

# Resumo de Redes de Computadores

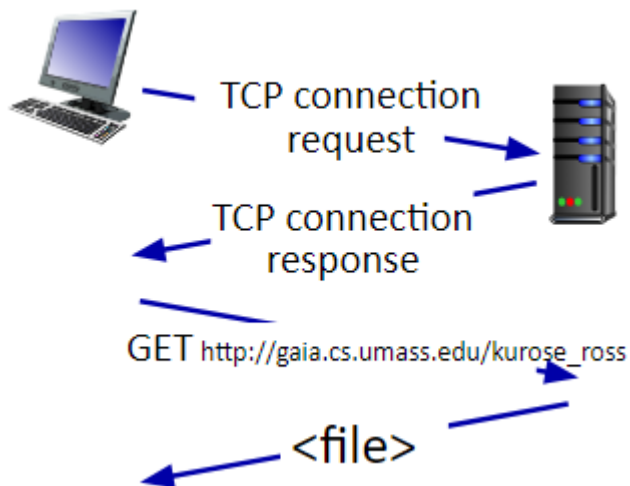
## Introdução

- Dispositivos conectados como *hosts* à borda da Internet.
- Switch de pacotes: repassam pacotes (conjuntos de dados) - roteadores ou switches

## Protocolos

Os protocolos definem o formato, a ordem das mensagens enviadas e recebidas entre as entidades da rede e as ações tomadas na transmissão e recebimento de mensagens.

Governam todas as comunicações da Internet.

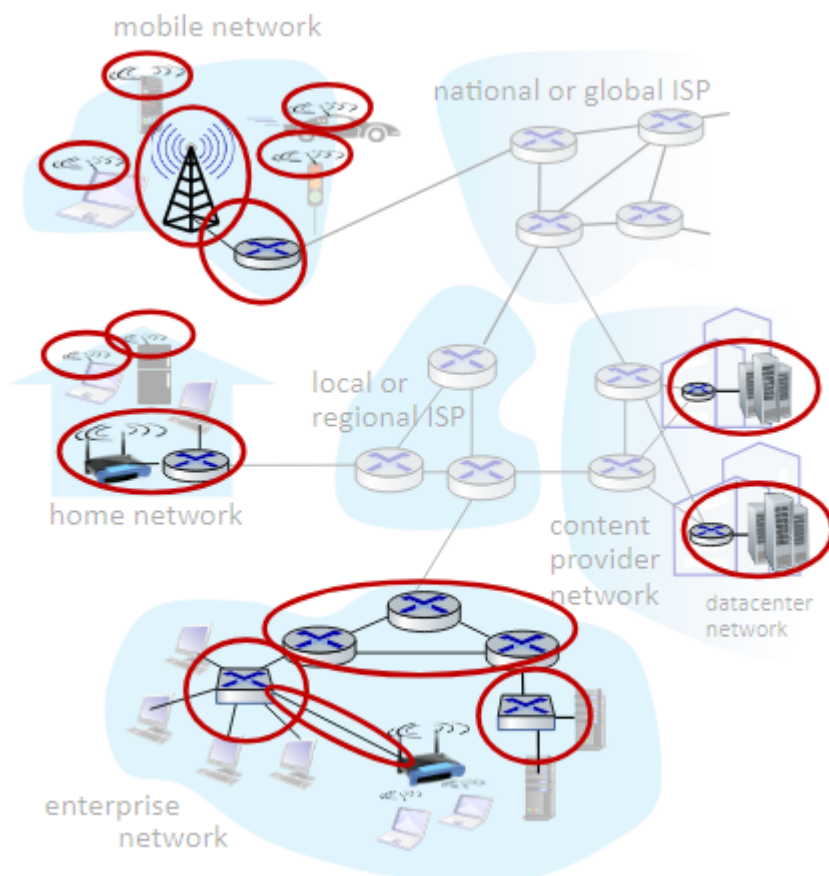


## Estrutura da Internet

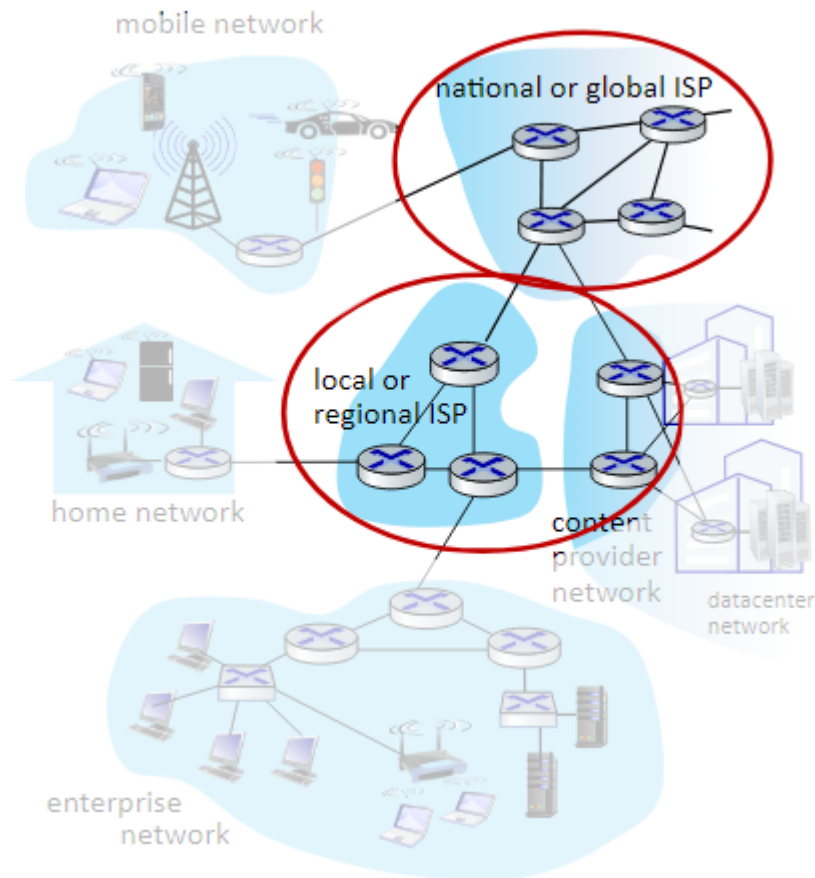
- **Borda da Rede:** Servidores e hosts (clientes e até outros servidores, às vezes);



- **Redes de Acesso**: Links de comunicação cabeada/sem fio, normalmente roteadores, switches, antenas;



- **Núcleo da Rede:** Roteadores interconectados, rede de redes.

