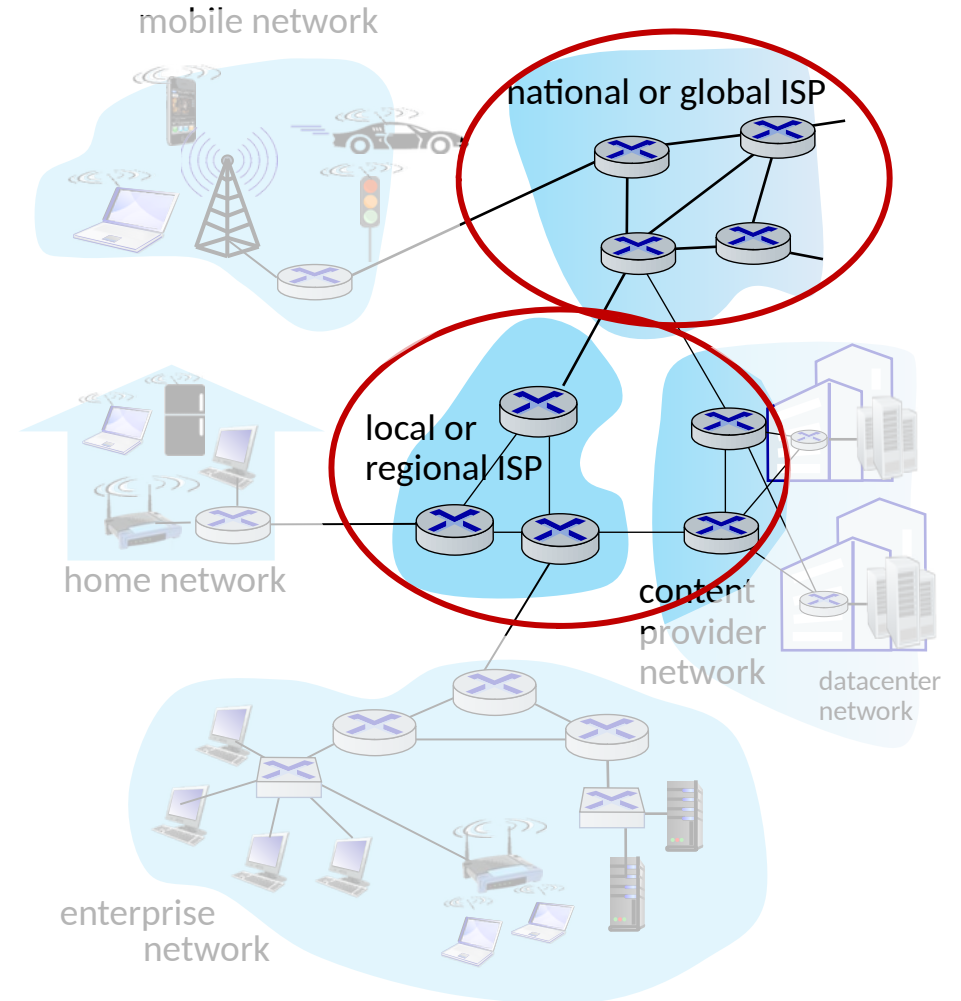
- **Hosts:** clientes e servidores : sistemas finais
- Servidores geralmente em centro de dados (cloud computing)

Meios físicos para acesso à rede

Enlaces com fio e sem fio (wireless)

## Núcleo (core) da rede

- Interconexão de roteadores
- Rede de redes



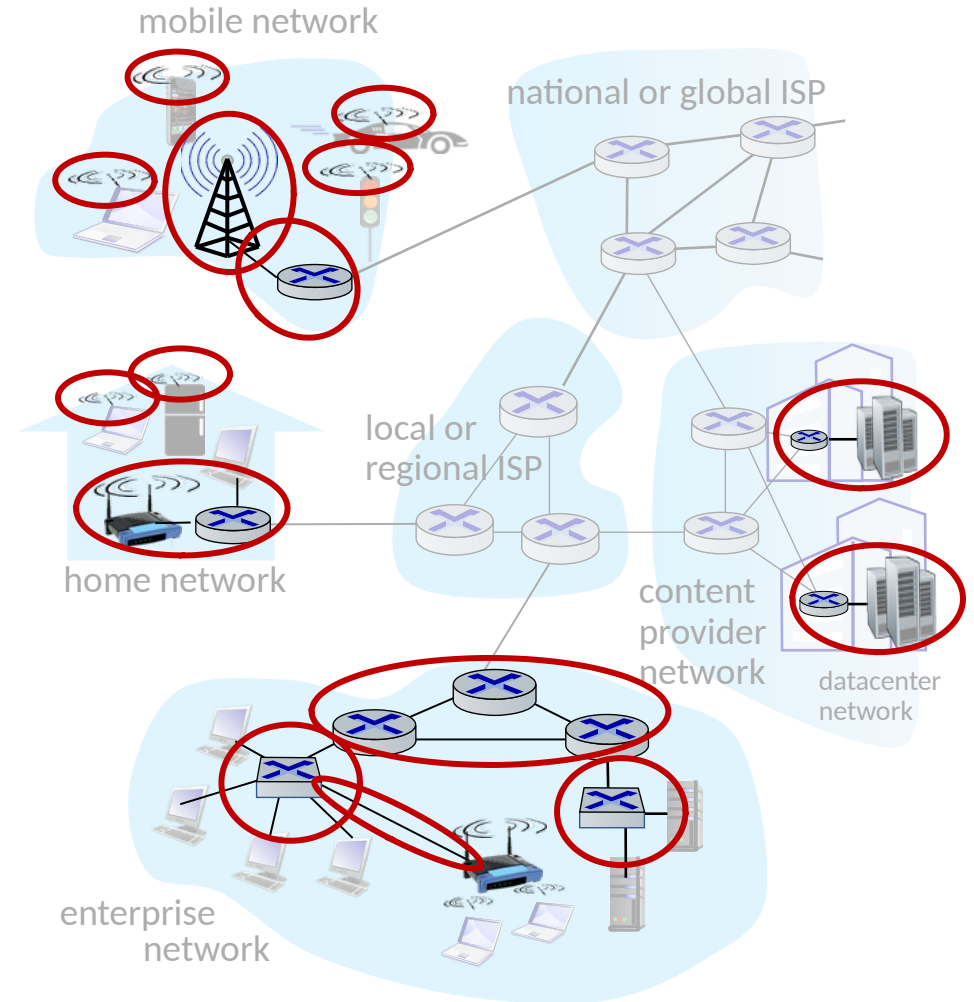
# Redes de acesso e meios de conexão

Q: Como conectar sistemas finais aos roteadores do core?

