

# PTC 3360

## I. Redes de comunicação – Parte III

(Kurose, Seções 1.3 e 1.5)

Agosto 2025

# Conteúdo

---

A. O que é a Internet?

B. A borda da rede

- Sistemas finais, redes de acesso, enlaces

C. Núcleo da rede

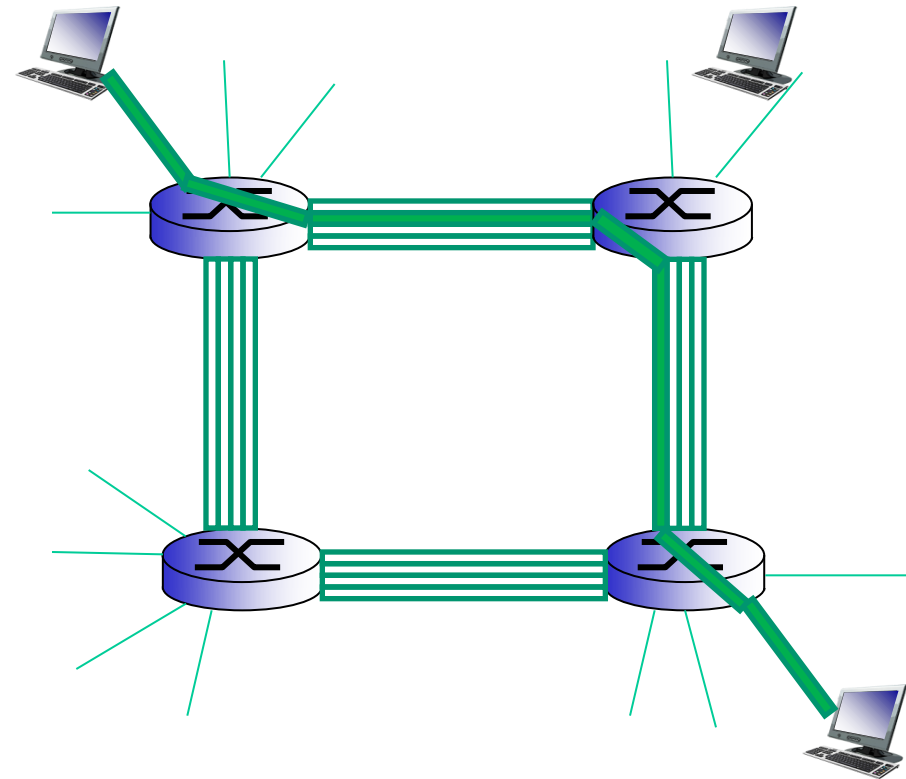
- Comutação de pacotes, estrutura da rede, comutação de pacotes e comutação de circuitos

