

Introdução as Redes de Computadores

Transparências baseadas nos livros:

“Redes de Computadores e a Internet: Uma abordagem top-down”

James Kurose e Keith Ross

“Redes de Computadores”

A. Tanenbaum

Parte I: Introdução

Objetivo do capítulo:

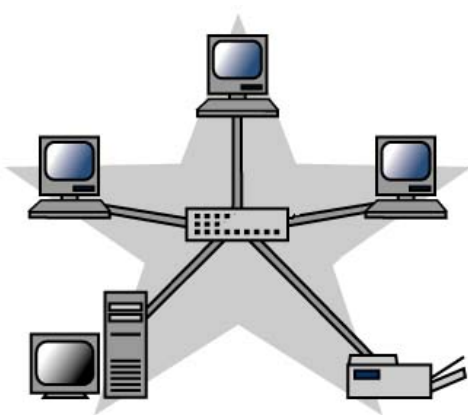
- entender o contexto, visão geral, “sacar” o que são redes
- maior profundidade, *posteriormente* no curso
- abordagem:
 - descritiva
 - uso da Internet como exemplo

Resumo:

- Conceitos
- o que é a Internet
- o que é um protocolo?
- a borda (periferia) da rede
- o núcleo da rede
- redes de acesso
- desempenho: atraso e perda
- camadas de protocolos, modelos de serviço
- história

Conceitos

- Nas empresas modernas temos uma grande quantidade de computadores operando em diferentes setores.
- Vantagens da interconexão dos computadores:
 - possível compartilhar recursos;
 - possível trocar dados entre máquinas de forma simples e confortável para o operador.



Segundo Andrew S. Tanenbaum (2003), uma rede de computadores é: “Conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia”.

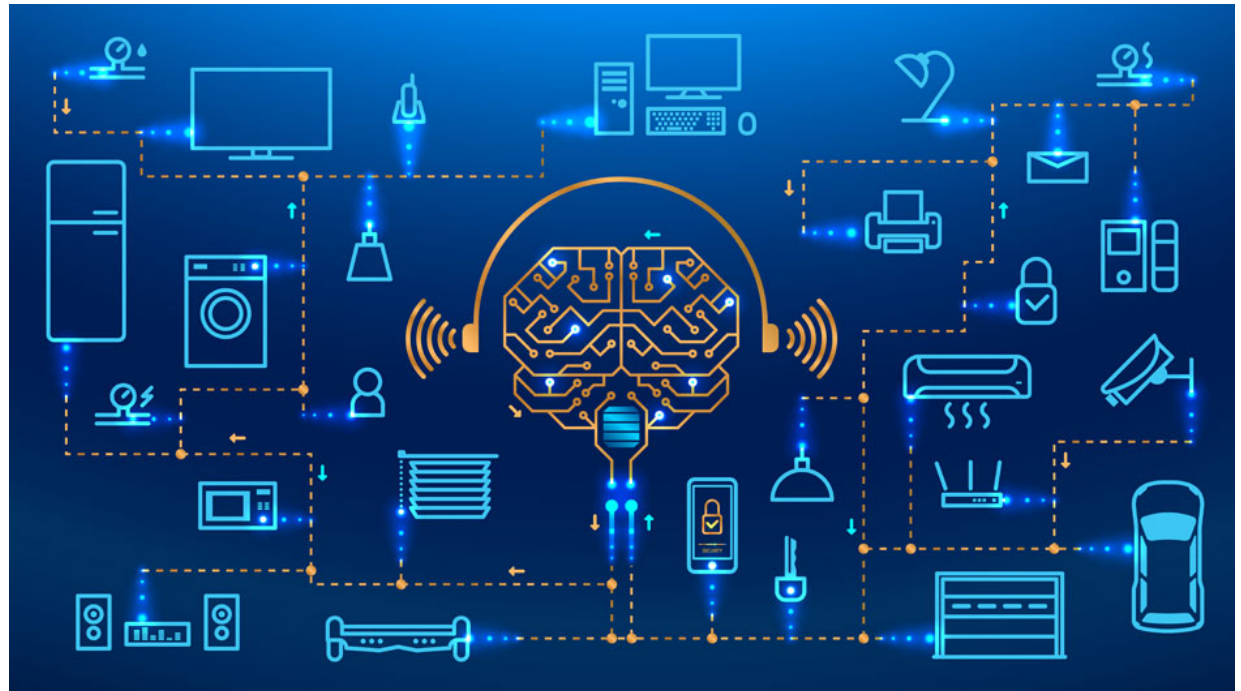
Conceitos

- O que mudou no decorrer dos anos?

Redes de Computadores



Redes de Comunicação



Fonte: <https://mundohacker.net.br/governo-japones-vai-hackear-dispositivos-iot-de-seus-cidadaos-para-torna-los-seguos/>

Conceitos

- O que é a Internet?
- O que é WWW?



Classificação das Redes

Escala ou Distribuição Geográfica:

LAN (Local Area Network) ou Rede Local: interconexão de computadores localizados em uma mesma sala ou em um mesmo prédio. Extensão típica: até aprox. 200 m.

MAN (Metropolitan Area Network): interconexão de computadores em locais diferentes da mesma cidade. Pode usar rede telefônica pública ou linha dedicada. Extensão típica: até aprox. 50 Km.

WAN (Wide Area Network): interconexão de computadores localizados em diferentes prédios em cidades distantes em qualquer ponto do mundo. Usa rede telefônica, antenas parabólicas, satélites, etc. Extensão > 50 Km.

outros...

PAN (Personal Area Network)

BAN (Body Area Network)

...

Classificação das Redes

Tecnologias de Transmissão: Redes por difusão



Apenas **um canal de comunicação**, compartilhado por todas as máquinas da rede.

- Mensagens curtas (pacotes), enviadas por qualquer máquina, são recebidas por todas as outras.
- Um campo de endereço dentro do pacote especifica o destinatário pretendido.

Conceito:

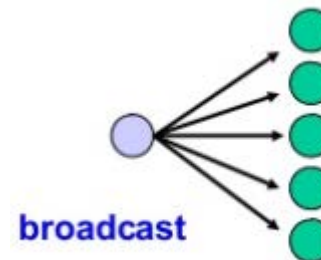
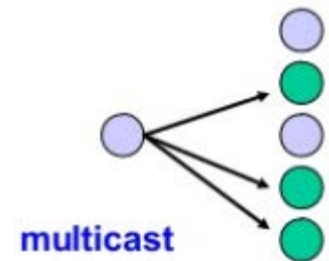
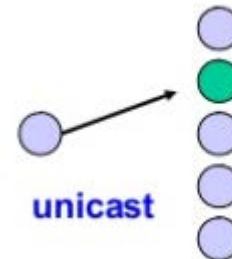
- Unicast
- Multicast
- Broadcast

Classificação das Redes

Tecnologias de Transmissão: Redes por difusão

Conceito:

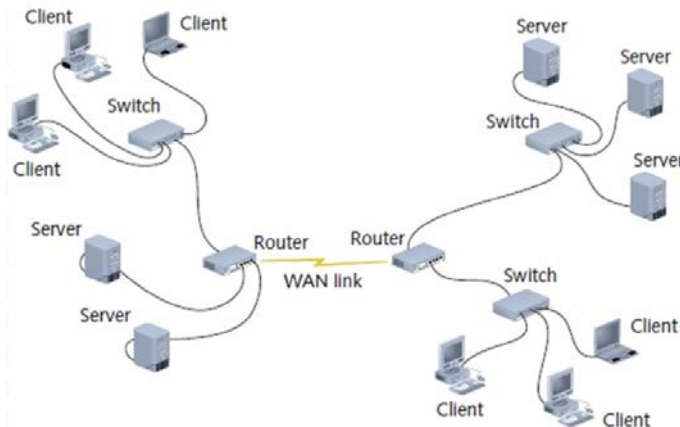
- Unicast
- Multicast
- Broadcast



Classificação das Redes

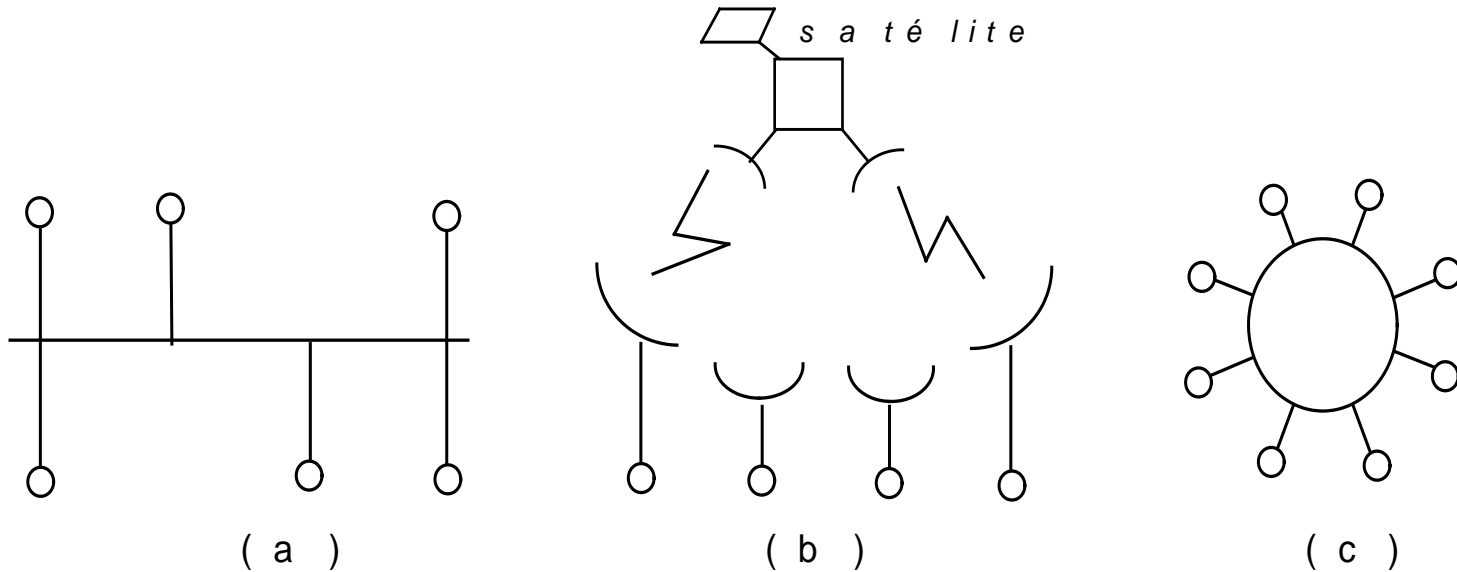
Tecnologias de Transmissão: Redes ponto a ponto

Rede composta de diversas linhas de comunicação associadas entre pares de estações.



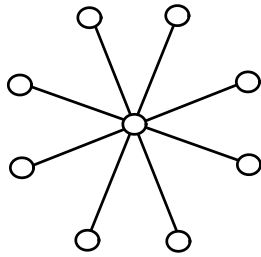
- comunicação entre estações não adjacentes feita por estações intermediárias;
- política conhecida como “comutação de pacotes”;
- topologia usada na maioria de redes WAN, MAN e algumas LAN.

Topologias de Redes por Difusão

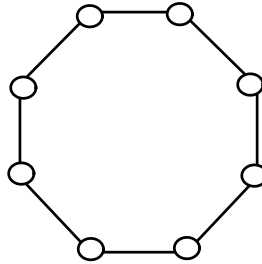


(a) barramento; (b) satélite; (c) anel.

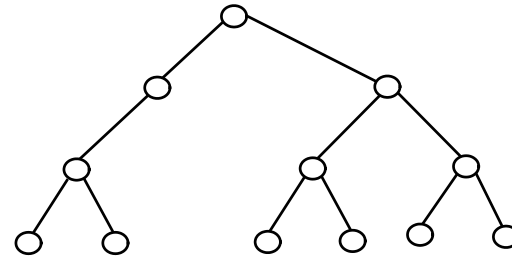
Topologias de Redes Ponto-a-ponto



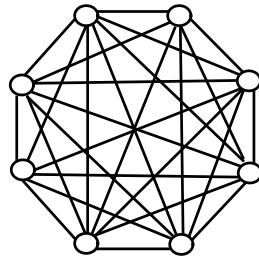
(a)



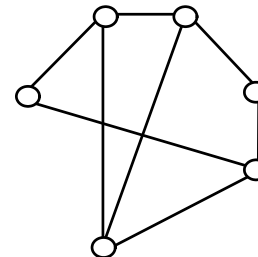
(b)



(c)



(d)



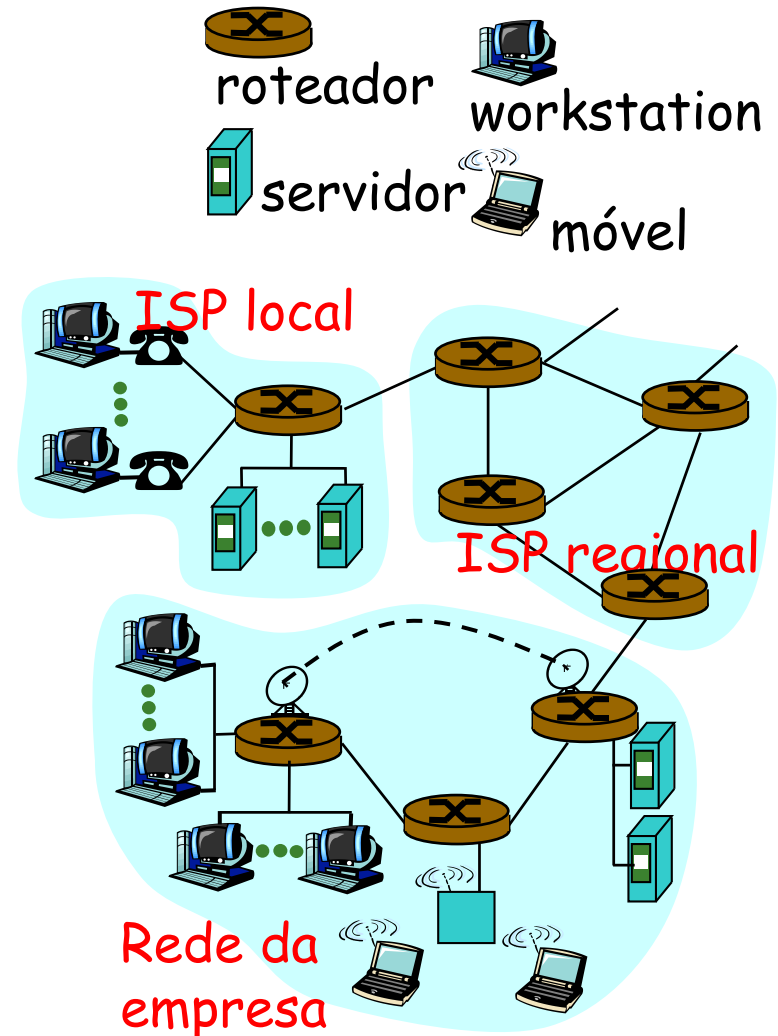
(e)

(a) estrela; (b) anel; (c) árvore; (d) malha regular; (e) malha irregular.