- Redes de acesso residenciais
- Redes de acesso institucionais (escolas, empresas)
- Redes de acesso móveis (WiFi, 4G/5G)

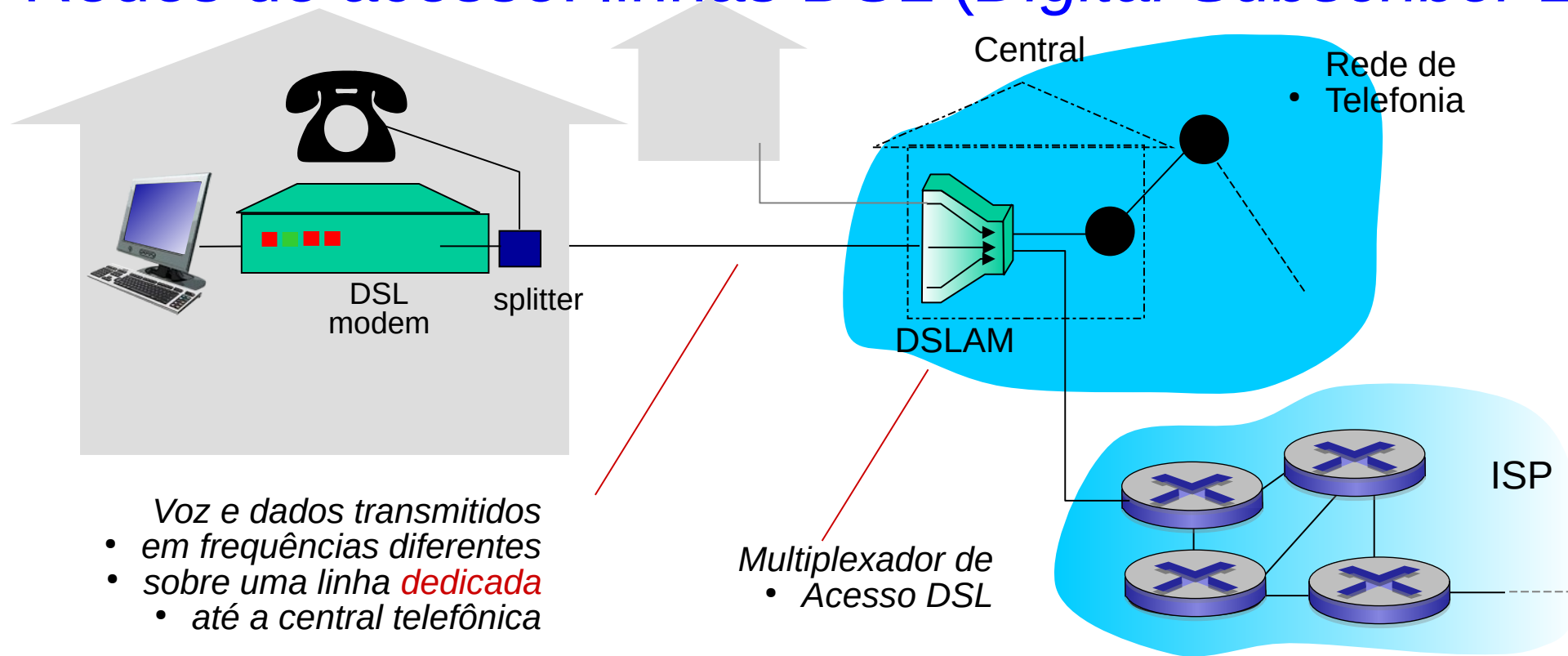
Observações:

- Qual a **banda de rede** (bits por segundo) do acesso
- O meio é **compartilhado** ou **dedicado**