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

# Núcleo alternativo: comutação de circuitos

Recursos fim-fim alocados ou reservados para “chamada” entre fonte e destino

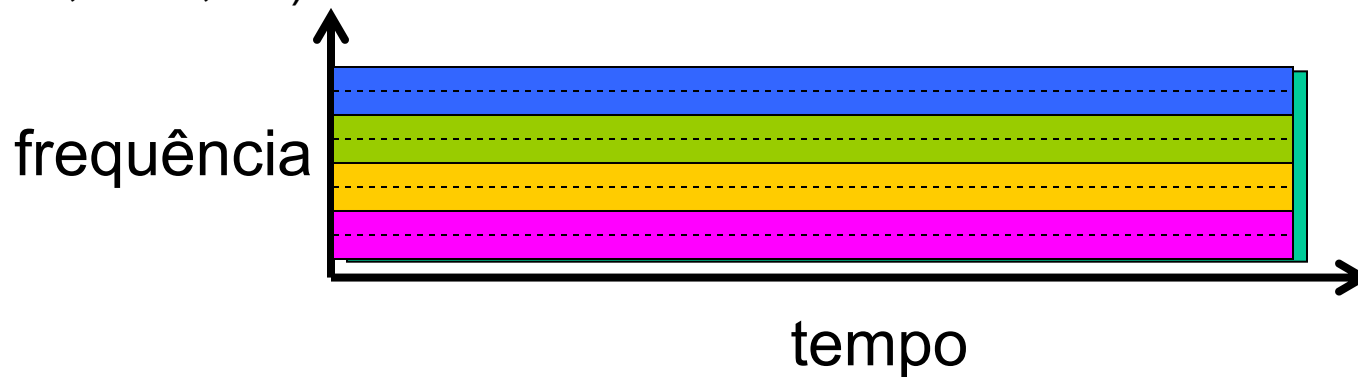
- ❖ No diagrama, cada enlace tem 4 circuitos.
  - chamada ocupa 2º circuito no enlace superior e 1º circuito no enlace da direita.
- ❖ Recursos dedicados: sem compartilhamento
  - desempenho garantido
- ❖ Segmento de circuito inativo desperdiçado se não usado para chamada (*sem compartilhamento*)
- ❖ Comumente usada em redes telefônicas tradicionais



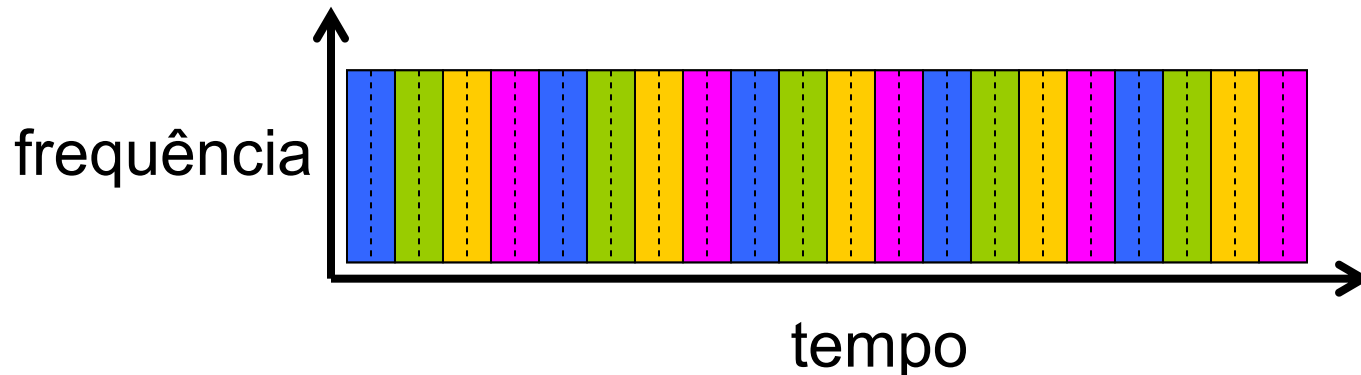
# Comutação de circuitos: FDM e TDM

Exemplo: 4 usuários

Multiplexação por divisão na frequência (FDM)  
(telefonia, rádio, TV)



Multiplexação por divisão no tempo (TDM) (DOCSIS)



# Comutação de pacotes vs. circuitos

*Comutação de pacotes permite mais usuários na rede!*

## Exemplo:

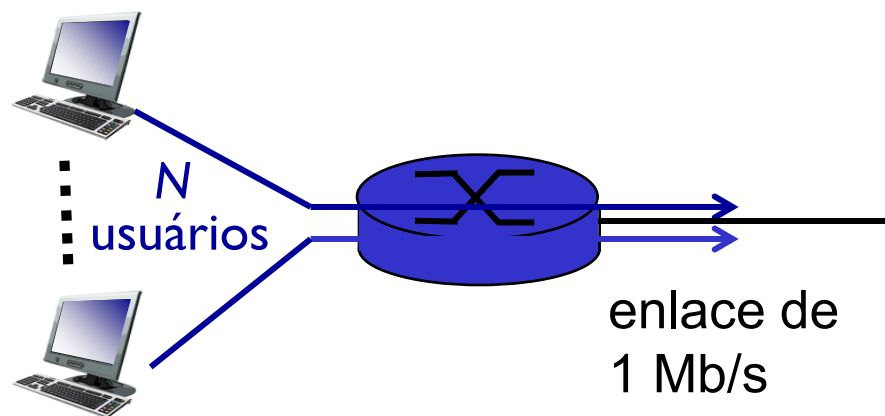
- Enlace de 1 Mb/s
- Cada usuário:
  - transmite 0.1 Mb/s quando ativo
  - Fica ativo 10% do tempo