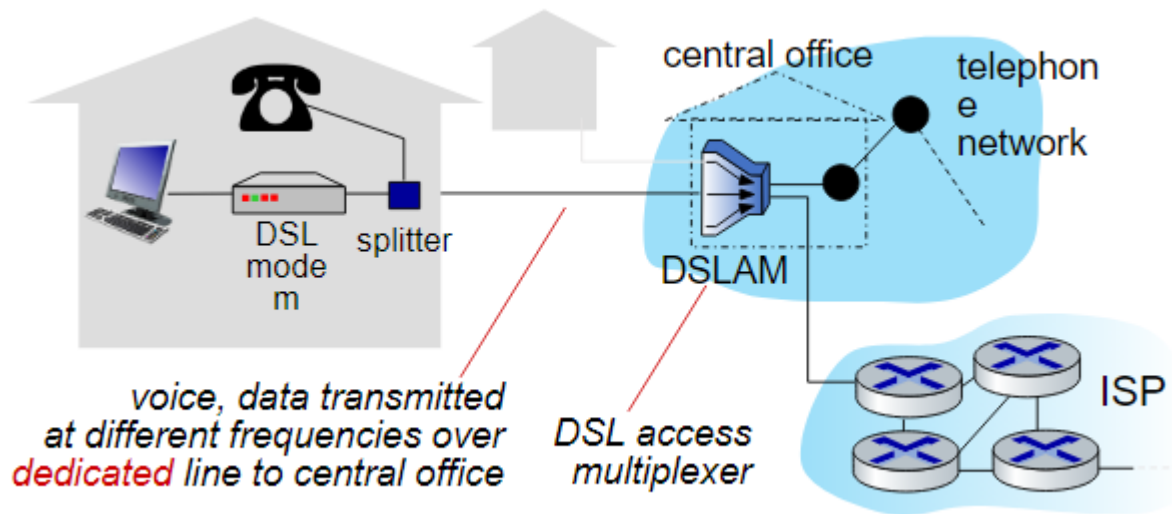


Como conectar os sistemas aos roteadores de borda? Por meio de redes residenciais ou institucionais ou por meio de redes celulares.

## Redes de Acesso

### DSL (Digital Subscriber Line)

Voz e dados são transmitidos em frequências diferentes em uma linha dedicada ao DSLAM(DSL access multiplexer) da central. É usado um *splitter* para separar, dados vão para internet e voz para o telefone.



## Wireless

Conectam sistema final ao roteador por um ponto de acesso.

- **WLANs** (Wireless local area networks): Aproximadamente 100m, com taxas variando de 11 a 450 Mbps
- **Redes Celulares**: A partir de provedores, faixa de dezenas de kms, e velocidade também próxima de dezena(s) de Mbps

## Redes Empresariais

Qualquer instituição. Composta por mistura de tecnologias com fio e sem fio e de tecnologias de switch e roteador.

## Data Centers

Alta largura de banda (dezenas ou centenas de Gbps) conectados a vários servidores e à Internet.

## Links: mídia física

- Os **bits** propagam entre os transmissores e receptores;
- **Link físico** é o que há entre o transmissor e o receptor;
- **Mídia guiada** é o sinal que propaga em um meio sólido/cabeado, enquanto a **mídia não guiada** se propaga livremente, como o rádio.

Algumas mídias físicas:

- Twisted pair: Cabo ethernet, cabo de cobre insulado.

- Cabo coaxial: Condutores de cobre, bidirecional e banda larga, suportando múltiplos canais, com menor transmissão.
- Fibra óptica: Fibra de vidro carregando pulsos de luz, cada um representando um bit. Operação de alta velocidade. Baixa taxa de erro.
- Rádio: Sinal carregado em várias bandas, sem fio. Sofre interferência do meio, por obstrução, reflexão, ruído. Tipos de link de rádio:
  - Wireless LAN (WiFi)
  - Ampla Área (celular)
  - Bluetooth
  - Satélite

## Núcleo da Rede

Rede de roteadores interconectados.

**Packet switching** (Comutação de Pacotes): hosts quebram mensagens em múltiplos *pacotes*, transmitindo de um roteador ao outro, da origem ao destino.

## Funções Principais

- Encaminhamento (Forwarding / Switching): Ação local de mover pacotes que chegam ao roteador ao link de saída apropriado
- Roteamento: Ação global que determina o caminho que pacote deve percorrer.

## Conteitos de Packet Switching

### Store and Forward

Todo o pacote deve chegar no roteador para ser transmitido para o próximo link.

### Queueing

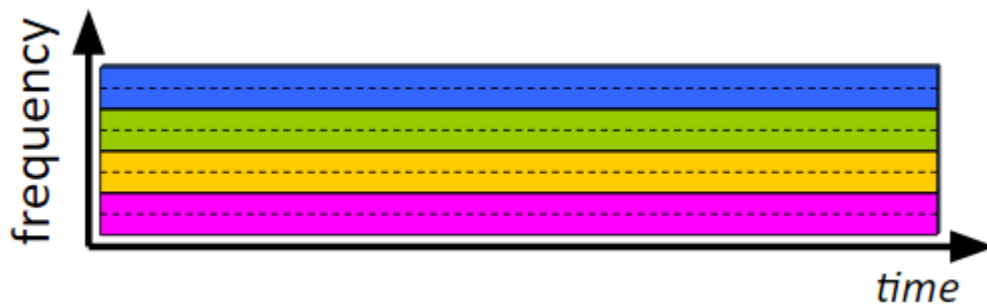
Ocorre quando chegam mais pacotes do que saem. Quando a transmissão de entrada total é maior que a de saída.

### Circuit Switching (Comutação de Circuitos)

Alternativa ao Packet Switching que evita filas. Recursos são alocados de ponta a ponta para a transmissão, sem compartilhamento, reservado para chamada entre a origem e o destino. Fica ocioso caso não seja utilizado pela chamada.

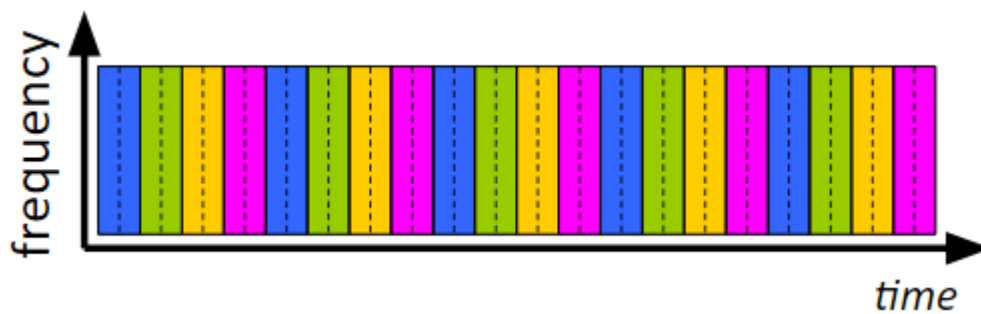
## FDM

Cada chamada alocada para uma banda, podendo ser transmitida apenas nela.