O que é a Internet

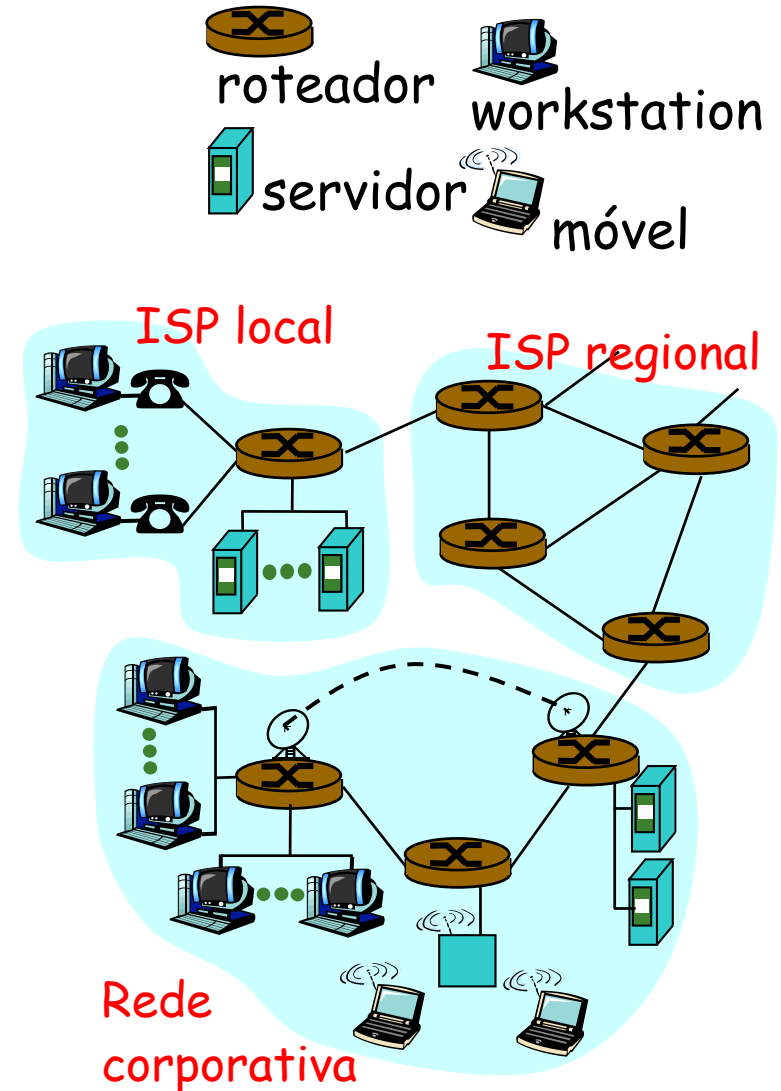
O que é a Internet: visão dos componentes

- milhões de dispositivos de computação conectados: *hosts = sistemas finais*
- rodando *aplicações de rede*
- *enlaces (canais) de comunicação – meios físicos*
 - fibra ótica, fio de cobre, ondas de rádio e satélite, cabo coaxial
 - Taxa de transmissão (Mbps) = largura de banda (*bandwidth*)
- *roteadores*: encaminham pacotes (pedaços) de dados através da rede



O que é a Internet: visão dos componentes

- **protocolos:** controla o envio e recepção de mensagens
 - ex., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- **Internet: “rede de redes”**
 - livremente hierárquica
 - Internet pública intranet privada (intranet - *versus* redes corporativas, governamentais)
- Padrões da Internet
 - Desenvolvidos pela IETF: Internet Engineering Task Force
 - Documentos são denominados RFC: Request for comments



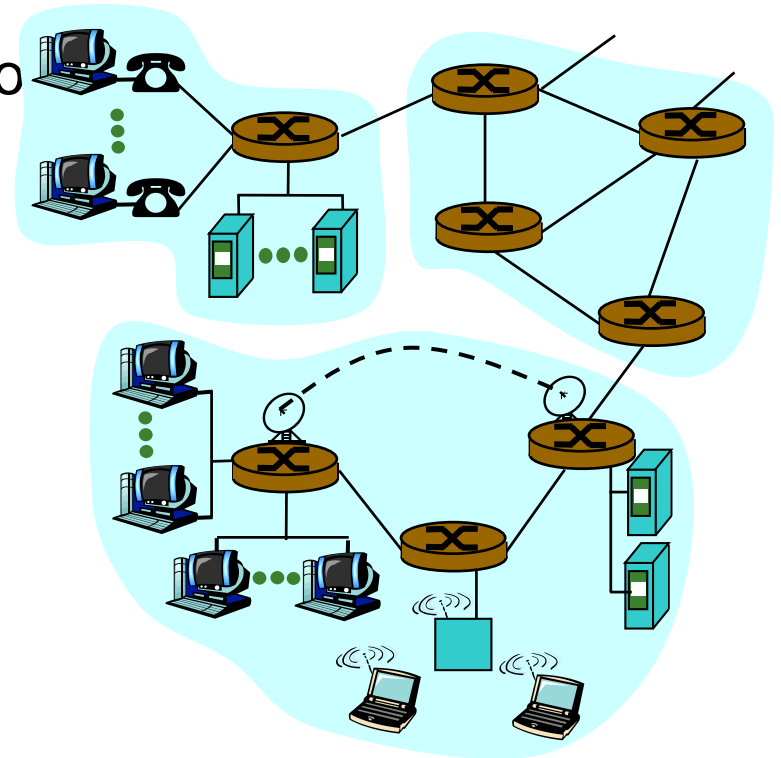
O que é a Internet: visão dos serviços

- **infra-estrutura de comunicação**
que permite o uso de aplicações distribuídas:

- ❑ WWW, email, jogos, comércio eletrônico, compartilhamento de arquivos, correio eletrônico

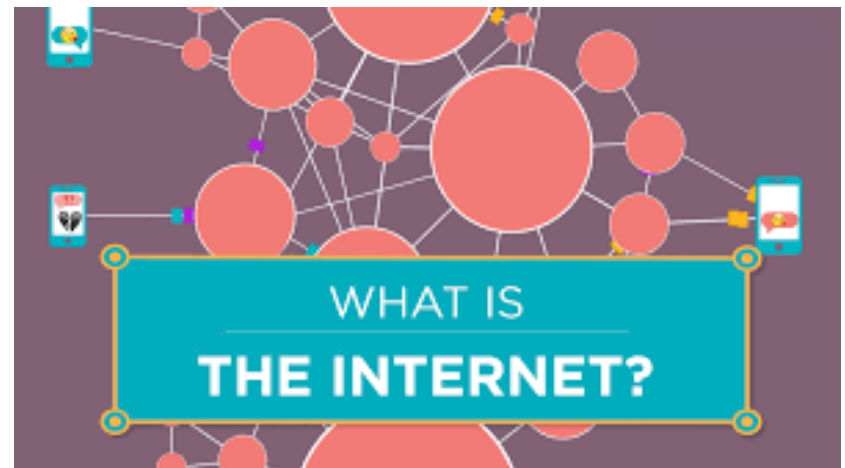
- **serviços de comunicação disponibilizados:**

- ❑ não confiável sem conexões (nenhuma garantia quanto à entrega final dos dados)
- ❑ Confiável orientado à conexões



O que é a Internet?

É uma rede por difusão ou ponto a ponto?



O que é um protocolo?

protocolos humanos:

- “que horas são?”
- “tenho uma dúvida”
- Apresentações “oi”

... msgs específicas são enviadas

... ações específicas são realizadas quando as msgs são recebidas, ou acontecem outros eventos

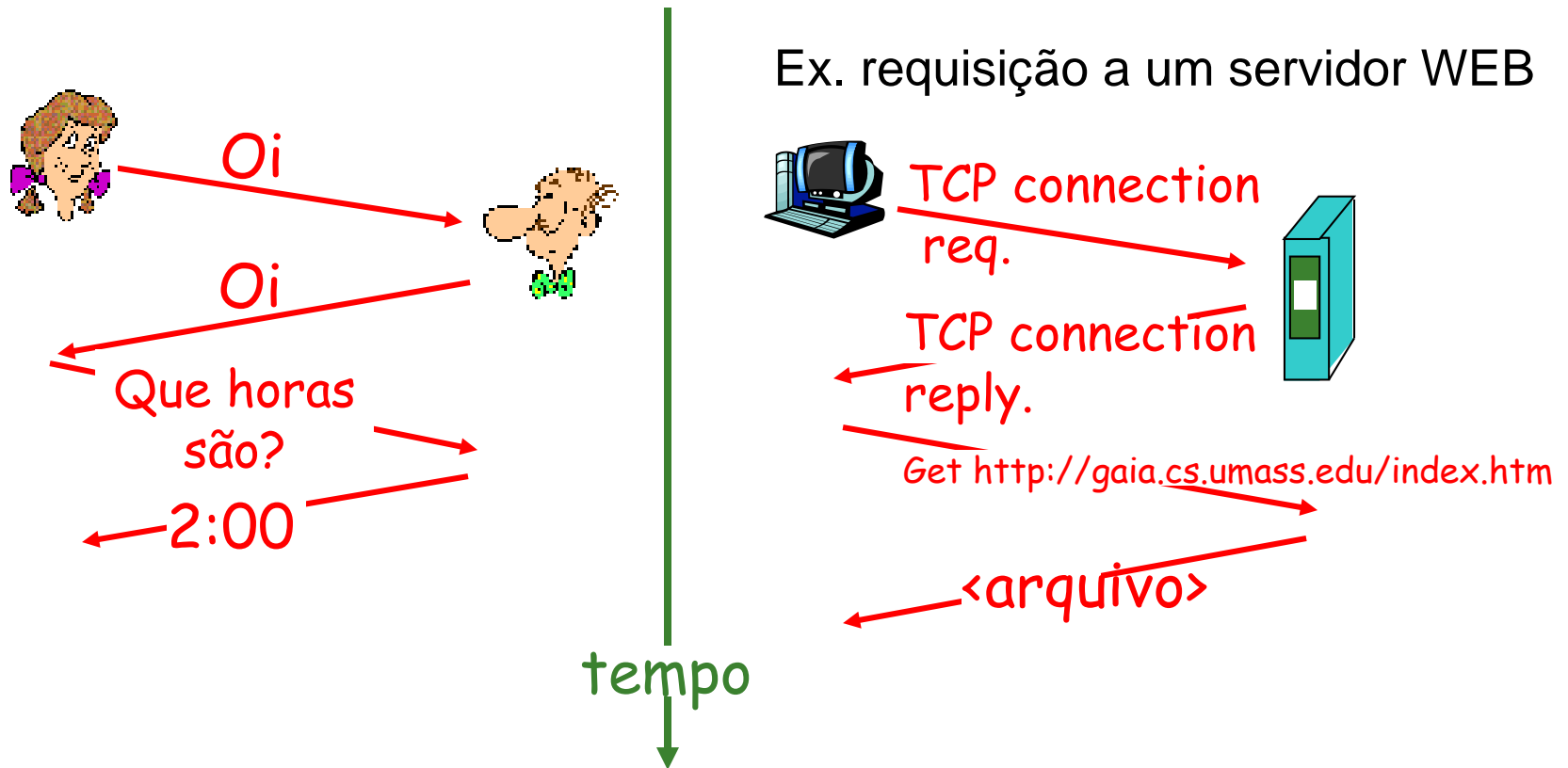
Protocolos de rede:

- máquinas ao invés de pessoas
- todas as atividades de comunicação na Internet são governadas por protocolos

protocolos definem o formato, ordem das msgs enviadas e recebidas pelas entidades da rede, e ações tomadas quando da transmissão ou recepção de msgs

O que é um protocolo?

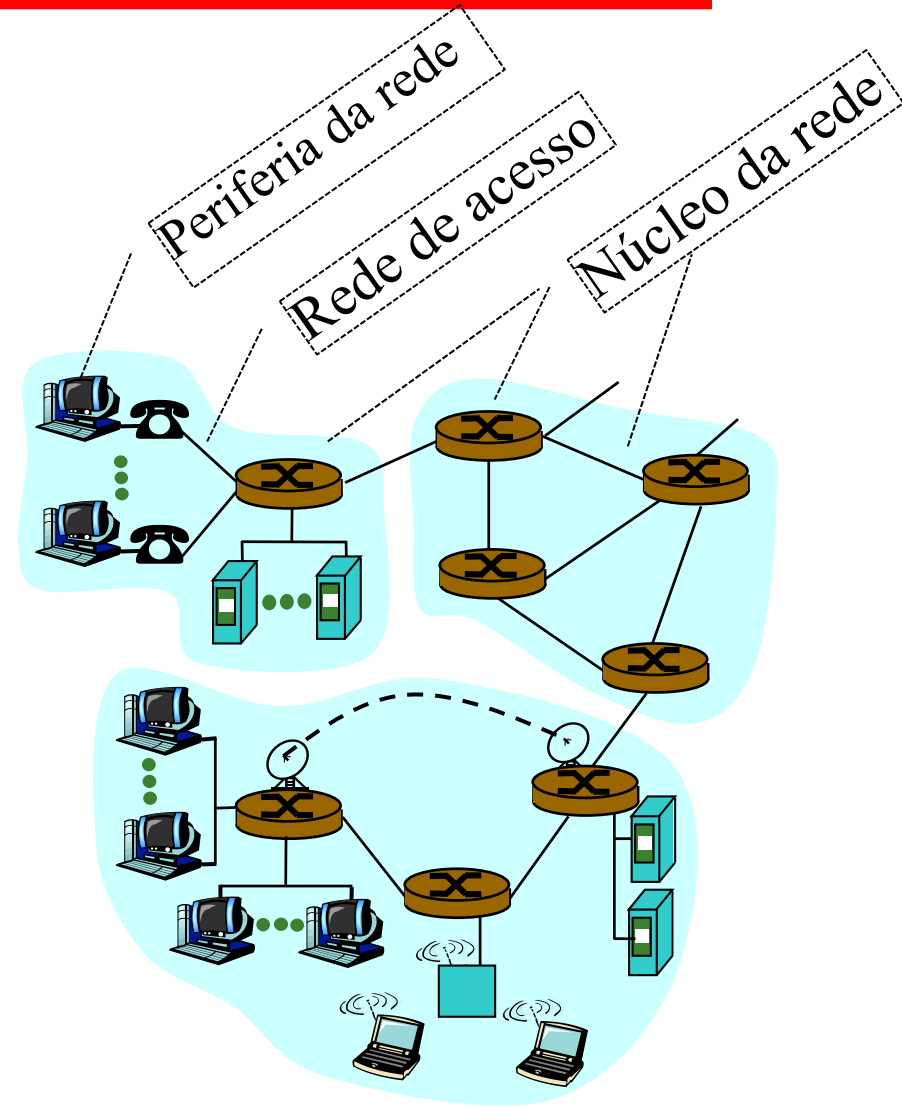
um protocolo humano e um protocolo de rede:



protocolo de rede implementado em hardware (placas de rede) ou software (computador, roteador)

Estrutura da rede:

- **Periferia da rede:** aplicações e sistemas finais ou hospedeiros (*hosts*) – PCs, servidores, PDAs, celulares, Smartphone
- **núcleo da rede:**
 - ❑ Malha de roteadores
 - ❑ rede de redes
- **redes de acesso, meio físico:** enlaces de comunicação



PDA – Personal Digital Assistant (agenda digital)

A periferia da rede:

■ Sistemas finais (hosts):

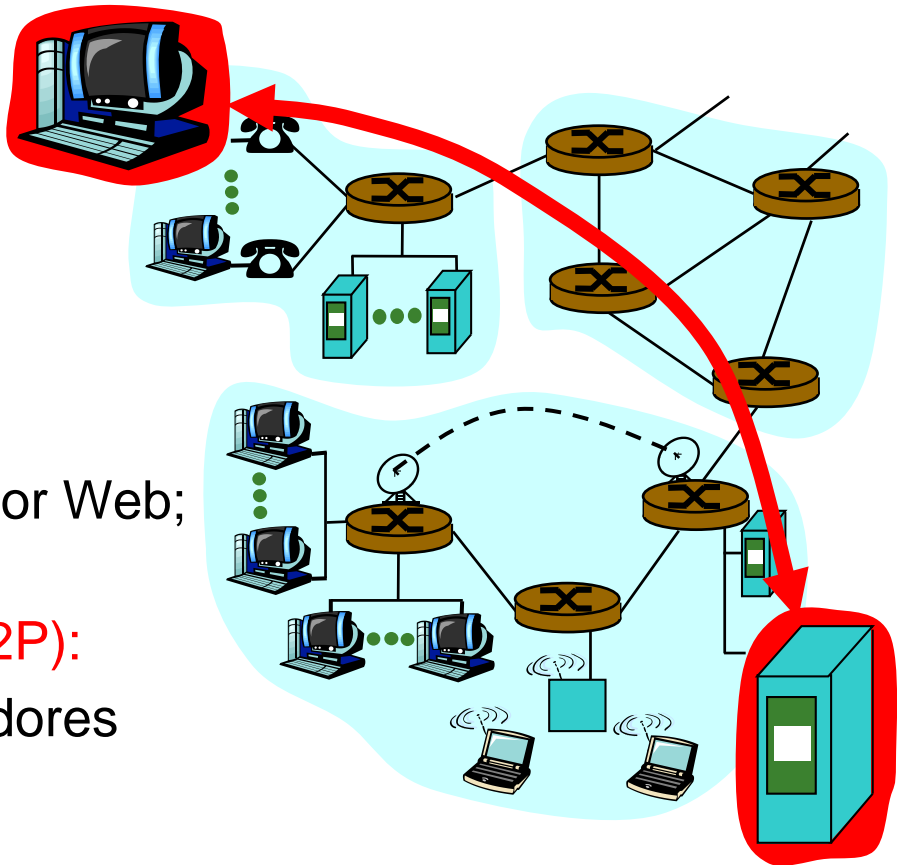
- ❑ rodam programas de aplicação
- ❑ ex., WWW, email
- ❑ na “borda da rede”

■ modelo cliente/servidor

- ❑ o host cliente faz os pedidos, são atendidos pelos servidores
- ❑ Ex. cliente WWW (browser)/servidor Web; cliente/servidor de email

■ modelo entre pares - peer to peer (P2P):

- ❑ uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
- ❑ Usuário é cliente e servidor
- ❑ ex.: Skype, BitTorrent, etc



Periferia da rede: serviço orientado à conexões

Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais.

- *handshaking*: inicialização prepara para a transf. de dados
 - Alô, alô protocolo humano
 - *inicializa o “estado”* em dois hosts que desejam se comunicar
- TCP - Transmission Control Protocol
 - serviço orientado à conexão da Internet

serviço TCP [RFC 793]

- transferência de dados através de um fluxo de bytes *ordenados e confiável*
 - perda: reconhecimentos e retransmissões
- *controle de fluxo* :
 - transmissor não inundará o receptor
- *controle de congestionamento* :
 - transmissor “diminui a taxa de transmissão” quando a rede está congestionada.

