

Tópicos

- √ Introdução
- √ Representação de Informação Multimídia
- √ Digitalização
- √ Mídias Texto, Imagem, Áudio e Vídeo
- √ Compressão, Padrões de Compressão (Texto, Imagem, Áudio e Vídeo)
- ⇒ • Comunicação Multimídia
- ⇒ • Protocolos de Rede, Redes Locais
- ⇒ • Redes Sem Fio, Bluetooth
- Sincronismo de Mídias
- Qualidade de Serviço
- Tópicos Avançados: Criptografia, Watermarking;
- Realidade Virtual
- Serviços Multimídia: Video Sob Demanda, Videoconferência
- Sistemas Multimídia Avançados: Ambientes Virtuais Colaborativos

Requisitos de Comunicação das Várias Mídias



Natureza do Tráfego Gerado

- Contínuo com taxa constante (Constant Bit Rate - CBR)
 - Taxa média igual à taxa de pico
- Em rajadas (bursty): períodos de atividade operando na taxa de pico, intercalados por períodos de inatividade
 - Distribuição das rajadas ao longo do tempo
 - Duração das rajadas
 - Taxa de pico durante as rajadas
 - Explosividade (burstiness) da fonte: razão entre a taxa de pico e a taxa média de utilização do canal
- Contínuo com taxa variável (Variable Bit Rate - VBR)
 - Média e variância da taxa de transmissão
 - Explosividade

Características das Mídias

- Retardo máximo de transferência
- Variação estatística do retardo
- Vazão média
- Taxas aceitáveis de erro de bit e de pacote

Requisitos da Mídia Texto

- Natureza do Tráfego Gerado
 - Na maioria dos casos em rajadas
- Vazão média
 - Depende da aplicação
- Retardo máximo de transferência e variação estatística do retardo
 - Excetuando aplicações em tempo real, não causa problemas
- Taxas aceitáveis de erro de bit e de pacote
 - A maioria das aplicações não tolera erro em um único bit

Requisitos da Mídia Imagem Gráfica

- Natureza do Tráfego Gerado
 - Na maioria dos casos em rajadas, excetuando-se aplicações gráficas animadas
- Vazão média
 - Algumas dezenas de megabits por segundo
- Retardo máximo de transferência e variação estatística do retardo
 - Em geral não causa problemas
- Taxas aceitáveis de erro de bit e de pacote
 - No formato matricial sem compressão tolera erros de bits, porém deve-se evitar perdas de pacotes
 - No formato vetorial ou comprimidas não tolera erros
 - Em imagens que devem ser processadas por computador (médicas, de satélites etc) não são tolerados erros

Requisitos da Mídia Áudio

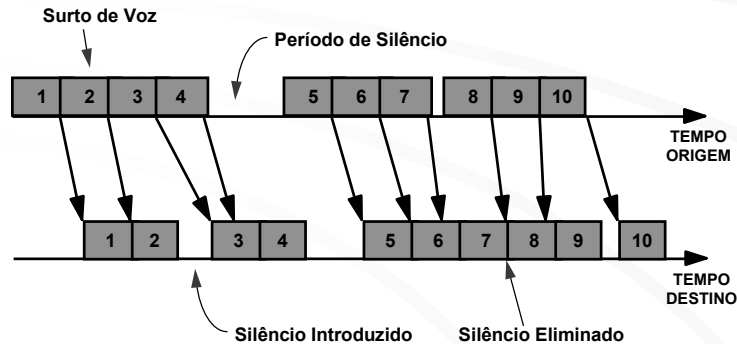
- Natureza do Tráfego Gerado
 - Sem compressão ou compactação: contínuo com taxa constante
 - Com compressão ou compactação: contínuo com taxa variável
 - Com detecção de silêncio: rajada
- Vazão média
 - Depende da qualidade do sinal e da codificação e compressão ou compactação utilizada
 - Telefonia digital: 64 Kbps (PCM 8.000 amostras por segundo com amostras de 8 bits)

Requisitos da Mídia Áudio

- Taxas aceitáveis de erro de bit e de pacote
 - podem ser relativamente altas devido ao grau de redundância dos sinais de áudio
 - Como nas redes de alta velocidade a taxa de erros típica é de um em cada 10^9 , mesmo a detecção de erros pode ser dispensada em benefício do desempenho
- Retardo máximo de transferência
 - Crítico principalmente em conversações
- Variação estatística do retardo
 - Deve ser compensada

Requisitos da Mídia Áudio

- Retardo máximo de transferência
 - Crítico principalmente em conversações
- Variação estatística do retardo
 - Deve ser compensada



Requisitos da Mídia Vídeo

- Natureza do Tráfego Gerado
 - Sem compressão ou compactação: contínuo com taxa constante
 - Com compressão ou compactação: contínuo com taxa variável
- Vazão média
 - Varia com a qualidade do sinal, e os algoritmos de codificação e compressão ou compactação empregados
 - NTSC colorido ($720 \times 486 \times 24 \times 30 = 252 \text{ M}$)
- Retardo máximo de transferência e variação estatística do retardo
 - Semelhante ao áudio, como o vídeo normalmente vem acompanhado de áudio, uma vez obedecidos os requisitos desse, estão satisfeitos os daquele
- Taxas aceitáveis de erro de bit e de pacote
 - Tolerar erros de bits, porém, deve-se evitar perdas de pacotes

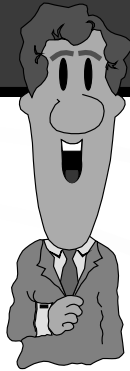
Desafio para os Sistemas de Comunicação

Fornecer mecanismos para dar suporte às diversas características de tráfego, utilizando o mesmo meio físico de comunicação.

Parâmetros de Negociação

- Retardo de transferência máximo
- Variação máxima do retardo
- Mecanismos para compensação da variação estatística do retardo
- Vazão necessária para a abertura de uma conexão
- Taxa de erro de bit e pacote toleráveis (negociadas em separado)
- Estratégia de tratamento dos erros: detecção, detecção e correção, ou nada
- Mecanismos para controle de fluxo e congestionamento
- Condições para fechamento de conexão, caso não seja possível atender a seus requisitos

Meios Físicos de Transmissão



Meios de Transmissão

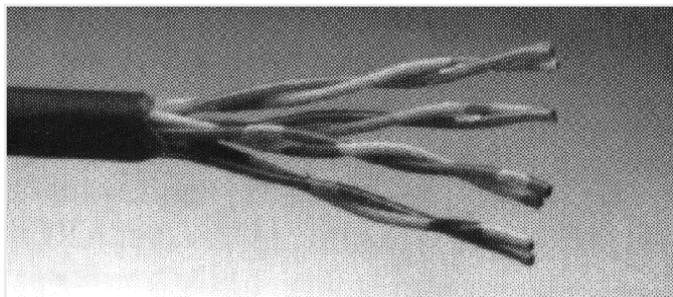
- Par trançado
- Cabo coaxial
- Fibra ótica
- Radiodifusão

Par Trançado

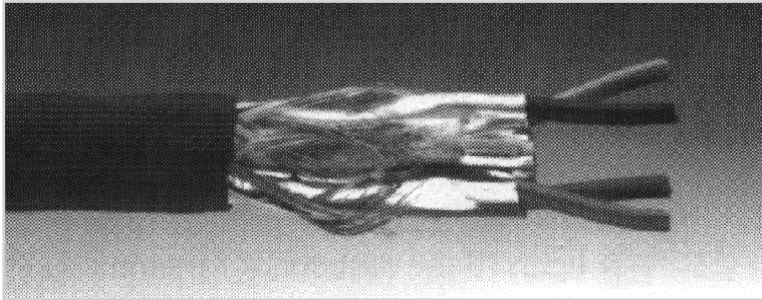
- Dois fios metálicos (em geral de cobre) enrolados em espiral
 - *trançado*: tende a manter constante as propriedades elétricas ao longo do suporte
 - melhor desempenho que um par em paralelo
- Propriedades dependem do diametro e da qualidade dos fios utilizados
 - taxas de transmissão podem chegar a alguns poucos megabits por segundo, dependendo da distancia entre os extremos
 - bastante susceptível a ruídos
 - menor custo por comprimento
 - alta maleabilidade - facilidade de instalação

Par Trançado

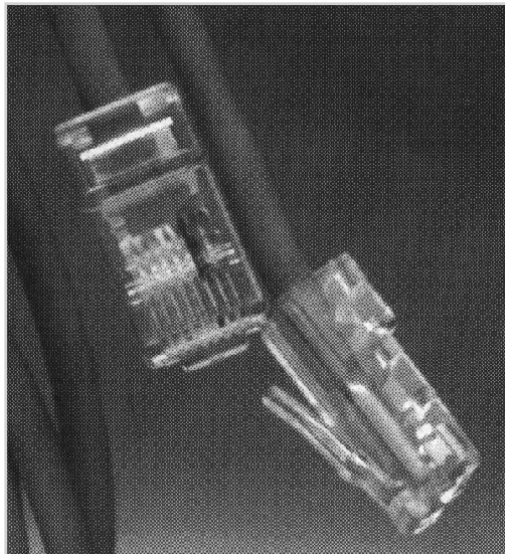
Unshielded Twisted Pair



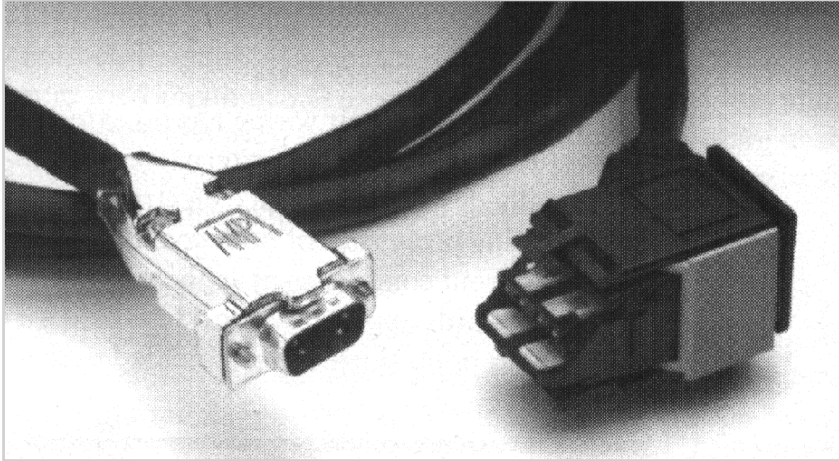
Par Trançado Blindado
Shielded Twisted Pair



Conector RJ-45



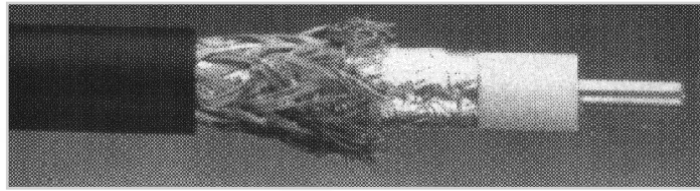
Conector Token-Ring



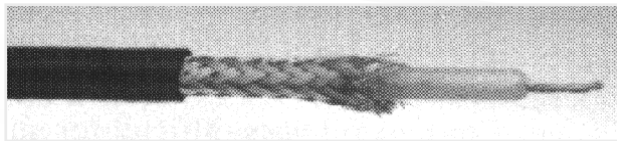
Cabo Coaxial

- Condutor cilíndrico interno circundado por tubo metálico e separados por material dielétrico
 - condutor interno: em geral de cobre
 - tubo metálico: funciona como condutor de retorno + blindagem eletrostática
 - material dielétrico: ar seco ou plástico
- Popular em TV a cabo
- Suporta taxas de transmissão mais altas que o par trançado
 - alcança, tipicamente, 10 Mbps em distâncias da ordem de 1 Km
- Imunidade a ruído melhor que a do par trançado
- Custo por comprimento maior que o do par trançado
- Menor maleabilidade que o par trançado - menor facilidade de instalação

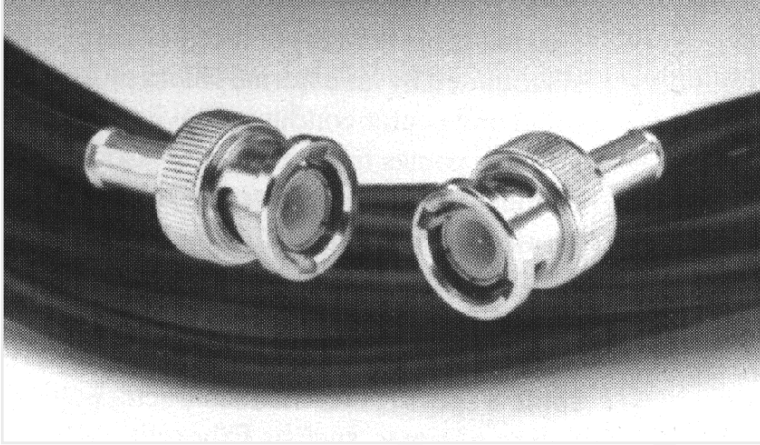
Cabo Coaxial Grosso
Thick Coaxial Cable



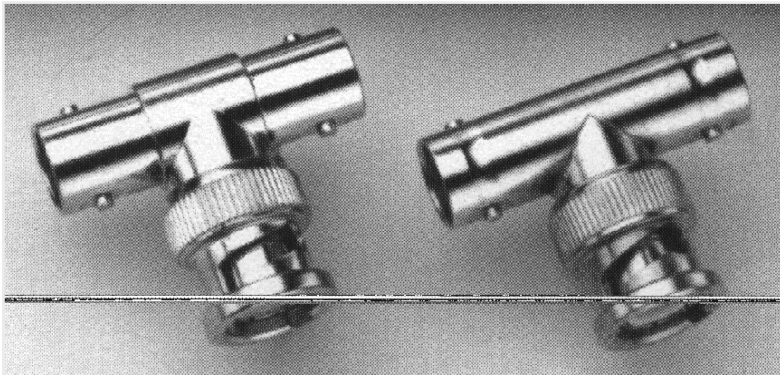
Cabo Coaxial Fino
Thin Coaxial Cable



Conector BNC



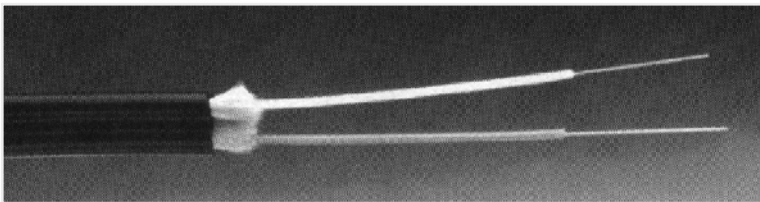
Conector BNC T



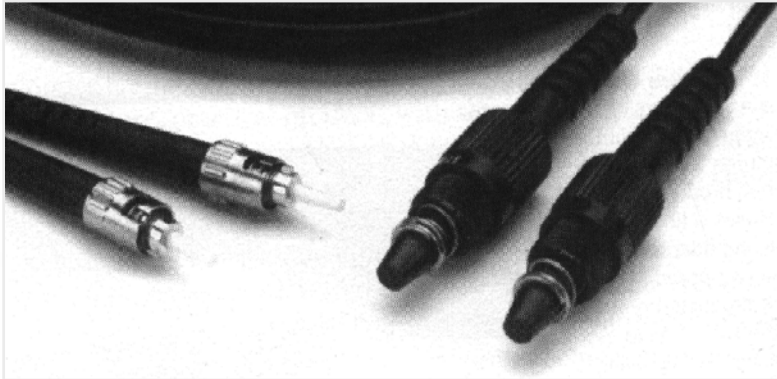
Fibra Ótica

- Filamento de sílica
- Atenuação não depende da frequência
 - permite taxas altíssimas
 - 16 Gbps (em laboratório)
- Imune a interferências eletromagnéticas
- Isolamento completo entre transmissor e receptor
- Custo por comprimento mais elevado
- Ligações complicadas

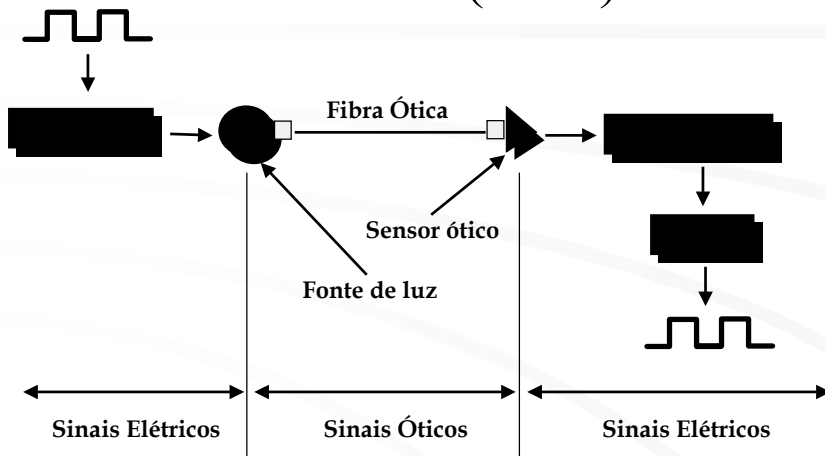
Fibra Ótica



Conectores ST



Fibra Ótica (cont.)



Fibra Ótica (cont.)

Fontes Luminosas

- Diodo Emissor de Luz
(*Light Emitting Diode - LED*)
 - atinge taxas da ordem de 150 Mbps
 - potência suficiente para o sinal se propagar de 10 a 15 Km sem repetidores
- Laser
 - monocromático
 - coerente (ondas alinhadas em fase)
 - intensidade alta
 - raios paralelos

Fibra Ótica (cont.)

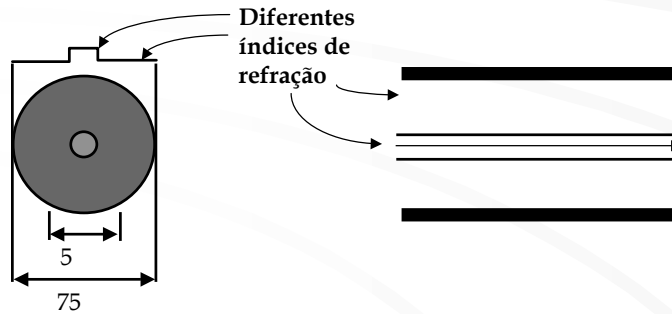
Tipos de Fibras

- Monomodo
- Multimodo
- Multimodo com índice gradual

Fibra Ótica (cont.)

Tipos de Fibras

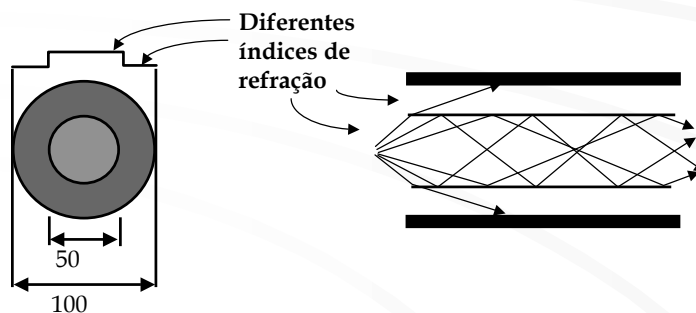
- Monomodo



Fibra Ótica (cont.)

Tipos de Fibras

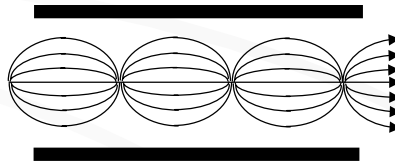
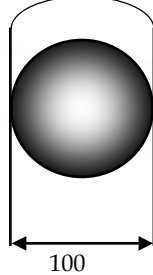
- Multimodo



Fibra Ótica (cont.)

Tipos de Fibras

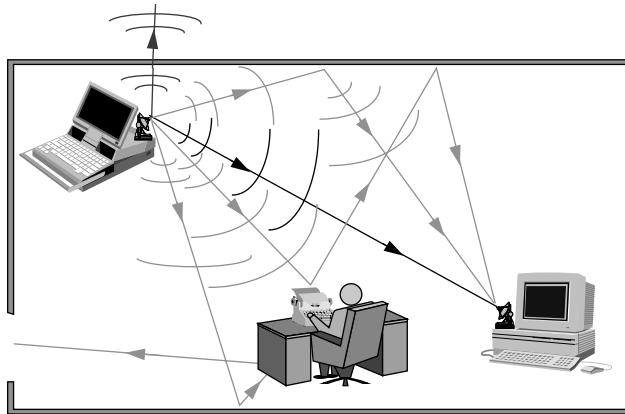
- Multimodo com Índice Gradual



Radiodifusão

- Transmissões através do ar em canais de frequência de rádio (KHz a GHz)
 - Bandas de Frequência ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) definidas pelo IEEE que não necessitam de licença para uso: 902 a 928MHz, 2.4 a 2.48 GHz, 5.72 a 5.85 GHz: potência 100mW -> cobre 500m²
- Adequada para ambos os tipos de ligação: ponto a ponto ou multiponto
- Alternativa viável para locais hostis, onde a instalação de cabos metálicos ou de fibra ótica se mostra problemática, ou para atender a requisitos de segurança
- Ideal para conexão de entre computadores portáteis em ambiente de rede local móvel
- Interconexão entre redes locais distantes fisicamente com tráfego inter-rede elevado

Radiodifusão (cont.)



Radiodifusão (cont.)

- Reflexão de sinais quando em contato com objetos sólidos
 - Desvanecimento de Rayleigh
 - Os vários sinais se somam quando da recepção podendo inclusive se anular (Diferença entre caminhos for múltiplo ímpar de metade do comprimento de onda da portadora)
 - Este fenômeno ocorre mesmo se o receptor e transmissor não se movimentarem (outros corpos sólidos)
- Meio Compartilhado
 - TDM, FDM
 - SDM (Feixe direcional ou divisão em células)
- O sinal decai com a quarta potência da distância percorrida quando antenas próximas do solo

Radiodifusão - Problemas

- Segurança
 - Algoritmo de Criptografia
 - Técnicas de Espalhamento de Banda (*Spread Spectrum*)
 - FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) e
 - DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*)
- Interferências
 - Motores Elétricos, Radares, Dispositivos Eletrônicos, Copiadoras, Impressoras Laser
- Comunicação entre estações em células distintas
- Mobilidade de estações entre células

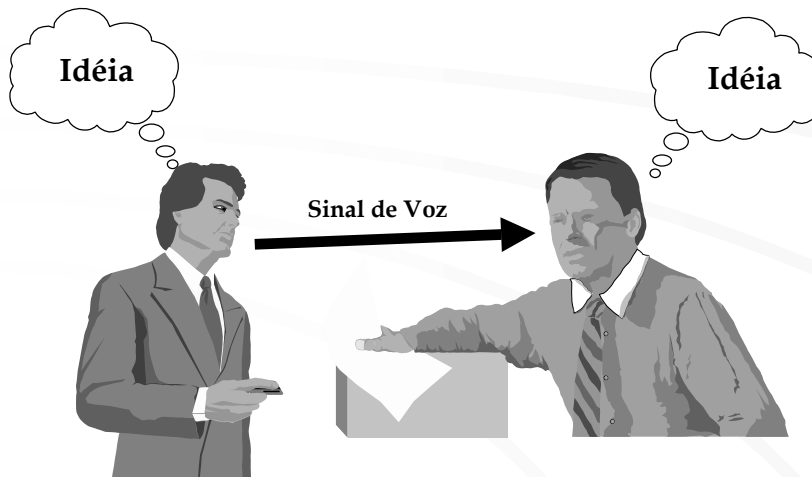
Espalhamento de Frequência

- FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)
 - Divide a Banda Utilizada em Vários Canais
 - Envia sinais por um dos canais durante um slot de tempo determinado (Chip)
 - Salta (Hop) sucessivamente para outro canal de frequência de maneira aleatória ou ordenada
 - O receptor deve ter condições de aprender a sequência de saltos (Hopping Sequence) do transmissor
- DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*)
 - Utiliza uma sequência binária para modular, através de multiplicação binária (OU exclusivo) com os dados, a frequência do sinal da portadora
 - O receptor precisa conhecer a sequência binária para poder decodificar os dados

Princípios de Comunicação de Dados



Comunicação



Sistema de Comunicação

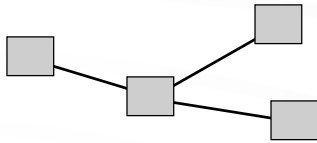


Sistema de Comunicação

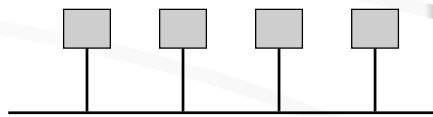
- Redes Geograficamente Distribuídas
(*WANs - Wide Area Networks*)
- Redes Locais
(*LANs - Local Area Networks*)
- Redes Metropolitanas
(*MANs - Metropolitan Area Networks*)

Tipos de Ligação

Ponto a Ponto

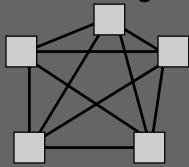


Multi-Ponto

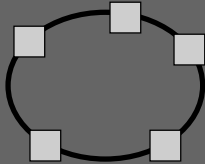
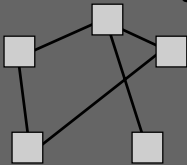


Topologias

Totalmente Ligada

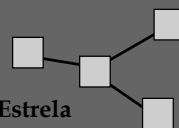


Parcialmente Ligada



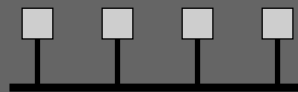
Anel

Estrela



Ponto a Ponto

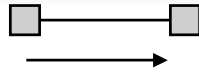
Barra



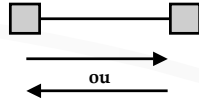
Multi-ponto

Sentido da Transmissão

- Simplex



- Half-Duplex



- Full-Duplex



Análise de Sinais

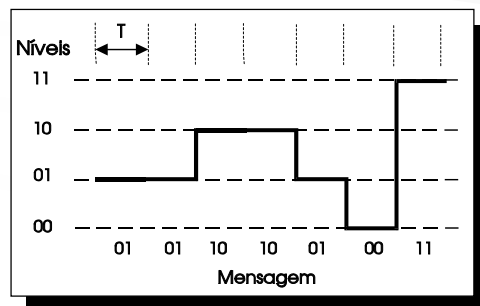
Tipos de Sinal

- Sinal Analógico
 - Variação Contínua
- Sinal Digital
 - Variação Discreta
 - Intervalo de Sinalização

Sinal Digital

É possível codificar-se mais de uma unidade de informação por nível de sinal.

- “Dibit”



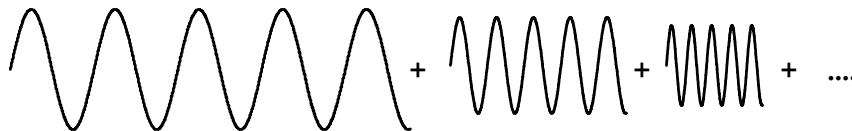
- “Tribit”, etc...

Sinal Digital

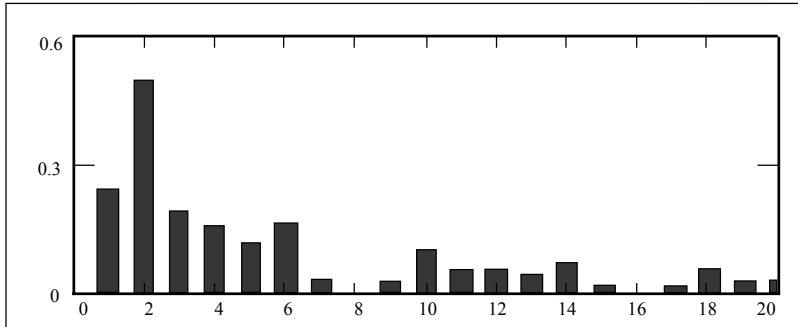
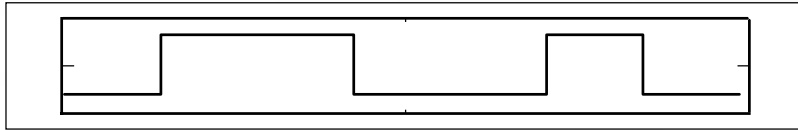
- Sendo n o número de bits por nível e L o número de níveis necessário, tem-se que
- A taxa em *bits por segundo* (*bps*) de um sinal é o número de bits transmitidos por segundo
- A taxa em *bauds* de um sinal é o seu número de intervalos de sinalização por segundo
- A cada intervalo de sinalização transmite-se n bits. Logo

Análise de Sinais

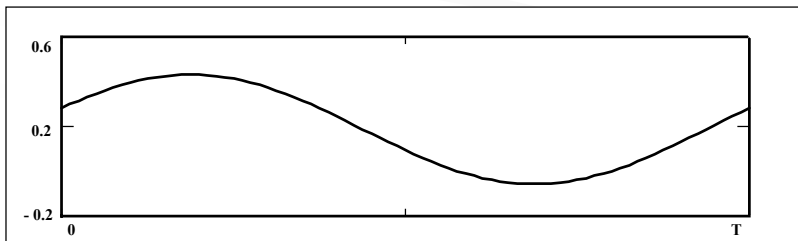
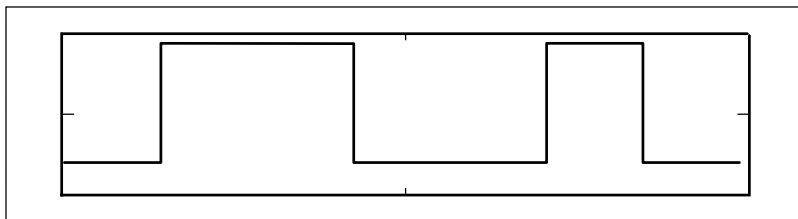
- Fourier
 - Qualquer sinal pode ser entendido como uma soma (possivelmente infinita) de ondas senoidais de diferentes frequências e amplitudes.



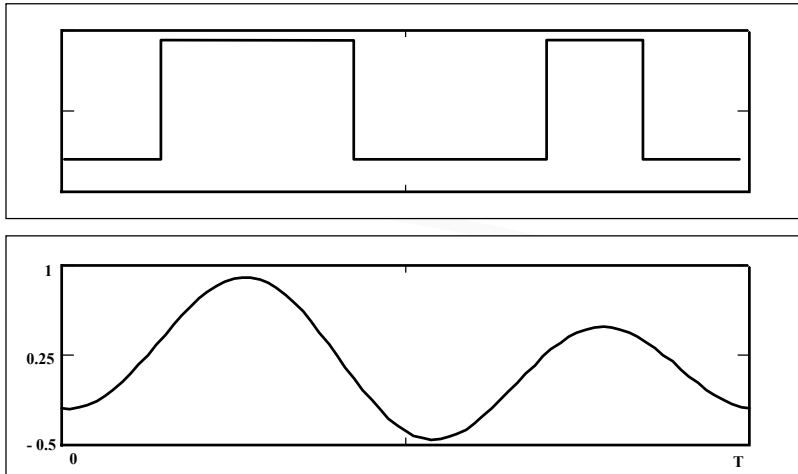
Harmônicos



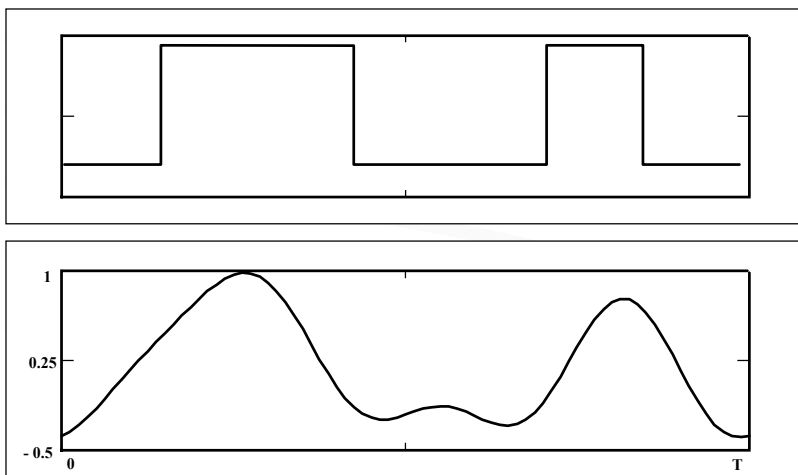
Um Harmônico



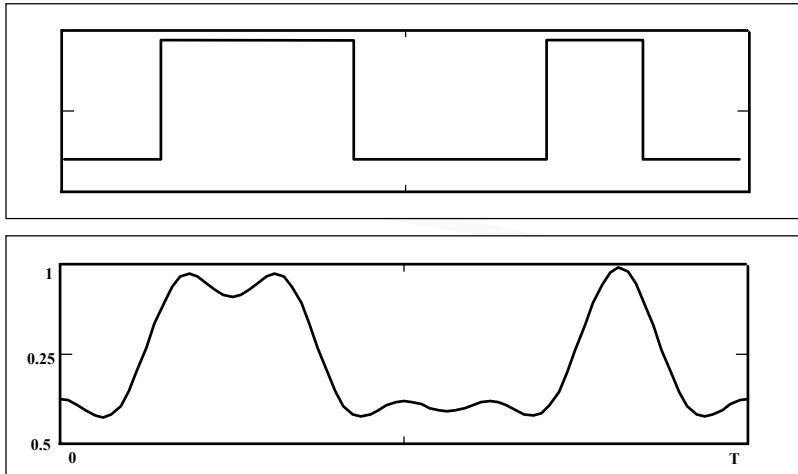
Dois Harmônicos



Quatro Harmônicos



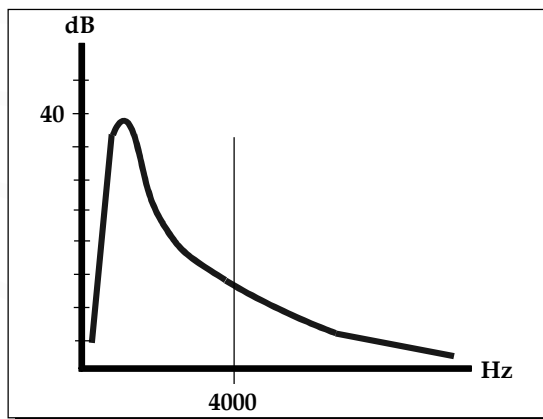
Oito Harmônicos



Espectro de um Sinal

Gráfico que mostra a “contribuição” de cada sinal componente na construção do sinal resultante. Esta contribuição está intimamente relacionada à amplitude daquela componente.

Exemplo: espectro de um sinal de voz



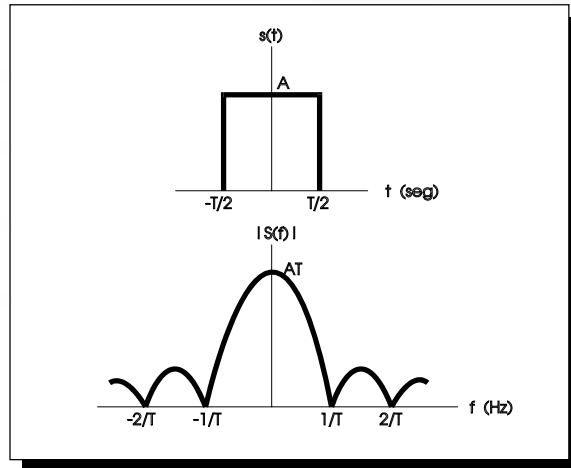
Banda de Frequências e Largura de Banda de um Sinal

- Banda de Frequências
 - Intervalo de frequências que compõe o sinal
 - Ex.: um sinal digital tem uma banda de frequências
 $]-\infty, +\infty[$
- Largura de Banda
 - Diferença da maior para a menor frequência da banda do sinal
 - Ex.: um sinal digital tem largura de banda de tamanho infinito.

Análise de Sinais

Um sinal digital ideal é composto por todas as frequências do espectro.

Espectro de um Sinal Digital



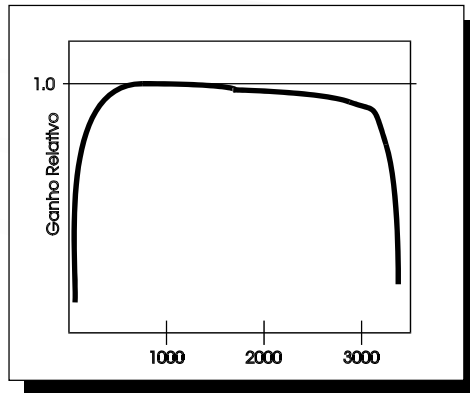
Meio Físico

- Meio de propagação das ondas ou sinais transmitidos
 - pares de condutores
 - sinais codificados como diferenças de voltagem
- Característica física:
 - atua como filtro de frequências do sinal transmitido
- Curva Característica
 - Transformada de Fourier
 - Frequência X Ganho
 - ganho entre 0 e 1

Meio Físico

Curva Característica

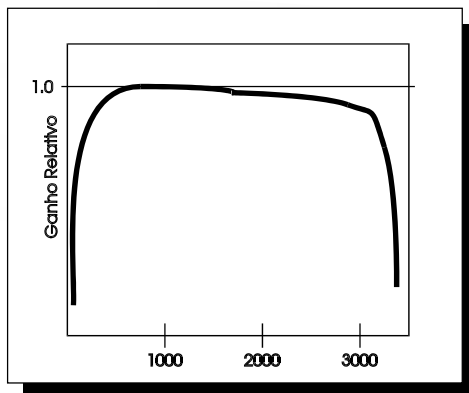
Exemplo: Canal telefônico



Banda Passante do Meio

Faixa de frequências positivas que permanece quase inalterada pelo meio

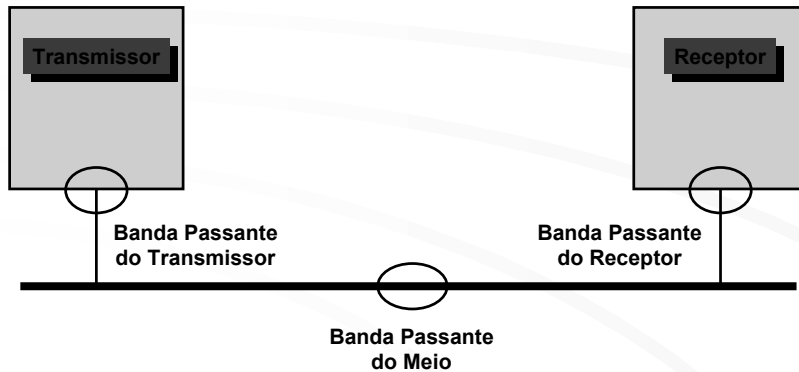
Exemplo: canal telefônico



Sendo G o ganho, pode-se, por exemplo, considerar como "quase inalterada" a faixa onde

Banda passante: de 300 a 3000 Hz, aproximadamente

Banda Passante



Efeito da Banda Passante Limitada do Meio

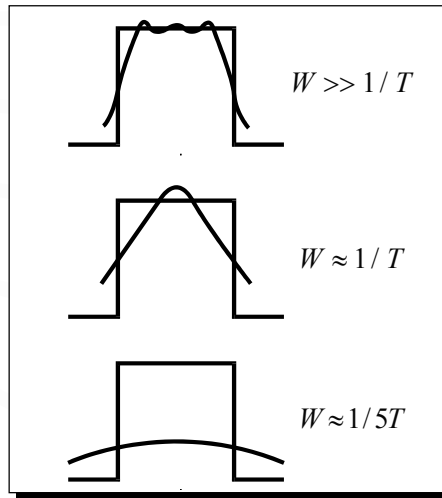
Distorção do sinal recebido devido ao diferente ganho aplicado às diversas componentes do sinal.

- Sinal Analógico
 - Dependendo da largura da banda passante
 - perda da “qualidade”
 - impossibilidade de entendimento da informação no receptor
- Sinal Digital
 - Dependendo da largura da banda passante
 - erros na recepção da informação

Efeito da Banda Passante Limitada do Meio

Num Sinal Digital

- intervalo de sinalização = T
- largura de banda do meio físico = W



Fontes de Distorção de Sinais na Transmissão

- Banda Passante Limitada do meio
- Atenuação
 - a potência do sinal é menor quanto mais longe se chega da fonte de transmissão
 - medida em dB/m
 - soluções
 - repetidor
 - amplificador
- Ruído
 - ruído térmico
 - ruído de intermodulação
 - diafonia (*crosstalk*)
 - ruído impulsivo

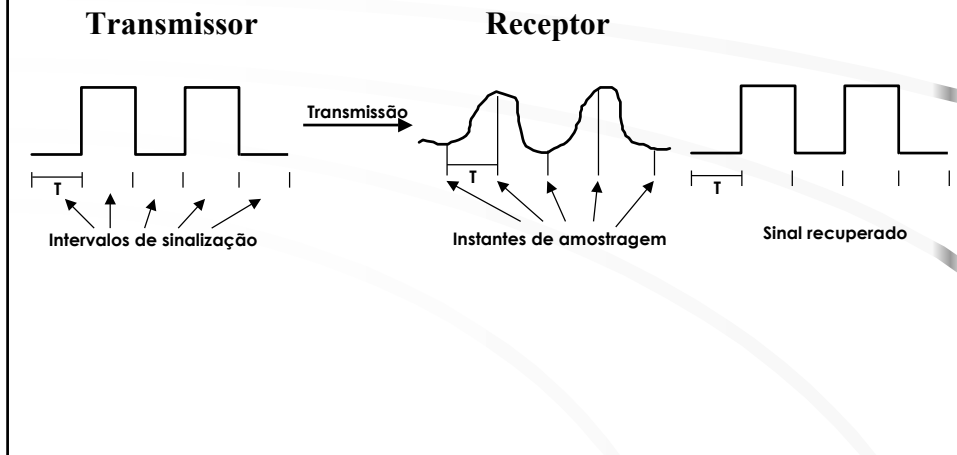
Efeito da Distorção dos Sinais na Recepção da informação

- Sinal Analógico
 - variação contínua de tensão
 - perda irreversível da qualidade do sinal
- Sinal Digital
 - níveis discretos de tensão originais
 - distorção faz o sinal apresentar variações contínuas na recepção
 - processo de recuperação:
 - amostragem do sinal recebido dentro de cada intervalo de sinalização para decidir em qual dos níveis se enquadra
 - possibilidade de recuperação integral do sinal original, caso a distorção não seja muito grande

Na transmissão através de sinais digitais

não é necessário que se preserve o formato preciso do sinal original para que se possa receber corretamente as informações.

Recuperação do Sinal Digital



Banda Passante Necessária Sinal Analógico

Banda passante mínima exigida para o meio físico de forma a preservar uma determinada qualidade do sinal recebido.

- Exemplo
 - A banda passante necessária de um canal telefônico capaz manter boa inteligibilidade dos interlocutores tem uma largura de aproximadamente 3000 Hz.



Banda Passante Necessária

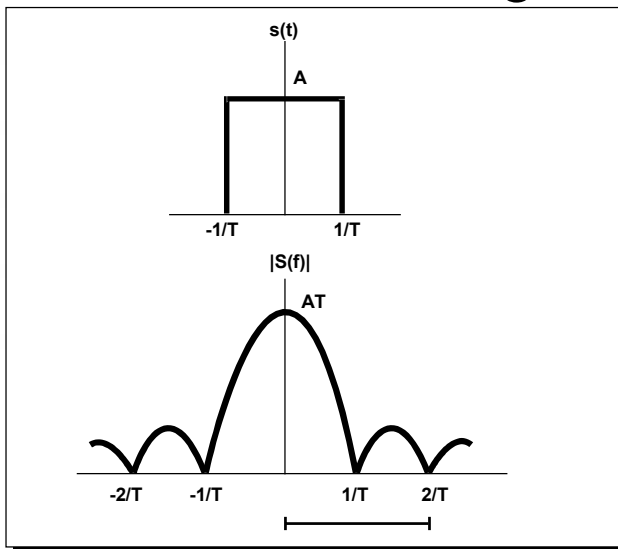
Sinal Digital

Qual será a banda passante mínima exigida para o meio físico que garanta a recuperação da informação original pelo receptor ?

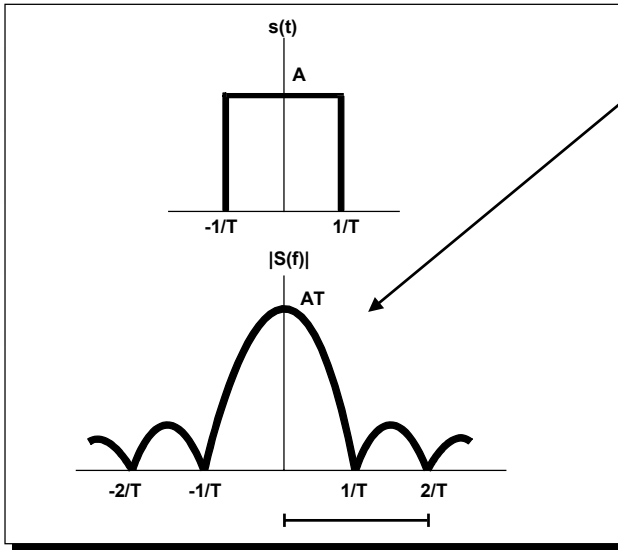
ou, em outras palavras

Qual o intervalo de frequências realmente significativo para a recuperação da informação original ?

Sinal Digital

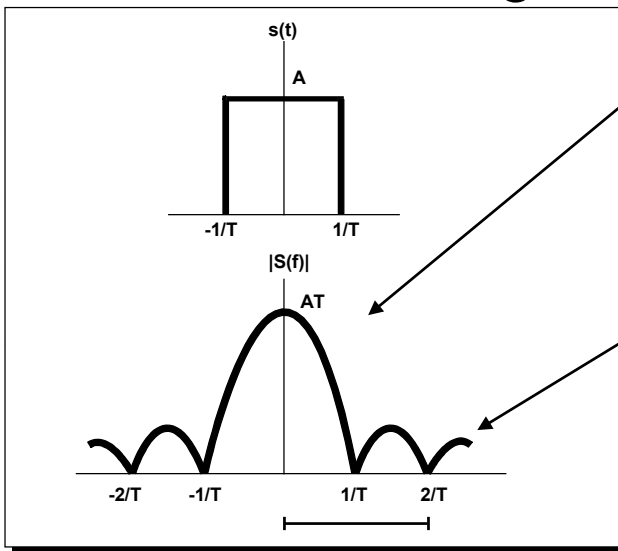


Sinal Digital



Num sinal digital, as frequências mais significativas estão em torno das frequências mais baixas

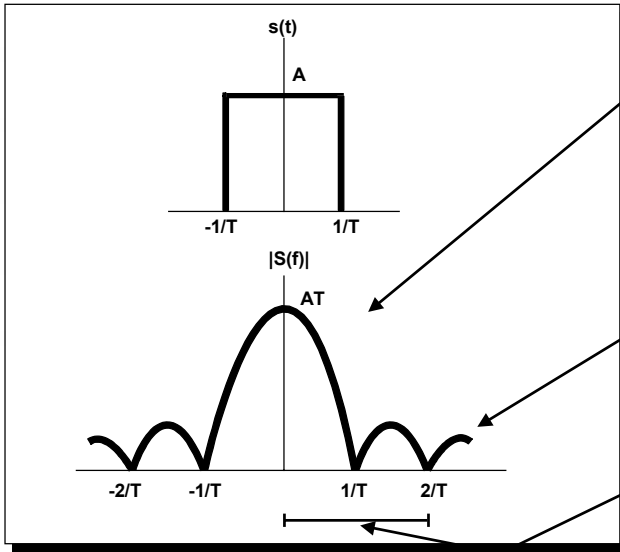
Sinal Digital



Num sinal digital, as frequências mais significativas estão em torno das frequências mais baixas

Quanto maior a frequência, menor sua contribuição na composição do sinal digital

Sinal Digital

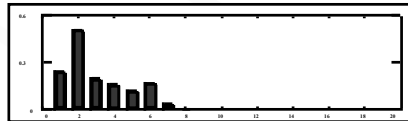
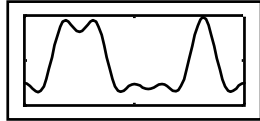
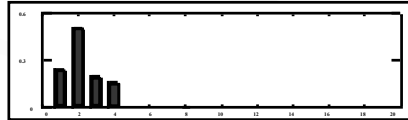
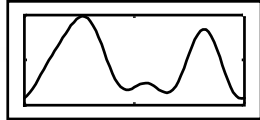
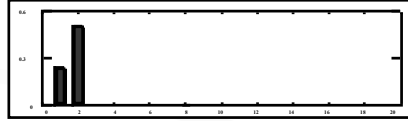
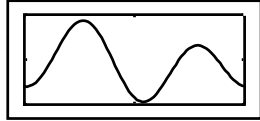
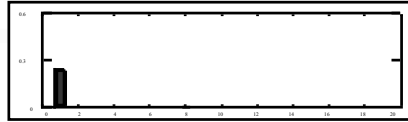
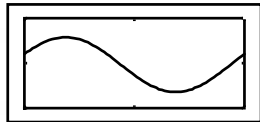
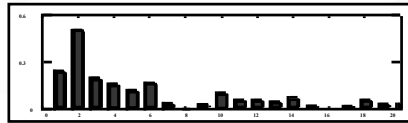
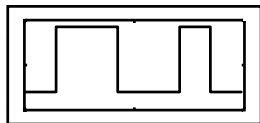


Num sinal digital, as frequências mais significativas estão em torno das frequências mais baixas

Quanto maior a frequência, menor sua contribuição na composição do sinal digital

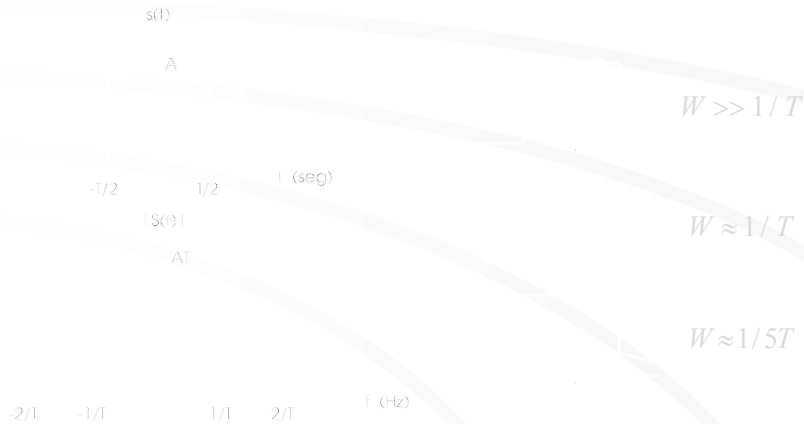
A banda passante necessária será algo como isto

Harmônicos



Sinal Digital

- Banda passante necessária depende do intervalo de sinalização
 - em outras palavras, depende da taxa de transmissão



Sinal Digital

Mudando a Pergunta:

Dada a banda passante do meio físico, qual a taxa máxima na qual se pode transmitir ?

