



Redes de Computadores

Parte I: Introdução

Fevereiro, 2012

Professor: Reinaldo Gomes
reinaldo@dsc.ufcg.edu.br



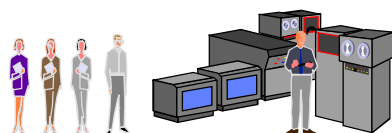
Evolução na Comunicação

- Comunicação sempre foi uma necessidade humana, buscando aproximar comunidades distantes
 - ▣ Sinais de fumaça
 - ▣ Pombo-correio
 - ▣ Telégrafo (século XIX) - Código Morse
 - ▣ Redes Telefônicas
 - ▣ Redes de Distribuição: TV, Rádio, TV a cabo



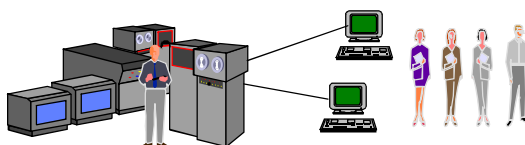
Evolução no Processamento

- Iniciada durante a década de 50, com o surgimento dos primeiros sistemas de computadores
- Baseados em grandes equipamentos para processamento e armazenamento de informações



Evolução no Processamento

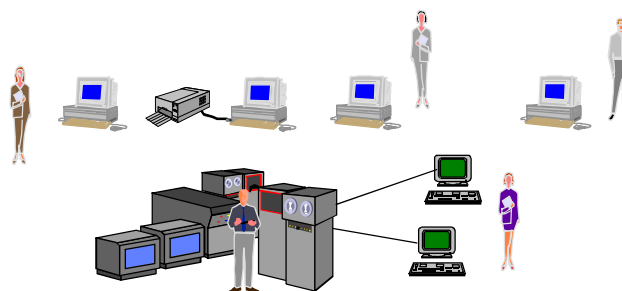
- Processamento batch (1950)
- Terminais interativos (1960) - sistemas operacionais de tempo compartilhado.
- Problemas:
 - confiabilidade
 - configuração do sistema não agradava ao usuário
 - dependência de um gerenciamento centralizado





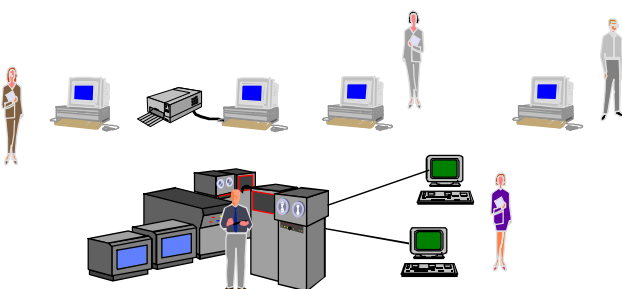
Evolução no Processamento

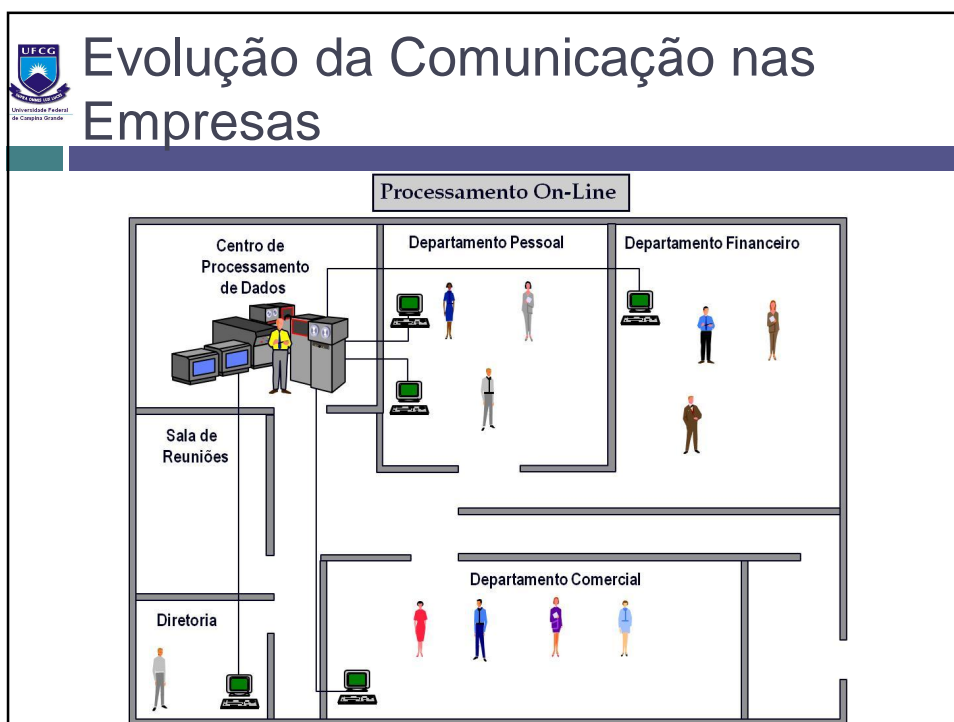
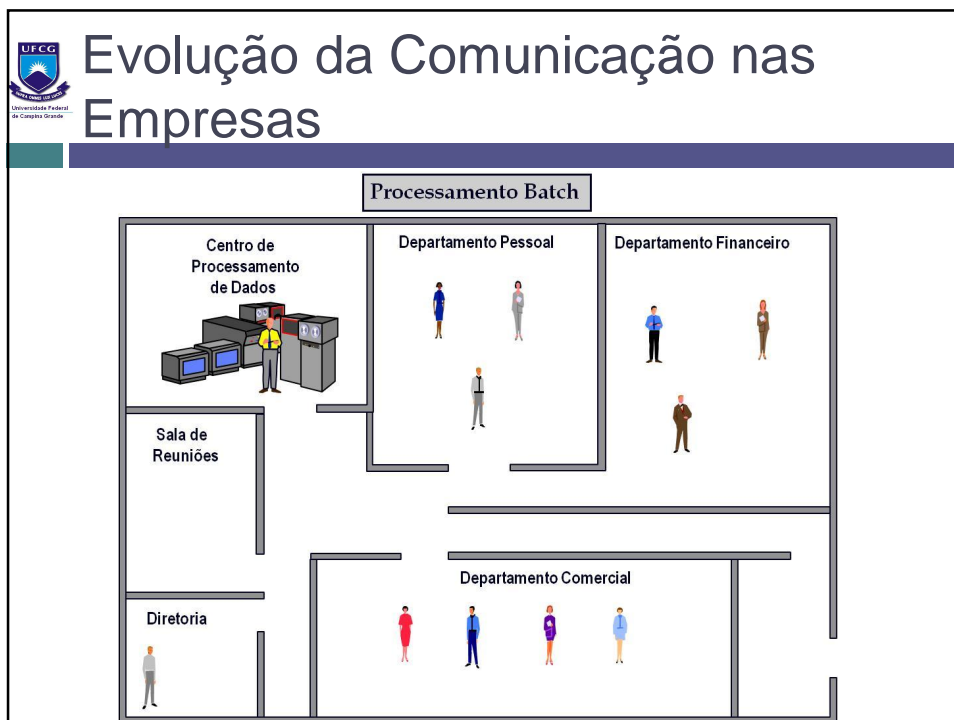
- Tecnologia digital e micro eletrônica
 - ▣ Mini e micro computadores pessoais com preço reduzido (1970)
 - Descentralização
 - Individualização

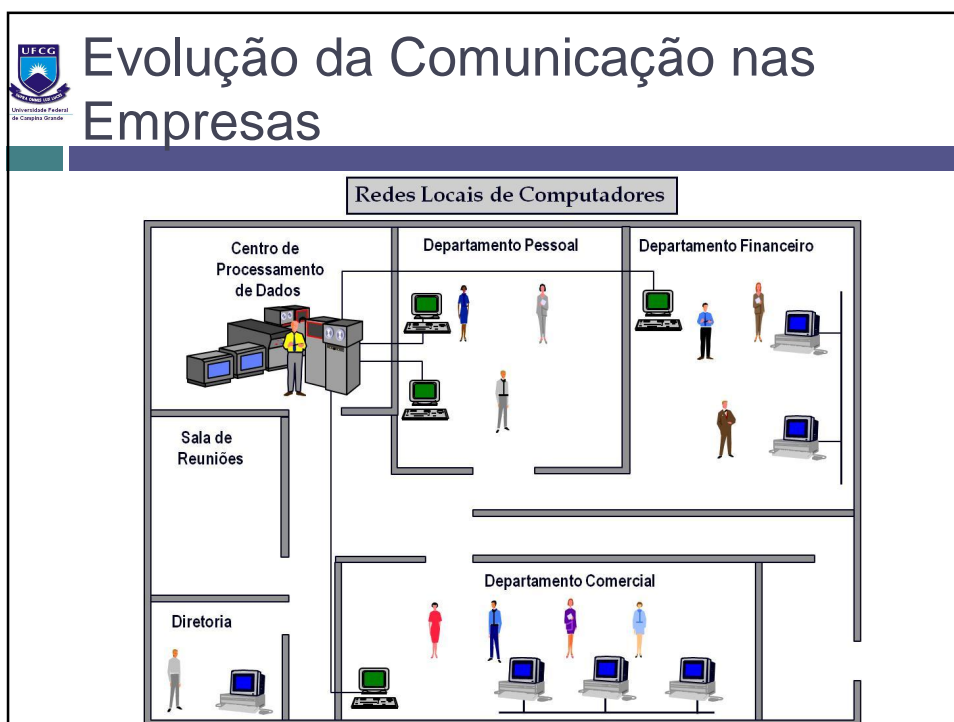


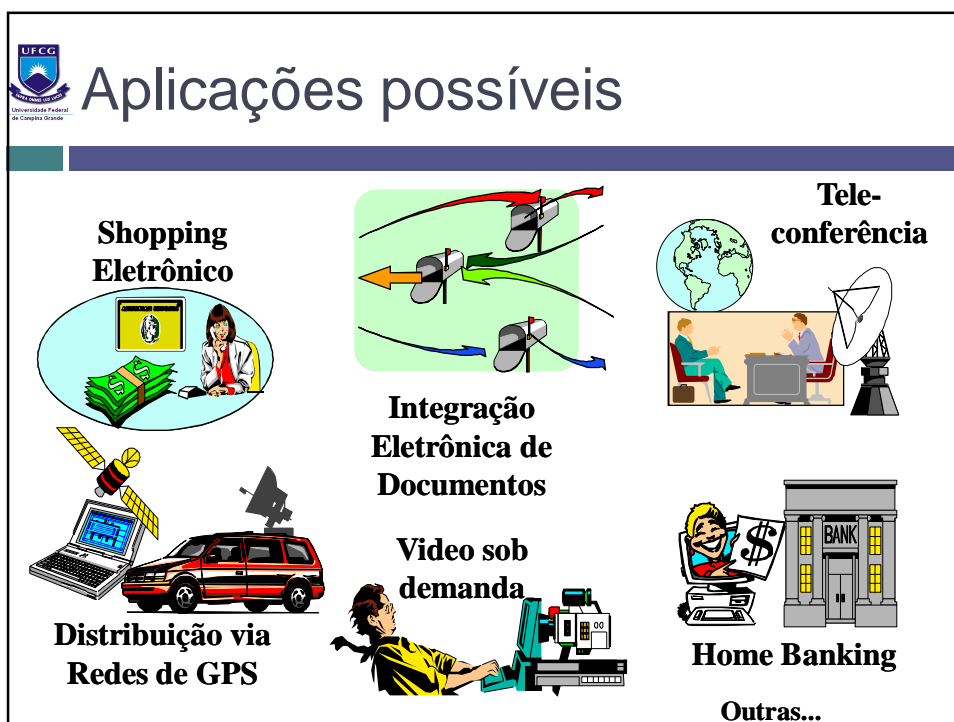
Evolução no Processamento

- Redes Locais
 - ▣ compartilhamento de recursos
 - ▣ distribuição e paralelismo
 - ▣ correio eletrônico
 - ▣ transferência de arquivos