Periferia da rede: serviço sem conexão

Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais

- mesmo que antes!
- **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]:
 - serviço sem conexão
 - transferência de dados não confiável
 - não controla o fluxo
 - nem congestionamento

Aplicações que usam TCP:

- HTTP (WWW), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (email)

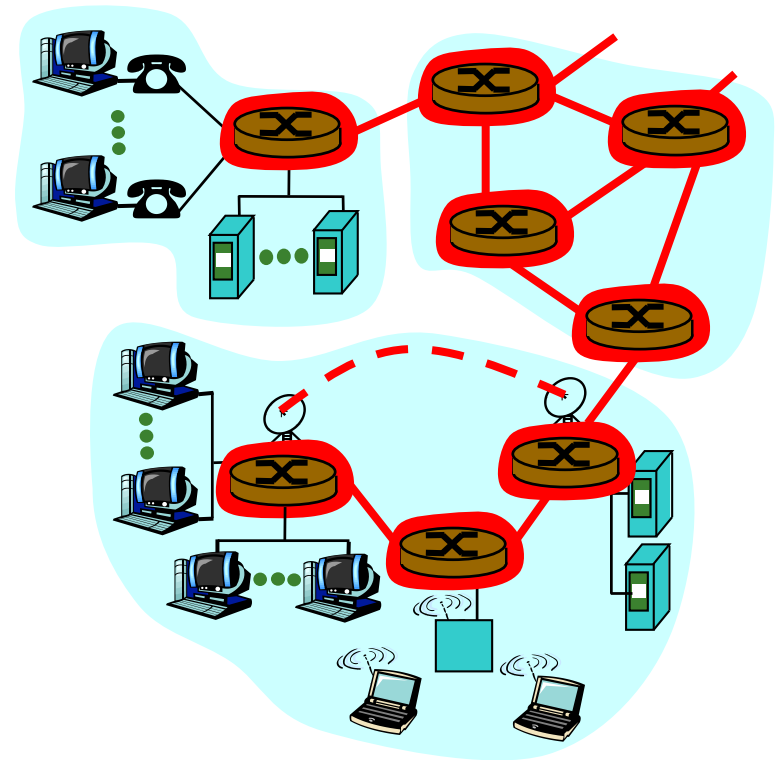
Aplicações que usam UDP:

- streaming media (transmissão de áudio e vídeo na Internet), teleconferência, telefonia via Internet (VoIP, Skype)

FTP – File Transfer Protocol; SMTP-Simple Mail Transfer Protocol
HTTP - Hypertext Transfer Protocol

O Núcleo da Rede

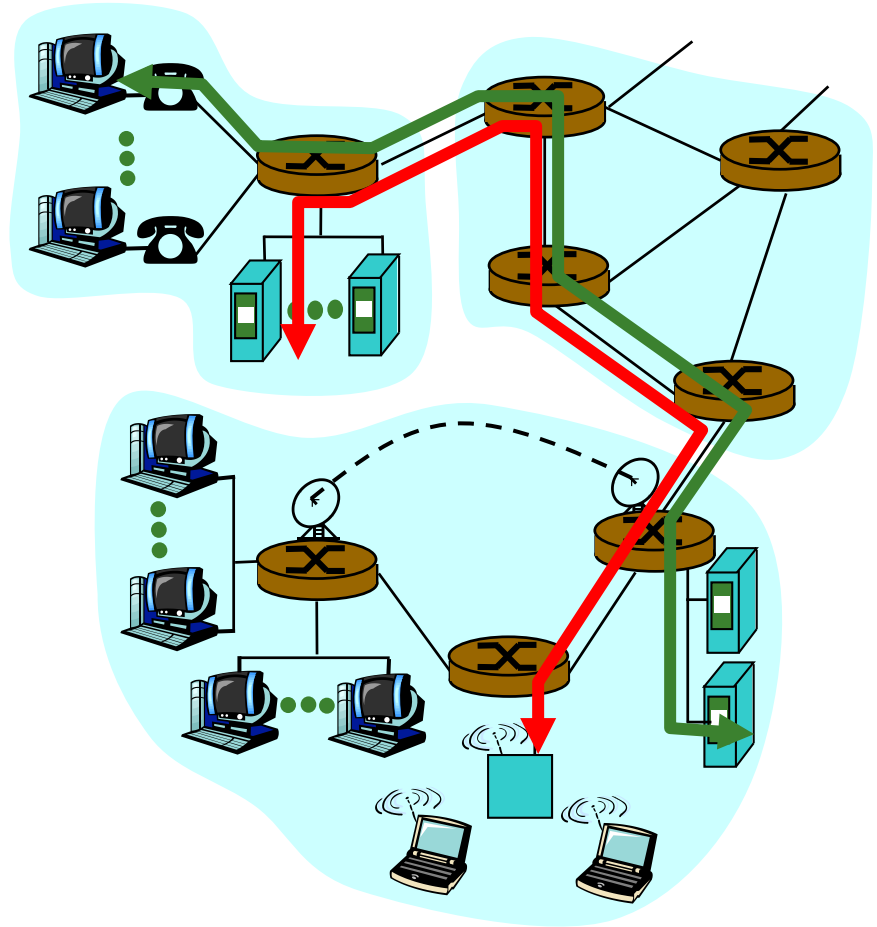
- Malha de roteadores interconectados
- Questão fundamental: como os dados são transferidos através da rede?
 - ❑ **comutação de circuitos**: circuito dedicado em cada chamada: rede telefônica
 - ❑ **comutação de pacotes**: os dados são enviados através da rede em pedaços discretos.



Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

Recursos fim a fim são reservados para a chamada.

- Banda do enlace, capacidade dos comutadores
- recursos dedicados: sem compartilhamento
- desempenho tipo circuito (garantido)
- necessita estabelecimento de conexão

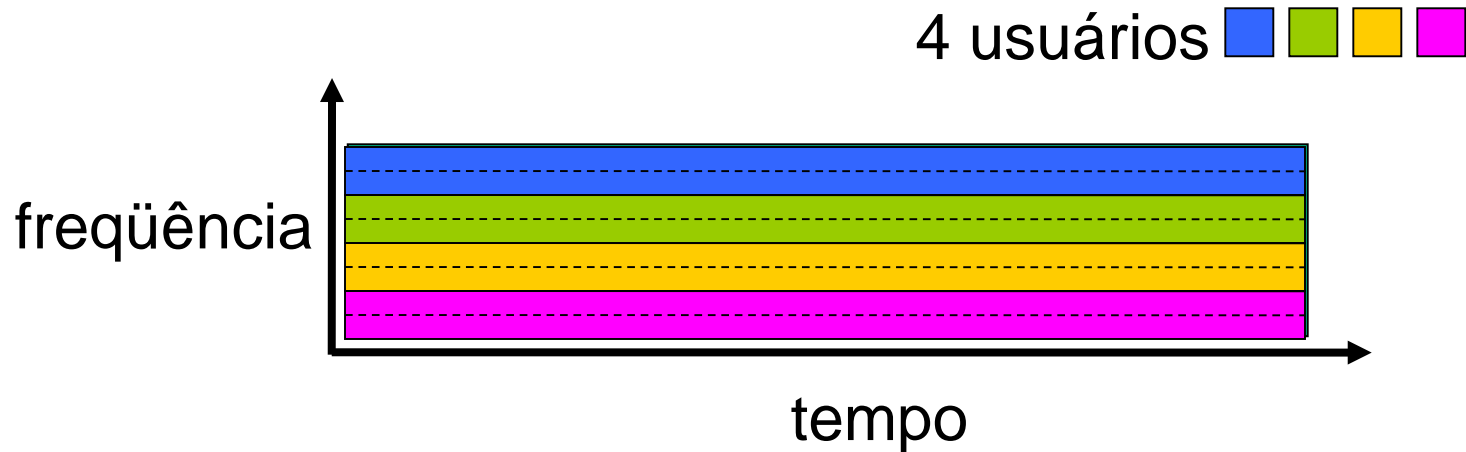


Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

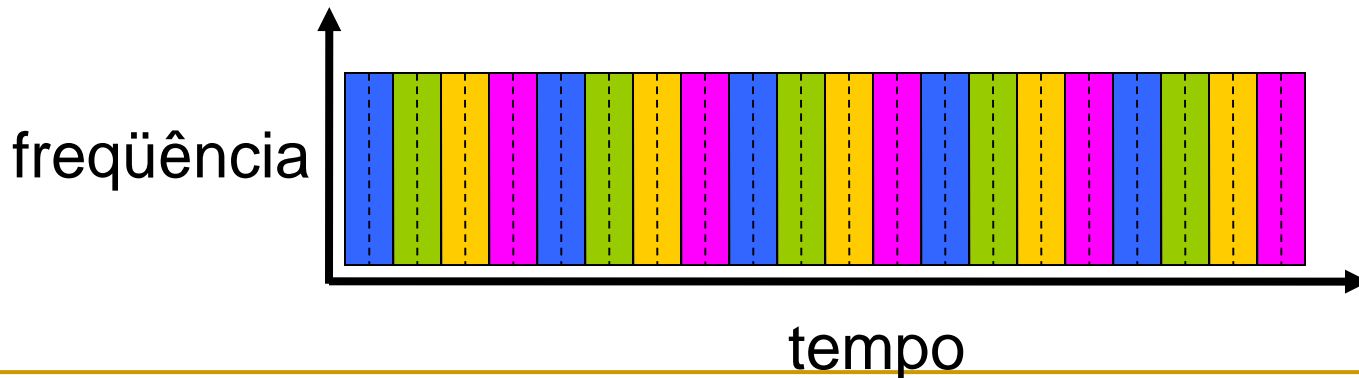
- recursos da rede (ex., banda) são **divididos em “pedaços”**
- pedaços alocados às chamadas
- o pedaço do recurso fica **ocioso** se não for usado pelo seu dono (não há compartilhamento)
- como é feita a divisão da banda de um canal em “pedaços” (multiplexação)
 - FDM – Frequency Division Multiplexing -divisão de frequência
 - TDM – Time Division Multiplexing - divisão de tempo

Comutação de circuitos (cont.)

FDMA (*Frequency Division Multiplexing Access*)



TDMA (*Time Division Multiplexing Access*)



Exemplo numérico

- Quanto tempo leva para enviar um arquivo de 640.000 bits de um host A para um host B através de uma rede de comutação de circuitos?
 - Todos os enlaces são de 2,048 Mbps=taxa de transmissão total de cada enlace
 - Cada enlace usa TDM com 32 compartimentos
 - 500 mseg para estabelecer um circuito fim-a-fim

Calcule! – tx de cada circuito ou usuário?

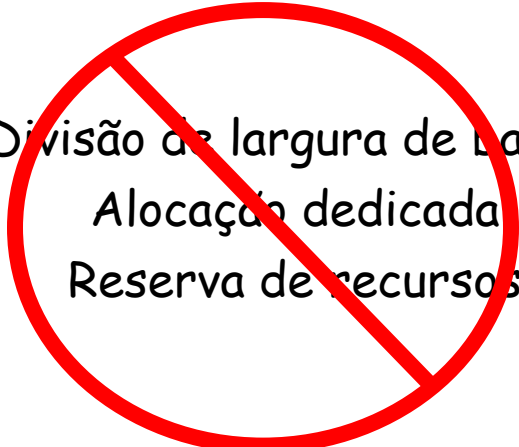
-tempo para transmitir arquivo?

-tempo total de envio?

Comutação de pacotes

cada fluxo de dados fim-a-fim
dividido em *pacotes*

- pacotes de usuários A, B
compartilham recursos de redes
- cada pacote usa toda largura de
banda do link
- recursos usados quando
necessário (sob demanda)



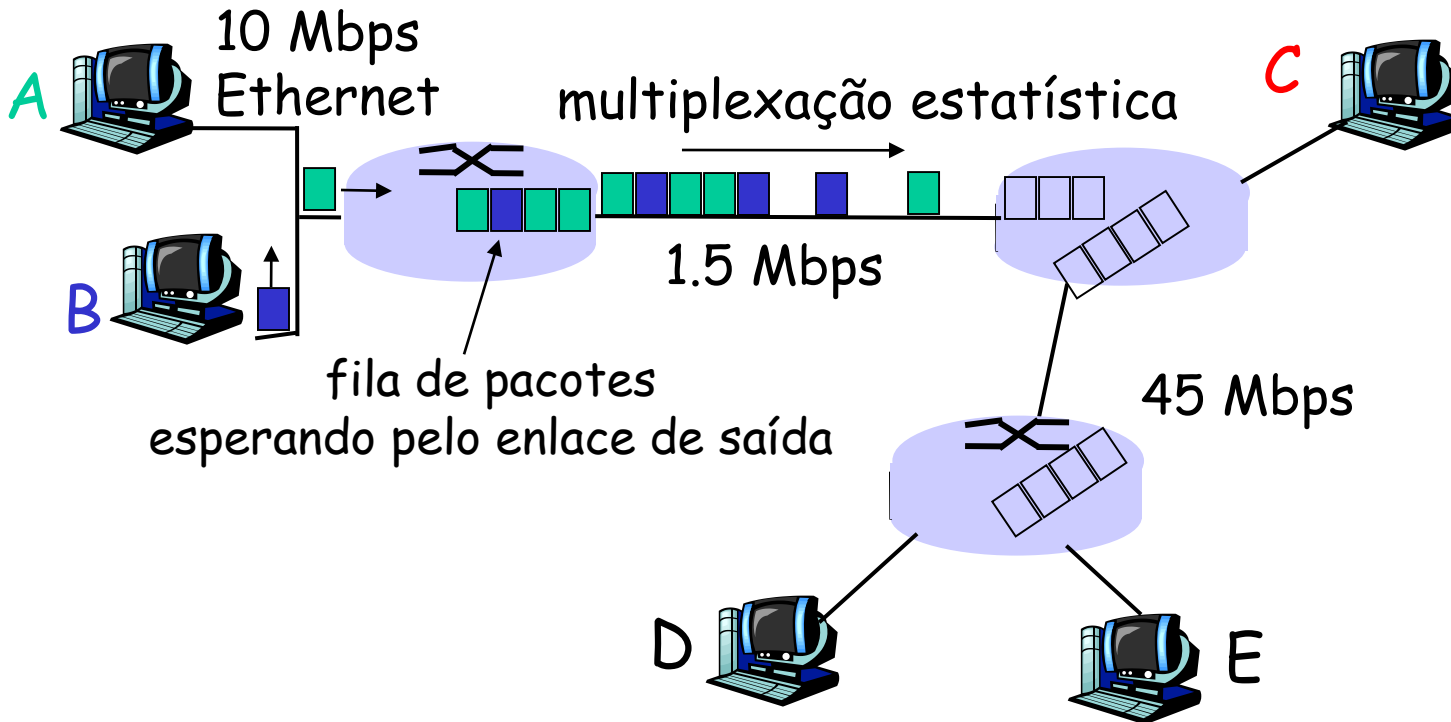
Divisão de largura de banda
Alocação dedicada
Reserva de recursos

Comutação de pacotes

competição por recurso:

- demanda por recurso agregada pode exceder os recursos disponíveis
- congestionamento:
 - fila de pacotes em espera para uso do enlace (link)
- Armazena e re-encaminha (*store-and-forward*):
 - pacotes passam por um enlace a cada vez
 - transmitidos sobre o enlace
 - espera a vez no próximo enlace

Comutação de pacotes (cont.)



- Comutação de pacotes **versus** comutação de circuito: analogia com restaurante

Comutação de pacotes *versus* de circuitos

Comutação de pacotes permite mais usuários usarem a rede!

Enlace 1 Mbps

cada usuário:

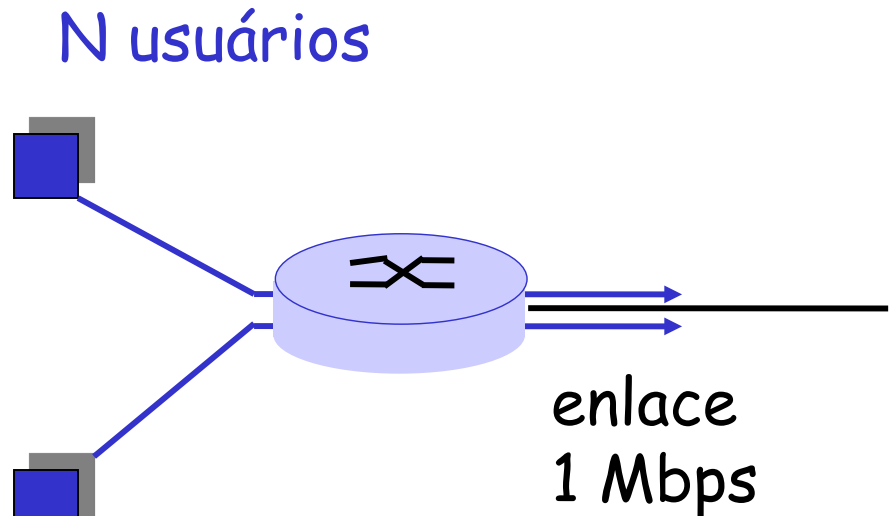
- ❑ 100 Kbps qdo “ativo”
- ❑ ativo 10% do tempo

■ comutação de circuitos:

- ❑ 10 usuários

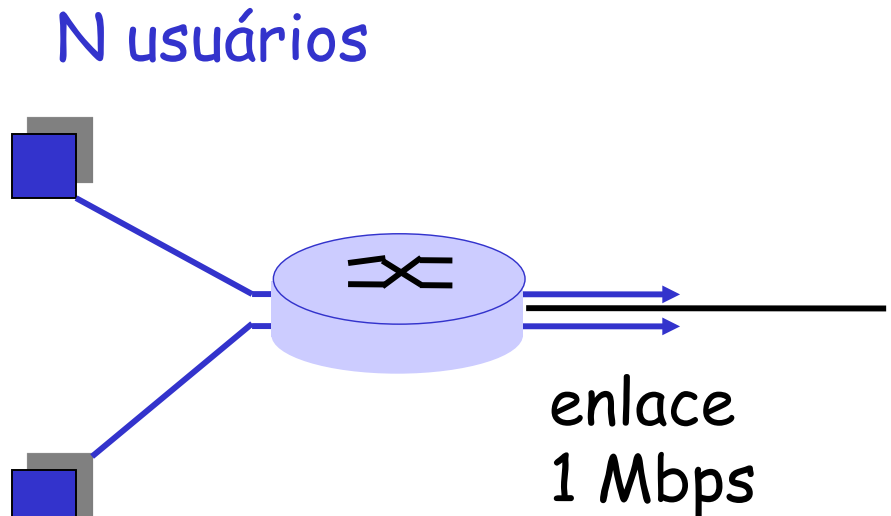
■ comutação de pacotes:

- ❑ Probabilidade de haver um usuário ativo 0.1 (10%)
- ❑ com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menos que 0.0004



Comutação de pacotes *versus* de circuitos

- Usuário quando ativo gera dados a 100 Kbps.
 - Prob. de **MAIS** de 10 usuários ativos é 0.0004
 - Prob. 10 ou **MENOS** usuários ativos é 0.9996
- Moral da história:
- numa rede de *packet switching* de 1 Mbps existe probabilidade **$P = 0.9996$** dos 35 usuários terem disponível a **mesma banda** que existiria em uma rede *circuit switching* de 1 Mbps com 10 usuários.
- Suporta 3 vezes mais usuários que *circuit switch*.