Nyquist

Taxa máxima de transmissão em um canal na ausência de ruído

- “Ao se transmitir um sinal através de um meio com largura da banda passante igual W Hz, o número de amostras necessário para se reconstituir completamente o sinal recebido é de $2W$ amostras por segundo”
- Num sinal digital, é necessária uma amostra por intervalo de sinalização. Logo o sinal não pode ter mais que $2W$ bauds.
 - Sendo L o número de níveis de sinalização, a capacidade máxima C do canal em bps é

$$C = 2W \log_2 L \text{ bps}$$

Ruído Térmico

Razão sinal-ruído (S/N)

Medida em decibéis (db)

$$1 \text{ db} = 10 \log_{10}(S/N)$$

- $S/N = 10$ 10 db
- $S/N = 100$ 20 db
- $S/N = 1000$ 30 db

Shannon

Taxa máxima de transmissão em um canal na presença de ruído térmico

- Dada a banda passante W do meio físico, a capacidade máxima C de transmissão em bps é dada por

$$C = W \log_2(1 + S/N) \text{ bps}$$

- Limite máximo teórico intransponível independente do número de bits por nível de sinalização
- Exemplo:
 - um canal telefônico típico: $W = 3000$ Hz, $S/N = 30\text{dB}$
 - $C = 30000$ bps

Atenuação

- Calor
 - Dissipação de energia
 - Proporcional ao comprimento do meio físico
 - Inversamente proporcional ao diâmetro do meio físico (Efeito pelicular)
- Radiação
 - Dissipação de energia
 - Proporcional à frequência

Ruído

- Ruído Branco
- Ruído Impulsivo
- *Crosstalk*

Técnicas de Detecção de Erro

- Paridade
- Checksum
- CRC

Formato do Pacote



Codificação e Transmissão de
Informação

Codificação e Transmissão

- Dado Digital - Sinal Digital
 - Codificação digital
 - Banda básica
- Dado Digital - Sinal Analógico
 - Modulação de dado digital
 - Banda larga
- Dado Analógico - Sinal Digital
 - Digitalização
 - PCM, ADPCM, ...
- Dado Analógico - Sinal Analógico
 - Modulação de dado analógico
 - AM, FM, ...

Codificação e Transmissão de Informação Digital

- Em Banda Básica
 - Informação digital codificada diretamente sobre o par de fios como diferenças discretas de voltagem (com um valor fixo para cada símbolo digital utilizado)
- Em Banda Larga
 - Através de modulação de onda portadora
 - ex.: MODEM

Transmissão em Banda Básica

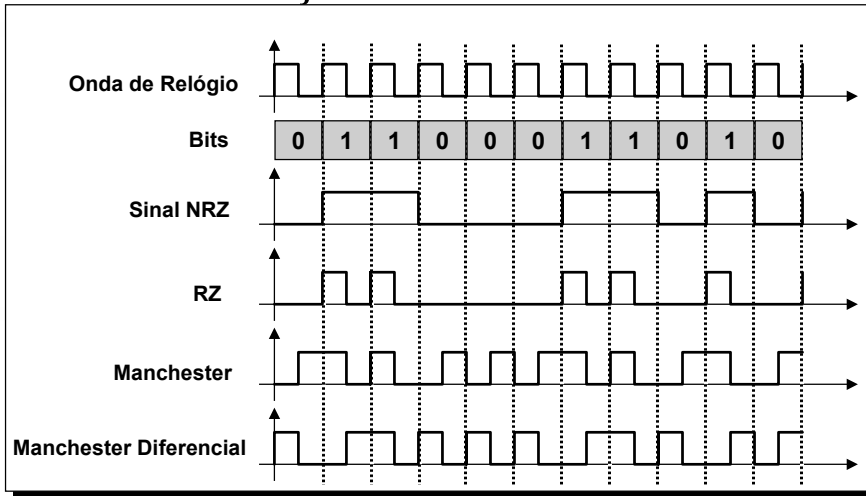
Informação Digital

- Sinais codificados como diferenças discretas de voltagem que correspondem a um ou mais bits de informação
- Banda de frequências é a Banda Básica
– de 0 a n Hz

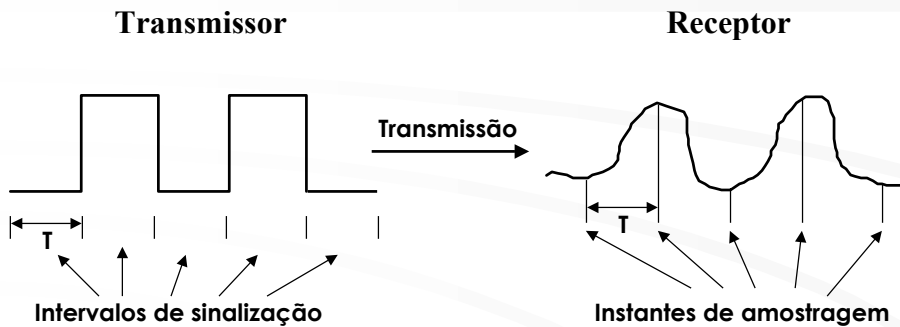
Codificação em Banda Básica

- NRZ (Non-Return to Zero)
- NRZI (Non-Return to Zero Inverted)
- Pseudoternary
- AMI (Alternate Mark Inversion)
- HDB3 (High Density Bipolar Three Zeros)
- B8ZS (Bipolar with Eight Zeros Substitution)
- 4B3T (4-Binary 3-Ternary)
- Manchester
- Differential Manchester
- Multi-Level Codes

Codificação em Banda Básica



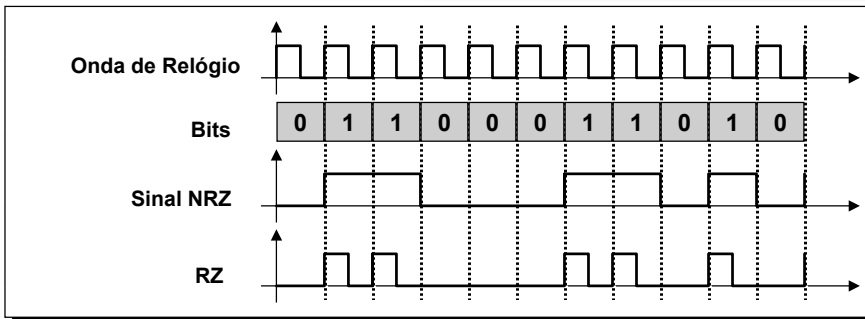
Recuperação do Sinal NRZ



Necessidade de uma referência única de tempo para transmissor e receptor

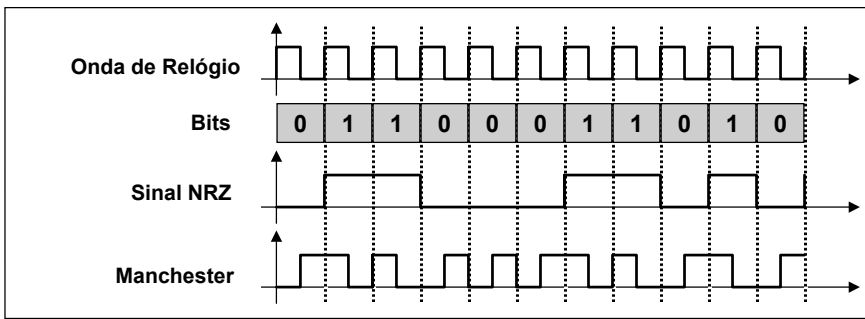
Sinal RZ

(Return to Zero)



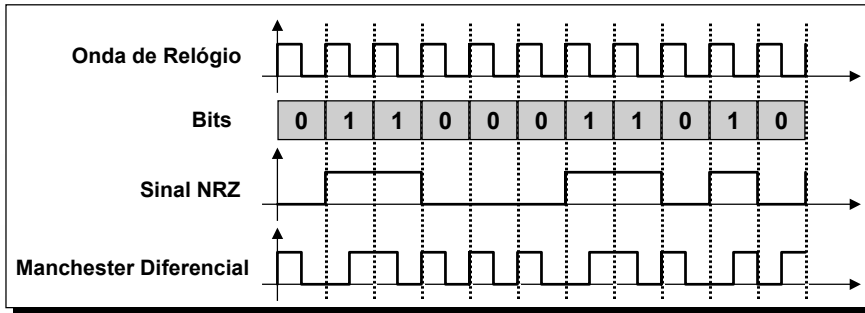
- Bit "1" - Pulso retangular com metade do intervalo significativo do bit (retorno a zero na segunda metade)
- Bit "0" - Inexistência de pulso

Código Manchester



- bit "0" - transição positiva (subida) no meio do intervalo de sinalização do bit
- bit "1" - transição negativa (descida) no meio do intervalo de sinalização do bit

Código Manchester Diferencial



Tanto o bit "0" quanto o bit "1" possuem uma transição no meio de cada intervalo de sinalização

- bit "1" - sem transição no início do intervalo de sinalização do bit
- bit "0" - com transição no início do intervalo de sinalização do bit

Transmissão de Informação Digital

- Em Banda Básica (*Baseband*)

- Em Banda Larga (*Broadband*)

Transmissão de Informação Digital



- Em Banda Básica (*Baseband*)

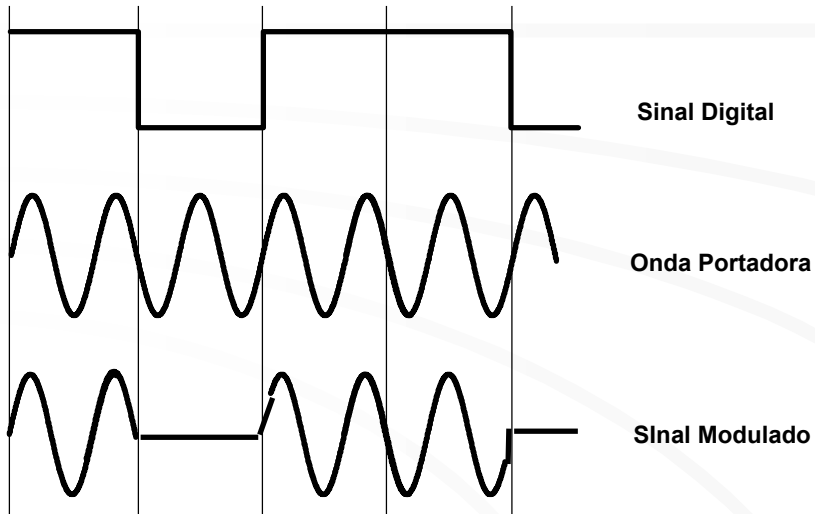
- Em Banda Larga (*Broadband*)

Transmissão em Banda Larga

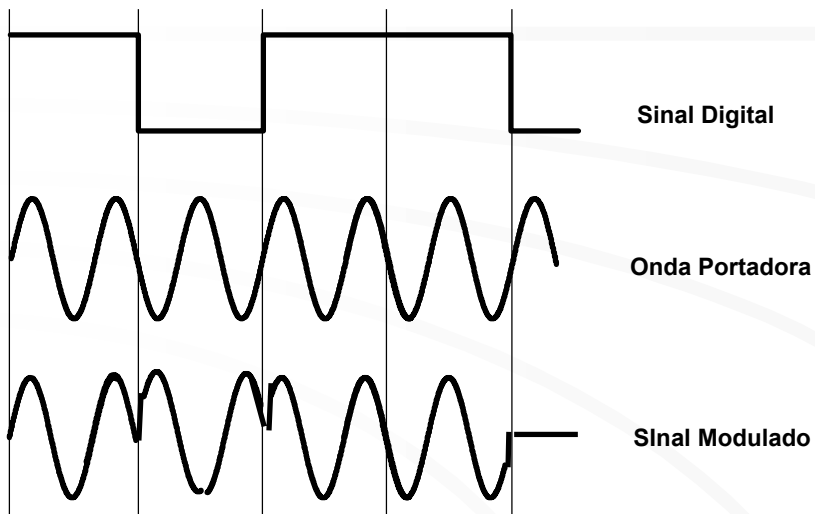
Informação Digital

- Banda de frequências original é realocada para outra região do espectro que, em geral, não engloba a frequência de 0 Hz
- Modulação de Onda Portadora
 - Amplitude Shift Keying (ASK)
 - Phase Shift Keying (PSK)
 - Frequency Shift Keying (FSK)

Amplitude Shift Keying (ASK)



Phase Shift Keying (PSK)



Frequency Shift Keying (FSK)



Onda Portadora

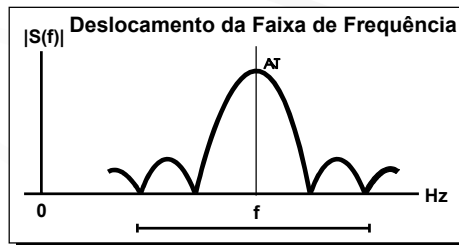
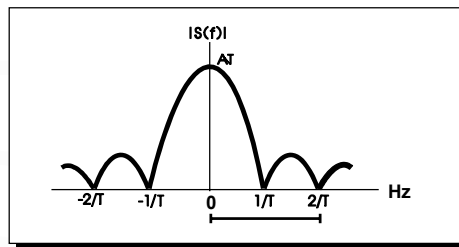
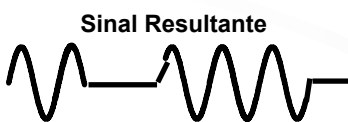
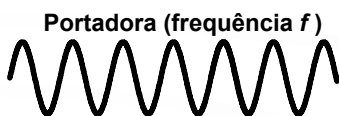
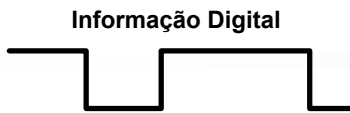


Sinal Digital



Sinal Modulado

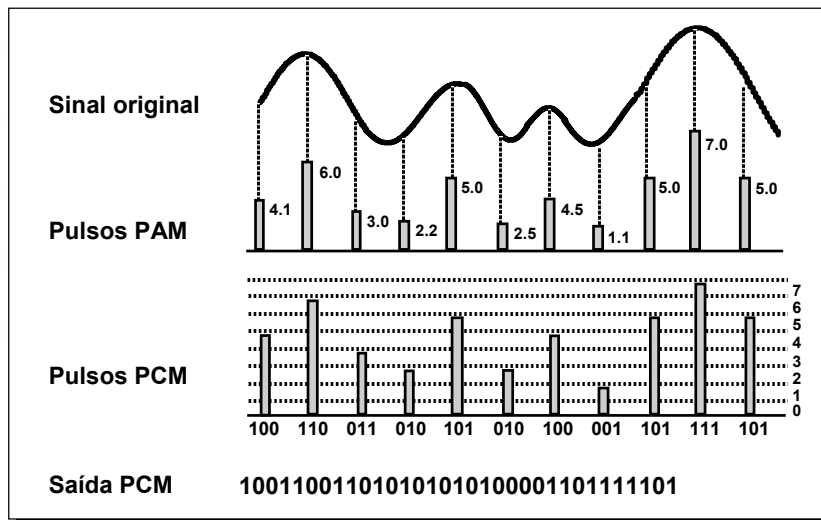
Efeito da Modulação



Dados Analógicos com Transmissão Digital

- Transmissão Digital
 - possibilidade de regeneração
- Digitalização da informação analógica
 - amostragem
 - frequência de amostragem : Teorema de Nyquist
 - “Ao se transmitir um sinal através de um meio com largura da banda passante igual W , o número de amostras necessário para se reconstituir completamente o sinal recebido é de $2W$ amostras por segundo”
 - quantização
 - PCM, ...

PCM - Pulse Code Modulation



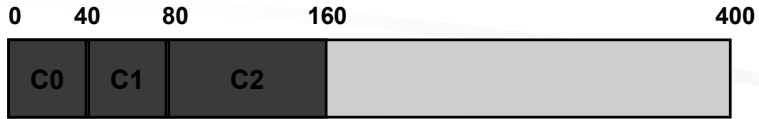
Multiplexação e Comutação

Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão

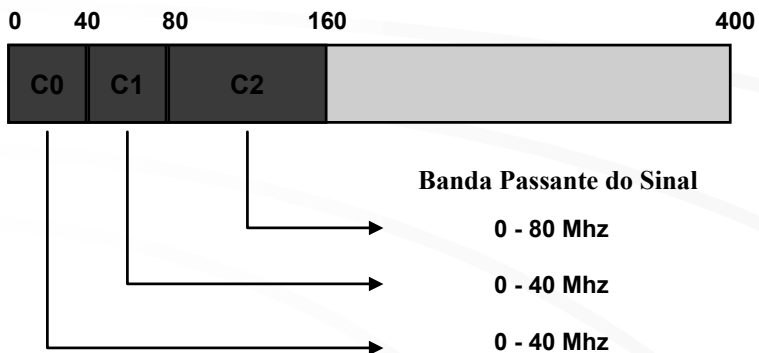


Como melhorar a utilização do meio de transmissão ?

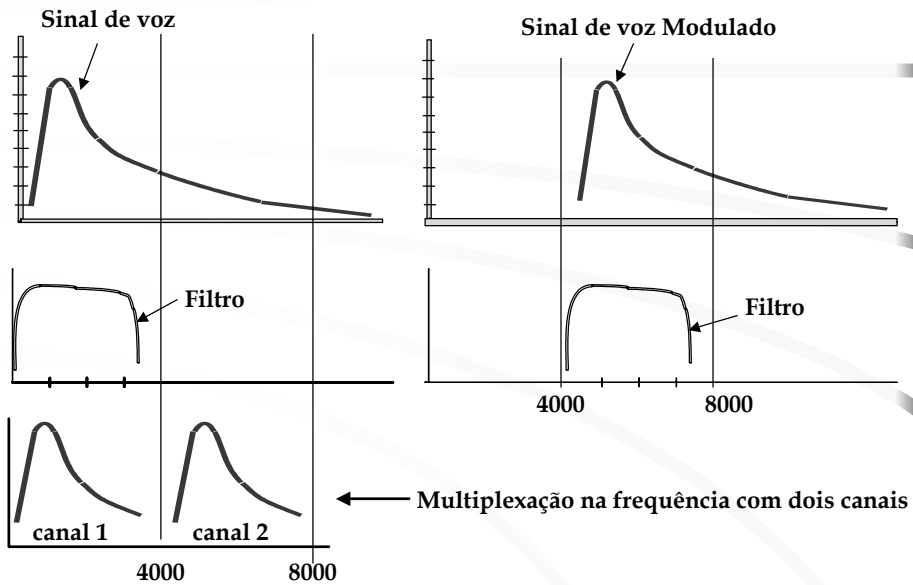
Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão



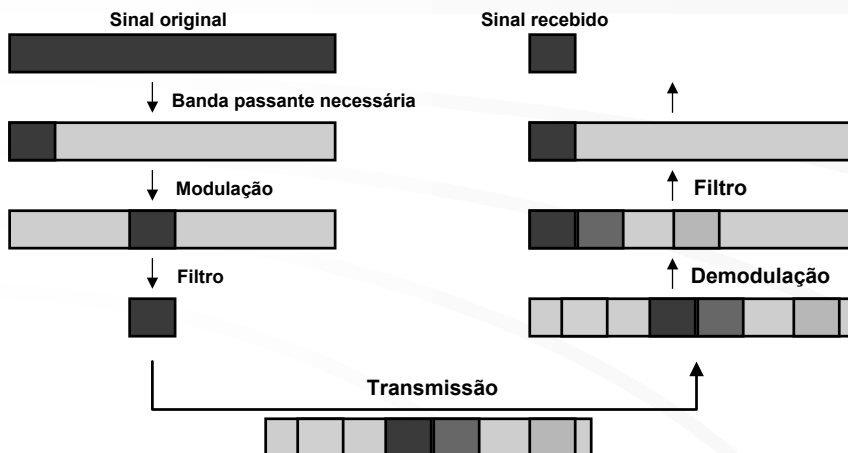
Utilização da Banda Passante do Meio de Transmissão



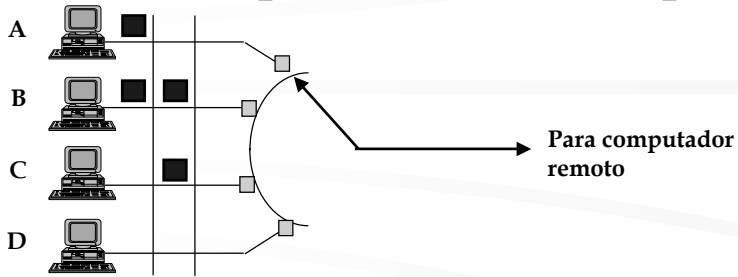
Multiplexação na Frequência (FDM)



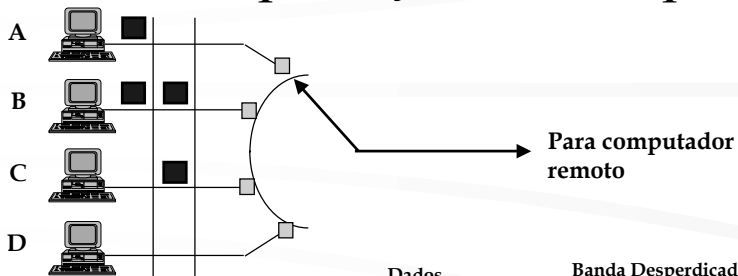
Transmissão FDM



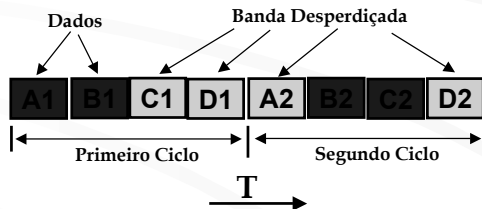
Multiplexação no Tempo



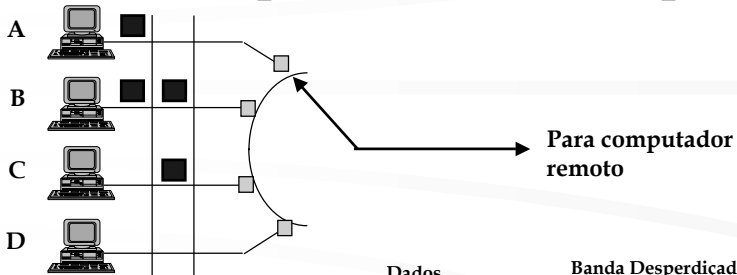
Multiplexação no Tempo



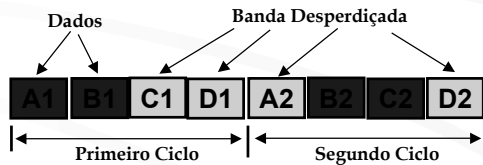
- Multiplexação Síncrona (TDM)
(*synchronous Time Division Multiplexing*)



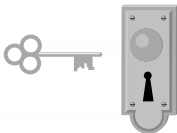
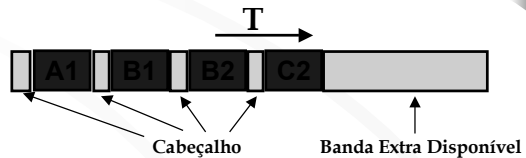
Multiplexação no Tempo



- Multiplexação Síncrona (TDM)
(*synchronous Time Division Multiplexing*)



- Multiplexação Estatística (STDM)
(*Statistical Time Division Multiplexing*)



Multiplexação

- Permite que vários sinais de diferentes fontes possam compartilhar o mesmo meio físico
 - Multiplexação por Divisão da Frequência
 - (Frequency Division Multiplexing - FDM)
 - Multiplexação por Divisão do Tempo
 - (Time Division Multiplexing - TDM)
 - Multiplexação por Divisão do Comprimento de Onda
 - (Wavelength Division Multiplexing - WDM)

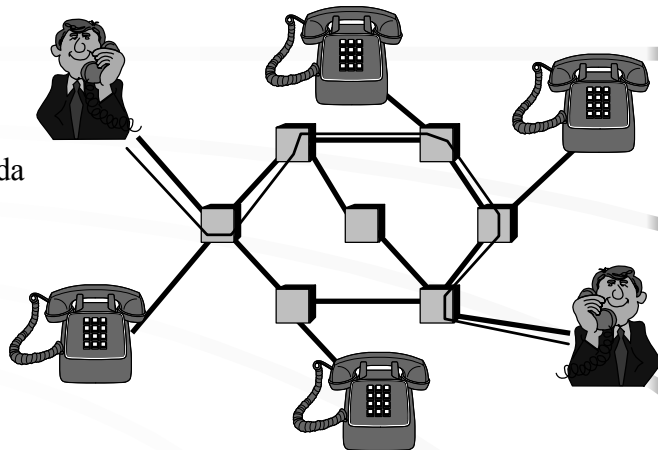
Comutação

- Comutação de Circuitos
- Comutação de Mensagens
- Comutação de Pacotes
 - Datagramas
 - Circuito Virtual

Comutação de Circuitos

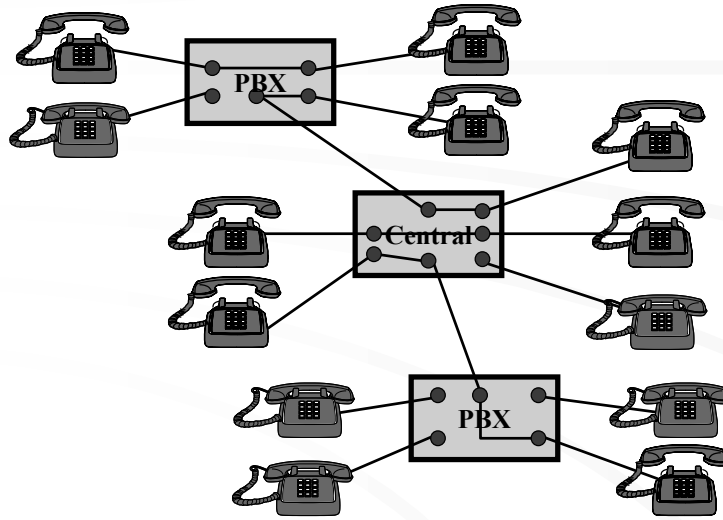
Fases

- Estabelecimento da Conexão
- Transferência de Informação
- Desconexão

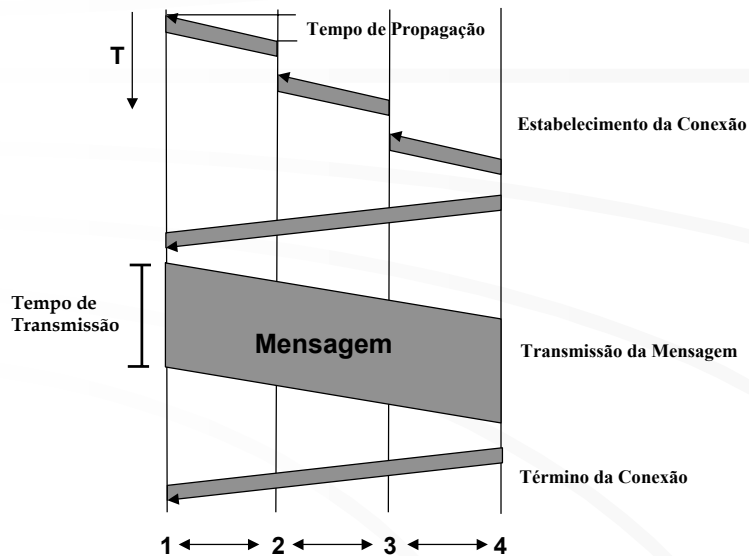


Um caminho permanece dedicado entre origem e destino durante todo o tempo de conexão

Rede Telefônica



Comutação de Circuitos



Comutação de Circuitos

Características

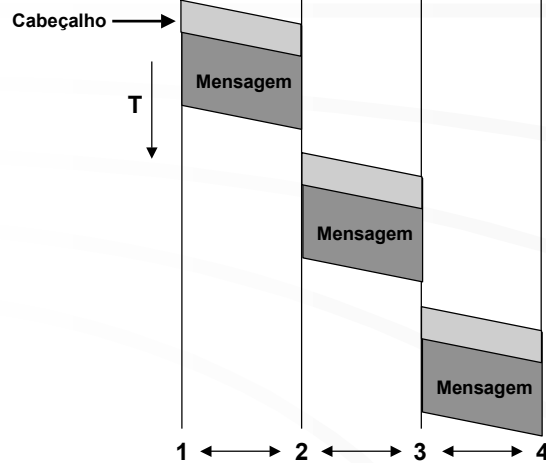
- Retardo de transferência dos dados determinístico
- Possibilidade de bloqueio da comunicação devido a falta de recursos livres
- Melhor para tráfego contínuo
- Pior para tráfego em rajadas



Comutação de Circuitos

- Chaveamento por Divisão Espacial
 - (Space Division Switching - SDS)
 - Cada nó fecha um circuito físico entre entrada e saída
- Chaveamento por Divisão da Frequência
 - (Frequency Division Switching - FDS)
 - Cada nó chaveia de um canal de uma linha de entrada para um canal de uma linha de saída
 - O circuito formado pelos nós é uma sequência de canais de frequência
- Chaveamento por Divisão do Tempo
 - (Time Division Switching - TDS)
 - Cada nó chaveia de um canal de uma linha de entrada para um canal de uma linha de saída
 - O circuito formado pelos nós é uma sequência de canais em linhas TDM síncronas

Comutação de Mensagens



Comutação de Mensagens

Características

- Não existe fase de estabelecimento de chamada nem de desconexão
- *Store-and-Forward*
- Cada mensagem possui cabeçalho com informações necessárias ao seu encaminhamento
- Introduce grandes atrasos nas mensagens



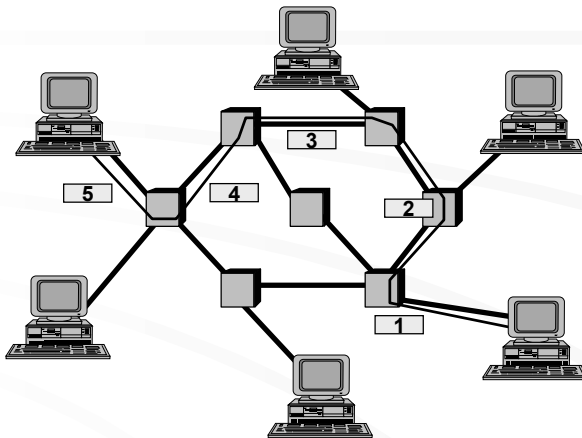
Comutação de Pacotes

- Mensagens divididas em pacotes
- *Store-and-Forward*
- Retardo de transferência aleatório
- Melhor utilização estatística dos recursos
- Melhor para tráfego em rajada
- Pior para tráfego contínuo
- Circuito Virtual x Datagrama

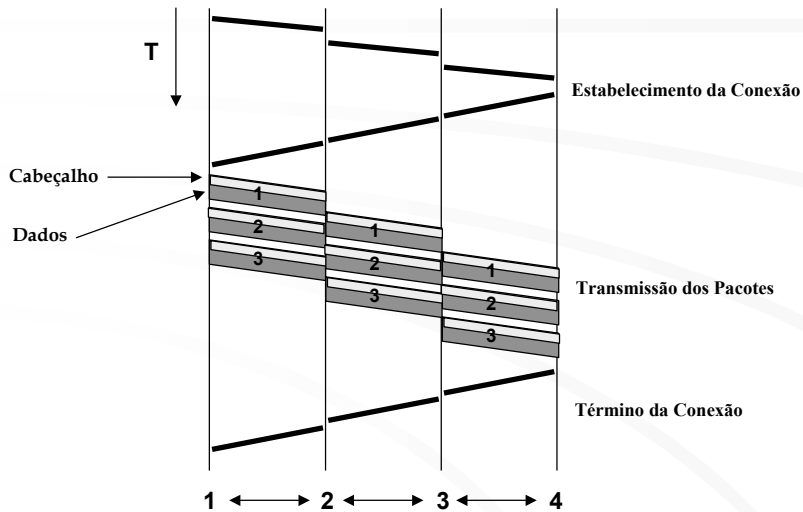


Comutação de Pacotes Circuito Virtual

- Estabelecimento de conexão
- Rota única determinada durante a conexão
- Cabeçalho necessário em cada pacote para identificação do circuito virtual
- Sequência de transmissão preservada

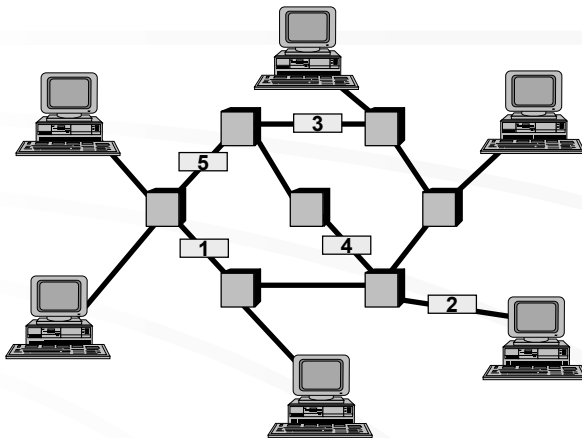


Comutação de Pacotes Circuito Virtual

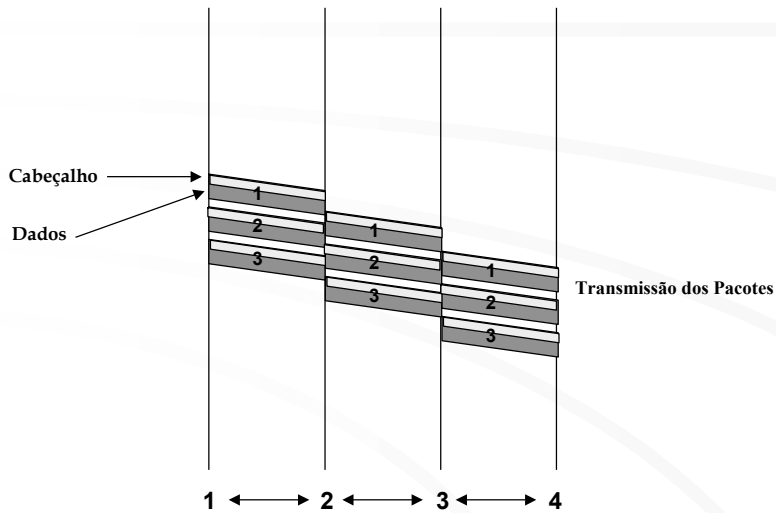


Comutação de Pacotes Datagramas

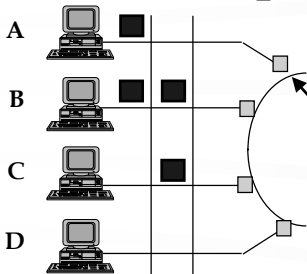
- Cada pacote é roteado de forma independente
- Cabeçalho necessário em cada pacote para identificação de endereço de origem e destino
- Possibilidade dos pacotes chegarem fora de ordem no destino



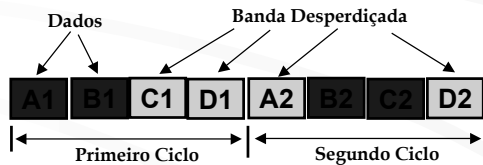
Comutação de Pacotes Datagramas



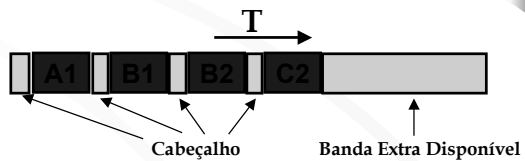
Multiplexação no Tempo



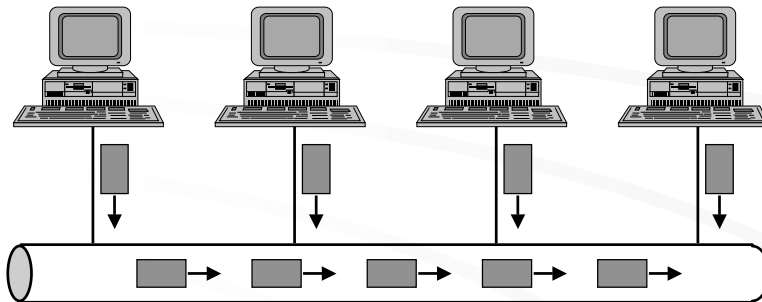
- Multiplexação Síncrona (TDM)
(*synchronous Time Division Multiplexing*)



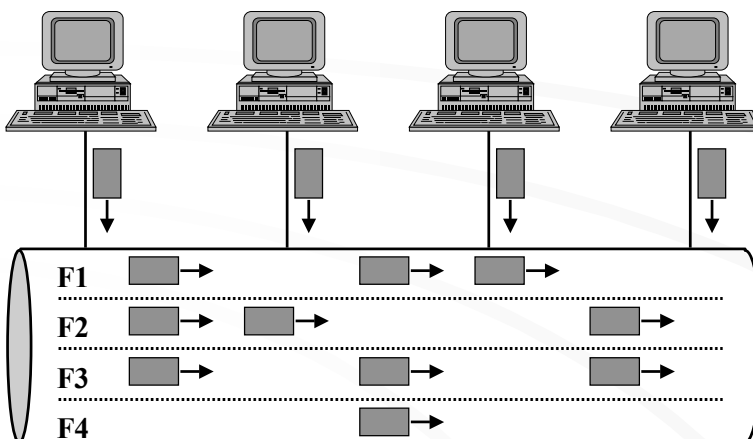
- Multiplexação Estatística (STDM)
(*Statistical Time Division Multiplexing*)



Acesso através de Multiplexação por Divisão do Tempo



Acesso através de Multiplexação por Divisão da Frequência



Modos de Transferência

- Modo de Transferência Síncrono
(*Synchronous Transfer Mode - STM*)
 - multiplexação por divisão síncrona do tempo (TDM) + comutação de circuitos por divisão síncrona do tempo (TDS)
- Modo de Transferência Assíncrono
(*Asynchronous Transfer Mode - ATM*)
 - multiplexação por divisão estatística do tempo
 - *células* pequenas e de tamanho fixo

Arquiteturas e Protocolos



Modelo OSI

- Necessidade de Padrões para interconexão de sistemas heterogêneos
- Modelo de referência para interconexão de sistemas abertos

ISO 7498
Reference Model for Open Systems Interconnection
RM-OSI/ISO

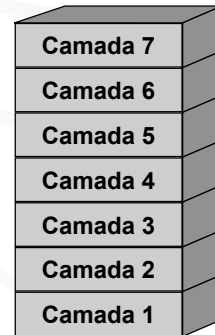
Sistemas Abertos

O termo “Sistema Aberto”

- não se aplica a
 - tecnologia
 - implementação
 - interconexão particular de sistemas
- refere-se a adoção de padrões para a troca de informações entre
 - terminais
 - pessoas
 - redes
 - processos
 - etc...