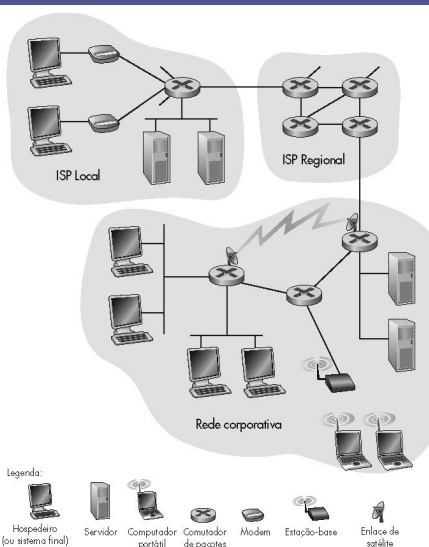
Redes de Computadores e a Internet

- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História



O que é a Internet?

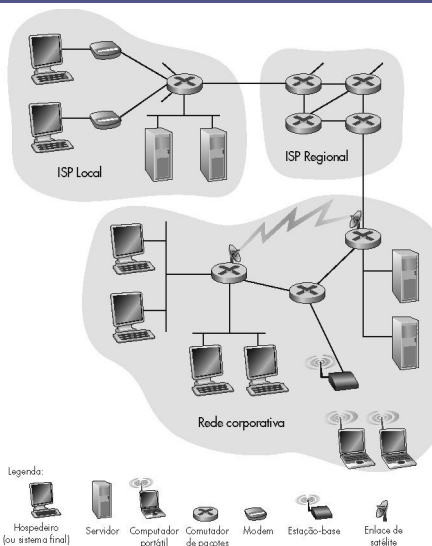
- Milhões de elementos de computação interligados:
 - hospedeiros = sistemas finais
- Executando aplicações distribuídas
- Enlaces de comunicação:
 - fibra, cobre, radiofrequência
 - largura de banda variável
- Roteadores: encaminham pacotes (blocos de dados) para seus destinos finais





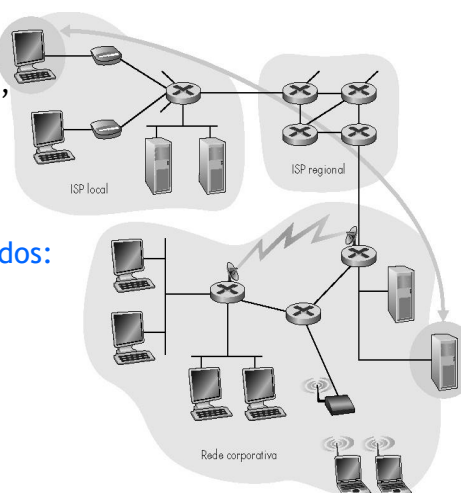
O que é a Internet?

- **Protocolos:** controlam o envio e a recepção de mensagens
ex.: PPP, IP, TCP, UDP, HTTP, FTP
- **Internet: “rede de redes”**
fracamente hierárquica
Internet pública e Internets privadas (intranets)
- **Internet standards**
RFC: *Request for comments*
IETF: *Internet Engineering Task Force*



Serviços de Internet

- **Infra-estrutura de comunicação**
permite aplicações distribuídas:
Web, e-mail, jogos, e-commerce,
compartilhamento de arquivos
- **Serviços de comunicação oferecidos:**
 - Sem conexão
 - Orientado à conexão





Redes de Computadores e a Internet

- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História



O que é um protocolo?

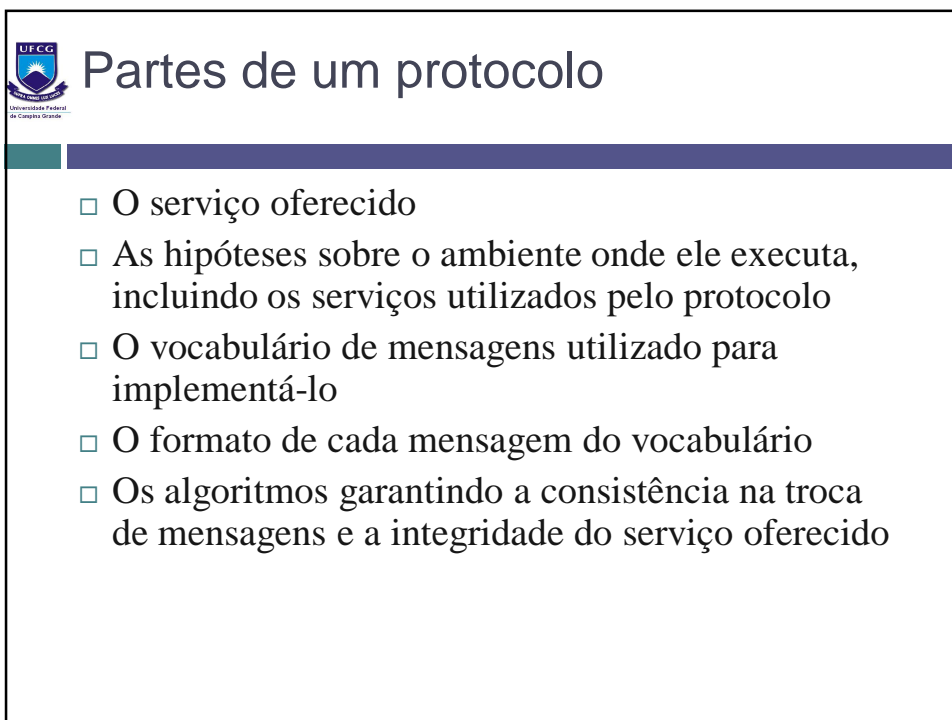
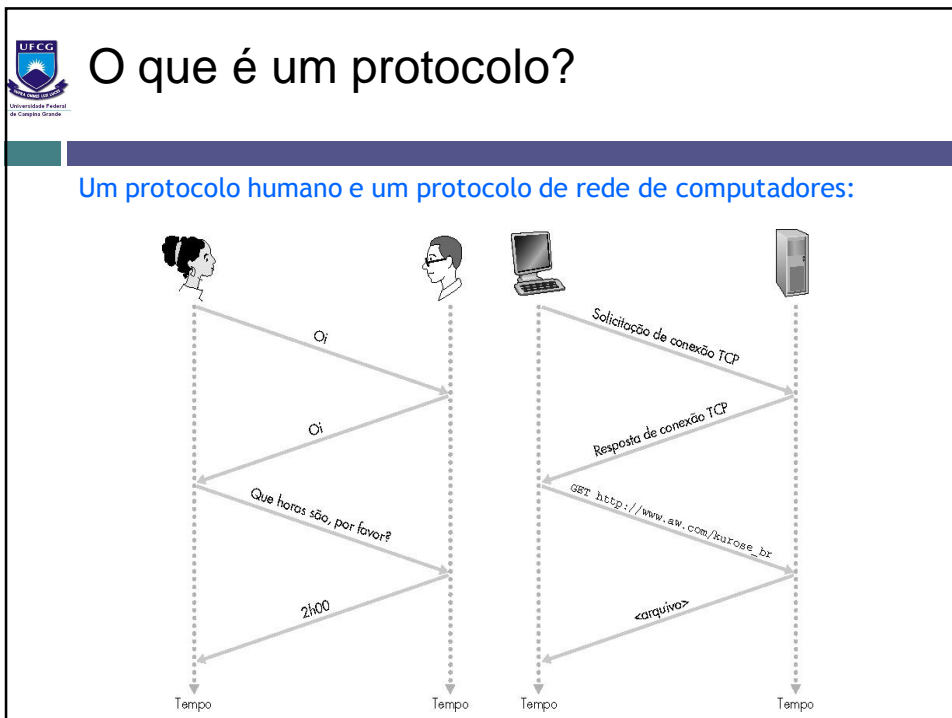
Protocolos humanos:

- “Que horas são?”
- “Eu tenho uma pergunta.”
- Apresentações
- ... msgs específicas enviadas
- ... ações específicas tomadas quando msgs são recebidas ou outros eventos

Protocolos de comunicação em redes:

- Máquinas no lugar de humanos
- Toda atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

PROTOSCOLOS DEFINEM OS FORMATOS, A ORDEM DAS MSGS ENVIADAS E RECEBIDAS PELAS ENTIDADES DE REDE E AS AÇÕES A SEREM TOMADAS NA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE MENSAGENS





O que estudaremos sobre protocolos?

- Como reconhecer um bom projeto de protocolo ?
 - Por exemplo, julgando pela sua sobrevivência: *Ethernet* e IP são bons; protocolos *token ring* não são muito bons.
- Quais os aspectos positivos e negativos em um protocolo?
 - Ex.: TCP se adapta a congestionamentos, mas assume que a Internet entrega os pacotes ordenados!
- Utilizaremos exemplos de protocolos para analisar estas e outras questões



Características de Protocolos

- **Especificação do protocolo:** A descrição do protocolo é completa e acurada.
- **Safety:** Um protocolo faz o que deve fazer todo o tempo.
- **Liveness:** Um protocolo é livre de *deadlock*.
- **Eficiência:** Um protocolo utiliza os recursos disponíveis de uma forma eficiente.
- **Justiça (fairness):** utilização **justa** ou **contratual** dos recursos
- **Simplicidade** é desejável mas não necessária!