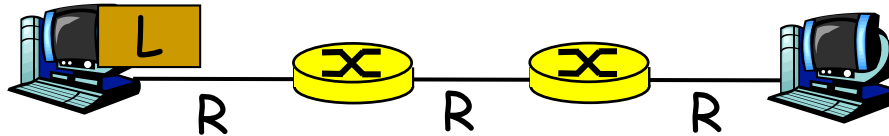


Comutação de pacotes *versus* de circuitos

Comutação de pacotes será sempre o melhor?

- Ótimo para dados em rajadas
 - Compartilha recursos.
 - Não requer inicialização (setup).
- Questões a serem tratadas:
 - Se há congestionamento excessivo: ocorrem retardo e perdas.
 - Mas, há protocolos necessários para transferência confiável de dados e controle de congestionamento.
 - Como prover (simular) comportamento de circuitos?
 - Garantias de banda necessárias para aplicações de áudio/vídeo.
 - (...é um problema ainda sem solução)

Comutação de pacotes: armazene-e-retransmita



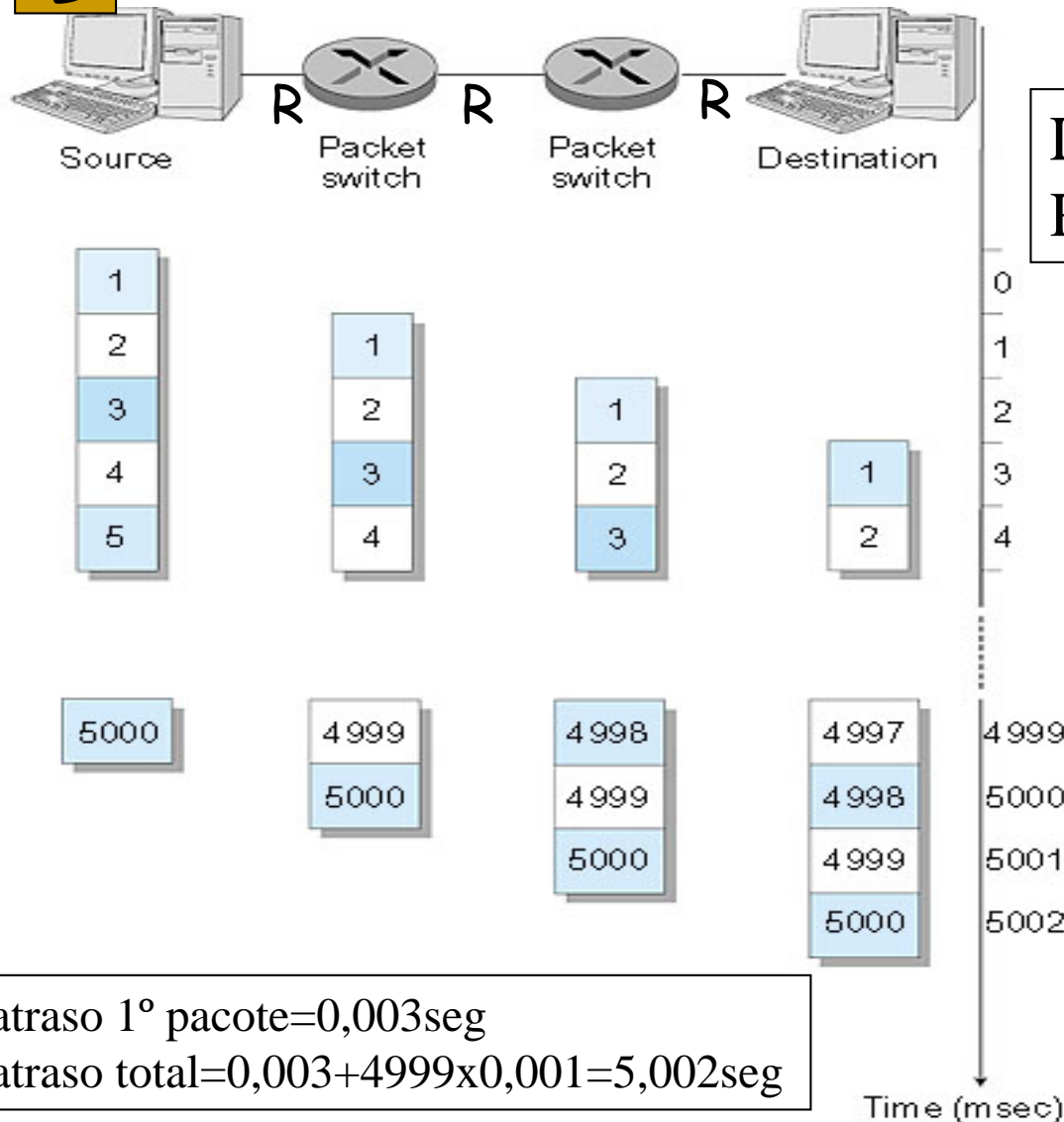
- Leva L/R segundos para transmitir um pacote de L bits em um canal de R bps
- Todo o pacote deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo canal:
armazene e retransmita
- atraso = $3L/R$ (assumindo atraso zero de propagação e de fila)

Exemplo:

- Mensagem $L = 7,5$ Mbits
- Taxa enlace $R = 1,5$ Mbps
- atraso envio = 15 seg

Comutação de pacotes: Segmentação de mensagens

L

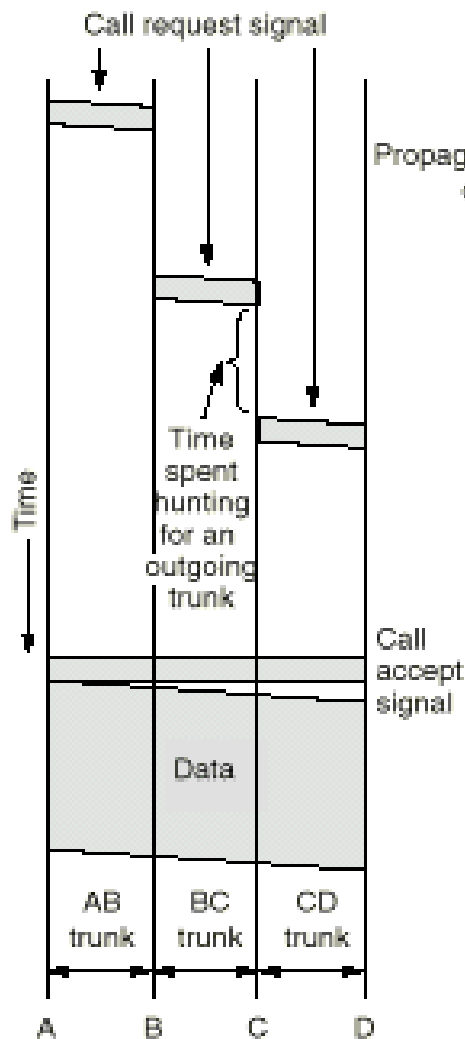


$L = 7,5\text{Mbits} = 5000 \times 1500\text{bits}$
 $R = \text{Enlace de } 1,5\text{Mbps}$

Quebre agora a mensagem em 5000 pacotes

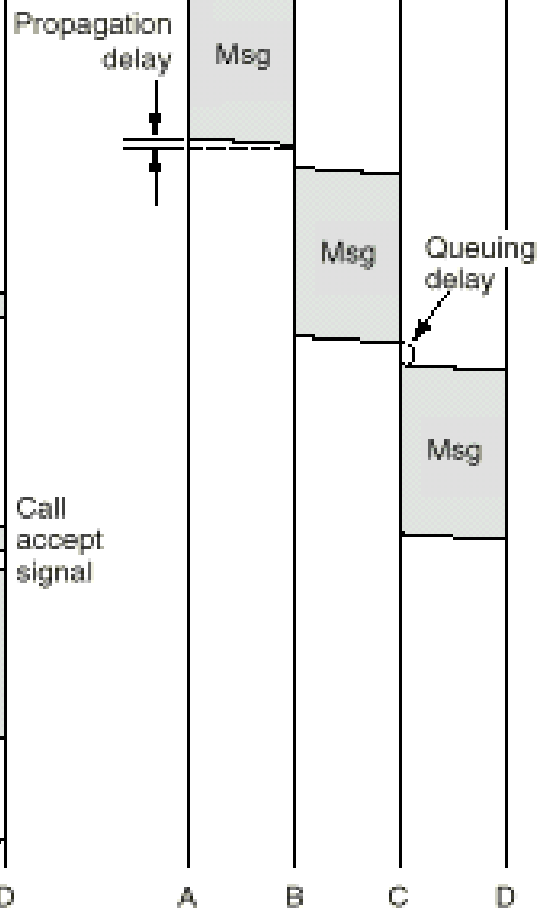
- ❑ Cada pacote de 1.500 bits
- ❑ 1 mseg para transmitir um pacote em um canal
- ❑ Atraso reduzido de 15 seg para 5,002 seg

atraso 1º pacote = 0,003seg
atraso total = $0,003 + 4999 \times 0,001 = 5,002\text{seg}$



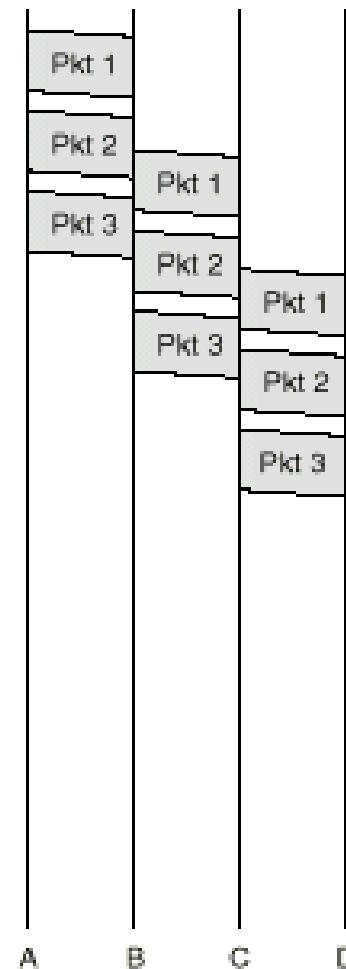
Comutação de Circuitos

$$t = 7,5M / 1,5M = 5s$$



Comutação de Mensagens

$$t = 3 \times (7,5M / 1,5M) = 15s$$



Comutação de Pacotes

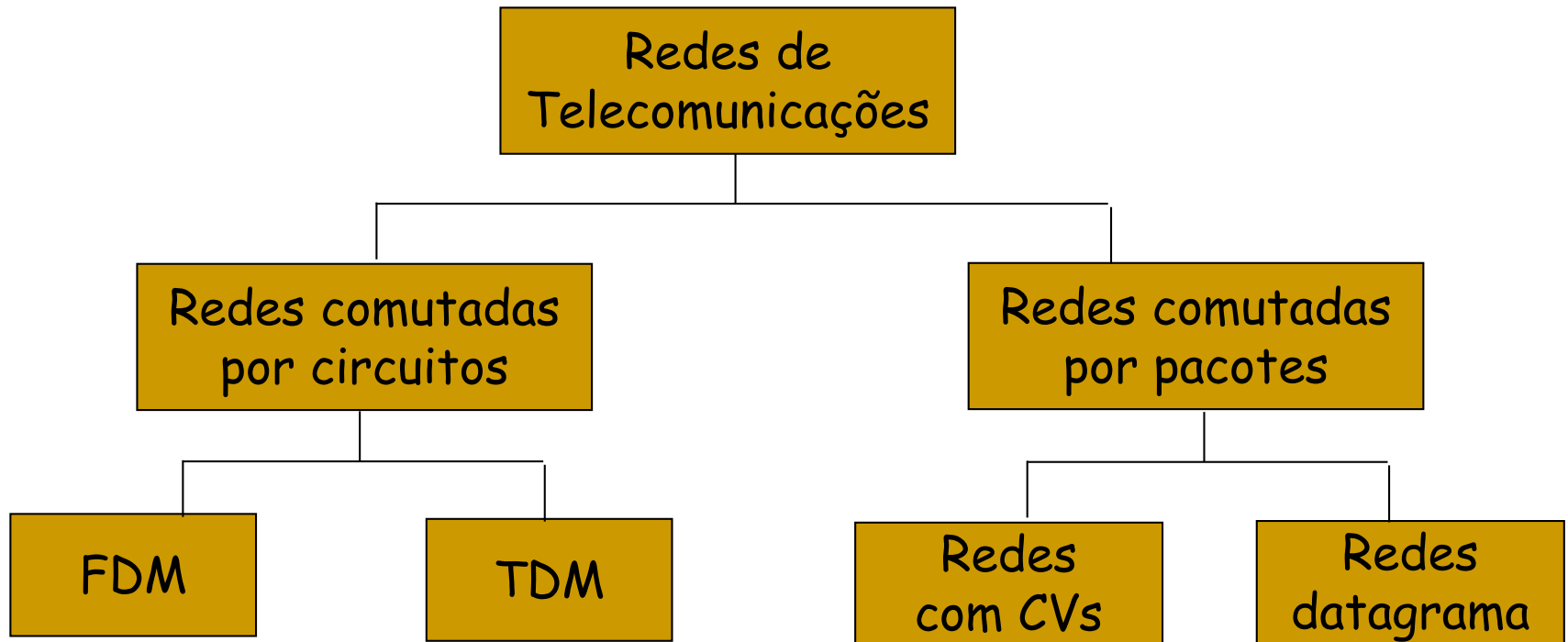
$$5000[(7,5M / 5000) / 1,5M] = 5000 \times 1ms$$

$$t = 5s + 2ms$$

Redes comutação de pacotes: roteamento

- Objetivo: mover pacotes entre roteadores da origem para destino
 - ❑ algoritmos de roteamento (cap. 4)
- **rede de datagrama**:
 - ❑ *endereço de destino* determina próximo hop
 - ❑ rota pode mudar durante sessão
 - ❑ analogia: dirigir perguntando direção
- **rede de circuito virtual**:
 - ❑ cada pacote carrega um rótulo (ID de circuito virtual), que determina o próximo *hop*
 - ❑ caminho fixo determinado em *tempo de setup de chamada*, permanece fixo durante chamada
 - ❑ roteadores mantêm estado por chamada

Taxonomia de Redes (Núcleo)

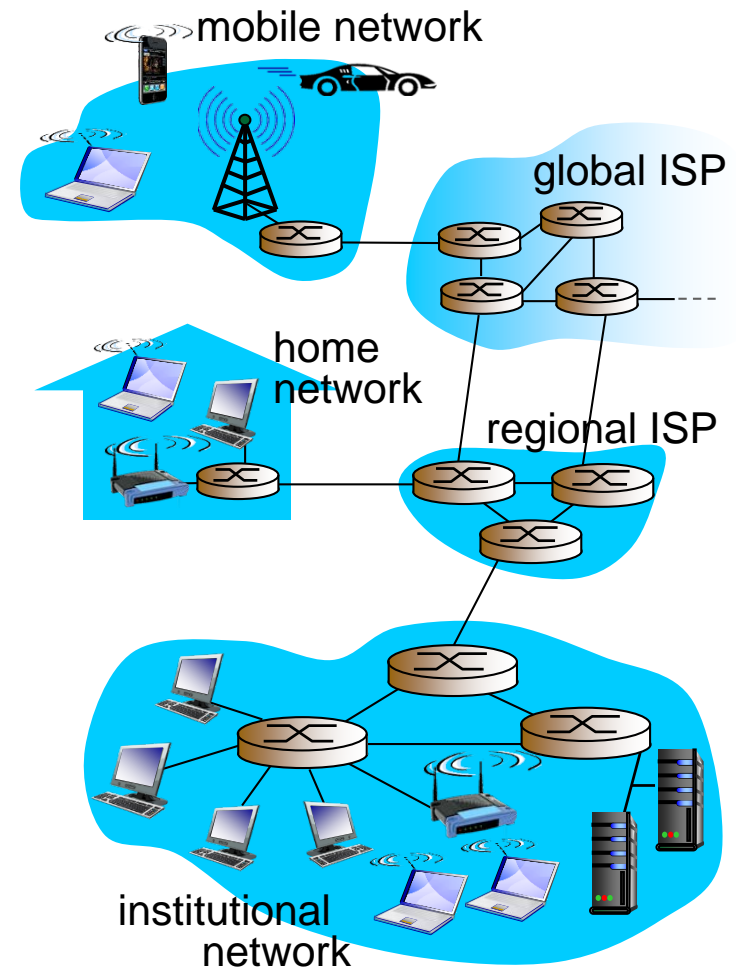


- Redes com CVs (Ex, ATM - *Asynchronous Transfer Mode*)
- Redes datagrama (Ex. IP)

Redes de Acesso

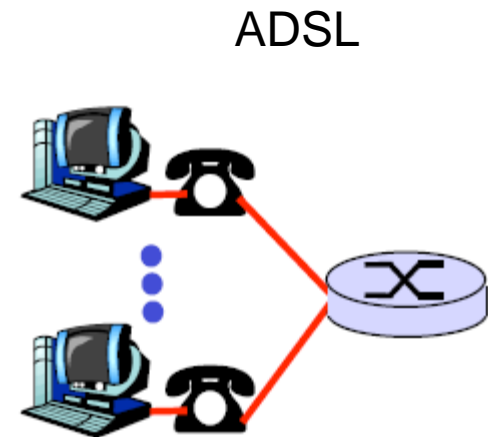
Redes de Acesso

- Como ligar sistemas terminais ao 1º. roteador?
- A Figura ao lado apresenta diversos tipos de redes de acesso:
 - Redes de acesso residencial, institucional (escola, empresa, etc...) e Redes de acesso móvel.
- Características principais:
 - Qual a Banda (*bits per second*) da rede de acesso?
 - É compartilhada ou dedicada?