Arquitetura em Camadas

- Princípio do “Dividir para Conquistar”
- Projetar uma rede como um conjunto hierárquico de camadas
 - Cada camada usa os serviços da camada imediatamente inferior para implementar e oferecer os seus serviços à camada superior
 - O projeto de uma camada está restrito a um contexto específico e supõe que os problemas fora deste contexto já estejam devidamente resolvidos



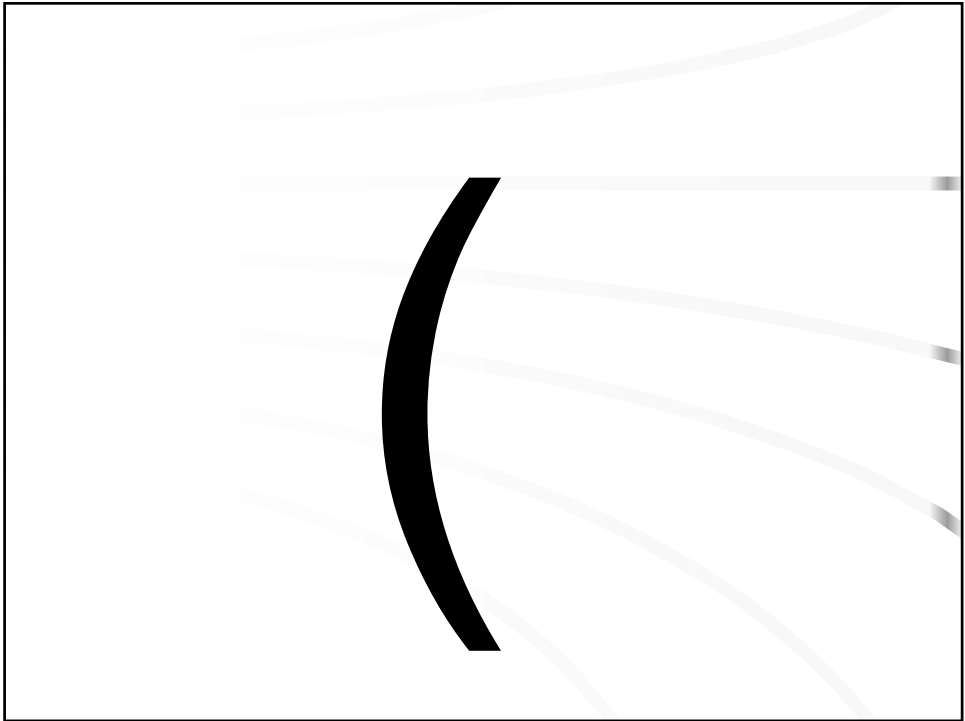
Arquiteturas de Comunicação

- Arquitetura OSI
- Arquitetura Internet
- Arquitetura IEEE 802

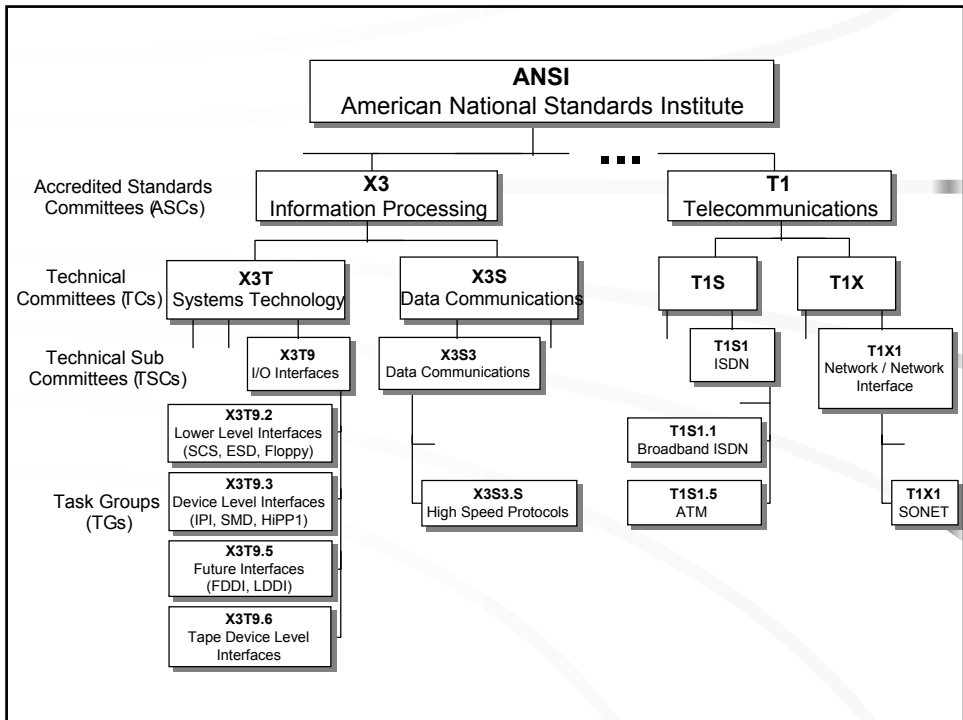
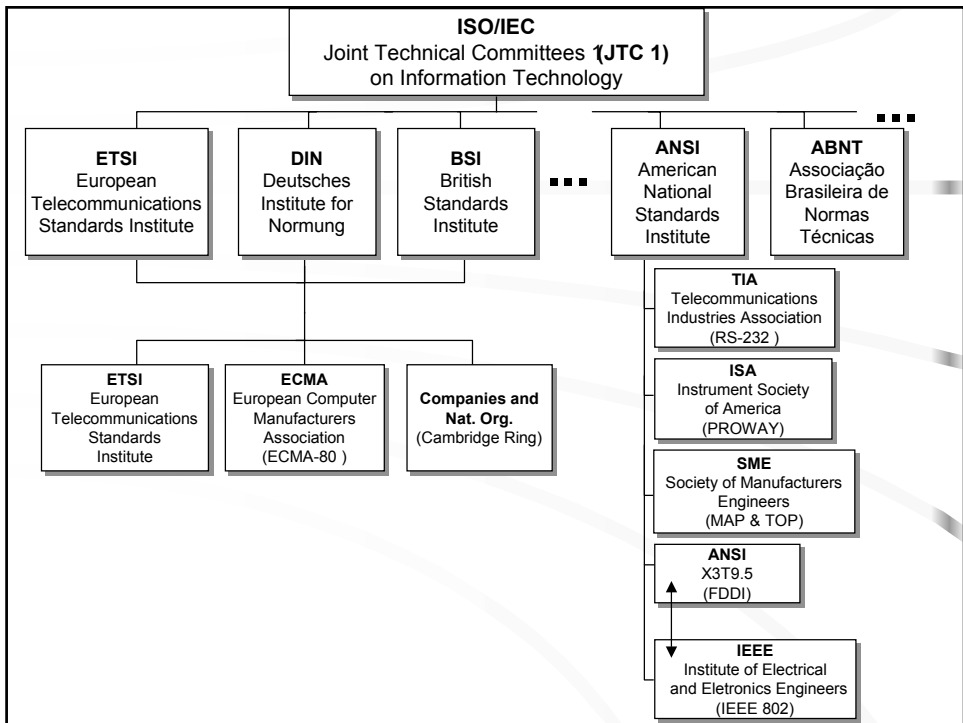
Arquitetura ISO/OSI

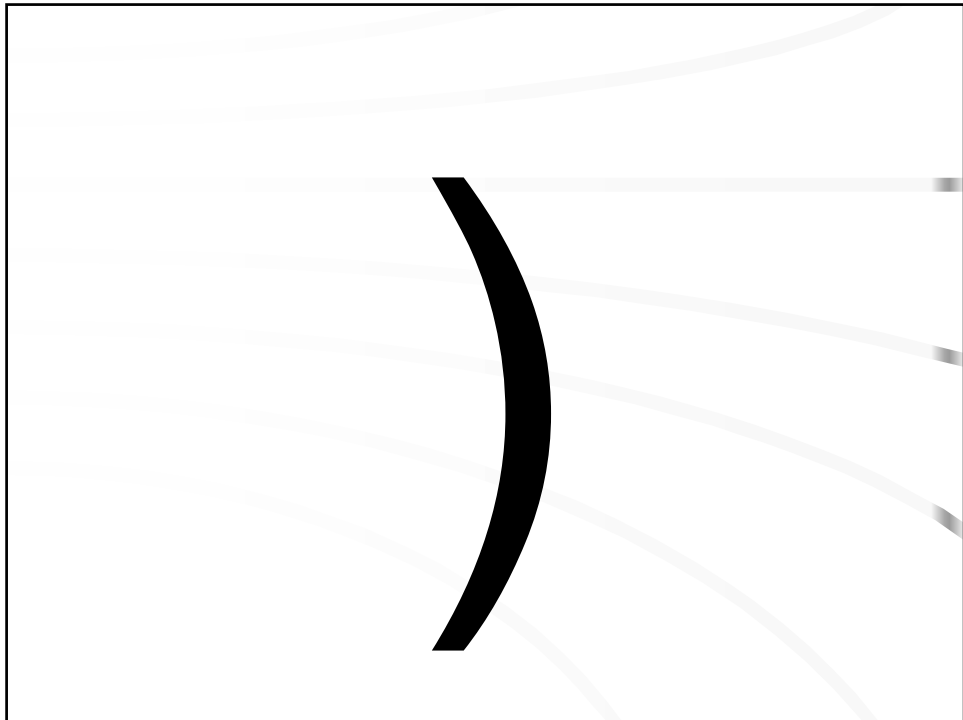
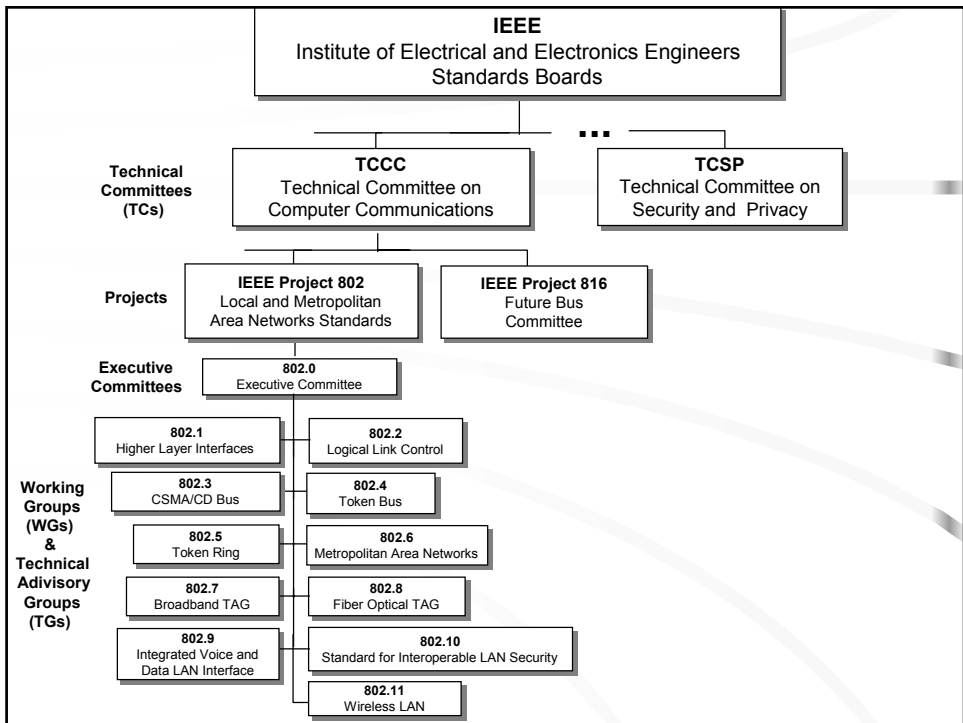
Arquitetura ISO/OSI

- Open System Interconnection
- ISO
- Sete camadas funcionais

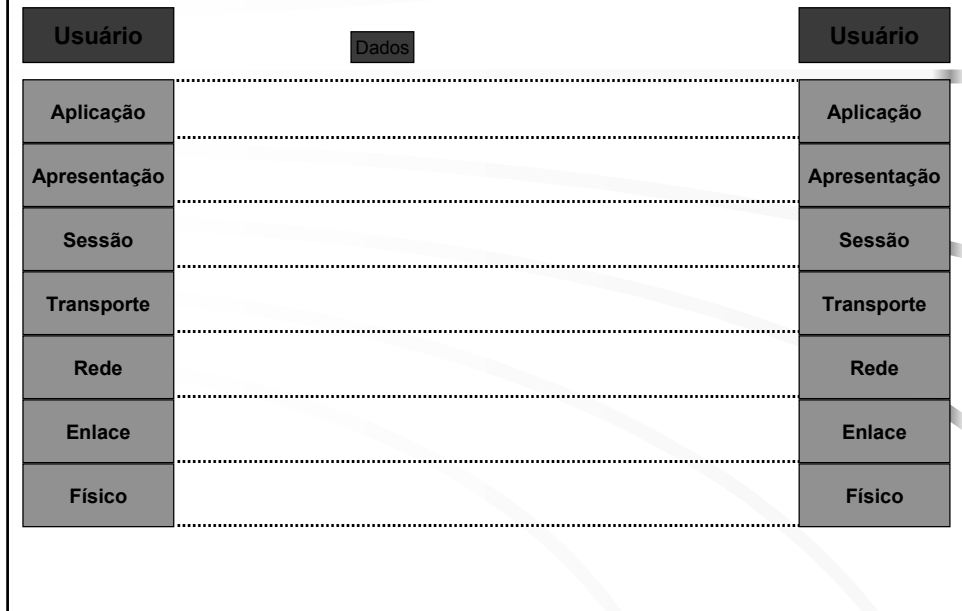


Organizações
Internacionais de
Padronização

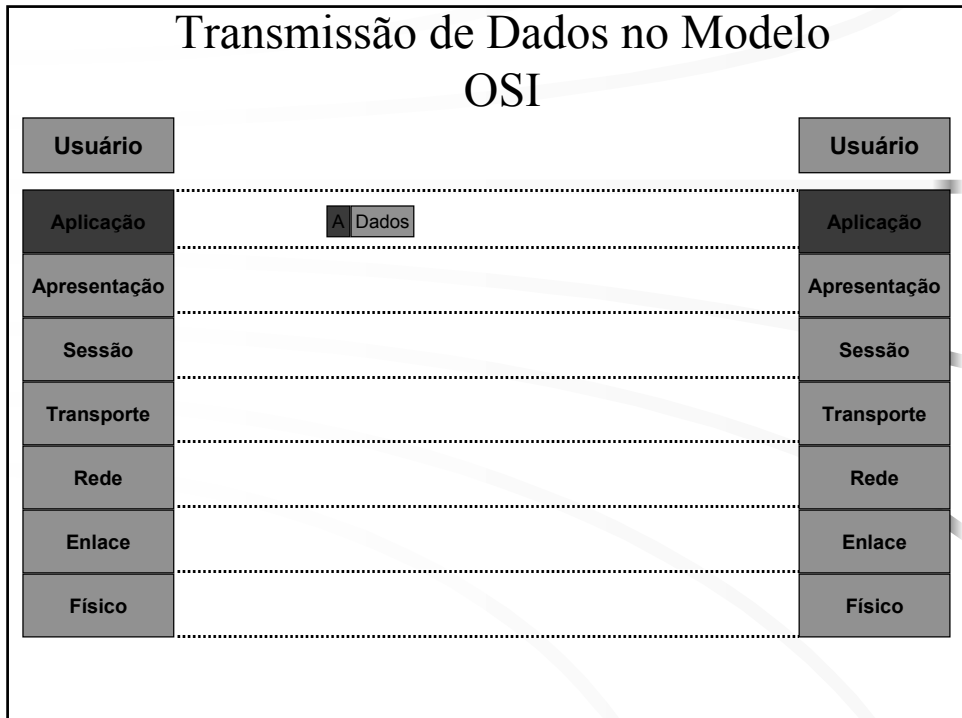




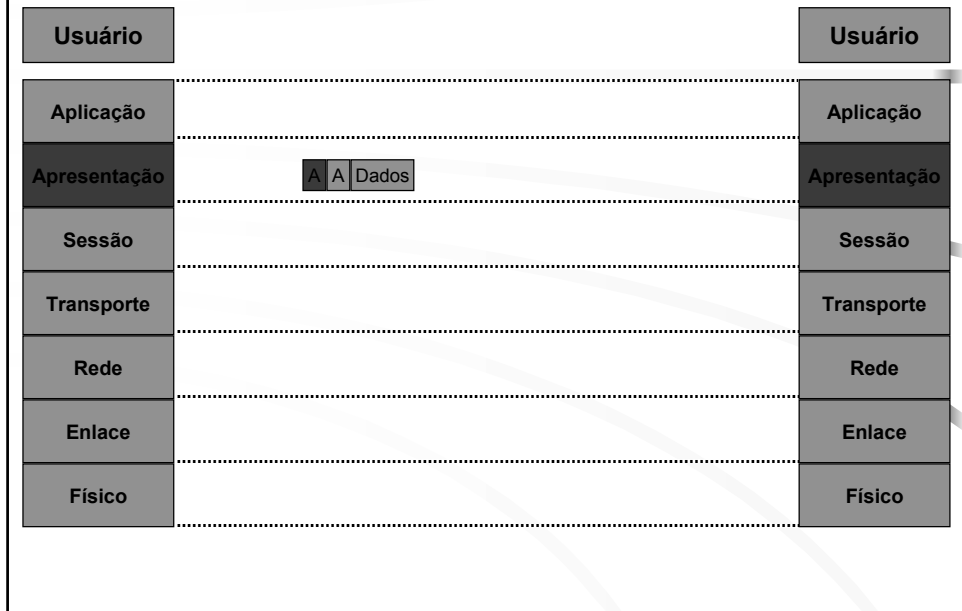
Transmissão de Dados no Modelo OSI



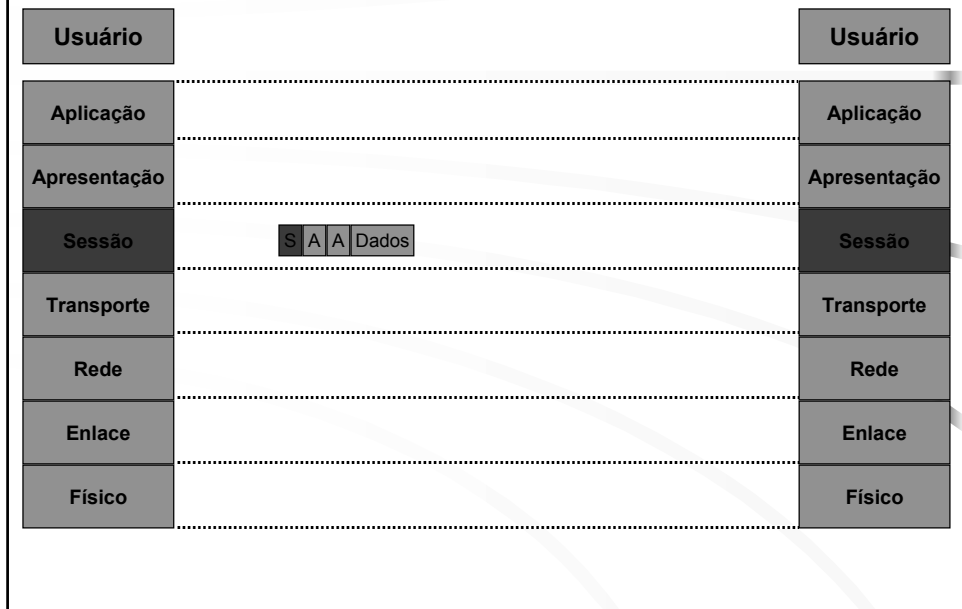
Transmissão de Dados no Modelo OSI



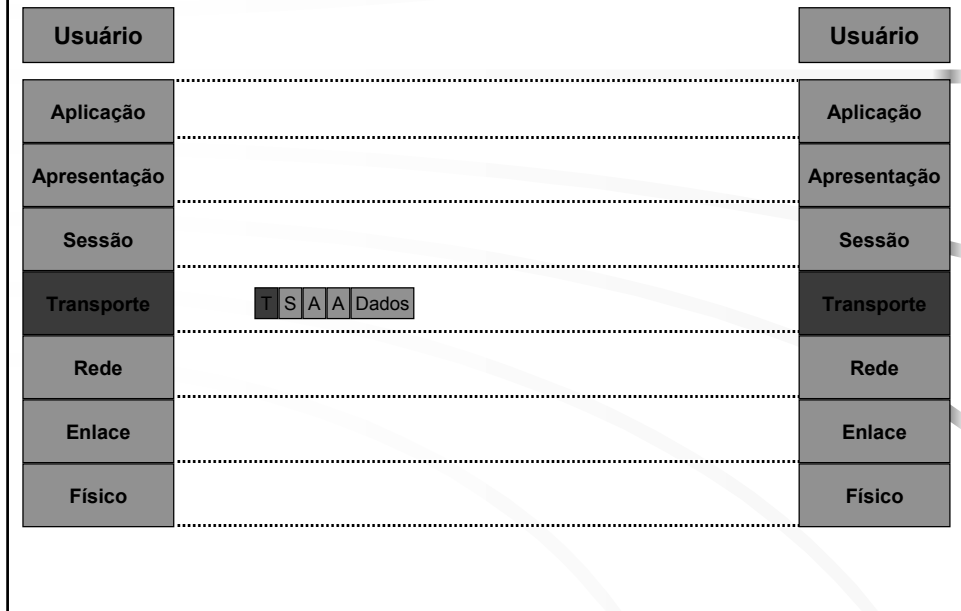
Transmissão de Dados no Modelo OSI



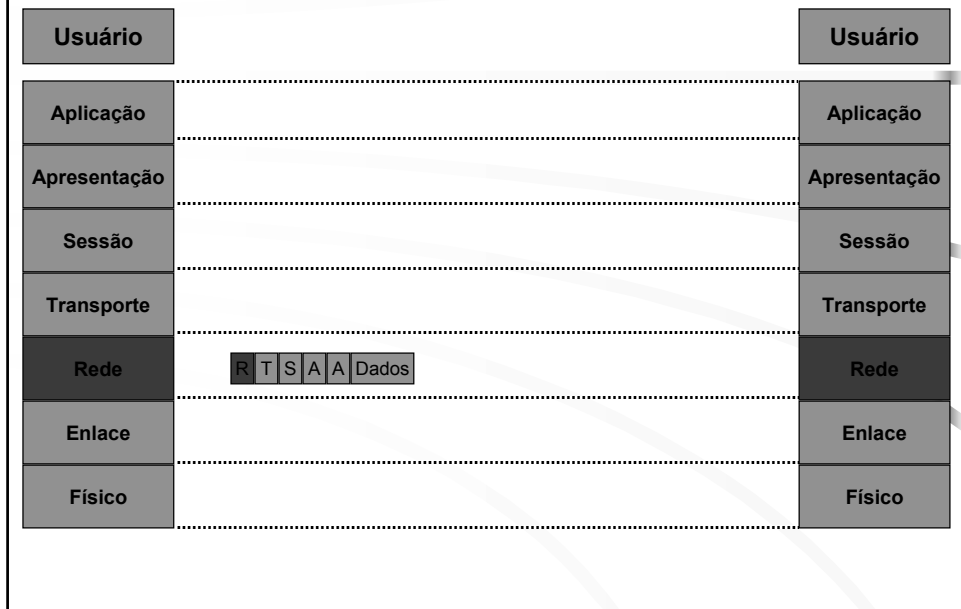
Transmissão de Dados no Modelo OSI



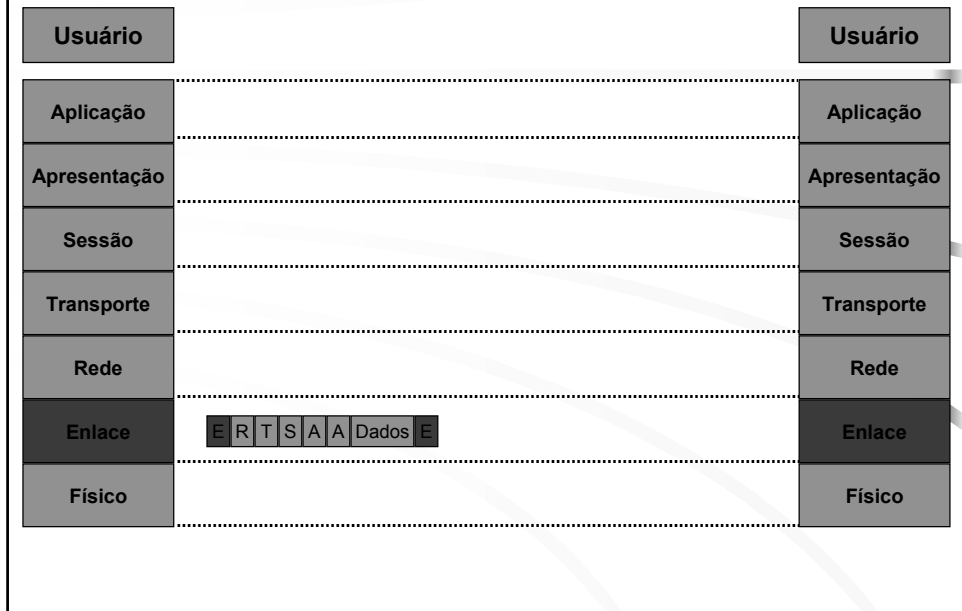
Transmissão de Dados no Modelo OSI



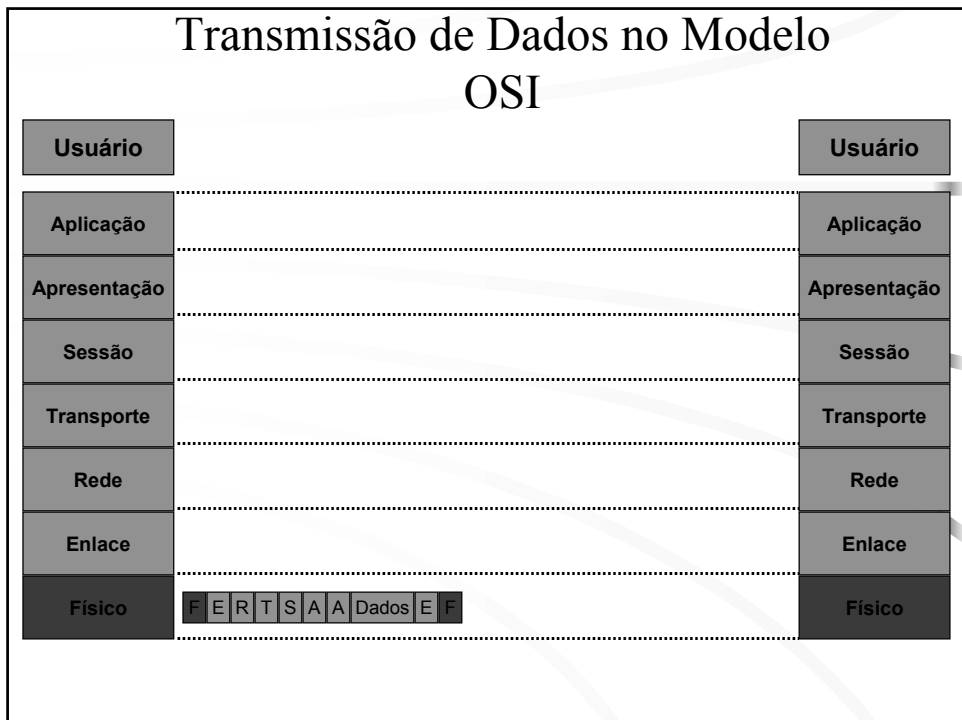
Transmissão de Dados no Modelo OSI



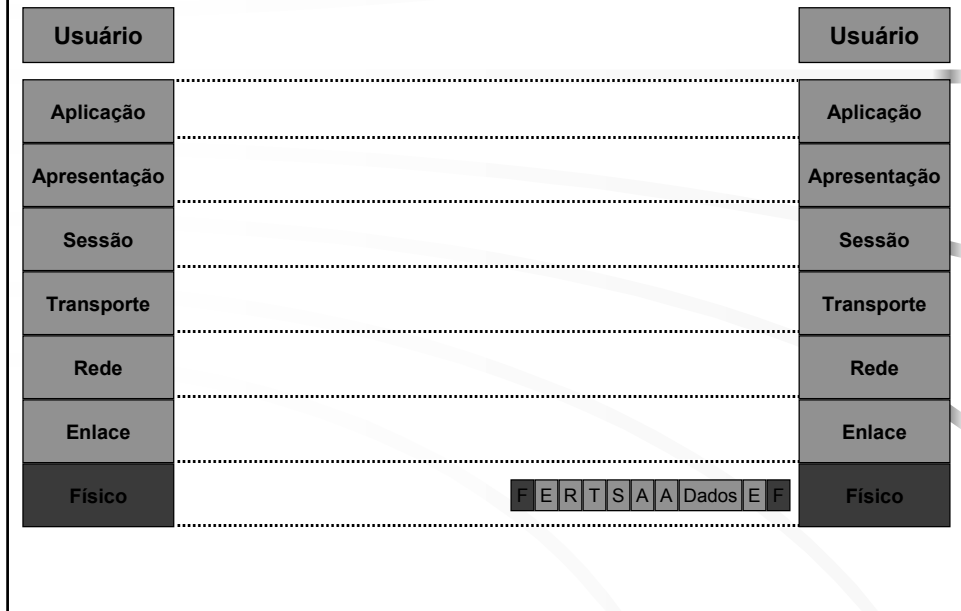
Transmissão de Dados no Modelo OSI



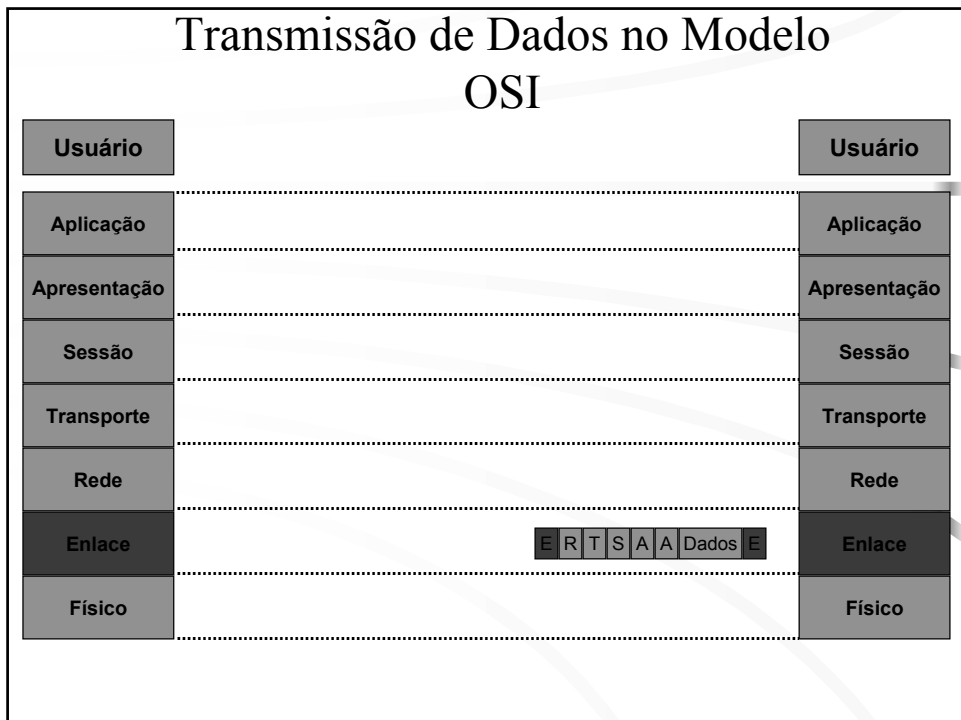
Transmissão de Dados no Modelo OSI



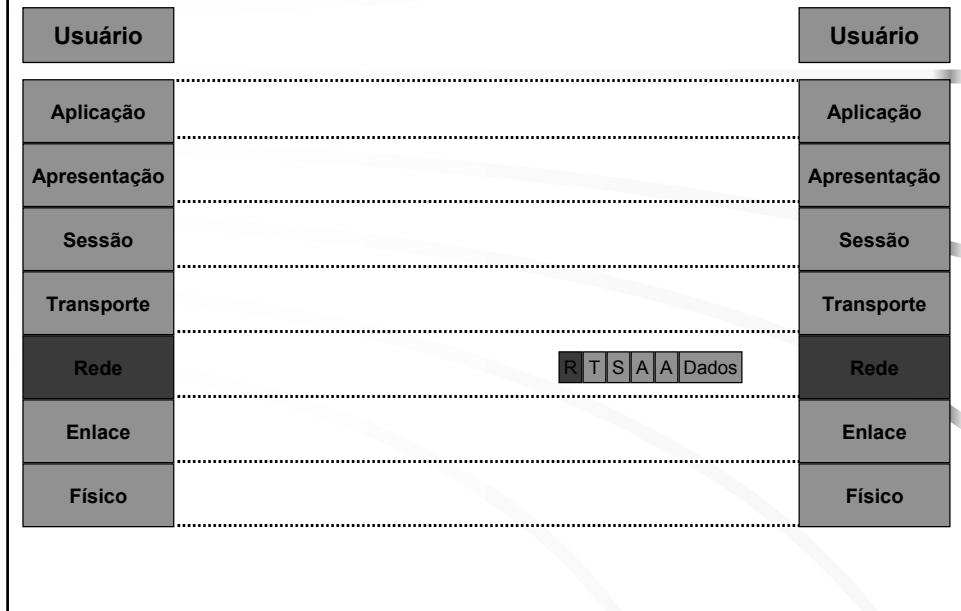
Transmissão de Dados no Modelo OSI



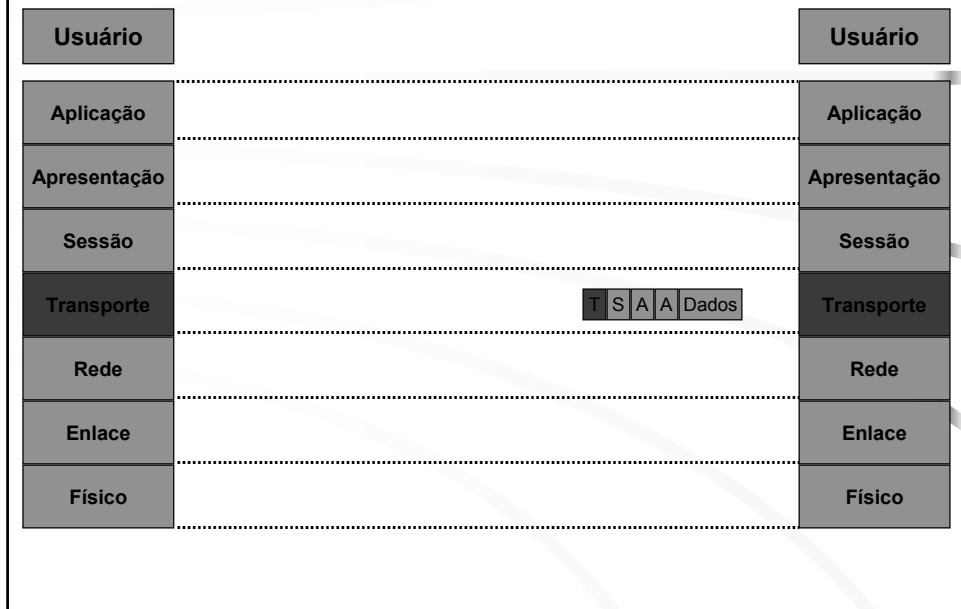
Transmissão de Dados no Modelo OSI



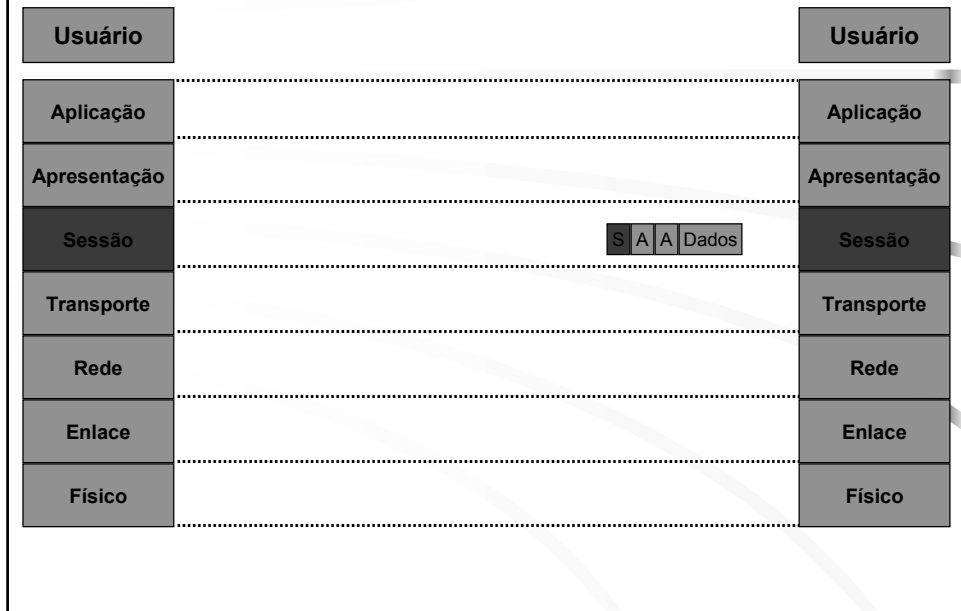
Transmissão de Dados no Modelo OSI



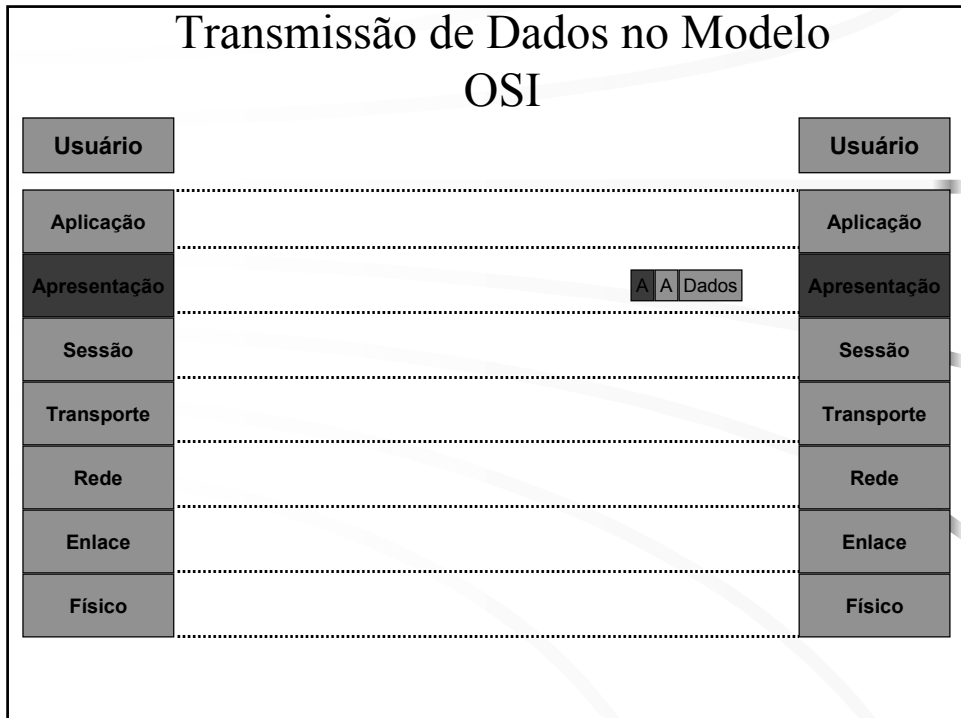
Transmissão de Dados no Modelo OSI



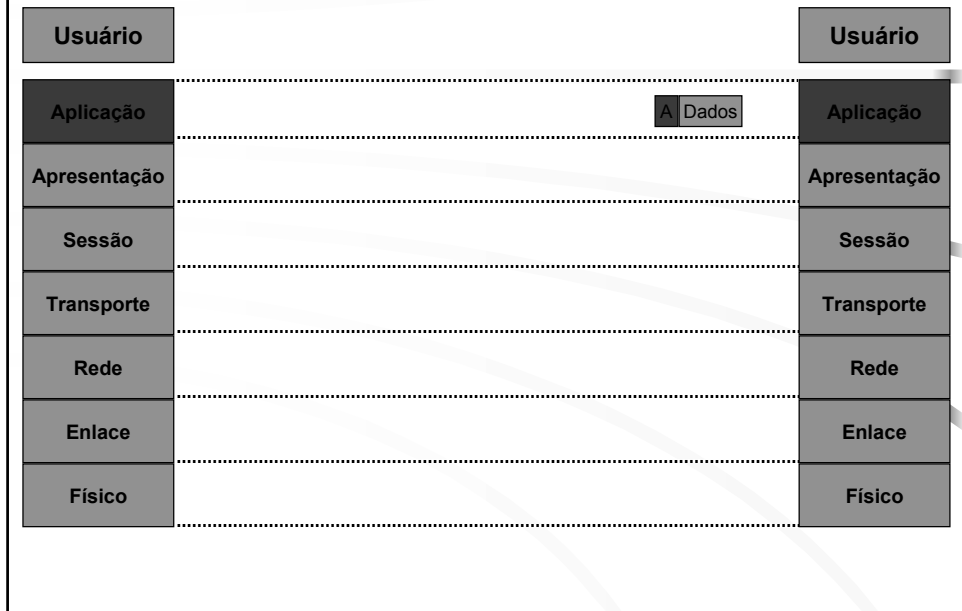
Transmissão de Dados no Modelo OSI



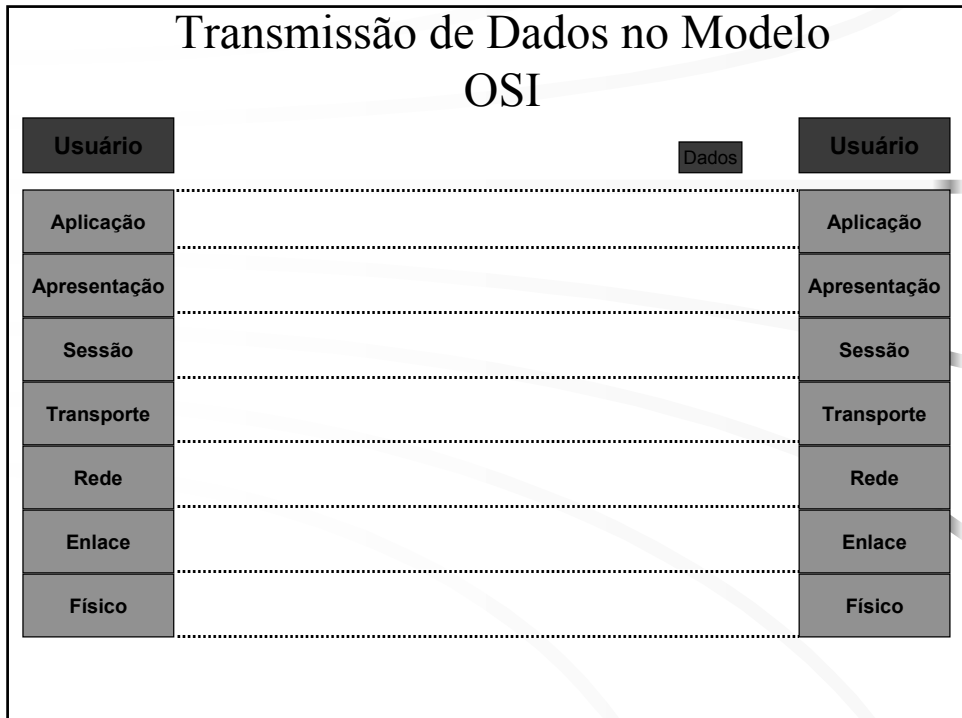
Transmissão de Dados no Modelo OSI



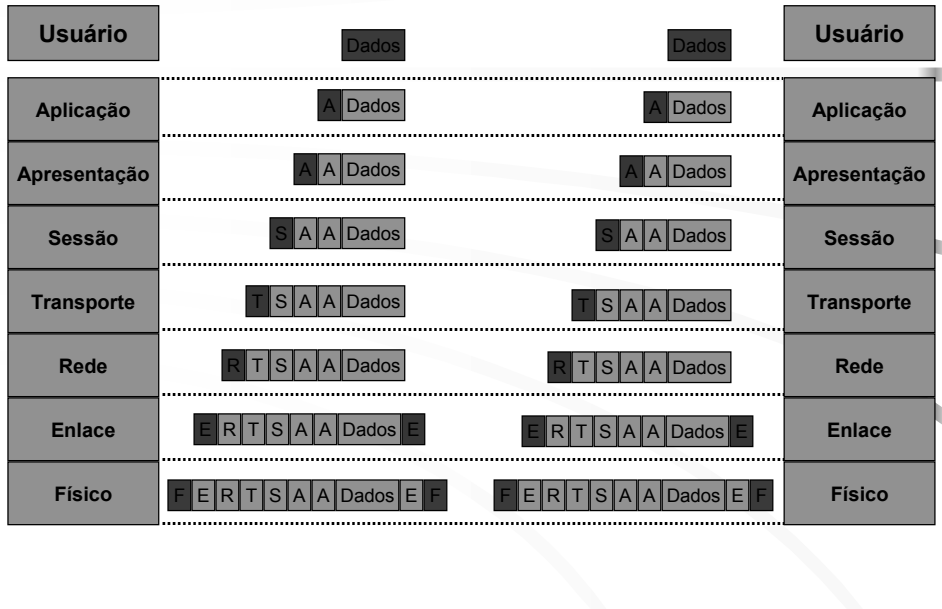
Transmissão de Dados no Modelo OSI



Transmissão de Dados no Modelo OSI



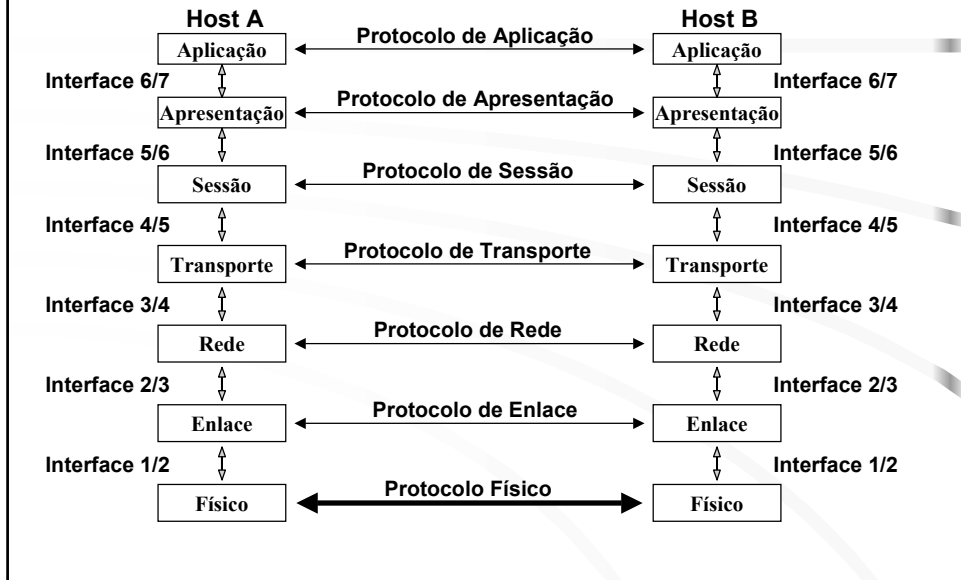
Transmissão de Dados no Modelo OSI



As Camadas do Modelo OSI



Camadas, Protocolos e Interfaces



Camada Física



- Ativar, manter e desativar conexões físicas
- Transmissão de bits através de um canal de comunicação
- Características do meio físico e da transmissão do sinal
 - Características mecânicas
 - conectores, cabos, ...
 - Características elétricas
 - representação de 0's e 1's
 - duração de um bit
 - transmissão half-duplex ou full-duplex
 - Características de procedimentos

Camada de Enlace



- Detecta e opcionalmente corrige erros que por ventura ocorram no nível físico
- Transmissão de quadros
- Recuperação dos quadros na recepção
- Controle de fluxo

Camada de Rede



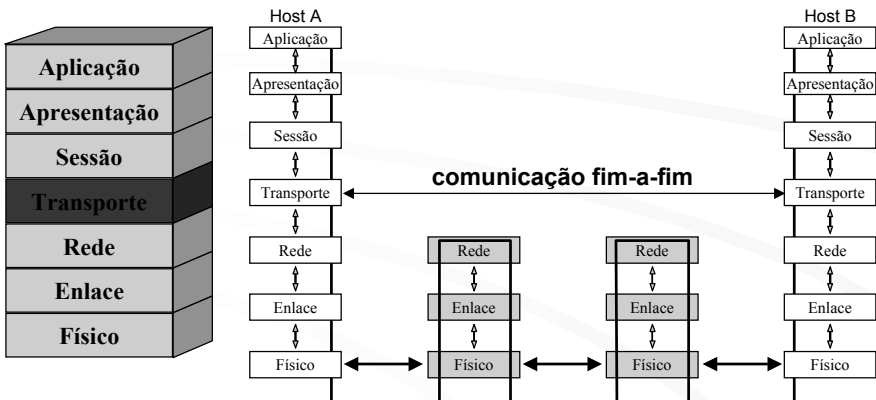
- Roteamento
- Controle de Congestionamento
- Serviços
 - Datagrama
 - Circuito Virtual

Camada de Transporte



- Fornece uma comunicação fim-a-fim verdadeiramente confiável
- Estabelecimento e desativação de conexões entre sessões
- Controle de fluxo
- Controle de erro
- Multiplexação de conexões
- Fragmentação e remontagem de mensagens

Camada de Transporte



Camada de Sessão



- Controle de Diálogo
 - *Checkpoints*
 - Recuperação da sessão em caso de falhas
- Gerenciamento de “*Token*”
 - *half-duplex*
 - *full-duplex*
- Controle de Atividade
 - Agrupamento lógico de diálogos
 - Cada atividade corresponde a uma tarefa que pode ser interrompida e posteriormente retomada
- Informe de erros

Camada de Apresentação



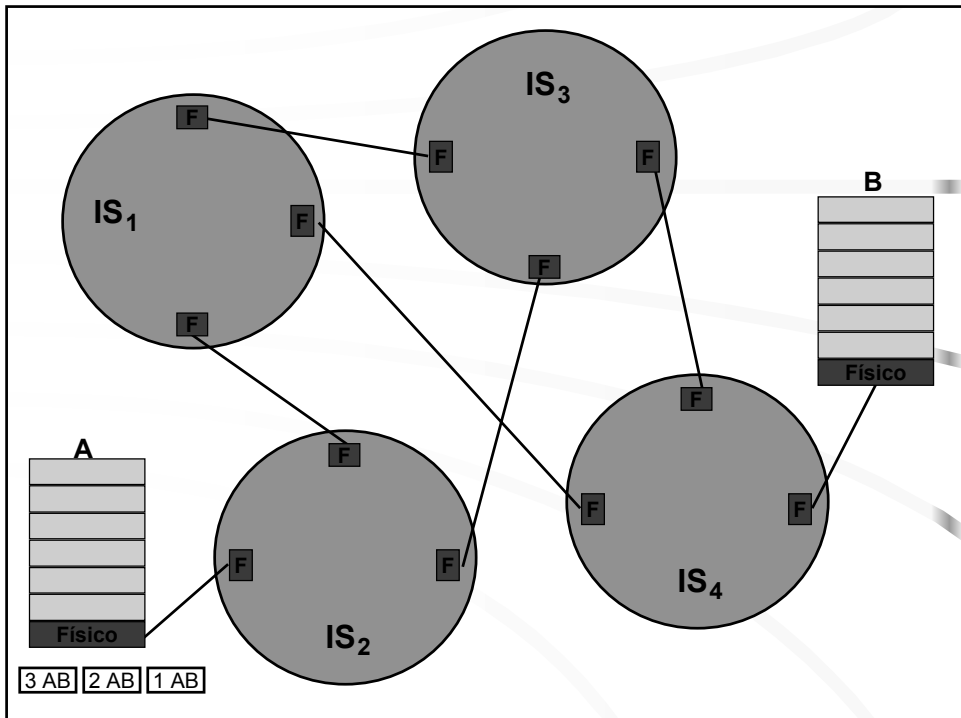
- Permite a interoperabilidade de sistemas heterogêneos
- Coordena a conversão de dados e suas representações
 - Tradução de códigos
 - Compactação de Dados
 - Criptografia

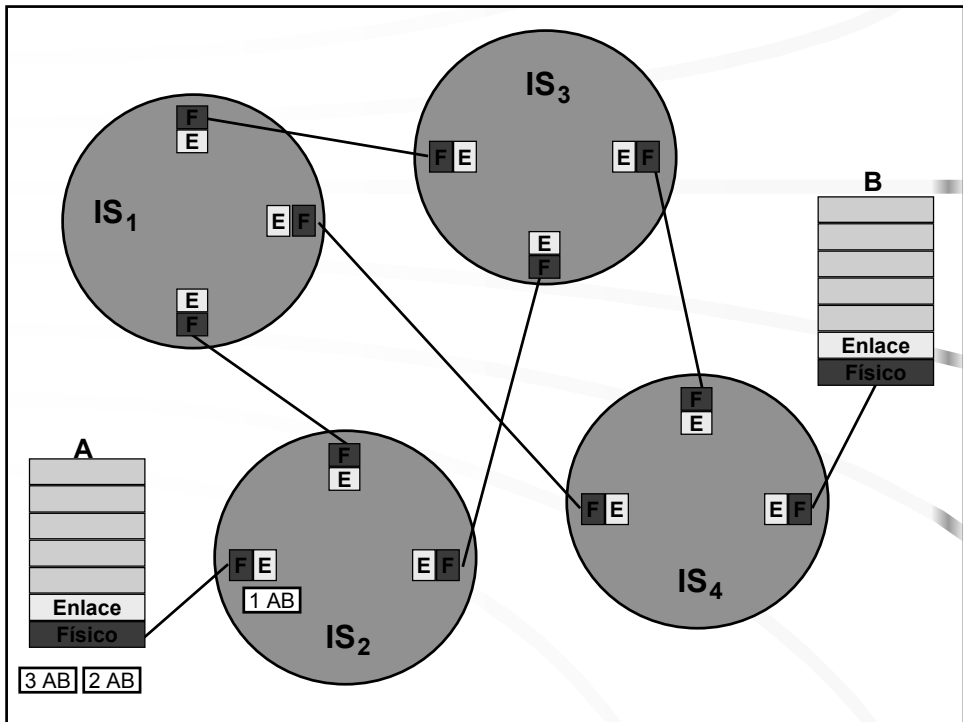
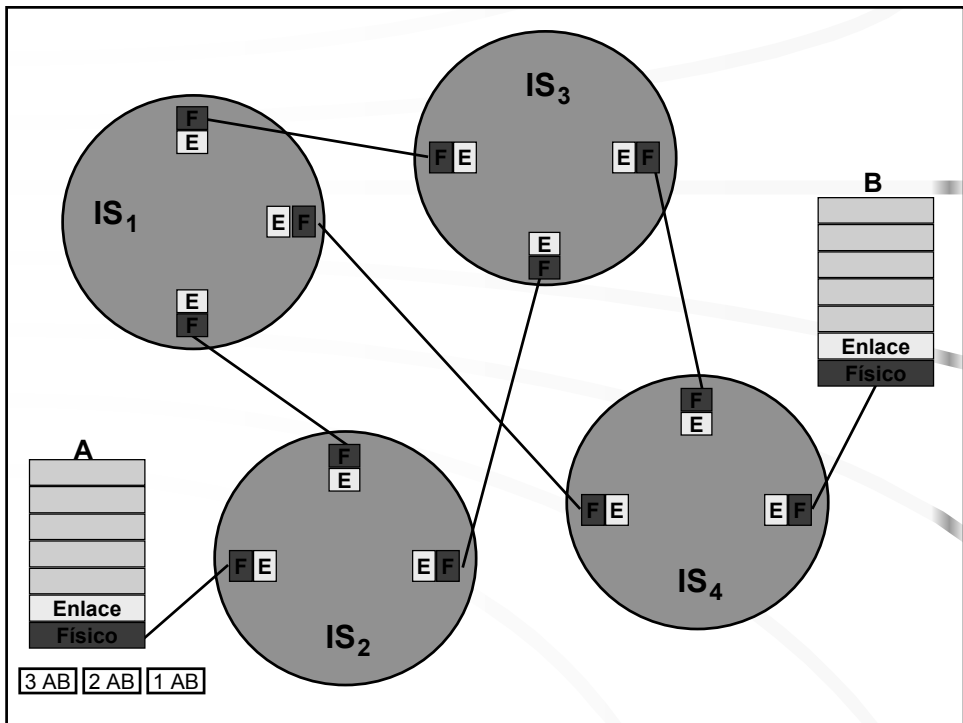
Camada de Aplicação