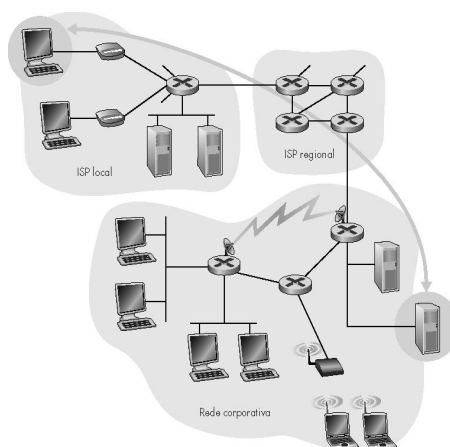
Desempenho de protocolos

- **Atraso médio:** Tempo entre a transmissão do primeiro bit e a recepção do mesmo pelo destino.
- **Vazão ou capacidade:** Número total de bits transmitidos dividido pelo tempo entre a transmissão do primeiro bit e a entrega do último bit no destino



Uma visão mais de perto da estrutura da rede:

- **Borda da rede:** aplicações e hospedeiros
- **Núcleo da rede:** roteadores rede de redes
- **Redes de acesso, meio físico:** enlaces de comunicação





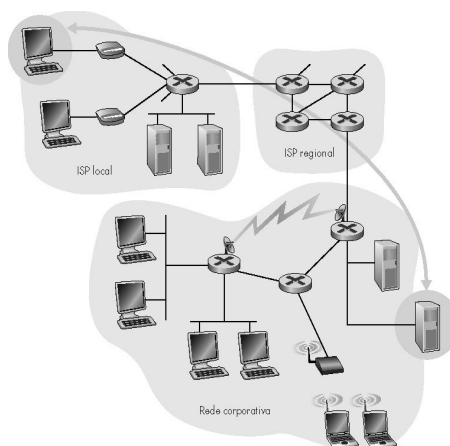
Redes de Computadores e a Internet

- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- **Borda da rede**
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História



As bordas da rede

- **Sistemas finais (hospedeiros):**
 - Executam programas de aplicação
 - Ex.: Web, e-mail
 - Localizam-se nas extremidades da rede
- **Modelo cliente/servidor**
 - O cliente toma a iniciativa enviando pedidos que são respondidos por servidores
 - Ex.: Web client (browser)/server; e-mail client/server
- **Modelo peer-to-peer:**
 - Mínimo (ou nenhum) uso de servidores dedicados
 - Ex.: Gnutella, KaZaA





Serviço Orientado a Conexão

Utilizado para transferência de dados entre sistemas finais

- *Handshaking*: estabelece as condições para o envio de dados antes de enviá-los
 - Alô: protocolo humano
 - **Estados de “conexão”** controlam a troca de mensagens entre dois hospedeiros
- TCP - *Transmission Control Protocol*
 - Realiza o serviço orientado à conexão da Internet

Serviço TCP [RFC 793]

- Transferência de dados confiável e seqüencial, orientada à cadeia de bytes
 - Perdas: reconhecimentos e retransmissões
- Controle de fluxo:
 - Evita que o transmissor afogue o receptor
- Controle de congestão:
 - Transmissor reduz sua taxa quando a rede fica congestionada



Serviço sem conexão

Utilizado para transferência de dados entre sistemas finais

- O mesmo de antes!
- **UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]: oferece o serviço sem conexão na camada de Transporte da Internet
 - Transferência de dados não confiável
 - Sem controle de fluxo
 - Sem controle de congestão

Aplicações que utilizam TCP:

- HTTP (Web), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (e-mail)

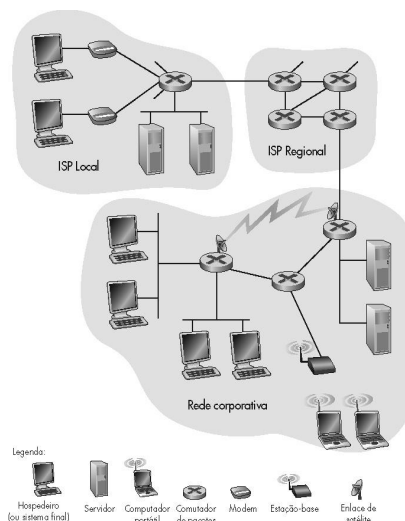
Aplicações que utilizam UDP:

- Streaming media, teleconferência, DNS, telefonia IP



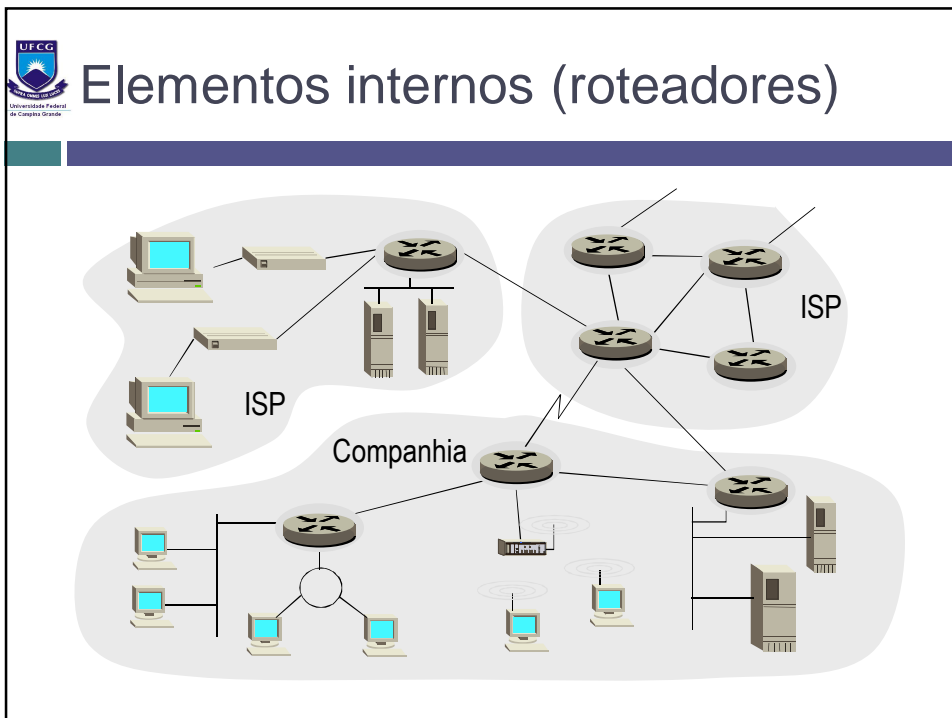
O núcleo da rede


- Malha de roteadores interconectados
- **A questão fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
- **Comutação de circuitos:** usa um canal dedicado para cada conexão.
Ex.: rede telefônica
- **Comutação de pacotes:** dados são enviados em “blocos” discretos



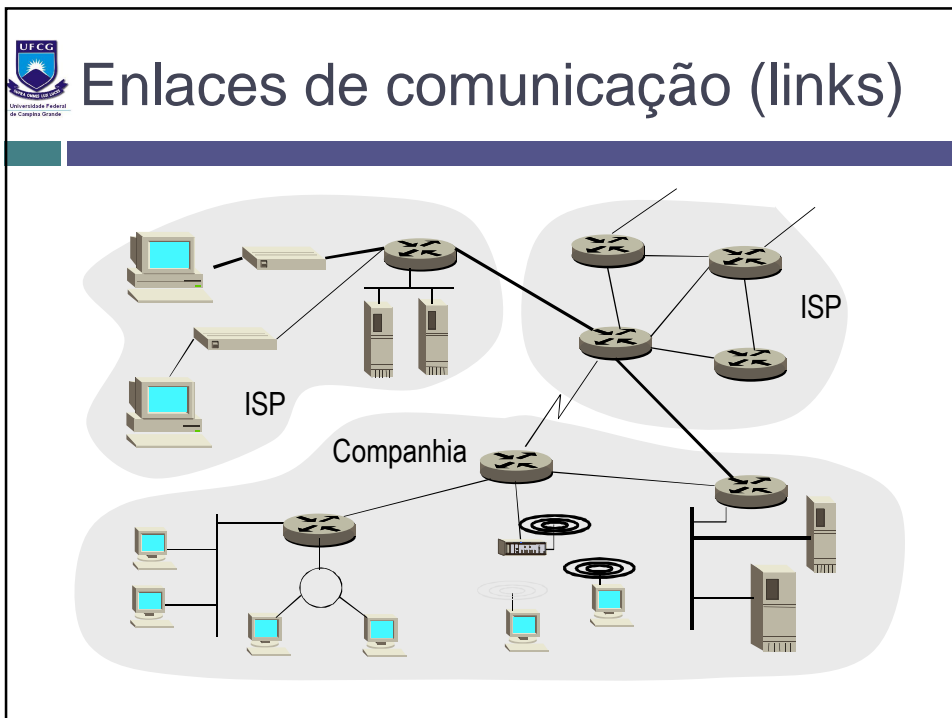
Redes de Computadores e a Internet


- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- **Núcleo da rede**
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História



 Elementos internos (roteadores)

- Decidem pela melhor rota ou caminho a ser tomado por uma mensagem em trânsito
- O destinatário pode estar **diretamente conectado** ao roteador ou não
- Cada roteador possui portas onde se **conectam os enlaces ou linhas de comunicação**
 - ▣ Quanto mais portas mais complicado/demorado é para um roteador decidir para onde **encaminhar** a mensagem em trânsito



 Enlaces de comunicação (links)

- ❑ **Propagam as mensagens entre duas ou mais estações**
- ❑ Os enlaces são formados por **meios físicos de transmissão** de **sinais ópticos ou eletro-magnéticos**
 - ▣ Ar (rádio frequência, canais de satélite, etc.)
 - ▣ Fios metálicos (cobre, etc.)
 - ▣ Fibra ótica
- ❑ Cada meio tem vantagens e limitações (+depois)



Enlaces de comunicação (links)

Exemplos:



Comutação

- Como os enlaces serão compartilhados entre as diversas estações comunicantes?
- **Comutação ou chaveamento**
 - ▣ Forma como será realizada a alocação de recursos para a transmissão na rede
- Modalidades de comutação
 - ▣ Comutação de circuitos
 - ▣ Comutação de pacotes

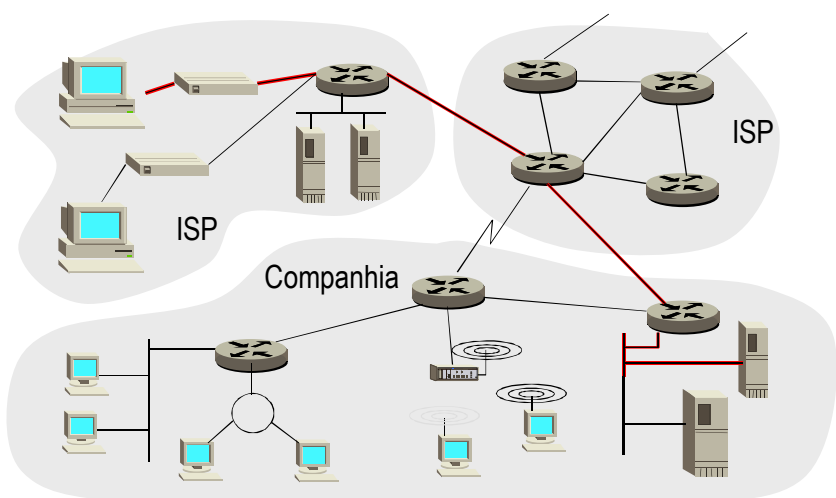


Comutação de circuitos

- Os recursos necessários ao longo de um caminho (enlaces, buffers, banda, etc) são **reservados** durante o tempo em que durar a comunicação
- Recursos dedicados: **não há compartilhamento**
- Formação de um **circuito virtual**
- Necessidade de estabelecimento da conexão fim-a-fim
- Exemplos:
 - Rede telefônica