# Redes de acesso: linhas DSL (*Digital Subscriber Line*)



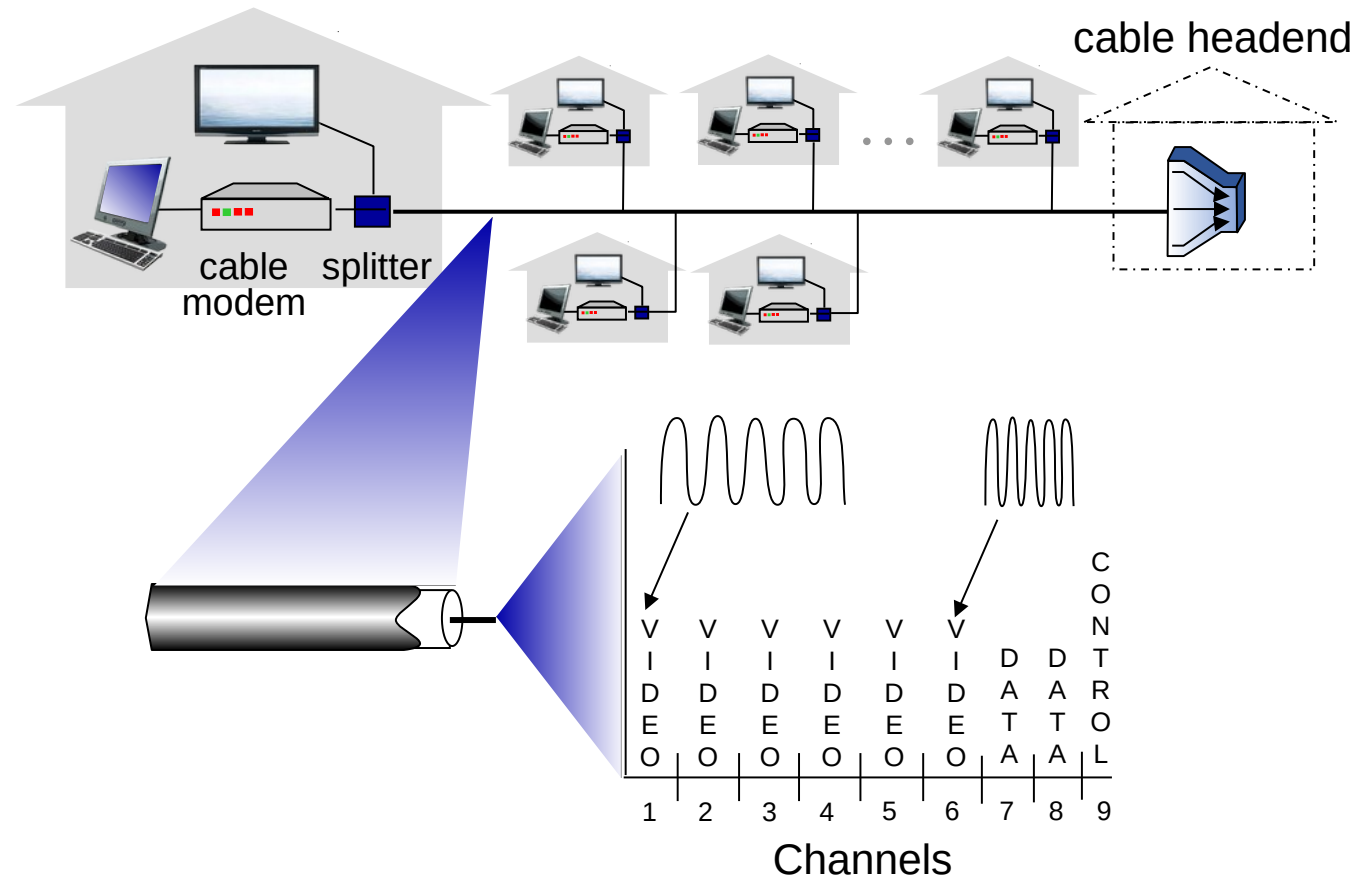
Usa as linhas de telefonia convencional pré-existentes entre as dependências do usuário e a central DSLAM

- **Dados** sobre a linha DSL vai para Internet
- **Voz convencional** sobre a linha DSL vai para a rede de telefonia

Razões de transmissão:

- Upstream < 2.5 Mbps (geralmente < 1 Mbps)
- Downstream < 24 Mbps downstream (tipicamente < 10 Mbps)

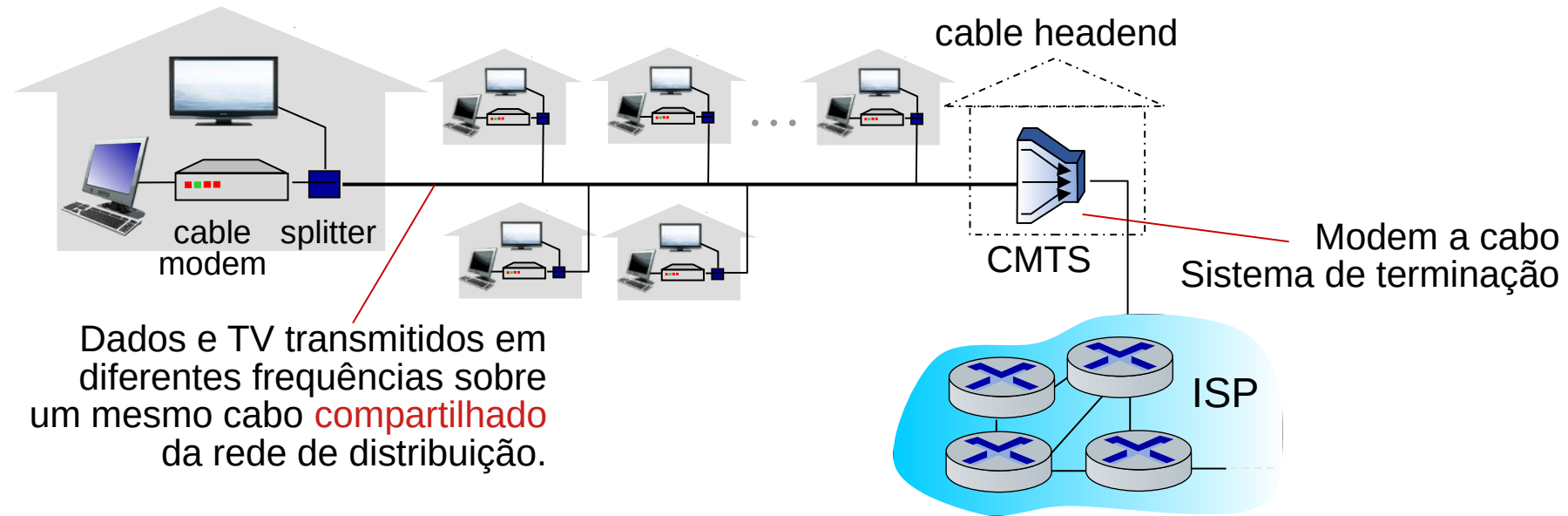
# Redes de acesso e meios de conexão



Multiplexação por divisão de frequência (FDM – *Frequency Division Multiplexing*)