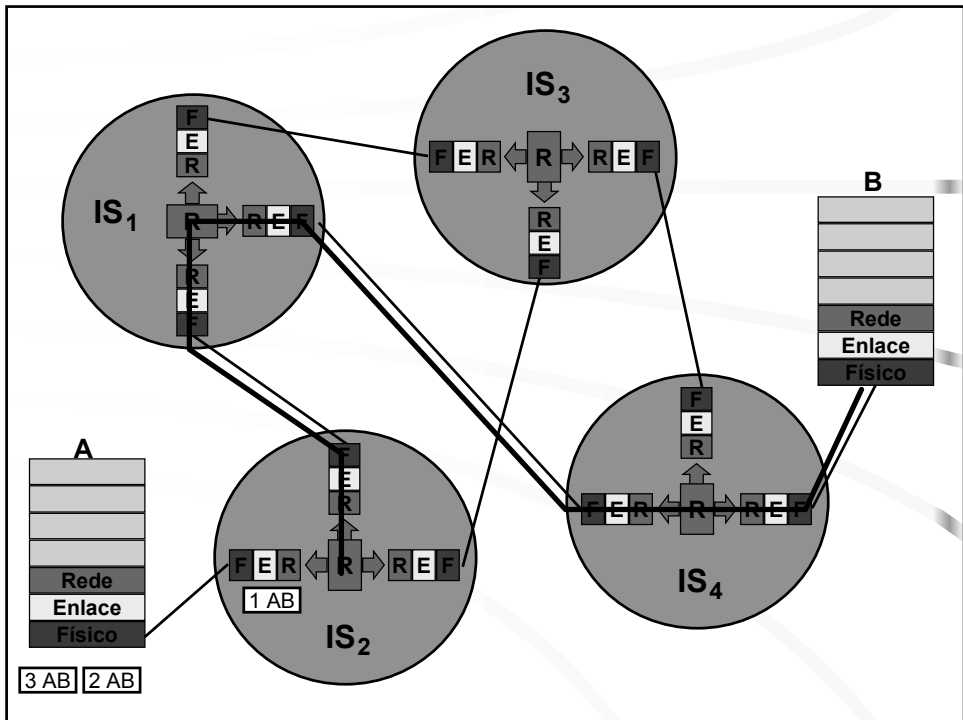
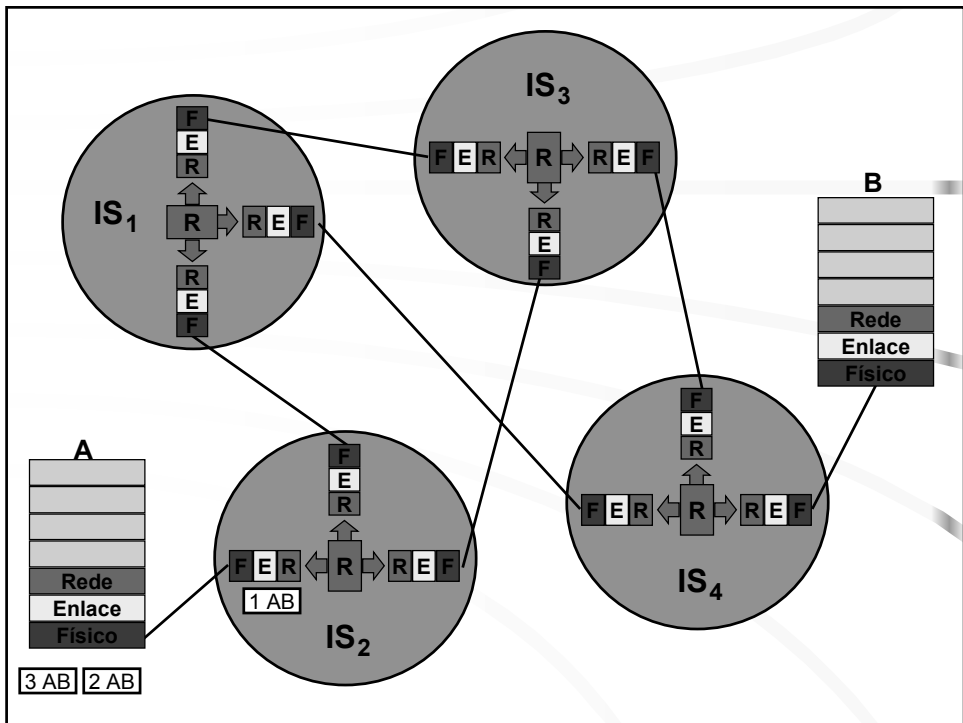


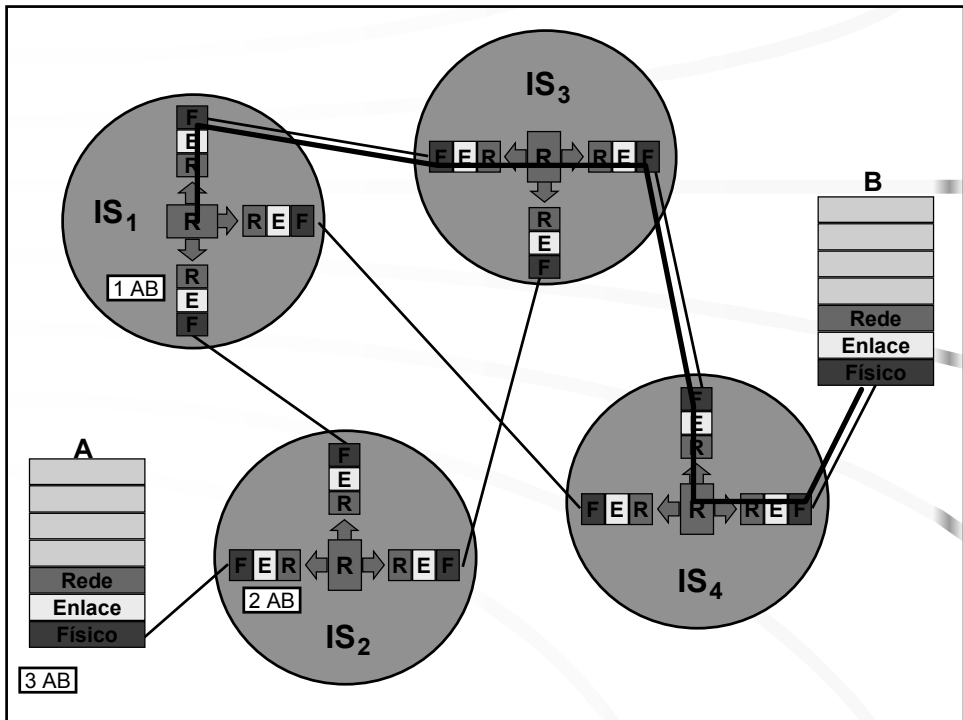
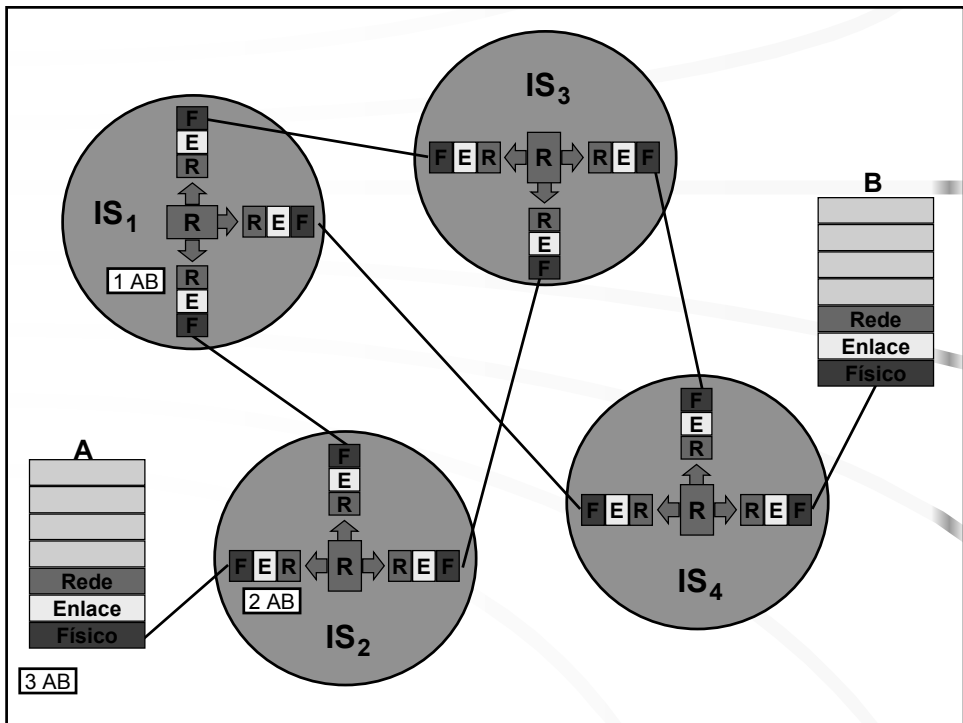
Oferece serviços aos usuários, como:

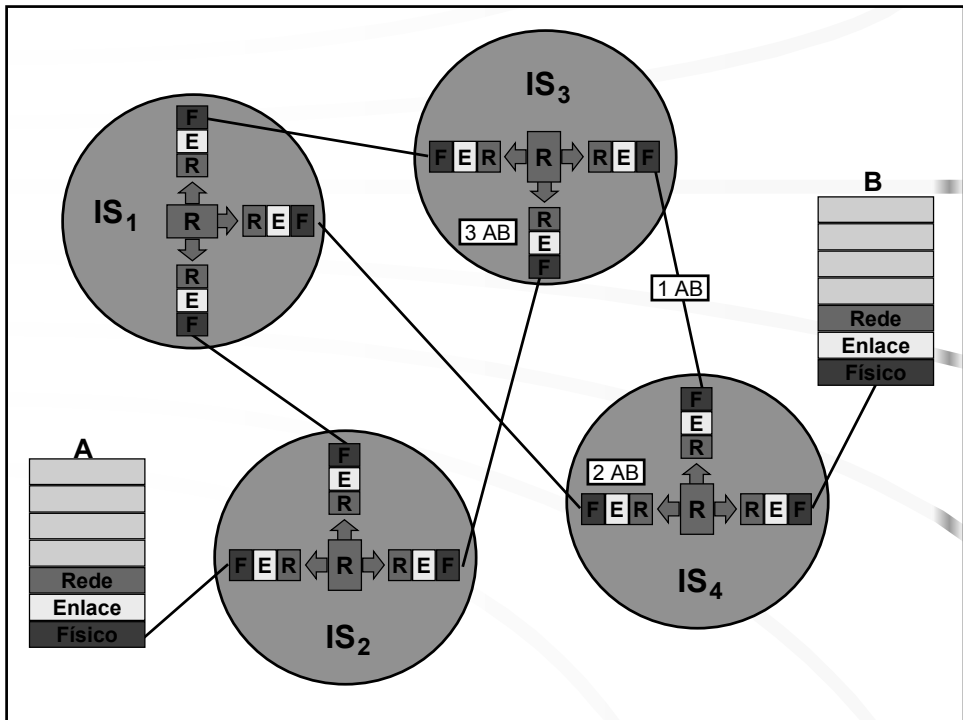
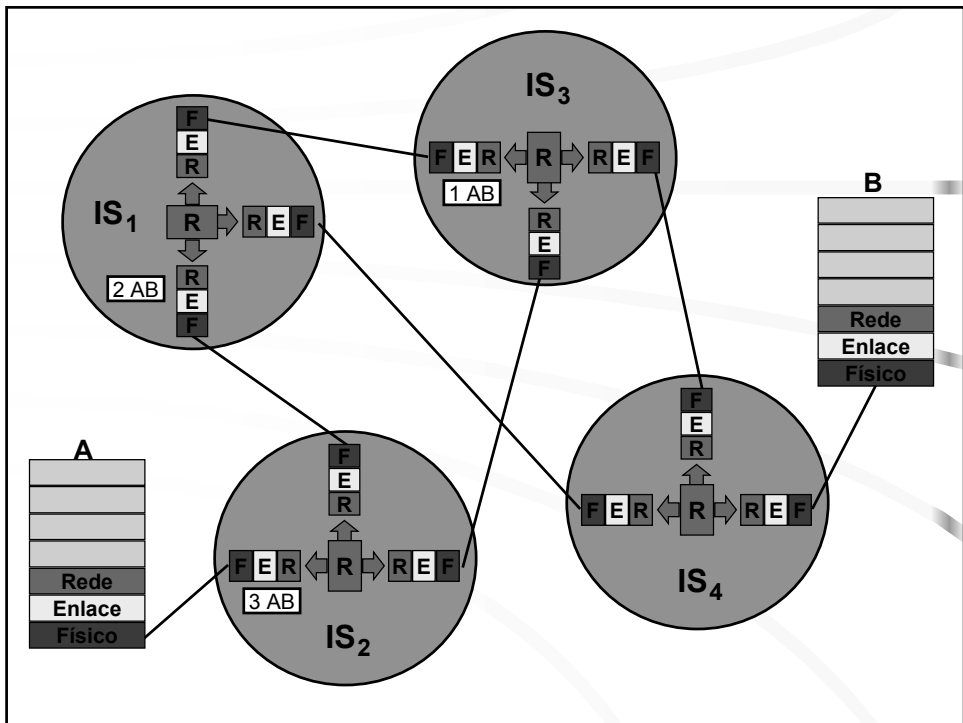
- transferência de arquivos
- correio eletrônico
- emulação de terminal
- serviços de comunicação

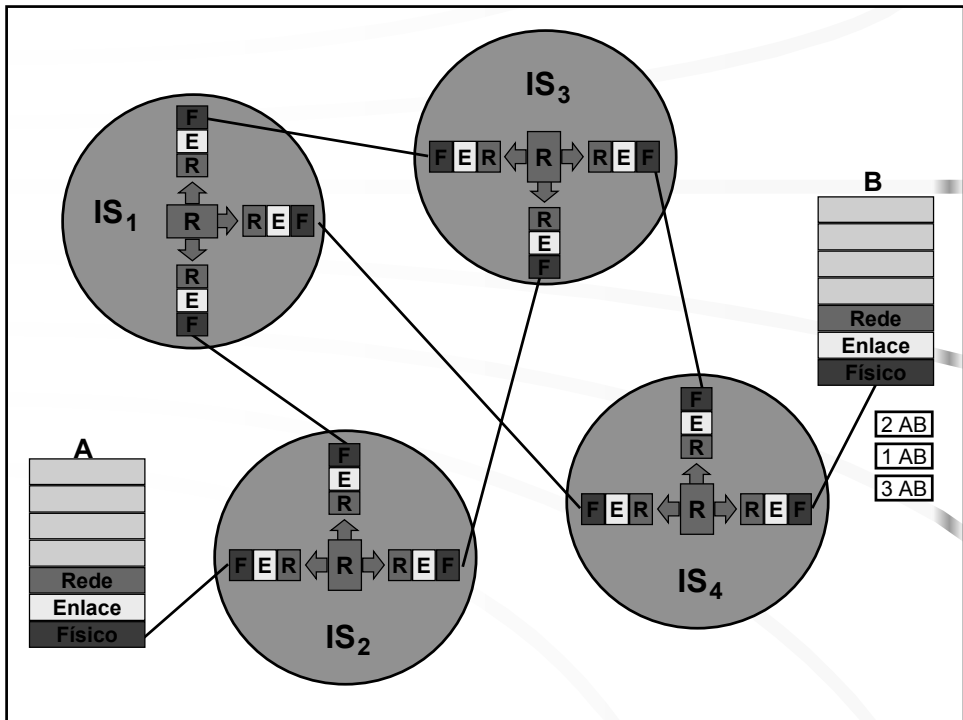
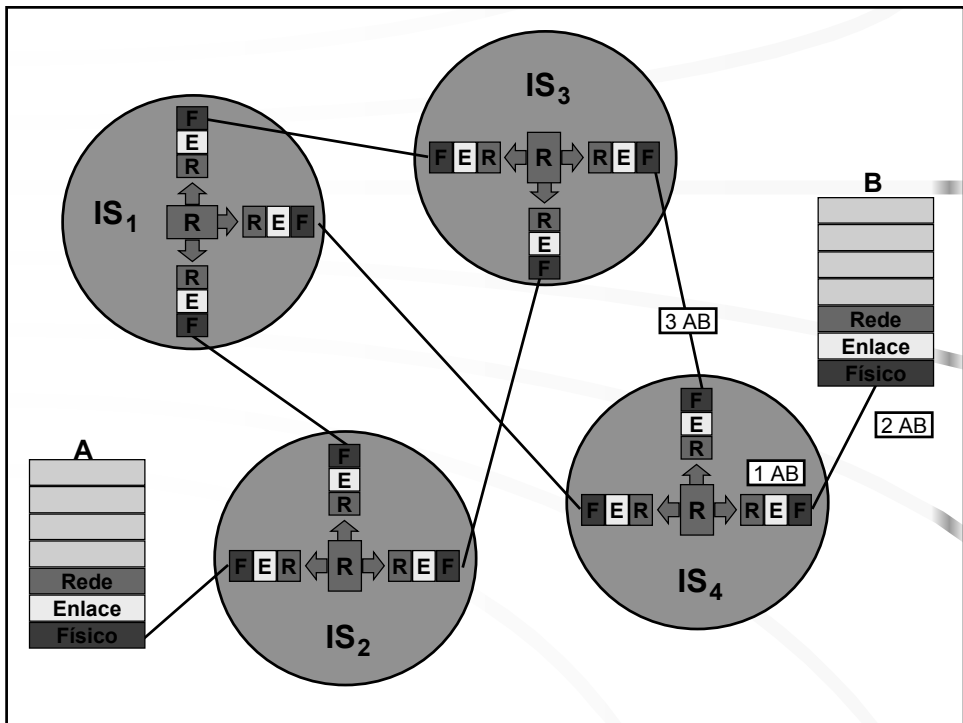


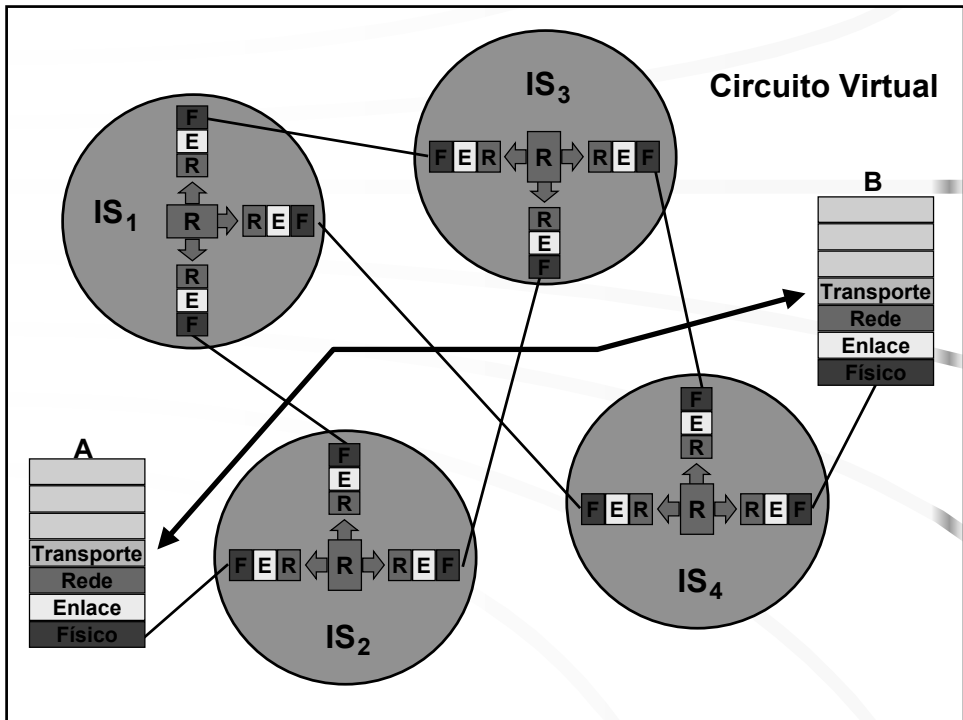
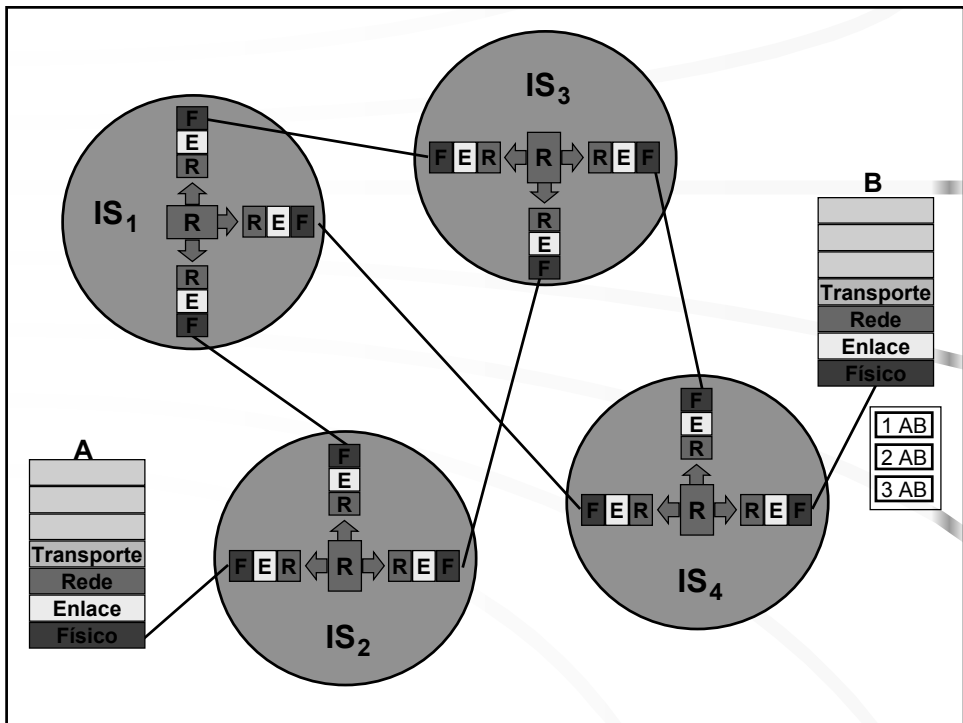


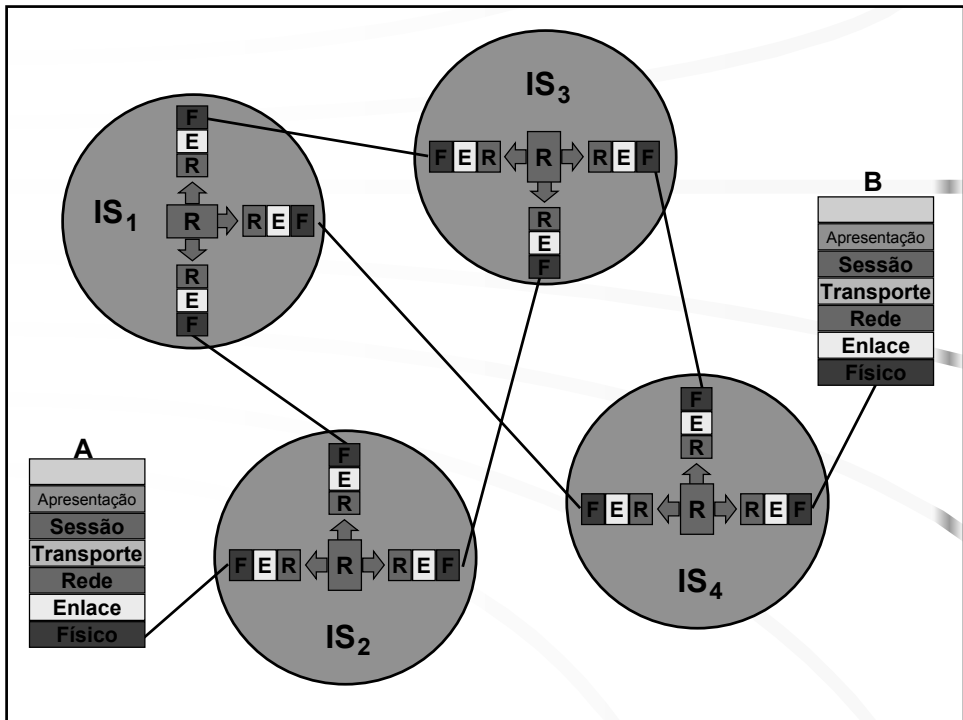
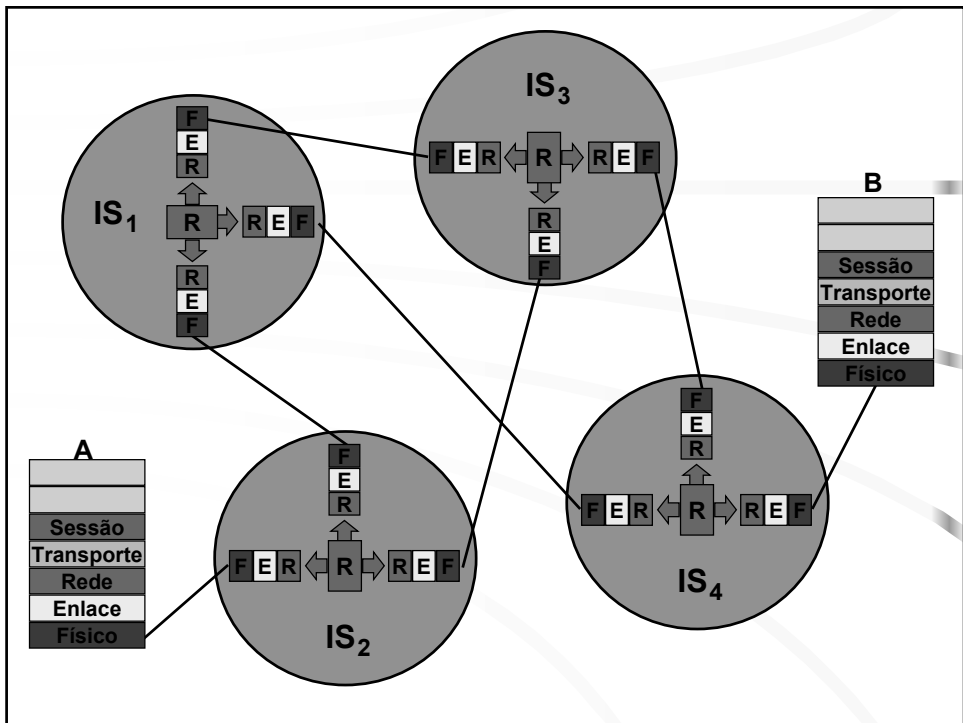


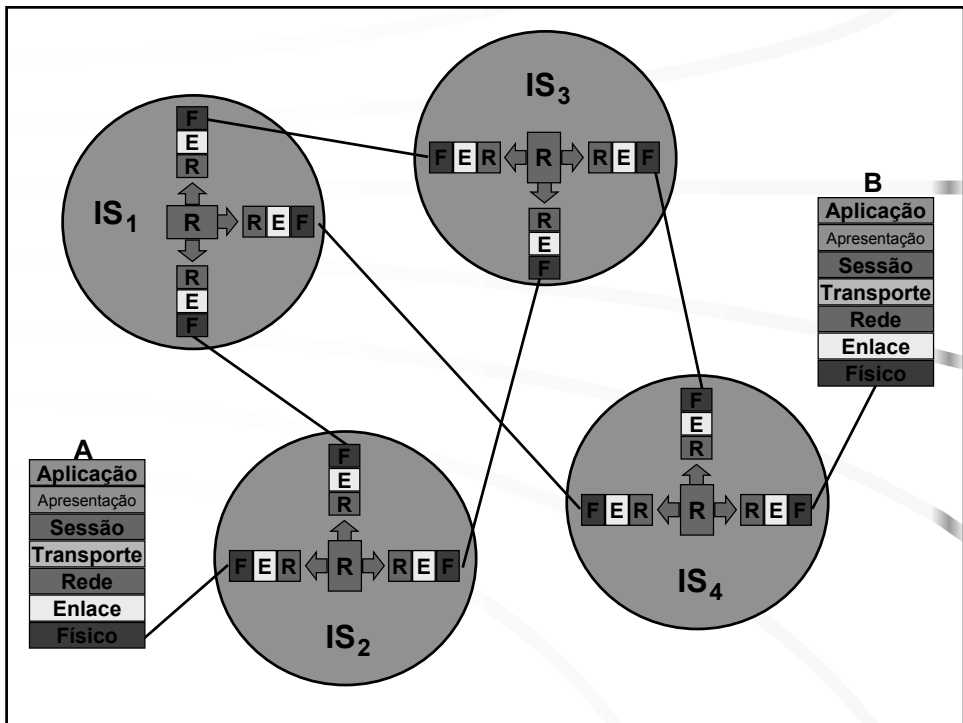










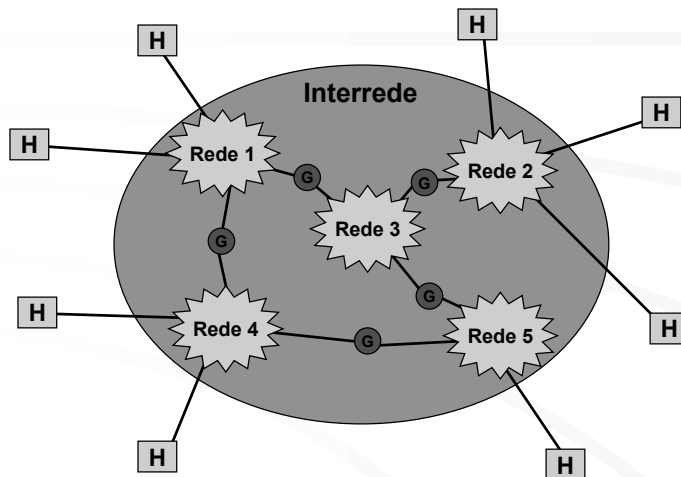


Arquitetura Internet

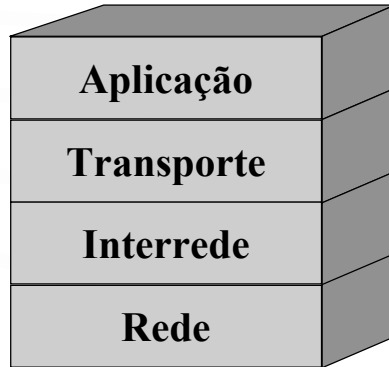
Arquitetura Internet

- Desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano (DARPA)
- Padrão de fato
- Evolução da ARPANET
- Início do projeto no início dos anos 70

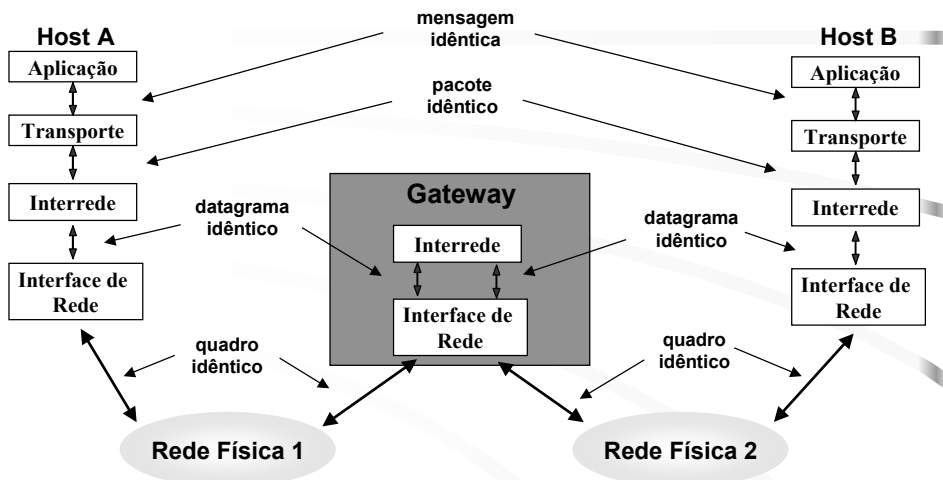
Conceito de Interrede



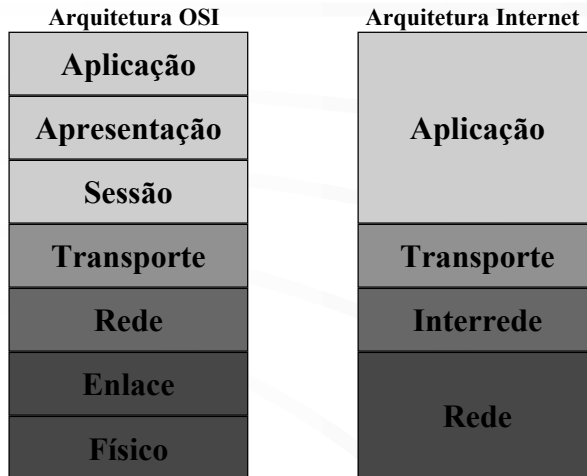
Camadas do Modelo Internet



Nós Intermediários na Arquitetura Internet



OSI x Internet

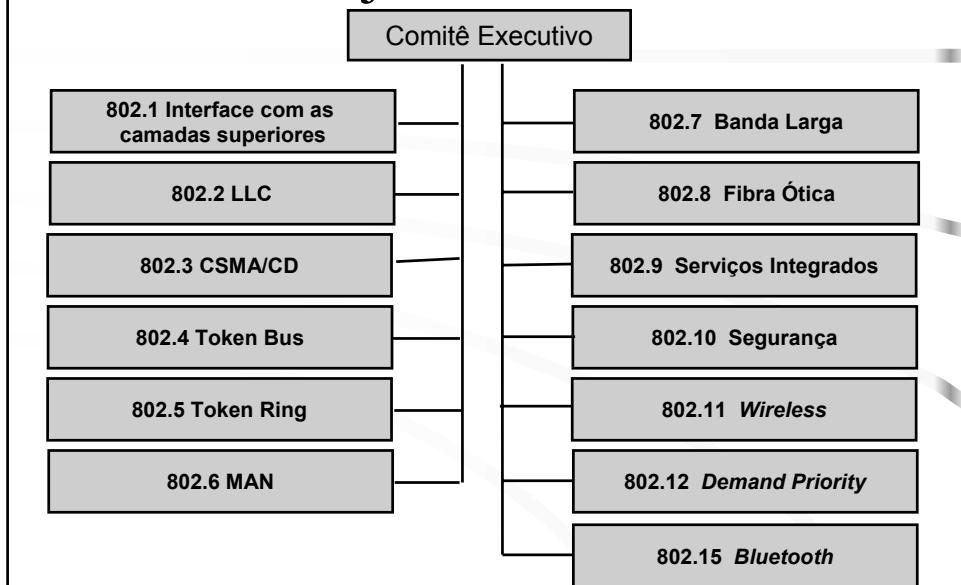


Arquitetura IEEE 802

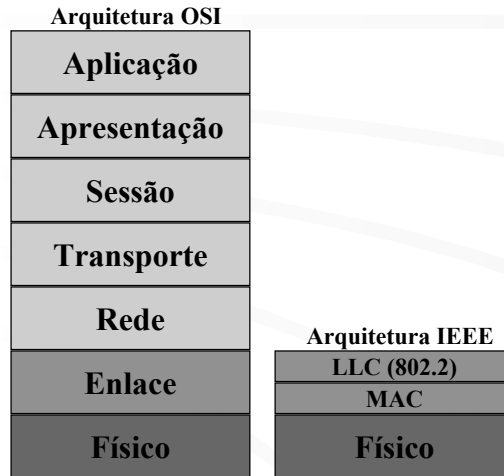
Arquitetura IEEE

- IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers
- Conjunto de Padrões para Redes Locais

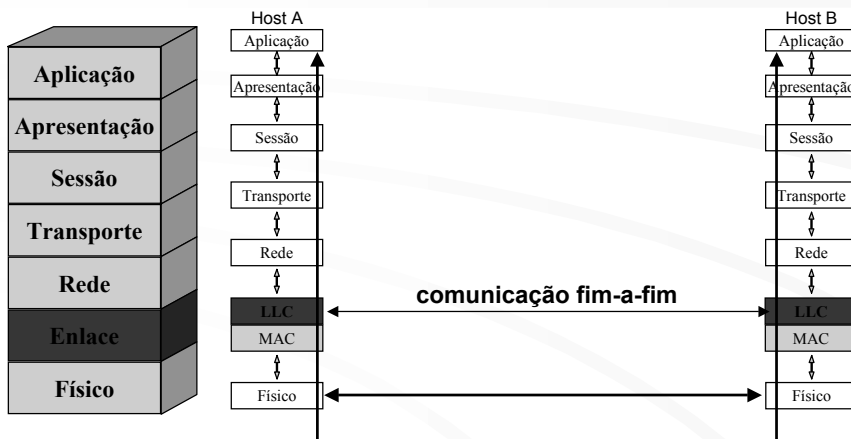
Comitê de Padronização do Projeto IEEE 802



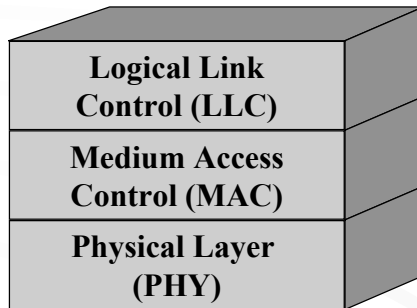
OSI x IEEE 802



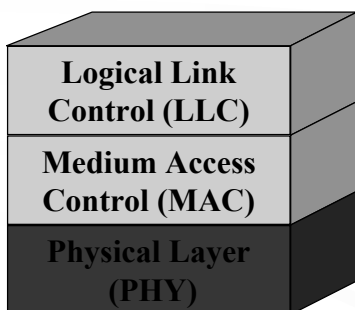
Arquitetura IEEE 802 (Redes Locais de Computadores)



Camadas da Arquitetura IEEE 802

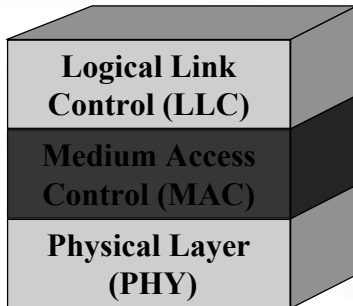


Camada Física



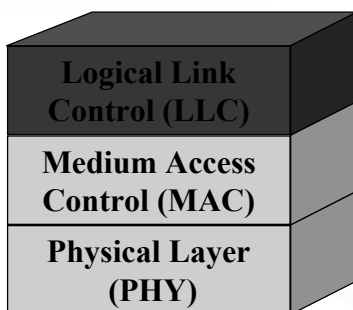
- Estabelecimento, manutenção e liberação de conexões físicas
- transmissão de bits através de um meio físico
 - Cabo coaxial
 - Par trançado
 - Fibra ótica
- Método de codificação
- Taxa de Transmissão

Camada de Controle de Acesso ao Meio



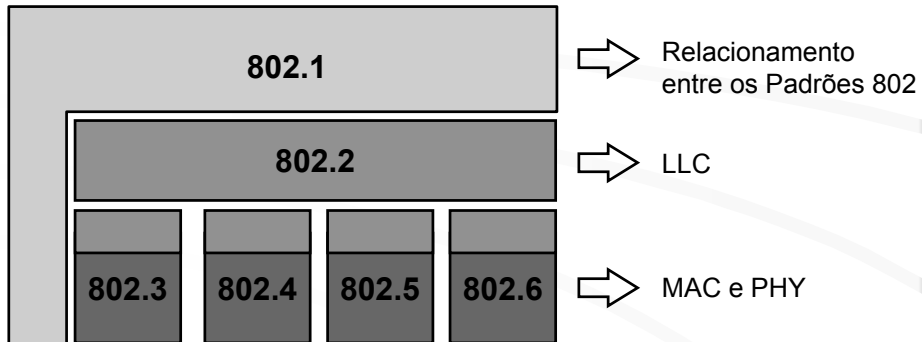
- Organização do acesso ao meio físico compartilhado
 - Barra
 - Anel
 - *Wireless*
- Técnicas
 - CSMA-CD (802.3)
 - Token Ring (802.5)
 - Token Bus (802.4)
 - DQDB (802.6)
 - ...