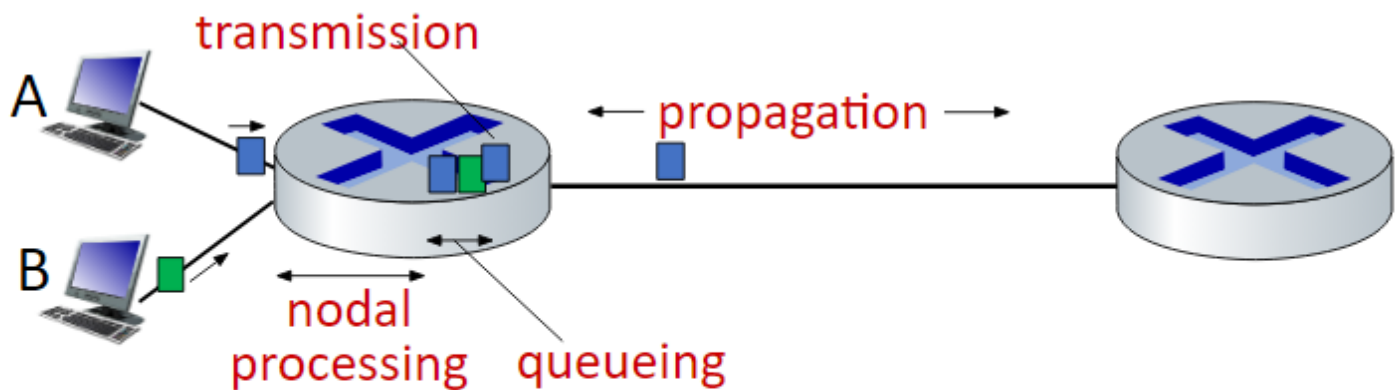


## TDM

Cada chamada tem um período de tempo que pode usar uma banda mais larga.



## Atraso de Pacote



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- $d_{\text{proc}}$  = processamento nodal: erros nos bits, determina link de saída, microssegundos;
- $d_{\text{queue}}$  = atraso por fila: tempo esperando no link de saída para a transmissão (parado na fila);

- $d_{trans}$  = atraso de transmissão: tempo que os pacotes levam para chegar ao link de saída.  
tamanho do pacote / taxa de transmissão =  $L/R$ ;
- $d_{prop}$  = atraso de propagação: tempo entre sair de um link a chegar no outro. tamanho do link / velocidade de propagação (luz) =  $d/s$

A taxa média de chegada de pacotes vezes o atraso de transmissão é chamado de intensidade de tráfego. Esse valor maior que 1 indica uma fila infinita, pois mais bits estão chegando do que saindo.

## Protocolos de Internet em camadas

De cima para baixo:

- **Aplicação:** Controla o envio e recebimento de mensagens entre as partes da aplicação. HTTP, IMAP, SMTP, DNS.
- **Transporte:** Transporta mensagens da camada de aplicação de um processo ao outro. TCP, UDP.
- **Network:** Transporta dados de host a host, origem a destino. IP, roteamento.
- **Link/Enlace:** Transmite dados entre aparelhos em ambas as extremidades do mesmo link de comunicação. Ethernet, 802.11 (WiFi), PPP.
- **Física:** Controle o envio de bits neste link.

## Mensagem Passando por Camadas

Vamos seguir o percurso de uma mensagem M através das camadas do modelo OSI:

1. Camada de Aplicação:
  - Nesta camada, a mensagem M é gerada pelo aplicativo ou serviço que deseja enviá-la. Por exemplo, um cliente de e-mail cria uma mensagem de e-mail.
2. Camada de Apresentação (**Não presente no protocolo da Internet**):
  - Nesta camada, a mensagem M pode ser submetida a transformações, como criptografia ou compressão, dependendo das necessidades de segurança e eficiência. Isso garante que os dados estejam em um formato apropriado para serem transmitidos.
3. Camada de Sessão (**Não presente no protocolo da Internet**):
  - Aqui, uma sessão de comunicação é estabelecida, o que significa que as informações de controle são adicionadas à mensagem para identificar o remetente e o destinatário, bem como para garantir que a comunicação seja gerenciada adequadamente.
4. Camada de Transporte:

- Nesta camada, a mensagem é segmentada em partes menores, chamadas de **segmentos** ou pacotes, se necessário, e cada segmento recebe um número de sequência. Isso permite o controle de fluxo e a reordenação dos segmentos na extremidade receptora, se eles chegarem fora de ordem.

#### 5. Camada de Rede:

- A mensagem é encapsulada em um pacote de rede, um **datagrama**, que inclui informações de roteamento, como endereços IP de origem e destino. Isso permite que o pacote seja encaminhado através da rede de dispositivos intermediários, como roteadores.

#### 6. Camada de Enlace de Dados:

- O pacote da mensagem é encapsulado em um **quadro** (frame) de enlace de dados, que adiciona informações de controle, como endereços MAC (Media Access Control) para identificar dispositivos na mesma rede local.

#### 7. Camada Física:

- Finalmente, o quadro de enlace de dados é convertido em sinais elétricos, ópticos ou de rádio, dependendo do meio físico de transmissão, para ser transmitido fisicamente pela rede.

Na extremidade receptora, o processo é revertido, com cada camada removendo suas informações específicas e passando a mensagem para a camada superior até que ela atinja o aplicativo de destino.

Essa abordagem em camadas permite que diferentes tecnologias e protocolos sejam usados em cada camada, o que torna a comunicação entre sistemas heterogêneos mais eficiente e interoperável.

# Camada de Aplicação

## A Aplicação

Uma aplicação da camada de aplicação é um software ou programa de computador que utiliza os serviços e protocolos disponibilizados pela camada de aplicação para executar funções específicas em um sistema de rede. Essas aplicações são projetadas para atender a necessidades específicas dos usuários, interagindo com outros aplicativos em diferentes dispositivos por meio da rede.

Um exemplo seria Navegadores da Web, como o Google Chrome, Mozilla Firefox e Microsoft Edge, são aplicativos que utilizam o protocolo HTTP para acessar páginas da web, tornando possível a navegação na internet.



# Modelo Cliente-Servidor

- Um aplicativo cliente solicita informações ou serviços a um aplicativo servidor, que está sempre ligado, com um IP fixo.
- O servidor fornece os recursos solicitados, e o cliente os utiliza.
- Clientes não comunicam diretamente entre si
- Exemplos de protocolos: HTTP, IMAP, FTP

## Arquitetura P2P

A arquitetura P2P (Peer-to-Peer / Par a Par) é um modelo em que cada dispositivo conectado à rede atua tanto como cliente quanto como servidor, compartilhando recursos diretamente entre si sem depender de um servidor centralizado.