## ❖ *Comutação de circuitos:*

- 10 usuários

## ❖ *Comutação de pacotes:*

- com 35 usuários, probabilidade de haver mais de 10 usuários ativos simultaneamente é aproximadamente 0.04%



Q: Como chegar ao valor 0.04%? ([Colab](#))

$$1 - \sum_{k=0}^{10} \binom{35}{k} (0,1)^k (0,9)^{35-k}$$

Q: O que acontece se houver mais de 10 usuários ativos?

# Comutação de pacotes vs. circuitos

## Comutação de pacotes é o vencedor?

- ❖ Bom para dados que não são transmitidos continuamente.
  - Partilhamento melhor de recursos.
  - Mais simples, não necessita configuração prévia do circuito utilizado na transmissão.
- ❖ **Possível congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes.
  - São necessários protocolos para transferência de dados confiável, controle de congestionamentos
- ❖ **Q: Como prover comportamento de comutação de circuito para comutação de pacotes?**
  - Garantias de taxas necessárias para apps de áudio/vídeo
  - Ainda um problema não resolvido

Analogia humana: reserva em restaurantes...

# 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, estrutura da rede, comutação de pacotes vs. de circuitos

D. Camadas de protocolos, modelos de serviços

# “Camadas” de protocolos

*Redes de comunicação são complicadas,  
com muitos elementos:*

- *hosts*
- roteadores
- enlaces de vários meios
- aplicações
- protocolos
- *hardware, software*
- ...