Camada de Controle de Enlace Lógico



- Independência da camada MAC
- LSAPs
- Multiplexação
- Controle de erros e de fluxo
- Tipos de operação
- Classes de procedimentos

Padrões IEEE 802.X



Técnicas e Implementações Camadas Inferiores



Camada Física

- RS-232-C
 - 25 Pinos
 - - 3 Volts = Bit 1 , + 4 Volts = Bit 0
 - Transmissão serial
 - Até 20 Kbits/seg em 15 metros de cabo
 - Muito utilizado para conexão de MODEM
 - Equivalente ao CCITT V.24
- RS-449
 - RS-423-A
 - Similar ao RS-232-C
 - RS-422-A
 - Velocidades até 2 Mbits/seg em sessenta metros de cabos

Camada de Enlace

- Orientados a Caracter
 - BSC - Binary Synchronous Communication
- Orientados a Bit
 - HDLC - High Level Data-Link Control
 - LAP-B
 - LAP-D
 - LAP-M
 - LLC
 - SDLC - Synchronous Data Link Control (IBM)

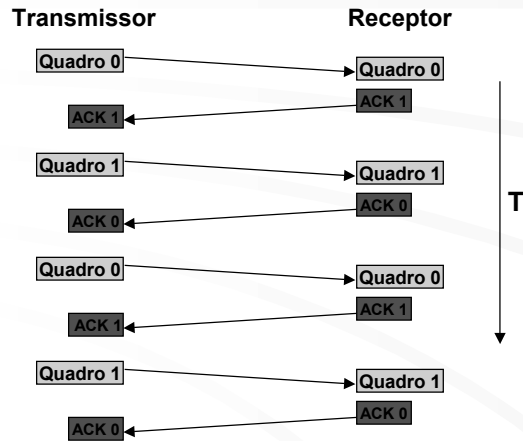
High Level Data-Link Control

- Transmissão Síncrona de Quadros
- Bit Stuffing
- Controle de Erro
 - Detecção: CRC
 - Correção: Retransmissão
- Controle de Fluxo
- Vários modos de operação

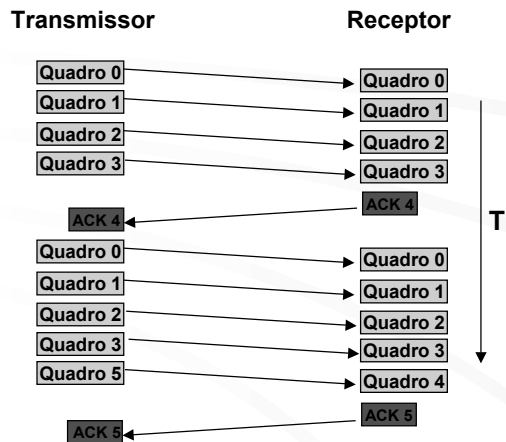
Controle de Fluxo

- Regula o fluxo de quadros entre transmissor e receptor
- Resolve o problema de diferença entre velocidade de transmissão e recepção
- Não permite que uma estação transmissora mais rápida sobrecarregue uma estação receptora
- Técnicas:
 - Stop-and-Wait
 - Sliding Window

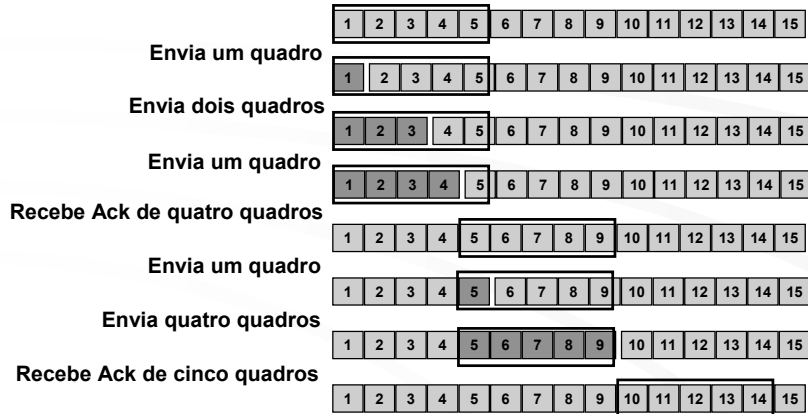
Protocolo *Stop-and-Wait*



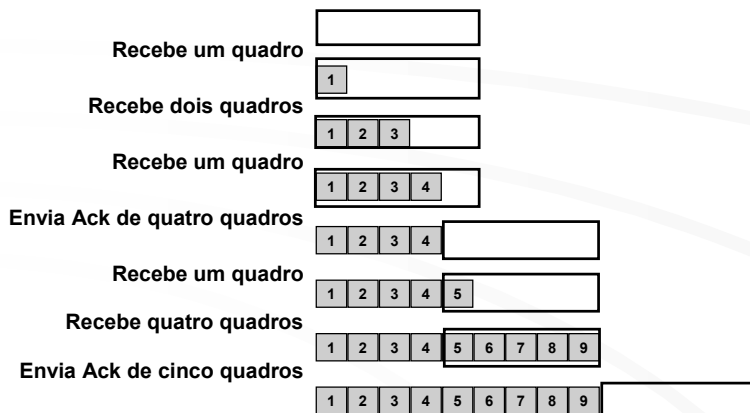
Protocolo *Sliding Window*



Protocolo *Sliding Window* (Transmissão)



Protocolo *Sliding Window* (Recepção)

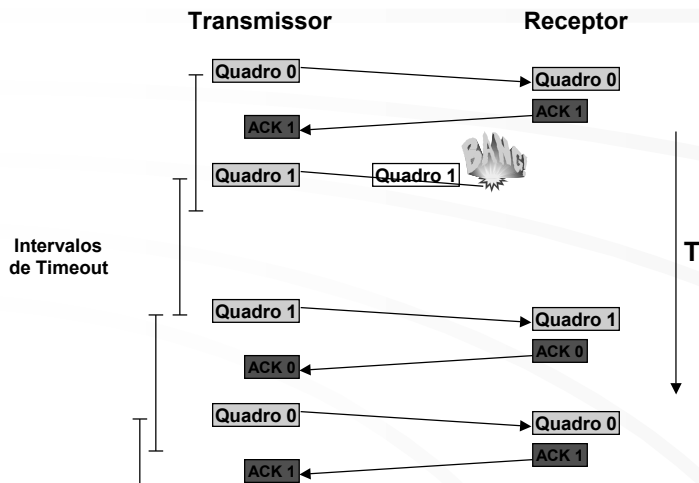


Controle de Erro

- Detecção de erro
 - Checksum
 - CRC - Cyclic Redundancy Code
- Correção de erro
 - recuperação do quadro original
 - retransmissão do quadro com erro
- Correção de erro
 - Stop-and-Wait ARQ
 - Selective Repeat
 - Go-Back-N

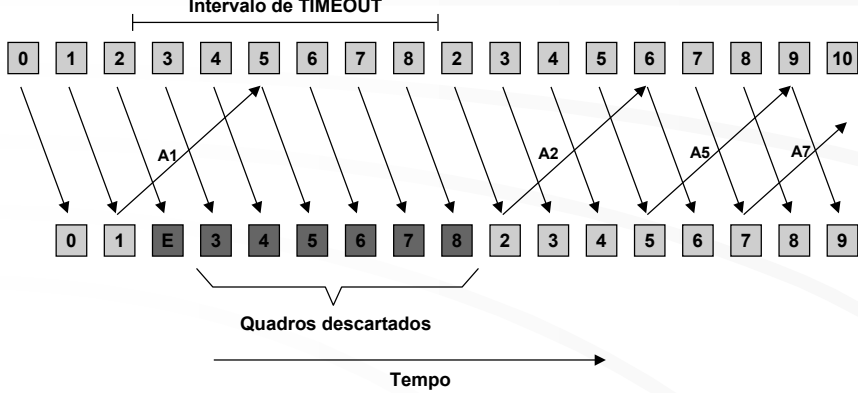
Controle de Erro

Protocolo *Stop-and-Wait ARQ*



Controle de Erro

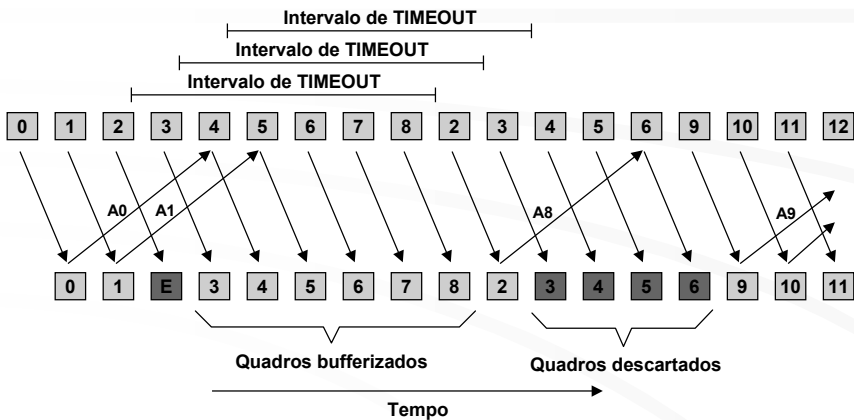
Protocolo *GO BACK N*



Tamanho da janela de recepção > 1

Controle de erro

Protocolo *SELECTIVE REPEAT*



Tamanho da janela de recepção > 1

Camada de Rede

- Serviços
 - Datagrama
 - Circuito Virtual
- Roteamento
 - Roteamento Estático
 - Roteamento Centralizado
 - Roteamento Distribuído
 - Roteamento Hierárquico
- Controle de Congestionamento
- Exemplos:
 - IP
 - IPX
 - X.25 Nível 3

Protocolos para Divulgação de Tabelas de Rotas

- RIP
- NLSP
- HELLO
- OSPF
- IS-IS
- EGB
- BGP

Camada de Transporte

- Controle de fluxo e bufferização
- Fragmentação e Remontagem
- Multiplexação
- Exemplos:
 - TCP
 - SPX
 - TP0
 - TP1
 - TP2
 - TP4

Protocolos de Transporte

- Mesmas técnicas do nível de enlace agora aplicadas fim-a-fim
- Controle de Fluxo
 - Stop-and-Wait
 - Sliding Window
- Controle de Erro
 - ARQ Automatic Repeat Request
 - Selective Repeat
 - Go Back N

Serviços de Rede

X

Serviços de Transporte

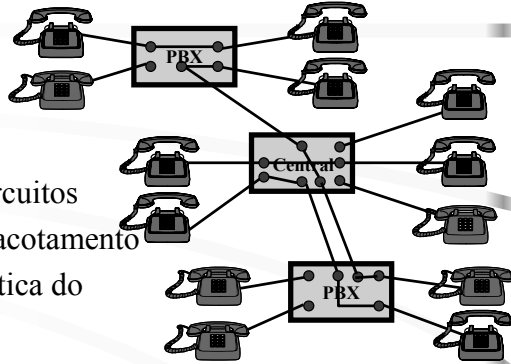
Camada de Transporte	Serviço de Datagramas	Serviço de Circuito Virtual	Serviço de Datagramas	Serviço de Circuito Virtual
Camada de Rede	Serviço de Datagramas	Serviço de Datagramas	Serviço de Circuito Virtual	Serviço de Circuito Virtual

Limitação das Redes para a Comunicação de Dados Multimídia



Limitação das Redes Existentes

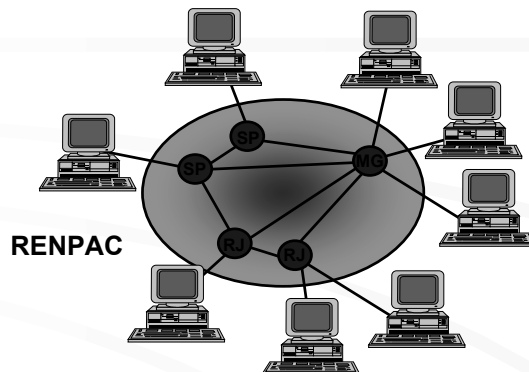
Rede Telefônica:



- Baseia-se na comutação de circuitos
 - Não existe retardo de empacotamento
 - Não existe variação estatística do retardo na rede
- Projetada para transmissão de voz
- Pequena banda passante
- Baixa eficiência para transmissão de dados

Limitação das Redes Existentes

WANs:

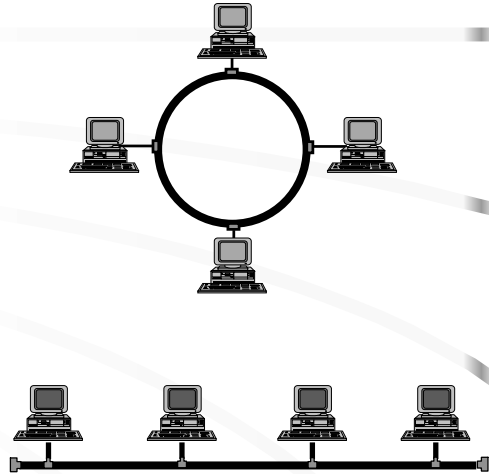


- Baseia-se na comutação de pacotes
- Operam com velocidade muito baixa (no máximo da ordem de poucos Mbps)
- Apresentam um retardo de transferência e uma variação estatística do retardo muito altos

Limitação das Redes Existentes

LANs:

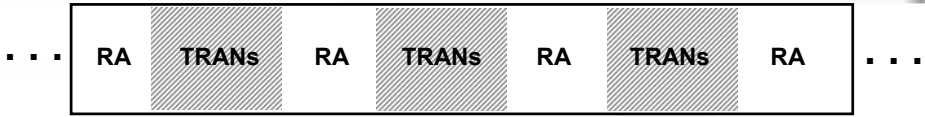
- Baseiam-se na comutação de pacotes
- Operam com velocidade maiores que as WANs (de 1 a 20 Mbps)
- Suportam alguns poucos canais de voz em uma área restrita
- Transmissão de vídeo, mesmo compactado, é impossível



Extensões às Redes Existentes

- Não é razoável nem do ponto de vista técnico nem econômico estender as redes telefônicas e as WANs descritas
- Será que não é possível estendermos pelo menos os padrões IEEE 802.3 e IEEE 802.5 para trabalharem com maiores velocidades e atingirem maiores distâncias ?

O Parâmetro “a”



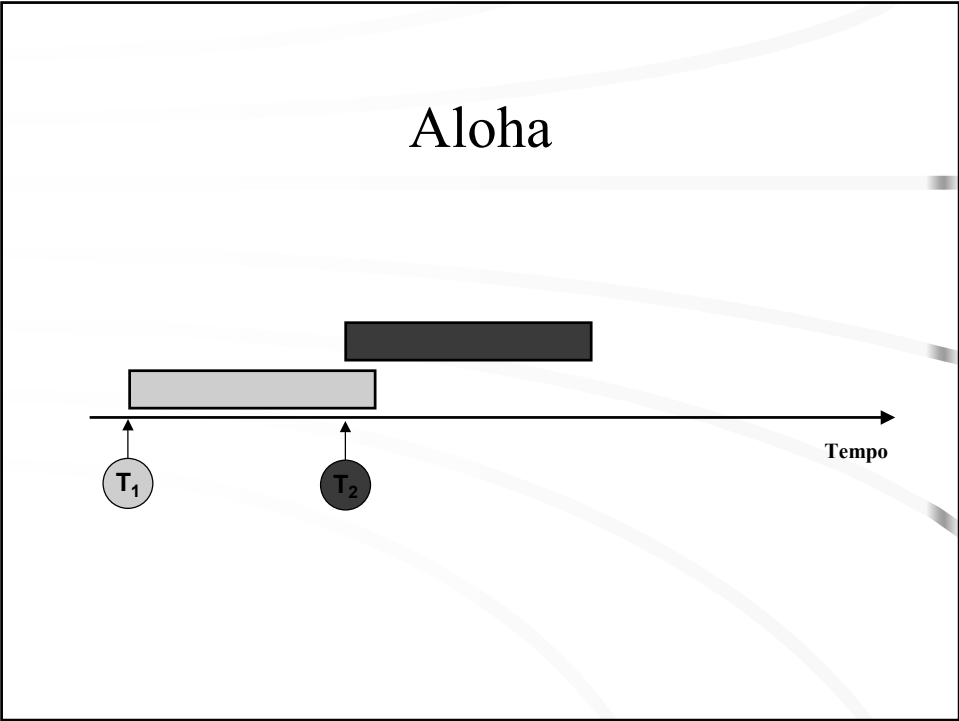
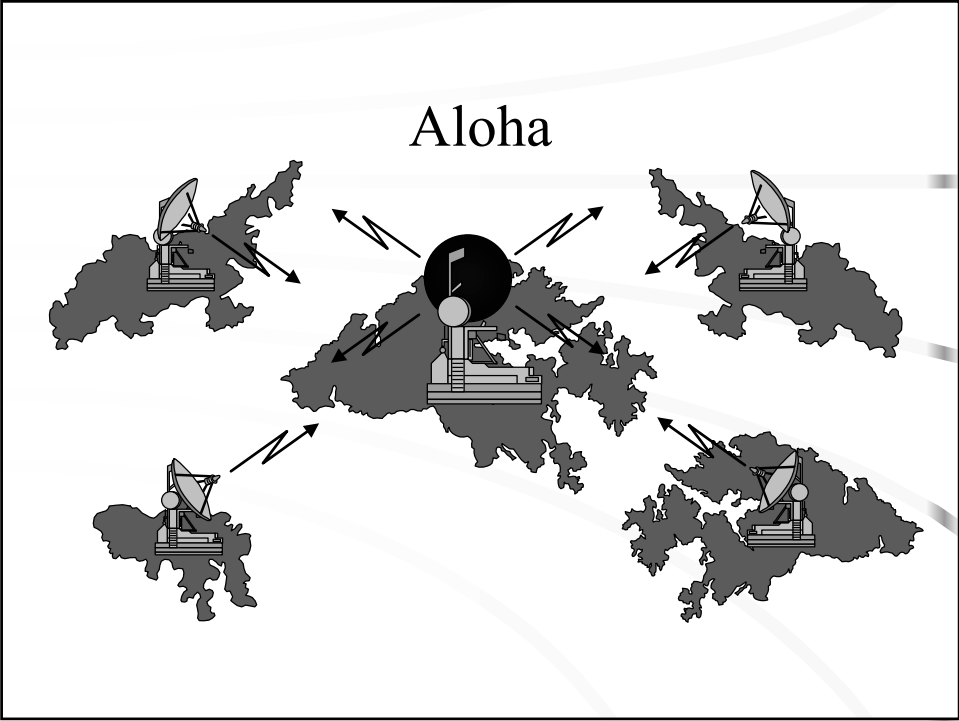
O Parâmetro “a”



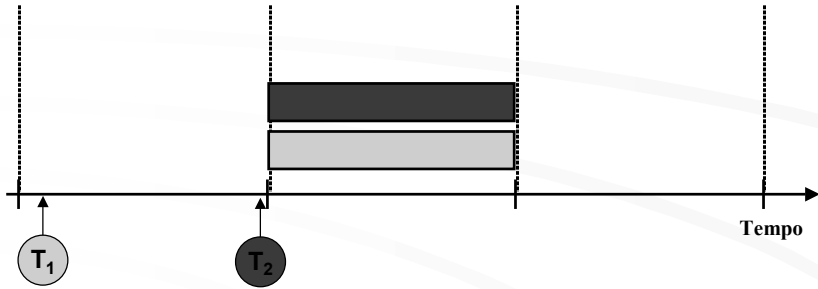
Métodos de Acesso em Redes Locais

Mecanismos de Controle de Acesso ao Meio

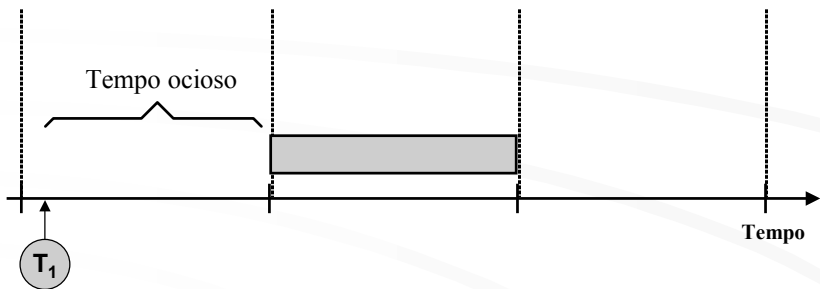
- Aloha
- Slotted-Aloha
- CSMA/CD
- Token Ring
- FDDI
- DQDB
- ATM



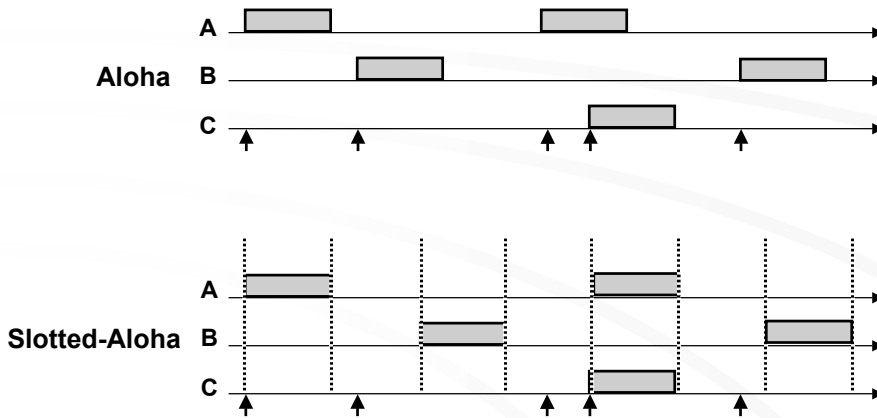
Slotted Aloha



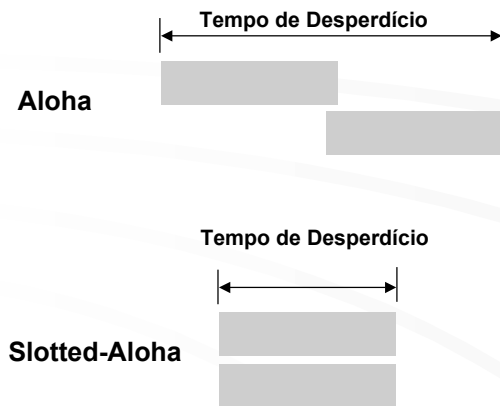
Slotted Aloha



Aloha e Slotted-Aloha



Aloha x Slotted-Aloha

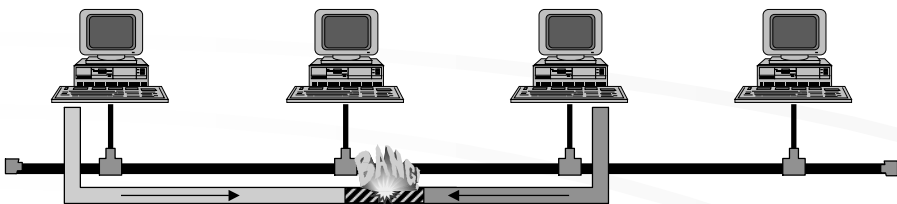


CSMA



- Segue o mesmo princípio do Aloha
- Método de acesso com contensão
- Não determinístico
- Sem equidade