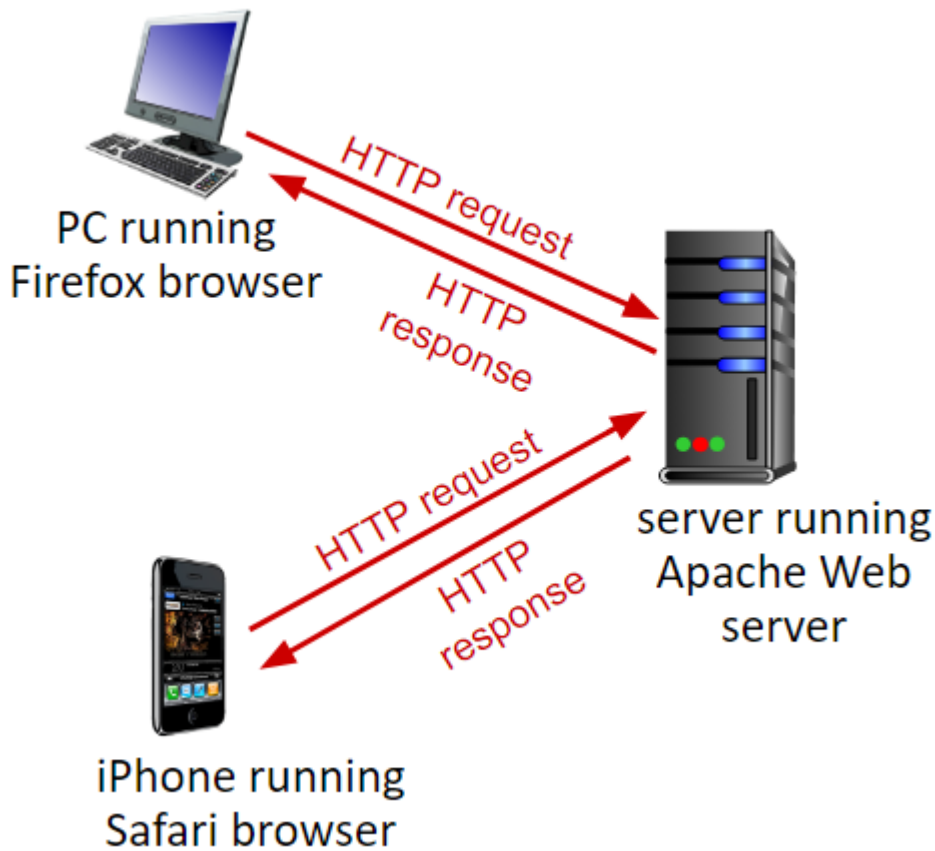
- Facilita a descentralização e a colaboração entre os participantes da rede.
- Novos dispositivos podem ser facilmente adicionados à rede, contribuindo com seus recursos para ela (**escalabilidade**).
- Exemplo: Torrent

## Sockets

Para permitir que vários aplicativos em um dispositivo se comuniquem com aplicativos em outros dispositivos, os sistemas operacionais usam portas e soquetes. Cada serviço de aplicação é associado a uma porta específica. Os soquetes são combinações de endereço IP e número de porta que permitem a comunicação ponto a ponto.

## HTTP

- É o protocolo usado pela camada de aplicação da web para a transferência de documentos hiperlinks.
- Segue o modelo cliente/servidor: navegador solicita, recebe e exibe objetos da Web / Servidor Web envia objetos em resposta a solicitações

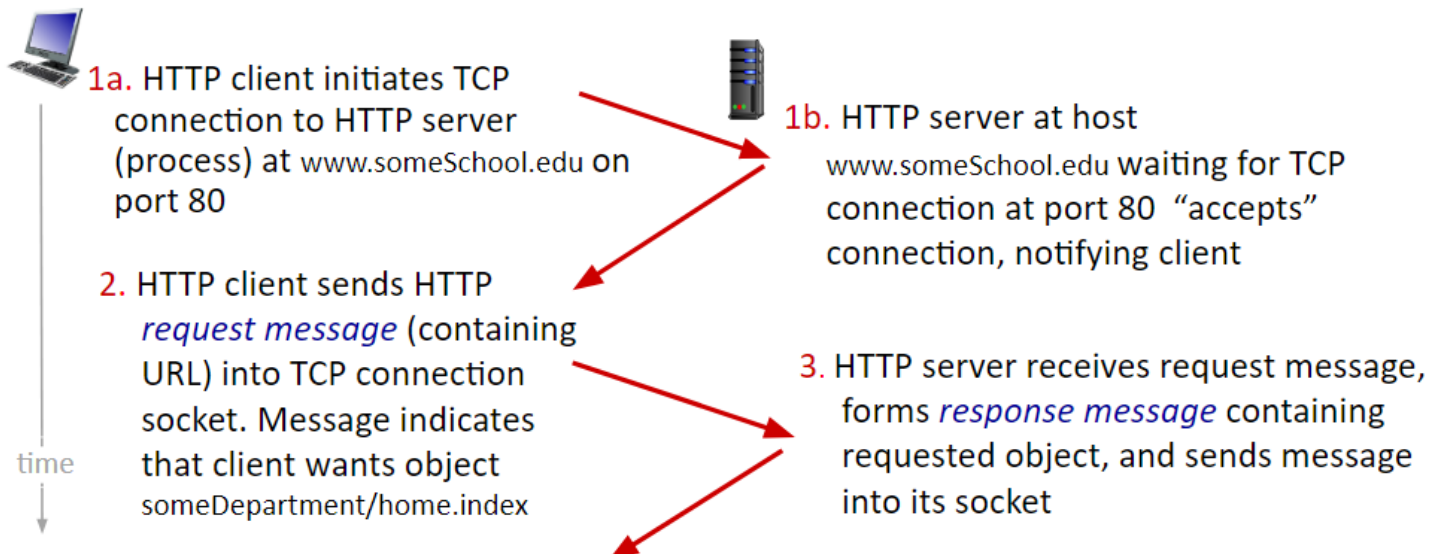


## HTTP Não-Persistente

### Exemplo

## Non-persistent HTTP: example

User enters URL: `www.someSchool.edu/someDepartment/home.index`  
(containing text, references to 10 jpeg images)





5. HTTP client receives response message containing html file, displays html. Parsing html file, finds 10 referenced jpeg objects