Diferentes canais transmitidos em diferentes bandas de frequência

# Redes de acesso: acesso baseado em cabos

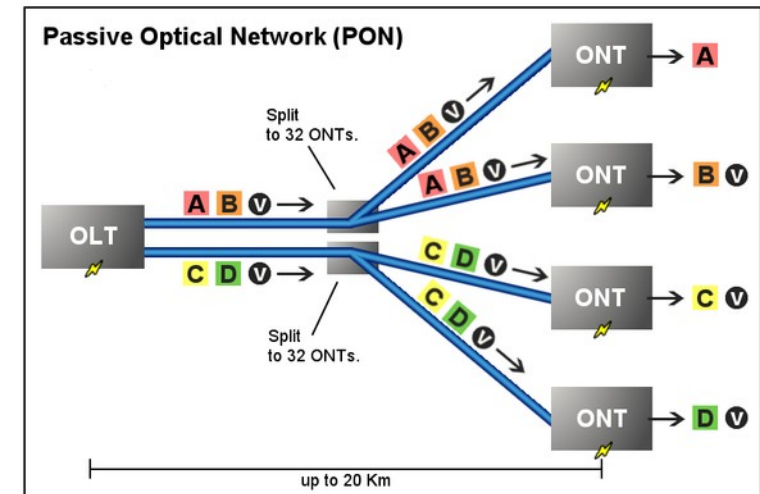
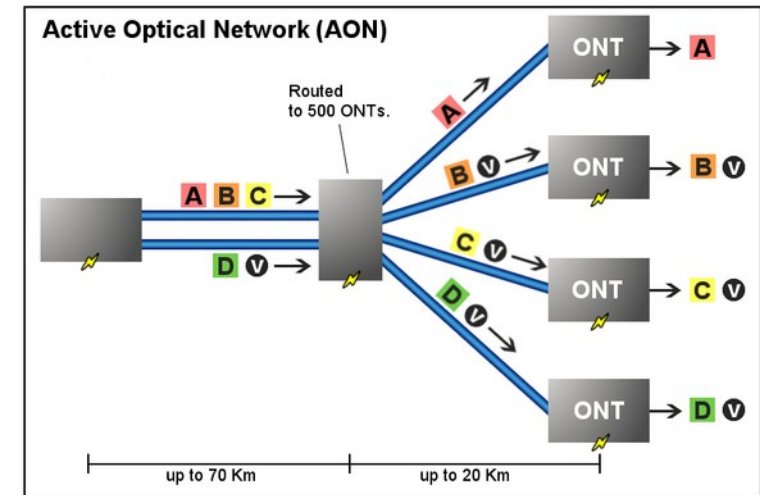
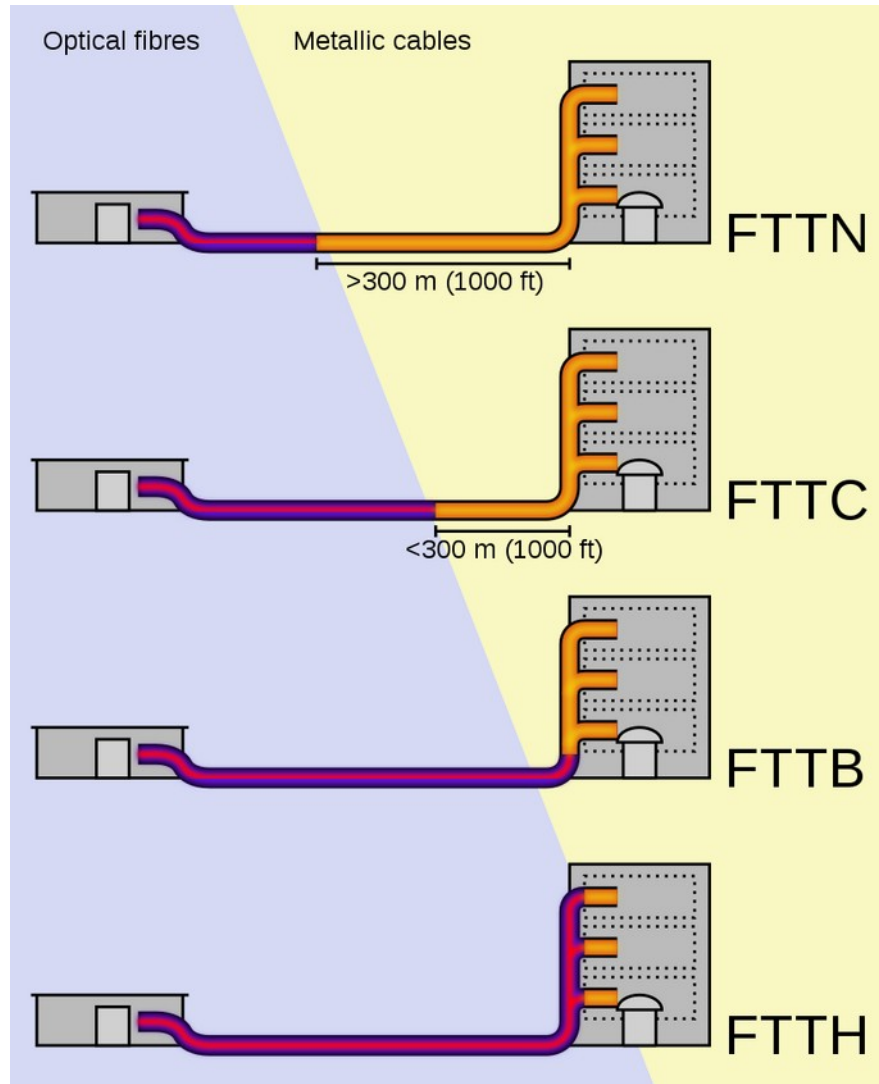


## ■ HFC (*Hybrid Fiber Coax*)

- Assimétrico: 40 Mbps – 1,2 Gbps (razão de transmissão *downstream*) 30-100 Mbps (razão de transmissão *upstream*)
- Rede de cabos, fibra conecta casas/escritórios ao roteador ISP
- Compartilhamento da rede de acesso (*cable headend*)

