

Sistemas Multimídia

Aula 2: Fundamentos e Evolução das Comunicações

Professora Ana Luiza Scharf
IFSC - São José

Departamento de Telecomunicações

19 de Maio de 2026

Agenda da Aula de Hoje

Conteúdo Principal

- ① Revisão histórica das telecomunicações
- ② Comunicação síncrona vs. assíncrona
- ③ Mundo dos circuitos vs. mundo dos pacotes
- ④ Desafios do tempo real em redes IP
- ⑤ Qualidade de Serviço (QoS)
- ⑥ **Conceito Central: Separação Sinalização/Transporte**

Destaque Especial

Estudo de caso: Projeto Loon (Google)

Objetivos de Aprendizado

Ao final desta aula, você será capaz de:

- Diferenciar comunicação síncrona e assíncrona
- Compreender a evolução das telecomunicações
- Distinguir comutação por circuitos vs. pacotes
- Entender os desafios do tempo real em IP
- Identificar a necessidade de QoS
- **Explicar a separação entre sinalização e transporte**

Conceito Central da Disciplina

Separação entre Sinalização e Transporte

Contextualização: Por Que Estudar Isso?

- Sistemas multimídia precisam de comunicação eficiente
- Internet é baseada em pacotes (não-determinística)
- Precisamos de tempo real sobre rede de "melhor esforço"
- Entender o passado para projetar o futuro

network-evolution.png

Evolução das comunicações

Evolução Histórica das Comunicações

Circuitos

- **1876**
Telefone (Bell)
- **1900–1960**
Telefonia analógica
- **Até 1980**
Comutação por circuitos

Pacotes

- **1969**
ARPANET
- **1980–1990**
Redes IP
- **Anos 1990**
Internet comercial

Convergência

- **2000–2010**
VoIP
- **2010–2020**
WebRTC, streaming
- **Atual**
5G, IoT, tudo sobre IP

- **Circuitos:** canais dedicados e determinísticos
- **Pacotes:** compartilhamento de recursos
- **Convergência:** múltiplos serviços na mesma rede

Comunicação: Síncrono vs Assíncrono

Comunicação Síncrona

- Receptor recebe **durante** a transmissão
- Atraso previsível e curto
- Permite **diálogo** interativo
- **Exemplos:**
 - Telefone tradicional
 - Vídeo chamada
 - Conversa em tempo real

Comunicação Assíncrona

- Receptor recebe **após** transmissão
- Atraso significativo
- Sem sensação de diálogo
- **Exemplos:**
 - E-mail (anos 90: 24h)
 - Mensagens com atraso
 - Transferência de arquivos

A Realidade Atual: WhatsApp

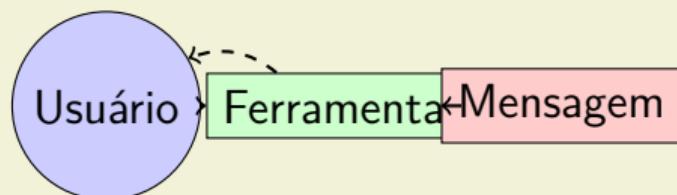
Pode ser **síncrono** (resposta em segundos) ou **assíncrono** (resposta em horas)

O uso define, não a ferramenta!

O Meio Afeta a Mensagem - Marshall McLuhan (1964)

"O meio é a mensagem"

- A tecnologia usada afeta **como** nos comunicamos
- Mesma ferramenta, diferentes usos
- **Percepção do usuário** é fundamental
- Para sistemas multimídia: projetar para a experiência



Exemplo Prático

TV a cabo vs TV satélite: narrador grita "gol" em tempos diferentes, mas quem assiste tem **percepção de instantaneidade**.

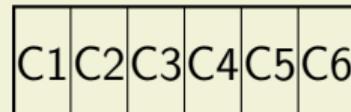
Comutação por Circuitos: O Mundo Determinístico

Características Principais

- **Recurso dedicado** (canal físico/lógico)
- **Determinístico**: latência previsível
- **Ordenado**: sequência preservada
- Alocação **prévia** do recurso
- **Custo**: Mantém recurso mesmo sem uso

Técnicas de Multiplexação

- **FDM**: Divisão por Frequência
- **TDM**: Divisão por Tempo
- 1 físico → N lógicos



Canais dedicados (TDM)

Analogia: Ponte com Pista Dedicada



Pista dedicada = Circuito
Outros carros não podem usar

- **Vantagem:** Garantia de qualidade
- **Desvantagem:** Custo alto (recurso ocioso)
- **Telefonia analógica:** 1 par físico = 1 conversa