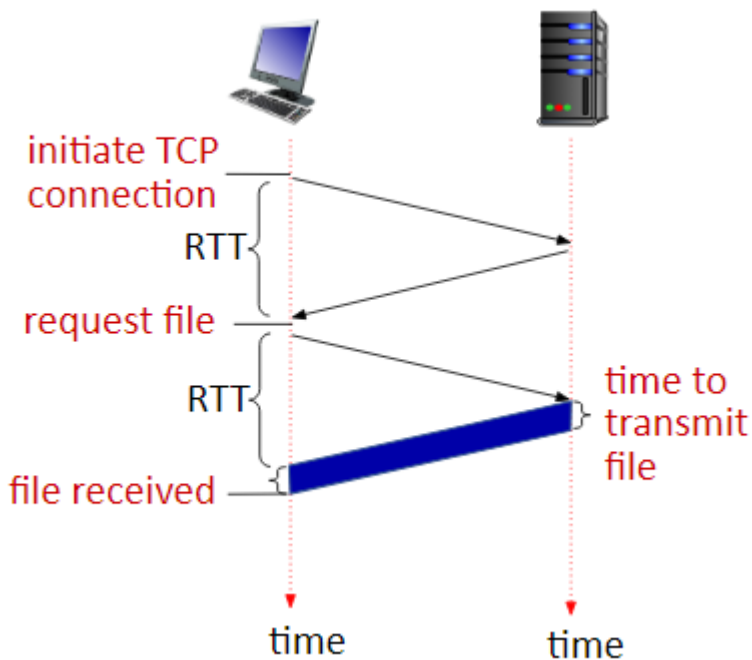
6. Steps 1-5 repeated for each of 10 jpeg objects

time

4. HTTP server closes TCP connection.



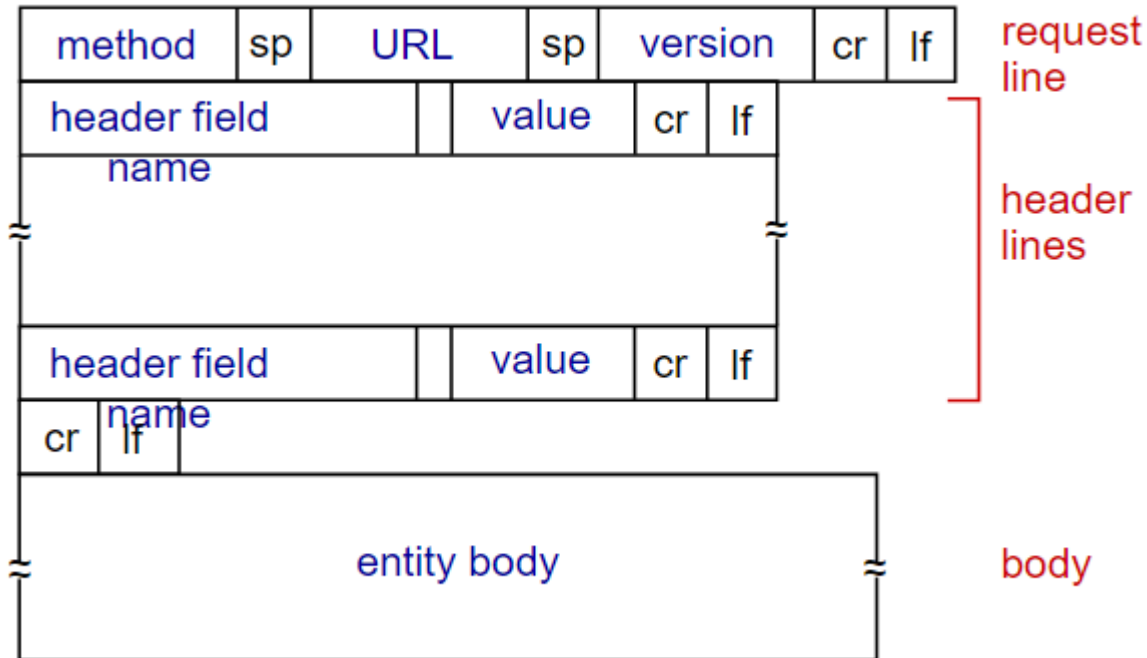
## Tempo de Resposta



- RTT: Tempo para um pacote viajar do cliente para o servidor e voltar
- Tempo de Resposta por Objeto (soma):
  - RTT de conexão TCP
  - RTT de requisição HTTP e retorno dos primeiros bytes de resposta
  - Tempo de transmissão do objeto/arquivo

# Formato de Mensagem HTTP

- Requisição:



- Resposta:
- Semelhante à requisição, porém tem uma status line, com a versão, e o código de status

## DNS (Domain Name System)

Traduz nomes de domínio em endereços IP, facilitando a navegação na web.

## Camada de Transporte

Responsável por garantir a entrega confiável, eficiente e ordenada de dados entre dispositivos finais em uma rede. O remetente (sender) quebra mensagens da aplicação em **segmentos** e o receptor (receiver) as remonta.

Dois protocolos de transporte disponíveis para aplicações da Internet são:

- **TCP** (Transmission Control Protocol): Orientado à conexão e altamente confiável. O TCP estabelece uma conexão antes de transmitir dados e garante que os dados sejam entregues sem erros, na ordem correta e sem duplicatas. Amplamente utilizado;

- **UDP** (User Datagram Protocol): Sem conexão e não confiável, adequado para aplicações que podem tolerar perda de dados ou desordem na entrega, mas exigem baixa latência, como videoconferência e jogos online.