Colisão



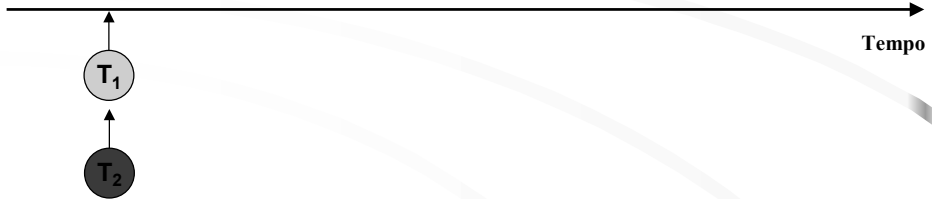
Colisão

- Detecção de colisão:
 - Potência do sinal
 - Transmite e escuta

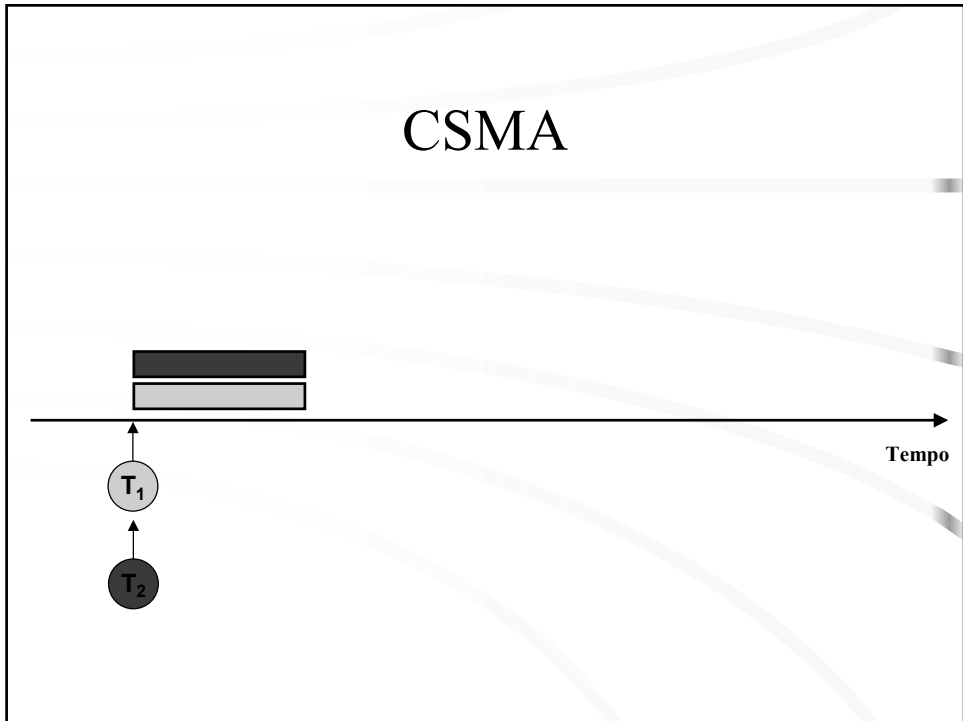
CSMA



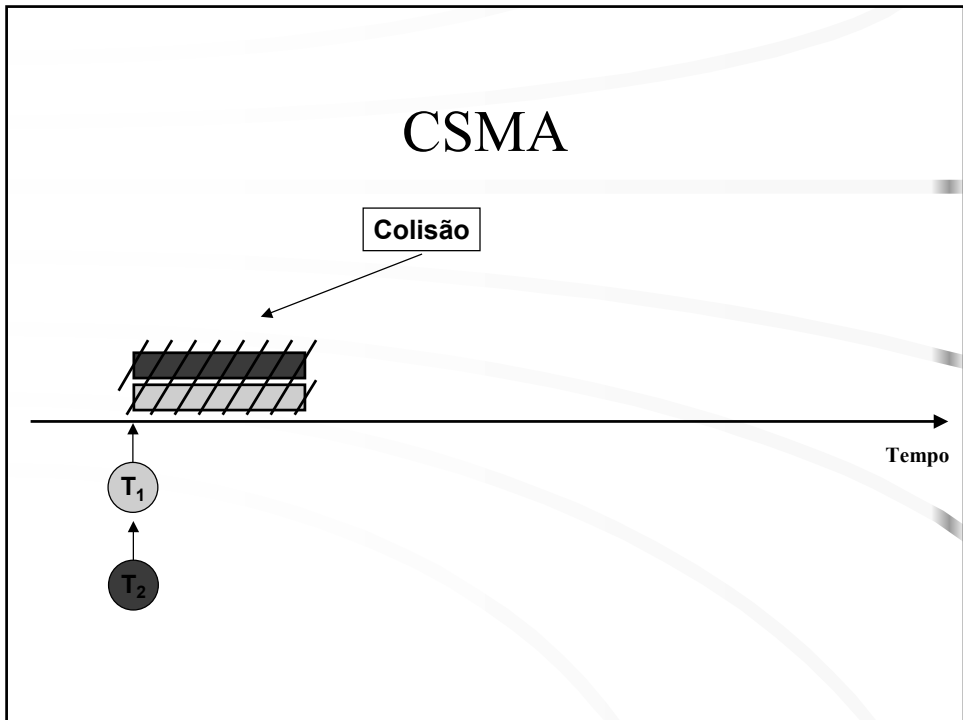
CSMA



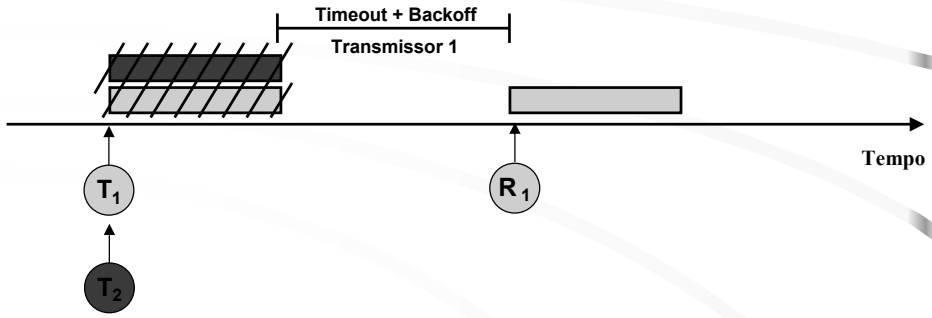
CSMA



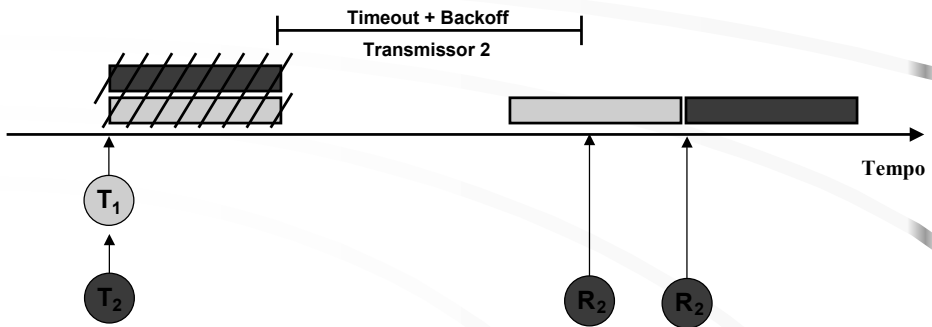
CSMA



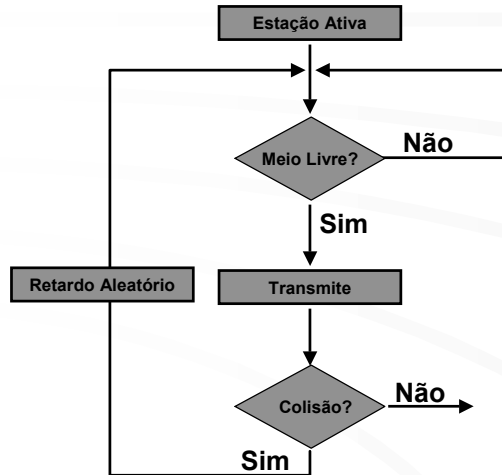
CSMA



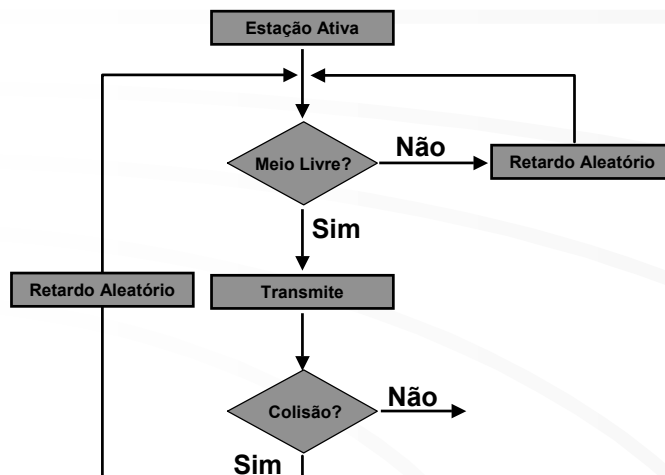
CSMA



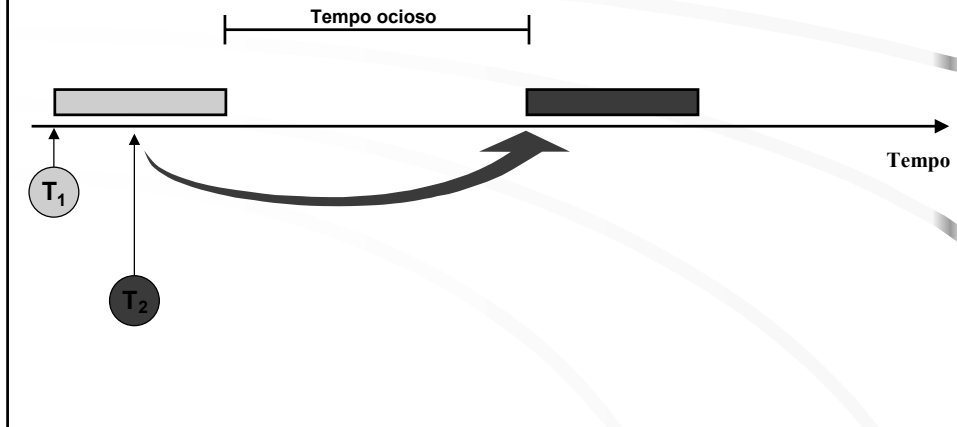
Técnica CSMA 1-Persistente



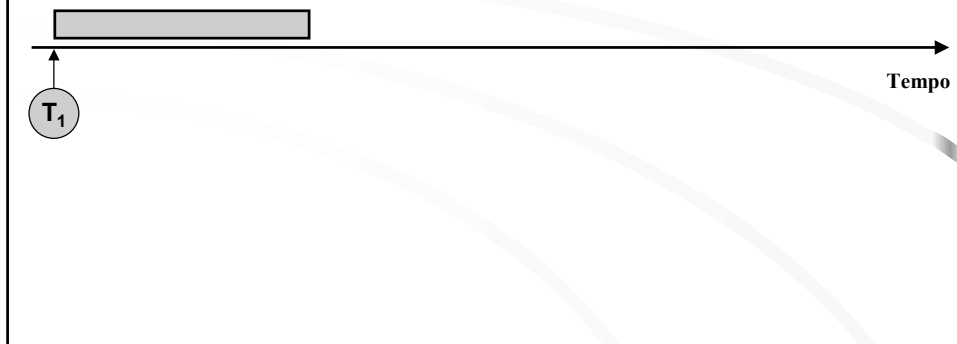
Técnica CSMA Não-Persistente



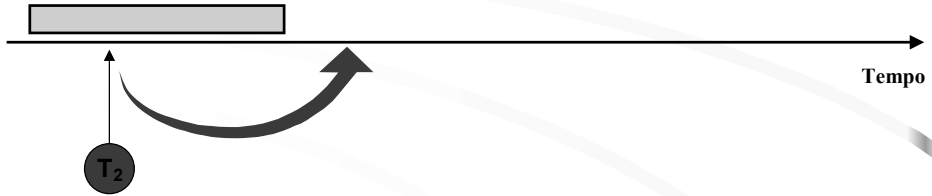
CSMA-NP



CSMA-NP



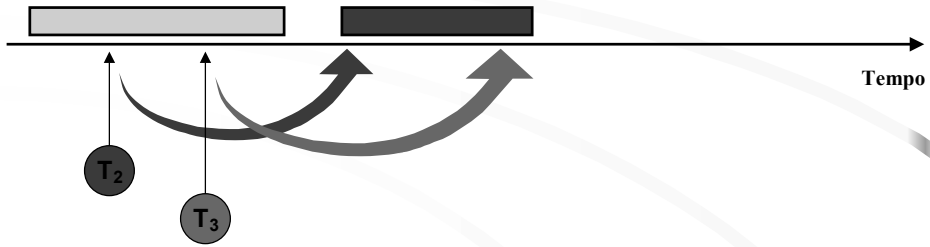
CSMA-NP



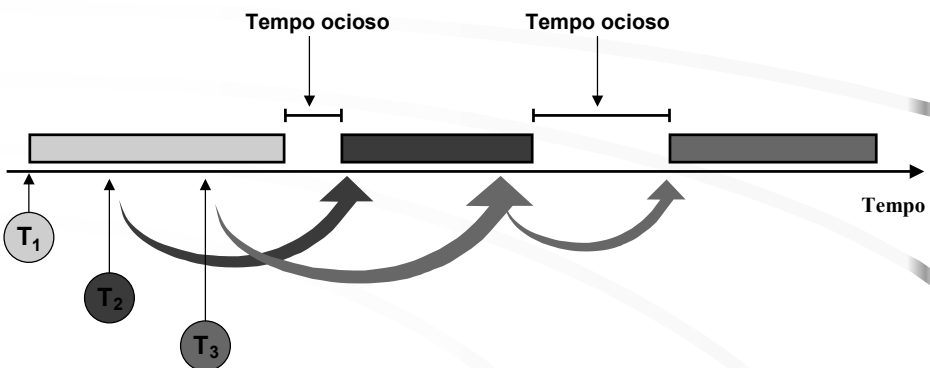
CSMA-NP



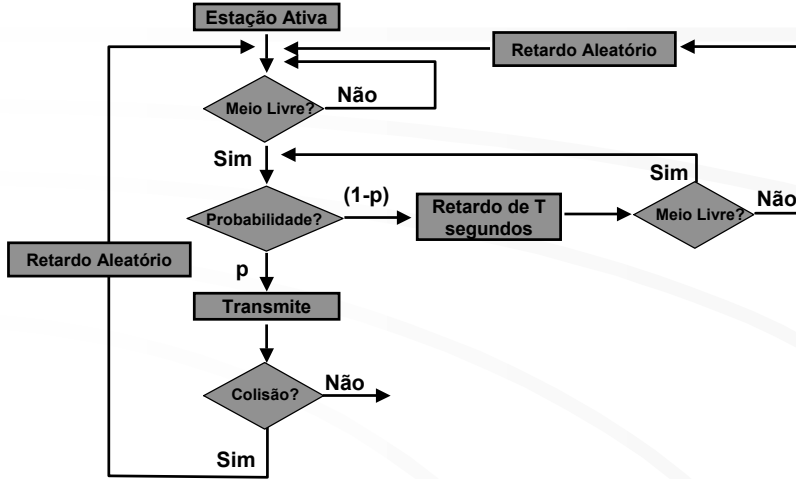
CSMA-NP



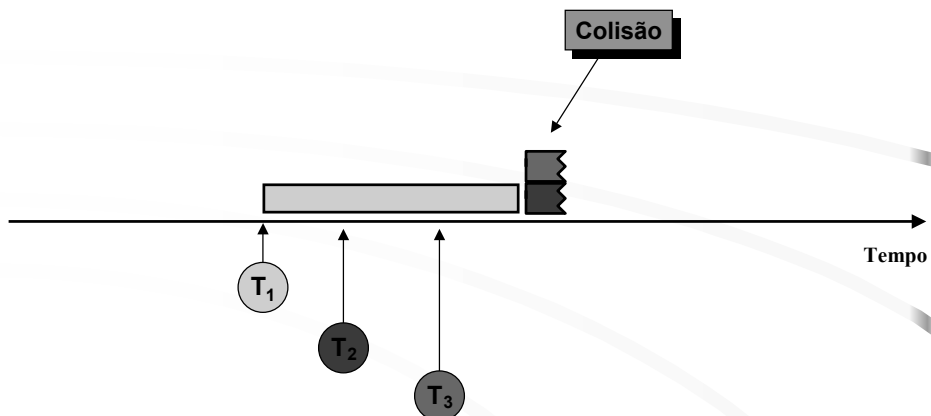
CSMA-NP



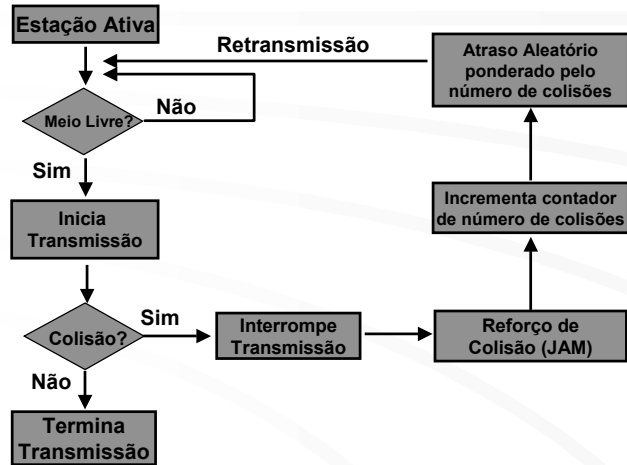
Técnica CSMA p-Persistente



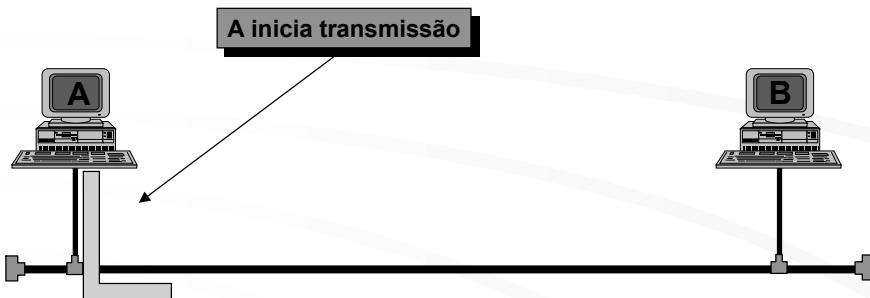
CSMA/CD



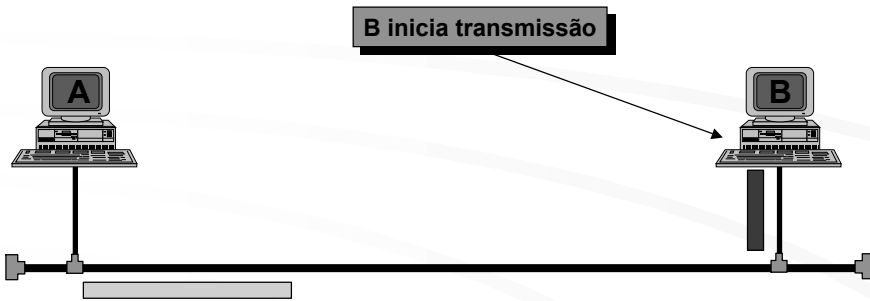
Técnica CSMA/CD



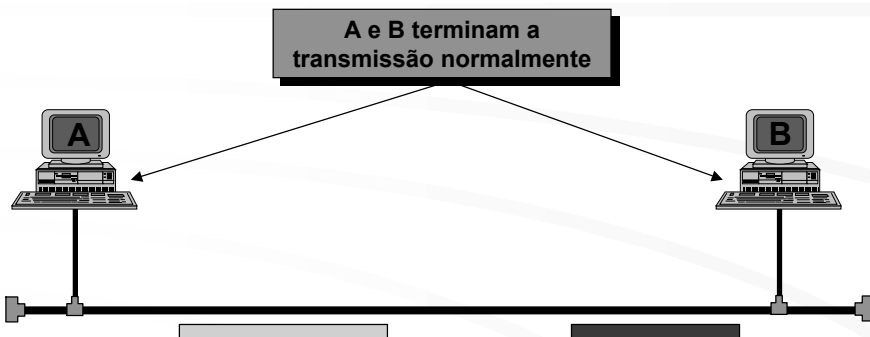
$$M < 2.C.Tp$$



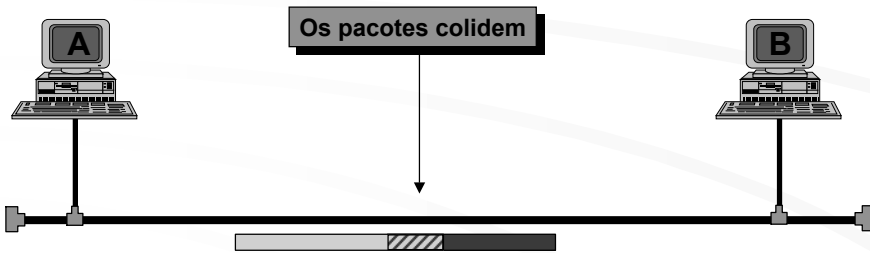
$$M < 2.C.Tp$$



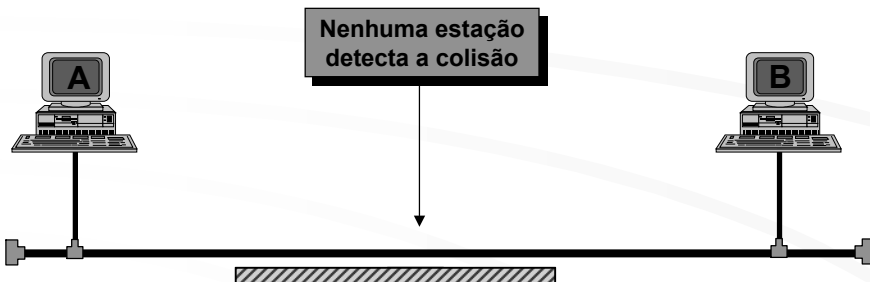
$$M < 2.C.Tp$$



$$M < 2.C.Tp$$



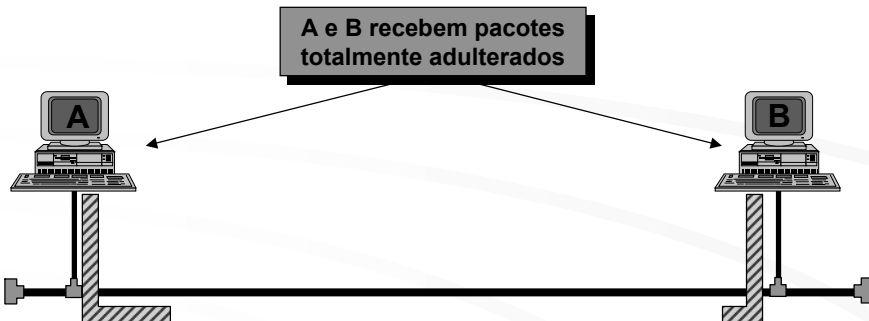
$$M < 2.C.Tp$$



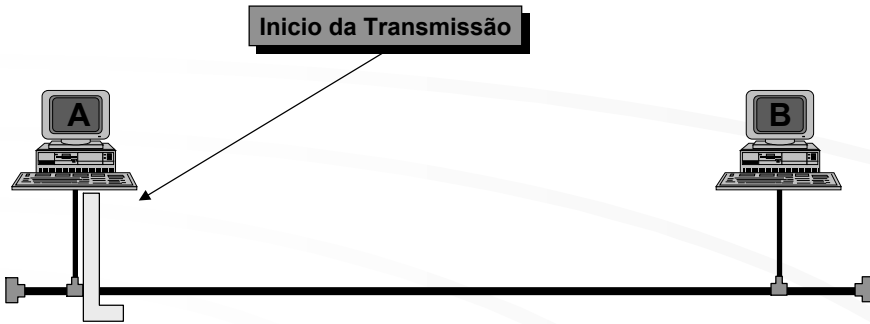
$$M < 2.C.Tp$$



$$M < 2.C.Tp$$



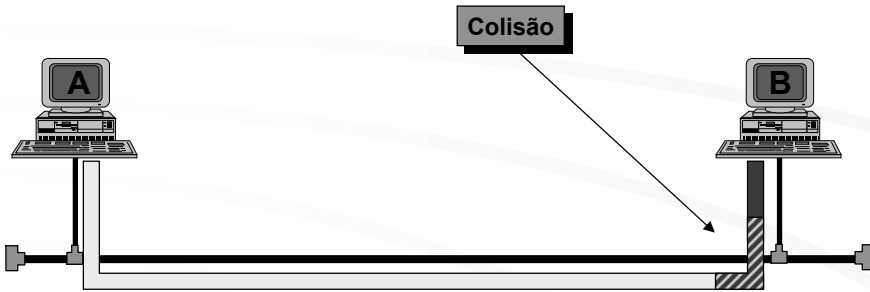
$$M \geq 2.C.T_p$$



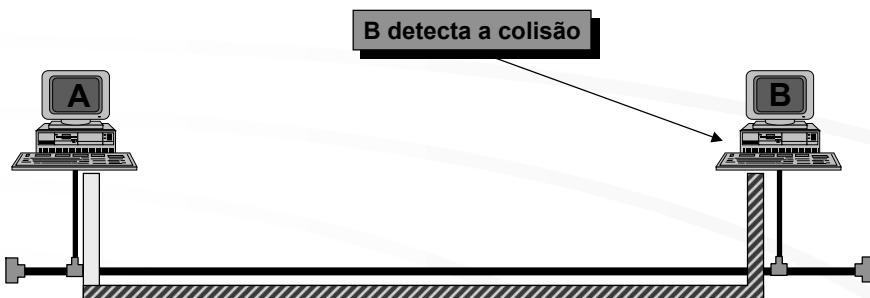
$$M \geq 2.C.T_p$$



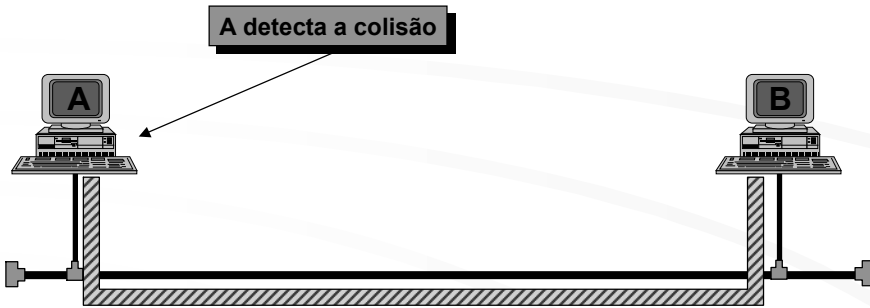
$$M \geq 2.C.T_p$$



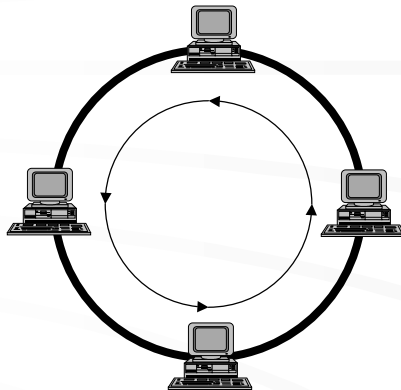
$$M \geq 2.C.T_p$$



$$M \geq 2.C.T_p$$

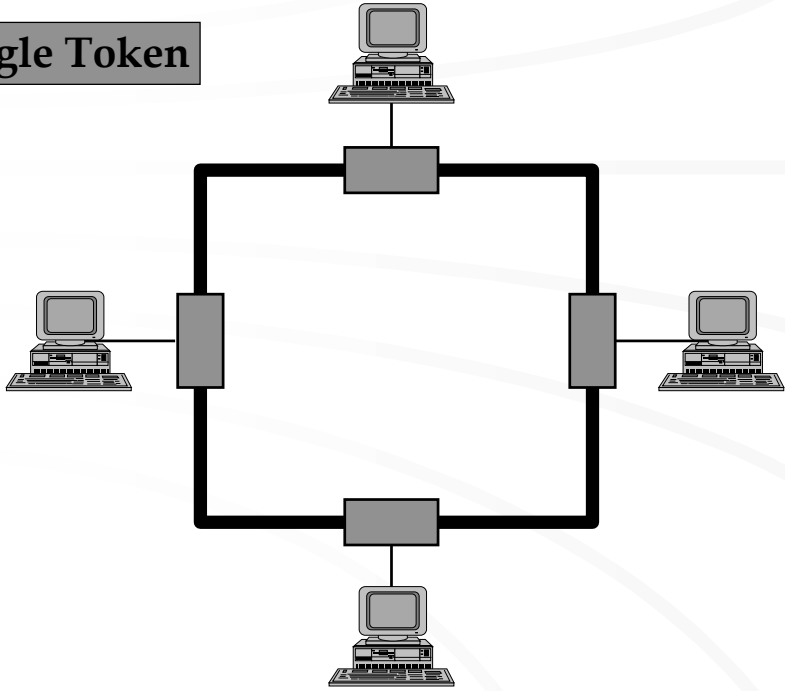


Token Ring

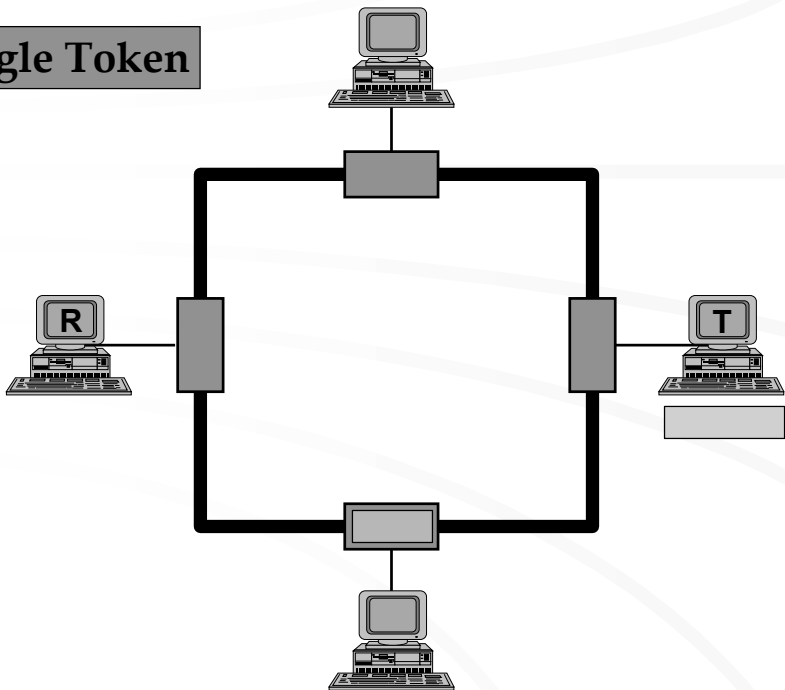


- Método de acesso ordenado
- Determinístico
- Com equidade

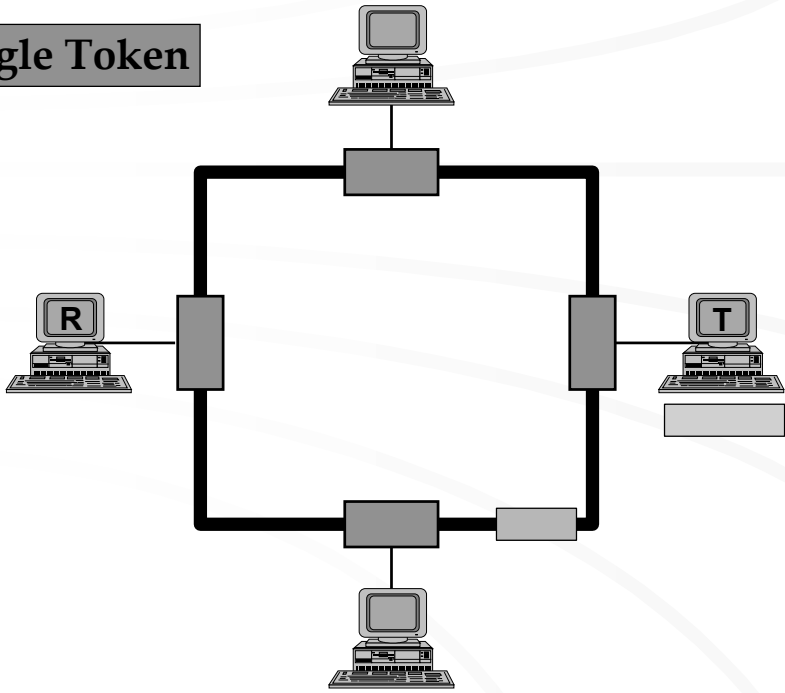
Single Token



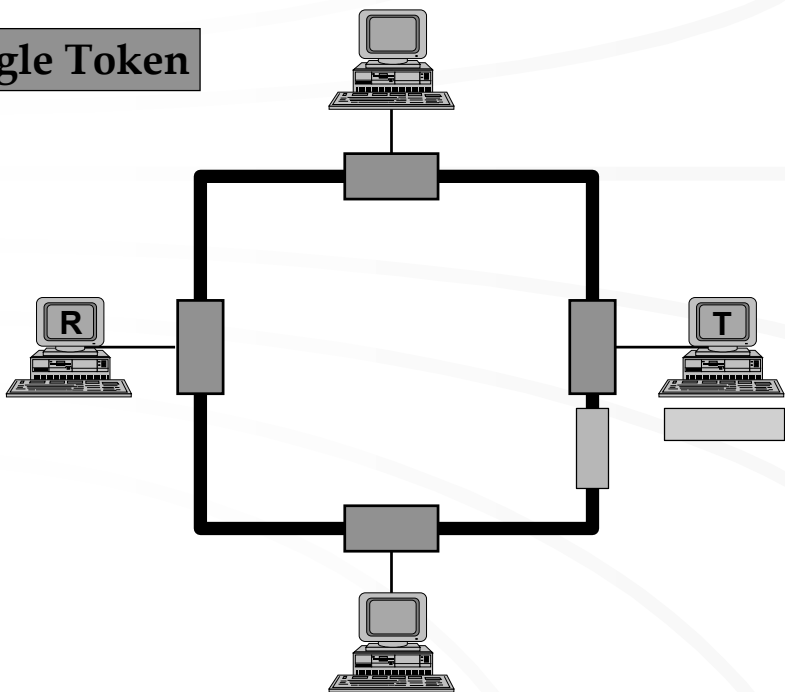
Single Token



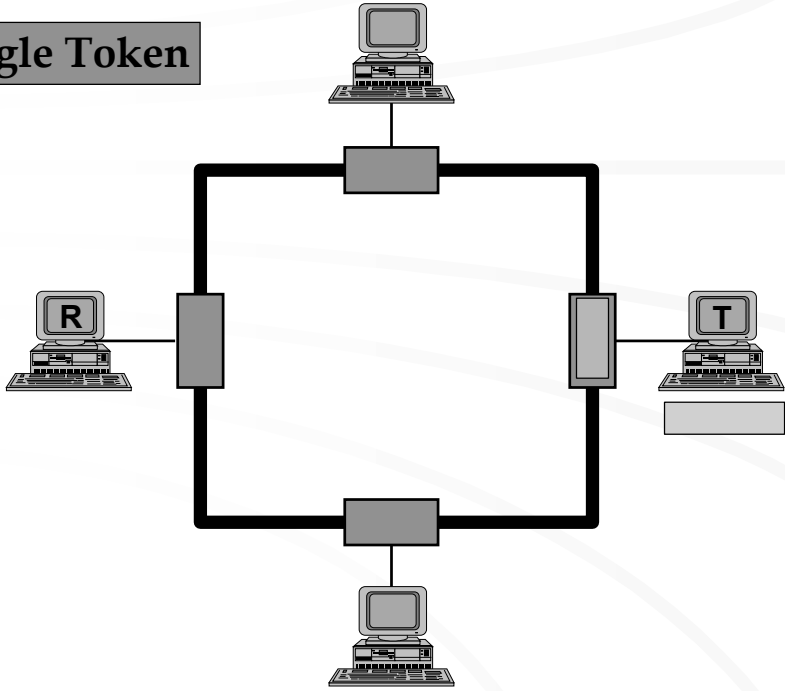
Single Token



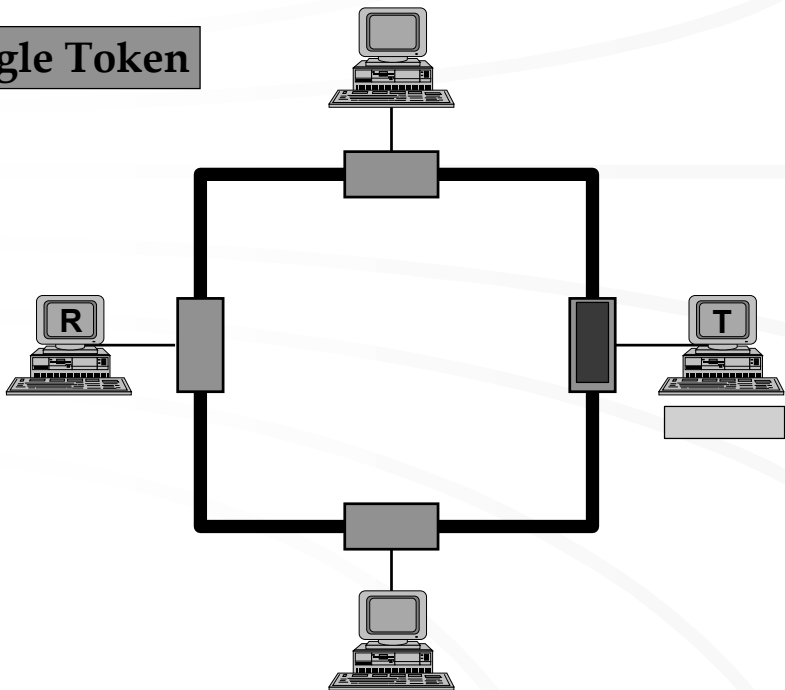
Single Token



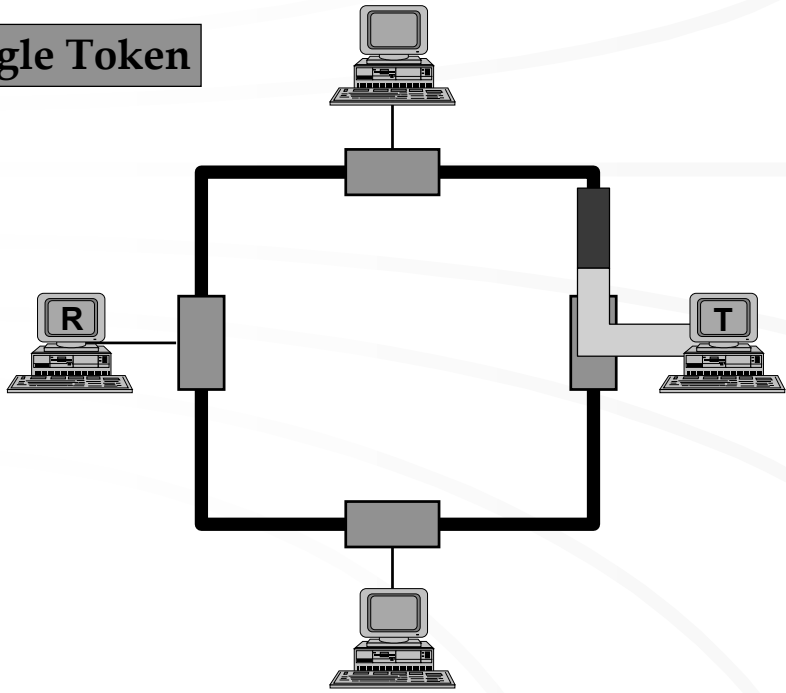
Single Token



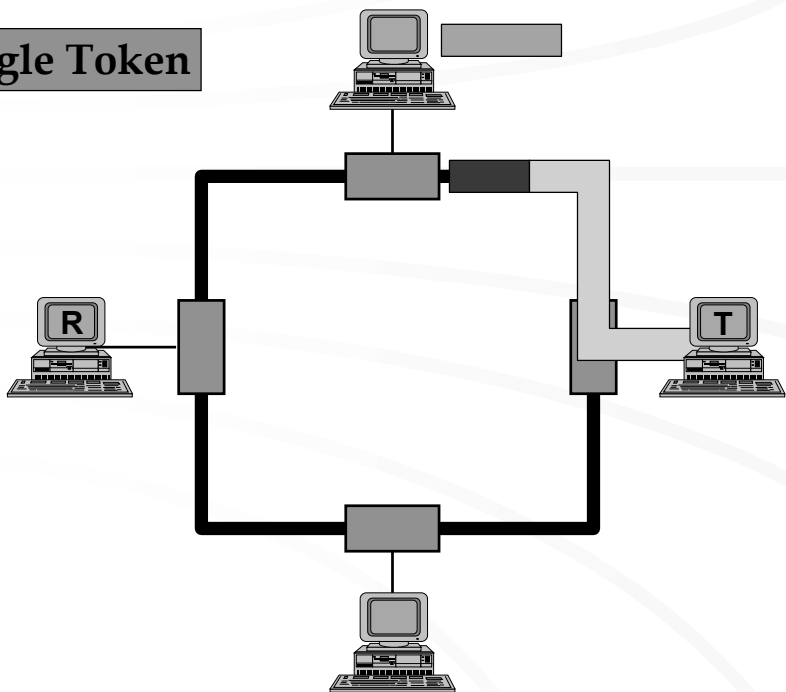
Single Token



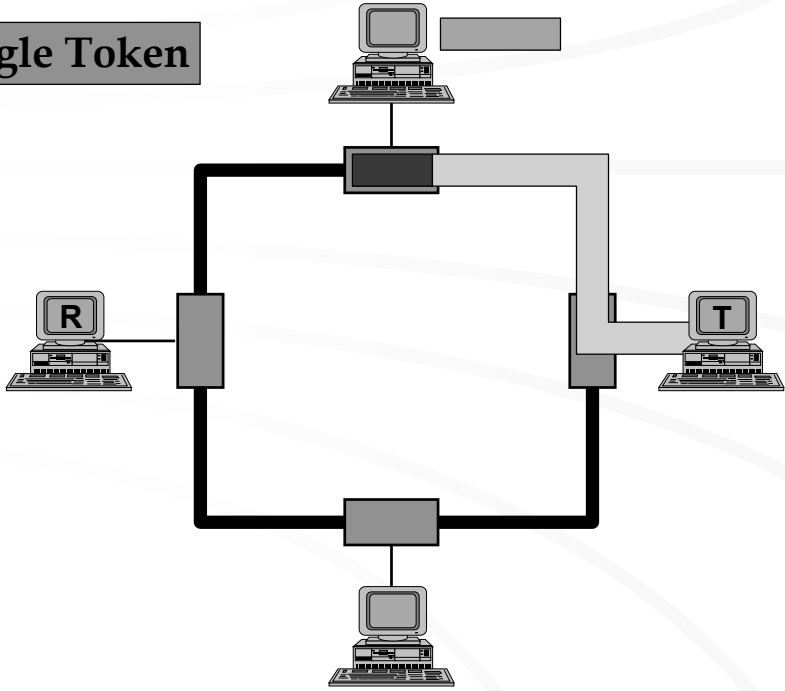
Single Token



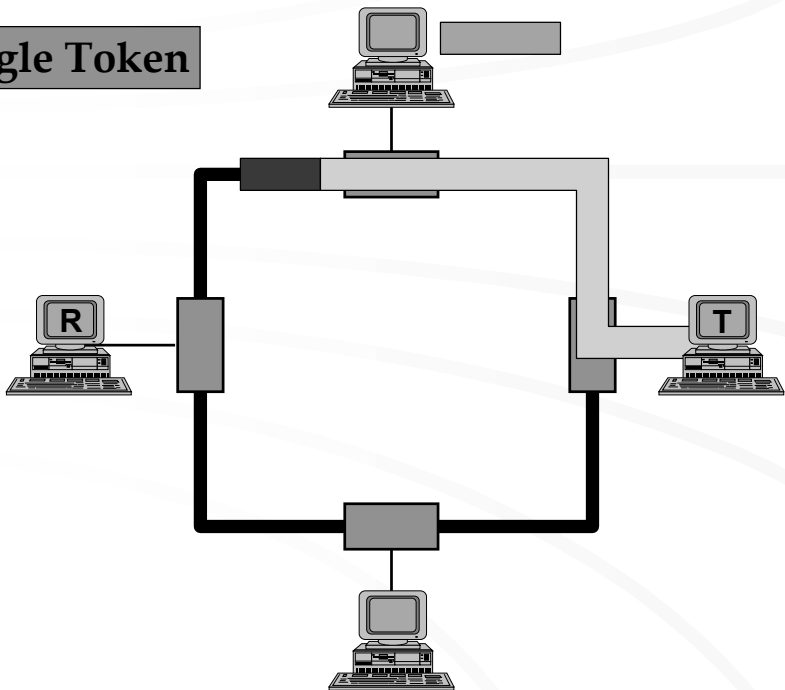
Single Token



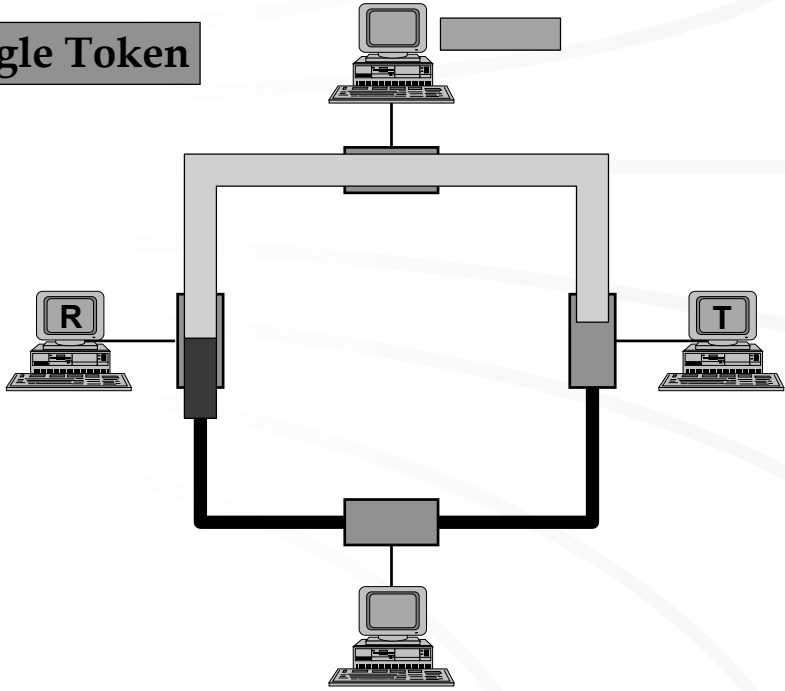
Single Token



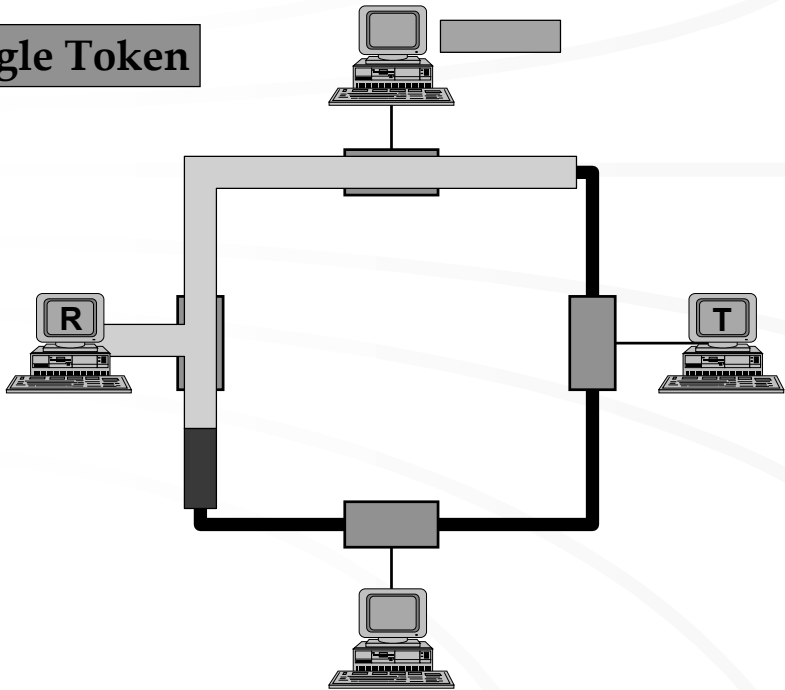
Single Token



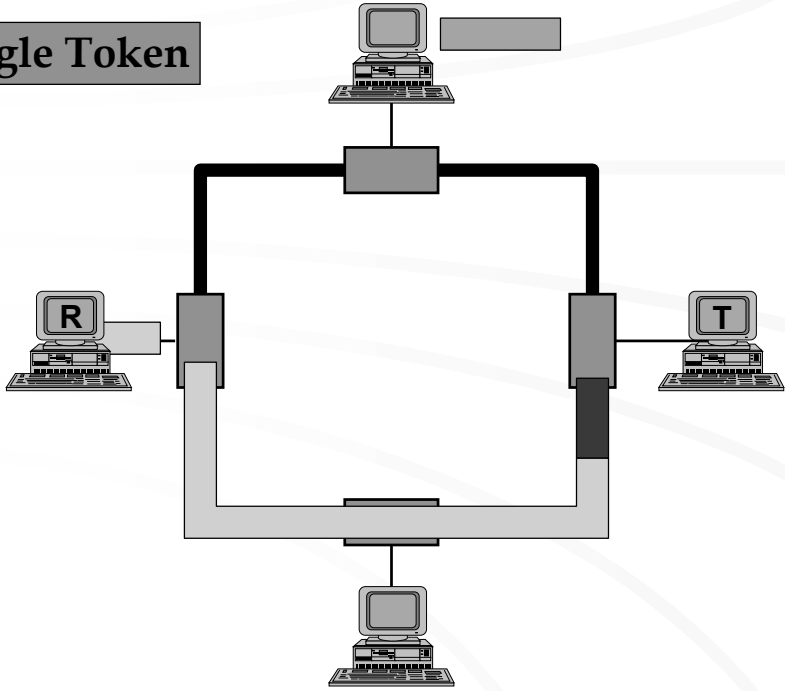
Single Token



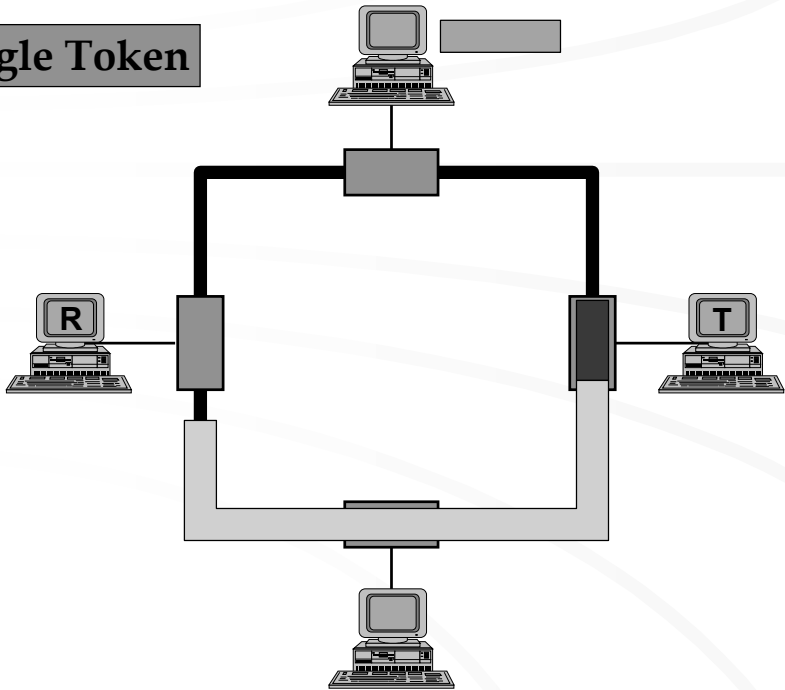
Single Token



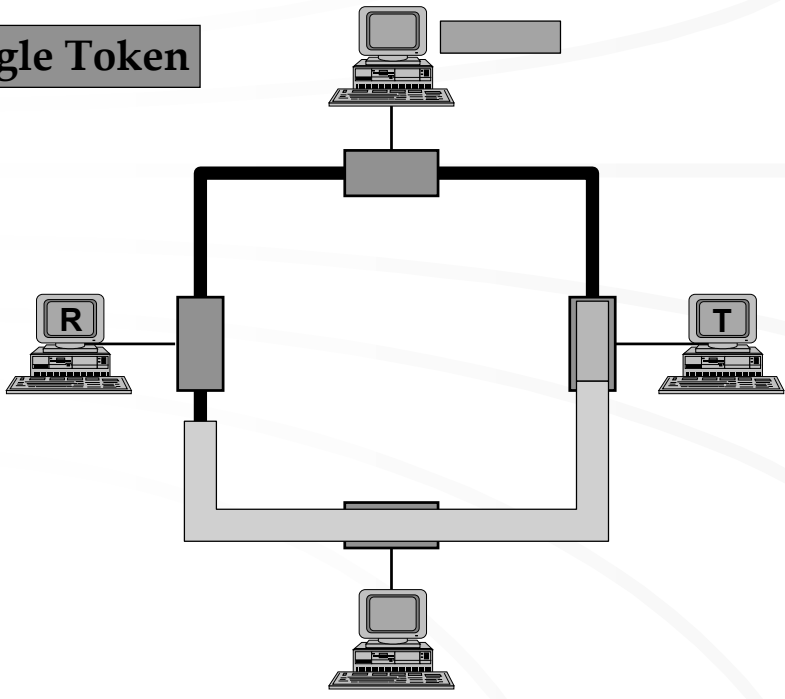
Single Token



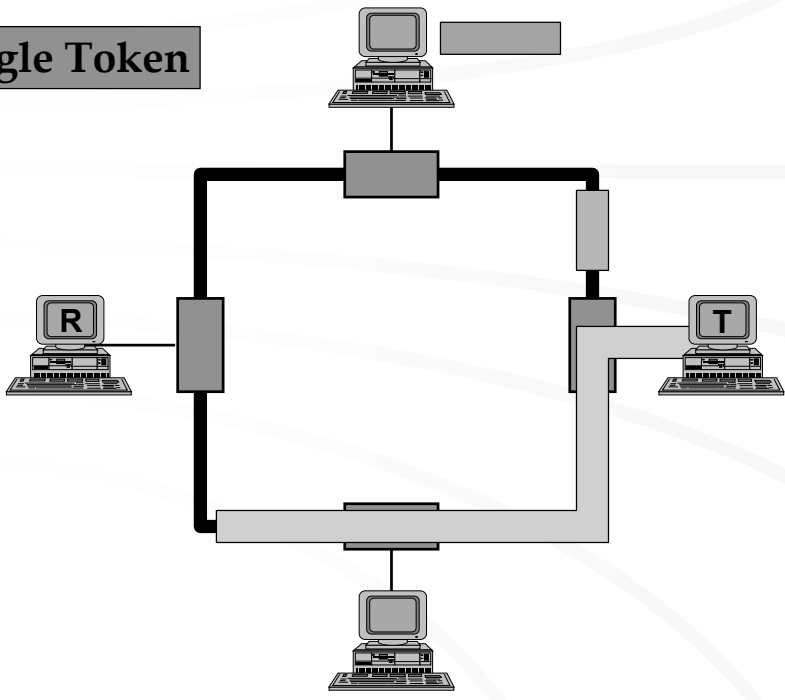
Single Token



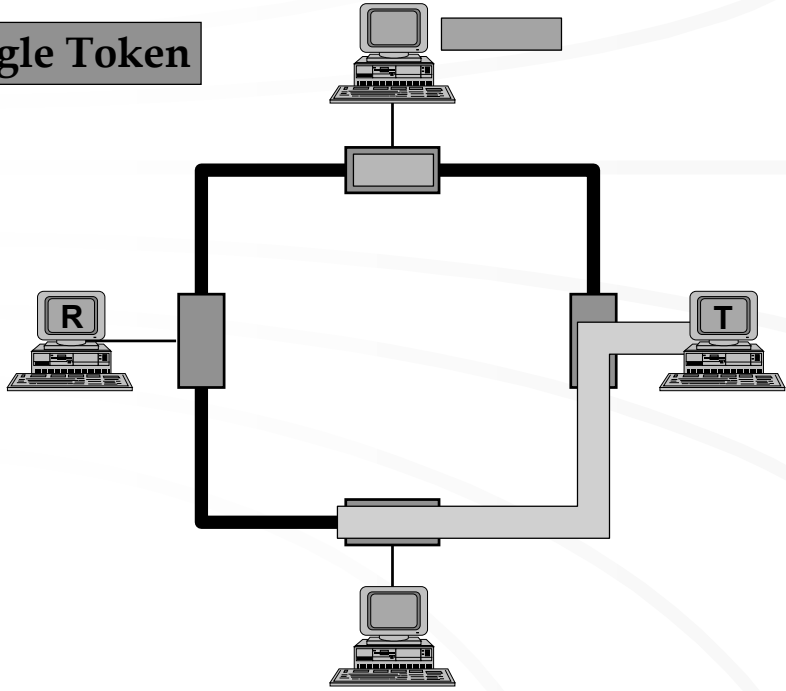
Single Token



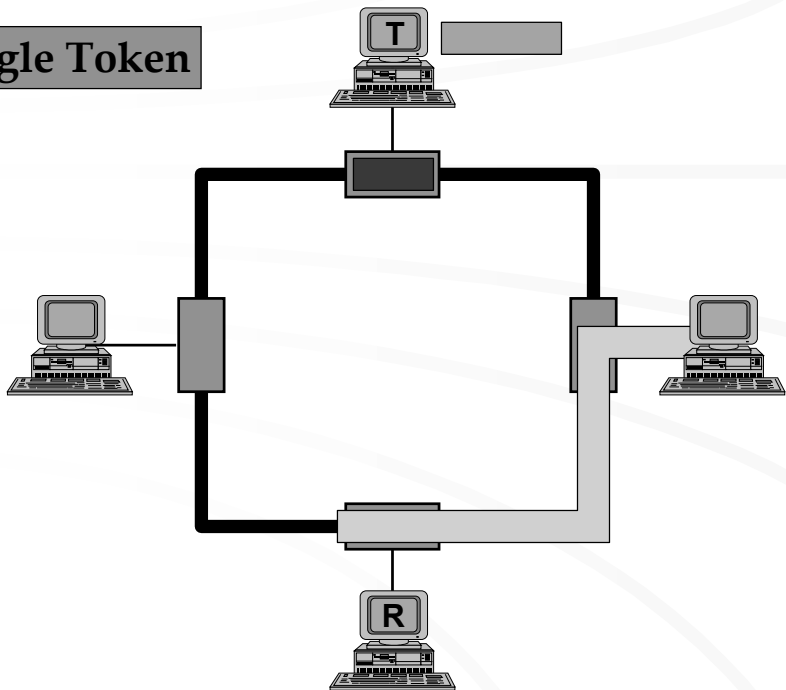
Single Token



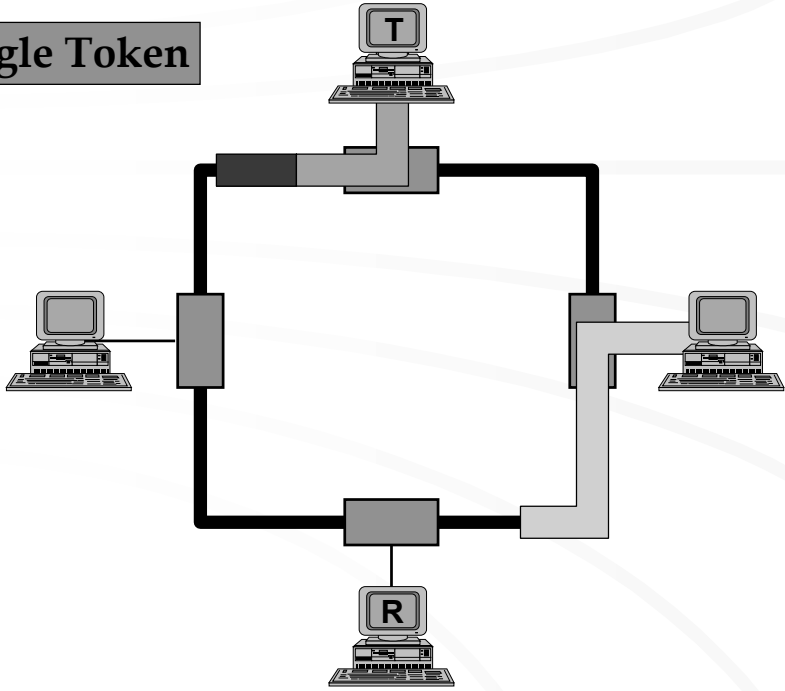
Single Token



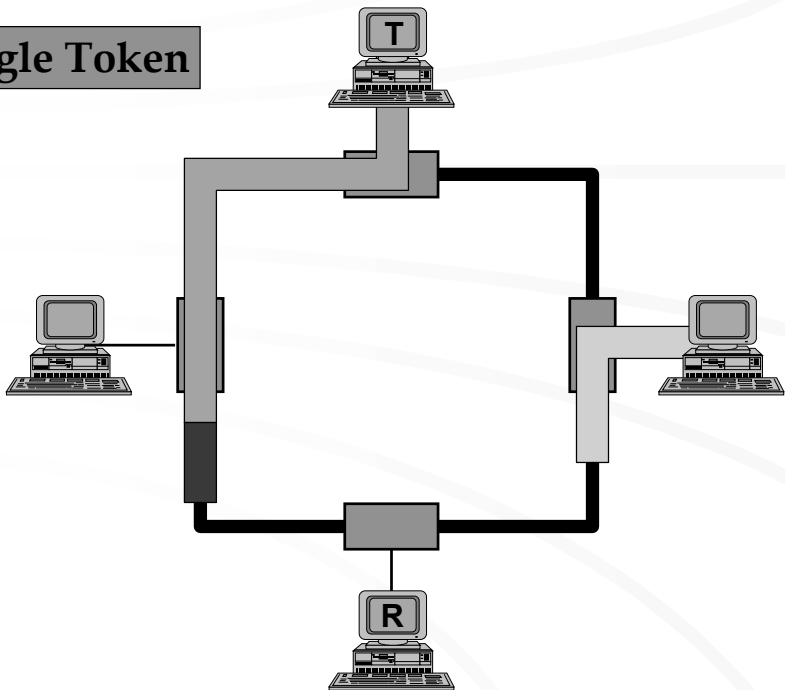
Single Token



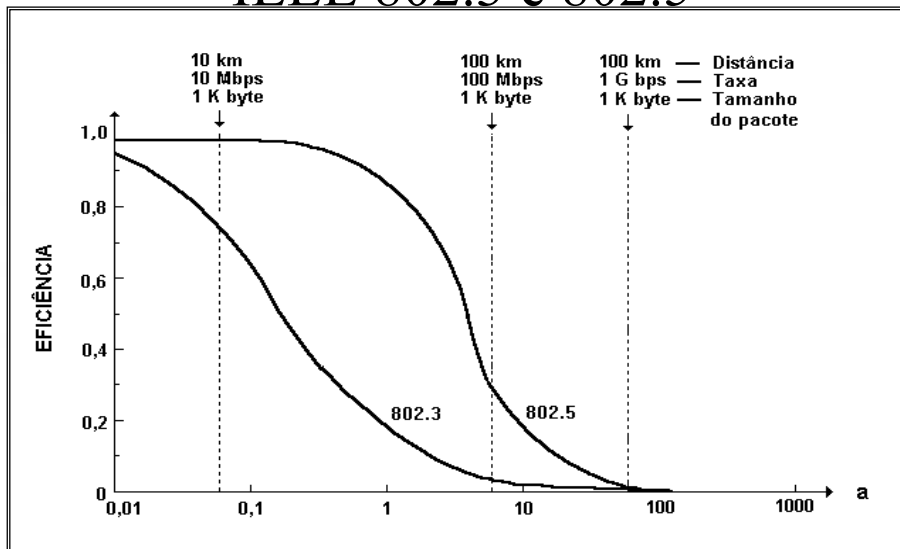
Single Token



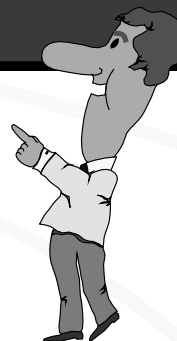
Single Token



Desempenho dos Padrões IEEE 802.3 e 802.5



Redes Sem Fio
IEEE 802.11



Redes Sem Fio

- Padrão desenvolvido pelo IEEE projeto 802.11

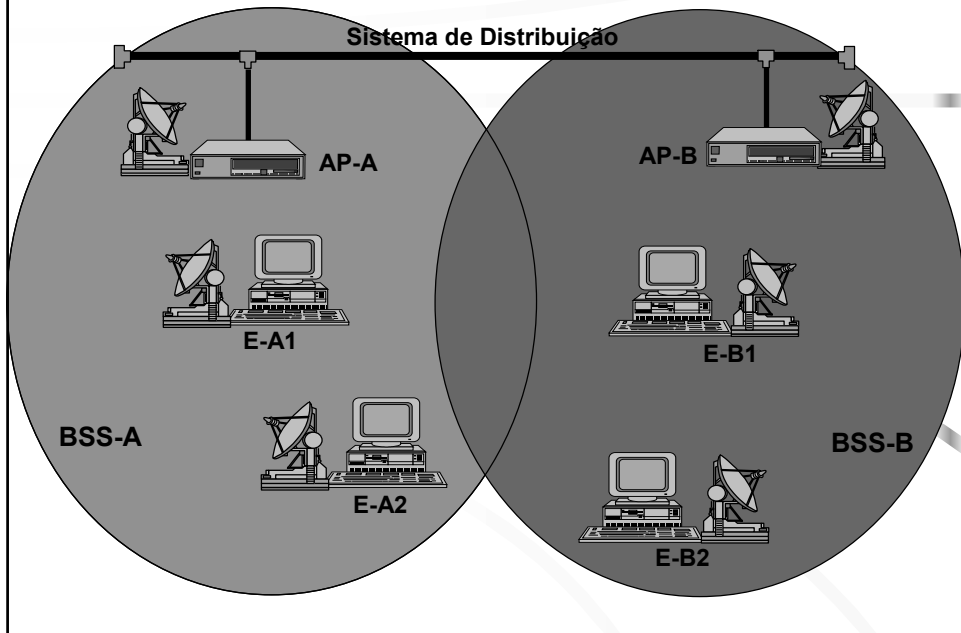
Wireless Local-Area Networks Standard Working Group

- Define:
 - Um nível físico para redes cujas transmissões estão na frequência de rádio ou infravermelho
 - Um protocolo de acesso ao meio: DFWMAC (*Distributed Foundation Wireless MAC*)

IEEE 802.11

- Área coberta pela rede dividida em células chamadas BSA (*Basic Service Area*) cujo tamanho depende da tecnologia utilizada
- Conjunto de estações comunicando-se numa BSA é chamada BSS (*Basic Service Set*)
- Várias BSAs podem ser interligadas por um sistema de distribuição através de AP's (*Access Points*), o que denominamos ESA (*Extended Service Area*)
- As estações de um ESA definem um ESS (*Extended Service Set*)
- Cada ESS é identificado por um ESS-ID
- Cada BSS é identificado por um BSS-ID
- A tupla EDD-ID, BSS-ID formam o *Network-ID* de uma rede sem fio

Rede Sem Fio Com Estrutura (ESS)



IEEE 802.11

- Rede local sem fio com infra-estrutura
 - Sistema de Distribuição, AP
- Rede local sem fio *Ad-Hoc*
 - ESS com um único BSS

Sistema de Distribuição

- Interliga os diversos Pontos de Acesso (AP)
- Possibilita a conexão da rede sem fio a redes que se utilizam de outras tecnologias

Pontos de Acesso

- Autenticação, Associação e Reassociação
 - Movimentação entre BSA's
 - Estações utilizam varreduras para escolher o melhor AP
- Gerenciamento de Potência
 - Armazenamento temporário de quadros até próximo ciclo de recepção
- Sincronização
 - Envio periódico de um quadro (*beacons*) carregando o valor do relógio do AP

DFWMAC

Distributed Foundation Wireless MAC

- Define dois Métodos de Acesso
 - Distribuído (Obrigatório)
 - Centralizado (Opcional)
- Os Métodos de Acesso também são chamados Funções de Coordenação

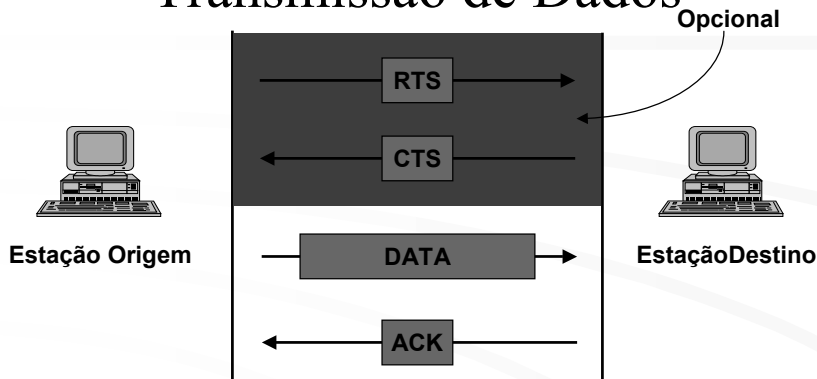
Funções de Coordenação

- Mecanismo que determina quando uma estação tem permissão para transmitir
- *Distributed Coordination Function* - DCF
 - Decisão de quando transmitir é tomada individualmente
 - Possibilidade de transmissões Simultâneas
- *Point Coordination Function* - PCF
 - Decisão de quem deve transmitir centralizada em um ponto
 - Evita a ocorrência de colisões

Distributed Coordination Function

- Utiliza a técnica CSMA/CA
(*Carrier-Sense Multiple Access / Collision Avoidance*)
- Obrigatória para todos os AP's e estações em redes sem fio com infra-estrutura ou *Ad-Hoc*
- Serviço utilizado para transmissão de tráfego assíncrono
- Acrescenta ao CSMA/CA tradicional a troca de quadros de controle RTS (*Request to Send*) e CTS (*Clear to Send*)

Transmissão de Dados

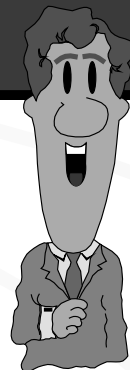


RTS - Leva estimativa de tempo de transmissão do quadro de dados
NAV (*Net Allocation Vector*) - Estrutura usada pelas estações para controle de transmissão

Point Coordination Function

- Implementa um serviço de acesso ordenado
- Suporta tráfego com retardo máximo limitado ou assíncrono
- Somente pode ser usado em redes com infraestrutura e sem intersecções entre as BSS's que operem na mesma faixa de frequência

Redes Metropolitanas



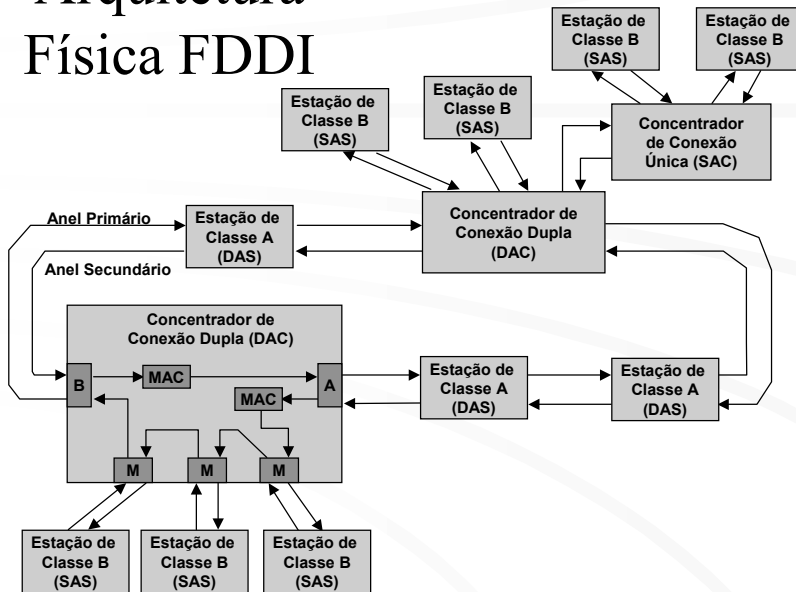
Padrão ANSI X3T9.5 FDDI

FDDI

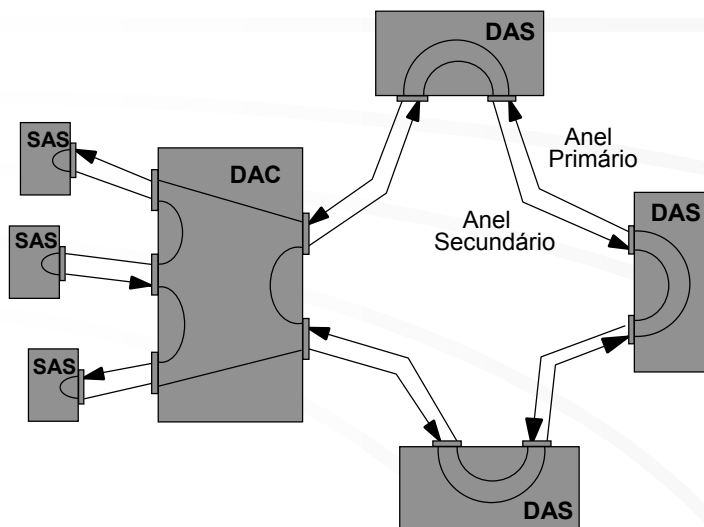
Fiber Distributed Data Interface

- Rede em Anel Duplo
- Estações podem se ligar a apenas um ou aos dois anéis
- Meio de transmissão: fibra ótica
- Distância máxima entre repetidores de 2 Km
- Número máximo de conexões igual a 1.000
- Perímetro máximo do anel igual a 200 Km
- Considerando requisitos de reconfiguração
 - Distância máxima entre repetidores igual a 2 Km
 - Perímetro máximo do anel igual a 100 Km
- Codificação 4B/5B NRZI
- Tamanho máximo do pacote: 4.500 octetos
- Taxa de transmissão igual a 100 Mbps