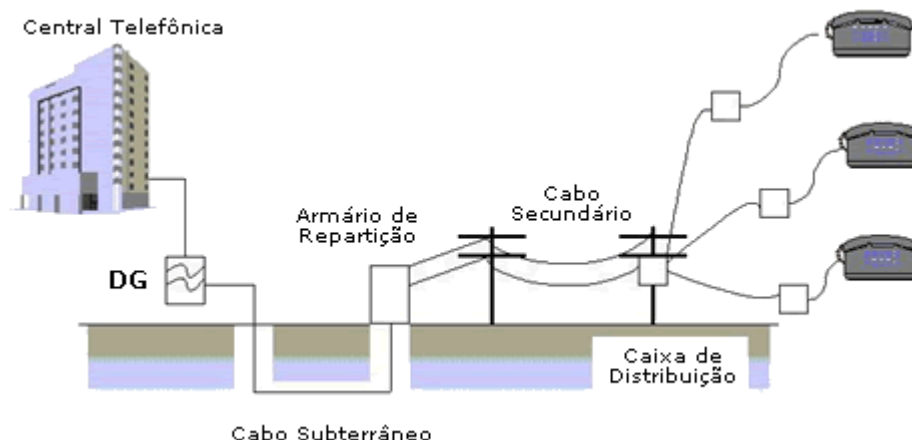
Acesso Residencial

- Brasileiros online somam 64,7% de toda a população; dados são de pesquisa de 2016 do IBGE.
- Os dois tipos de acesso residencial banda largas predominantes são a **linha digital de assinante (DSL – Digital Subscriber Line)** ou **a cabo**.
 - Normalmente o acesso DSL residencial é obtido da mesma empresa que fornece o acesso telefônico. Portanto, a operadora do cliente passa a ser o seu provedor de serviços à Internet (ISP – Internet Service Provider).



Canal Voice: de 0 a 4 KHz
Canal Download: 50 KHz e 1 MHz
Canal Upload: 4KHz a 50 KHz

Acesso Residencial

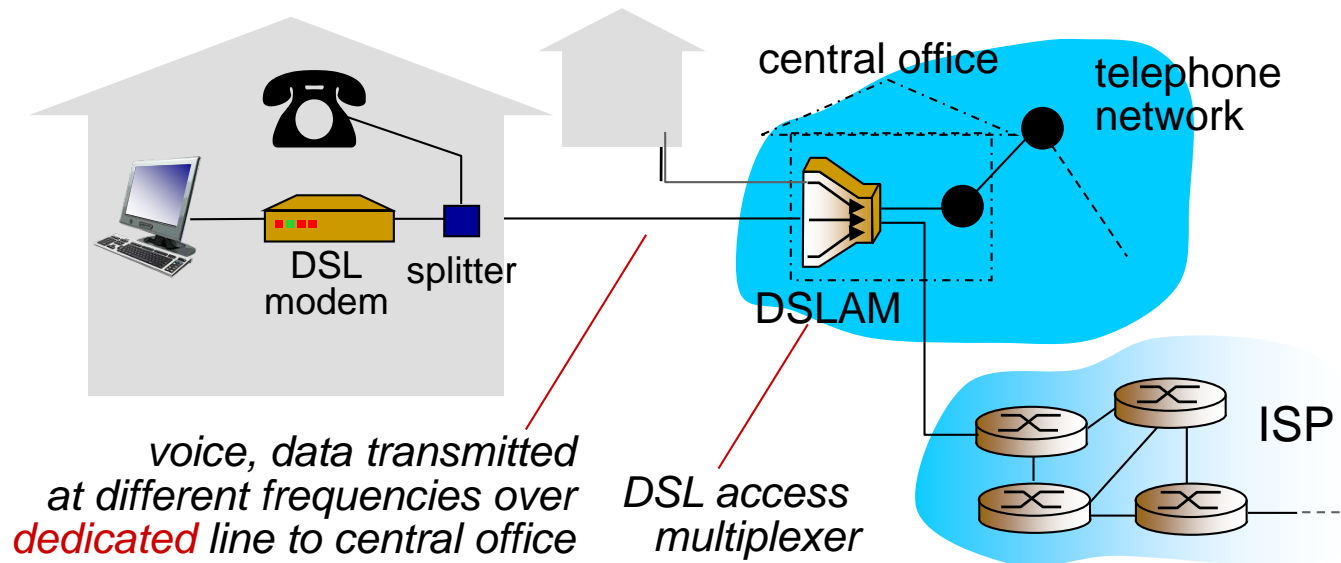


Nos sistemas de Telefonia Fixa Convencional, da casa do assinante um par de fios sai e junta-se com os pares de outras casas no poste mais próximo, onde estão as caixas de distribuição ou “Caixa Aérea” (CX). Cabos de maior capacidade, reunindo vários pares de fios, seguem pelos postes até um armário de repartição, também chamados de “Armários de Distribuição” (AD).

A partir desse armário, cabos ainda maiores seguem por dutos subterrâneos até o prédio da central telefônica (CT). No “Distribuidor Geral” (DG) do prédio, os milhares de fios que vêm das ruas são conectados aos fios que vão à central telefônica também chamada de “Central de Comutação”.

Fonte: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelpubmov/pagina_1.asp

Acesso Residencial



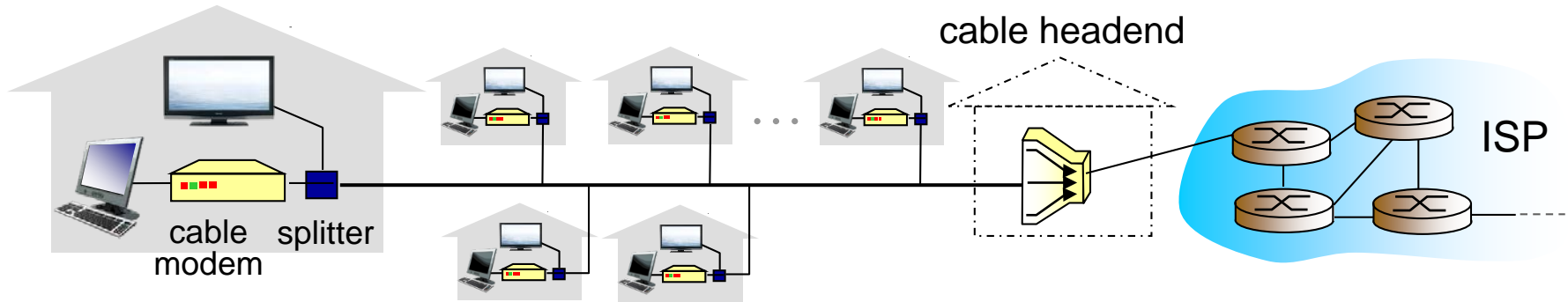
Do lado do consumidor um divisor (splitter) separa os dados e os sinais telefônicos e conduz o sinal com os dados para o modem DSL.



Acesso Residencial

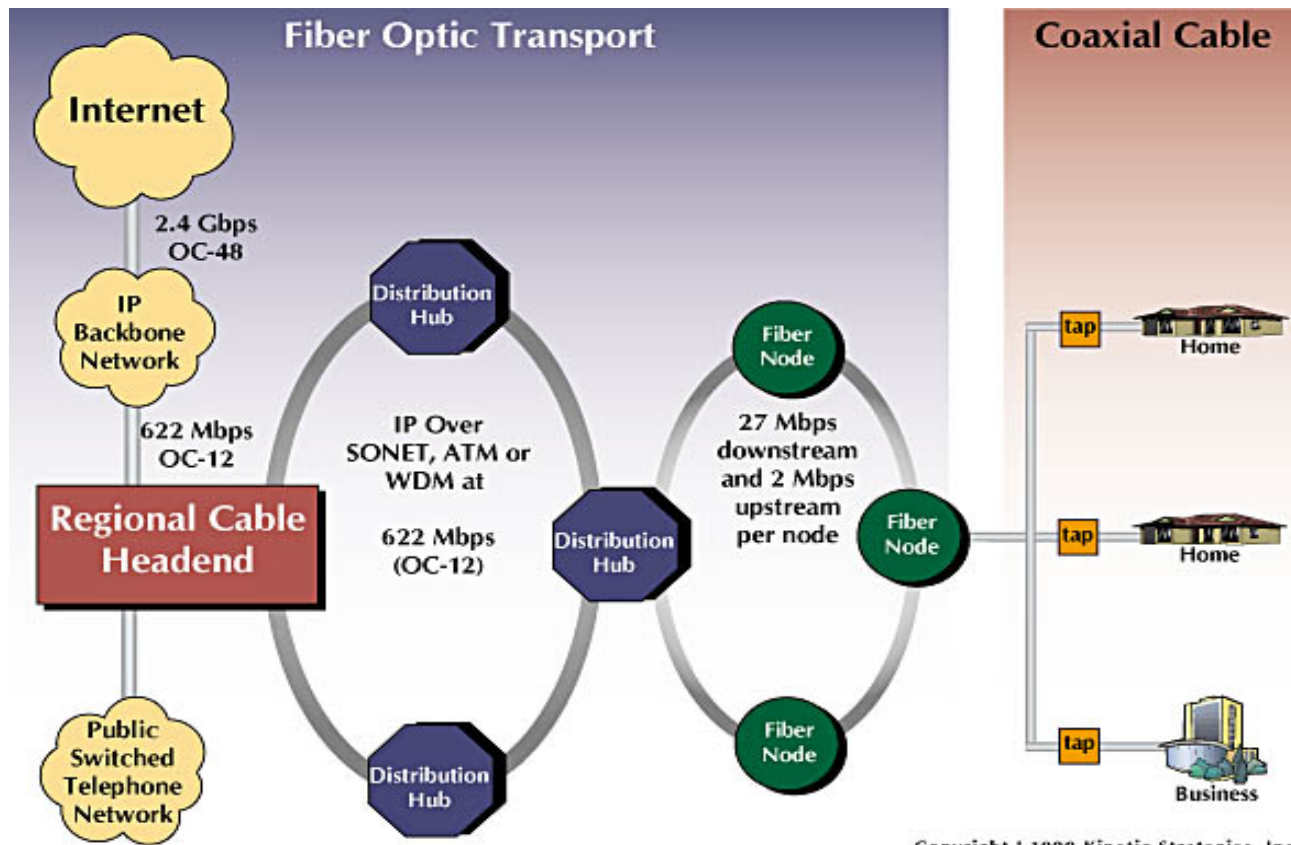
- Quais as taxas de transmissão definidas nos padrões DSL?
- Quais as taxas de transmissão oferecida pelas operadoras locais e regionais?

Acesso Residencial: cable modems



- HFC: *hybrid fiber coax*
 - Padrão DOCSIS 2.0 (Data Over Cable Service Interface Specification) define taxas downstream de até 42,8 Mbits/s e taxas upstream de até 30,7 Mbits/s.
 - Taxa máxima real pode não ser essa devido a problemas de transmissão do meio e limitações impostas pelo ISP.
- Rede de cabo e fibra liga a casa ao roteador do provedor.
 - Acesso compartilhado ao roteador pelas casas.
 - Problemas: dimensionamento, congestionamento.
 - Disponibilidade: via companhias de TV a cabo, Exemplo: NET, TVA.

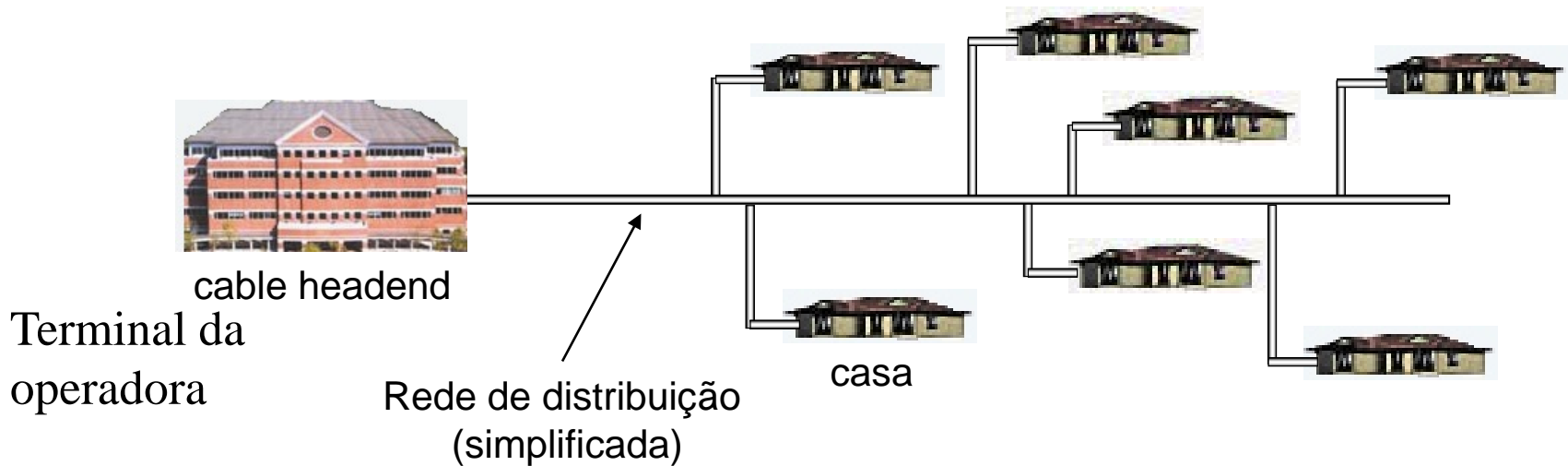
Acesso residencial: cable modems



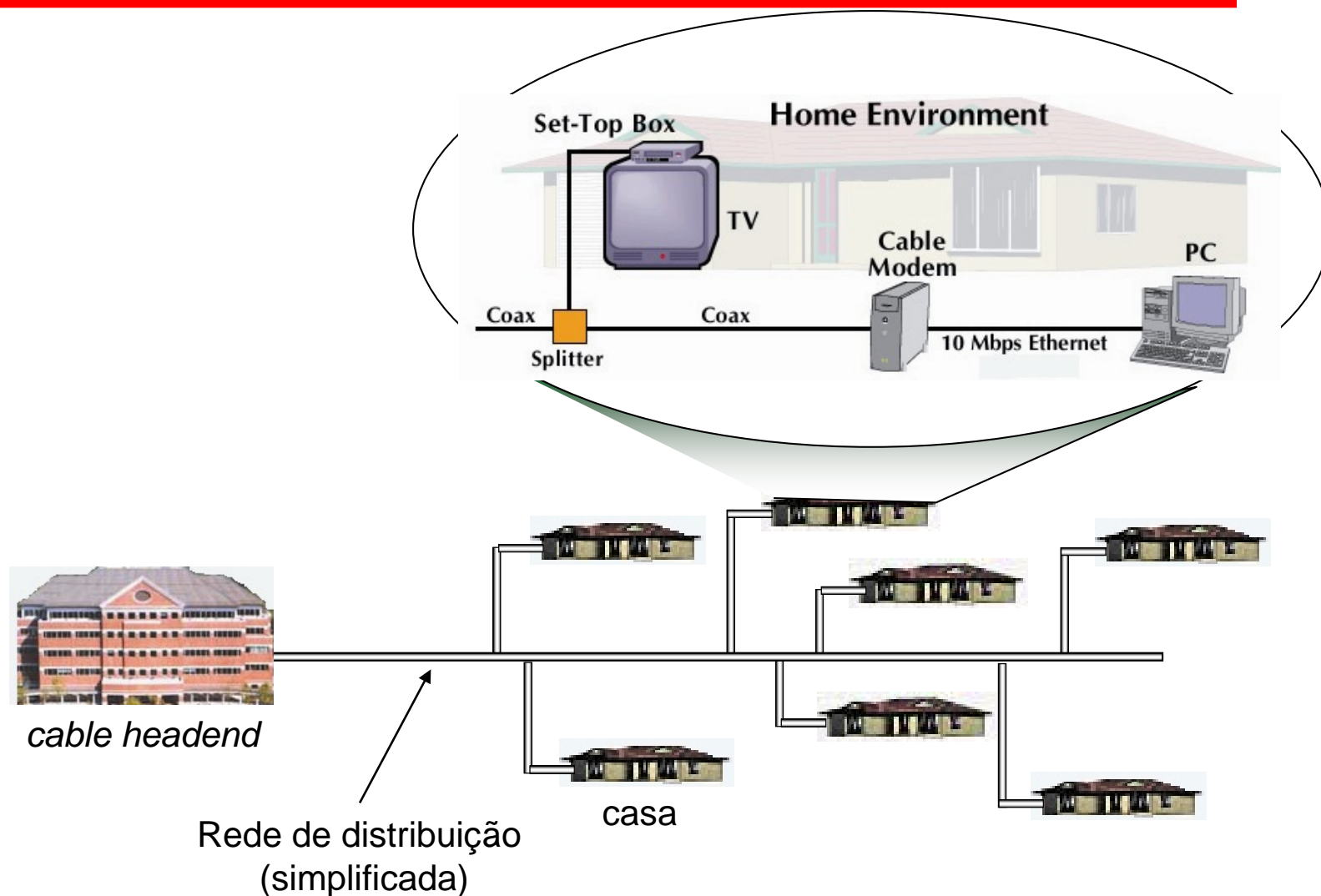
- Residências compartilham acesso até o headend
- Diferente de DSL, que possui acesso dedicado

Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

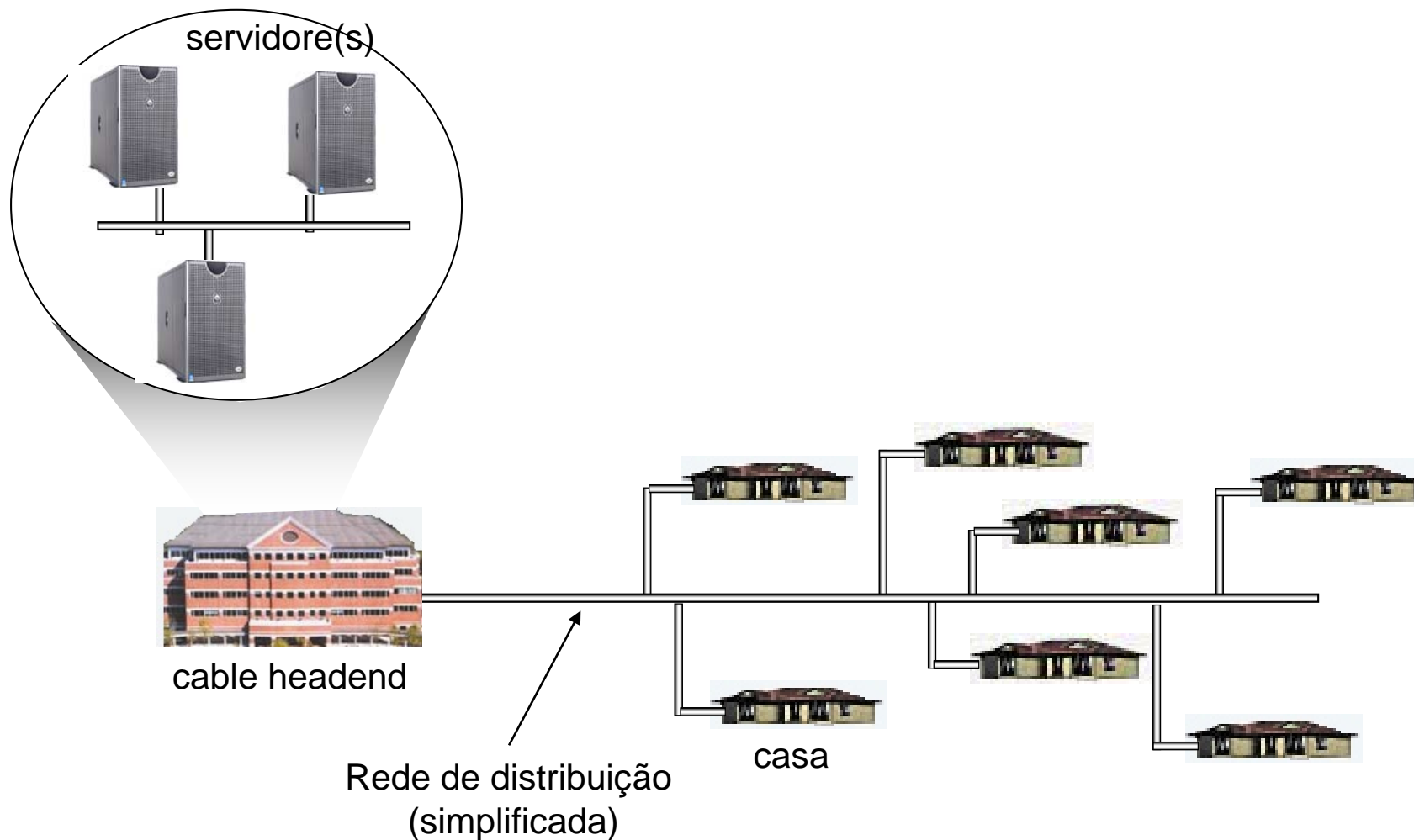
Tipicamente entre 500 a 5.000 casas



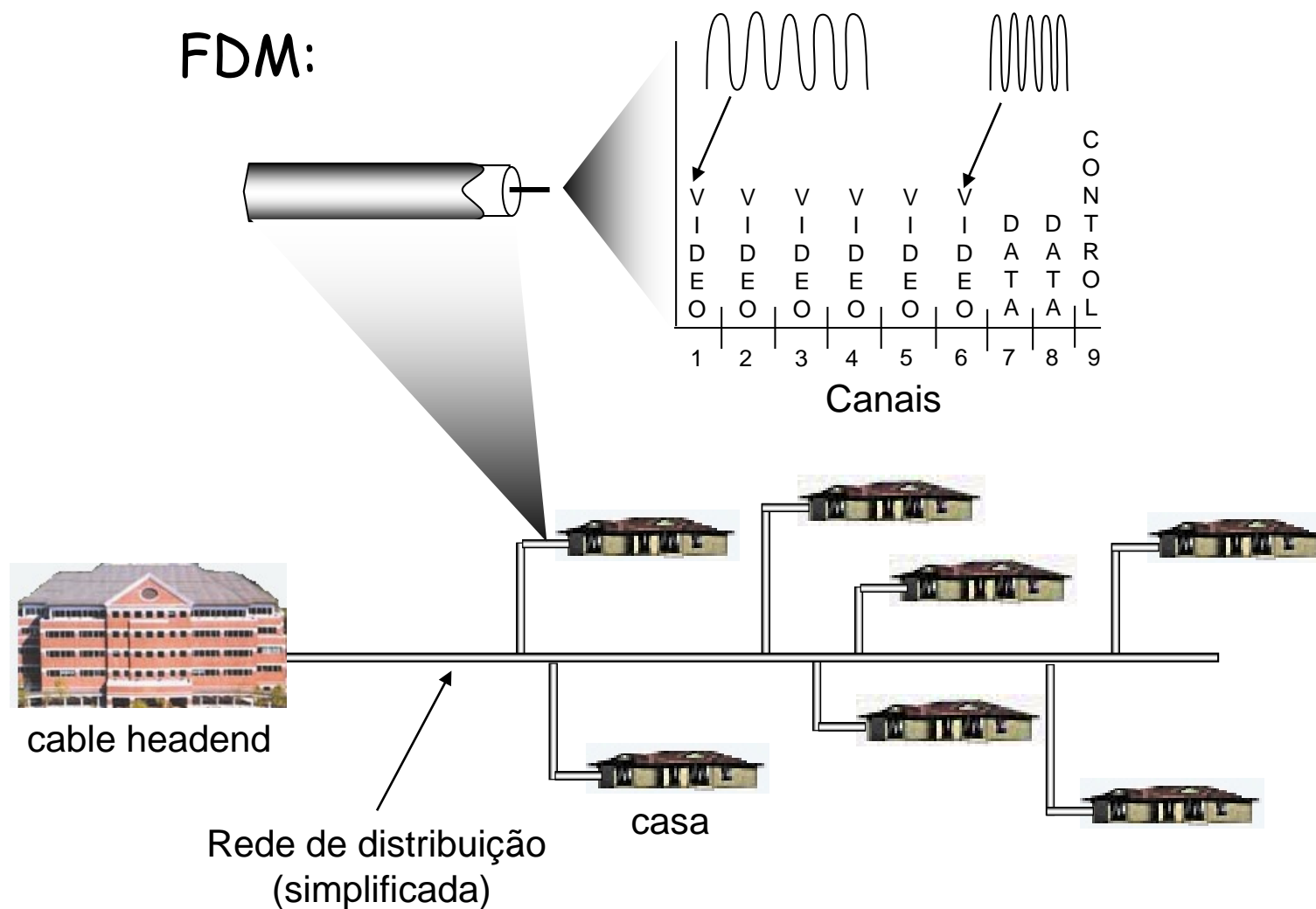
Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

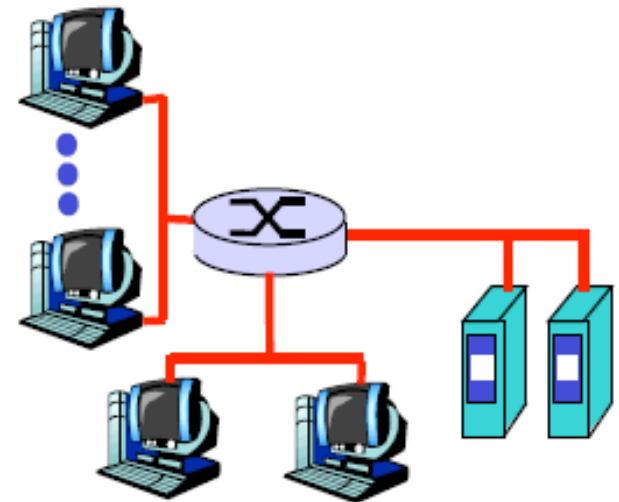


Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



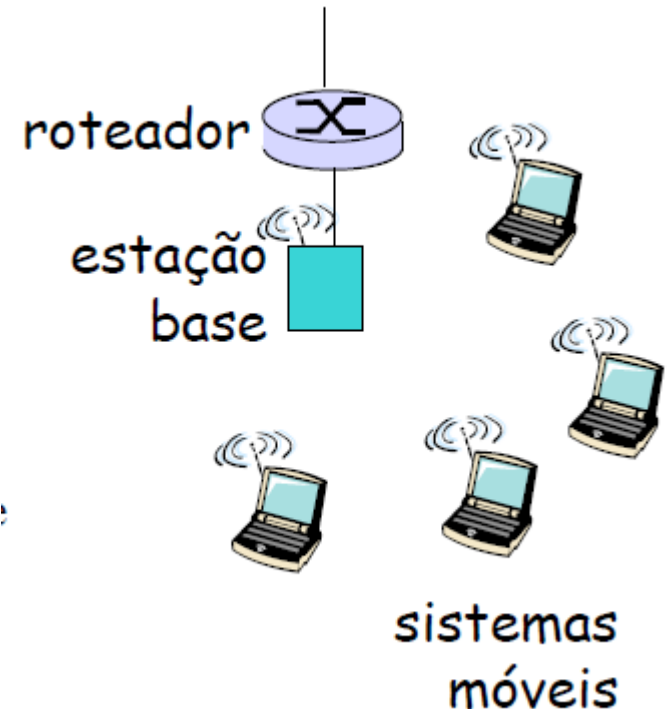
Acesso Institucional: redes locais

- **Rede local** (LAN) liga sistema terminal ao 1º roteador.
- **Ethernet**: cabo compartilhado ou dedicado usado para acesso ao roteador. 10 Mbps, 100Mbps, Gigabit Ethernet
- **Disponibilidade**:
 - ❑ Corporações e instituições, redes domésticas ...
- LANs - Redes locais.



Redes de acesso sem fio (*wireless*)

- Rede de acesso **sem** fio liga ao roteador
- **Redes locais sem fio:**
 - Espectro de rádio substitui cabo
 - Mais usados: 802.11g de 54 Mbps e 802.11n de 300 Mbps (ou mais)
- Também usada para ligações ponto a ponto (rede *ad-hoc*).
- **Acesso sem fio não local**
 - Acesso sem fio ao roteador do provedor via rede de telefonia celular.
 - Celular 3G (mais de 1 Mbps), 4G, etc.

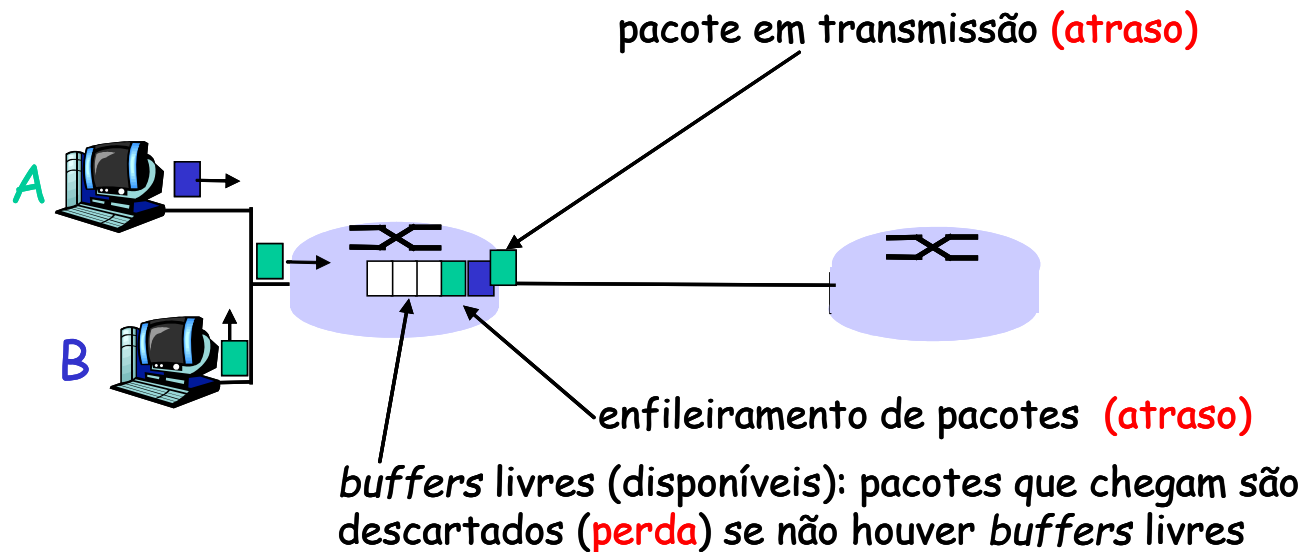


Atrasos / Delays

Como ocorrem as perdas e atrasos?