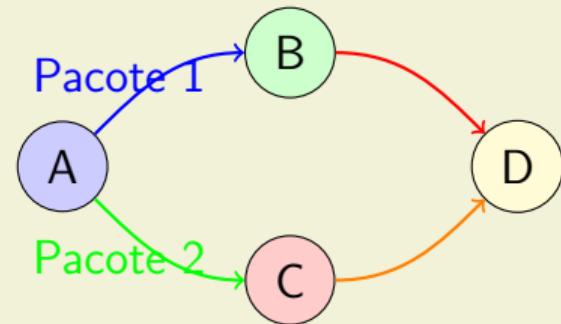
Comutação por Pacotes: O Mundo Não-Determinístico

Características

- Recursos compartilhados
- Não-determinístico: latência variável
- Melhor esforço (best effort)
- Alocação sob demanda
- Fragmentação da informação

Problemas Comuns

- Perda de pacotes
- Atraso variável (jitter)
- Desordenação na chegada
- Competição por recursos



Rotas diferentes

Tempo Real vs Síncrono - A Diferença Crucial

Comunicação Síncrona

- Tempo **curto** entre envio/recebimento
- Permite **diálogo** interativo
- Atraso perceptível, mas aceitável
- **Exemplo:** Chat com atraso de segundos
- WhatsApp resposta rápida

Tempo Real

- Tempo **muito curto** (milissegundos)
- Percepção de **instantaneidade**
- Atraso geralmente imperceptível
- **Exemplo:**
 - Telefonia (<150ms)
 - Vídeo conferência
 - Jogos online competitivos

Latência Aceitável

- **Voz:** < 150ms (ideal < 100ms)
- **Vídeo:** < 400ms (ideal < 200ms)
- **Jogos:** < 100ms (competitivo < 50ms)

Infraestrutura Global: Cabos Submarinos

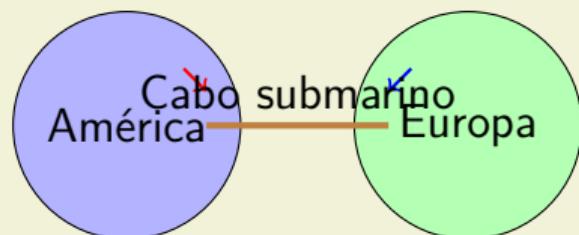
Submarine Cable Map

<https://www.submarinecablemap.com/>

- **Catalogados:** Principais rotas mundiais
- **Provedores:** Empresas mantenedoras
- **Capacidades:** Taxas de transmissão
- **Brasil:** Múltiplos caminhos disponíveis

Competição por Recursos

- Múltiplas fontes usam mesmos canais
- Cenário **competitivo**
- Necessidade de gerenciamento inteligente



Sobreprovisionamento de Recursos

Campus IFSC São José (Exemplo Real)

- **Enlace externo:** 10 Gbps
- **Uso médio (presencial):** 30 Mbps
- **Ocupação:** $\frac{30}{10000} = 0.3\%$
- **Margem:** Mais de 300 vezes o uso normal!

Sobreprovisionamento de Recursos

Estratégia de Sobreprovisionamento

- Provisionar **muito mais** que o necessário
- Atender picos de demanda
- Reduzir competição
- **Exemplo:** Ponte muito maior que o tráfego normal

Limitação

- Custo de infraestrutura
- Não elimina competição totalmente
- Picos ainda podem congestionar

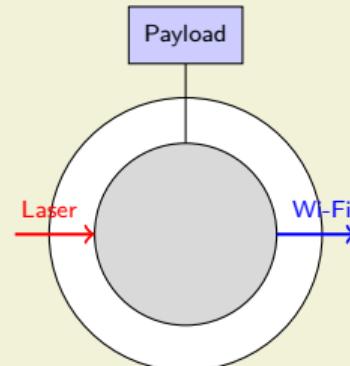
Estudo de Caso: Project Loon (Google X)

Visão Geral

- Internet global via balões estratosféricos
- Altitude: 20 km (estratosfera)
- Tecnologia: Comunicação laser + Wi-Fi mesh
- Controle: Apenas subir/descer (correntes de ar)

Desafios Técnicos

- Temperaturas extremas (-90°C a +50°C)
- Radiação UV intensa
- Alinhamento laser preciso
- Rede mesh dinâmica



Balão estratosférico

Estudo de Caso: Project Loon (Google X)

Por que descontinuaram?