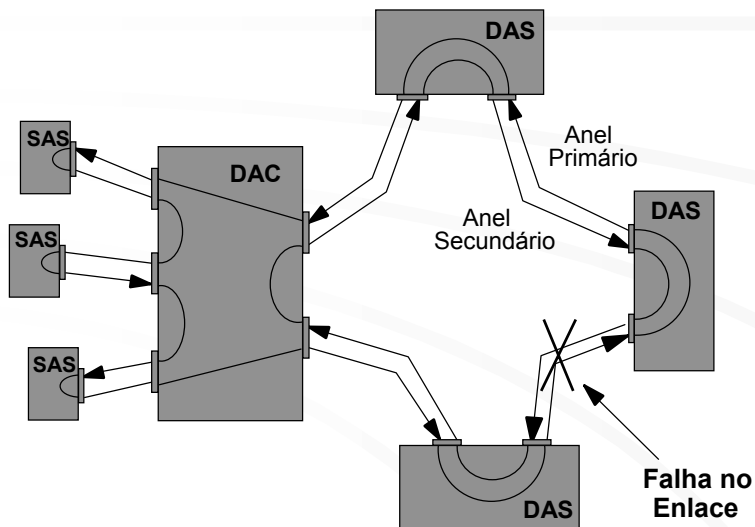
Arquitetura Física FDDI



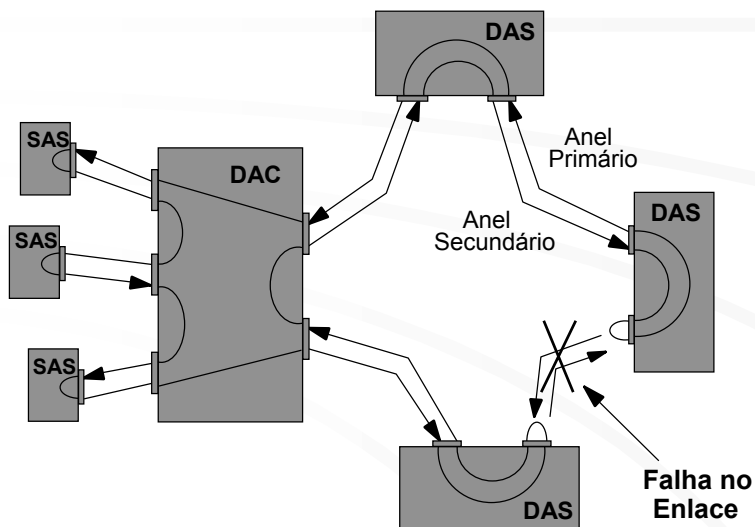
Reconfiguração de Falha no Enlace



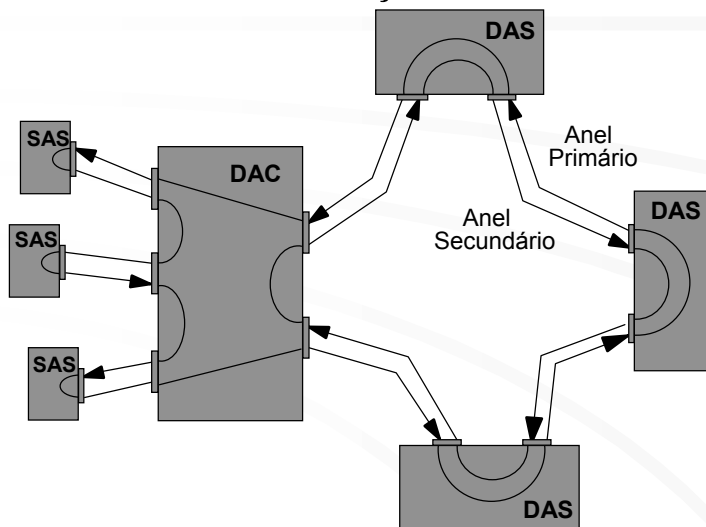
Reconfiguração de Falha no Enlace



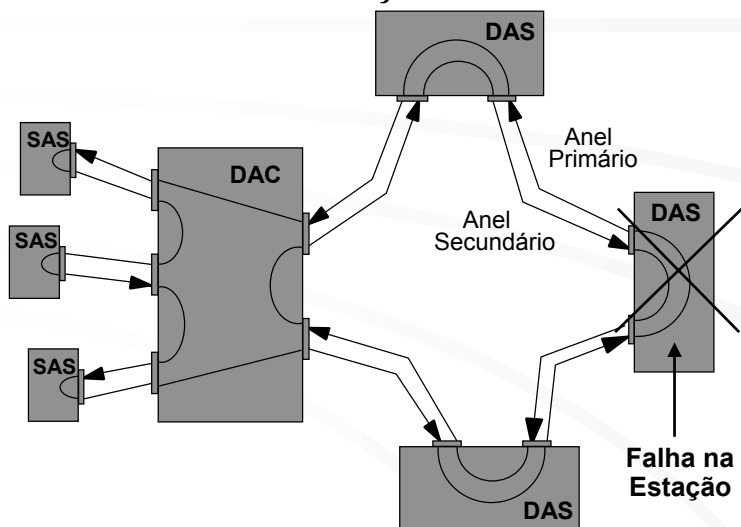
Reconfiguração de Falha no Enlace



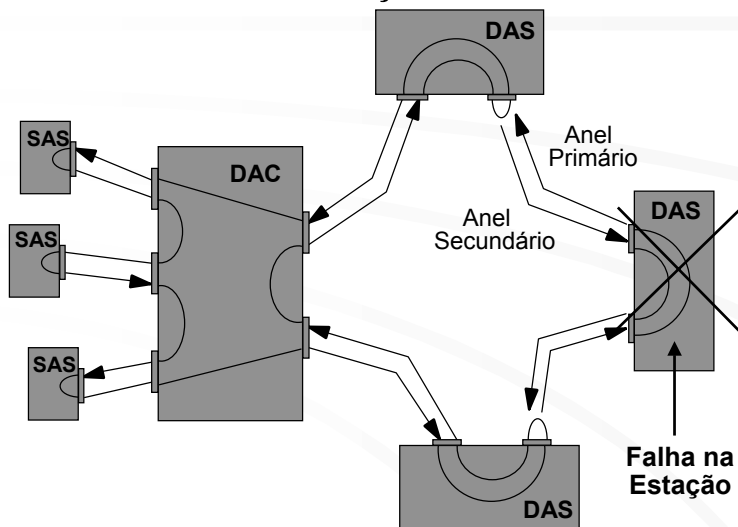
Reconfiguração de Falha na Estação



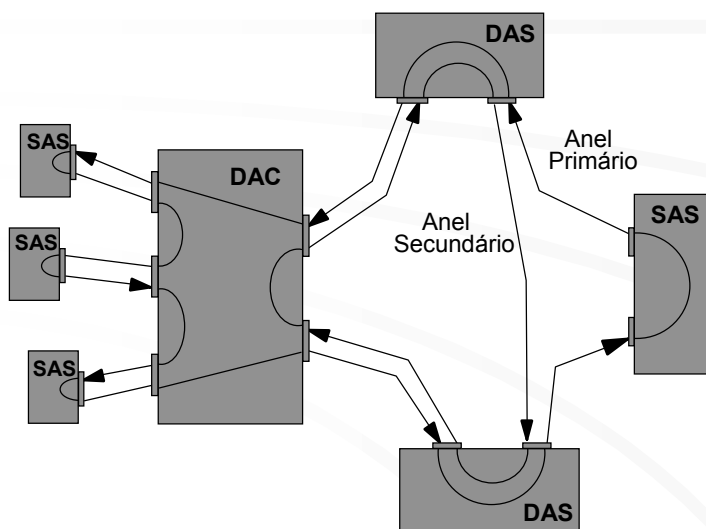
Reconfiguração de Falha na Estação



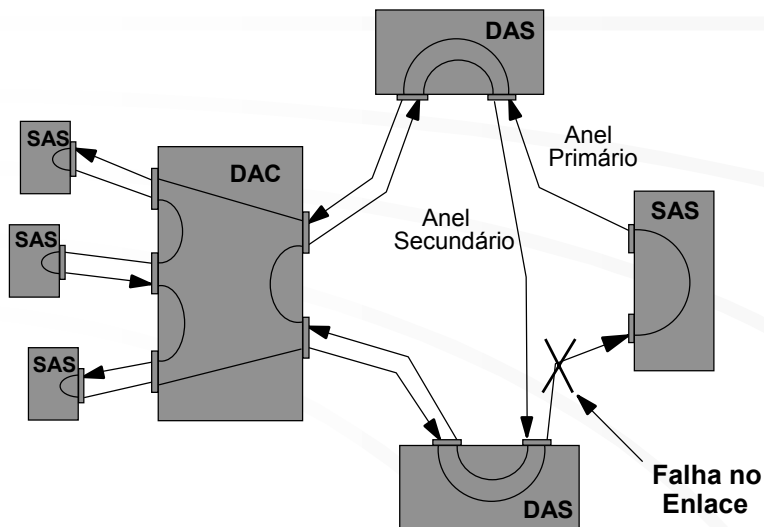
Reconfiguração de Falha na Estação



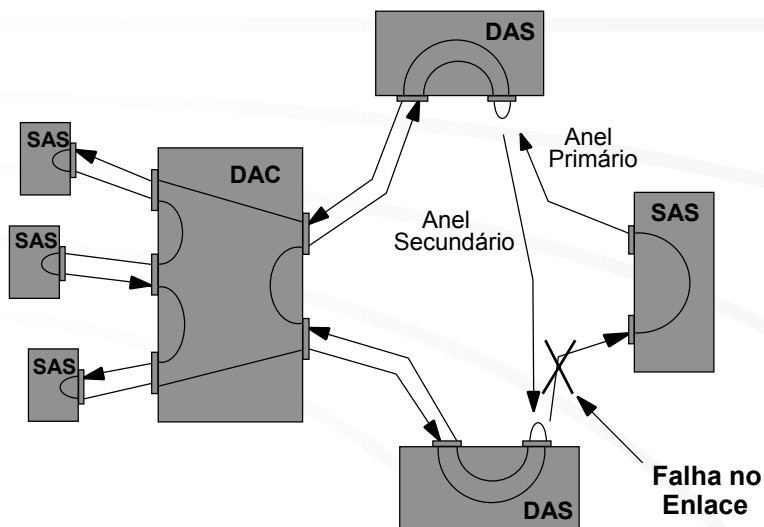
Reconfiguração com Estação Classe B



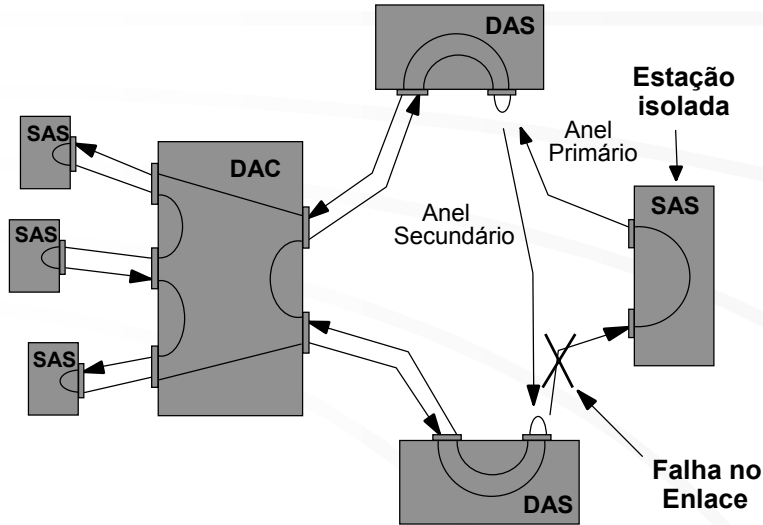
Reconfiguração com Estação Classe B



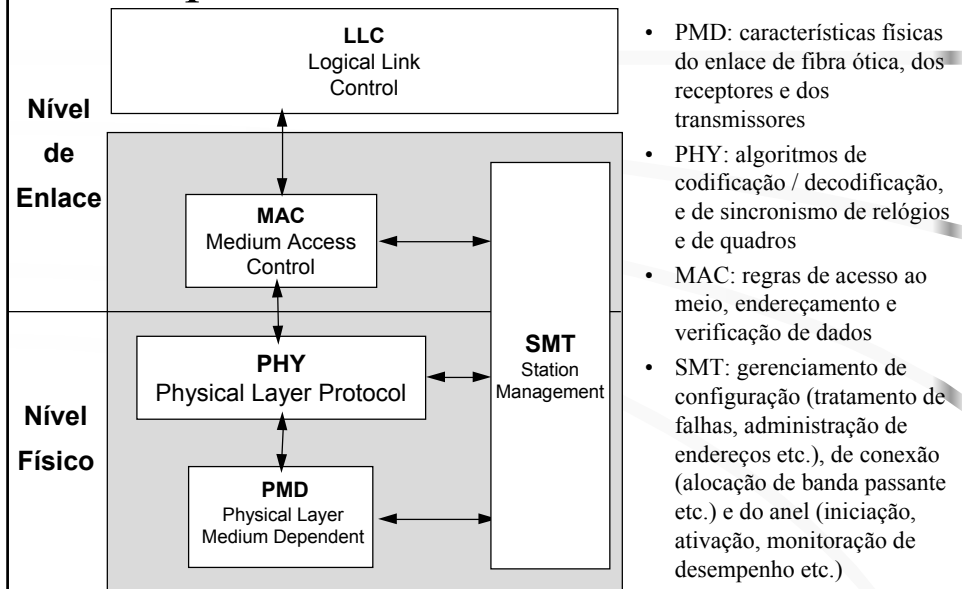
Reconfiguração com Estação Classe B



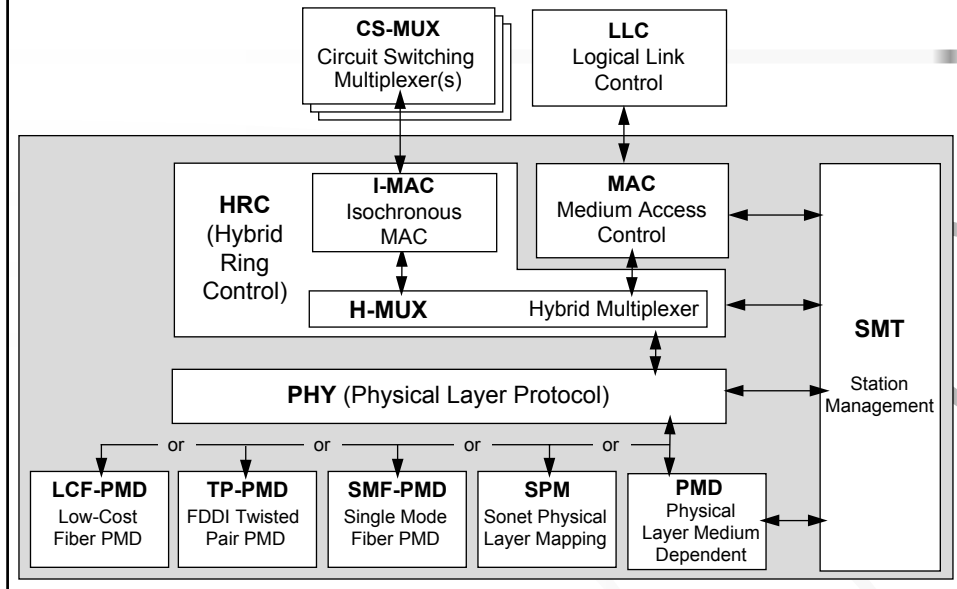
Reconfiguração com Estação Classe B



Arquitetura de Protocolos FDDI



Arquitetura de Protocolos FDDI



Serviços FDDI

- Síncrono
 - Banda passante garantida
 - Retardo máximo limitado
 - Não garante retardo de transferência constante
- Assíncrono
 - Não há garantia de banda passante nem limite para o retardo máximo
 - A banda passante não utilizada pelo tráfego síncrono é alocada para este serviço
 - Suporta dois tipos de tráfego: o restrito e o não-restrito

Transmissão de Quadros Síncronos

- Uma estação pode transmitir quadros síncronos por um tempo negociado (SMT), como percentagem do TTRT (Target Token Rotation Time) da rede.
- A soma de toda a banda síncrona não pode ultrapassar o valor:
 $TTRT - (D_{max} + F_{max} + Token_{time})$
Onde: D_{max} = latência máxima do anel
 F_{max} = tempo de transmissão de um pacote de tamanho máximo
 $Token_{time}$ = tempo de transmissão de um token
- O protocolo garante um tempo de acesso menor que duas vezes TTRT
- A transmissão síncrona é opcional

Transmissão de Quadros Assíncronos

- Controlada pelos relógios TRT (Token Rotation Time) e THT (Token Holding Time)
- TRT recebe o valor TTRT toda vez que a permissão chega à estação tendo demorado um tempo menor que TTRT desde a chegada anterior (token adiantado), ou quando atinge o valor 0 (token atrasado)
- O THT recebe o valor de TRT imediatamente anterior a chegada da permissão.
- Quando a estação recebe um token adiantado ela pode transmitir quadros síncronos pelo período negociado, e quadros assíncronos por um período de tempo igual a THT
- Quando recebe um token atrasado a estação só pode transmitir quadros síncronos

Transmissão de Quadros Assíncronos

- A classe síncrona não-restrita pode possuir 8 níveis de prioridade, a cada nível de prioridade i é associado um valor de tempo $T_Pri(i)$
- Um quadro de prioridade i só pode ser transmitido se THT (habilitado durante a transmissão de quadros assíncronos) for menor que o valor de tempo $T_Pri(i)$
- Quando uma estação deseja iniciar um diálogo restrito, ela após enviar seus dados emite um token restrito
- A estação destino recebe os quadros, captura o token e começa a trocar com a origem quadros e tokens restritos
- O diálogo restrito é encerrado por um quadro final de diálogo que é seguido por um token não restrito

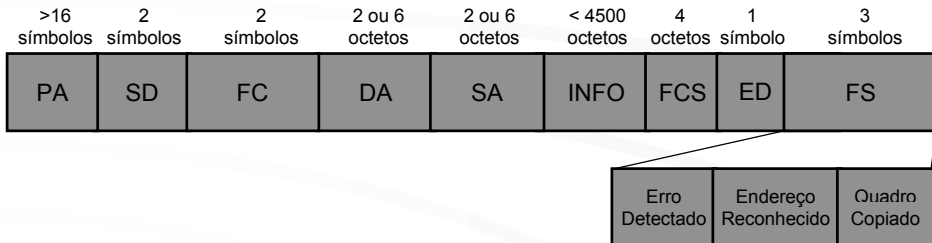
Codificação dos Dados

Símbolo	Valor (5 bits)
Símbolos de Dados	
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011
1110	11100
1111	11101
Símbolos de Controle	
Quiet	00000
Idle	11111
Halt	00100
Starting Delimiter J	11000
Starting Delimiter K	10001
Ending Delimiter T	01101
Control Reset	00111
Control Set	11001

- Na codificação NRZI o 1 é representado por uma transição e o 0 por não haver transição
- Na codificação 4B/5B nunca vai haver mais do que três zeros consecutivos, portanto, no sinal transmitido nunca teremos mais do que três tempos de bit sem transição

Formato dos Quadros

Quadro de Informação



Permissão



FDDI

- Classe Síncrona
 - Sem conexão
 - Canal não dedicado
 - Banda passante garantida
 - Retardo máximo limitado
 - Retardo de transferência variável
 - Banda não utilizada só pode ser compartilhada pela classe assíncrona
- Classe Assíncrona
 - Sem conexão
 - Canal não dedicado
 - Não há garantia de banda passante nem limite para o retardo máximo
 - Retardo variável
 - Desempenho começa a degradar em altas velocidades

Alocação das Mídias aos Serviços

Classe Síncrona

- Deve ser a preferida para a transmissão de dados contínuos
- Boa para voz compactada, pois garante a banda passante para transmissão dos surtos de voz e o retardo máximo
- Boa para sinais de vídeo e áudio compactado, e qualquer outra aplicação gráfica ou de texto em tempo real
- A alocação da banda passante deve ser realizada pela taxa de pico
- Desempenho da rede é prejudicado pelo fato de que a banda passante não utilizada só poderá ser aproveitada para o tráfego assíncrono
- Para tráfego contínuo é necessário realizar a compensação da variação estatística do retardo

Alocação das Mídias aos Serviços

Classe Assíncrona

- Ideal para tráfego em rajadas sem restrições de tempo
- Boa para tráfego contínuo onde o requisito de perdas é flexível o suficiente para permitir a realização da compensação da variação estatística do retardo

Alocação das Mídias aos Serviços

Vídeo e Áudio Comprimido

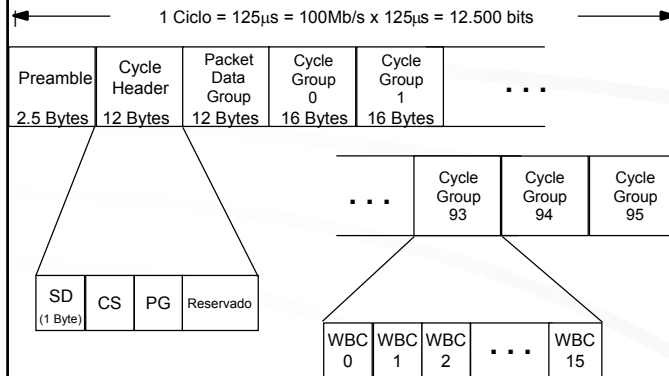
Classe Síncrona ou Assíncrona ?

- A escolha não é tão óbvia e pode exigir bastante cálculos ou simulações

FDDI II

- Oferece os mesmos serviços FDDI, acrescidos do serviço isócrono
- Possui 16 canais de banda larga (WideBand Channel) que podem ser alocados como canais isócronos, usando um máximo de 98,304 Mbps
- Um canal residual não isócrono de capacidade de 1 Mbps permanece, para uso dos serviços síncrono e assíncrono, mesmo que os 16 canais isócronos estejam alocados
- Canais de banda larga podem ser alocados e liberados em tempo real, para serviços isócronos, com a banda passante de qualquer canal não alocado sendo acrescida à do canal não isócrono

Formato dos Ciclos FDDI II



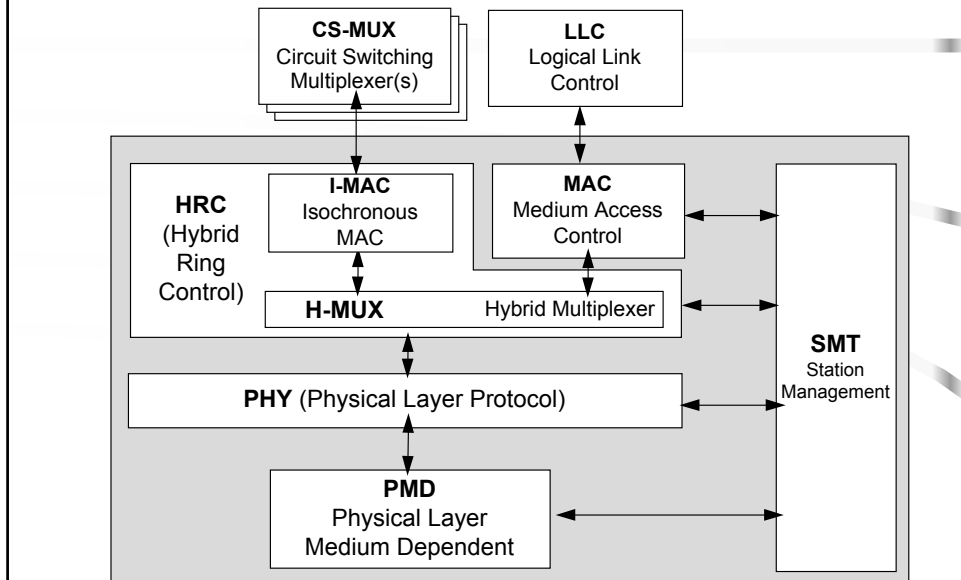
- CS- seqüência do ciclo: alocação de canal e monitoração do anel; ou sinalização situações não usuais (início de nova seqüência, perda de sincronismo etc.)
- PG- programming template: gabarito para os canais de banda larga
- PDG: usado para chaveamento de pacotes
- Cada i-ésimo canal de banda larga (WBC_i) é formado pelo byte i dos 96 campos CGs, perfazendo um total de 96 bytes, ou seja, um canal de 6,144 Mbps

FDDI II

- A capacidade de chaveamento de circuito é imposta ao anel por meio de um formato de ciclo, que se repete a cada 125 μ s, criado por uma estação denominada Mestre do Ciclo (Cycle Master)
- A alocação de um canal isócrono é feita por troca de mensagens no canal não isócrono, a estação Mestre de Ciclo é a responsável pela alocação das WBCs
- O protocolo SMT permite que estações designadas como Alocadoras de Ciclo requeiram do Mestre de Ciclo a responsabilidade de gerenciamento de uma ou mais WBCs para aplicações isócronas
- As outras estações podem requisitar a alocação de um canal de banda passante 8 Kbps, 16 Kbps, 32 Kbps, 64 Kbps, 384 Kbps, 1.536 Kbps, 1.920 Kbps, 2.048 Kbps, ou 6.144 Kbps, dentro de um WCB

Arquitetura de Protocolos FDDI

II



Alocação das Mídias aos Serviços

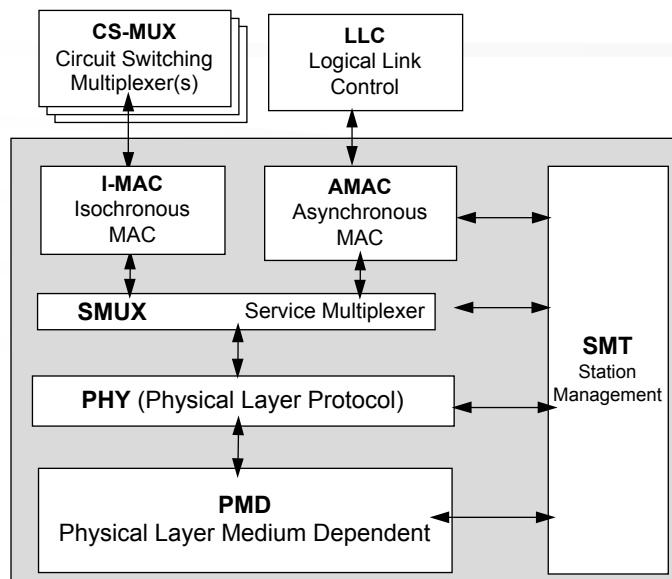
Serviço Isócrono

- Oferece um retardo de transferência limitado e constante
- Comutação de circuito (TDM)
- Indicado para transmissão de dados contínuos
- Um WCB pode roubar desempenho da rede, caso ele esteja sendo parcialmente, ou não esteja sendo utilizado
- Pouca flexibilidade na alocação de canais (bits ou bytes contíguos), implicando em perda de desempenho
- Não exige a perda de tempo na montagem do pacote a ser transmitido
- Não causa perda de desempenho com a transmissão de bits adicionais desnecessários para cabeçalho e detecção de erro

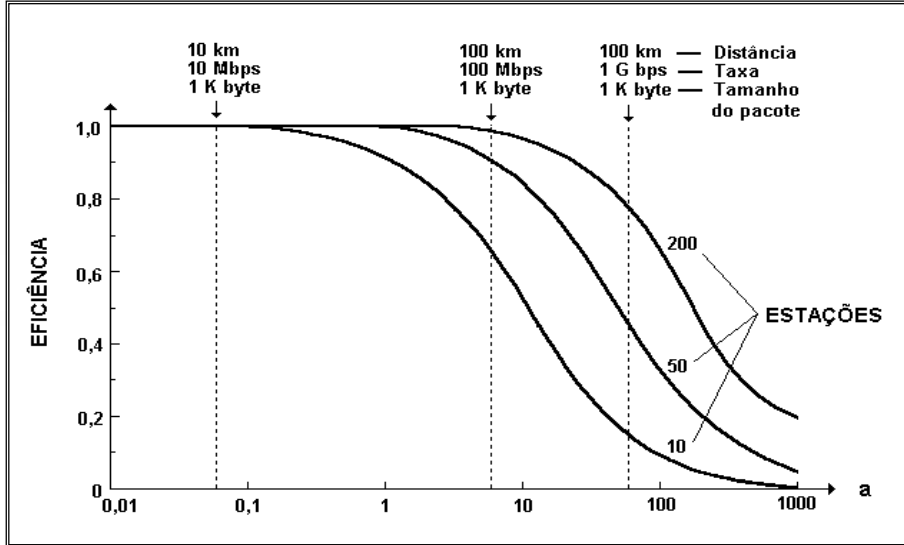
FDDI III

- Também chamado FDDI FO (Follow-On) ou EPSL (Enhanced Performance and Services LAN)
- FDDI III deve fornecer o serviço de chaveamento de circuito bem como o serviço assíncrono e o modo de transferência assíncrono (ATM), definido pela RDSI de faixa larga
- A velocidade da rede deve ser compatível com a SDH (Synchronous Digital Hierarchy), e deve utilizar o mesmo cabeamento FDDI
- As velocidades alvo são, em conformidade com a SDH
 - STS-3: 155,52 Mbps
 - STS-12: 622,08 Mbps
 - STS-48: 2,4 Gbps
- Data alvo para definição completa: dezembro de 1995

Arquitetura de Protocolos FDDI III

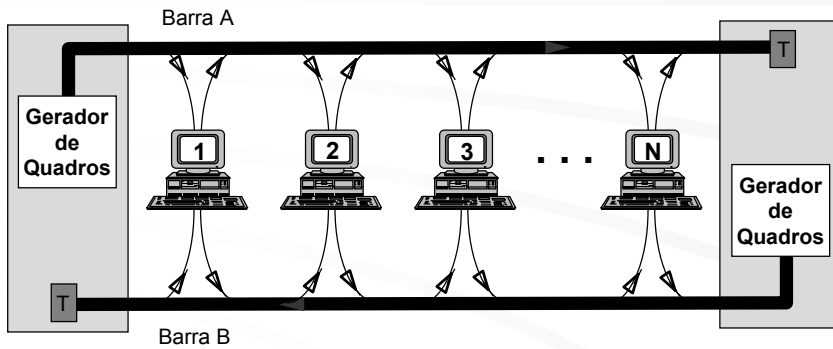


O Parâmetro a para FDDI

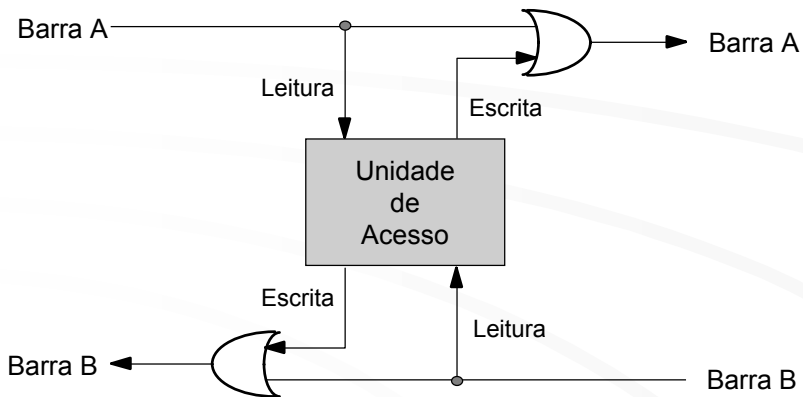


Padrão IEEE 802.6
DQDB

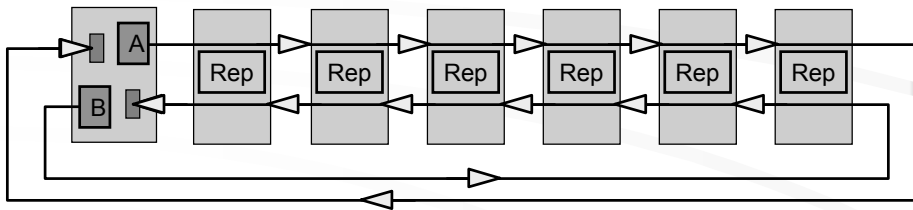
A Sub-Rede DQDB



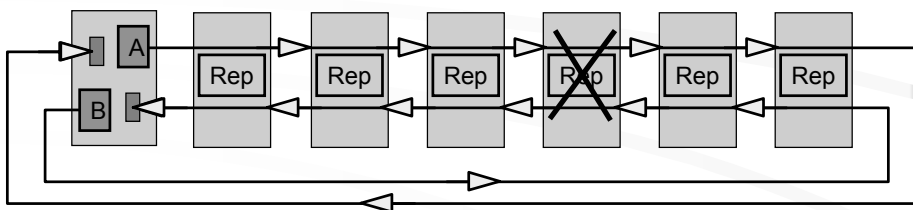
Exemplo de Conexão às Barras



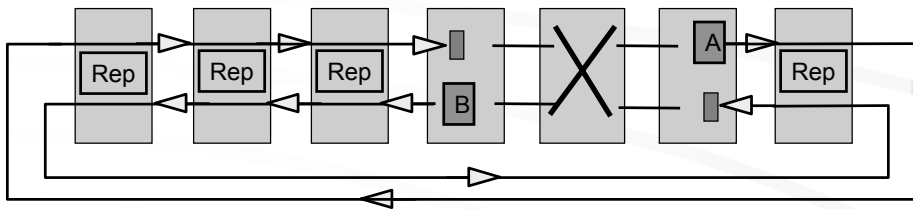
Topologia em Dupla Barra Circular



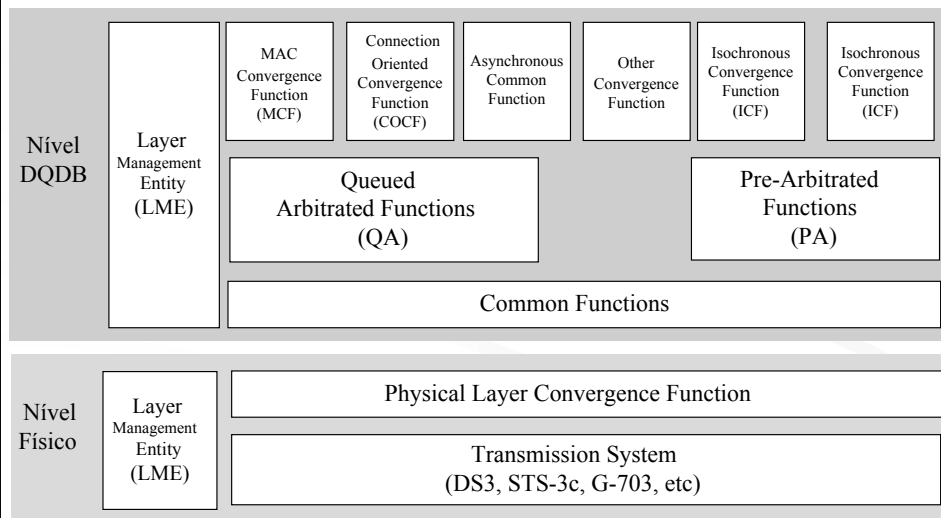
Topologia em Dupla Barra Circular



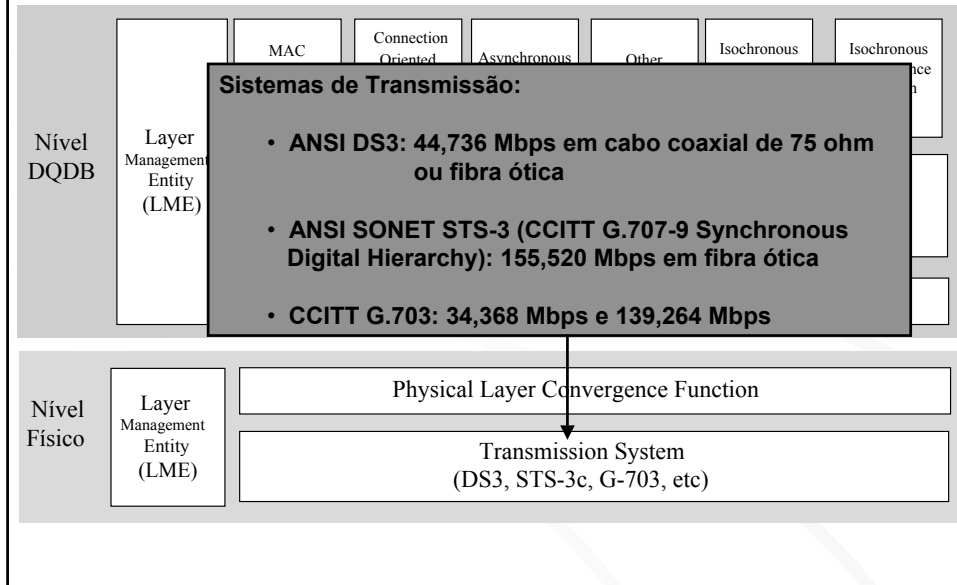
Topologia em Dupla Barra Circular



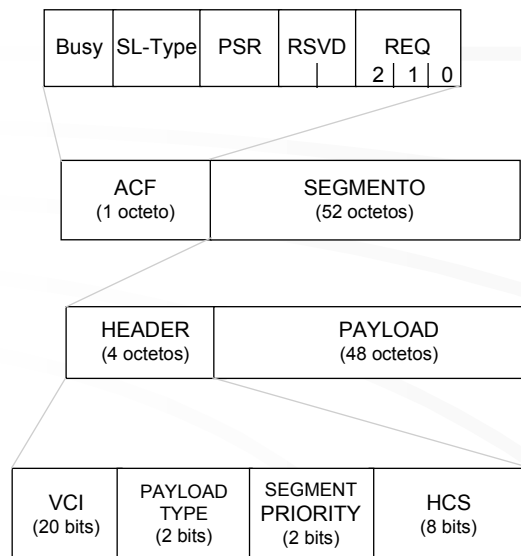
Arquitetura de Protocolos DQDB



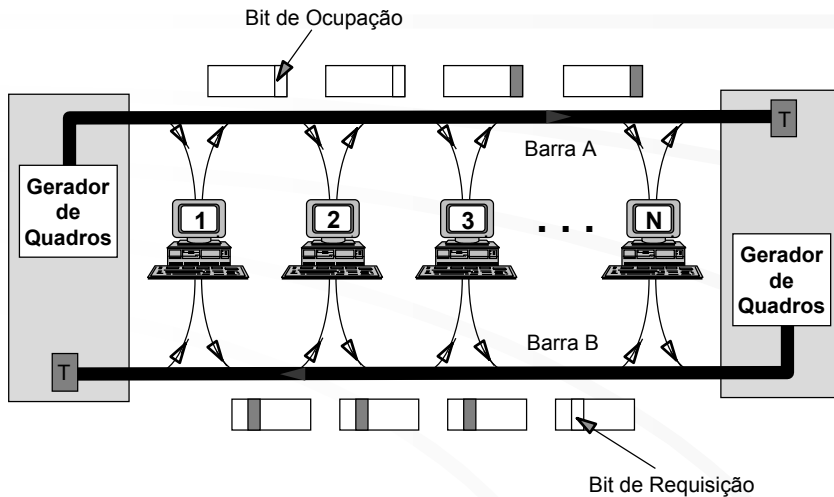
Arquitetura de Protocolos DQDB



Formato do Slot

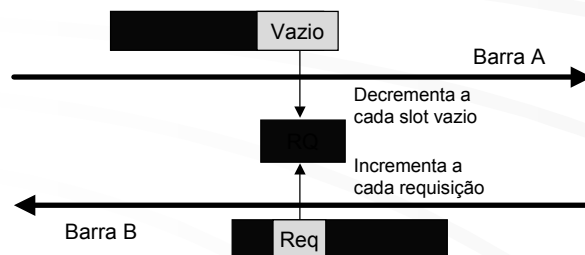


Controle de Acesso DQDB



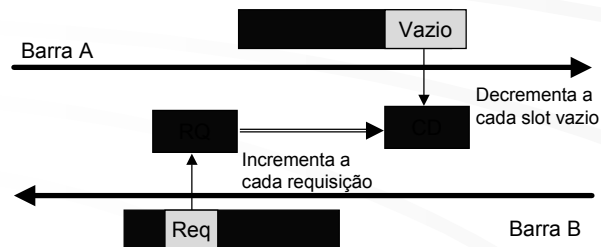
Controle de Acesso QA

Nó sem quadros a transmitir



Controle de Acesso QA

Nó com quadros a transmitir



Controle de Acesso PA

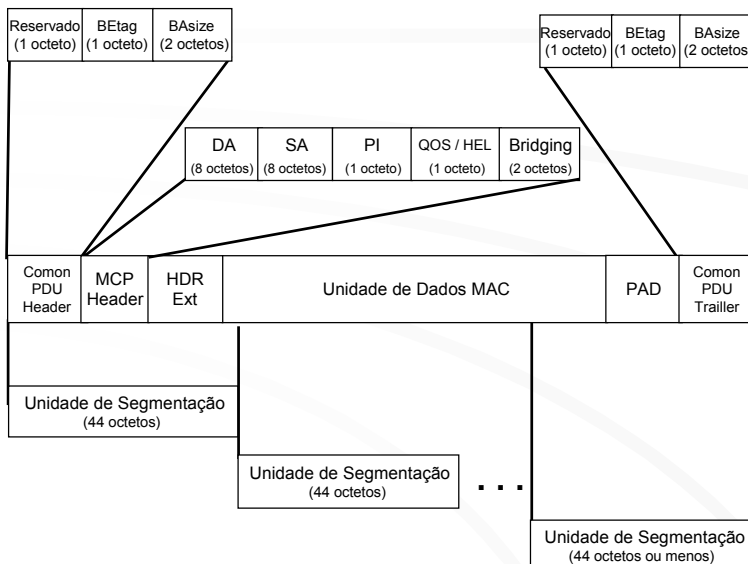
- A carga de um segmento PA consiste de octetos, cada um dos quais pode ser usado por diferentes unidades de acesso
- A unidade é notificada, pelos procedimentos do nível de gerenciamento, de quais segmentos PA tem acesso e, para cada um deles, a que posições de octetos
- O acesso é designado pelo gerador de slots, a quem cabe a escrita do identificador do canal virtual (VCI), que identifica o slot PA
- Cada slot de mesmo VCI é fornecido periodicamente, assegurando uma banda passante para os serviços isócronos

Serviços DQDB

- Serviço MAC sem conexão: fornecido à subcamada LLC
- Serviço Isócrono: suporta a transferência de octetos com um tempo entre chegadas constante
- Serviço Orientado à Conexão: suporta a transferência de dados em canais virtuais, é um serviço assíncrono nenhuma garantia de tempo de transferência determinístico

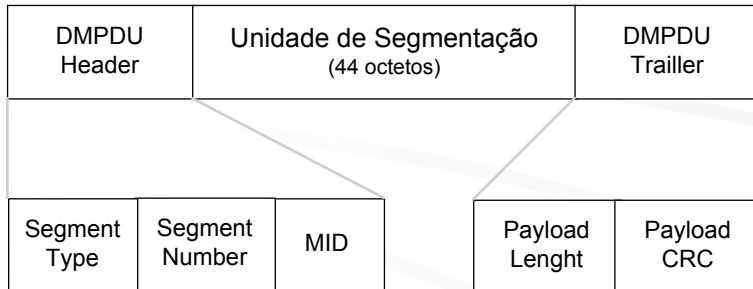
Função de Convergência MAC

Segmentação da IMPDU



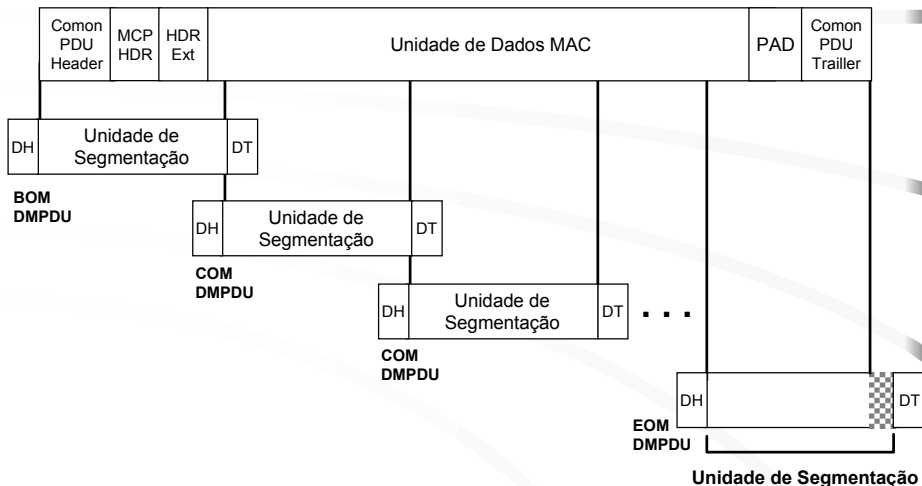
Função de Convergência MAC

Formato da DMPDU



Função de Convergência MAC

Transferência de uma DMPDU



Função de Convergência Isócrona

- O acesso PA não garante a transferência isócrona de dados
- A compensação da variação estatística do retardo é feita pela função de convergência isócrona
- No estabelecimento da conexão o gerador de slots é informado dos seguintes parâmetros:
 - VCI utilizado pela conexão
 - taxa média requerida para a geração de slots com este VCI
 - variação máxima permitida na geração de slots (para permitir que a função de convergência isócrona realize a compensação)
- Existe uma função de convergência isócrona (ICF) para cada usuário de serviço isócrona, que mantém um buffer separado para transmissão e recepção
- A relação entre a função PA e a ICF estabelece a barra por onde será feita a transmissão e a recepção, o VCI e os octetos a serem usados dentro do segmento PA

Função de Convergência Orientada à Conexão

- O serviço utiliza os mesmos procedimentos de quebra e remontagem do serviço MAC, usando, em particular, o mesmo formato para os campos Common PDU Header e Common PDU Trailer
- Os mesmos campos DMPDU Header e Trailer também são utilizados na carga dos segmentos QA
- Os procedimentos para requisição, estabelecimento e término de conexão, tal qual para os serviços isócronos, estão fora do escopo do padrão

Serviços DQDB

- Serviço Assíncrono
 - Sem conexão
 - Canal não-dedicado
 - Não garante a banda passante
 - Não garante o retardo máximo
 - O retardo é variável
 - O desempenho é melhor que o do FDDI
- Serviço Isócrono
 - Com conexão
 - Cell Relay
 - Canal dedicado
 - Banda não utilizada não pode ser compartilhada por nenhuma classe
 - Liberdade total de alocação de canais
 - Banda passante garantida
 - Retardo máximo limitado e constante, com possibilidade de escolha do algoritmo de compensação

Alocação das Mídias na DQDB

- Segue as mesmas observações feitas para a FDDI II, quanto aos serviços sem conexão (assíncrono na FDDI) e isócrono
- Quanto aos serviços assíncronos a maior diferença das duas redes está no desempenho em altas velocidades
- Em velocidades muito altas a sub-rede DQDB apresenta problemas de equidade
- Uma diferença entre os serviços isócronos é a maior liberdade para alocação de canais de diversas taxas
- Uma outra diferença vem do fato da FDDI II garantir um retardo determinístico, ao passo que a DQDB oferece um serviço onde a variação máxima de retardo, que pode ser suportada, é um parâmetro do serviço

Alocação das Mídias na DQDB

O serviço (assíncrono) orientado à conexão:

- Utilizando segmentos QA, sem qualquer controle de erro de segmento, com a conexão identificada apenas pelo VCI
 - É ideal para transmissão de áudio e vídeo compactado caso existam mecanismos de controle de admissão e congestionamento na rede que garantam a banda passante
- Emulando o serviço de circuito virtual OSI, para troca de dados confiáveis com controle de fluxo
 - Não garante um retardo determinístico e nem uma banda passante
 - Útil para aplicações que não possuem requisitos de tempo real e que necessitem de confiabilidade, como por exemplo, transferência eletrônica de fundos

Redes Digitais de Serviços
Integrados



Redes com Integração de Serviços

- Tradicionalmente os sistemas de comunicação foram desenvolvidos para transportar tipos específicos de Informação
 - Rede Telefônica: voz
 - Redes de Pacotes: dados textuais
- Rede de Serviços Integrados: capaz de fornecer serviços de transmissão de tráfegos diversos
 - FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
 - DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
 - RDSI-FE (Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Estreita)
 - RDSI-FL (Rede Digital de Serviços Integrados de Faixa Larga)

Aplicações Banda Larga

- Objetos não convencionais: áudio, vídeo etc.
- Objetos longos: 1 minuto de vídeo não comprimido, qualidade TV, contém 1,8 Gbps
- Exigem transferência contínua a altas taxas: 252 Mbps para um sinal de TV não comprimido
- Acesso sincronizado aos dados

ATM

O modo de transferência assíncrono (ATM) tenta eliminar as limitações do STM, tirando vantagem do ganho estatístico de serviços com tráfego com taxa variável, ao mesmo tempo garantindo um desempenho aceitável para serviços com taxa contínua (variável ou constante).

ATM

- Banda passante dividida em segmentos fixos de informação chamados células.
- Cada célula possui um cabeçalho e um campo de informação.
- Um canal ATM é identificado por seu rótulo que representa a conexão com circuito virtual estabelecida para o transporte das células de um serviço, e não por uma posição fixa no tempo.

Células de Tamanho Fixo e Pequenas

- Células de Tamanho fixo:
 - tamanho variável aumenta a complexidade dos comutadores da rede.
- Células Pequenas:
 - quanto maior o tamanho da célula, maior o tempo de empacotamento, causando maior atraso de transferência afetando, principalmente, sinais de áudio e vídeo.

RDSI-FL

Configuração de Referência

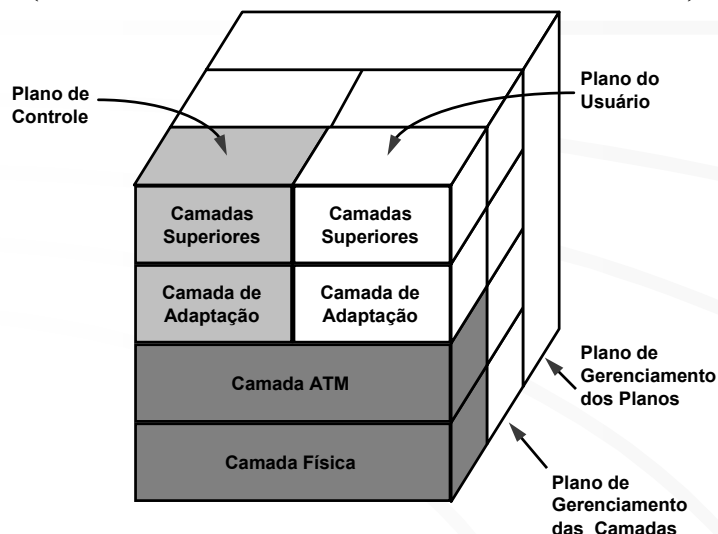


RDSI-FL

Configuração de Referência

- B-NT1
 - equipamento de terminação elétrica e mecânica da linha do assinante.
- B-NT2
 - responsável pela multiplexação/demultiplexação e chaveamento de células.
 - funciona como um concentrador.
- B-TE1
 - equipamento que atende às especificações de interface definidas pela UNI.
- B-TE2
 - não segue padronizações definidas pela UNI (sendo necessária a utilização de adaptadores: B-TAs).
- Pontos de referência de interface S, T e U
 - idênticos no que se refere à definição das células; a diferença se encontra na especificação de parâmetros elétricos e mecânicos.

Modelo de Referência (Protocol Reference Model - PRM)



Estruturação das Camadas no PRM

CAMADAS	SUB-CAMADAS	FUNÇÕES
AAL	CS	Convergência
	SAR	Quebra e Remontagem
ATM		Controle genérico de fluxo Inserção e remoção de Cabeçalho Interpretação de VPI/VCi Multiplexação/Demultiplexação de células
PHY	TC	Desacoplamento de taxa de células Geração e verificação de HEC Delineamento de células Geração e Recuperação de frames
	PM	Transmissão pelo meio físico Conversão eletro-ótica

Camada Física

- Camada Física: duas subcamadas
 - subcamada de meio físico (Physical Medium - PM)
 - responsável pela transmissão adequada de bits pelo meio físico, incluindo o alinhamento de bits, sinalização na linha e conversão eletro-ótica
 - foi definida pelo ITU-T na NNI e na UNI apenas para a interface T_B , deixando a interface S_B para estudos posteriores.
 - subcamada de Convergência de Transmissão (Transmission Convergence - TC)
 - Desacoplamento da taxa de transmissão em relação à taxa de geração de células
 - inserção de células especiais (ociosas) na transmissão
 - Controle de erros do cabeçalho.
 - campo HEC do cabeçalho
 - Delineamento de células
 - prepara o fluxo de células de forma a permitir ao lado receptor recuperar as fronteiras das células
 - mecanismos especificados na recomendação I.432.

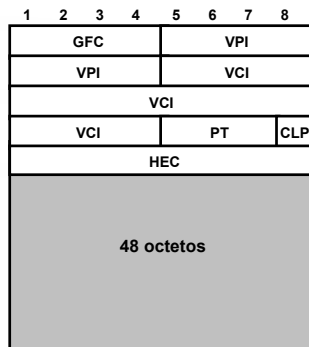
Camada ATM

As funções da camada ATM são especificadas pela recomendação I.150

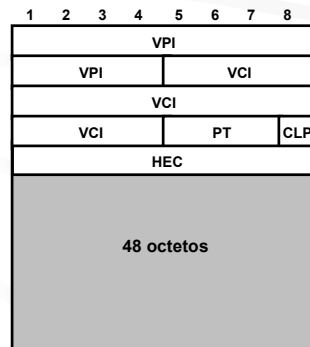
- Multiplexação e demultiplexação de células.
- Adição e remoção do cabeçalho das células.
- Chaveamento e encaminhamento de células baseado na informação do cabeçalho (realizado pelos nós de comutação).
- Controle genérico de fluxo (Generic Flow Control GFC) na UNI.