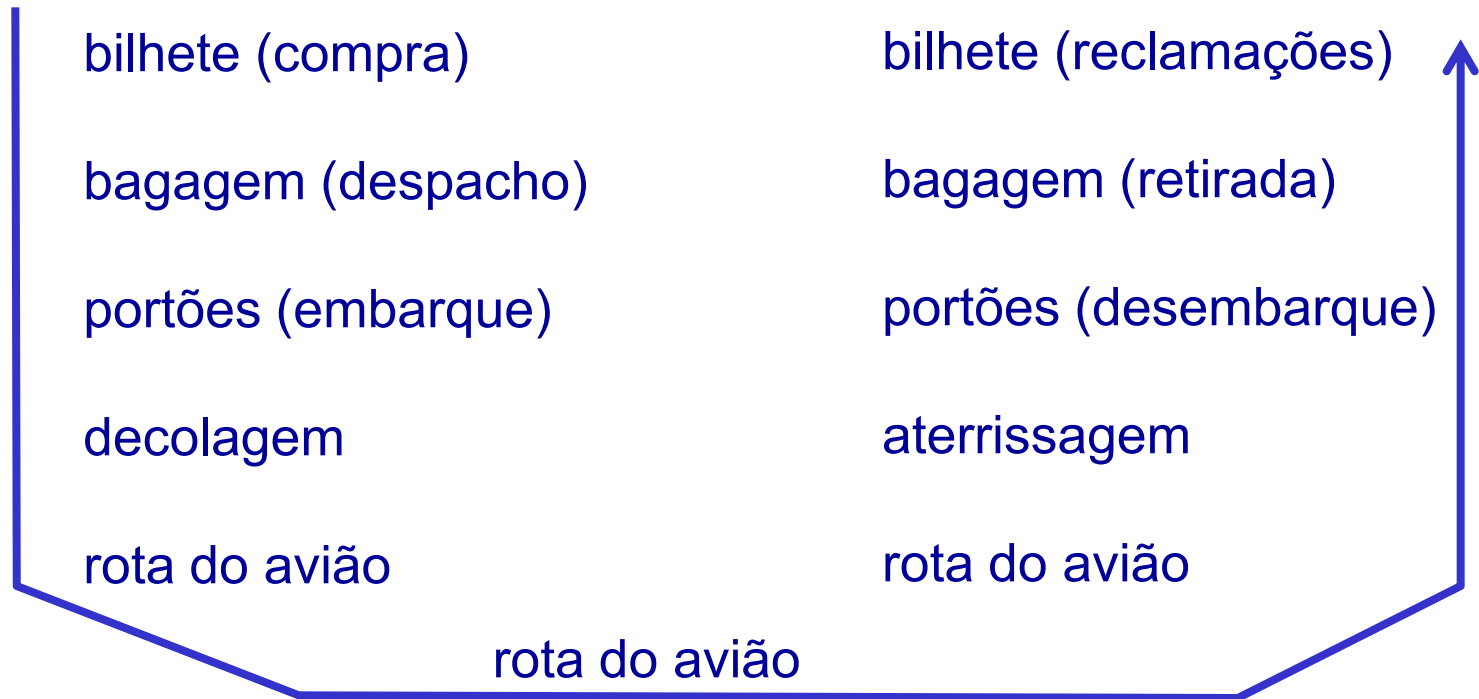
*Questão:*

Existe alguma esperança  
de *organizar* a estrutura  
da rede?

.... ou pelo menos nossa  
discussão de redes?