Comutação de circuitos





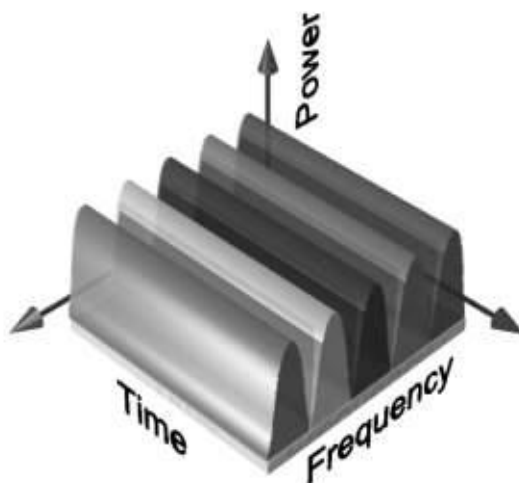
Comutação de circuitos

Recursos da rede (ex.: capacidade de transmissão)
dividido em “pedaços”

- “Pedaços” alocados às chamadas
- “Pedaço” do recurso desperdiçado se não for usado pelo dono da chamada (sem divisão)
- Formas de divisão da capacidade de transmissão em “pedaços”
 - Divisão-em-frequência (FDM)
 - Divisão temporal (TDM)

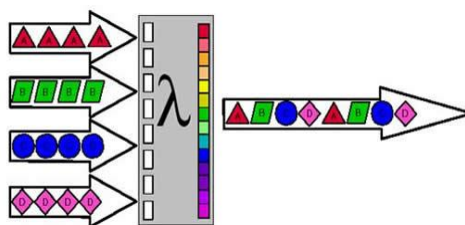
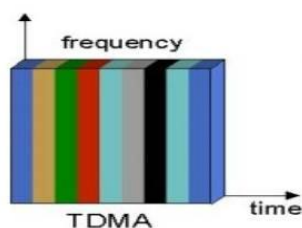


Comutação de circuitos: FDMA

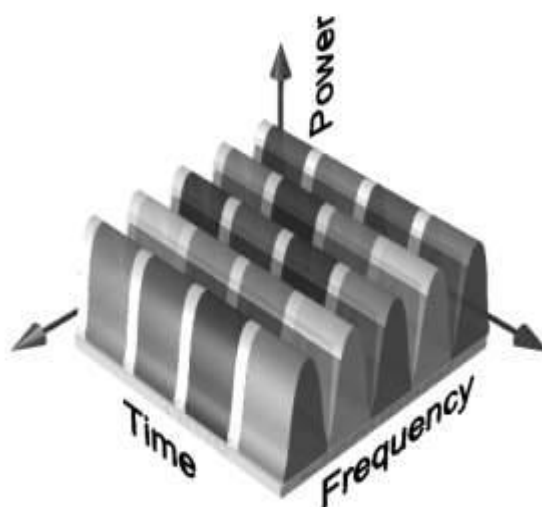




Comutação de circuitos: TDMA



Comutação de circuitos: TDMA e FDMA





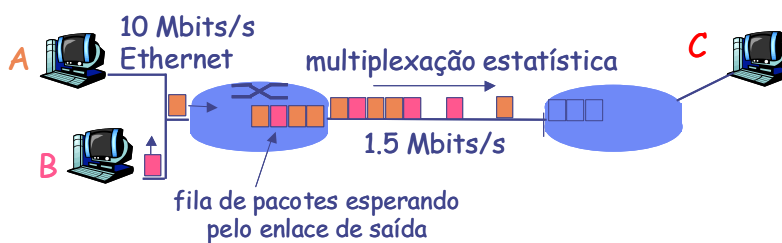
Comutação de pacotes

- A mensagem a ser transmitida é **dividida em pacotes** (pedaços menores)
- Recursos são **compartilhados e usado sob-demanda**
- Após transmitir um pacote, o enlace ou canal fica disponível para quem deseja transmitir (**não há reserva de recursos**)
 - O enlace fica **reservado a um pacote apenas durante o tempo de transmissão** do pacote



Comutação de pacotes

- Cada fluxo de dados fim-a-fim é dividido em pacotes:





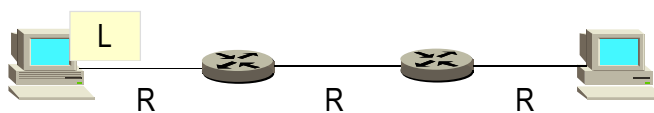
Comutação de pacotes

- Como não há reserva de recursos:
 - ▣ Pedidos por recursos podem extrapolar a capacidade real instalada!
 - ▣ Congestionamentos: pacotes são enfileirados nos elementos intermediários da rede para serem processados e transmitidos
 - ▣ Store-and-forward: pacotes movem-se um passo de cada vez
 - Cada roteador armazena os pacotes recebidos numa fila, processa-os e, quando houver disponibilidade de enlace, transmite-os para o próximo elemento (roteador ou host)



Comutação de pacotes

- Exemplo:



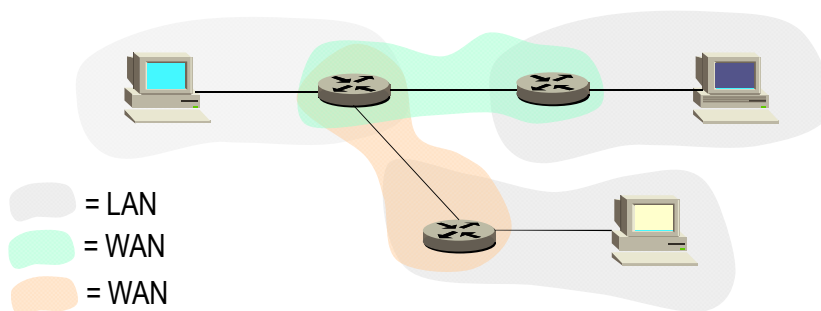
- ▣ $L = 7.5 \text{ Mbits}$
- ▣ $R = 1.5 \text{ Mbps}$
- ▣ Atraso = 15 segundos ($3 * L/R$)

L/R = tempo de transmissão de uma mensagem L com uma taxa de R bps



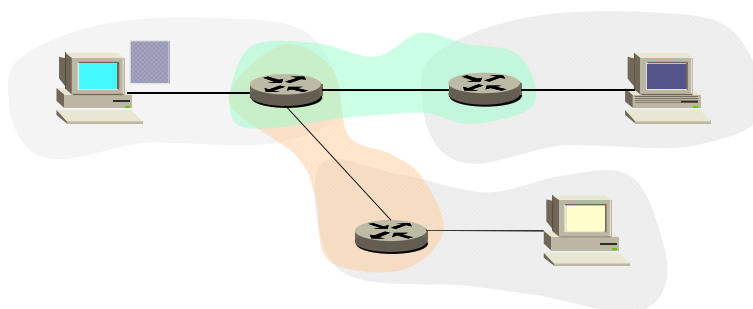
Comutação de pacotes


□ Exemplo:







Comutação de pacotes

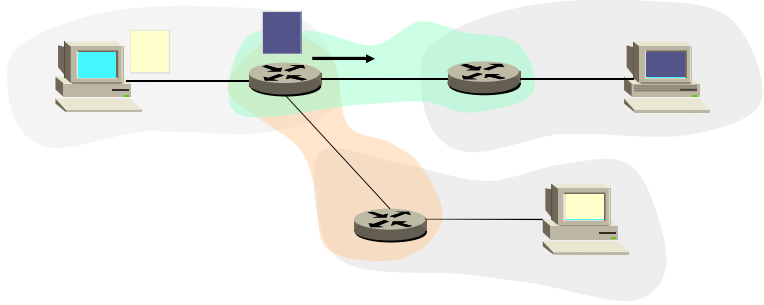
□ Exemplo:




 **Comutação de pacotes**





□ Exemplo:

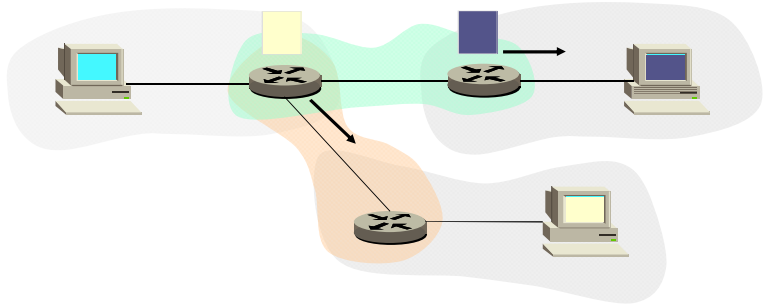
M1	=		
M2	=		

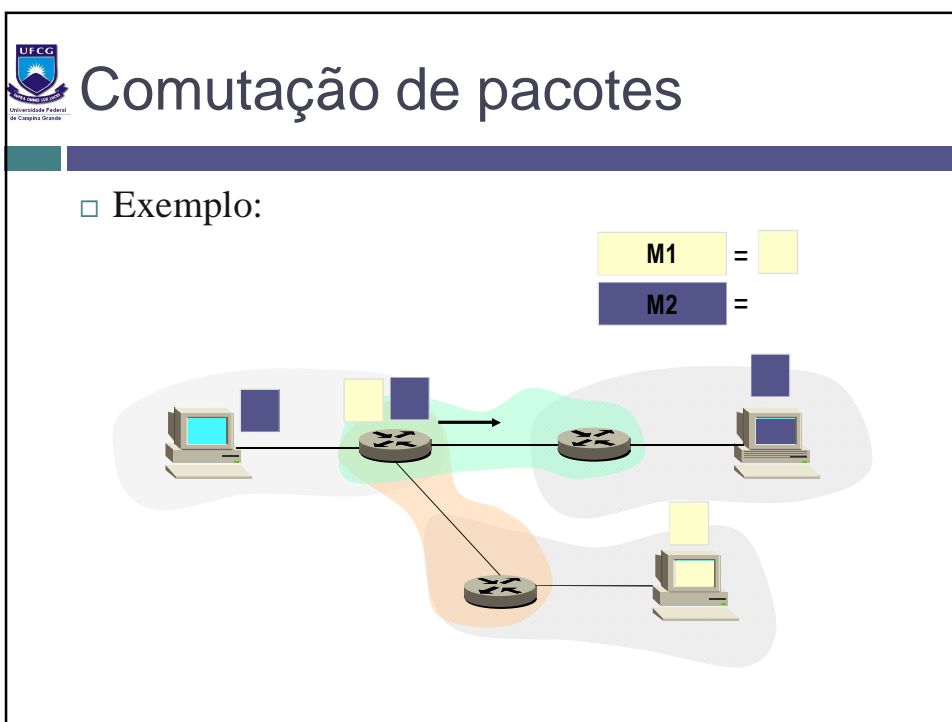
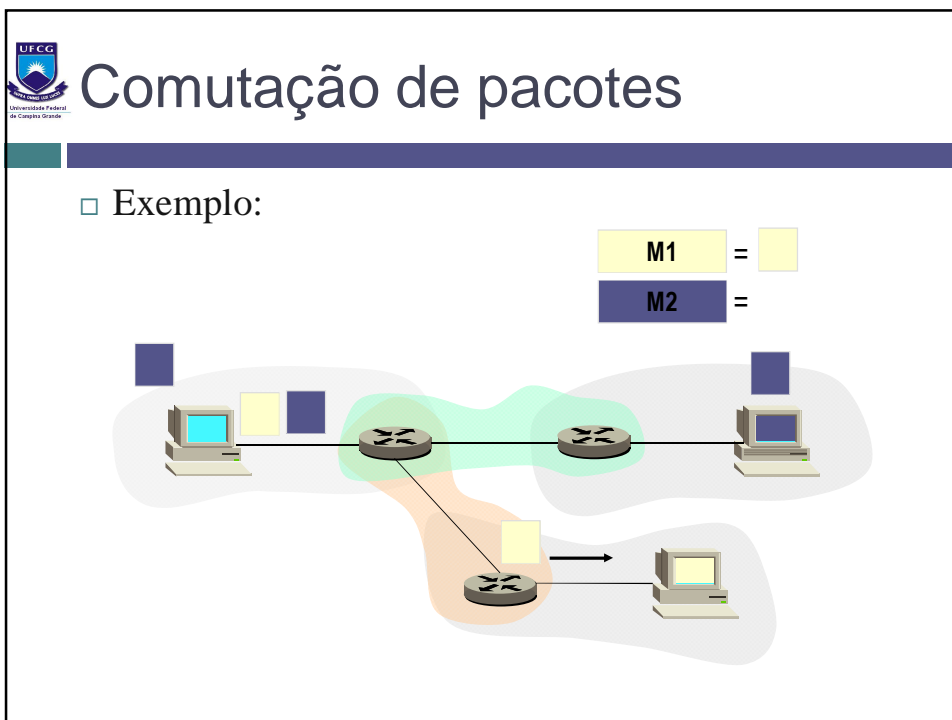