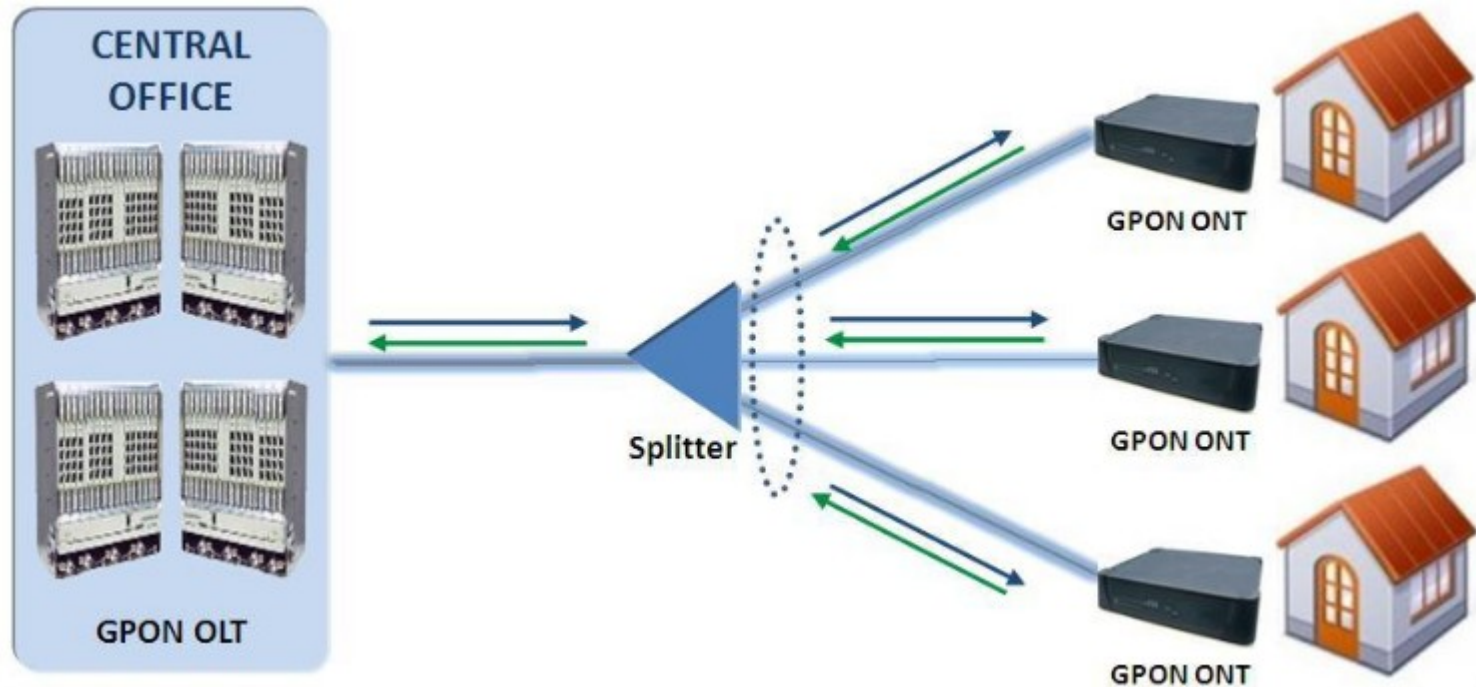
# Redes de acesso: acesso baseado em cabos (fibra)

**FFTX** (*Fiber to the x*) e **GPON** (*Gigabit Passive Optical Network*)



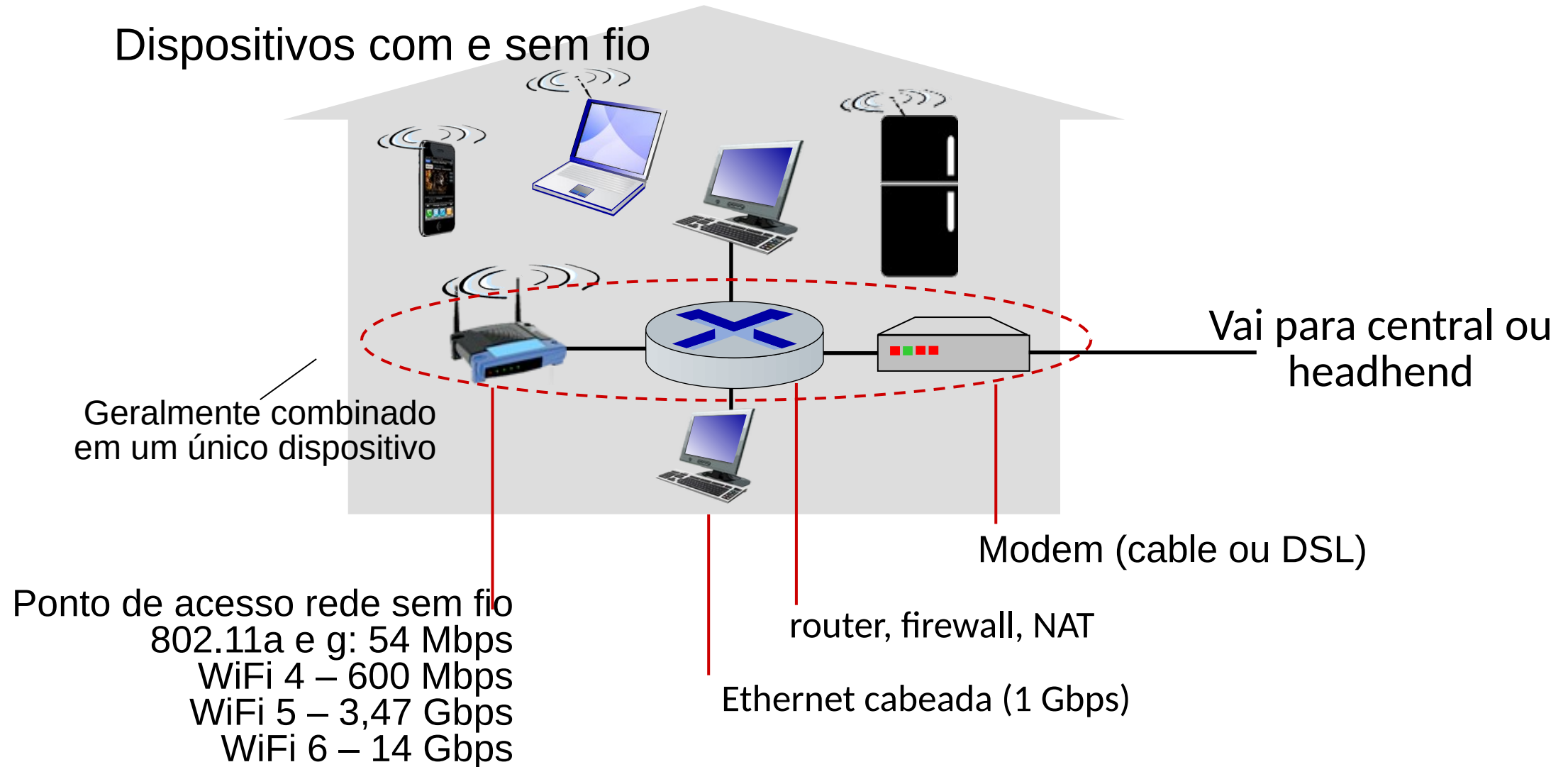
Key: **A** - Data or voice for a single customer. **V** - Video for multiple customers.