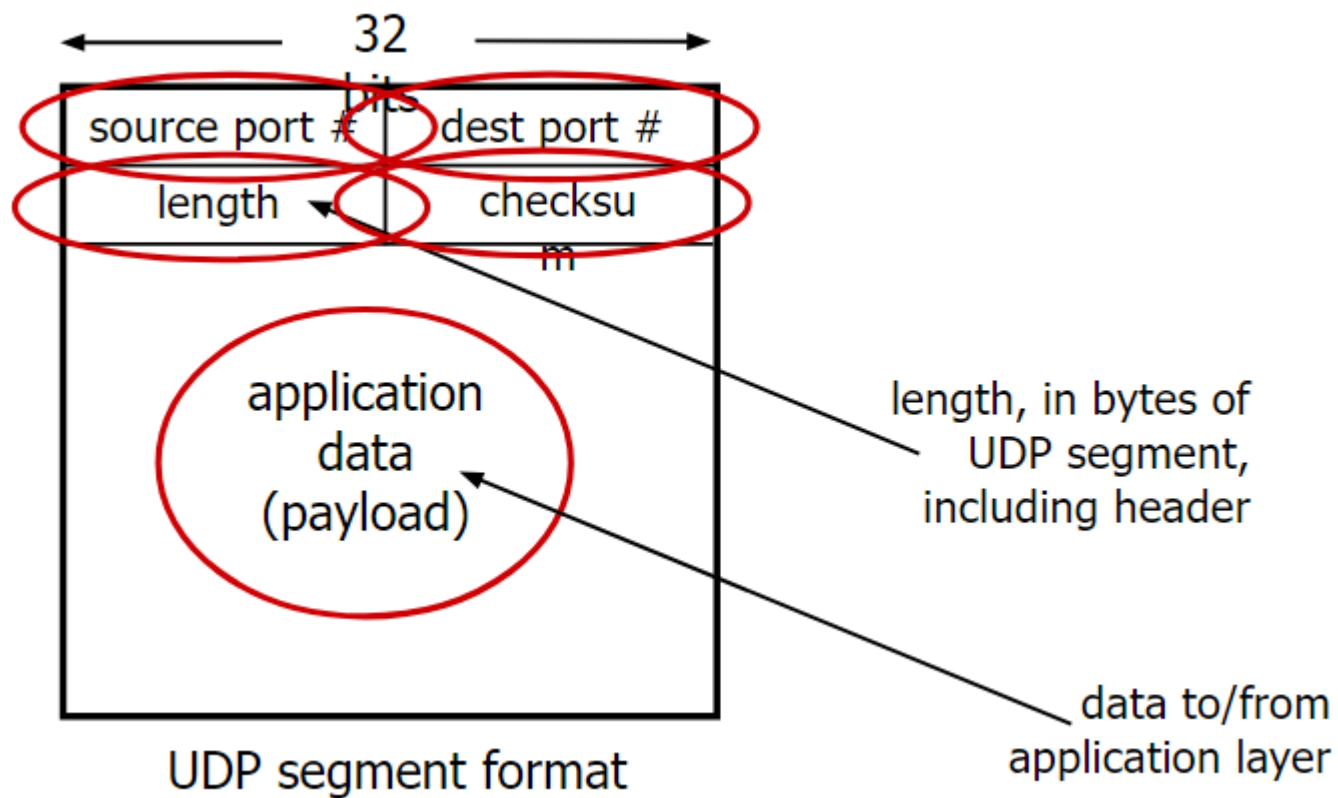
## Multiplexação/Demultiplexação

O protocolo de transporte multiplexa vários fluxos de dados em uma única conexão e, no destino, demultiplexa esses fluxos para entregá-los aos aplicativos corretos com base nas portas de destino.

Na Demultiplexação o host recebe datagramas IP, que contém os endereços IP de origem e de destino. Cada datagrama contém um segmento da camada de transporte, que informa a o número da porta. O host utiliza o IP de destino e a porta para direcionar para o soquete apropriado.

## UDP

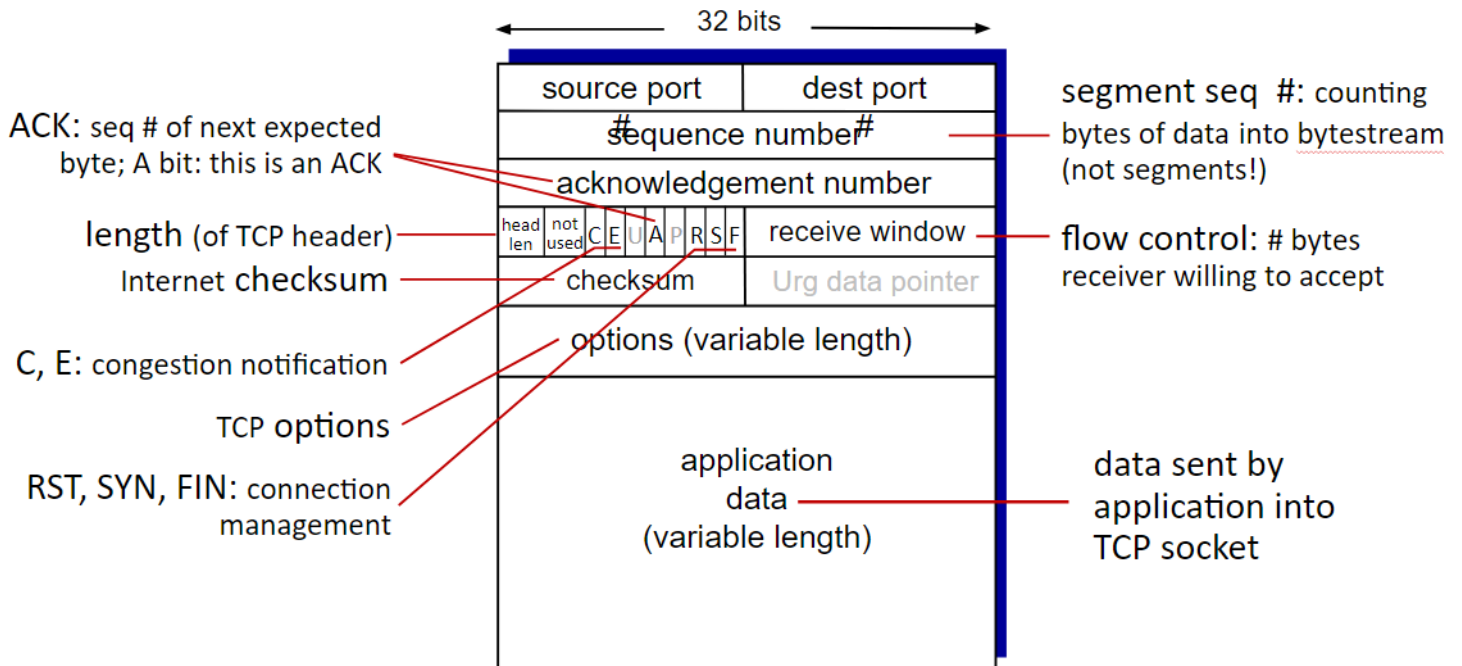
- Protocolo "sem frescura" e "básico"
- Não precisa de *handshake* entre *sender* e *receiver*
- Cada segmento UDP tratado independentemente dos outros
- Como não estabelece conexão, remove delay RTT
- Simples, com pequeno *header*
- Sem controle de congestionamento



## TCP

- Ponto a ponto: um *sender*, um *receiver*
- Full duplex data: dados podem fluir em duas direções simultaneamente
- Orientado a conexão: faz o *handshake*, troca de mensagens de controle e inicializa os estados das pontas antes de mandar dados
- Controle de fluxo: o remetente não sobrecarregará o destinatário

# TCP segment structure



## Camada de Rede

(chat)

A camada de rede é a terceira camada do modelo OSI (Open Systems Interconnection) e desempenha um papel fundamental na comunicação de dados em redes de computadores. Sua principal responsabilidade é fornecer um meio para rotear pacotes de dados da origem até o destino, atravessando possivelmente várias redes intermediárias. Aqui estão os principais conceitos e protocolos associados à camada de rede:

### 1. Endereçamento IP (Internet Protocol):

- Cada dispositivo na Internet é identificado por um endereço IP único. Os endereços IP são usados para rotear pacotes de dados de forma eficiente pela rede.

### 2. Roteamento:

- O roteamento envolve a seleção do caminho mais adequado para encaminhar pacotes de dados de uma origem para um destino. Os roteadores são dispositivos que operam nesta camada e tomam decisões de roteamento com base nos endereços IP dos pacotes.