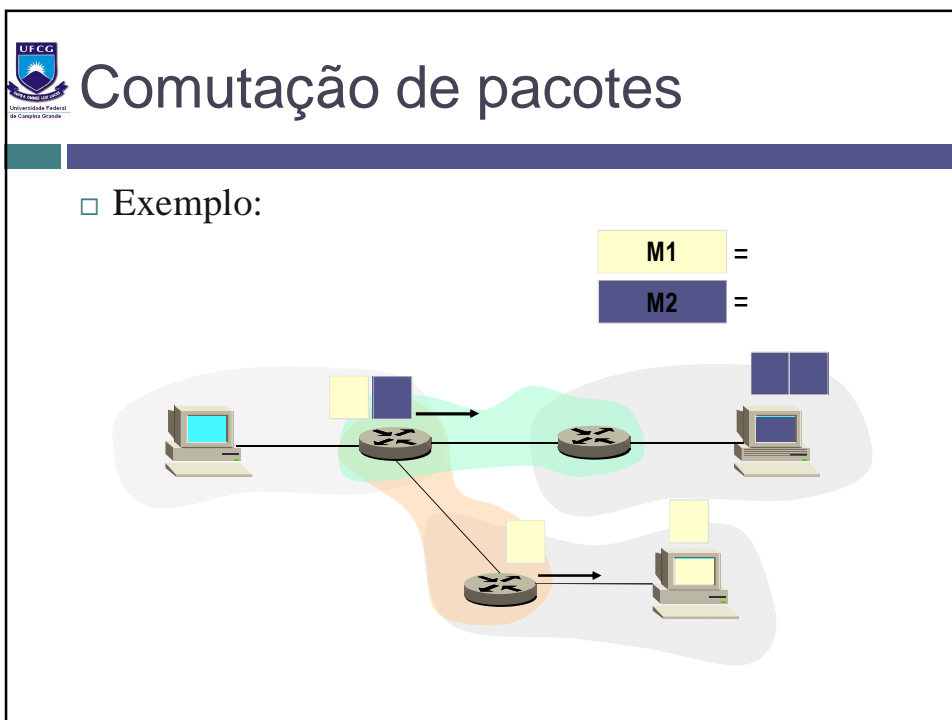
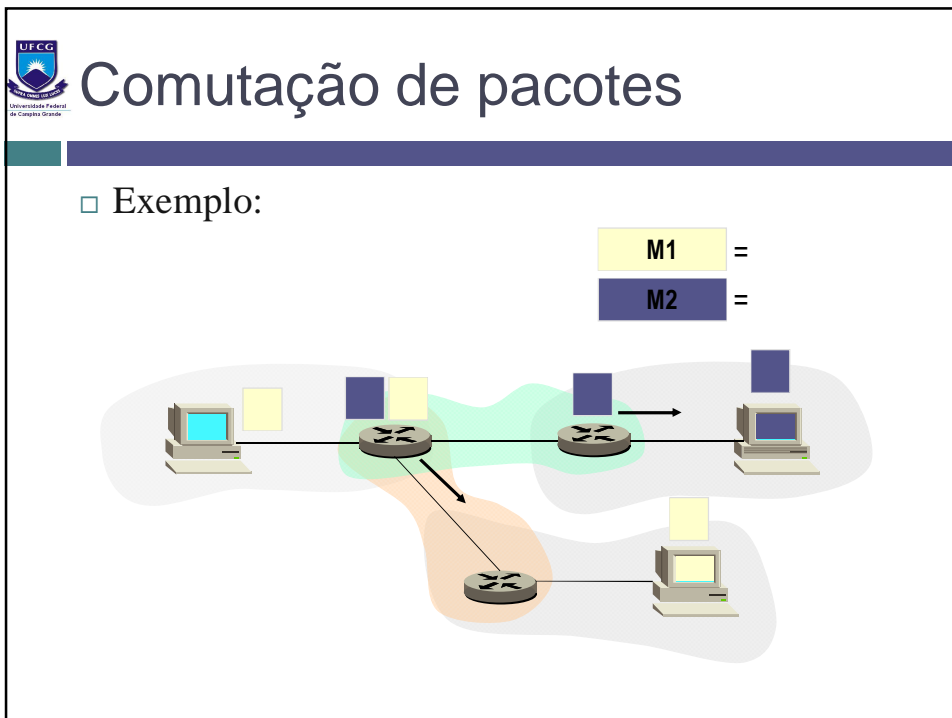
 **Comutação de pacotes**

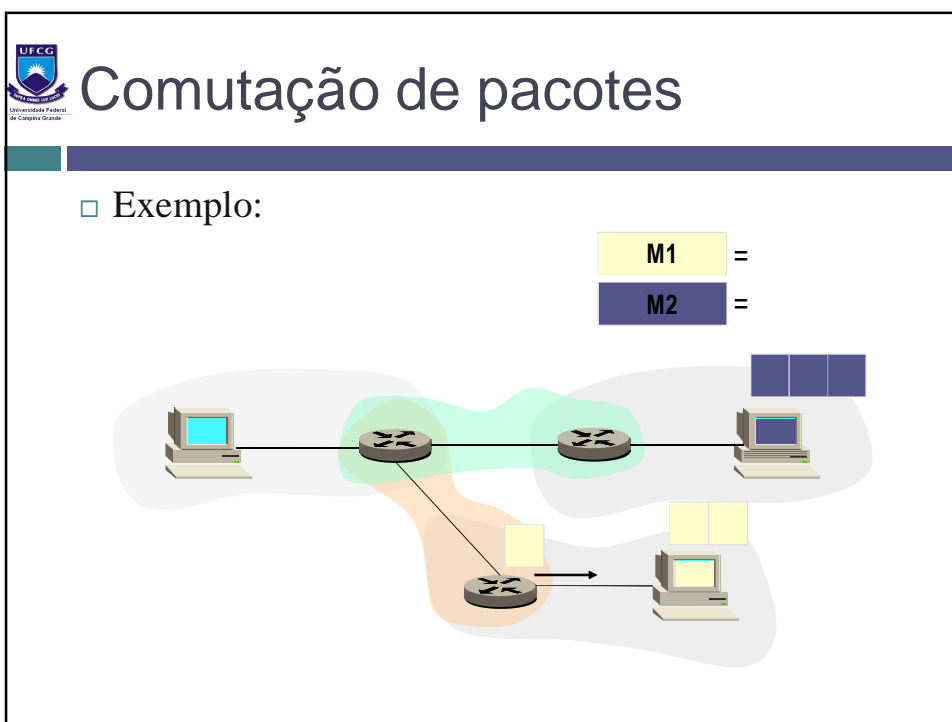
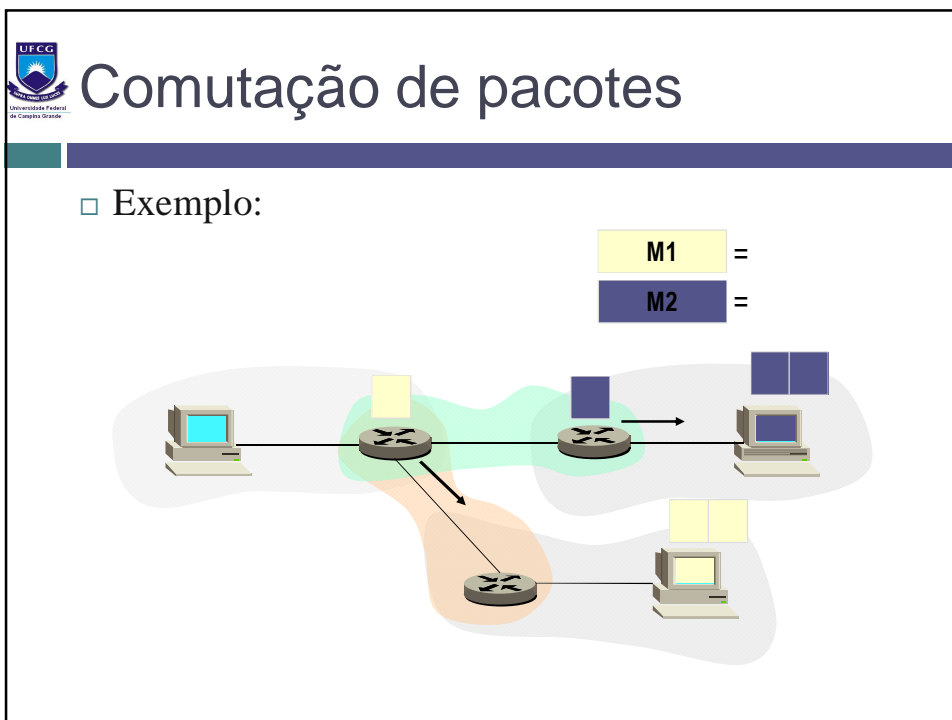
□ Exemplo:

M1	=		
M2	=		





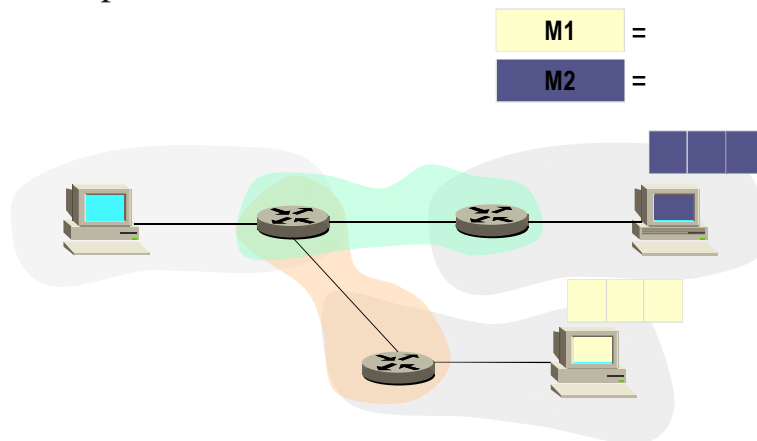






Comutação de pacotes

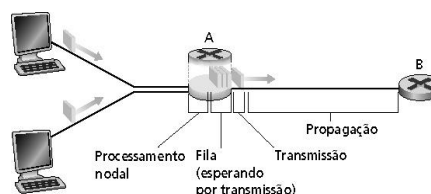
□ Exemplo:



Comutação de Circuitos X Comutação de pacotes

Comutação de pacotes permite que mais usuários usem a mesma rede! Veja o seguinte exemplo:

- Enlace de 1 Mbit/s
- Cada usuário:
 - 100 Kbits/s quando “ativo”
 - Ativo **10%** do tempo
- Comutação de circuitos:
 - 10 usuários
- Comutação de pacotes:
 - Ex.: Com 35 usuários, probabilidade de ocorrer mais do que 10 usuários ativos simultaneamente é menor que 0,0004





Comutação de Circuitos X Comutação de pacotes

A comutação de pacotes é melhor sempre?