# Redes de acesso: acesso baseado em cabos (fibra)



- Backbone: Terminal de Linha Óptica (*Optical Line Terminal* – OLT)
- Cliente: Terminais de Rede Óptica (*Optical Network Terminal* – ONT)
- Cliente - CPE (*Customer-Premises Equipment*)

# Redes de acesso: rede doméstica

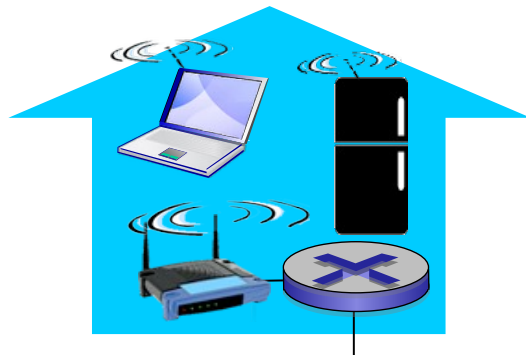


# Redes de acesso de acesso sem fio

Redes de acesso sem fio **compartilhado** entre os sistemas finais até o roteador (através de uma estação conhecida como “**access point**”)

## LANs sem fio

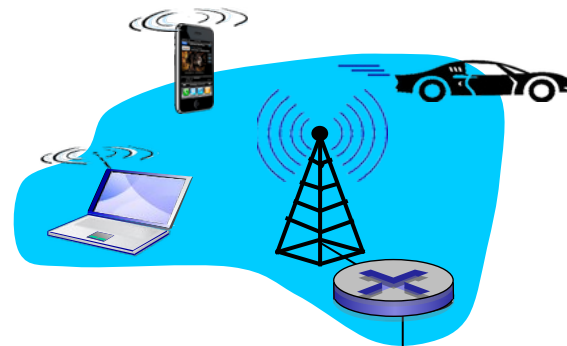
- Dentro edificações (70m 802.11n)
- 802.11b/g/n/ac/ad (WiFi): 11, 54, 450 Mbps



*para Internet*

## Redes celulares de acesso (*wide-area*)

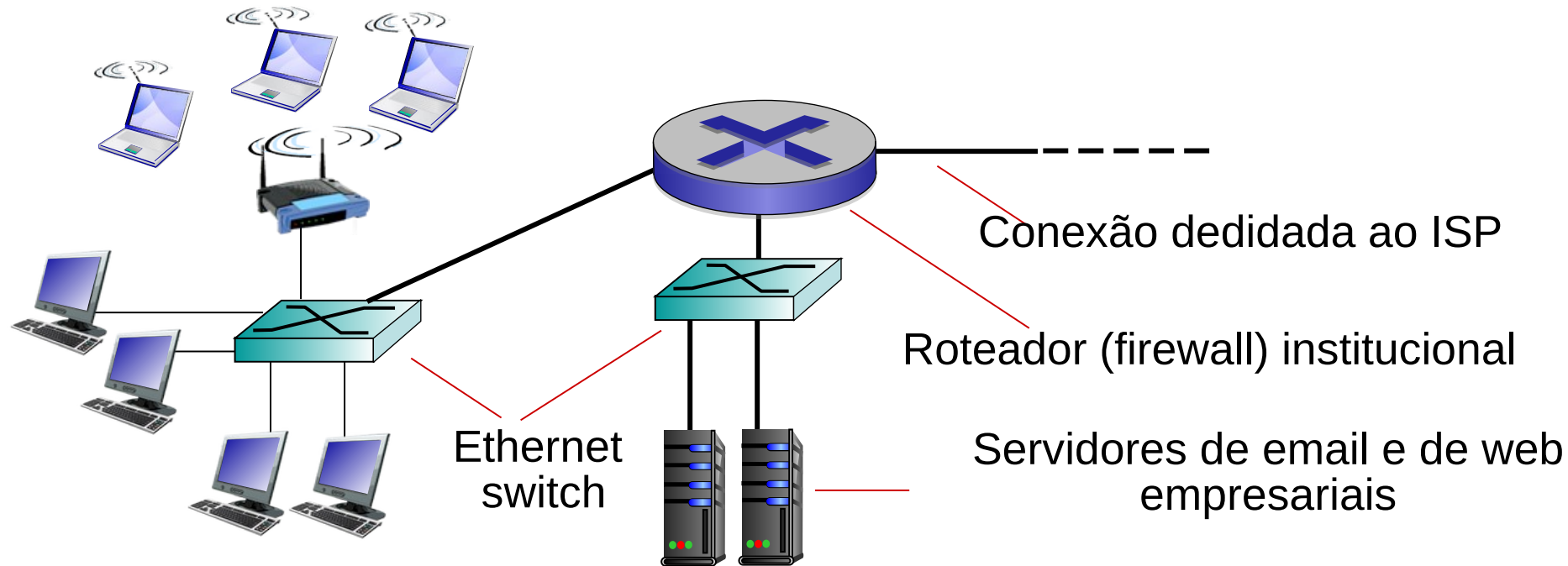
- Provido pelas operadoras telco (celular), 10 km
- 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE, 5G



*para Internet*



# Redes empresariais (Ethernet)



- Tipicamente usado em companhias, universidades, órgãos, etc.
- Meios físicos cabeados e sem fio, usando roteadores e switches:
- Ethernet: 100Mbps, **1Gbps**, **10Gbps**
- WiFi: pontos de acesso para mobilidade: 11, 54, 450 Mbps