### 3. Protocolos de Roteamento:

- Protocolos como o RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First) e BGP (Border Gateway Protocol) são usados para trocar informações de roteamento entre roteadores e manter tabelas de roteamento atualizadas.

#### **4. Encapsulamento de Pacotes:**

- Os dados enviados na camada de rede são encapsulados em pacotes que incluem informações de cabeçalho, como endereços de origem e destino. Isso permite que os roteadores e dispositivos intermediários determinem como encaminhar os pacotes.

#### **5. Fragmentação e Reassemblagem:**

- Em redes com diferentes MTUs (Maximum Transmission Units), os pacotes podem precisar ser fragmentados em pedaços menores na origem e reassemblados no destino para garantir a entrega adequada.

#### **6. Serviços de Camada de Rede:**

- A camada de rede oferece serviços como entrega de datagramas (pacotes) comutados ou orientados a conexão, seleção de rotas, encapsulamento de pacotes e verificação de erros.

#### **7. NAT (Network Address Translation):**

- O NAT é usado para traduzir endereços IP privados em endereços IP públicos, permitindo que vários dispositivos compartilhem um único endereço IP público para acessar a Internet.

#### **8. IPv4 e IPv6:**

- O IPv4 é o protocolo de endereçamento IP mais amplamente utilizado, mas seus endereços estão se esgotando. O IPv6 foi desenvolvido para superar essa limitação e fornece um espaço de endereço muito maior.

#### **9. ICMP (Internet Control Message Protocol):**

- O ICMP é um protocolo usado para enviar mensagens de controle e erros entre dispositivos de rede. Os "pings" são um exemplo comum de uso do ICMP para verificar a conectividade entre dispositivos.

#### **10. Firewall e Segurança de Rede:**

- A camada de rede desempenha um papel crucial na implementação de firewalls e na segurança da rede, controlando o tráfego de entrada e saída.



A camada de rede é essencial para garantir que os pacotes de dados sejam roteados de forma eficaz e segura pela Internet e por redes locais. Os protocolos e conceitos nesta camada garantem a conectividade e a comunicação confiável entre dispositivos em todo o mundo.

# Camada de Enlace

(chat)

A camada de enlace de dados, também conhecida como camada 2 no modelo OSI (Open Systems Interconnection), é a segunda camada do modelo de referência OSI e desempenha um papel fundamental na transmissão confiável de dados entre dispositivos adjacentes em uma rede. Ela lida com a comunicação entre dispositivos na mesma rede local (LAN - Local Area Network) e fornece mecanismos para a detecção e correção de erros de transmissão. Aqui estão os principais conceitos e protocolos associados à camada de enlace de dados:

## 1. Quadros (Frames):

- Os dados são divididos em quadros na camada de enlace. Um quadro é uma unidade de dados que inclui informações de controle, como endereçamento e verificação de erro, juntamente com os dados reais a serem transmitidos.

## 2. Endereçamento MAC (Media Access Control):

- Cada dispositivo de rede tem um endereço MAC único que identifica exclusivamente esse dispositivo em uma LAN. A camada de enlace usa esses endereços para determinar o destino dos quadros.

## 3. Protocolos de Acesso ao Meio:

- A camada de enlace lida com o acesso compartilhado ao meio físico em redes LAN. Protocolos como CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) são usados para evitar colisões de quadros transmitidos simultaneamente por diferentes dispositivos.

## 4. Comutação de Pacotes e Comutação de Quadros:

- A camada de enlace é responsável por encaminhar quadros de uma interface de rede para outra em um comutador (switch). Isso é conhecido como comutação de quadros.

## 5. Controle de Fluxo e Detecção/Correção de Erros:

- A camada de enlace pode implementar mecanismos de controle de fluxo para gerenciar o tráfego de quadros. Além disso, ela pode detectar e, em alguns casos, corrigir erros de transmissão por meio de técnicas como CRC (Cyclic Redundancy Check).

## **6. Pontes (Bridges) e Comutadores (Switches):**

- Dispositivos como pontes e comutadores operam na camada de enlace para encaminhar quadros entre diferentes segmentos de uma rede LAN. Eles tomam decisões baseadas nos endereços MAC para determinar para qual segmento encaminhar os quadros.

## **7. Protocolos e Padrões Comuns:**

- Alguns dos protocolos e padrões comuns da camada de enlace incluem Ethernet (IEEE 802.3), Wi-Fi (IEEE 802.11), e PPP (Point-to-Point Protocol), entre outros.

## **8. VLANs (Virtual LANs):**

- As VLANs são usadas para segmentar uma rede LAN em várias redes virtuais independentes na camada de enlace. Isso permite a separação lógica de dispositivos em uma rede física.

## **9. Jumbo Frames:**

- Alguns dispositivos e redes suportam quadros maiores conhecidos como "jumbo frames" para melhorar a eficiência da transmissão de dados em certos cenários.

A camada de enlace de dados é fundamental para garantir uma comunicação confiável e eficiente em redes locais. Ela atua como uma ponte entre a camada física (que trata da transmissão física de bits) e a camada de rede (que lida com o roteamento e encaminhamento de pacotes). A camada de enlace fornece recursos essenciais, como endereçamento MAC, controle de acesso ao meio e correção de erros, para facilitar a transmissão de dados entre dispositivos em uma rede local.

# **Roteador vs Switch**

Um roteador é usado para conectar redes diferentes, enquanto um switch é usado para conectar dispositivos dentro da mesma rede. Operam em camadas diferentes do modelo OSI.