- Ótima para dados esporádicos
 - Melhor compartilhamento de recursos
 - Não há estabelecimento de chamada
- **Congestionamento excessivo: atraso e perda de pacotes**
 - Protocolos são necessários para transferência confiável, **controle de congestionamento**
- **Como obter um comportamento semelhante ao de um circuito físico?**
 - Garantias de taxa de transmissão são necessárias para aplicações de áudio/vídeo
 - Problema ainda sem solução (IP trabalha baseado no serviço de melhor esforço!)



Redes de pacotes: **roteamento**

- **Redes de datagramas:**
 - ▣ **O endereço de destino determina o próximo salto**
 - ▣ Rotas podem mudar durante uma sessão
 - ▣ Analogia: dirigir perguntando o caminho
- **Redes de circuitos virtuais:**
 - ▣ Cada pacote leva um nº que determina o próximo salto
 - ▣ **Rota é fixa e escolhida no estabelecimento da conexão**
 - ▣ Roteadores guardam o estado de cada conexão



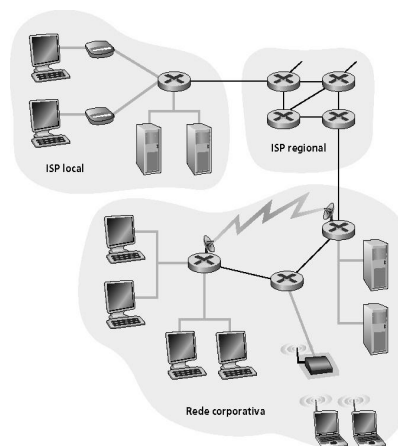
Redes de acesso e meios físicos

P.: Como conectar o sistema final ao roteador de borda?

- Redes de acesso residencial
- Redes de acesso institucionais (escolas, bancos, empresas)
- Redes de acesso móveis

Lembre-se :

- Qual a largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- Compartilhado ou dedicado?



Redes de Computadores e a Internet

- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História



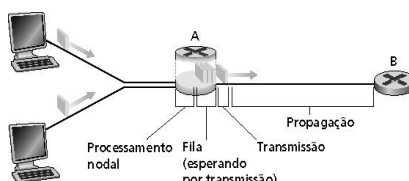
Redes de acesso

- Residencial:
 - ▣ Modem discado: até 56Kbps
 - ▣ ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*):
banda larga: até 8Mbps *downlink*
 - ▣ HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*): TV a cabo; acesso compartilhado das casas de um condomínio ou um bairro



Acesso residencial: ponto-a-ponto

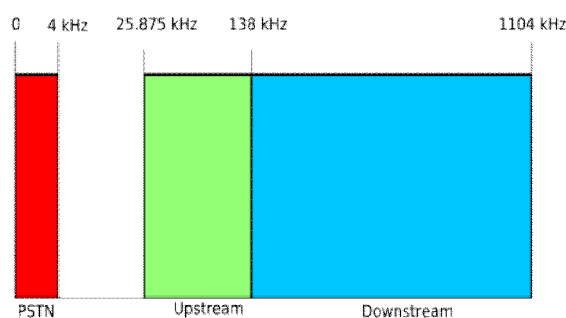
- Modem discado
 - ▣ Até 56 kbps com acesso direto ao roteador (menos na prática)
 - ▣ Não é possível navegar e telefonar ao mesmo tempo: não pode estar ã sempre on-line ã
- ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line
 - ▣ Até 3.5 Mbps de upstream (hoje tipicamente < 256 kbps)
 - ▣ Até 24 Mbps de downstream (hoje tipicamente < 1 Mbps)
 - ▣ FDM: 50 kHz ó 1 MHz para downstream
 - ó 4 kHz ó 50 kHz para upstream
 - ó 0 kHz ó 4 kHz para telefonia comum





Acesso residencial: ponto-a-ponto

- ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line



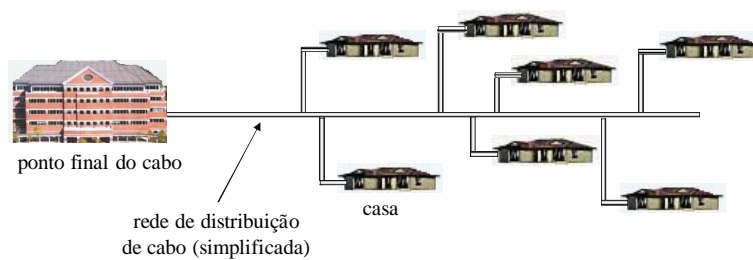
Acesso residencial: redes a cabo

- HFC: híbrido fibra e coaxial
 - ▣ Assimétrico: até 30 Mbps downstream, 2 Mbps upstream
- Rede de cabo e fibra liga residências ao roteador do ISP
 - ▣ Acesso compartilhado das casas de um condomínio ou de um bairro
- Deployment: disponível via companhias de TV a cabo

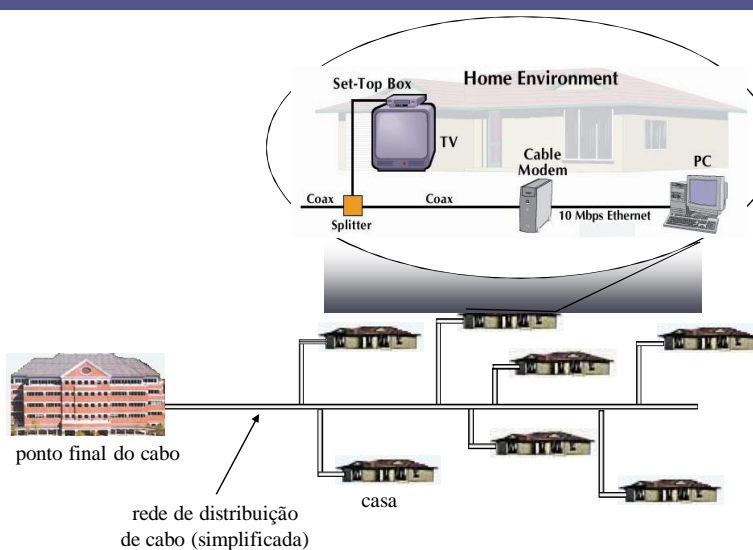


Acesso residencial: redes a cabo

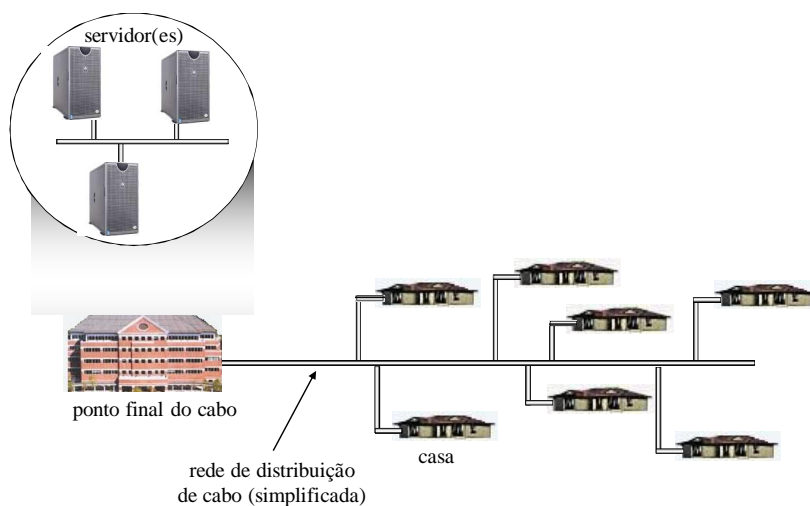
Tipicamente 500 a 5.000 casas



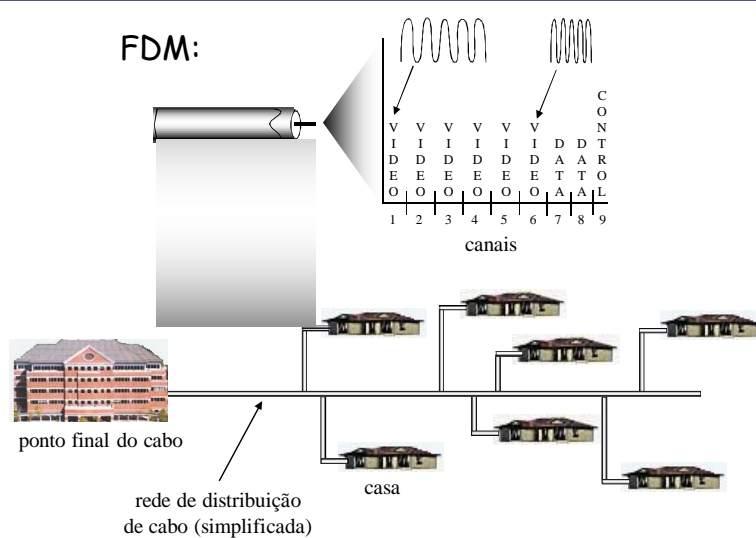
Acesso residencial: redes a cabo



Acesso residencial: redes a cabo



Acesso residencial: redes a cabo





Acesso institucional

- A **rede local** (LAN) da companhia/universidade conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **Ethernet:**
 - Cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador
 - 10 Mbs, 100 Mbps, Gigabit Ethernet



Acesso Sem fio

- Rede de acesso sem fio compartilhada conecta sistemas finais ao roteador
 - Através de “ponto de acesso” da estação base
- **LANs sem fio:**
 - 802.11b (WiFi): 11 Mbps
- **Wide-area de acesso sem fio**
 - Provido pelo operador de telecomunicacao (telco)
 - Terceira geracao (3G): ~ 384 kbps
 - O que acontecerá
 - WAP/GPRS na Europa