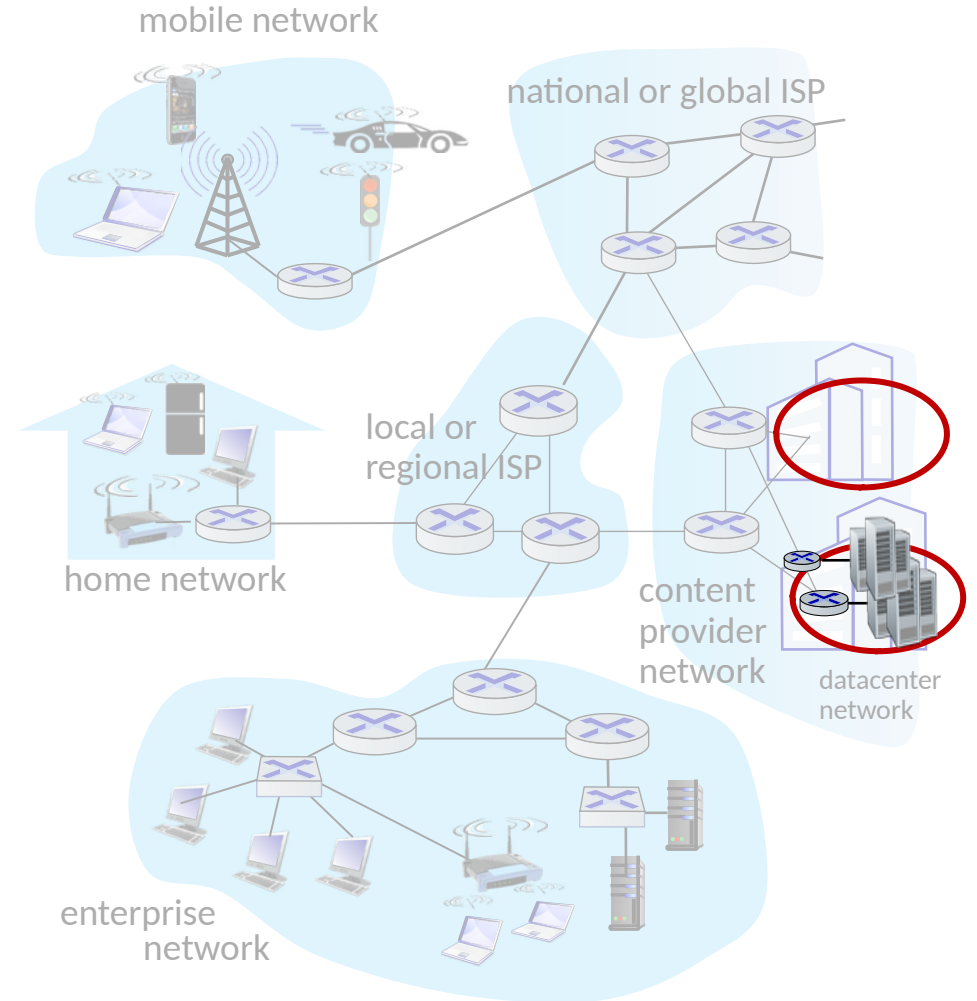
# Redes de acesso: redes de centros de dados

Enlaces de alta largura de banda (10 a 100 Gbps) que conectam os servidores e o centro à Internet.



Courtesy: Massachusetts Green High Performance Computing Center (mghpcc.org)

<https://www.google.com/about/datacenters/>

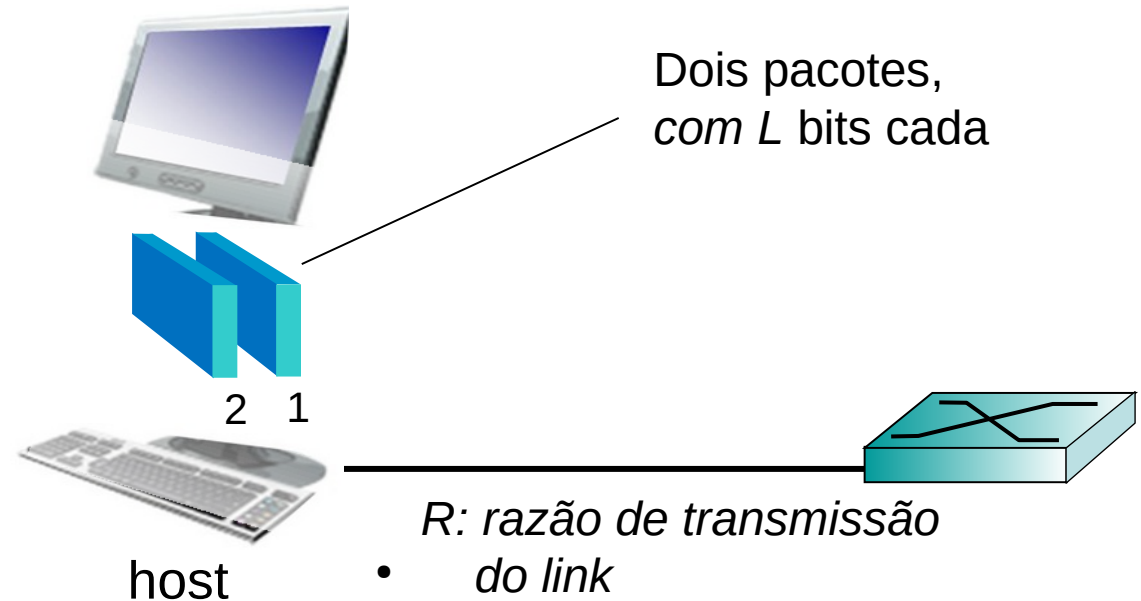


**Engenharia de Confiabilidade do Google:** Como o Google administra seus sistemas de produção – SRE (*Site Reliability Engineering*) (BEYER et al, 2016)

# Host: envio de pacotes de dados para a rede

Função de envio de dados pelo host

- Recebe a mensagem da aplicação
- Quebra em “pedaços” menores (*chunks*) conhecidos como *pacotes*, de tamanho  $L$  bits
- Transmite pacotes para dentro da rede com uma *taxa de transmissão  $R$* 
  - O enlace transmite à razão conhecida como *capacidade do link, ou largura de banda (bandwidth)*