# Redes Celulares

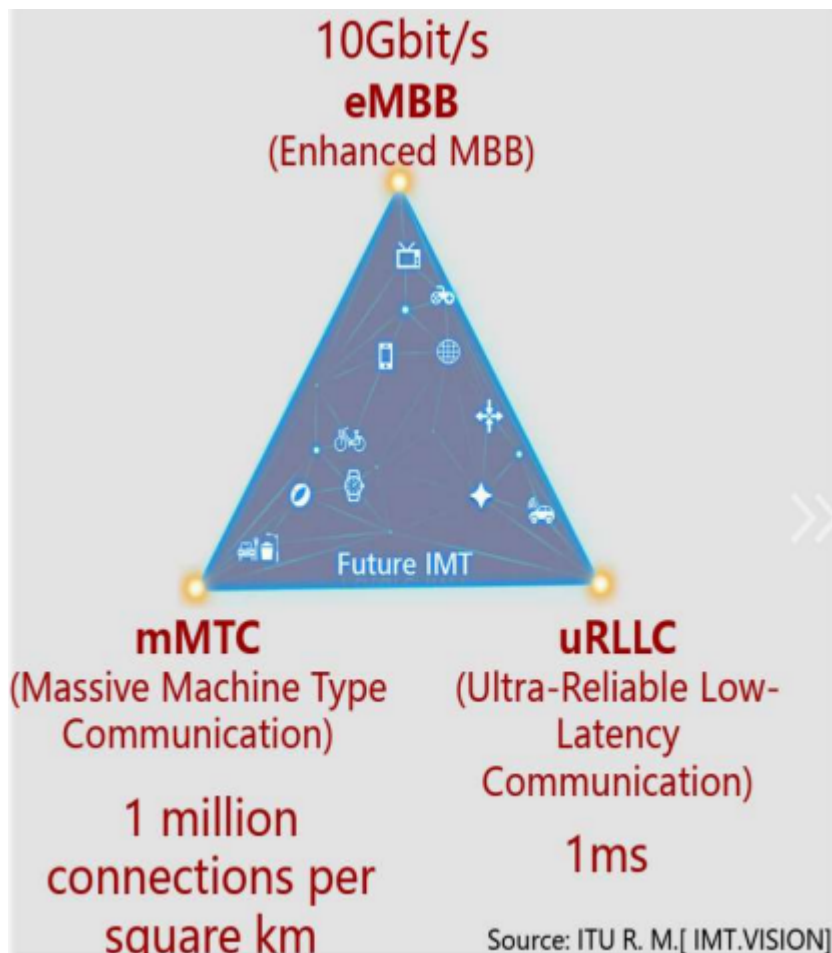
Em um mundo cada vez mais interconectado, a capacidade de se comunicar sem interrupções, independentemente de onde estejamos, tornou-se não apenas um luxo, mas uma necessidade. As redes celulares têm sido a espinha dorsal dessa revolução comunicativa. Nascidas de um conceito simples, porém genial, de dividir regiões geográficas em "células", cada uma servida por uma estação base, essas redes tornaram possível transmitir voz e dados com eficiência crescente ao longo dos anos.

O termo "celular" refere-se exatamente a esse design de múltiplas células, onde cada célula é essencialmente uma área de cobertura de rádio. Quando um dispositivo se move de uma célula para outra, a chamada ou conexão de dados é "entregue" de uma estação base para outra, permitindo mobilidade contínua.

Desde os primeiros dias do 1G (primeira geração) até as redes 5G e além, a tecnologia celular tem evoluído rapidamente. O 1G foi focado principalmente na transmissão de voz, enquanto o 2G introduziu a comunicação digital, abrindo caminho para mensagens de texto e outras formas básicas de comunicação de dados. O 3G e o 4G trouxeram velocidades de dados significativamente mais rápidas, tornando possível a navegação na web, streaming de vídeos, e muito mais, tudo isso em movimento. E o 5G, com sua promessa de latência ultra baixa e velocidades de gigabits, está pavimentando o caminho para aplicações como realidade virtual/aumentada, Internet das Coisas (IoT) e cidades inteligentes.

Esta breve visão geral serve como introdução ao fascinante mundo das redes celulares, uma tecnologia que não apenas moldou a forma como nos comunicamos, mas também transformou a maneira como vivemos, trabalhamos e nos divertimos. Através deste estudo, exploraremos a evolução, os princípios operacionais e o impacto transformador das redes celulares em nossa sociedade moderna.

# Diferença entre 4G e 5G



## Key KPIs of 5G

	Latency	Throughput	Number of Connection	Network Architecture
<b>5G</b>	<b>1ms</b> End-to-end Delay	<b>10Gbps</b> Every connection speed	<b>1,000K</b> Number of Connection every square km	<b>Slicing</b> capability
<b>GAP</b>	30~50x	100x	100x	NFV/ SDN
<b>LTE</b>	30~50ms	100Mbps	10K	Agile

➤ 4G cannot fulfill the requirements of the future applications

4G: O 4G usa frequências abaixo de 6 gigahertz (GHz).

5G: Além das frequências abaixo de 6 GHz (conhecidas como sub-6 GHz), o 5G utiliza frequências de ondas milimétricas (mmWave) acima de 24 GHz, proporcionando maior largura de banda e velocidades mais altas.

## Network Slicing

Conceito que permite criar redes virtuais independentes em uma única infraestrutura física compartilhada. Em essência, ele divide a rede 5G em várias "fatias" (slices), cada uma com recursos, características e desempenho dedicados a um conjunto específico de aplicativos ou casos de uso.

## Computação de Borda

Abordagem na qual o processamento de dados e a execução de aplicativos ocorrem mais próximos dos dispositivos finais, na borda da rede, em vez de depender de servidores centralizados em data centers remotos.

## Redes Ad Hoc

Redes ad hoc, em redes de computadores, são redes sem fio temporárias e autônomas que são criadas dinamicamente pelos próprios dispositivos, sem a necessidade de uma infraestrutura de rede fixa ou de um ponto de acesso central. Nessas redes, os dispositivos, como laptops, smartphones ou outros dispositivos móveis, se comunicam diretamente uns com os outros, formando uma rede temporária conforme necessário.

Aqui estão algumas características importantes das redes ad hoc:

1. **Topologia Dinâmica:** As redes ad hoc são altamente flexíveis e adaptáveis, pois os dispositivos podem entrar e sair da rede a qualquer momento. Isso significa que a topologia da rede pode mudar constantemente à medida que os dispositivos se movem ou se conectam.
2. **Comunicação Peer-to-Peer:** Os dispositivos em uma rede ad hoc se comunicam diretamente uns com os outros, agindo como clientes e servidores ao mesmo tempo. Não há necessidade de um ponto de acesso central.
3. **Configuração Automática:** Os dispositivos em uma rede ad hoc usam protocolos de autoconfiguração para determinar sua própria posição na rede, atribuir endereços IP e

estabelecer conexões com outros dispositivos próximos.

4. **Aplicações e Cenários de Uso:** As redes ad hoc são frequentemente usadas em cenários onde a infraestrutura de rede fixa não está disponível, como ambientes militares, emergências, redes de sensores sem fio e em situações onde a mobilidade é alta, como redes de veículos autônomos.
5. **Desafios:** As redes ad hoc enfrentam desafios, como problemas de segurança, gerenciamento de recursos, roteamento eficiente de pacotes e escalabilidade, devido à natureza dinâmica e descentralizada dessas redes.
6. **Protocolos de Roteamento:** Protocolos de roteamento ad hoc, como o AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) e o OLSR (Optimized Link State Routing), são usados para determinar as rotas de comunicação entre os dispositivos em uma rede ad hoc.
7. **Redes Mistas:** Em algumas situações, redes ad hoc podem ser combinadas com redes infraestruturadas, como redes sem fio tradicionais, para fornecer conectividade em cenários onde ambas são necessárias.

As redes ad hoc são uma solução valiosa para situações em que a conectividade de rede precisa ser estabelecida rapidamente em ambientes dinâmicos ou em locais onde a infraestrutura de rede convencional não está disponível. Elas oferecem flexibilidade e adaptabilidade, mas também apresentam desafios de gerenciamento e segurança que precisam ser considerados.