Meios Físicos

- **Bit:** propaga-se entre os pares transmissor / receptor
- **Enlace físico:** meio que fica entre o transmissor e o receptor
- **Meios guiados:**
 - Os sinais se propagam em meios sólidos com caminho fixo: cobre, fibra ótica
- Ex.: **Twisted Pair (TP)**
 - Par de fios trançados de cobre isolados
 - Categoria 3: taxas de transmissão até 10 Mbps
 - Categoria 5: 100 Mbps Ethernet
- **Meios não guiados:**
 - Propagação livre. Ex.: rádio



Meios Físicos

Cabo coaxial:

- Dois condutores de cobre concêntricos
- Bidirecional
- banda base:
 - Um único sinal presente no cabo
 - Legado da Ethernet
- Banda larga:
 - Canal múltiplo no cabo



Cabo de fibra óptica:

- Fibra de vidro transportando pulsos de luz, cada pulso é um bit
- **Alta velocidade de operação:**
 - Alta velocidade com transmissão ponto-a-ponto (ex.: 5 Gps)
- Baixa taxa de erros
- Repetidores bem espaçados; imunidade a ruídos eletromagnéticos





Meios Físicos

Rádio

Sinal eletromagnético

- Não há fios físicos (i.e., wireless)
- Ominidirecional ou Direcional
- O ambiente afeta a propagação (problema: *multi-path fading*):
 - Reflexão
 - Obstrução por objetos
 - Interferência



Meios Físicos

Tipos de canais de rádio:

- Microondas terrestre
 - Canais de até 45 Mbps

LAN (ex.: WiFi)

- 2 Mbps, 11 Mbps, 54 Mbps

Wide-area (ex.: celular)

- Celular terceira geração (3G): centenas de Kbps

- Satélite

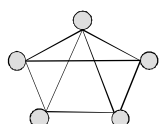
- Canal de até 50 Mbps (ou vários canais menores)
- 270 ms de atraso fim-a-fim
- Geossíncrono versus LEOS



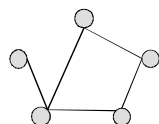
Topologias de redes

- Classificação das redes quanto à **topologia**:

- ▣ **Completamente conectada**



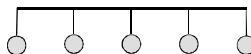
- ▣ **Parcialmente conectada**



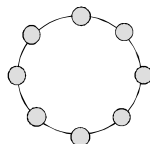
Topologias de redes

- Classificação das redes quanto à topologia:

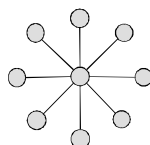
- ▣ **Topologia em barra**



- ▣ **Topologia em anel**



- ▣ **Topologia em estrela**





Topologias de redes

- **Topologia Lógica X Topologia Física**
- Qual a melhor topologia? Por quê?
- Parâmetros de comparação
 - ▣ **Confiabilidade**
 - O que acontece se uma estação sai do ar?
 - ▣ **Desempenho**
 - As mensagens chegam ao seu destino dentro de um tempo satisfatório?
 - O que acontece com a rede em momentos de pico de tráfego entre as estações?



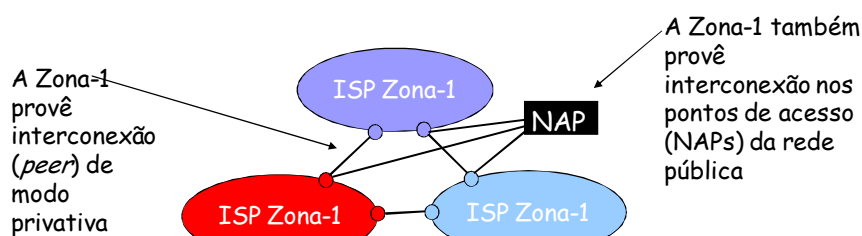
Topologias de redes

- Parâmetros de comparação
 - ▣ **Custo**
 - Quanto custa implantar esta rede?
 - ▣ Possibilidade de **expansão**
 - Qual a dificuldade de adicionar novas estações à rede?
 - ▣ Retardo de transferência
 - Soma dos retardos de **acesso** com o de transmissão
 - Retardo de acesso: intervalo de tempo entre a geração da mensagem a transmitir e o momento em que a estação recebe o direito de transmiti-la no meio sem que haja colisão com outras mensagens
 - Retardo de transmissão: tempo decorrido entre o início da transmissão da mensagem até seu completo recebimento pela estação de destino



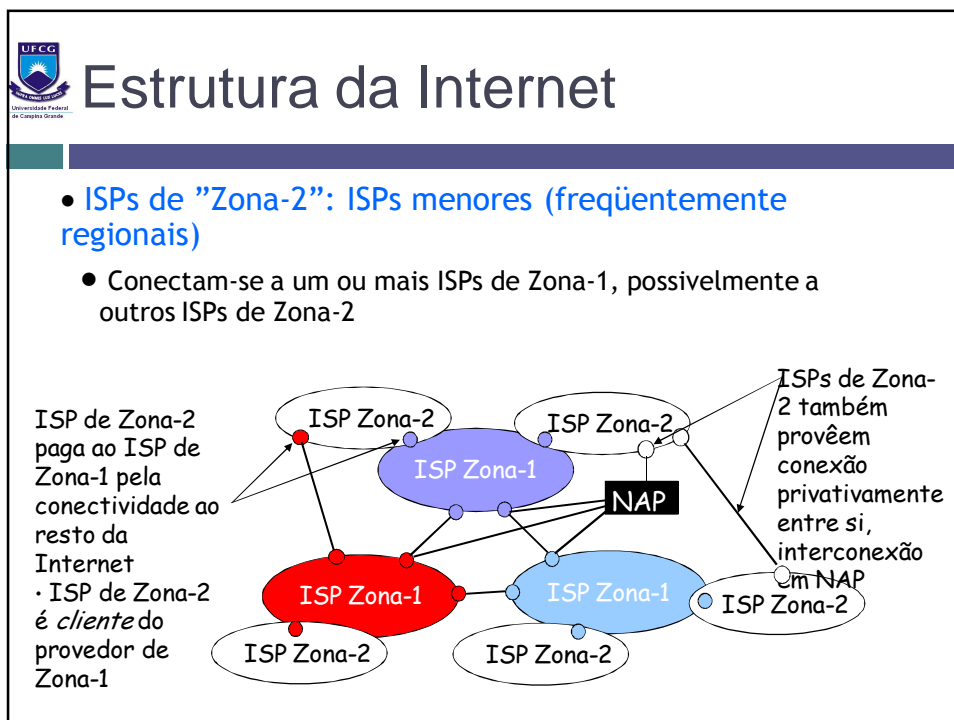
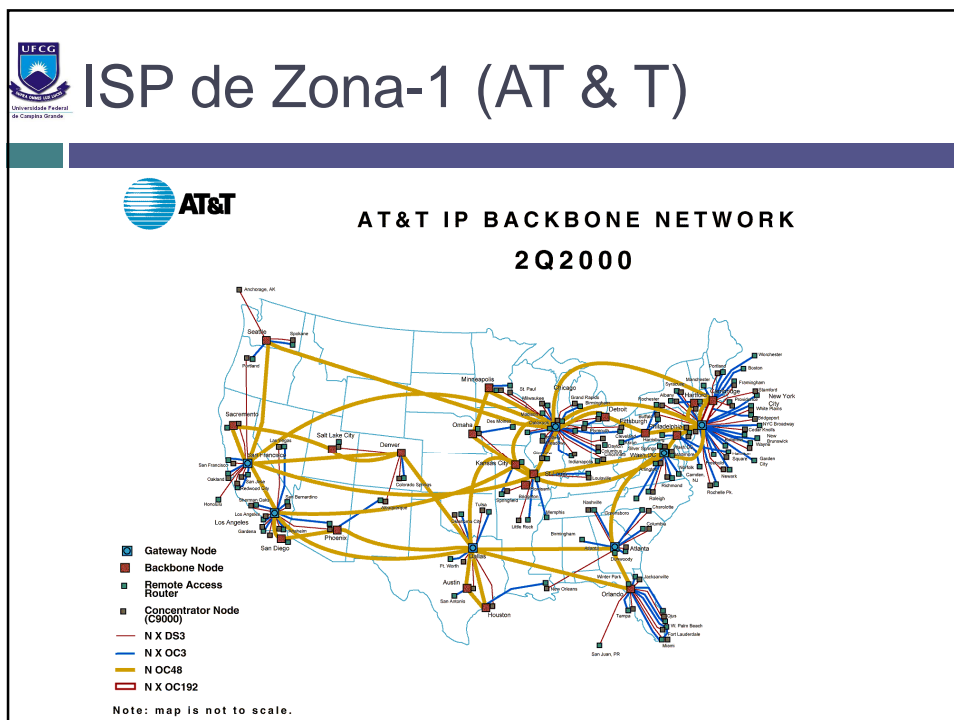
Estrutura da Internet

- Rede de redes
- Grosseiramente hierárquica
- **No centro: ISPs de “zona-1”** (ex.: UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T), cobertura nacional/internacional



Redes de Computadores e a Internet

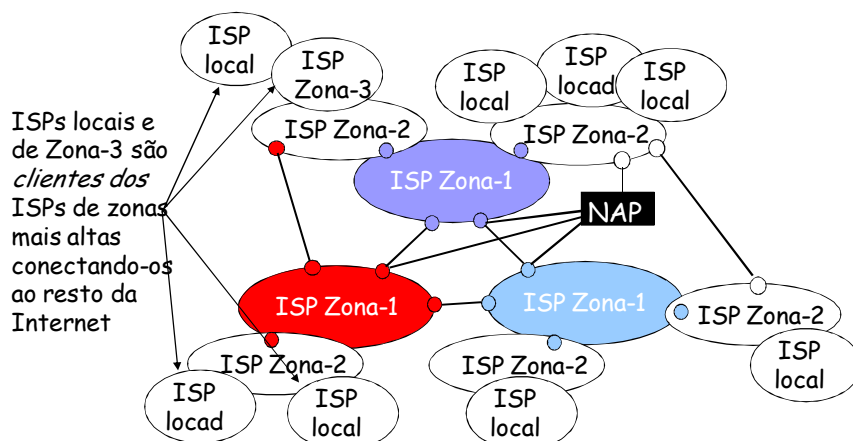
- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- **Estrutura da Internet e ISPs**
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História





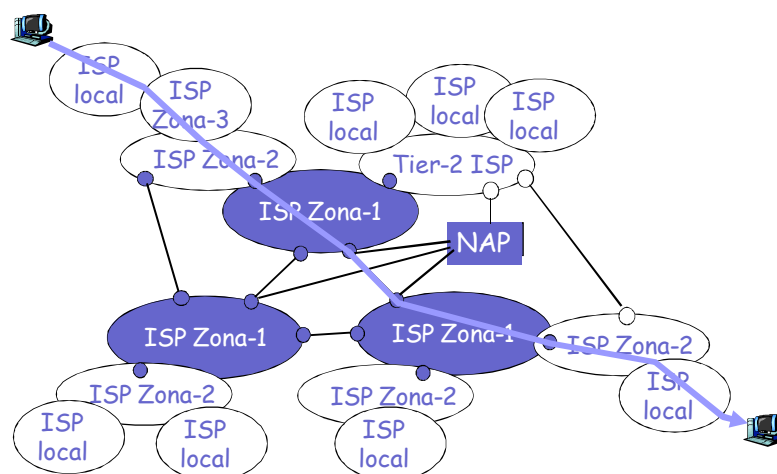
Estrutura da Internet

- ISPs de “Zona-3” e ISPs locais
- Última rede de acesso (“hop”) (mais próxima dos sistemas finais)



Estrutura da Internet

Um pacote passa através de muitas redes

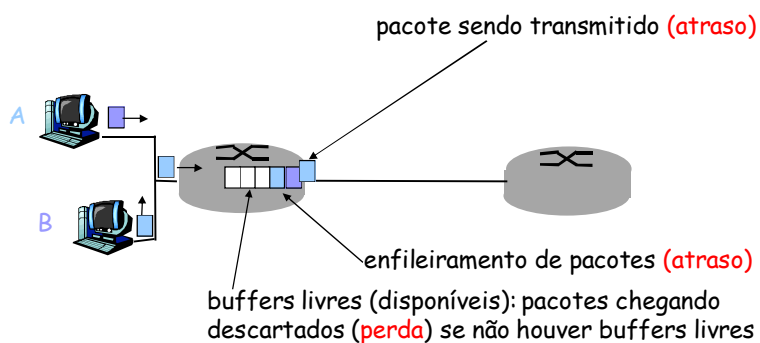




Como perdas e atrasos ocorrem?