Pacotes enfileiram nos buffers do roteador

- taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do link de saída.
- pacotes enfileiram, esperam pela vez



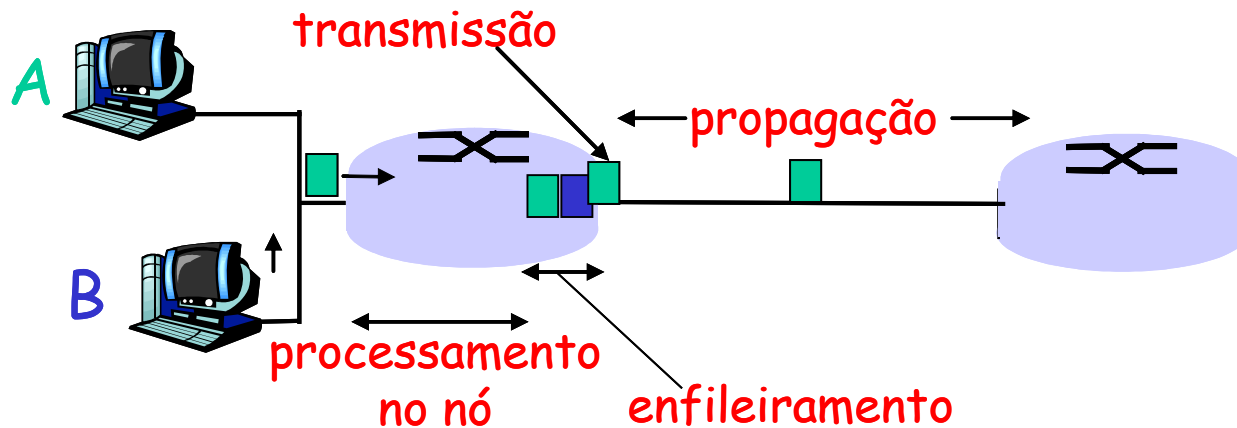
Quatro fontes de atraso dos pacotes

1. processamento no nó:

- ❑ verificação de bits errados
- ❑ identificação do enlace de saída (análise do cabeçalho)
- ❑ atraso da ordem de microssegundos

2. enfileiramento

- ❑ tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
- ❑ depende do nível de congestionamento do roteador



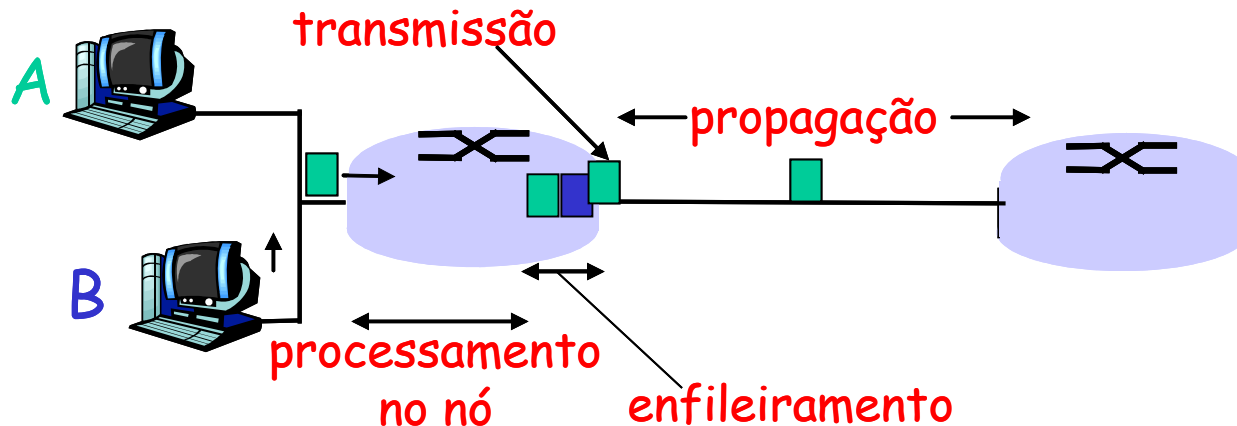
Atraso em redes comutadas por pacotes

3. Atraso de transmissão:

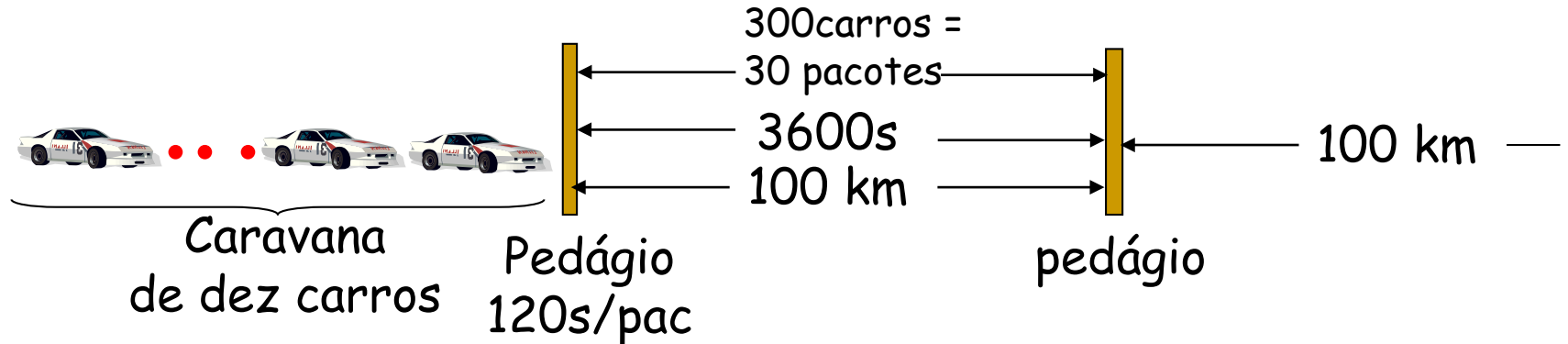
- R = largura de banda do enlace (bps)
- L = compr. do pacote (bits)
- tempo para colocar os bits no enlace (tempo de acesso ao meio físico do pacote) = L/R

4. Atraso de propagação:

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

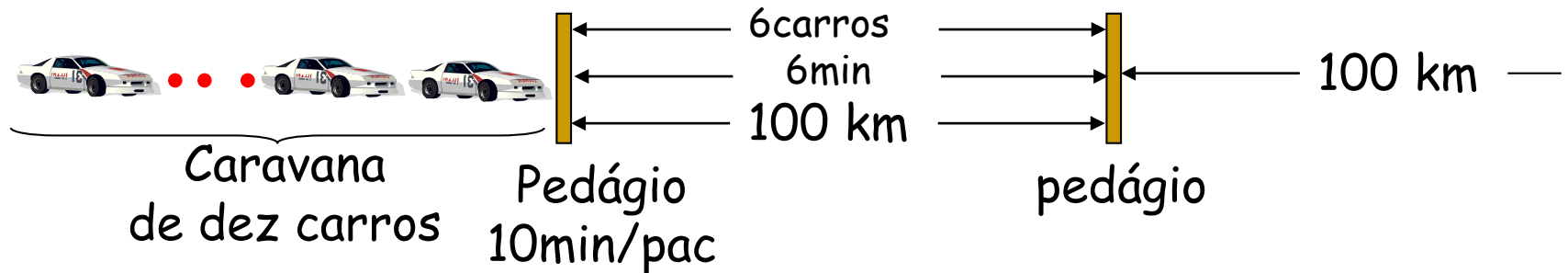


Analogia com uma Caravana



- Os carros se “propagam” a 100 km/h
- O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- carro~bit; caravana~pacote
- P: Quanto tempo leva até que a caravana esteja enfileirada antes do segundo pedágio?
- Tempo para “atravessar” toda a caravana através do pedágio para a estrada = $12 \times 10 = 120 \text{ sec} = 2 \text{ minutos}$
- Tempo para que o último carro se propague do primeiro para o segundo pedágio:
 $100\text{km}/(100\text{km/h}) = 1 \text{ h} = 60 \text{ min}$
- R: 62 minutos

Analogia com uma caravana (mais)



- Os carros agora se “propagam” a 1000 km/h
- Os pedágios agora levam em torno de 1 min para atender um carro
- **P:** Os carros chegarão ao segundo pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no primeiro pedágio?
- **Sim!** Após 7 min, o 1o. Carro chega ao 2o. Pedágio e ainda há 3 carros no 1o. pedágio.
- O 1o. bit do pacote pode chegar ao 2o. Roteador antes que o pacote tenha sido totalmente transmitido no 1o. roteador!
 - Veja o applet Ethernet no site da AWL

Comparando atrasos de propagação e de transmissão

Importante entender a diferença entre o atraso de transmissão e o atraso de propagação. A diferença é sutil, mas importante.

- **Atraso da transmissão: quantidade de tempo exigida para o router EMPURRAR o pacote. É uma função do comprimento do pacote e da taxa da transmissão do link, mas não tem nada a fazer com a distância entre os dois routers.**
- **Atraso da propagação: tempo que um bit leva para propagar de um router ao seguinte. É uma função da distância entre os dois routers, mas não tem nada a ver com o comprimento do pacote, nem com a taxa da transmissão da ligação.**

Atraso no nó

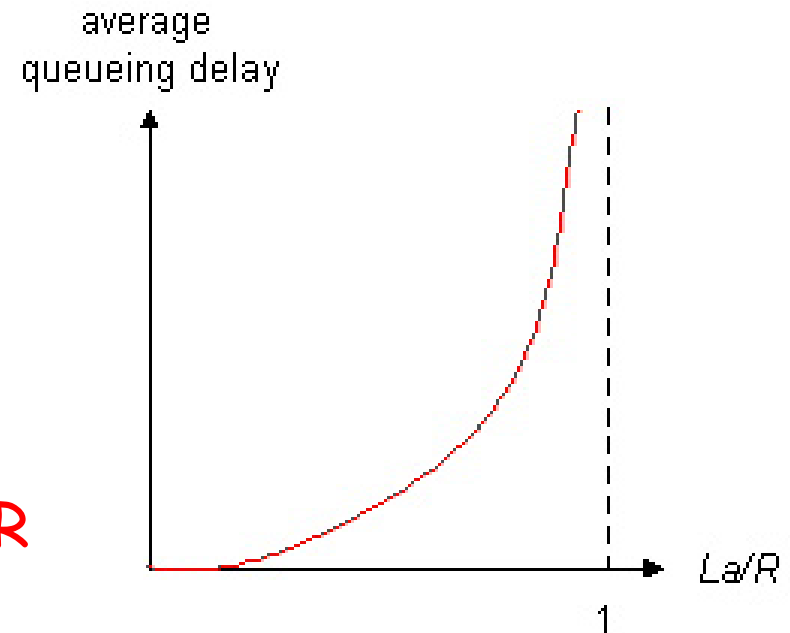
$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{enfil}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- d_{proc} = atraso de processamento
 - tipicamente de poucos microssecs ou menos
- d_{queue} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - $= L/R$, significativo para canais de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - poucos microsecs a centenas de msecs

Atraso de enfileiramento

- R =link bandwidth (bps)
- L =tam. pacote (bits)
- a =taxa média de chegada de pacotes

intensidade de tráfego(ρ) = La/R



- $La/R \sim 0$: pequeno atraso médio na fila
- $La/R \rightarrow 1$: atrasos se tornam grandes
- $La/R > 1$: mais "trabalho" chegando do que pode ser servido, atraso médio infinito!

Descarte (*Drop*) de pacotes

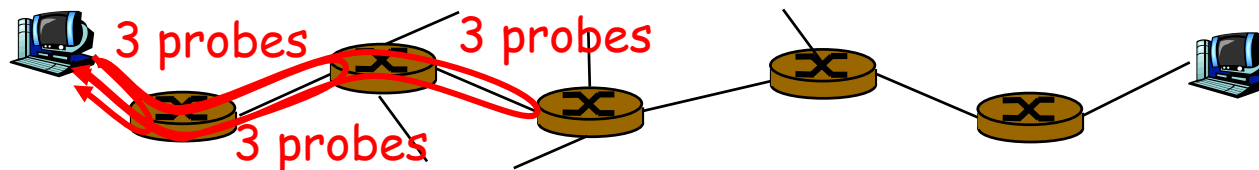
- **A capacidade da fila não é infinita**, os atrasos de pacote não se aproximam realmente a infinito. **Eles se perdem.**
- Um pacote pode chegar e encontrar uma fila cheia. Sem lugar para armazenar tal pacote, o roteador **descartará** (“*drop*”) esse pacote, isto é, o pacote **será perdido.**

A fração de pacotes perdidos aumenta enquanto a intensidade do tráfego aumenta.

- Conseqüentemente, o desempenho em um nó é medido não somente nos termos do atraso, mas também nos termos da **probabilidade da perda do pacote.**

Atrasos e rotas “reais” da Internet

- Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- Programa *Traceroute* : fornece medições de atraso da fonte até os diversos roteadores ao longo do caminho fim-a-fim até o destino. Para cada i :
 - Envia três pacotes que alcançarão o roteador i no caminho até o destino.
 - O roteador i devolverá os pacotes ao transmissor
 - O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta.



Atrasos e rotas “reais”

traceroute: roteadores, atrasos de ida e volta no caminho da origem até o destino
source-dest path também: pingplotter, vários programas windows (tracert)

nº rot	nome rot	IP rot	RTT-pac1	RTT-pac2	RTT-pac3
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



Camadas de protocolos



“Camadas” de protocolos

Redes são complexas!

- muitas “peças”:
 - ❑ hosts
 - ❑ roteadores
 - ❑ vários tipos de links
 - ❑ aplicações
 - ❑ protocolos
 - ❑ hardware, software

Questão:

Existe alguma esperança em organizar a estrutura de rede?

Ou pelo menos a discussão sobre redes?

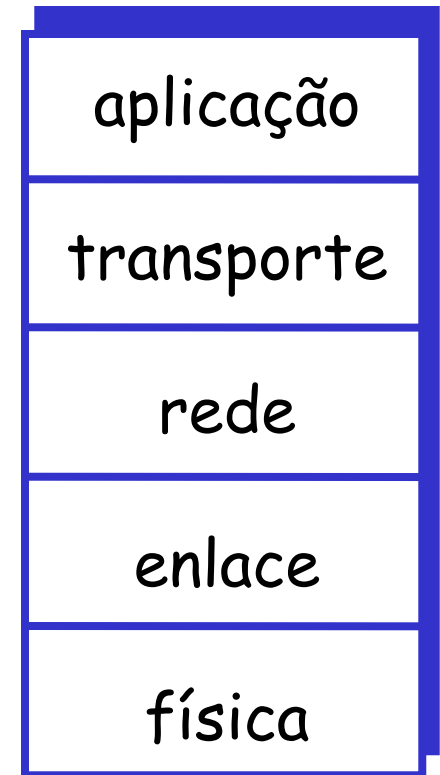
Por que usar camadas?

Para lidar com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite identificar o relacionamento entre peças do sistema complexo
 - **modelo de referência** em camadas facilita discussão
- modularização facilita manutenção e atualização do sistema
 - mudança na implementação de serviços de camadas transparentes para o resto do sistema
- uso de camadas pode ser prejudicial?

Pilha de protocolos da Internet

- **7 - aplicação:** suporta aplicações de rede
 - ftp, smtp, http
- **4 - transporte:** transferência de dados entre hosts
 - tcp, udp
- **3- rede:** roteamento de datagramas da origem para destino
 - ip, protocolos de roteamento
- **2 - enlace:** transferência de dados entre elementos de rede “vizinhos”
 - ppp, ethernet
- **1 - física:** representação física dos bits, questões de hardware, etc.



OBS.: Camadas 6 (Apresentação) e 5 (Sessão) não existem na Internet.

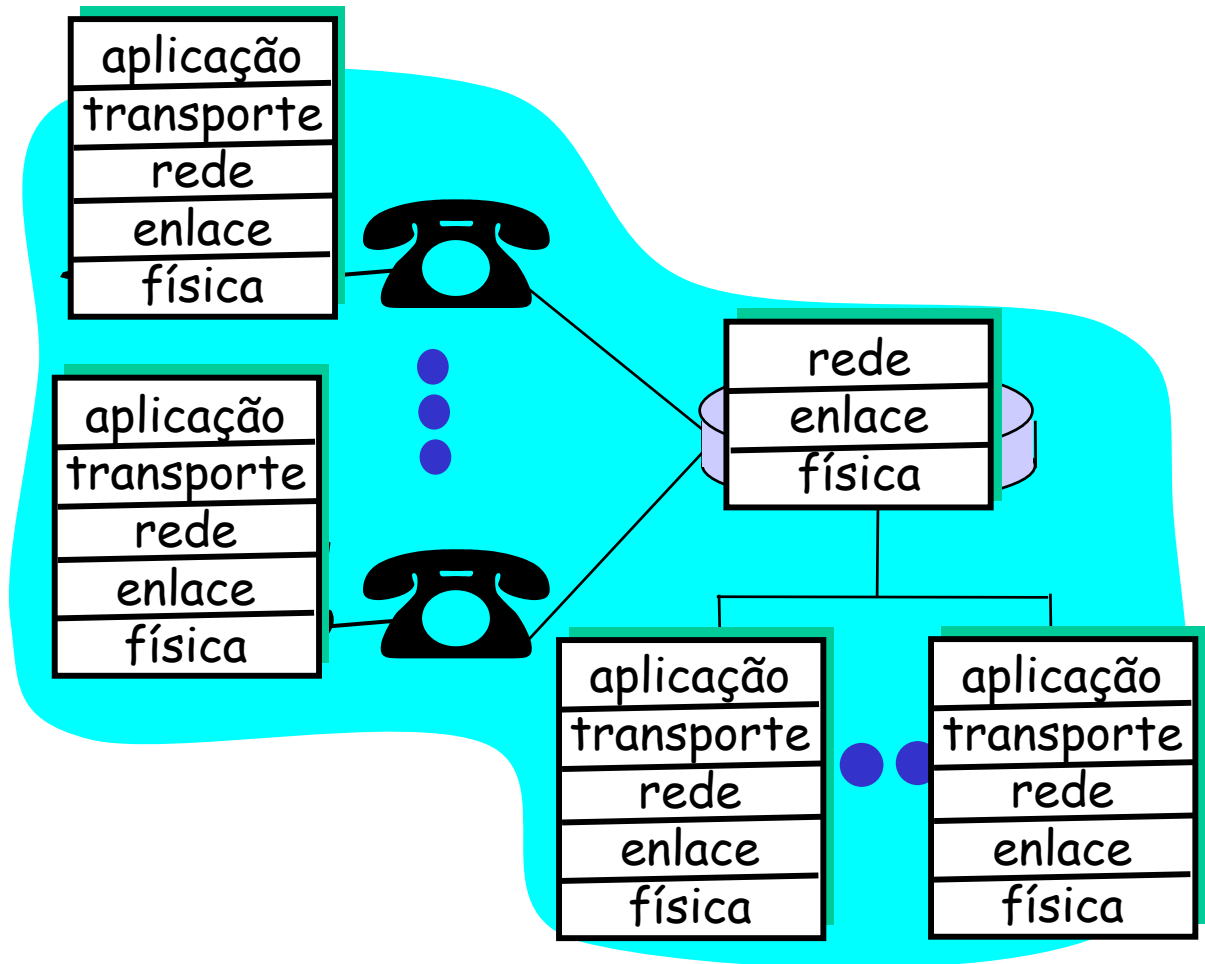
Camadas de Protocolo - Princípios

- cada camada corresponde a um nível de abstração necessário no modelo;
- cada camada possui funções próprias e bem definidas;
- as funções de cada camada foram escolhidas segundo a definição dos protocolos normatizados internacionalmente;
- as fronteiras entre camadas devem ser definidas de modo a minimizar o fluxo de informação nas interfaces;
- o número de camadas deve ser suficientemente grande para que funções distintas não precisem ser colocadas na mesma camada e, ao mesmo tempo, suficientemente pequeno que não torne a arquitetura difícil de controlar.

Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

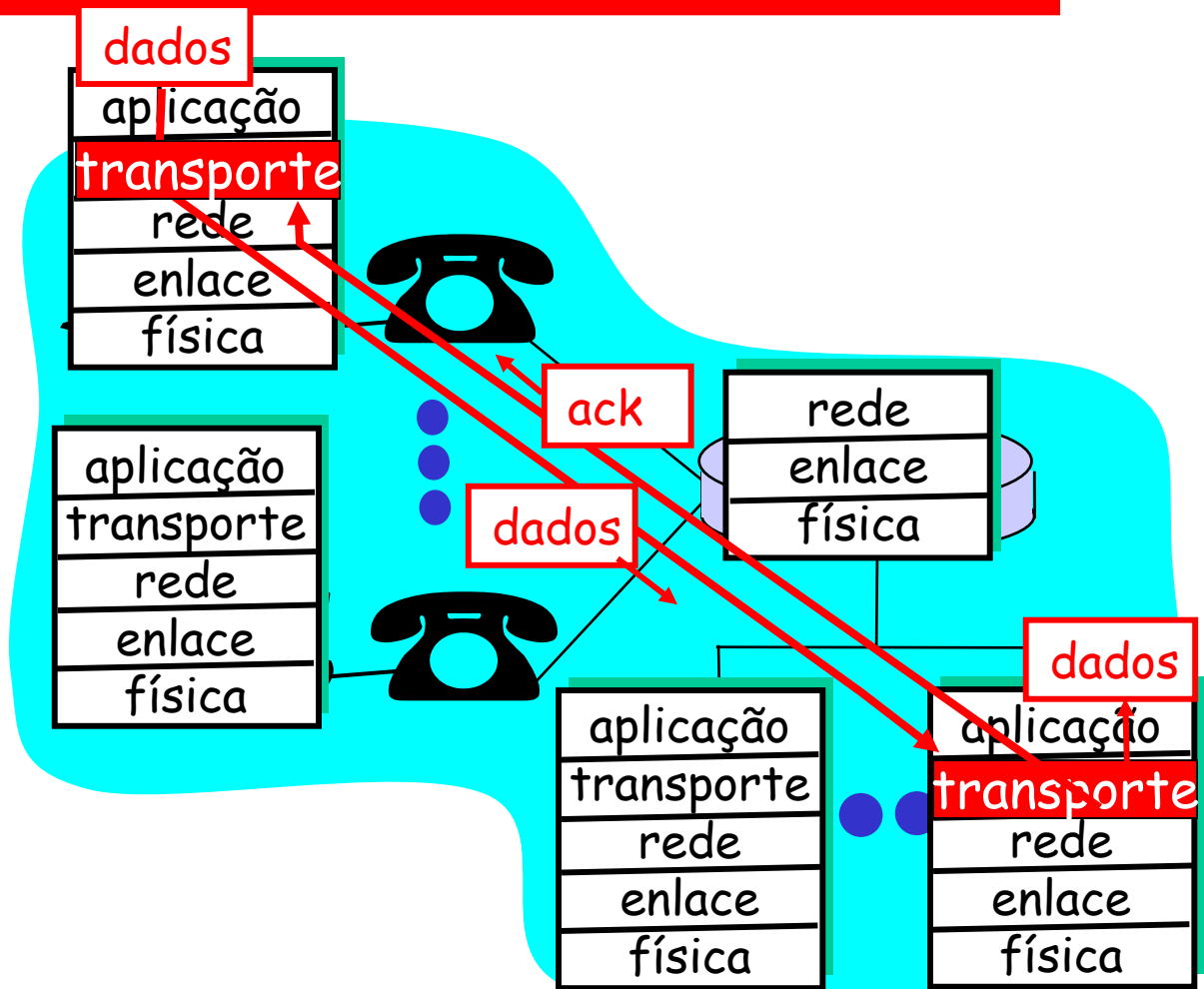
- distribuída
- “entidades” implementam funções de camadas em cada nó
- entidades executam ações, trocam mensagens com seus pares



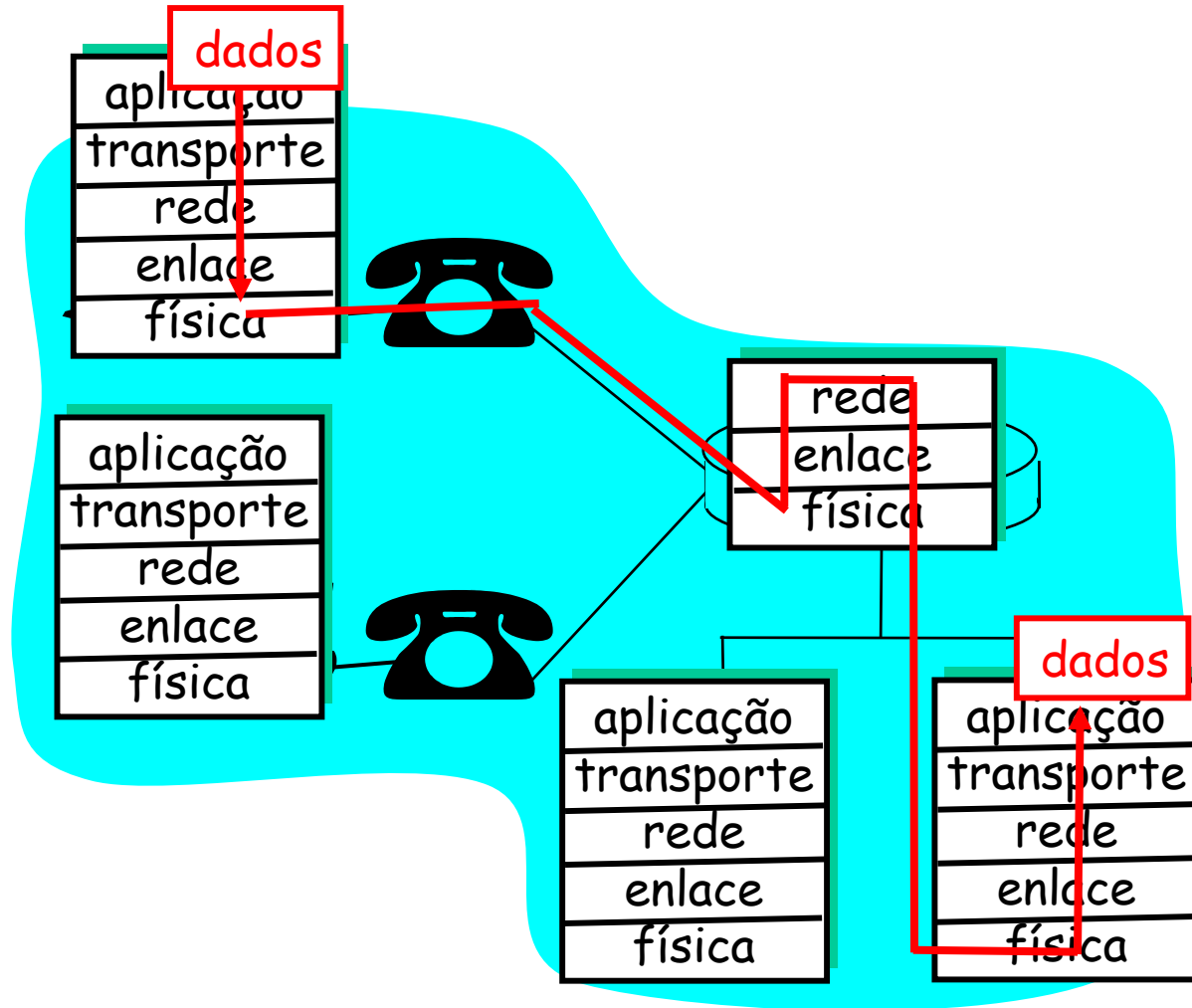
Camadas: comunicação *lógica*

E.g.: transporte

- obtém dados da aplicação.
- adiciona endereço, informação de confiabilidade p/ formar “datagrama”
- envia datagrama para seu par
- espera confirmação de recepção de seu par (ACK)
- analogia: correios



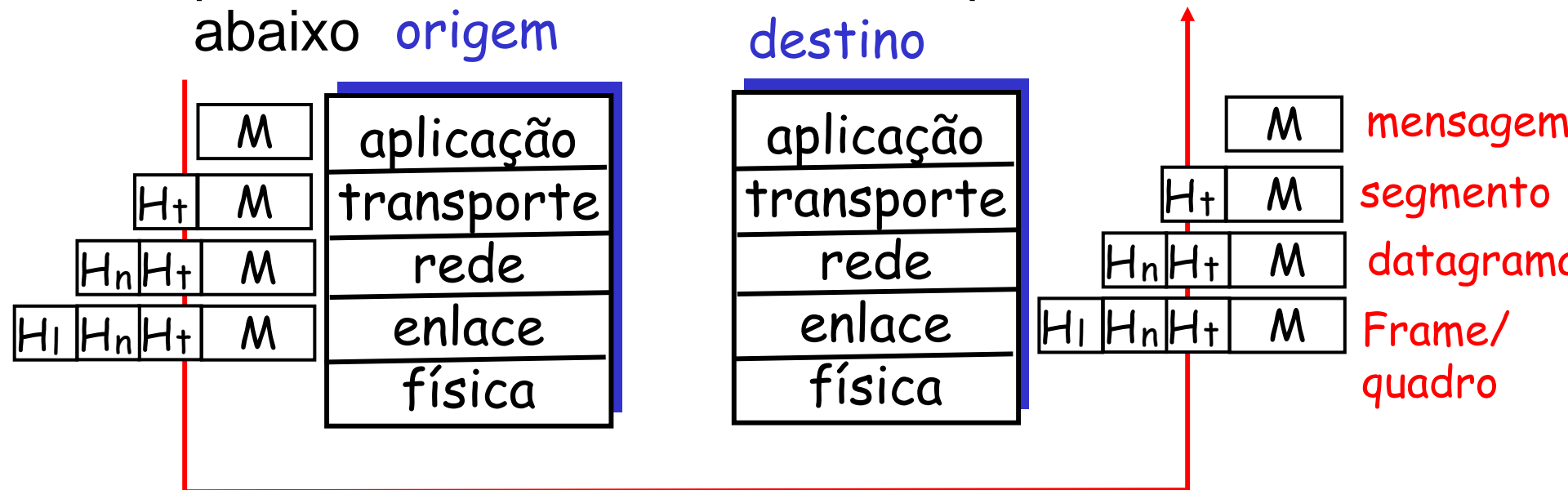
Camadas: comunicação física



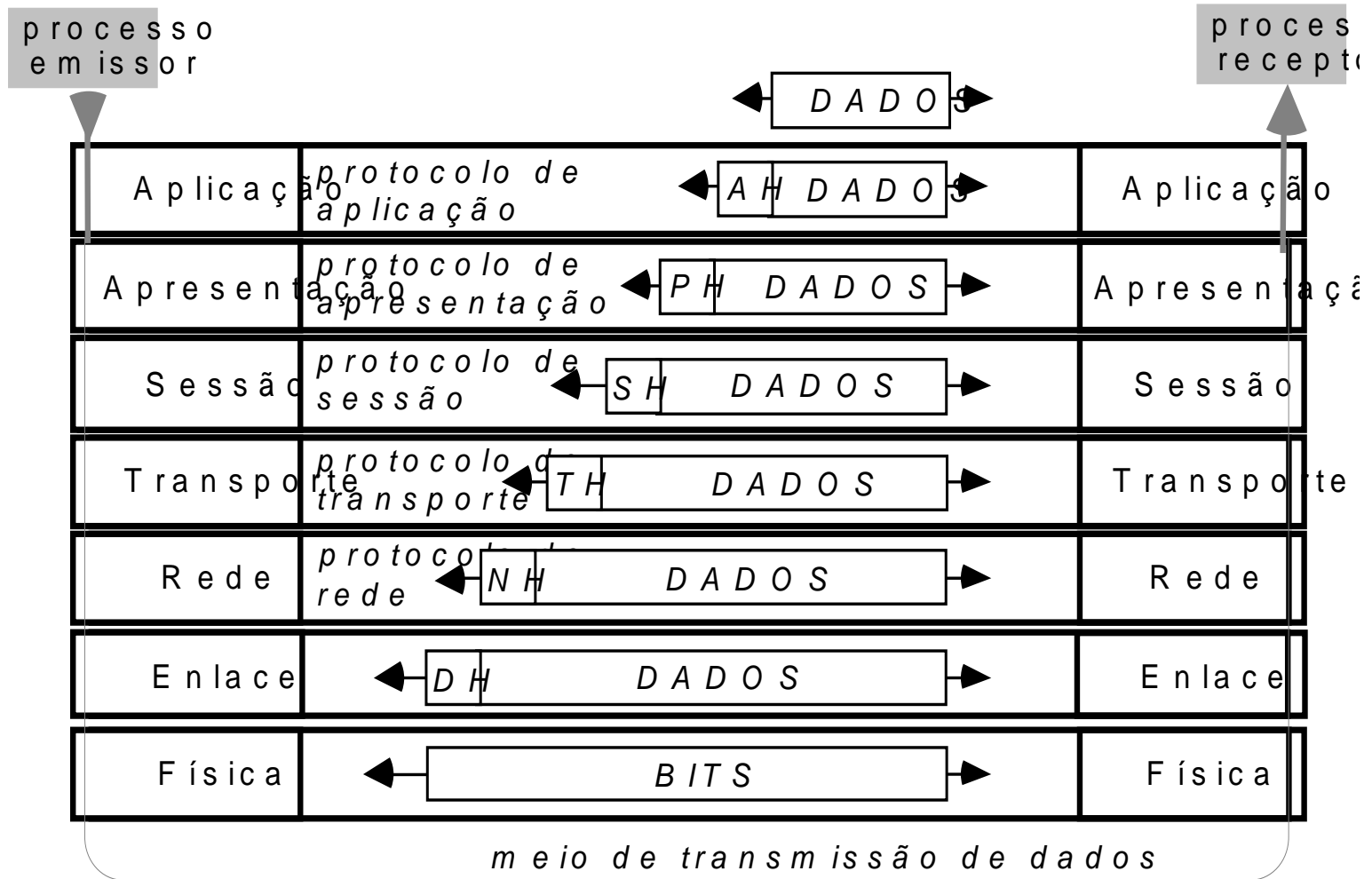
Protocolo em camadas e dados

Cada camada recebe dados da camada acima

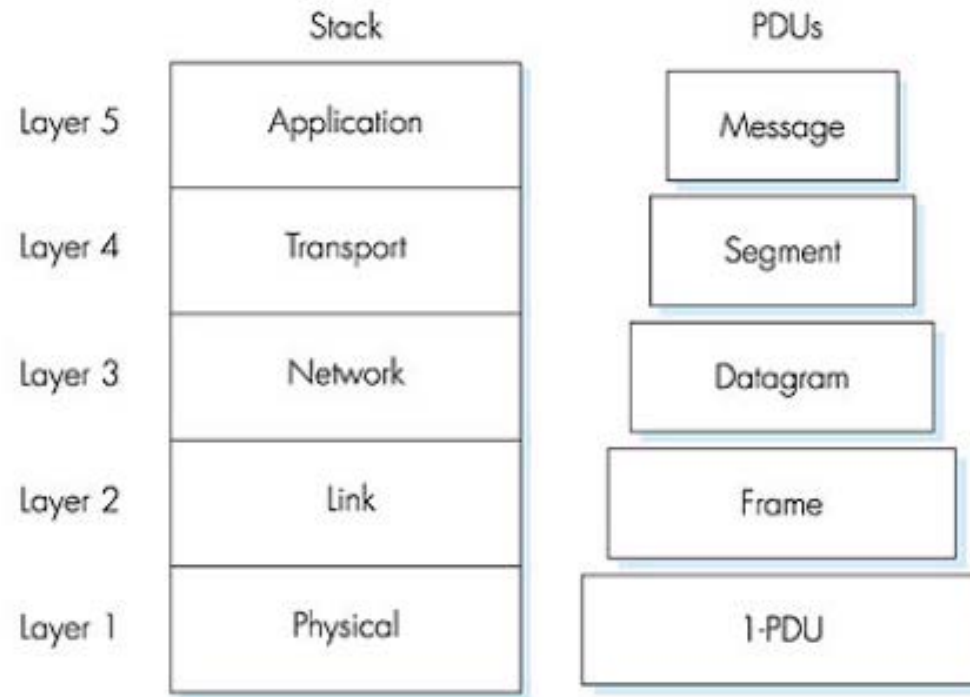
- adiciona cabeçalho de informação para criar nova unidade de dados
- passa nova unidade de dados para camada abaixo



Comunicação no Modelo OSI



Relação da pilha e os PDUs



Arquitetura – TCP/IP

Histórico da Internet

- Discussão na próxima aula!
- Ler...

Resumo

- O que foi visto até agora:
 - ❑ Visão geral da Internet.
 - ❑ O que é um protocolo?
 - ❑ Borda e núcleo de rede,
 - ❑ redes de acesso.
 - ❑ Desempenho: perdas, retardo.
 - ❑ Modelos de camadas e serviços.
 - ❑ História
- Contexto, visão geral, intuição de redes.
- Profundidade e detalhes maiores, mais adiante no curso...