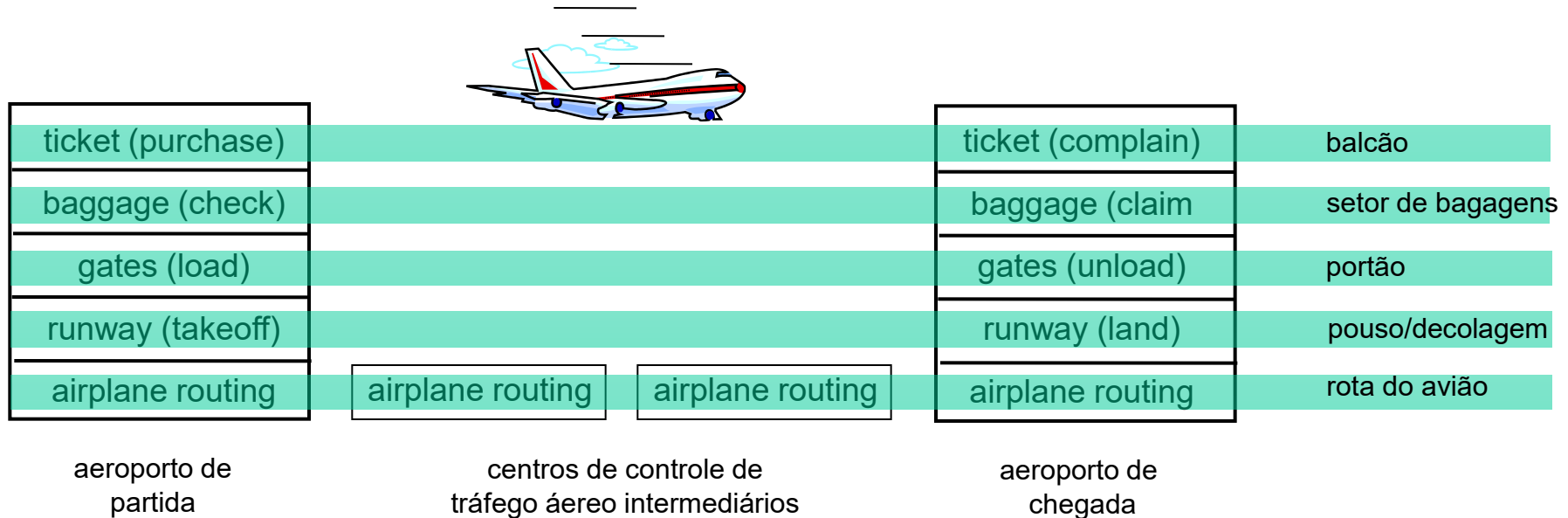


# Organização de uma viagem aérea



❖ Série de passos

# Distribuição em camadas da funcionalidade



**Camadas:** cada camada implementa um serviço

- via suas próprias ações internas à camada
- contando com serviços providos pela camada inferior

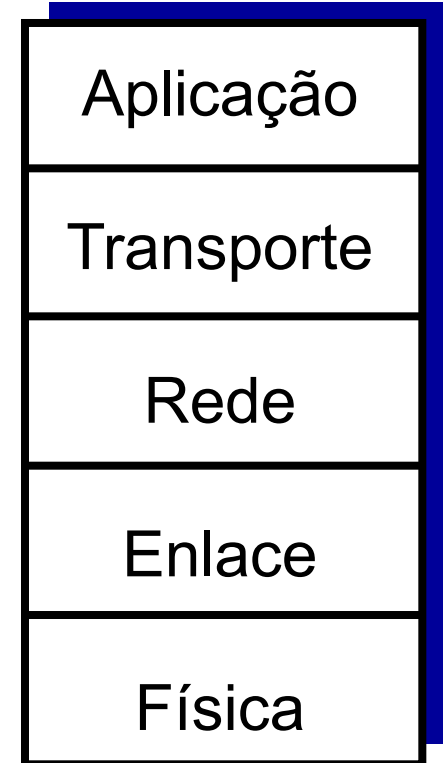
# Por que camadas?

Lidando com sistemas complicados:

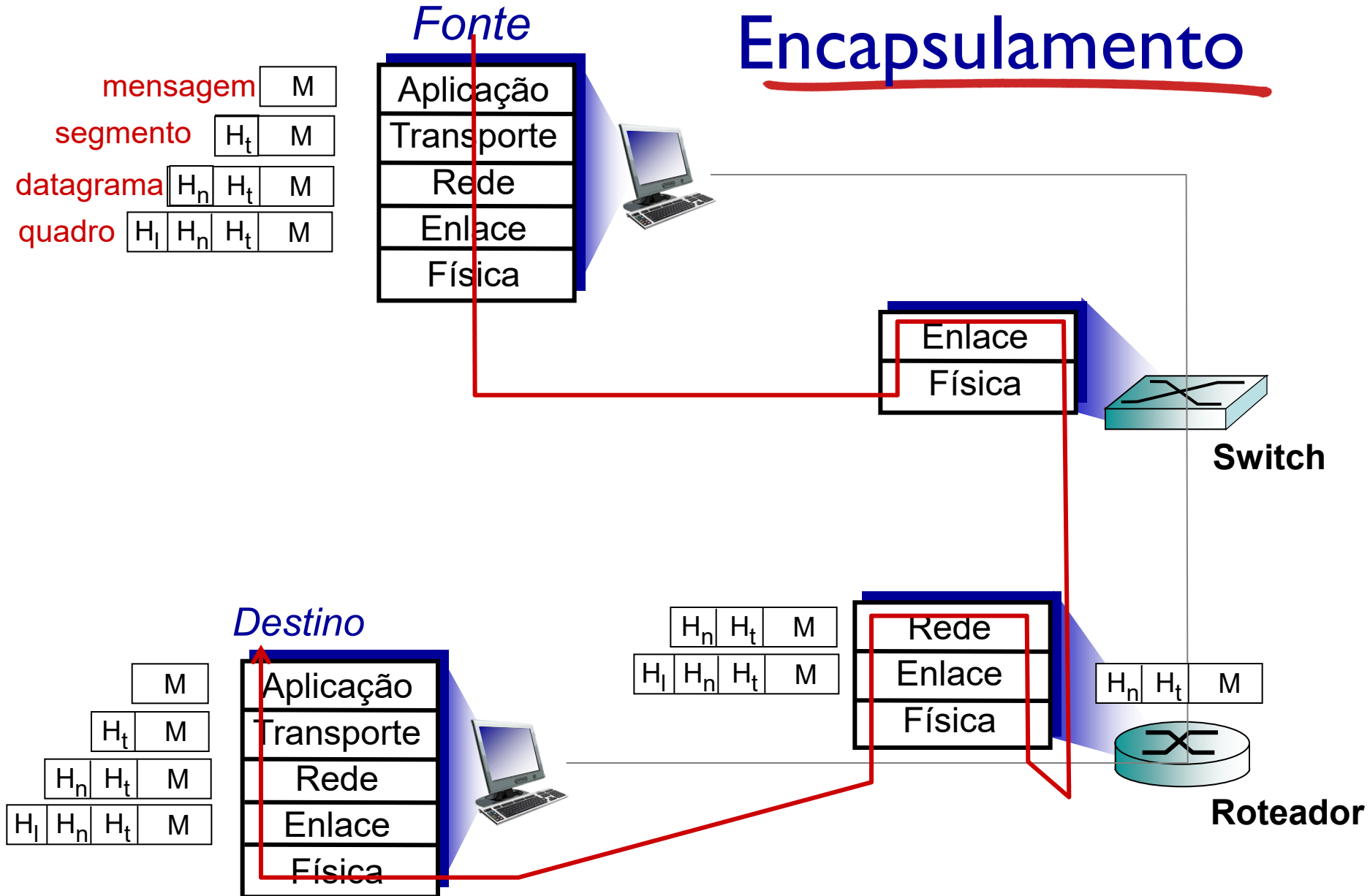
- ❖ Estrutura explícita permite identificação das relações entre as partes do sistema complicado
  - *Modelo de referência* em camadas para discussão (todos os especialistas sabem sobre qual parte se está falando)
- ❖ Modularização facilita manutenção e atualização do sistema
  - Mudança de implementação do serviço em uma camada é transparente para o resto do serviço
  - Por exemplo, mudar o procedimento de embarque/desembarque não afeta o resto do sistema

# Pilha de protocolos Internet

- ❖ **Aplicação:** contendo aplicativos de rede que geram mensagens
  - HTTP, SMTP, DNS, [Signal Protocol](#) (usado no Whatsapp, por exemplo), [Apple Airplay](#)...
- ❖ **Transporte:** transferência de segmentos aplicativo-aplicativo
  - TCP e UDP [[QUIC](#)...]
- ❖ **Rede:** roteamento de datagramas da fonte ao destino
  - IP, protocolos de roteamento
- ❖ **Enlace:** transferência de quadros entre elementos vizinhos na rede
  - Ethernet, WiFi, DOCSIS, ...
- ❖ **Física:** transmissão física dos bits; depende do meio de transmissão



# Encapsulamento



2) Uma mensagem  $M$  é encapsulada pelos protocolos UDP, IP e Ethernet, nessa ordem, conforme desce na pilha de protocolos. Como a mensagem se parece quando observada “no fio” do enlace Ethernet? Use  $U$  para representar o cabeçalho UDP e de forma similar  $I$  para IP,  $E$  para Ethernet e  $M$  para representar a mensagem. Escreva as partes na ordem em que elas são transmitidas “no fio”, isto é, a primeira parte transmitida vem mais a esquerda.

- (a) I U M.
- (b) M U I E.
- (c) E I U M.
- (d) U I E M.
- (e) M E I U.

(c). O encapsulamento adiciona externamente os cabeçalhos das camada inferior, o que significa que eles são enviados “no fio” em primeiro lugar e aparecem mais à esquerda. O enlace Ethernet carrega o cabeçalho Ethernet primeiro.