Filas de pacotes em buffers de roteadores

- Taxa de chegada de pacotes ao link ultrapassa a capacidade do link de saída
- Fila de pacotes esperam por sua vez



Redes de Computadores e a Internet

- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- Camadas de protocolo, modelos de serviço
- História



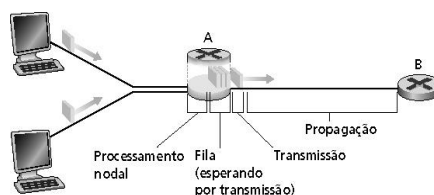
Quatro fontes de atraso de pacotes

1. Processamento nos nós:

- Verifica erros de bit
- Determina link de saída

2. Enfileiramento

- Tempo de espera no link de saída para transmissão
- Depende do nível de congestionamento do roteador



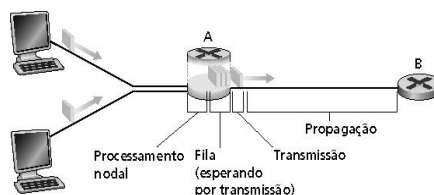
Atraso em redes de comutação de pacotes

3. Atraso de transmissão:

- R = largura de banda do link (bps)
- L = tamanho do pacote (bits)
- Tempo para enviar bits ao link = L/R

4. Atraso de propagação:

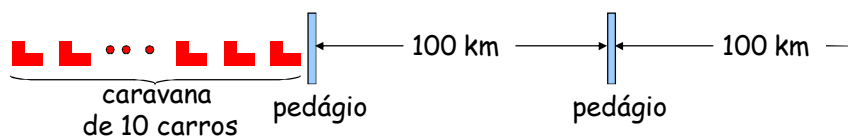
- d = comprimento do link físico
- s = velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
- Atraso de propagação = d/s



Nota: “s” e “R” são medidas muito diferentes!



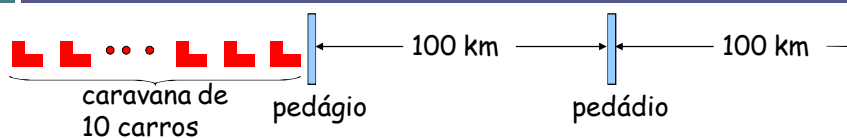
Analogia da caravana



- Carros se “propagam” a 100 km/h
- Pedágios levam 12 s para atender um carro (tempo de transmissão)
- Carro = bit; caravana = pacote
- P.: Quanto tempo levará até a caravana ser alinhada antes do 2º pedágio?
- Tempo para “empurrar” a caravana toda pelo pedágio até a estrada = $12 \cdot 10 = 120 \text{ s}$
- Tempo para o último carro se propagar do 1º ao 2º pedágio: $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- R.: 62 minutos



Analogia de caravana



- Agora os carros se “propagam” a 1000 km/h
- Agora o pedágio leva 1 min para atender um carro
- P.: Alguns carros chegarão ao 2º pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no 1º pedágio?
- R.: Sim! Após 7 min, o 1º carro está no 2º pedágio e ainda restam 3 carros no 1º pedágio.
- 1º bit do pacote pode chegar ao 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido pelo 1º roteador!



Atraso nodal

$$d_{no} = d_{proc} + d_{fila} + d_{trans} + d_{prop}$$

- d_{proc} = atraso de processamento
 - Tipicamente uns poucos microssegundos ou menos
- d_{fila} = atraso de fila
 - Depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - $= L/R$, significante para links de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - Uns poucos microssegundos a centenas de milissegundos



Camadas de protocolos

Redes são complexas

- Muitos componentes:
 - Hospedeiros
 - Roteadores
 - Enlaces de vários tipos
 - Aplicações
 - Protocolos
 - *Hardware, software*

QUESTÃO:

Há alguma esperança de organizar a arquitetura de uma rede?
Ou pelo menos nossa discussão sobre redes?

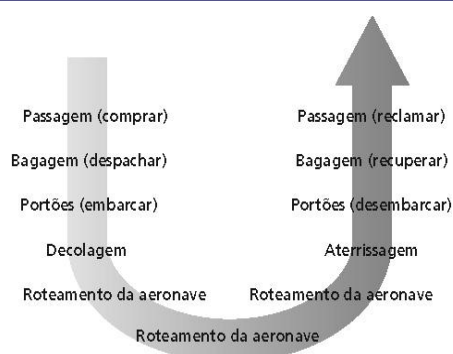


Redes de Computadores e a Internet

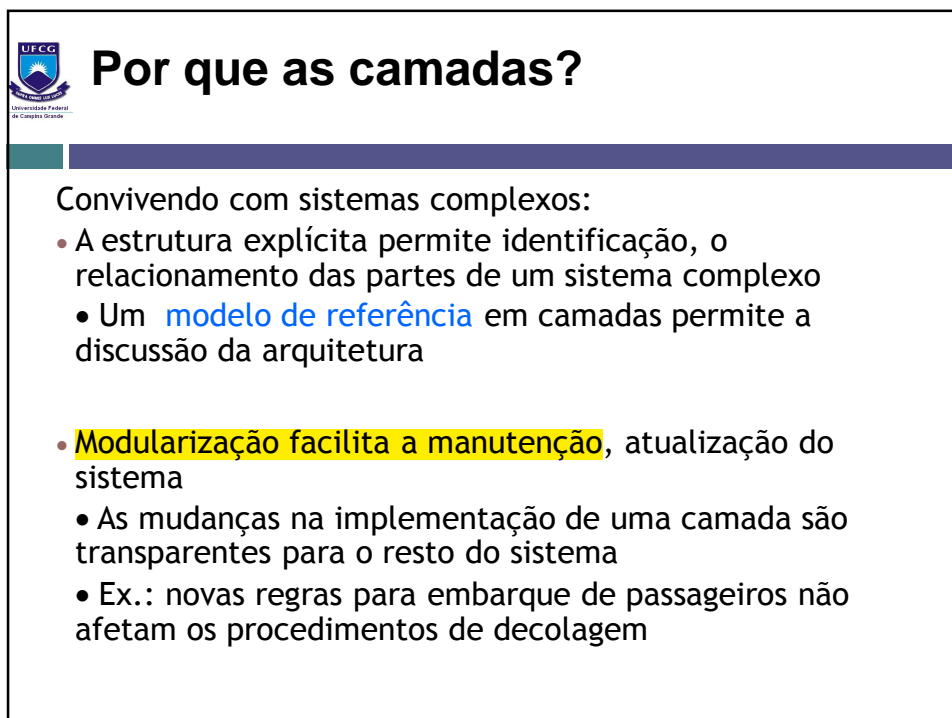
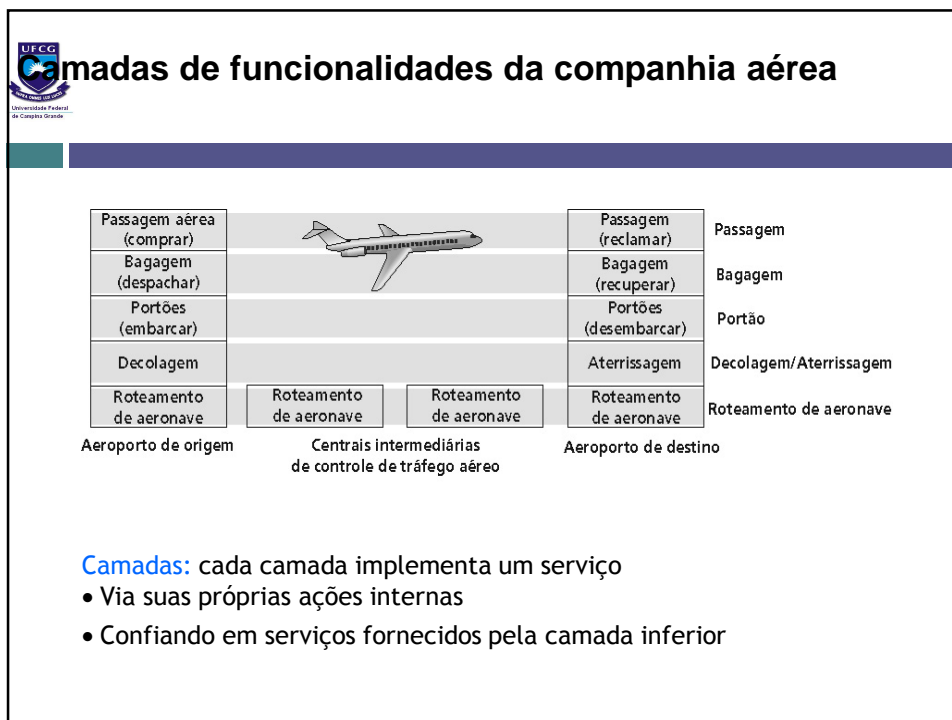
- O que é Internet?
- Protocolos de comunicação em redes
- Borda da rede
- Núcleo da rede
- Acesso à rede e meio físico
- Estrutura da Internet e ISPs
- Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- **Camadas de protocolo, modelos de serviço**
- História



Organização de uma viagem aérea



- Uma série de passos





Pilha de protocolos da Internet

- **Aplicação:** suporta as aplicações de rede
FTP, SMTP, HTTP
- **Transporte:** transferência de dados
hospedeiro-hospedeiro (fim-a-fim)
 - TCP, UDP
- **Rede:** roteamento de datagramas da origem
ao destino
 - IP, protocolos de roteamento
- **Enlace:** transferência de dados entre
elementos vizinhos da rede
 - PPP, Ethernet
- **Física:** transmissão física dos *bits* nos canais

Aplicação
Transporte
Rede
Enlace
Física



Encapsulamento