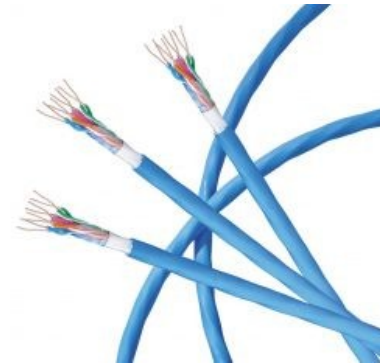
$$\begin{array}{ccccc} \text{Delay} & & \text{Tempo necessário para} & & L \text{ (bits)} \\ \text{transmissão} & = & \text{transmitir pacotes} & = & \\ \text{pacote} & & \text{de tamanho } L\text{-bit} & & \\ & & \text{para dentro do enlace} & & R \text{ (bits/s)} \end{array}$$

# Enlaces físicos (mídia de conexão)

- **bit:** propaga-se entre pares de transmissores e receptores
- **Enlace físico:** é o meio interliga o transmissor e receptor
- **Meio guiado:**
  - Sinais são propagados em meios sólidos: cobre, fibra, coaxial
- **Meios não guiados:**
  - Sinais propagam livremente: ondas de rádio

## *Par trançado (TP): UTP, S/FTP*

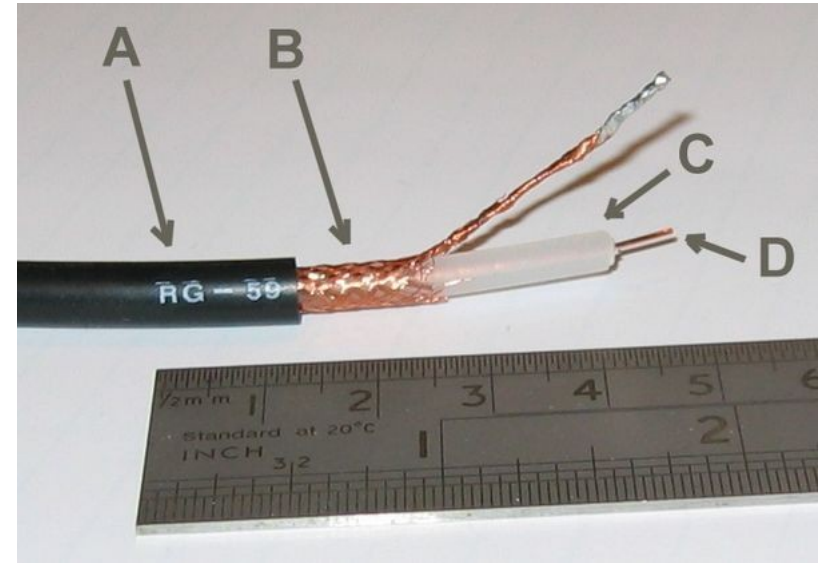
- Dois fios de cobre isolados (trançados): quatro pares
  - **Cat 5e: 10/100/1000BASE-T, 1 Gbps Ethernet**
  - **Cat 6 e 6a: 10GBASE-T: Ethernet 10Gbps**
  - **Cat 7: 10Gbps (8P8C) 7a (TERA ou GG45)**
  - **Cat 8: em estudos**



## Meios físicos: cabo coaxial

### *Cabo coaxial:*

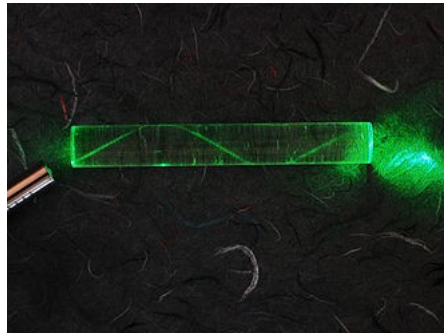
- Dois condutores concêntricos
- Bidirecional
- *Broadband* (banda larga):
  - Vários canais (múltiplas frequências) no cabo
  - HFC (*Hybrid fiber-coaxial*)
  - Televisão a cabo



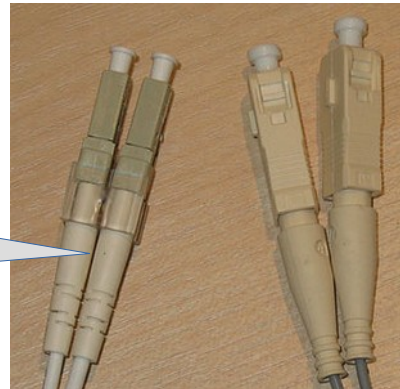
# Meios físicos: fibra óptica

## *Cabo de fibra óptica:*

- Fibra de vidro ou plástico carregando pulsos de luz (cada pulso um bit)
- Reflexão interna devido refração (diferentes materiais)
- Alta velocidade de operação:
  - Transmissão ponto-a-ponto de alta velocidade (10-100 Gbps)
- Baixa taxa de erro devido à imunidade às interferências eletromagnéticas. Consequências: uso de cabeamento óptico para grandes distâncias e uso de repetidores largamente espaçados.



Conectores.  
Dois cabos que  
Permitem comunicação  
Full-duplex.





# Enlaces físicos

## Sem fio via rádio

- Sinal transportado pelo espectro eletromagnético
- Não há fios
- Bidirecional
- Broadcast, “half-duplex”
- Efeitos da propagação no ambiente:
  - Reflexão
  - Obstrução
  - Interferência

## *Tipos de enlaces de rádio*

- Microondas terrestres
  - Enlaces ponto-a-ponto; suportam canais até 45 Mbps
- LAN (WiFi)
  - 54 Mbps, 150 Mbps (802.11n), 866,7 Mbps (802.11ac) – banda **ISM**
- Redes *wide-area* (celular)
  - 4G cellular: ~ 10 Mbps, 100 Mbps a 1Gbps
- Satélite
  - Canais: Kbps até 45Mbps
  - Delay fim a fim: 270 ms
  - Órbitas geossíncronas versus baixa altitude
- Bluetooth
  - Substituição de cabos para curtas distâncias