Custo alto, concorrência com satélites de baixa órbita (Starlink)

Qualidade de Serviço em Redes IP

Problema Central

Como garantir comunicação síncrona/tempo real
em rede **não-determinística** (melhor esforço)?

Estratégias QoS:

- ① **Pré-alocação** (circuitos virtuais)
- ② **Priorização** (filas diferenciadas)
- ③ **Políticas de descarte**
- ④ **Sobreprovisionamento**

Elementos de QoS:

- Filas de prioridades
- Políticas de scheduling
- Mecanismos de controle
- Monitoramento de rede

Para alguém ter QoS, outro pode perder qualidade

Conceito Central da Disciplina

Separação entre Sinalização e Transporte



Ideia-chave

Primeiro o sistema **negocia e prepara**. Depois, os dados são **transmitidos**.

Sinalização vs Transporte

Sinalização

- Prepara o ambiente de comunicação
- Negocia recursos (codec, banda, endpoints)
- Estabelece e encerra sessões
- **Não transporta mídia**

Transporte

- Transmite áudio, vídeo ou dados
- Fluxo contínuo
- Sensível a atraso e jitter
- Ocorre após a sinalização

Exemplo: Telefonia

- **Sinalização:** discar, chamar, atender
- **Transporte:** conversa de voz
- **Protocolos:** SIP (sinalização) e RTP (transporte)

Por que Separar Sinalização e Transporte?

Vantagens Técnicas

- **Eficiência:** Não inicia sem condições
- **Flexibilidade:** Adapta-se a capacidades diferentes
- **Controle:** Gerencia múltiplas sessões
- **Interoperabilidade:** Protocolos diferentes

Vantagens Práticas

- **Escalabilidade:** Facilita crescimento
- **Manutenção:** Isolamento de problemas
- **Segurança:** Controle de acesso antes
- **Qualidade:** Verificação prévia

Exemplo Prático: Videochamada

- ① **Sinalização:** Negocia codecs, largura de banda, endpoints
- ② **Transporte:** Transmite áudio e vídeo em tempo real

Sistemas Autônomos e Perda de Controle

Definição de Sistema Autônomo (AS)

- Rede sob administração única
- Políticas próprias de roteamento
- Autonomia para decisões internas
- **Exemplo:** Provedor de internet, universidade

Problema para QoS End-to-End

- Controle **perdido** ao sair do AS local
- Dependência de outros provedores
- Dificuldade de garantir QoS global
- **Exemplo:** Chamada IFSC → Europa

Sistemas Autônomos e Perda de Controle

Solução Possível

- Acordos comerciais entre AS
- Serviços premium (pagamento)
- QoS apenas dentro do AS controlado

Resumo dos Conceitos Fundamentais

Evolução Tecnológica

- Circuitos → Pacotes
- Determinístico → Melhor esforço
- Dedicado → Competitivo
- Síncrono → Tempo real

Comunicação

- Assíncrono: atraso significativo
- Síncrono: diálogo, tempo curto
- Tempo real: instantaneidade

Arquitetura Essencial

- Sinalização \neq Transporte
- Preparação vs Execução
- Separação clara e necessária

Desafios e Soluções

- QoS: Priorização, pré-alocação
- Latência: Compensação, predição
- Competição: Sobreprovisionamento

Conceito Central:

Separação Sinalização/Transporte

Resumo Comparativo: Circuitos vs Pacotes

Comutação por Circuitos	Comutação por Pacotes
Determinístico	Não-determinístico
Previsível em todos os aspectos	Comportamento variável
Dedicado	Compartilhado
Recurso exclusivo	Competição por recursos
Caro	Econômico
Custo fixo alto	Custo por uso baixo
Limitado	Escalável
Restrições físicas	Expansão flexível
Ideal nativo para tempo real	Requer adaptação
Garantia intrínseca	Necessita QoS
Exemplos: POTS, TDM, FDM	Exemplos: Internet, VoIP, Vídeo

Tendência Atual

Tudo converge para redes IP, mas precisamos implementar QoS efetiva!

Próximos Passos e Atividades

Links e Recursos Importantes

- **Repositório exemplo:** github.com/barba_da_cara_preta/SM2021
- **Submarine Cable Map:** submarinecablemap.com
- **Project Loon:** x.company/projects/loon
- **Material da aula:** SIGA da disciplina

Dúvidas e Considerações Finais

Alguma dúvida sobre os conceitos apresentados?

- Diferença síncrono/tempo real?
- Comutação circuitos vs pacotes?
- Separação sinalização/transporte?
- Desafios de latência em tempo real?
- Projeto Loon e suas lições?

Próxima aula: Protocolos de sinalização na prática