Célula ATM

- A recomendação I.361 especifica
 - o formato das células ATM
 - de que forma o encaminhamento das células é feito na rede baseando-se na informação contida nos campos do cabeçalho.
- O formato da célula ATM difere na NNI e UNI.

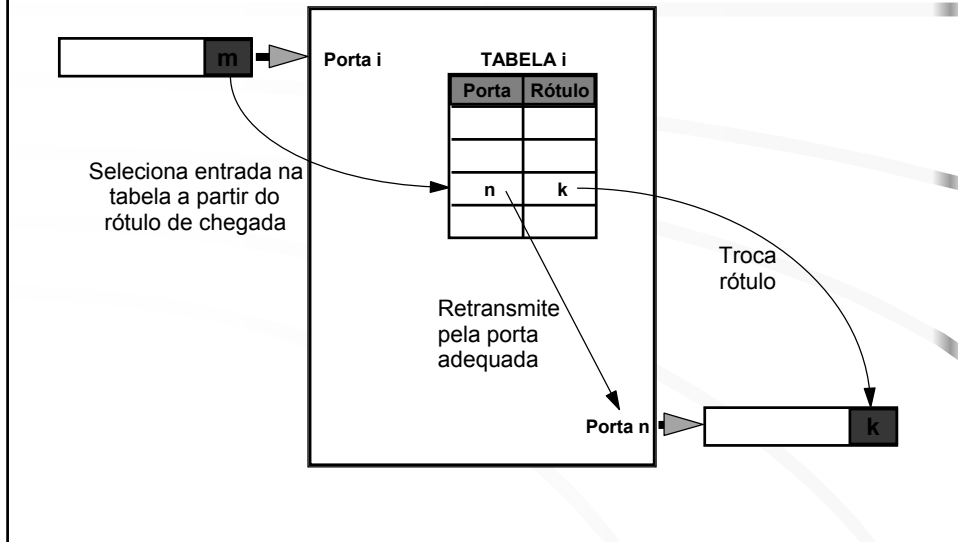


UNI

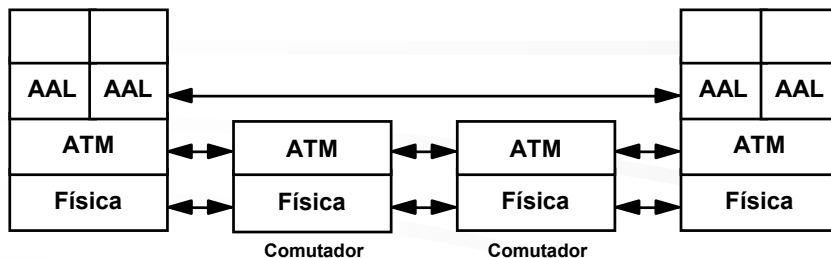


NNI

Comutador ATM



Camada de Adaptação



- A camada de adaptação (ATM Adaptation Layer - AAL) tem como função compatibilizar e oferecer os serviços desejados pelas camadas superiores, utilizando a tecnologia ATM como base e efetuando as adaptações necessárias
- A AAL é a primeira camada de protocolo fim a fim no modelo de referência da RDSI-FL

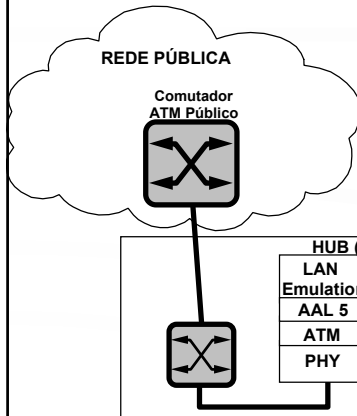
Classes de serviço definidas na recomendação I.362 do ITU-T

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Tempo na fonte e no destino	Relacionado		Sem Relação	
Taxa de geração de bits	Constante (CBR)	Variável (VBR)		
Modo de conexão	Orientado à Conexão			Sem Conexão

Tipos de AAL

- AAL 0: esse tipo representa a ausência de funções da camada AAL, representando o fornecimento de serviços da camada ATM.
- AAL 1: efetua os procedimentos necessários para fornecer serviços de classe A.
- AAL 2: efetua os procedimentos necessários para fornecer serviços de classe B. As recomendações para este tipo ainda não foram estabelecidas.
- AAL 3/4: efetua os procedimentos necessários para fornecer serviços de classe C e D. Os tipos AAL 3 e AAL 4 foram combinados durante o processo de definição das normas quando se concluiu que os mesmos procedimentos poderiam ser executados para ambas as classes de serviço.
- AAL 5: efetua os procedimentos necessários para fornecer serviços de classe C e D, porém de forma mais simples do que os procedimentos definidos para a AAL 3/4.
- Há também uma AAL de sinalização (Signalling AAL - SAAL) definida. Essa AAL não é utilizada para serviços de usuário, mas sim para suporte a conexões de sinalização entre comutadores ATM ou entre pontos terminais e comutadores ATM.

Rede com serviços sem conexão através da abordagem indireta com emulação de LAN



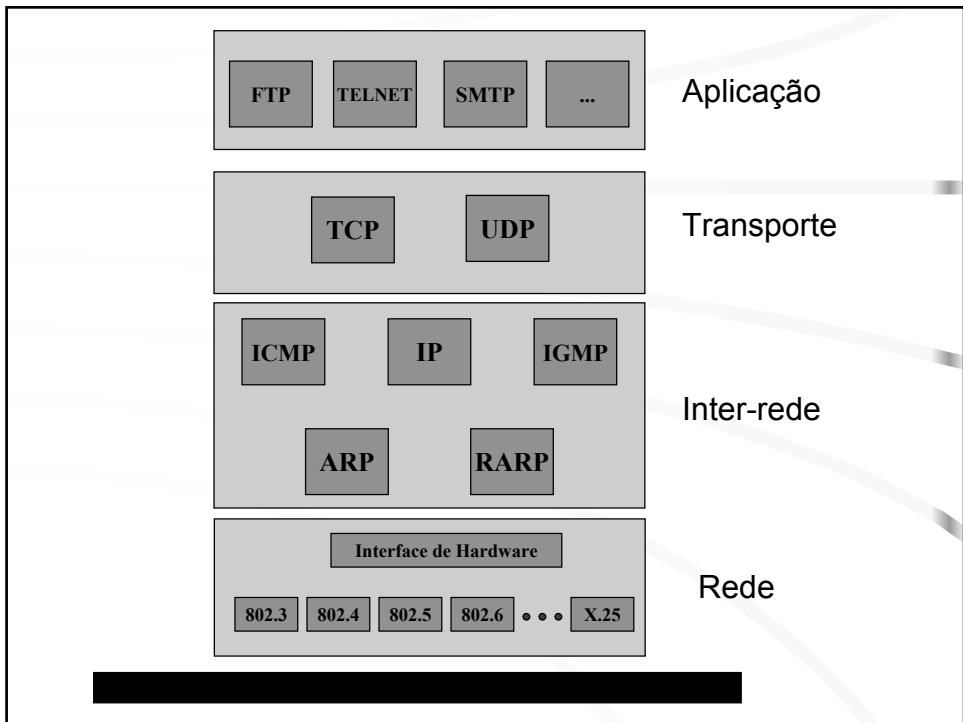
- Nesta configuração os IWUs funcionam como pontes
- A rede pública ATM fica completamente escondida dos usuários, que têm a ilusão de trabalhar em uma ou mais redes locais virtuais
- Redes locais virtuais são grupos de estações que estão logicamente conectadas numa LAN ao invés de fisicamente conectadas
- Os endereços de enlace das estações são mapeados em endereços ATM

TCP/IP

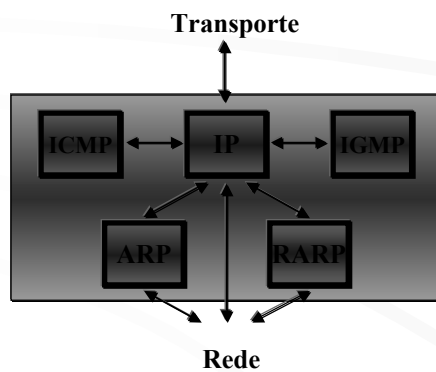
Estrutura geral

- Introdução
- Protocolos Básicos
- Protocolos de Transporte
- Aplicações TCP/IP

Protocolos das Camadas Inter-rede e Transporte



Protocolos da Camada Inter-rede

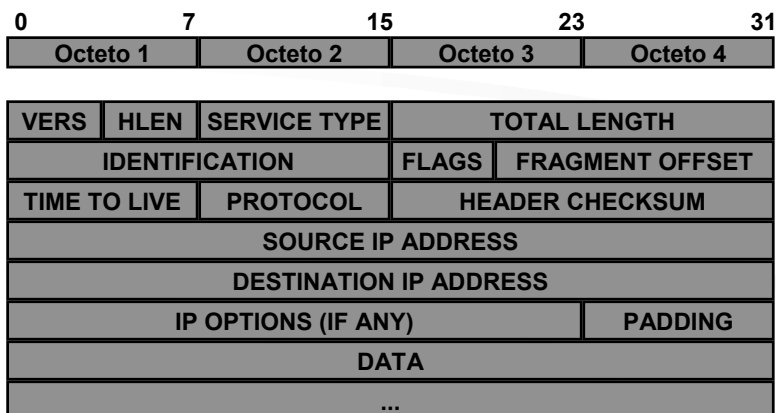


Protocolo IP

(Internet Protocol)

- Base de toda a arquitetura TCP/IP
- Oferece um serviço de datagramas não confiável
- Protocolo sem conexão
- Todas as mensagens TCP, UDP, ICMP e IGMP são encapsuladas em datagramas IP
- Confiabilidade deve ser fornecida pelas camadas superiores

Formato de um quadro IP



Endereçamento IP

- Um endereço IP identifica um Host em uma determinada rede física
- Dentro de uma mesma inter-rede, todos endereços devem ser únicos
- O órgão responsável pela alocação destes endereços na Internet é o InterNIC (*Internet Network Information Center*)
- Na Internet este endereço é conhecido como endereço Internet ou endereço IP
- Endereços IP são números de 32 bits

Esquema de Endereçamento IP



A.B.C.D

Classe A:	0000 0001	1.X.X.X	
	0111 1111	127.X.X.X	
Classe B:	1000 0000	0000 0001	128.1.X.X
	1011 1111	1111 1111	191.255.X.X
Classe C:	1100 0000	0000 0000	0000 0001 192.0.1.X
	1101 1111	1111 1111	1111 1111 223.255.255.X
Classe D:	1110 0000	224.X.X.X	
	1110 1111	239.X.X.X	
Classe E:	1111 0000	240.X.X.X	
	1111 0111	247.X.X.X	

Número de Redes e Estações

	Número de Redes	Número de Estações
Classe A	127	16.777.214
Classe B	16.383	65.534
Classe C	2.097.152	254

Endereços especiais

	NETID	HOSTID
<i>Network Address</i>	NETID	0 0 0 0 ... 0 0 0 0
<i>Directed Broadcast</i>	NETID	1 1 1 1 ... 1 1 1 1
<i>Limited Broadcast</i>	1 1 1 1 ... 1 1 1 1	1 1 1 1 ... 1 1 1 1
<i>This Network</i>	0 0 0 0 ... 0 0 0 0	HOSTID

Endereços *Multicasting*

- Envio de pacotes para múltiplos destinos
- Diminuição de tráfego em relação ao mecanismo de broadcast
- Especialmente útil em redes cuja tecnologia de transmissão permite comunicação multicast

Endereços *Multicasting*

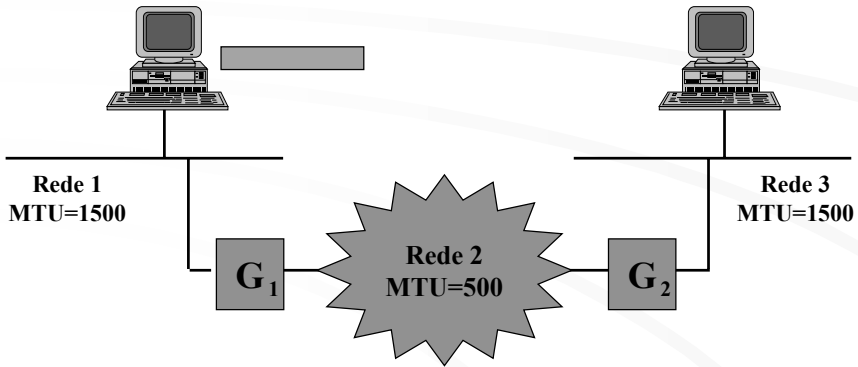
- A classe D de endereços IP é reservada para *multicasting*



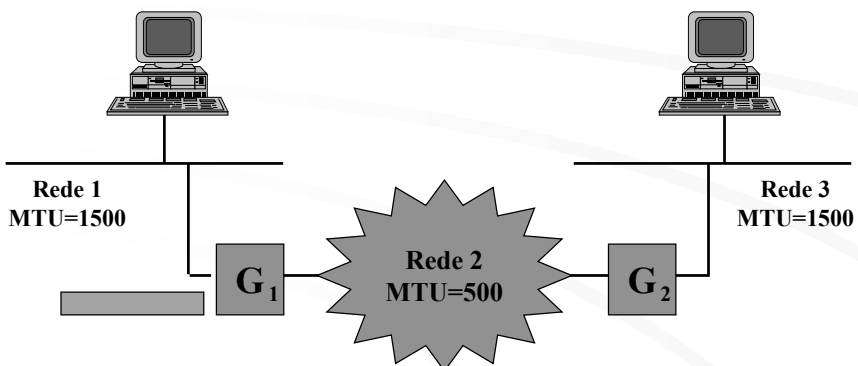
Fragmentação de Datagramas IP

- No caso ideal um pacote IP completo cabe em um único frame físico
- Para obter esta eficiência o tamanho máximo do datagrama IP deve ser tal que ele sempre caiba em um frame físico
- Mas como existem vários tipos de redes com diferentes MTUs (*Maximum Transmission Units*) fica difícil escolher um tamanho máximo para o datagrama IP

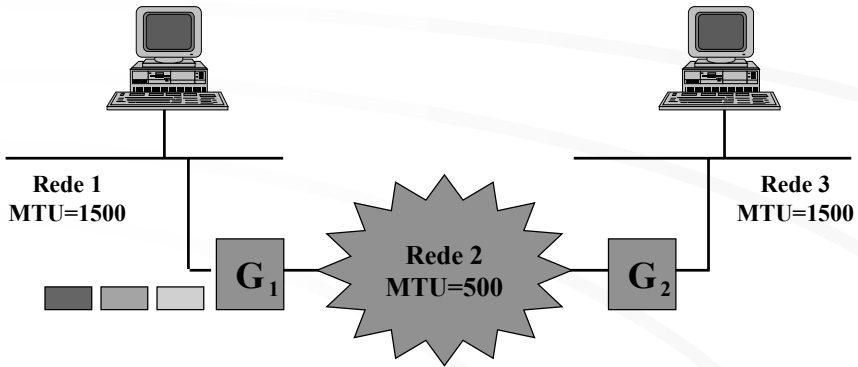
Fragmentação e Remontagem



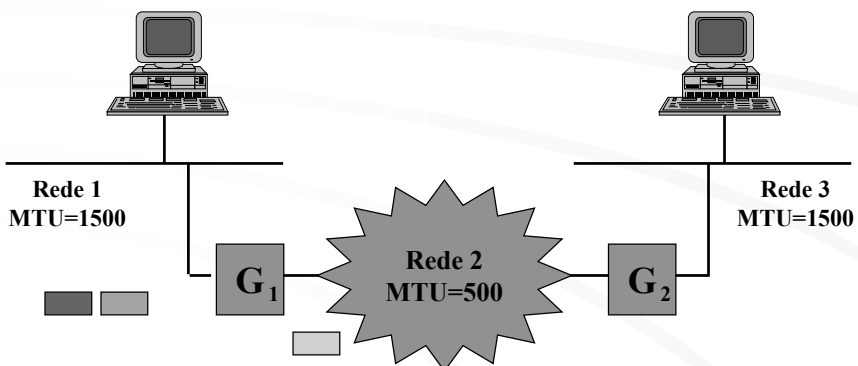
Fragmentação e Remontagem



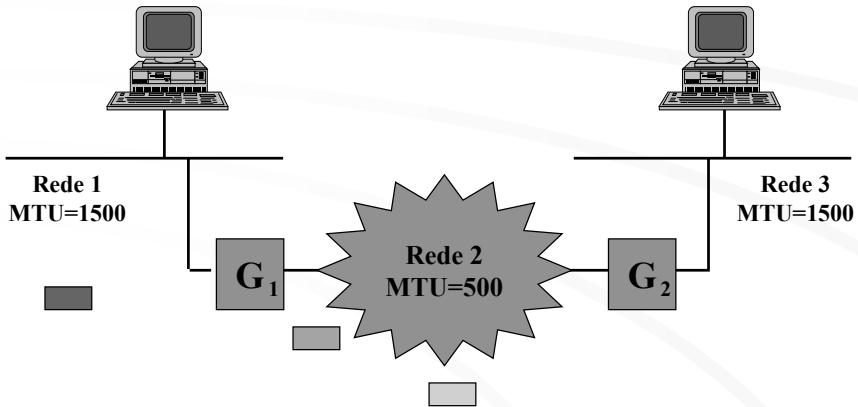
Fragmentação e Remontagem



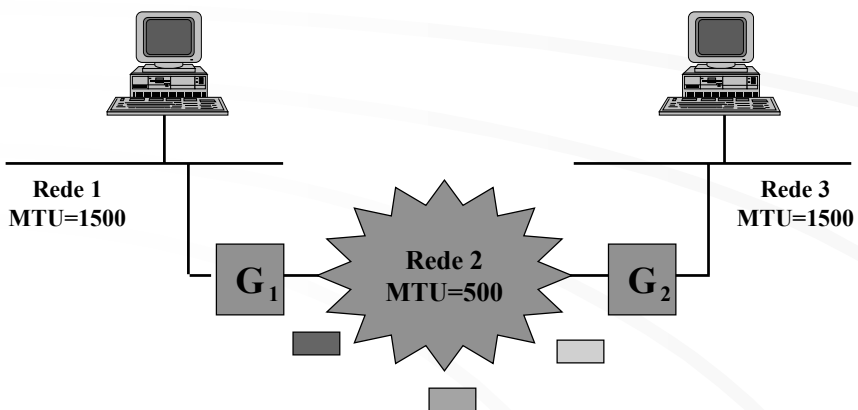
Fragmentação e Remontagem



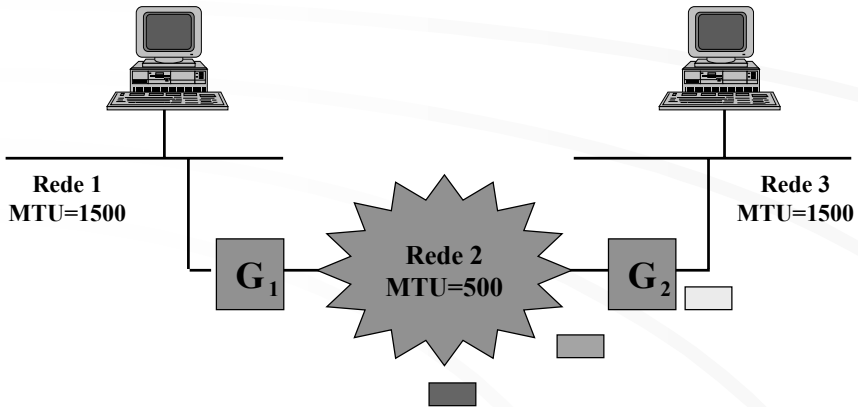
Fragmentação e Remontagem



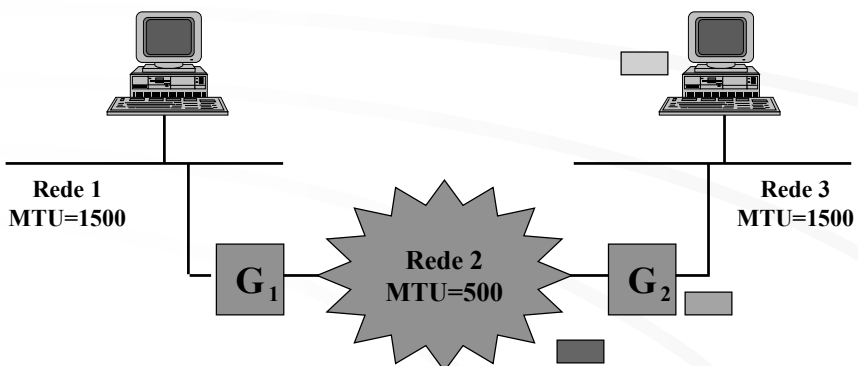
Fragmentação e Remontagem



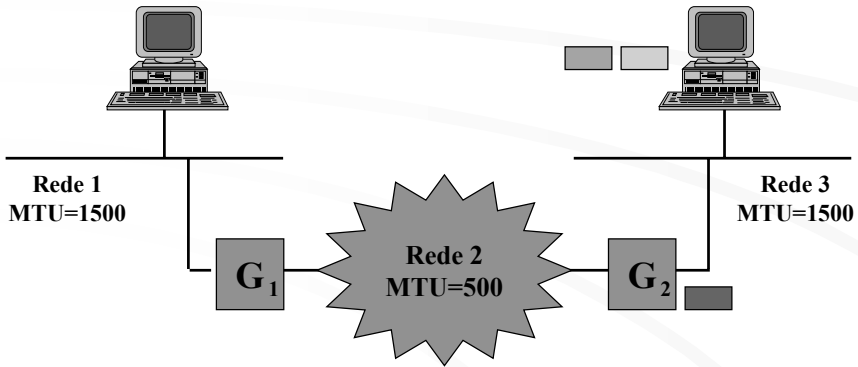
Fragmentação e Remontagem



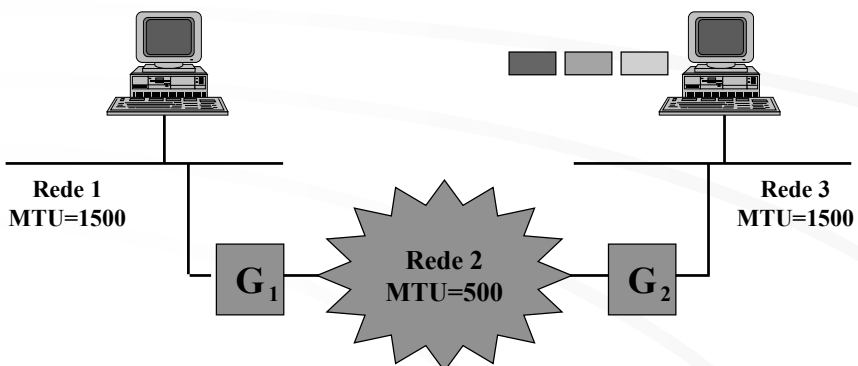
Fragmentação e Remontagem



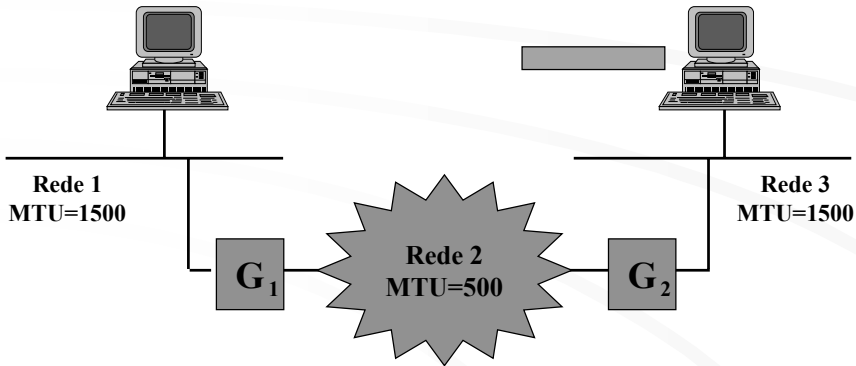
Fragmentação e Remontagem



Fragmentação e Remontagem



Fragmentação e Remontagem



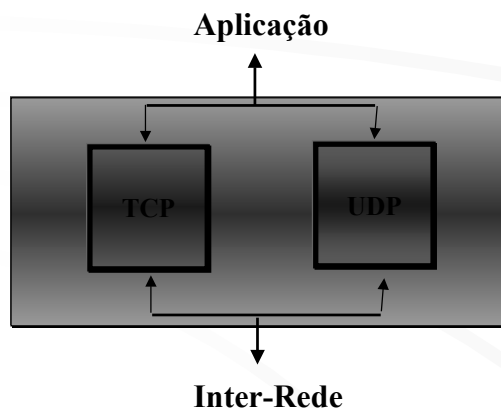
Remontagem

- Um datagrama IP que tiver que ser fragmentado durante seu curso só é remontado no seu destino final
- Este mecanismo possui duas desvantagens
 - Aumenta o número de pacotes circulando pela rede, além disso mesmo que se atravessasse redes com maior MTU teremos apenas pequenos fragmentos o que gera ineficiência
 - Por outro lado se algum fragmento é perdido, o datagrama não pode ser remontado
- A máquina de destino inicializa um contador de remontagem assim que recebe um fragmento inicial

Remontagem

- Caso um certo tempo passe e todos os fragmentos ainda não tenham chegado, a máquina descarta todos os fragmentos que chegaram sem processar o datagrama
- Apesar destes problemas, o esquema de remontagem no destino funciona bem
- Ela permite que fragmentos sejam roteados independentemente e não requer que *gateways* intermediários armazenem e remontem fragmentos

Protocolos da Camada de Transporte

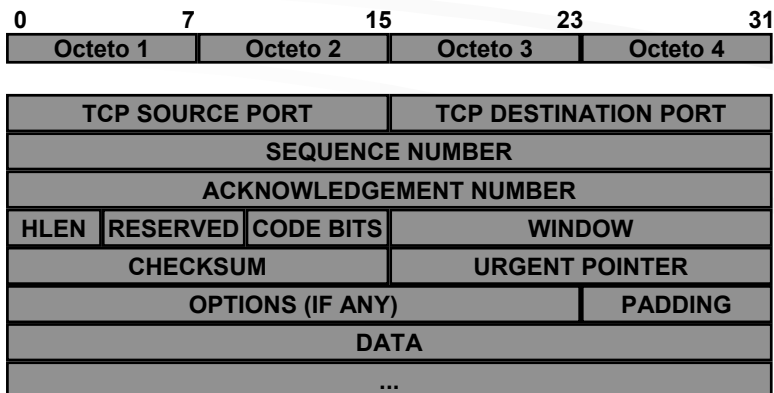


Protocolo TCP

(Transmission Control Protocol)

- Controle de Fluxo e Erro
- Serviço confiável de transferência de dados
- Comunicação bidirecional fim-a-fim
- Multiplexação de uma conexão IP, através de várias portas
- Opção de envio de dados urgentes

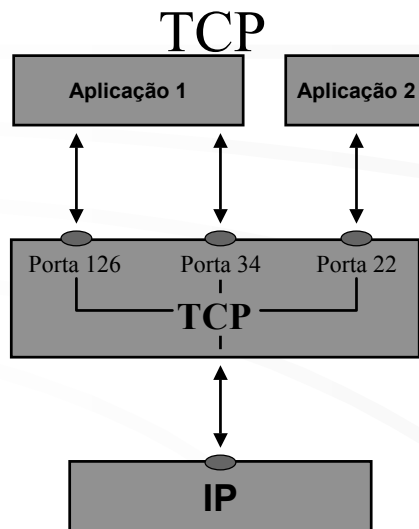
Formato do Segmento TCP



Controle de Fluxo e Erro

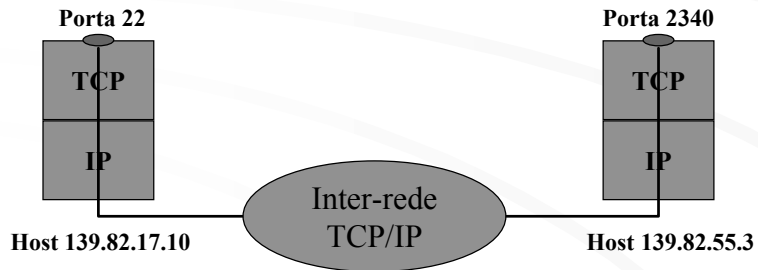
- Sequenciamento dos pacotes
- Controle de segmentos duplicados
- Número de seqüência de segmento
- *Sliding Window*: Janela de Transmissão e Recepção
- Perda de segmentos
- Detecção de erros: CRC
- Correção de erros: Descarte e retransmissão

Multiplexação e Demultiplexação



Conexão TCP

- Algoritmo *Three-way Handshake* utilizado na abertura de conexões
- Modo de transmissão *Full-Duplex*
- Identificada por um par de tuplas (Host,Porta)



Three-way HandShake



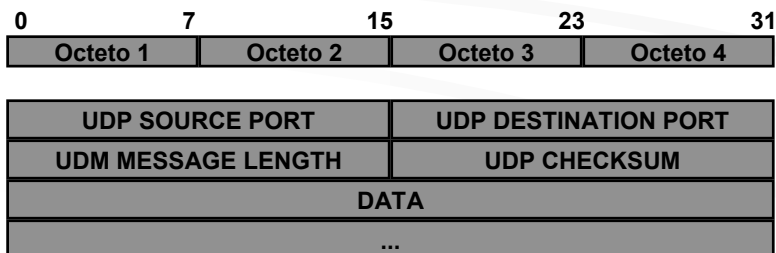
Protocolo UDP

(User Datagram Protocol)

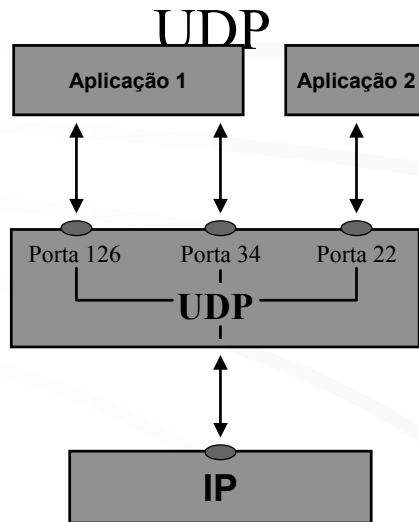
- Fornece serviço sem conexão não confiável utilizando os serviços do protocolo IP
- Multiplexação de uma conexão IP, através de várias portas
- Uma Aplicação UDP é identificada por uma determinada porta em uma estação

ENDEREÇO IP + PORTA UDP

Formato da Mensagem UDP



Multiplexação e Demultiplexação



User Datagram Protocol

- Fornece serviço sem conexão não confiável utilizando o IP
- Multiplexação de conexões em várias portas

Protocolos da Camada de Aplicação

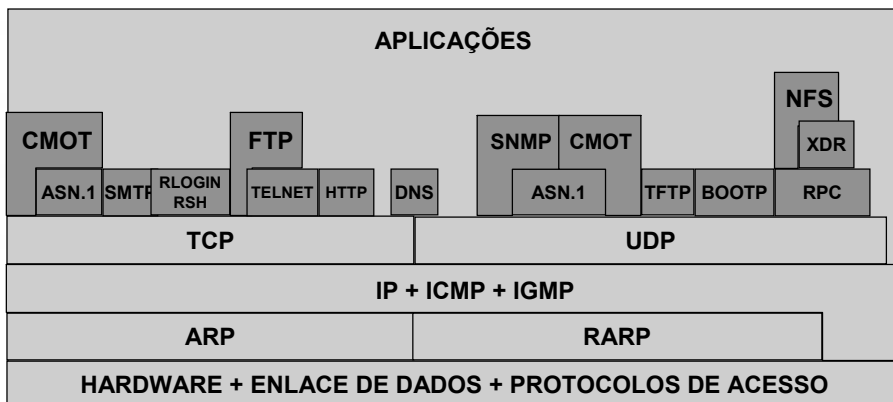
Camada de Aplicação

- Funções das camadas de referência sessão e aplicação são responsabilidade de cada aplicação
- As aplicações trocam dados através de interações com a camada de transporte
- Utilizam em grande parte o conceito de cliente/servidor
 - Um processo se torna cliente quando envia uma solicitação a um servidor
 - Ao receber uma solicitação de um cliente o servidor a atende e envia os resultados para o cliente da solicitação

Protocolos de Aplicação

- DNS (*Domain Name Server*)
- FTP (*File Transfer Protocol*)
- NFS (*Network File System*)
 - RPC (*Remote Procedure Call*)
 - XDR (*External Data Representation*)
- TELNET
- SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*)
- SNMP (*Simple Network Management Protocol*)
- HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)

Protocolos de Aplicação

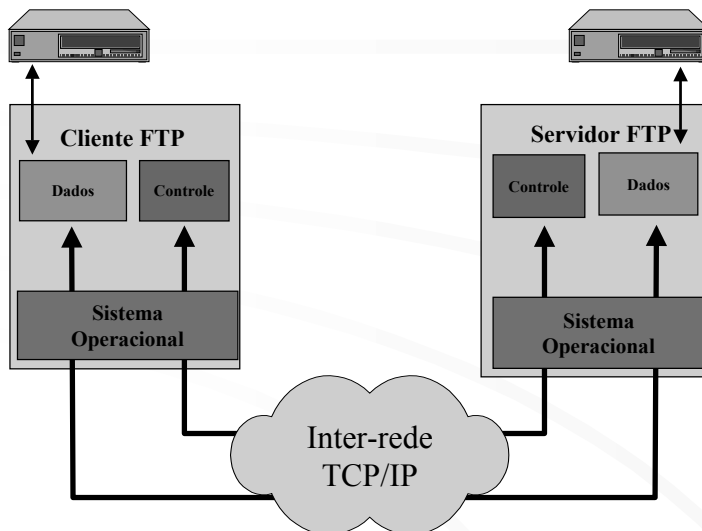


FTP

(File Transfer Protocol)

- Controle de Acessos, Alteração de Nomes e Remoção de Arquivos e Diretórios Remotos
- Utiliza duas conexões: Dados e Controle

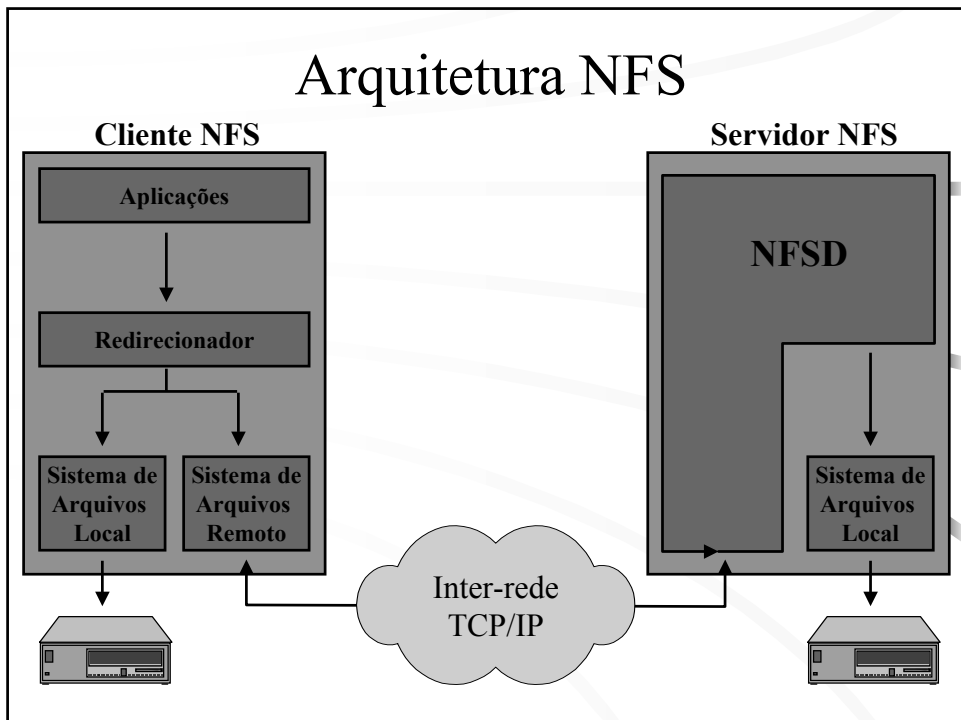
Arquitetura FTP



NFS

(Network File System)

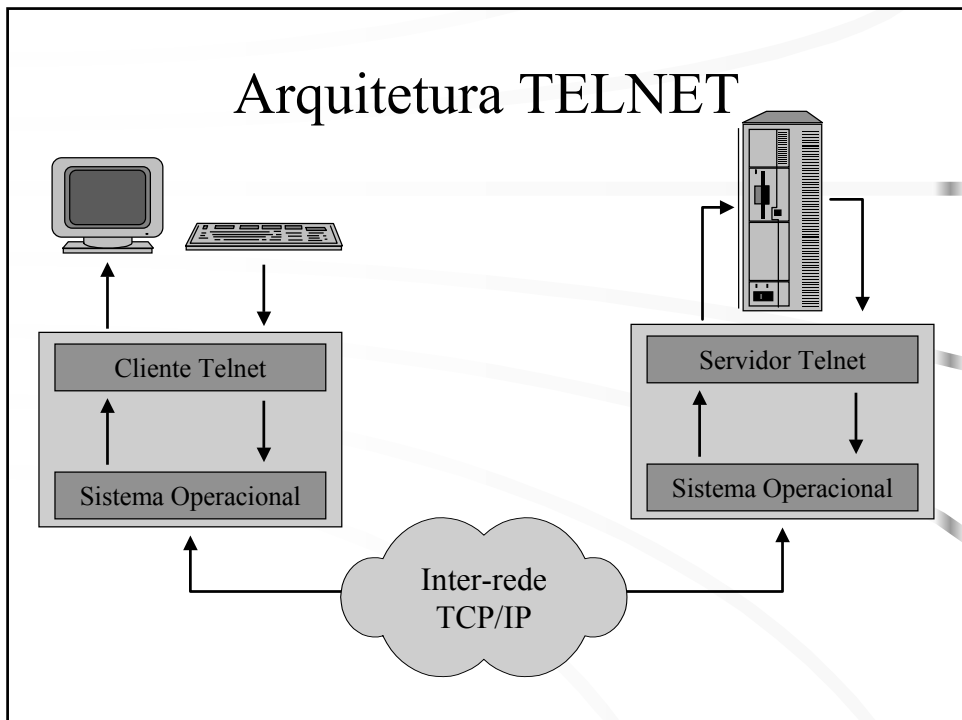
- Acesso transparente a arquivos em discos remotos
- Define e utiliza RPC e XDR



Telnet

- Sessão remota interativa
- Desvia saída/entrada de/para host remoto

Arquitetura TELNET

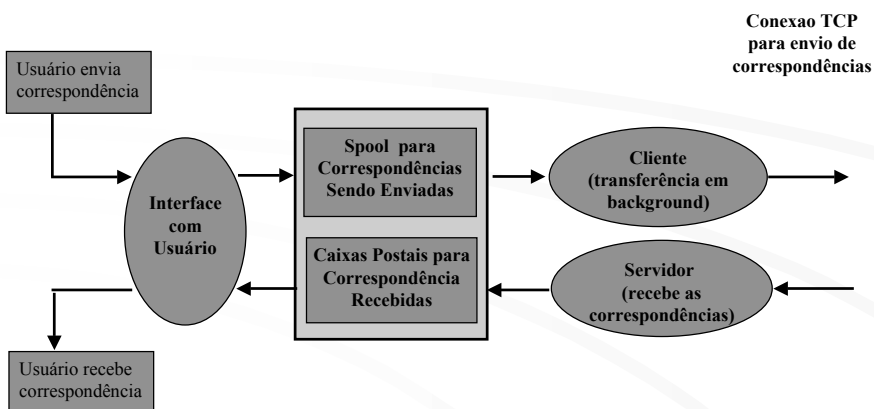


SMTP

(Simple Mail Transfer Protocol)

- Serviço confiável de transmissão de mensagens
- Usuário identificado pelo par:
nome_local@nome_dominio

Arquitetura SMTP

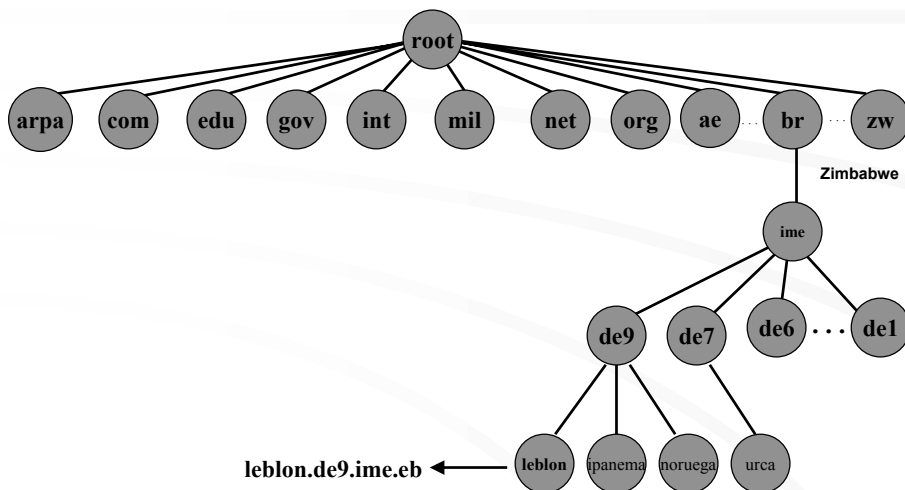


DNS

(Domain Name System)

- Usa banco de dados distribuído para mapear *hostnames* em endereços IP
- Sistema com processamento distribuído
- Usado no roteamento de correio eletrônico

Organização Hierárquica do DNS



WWW

(World-Wide Web)

- Permitir o acesso à base de informações da rede na forma de um hipertexto
- Trata-se de uma base de dados multimídia distribuída acessada através de *links* no hipertexto
- Utiliza protocolo HTTP para recuperar as informações

Interface Netscape



IPv4 : problems

- The IPv4 two-level structure is convenient but wasteful of address space.
 - For instance: Consider an institution with 50 hosts that receive a class B address (65,354)
 - In the other hand, suppose another institution with 300 hosts that receive a class C (254) address. It have to take two different network addresses.
- It is possible to use any IP number in a confined network; however that can bring trouble in the future.
 - To avoid this, usually a unique network address is used .
- Not adequate for real-time transmissions.

IPv6 : Historic

- IETF issued a call for proposals in July 1992
- In 1994 the final design for IPv6 was approved and in January 1995 the RFC 1752 was issued describing an outline of the IPng or IPv6
- After this several other RFC's defining more details of the protocols were issued
- Some security features were also developed and released in some RFC's. These features can be used by IPv4 also.

IPv6 - RFC's

- 1752 - The Recommendation for the IP Next Generation Protocol - Jan 95
- 1809 - Using the Flow Label in IPv6 - Jun 95
- 1881 - IPv6 Address Allocation Management - Dec 95
- 1883 - Internet Protocol, Version 6 Specification - Dec 95
- 1884 - IP Version 6 Addressing Architecture - Dec 95
- 1885 - Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification - Dec 95
- 1886 - DNS Extensions to Support IP Version 6 - Dec 95
- 1887 - An Architecture for IPv6 Unicast Address Allocation - Dec 95
- 1897 - IPv6 Testing Address Allocation - Jan 96
- 1924 - A Compact Representation of IPv6 Addresses - Apr 96
- 1933 - Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers - Apr 96

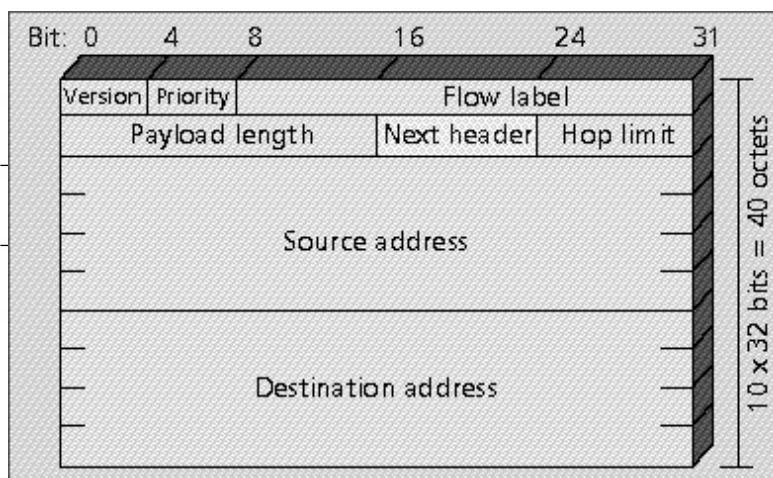
IPv4 & IPv6 Security RFC's

- 1825 - Security Architecture for the Internet Protocol - Aug 95
- 1826 - IP Authentication Header - Aug 95
- 1827 - IP Encapsulating Security Payload (ESP) - Aug 95
- 1828 - IP Authentication Using Keyed MD5 - Aug 95
- 1829 - The ESP DES-CBC Transform - Aug 95
- 1851 - The ESP Triple DES Transform - Sep 95
- 1852 - IP Authentication Using Keyed SHA - Sep 95

IPv6 : General Characteristics

- Address uses 128 bits
 - It provides up to billions of addresses per square meter!!!
- It provides compatibility with IPv4
- Simple header, allowing faster routing
- New address classes with more flexibility
- Support for authentication and privacy mechanisms
- Specification of source type, that makes possible a more appropriate handing through the transmissions

IPv6 Packet Format



IPv6 Packet Format

- Version (4 bits): IP version number; the value is 6.
- Priority (4 bits): Priority value.
- Flow label (24 bits): May be used by a host to label those packets for which it is requesting special handling by routers within a network.
- Payload length (16 bits): Length of the remainder of the IPv6 packet following the header; i.e., the total length of all the extension headers plus the transport-level PDU.
- Next header (8 bits): Identifies the type of header immediately following the IPv6 header.
- Hop limit (8 bits): The remaining number of allowable hops for this packet.
- Source address (128 bits): Originator of packet's address.
- Destination address (128 bits): The address of the intended recipient of the packet.

IPv6 : Traffic Priorities

Congestion Controlled

- Internet Control Traffic
 - OSPF, BGP, SNMP
- Interactive Traffic
 - Chat
- Attended Bulk Traffic
 - FTP, HTTP
- Unattended Data Transfer
 - SMTP
- Filler Traffic
 - Usenet Messages
- Uncharacterized Traffic
 - When the application does not give information about the type of traffic

Non Congestion Controlled

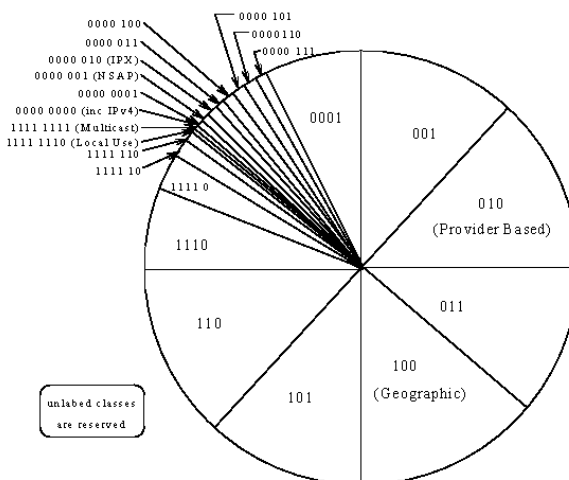
- Suitable for Real-time audio/video transmission
- Defines 8 levels of priority: from 8 to 15

IPv6 : Flow Label

- A sequence of packets sent by a particular source to a particular destination.
- Uniquely identified by the combination of a source address and a nonzero 24-bit flow label.
- The source should negotiate the QoS before initialize the transmission through some control protocol or during the transmission through an optional header.
- Hosts or routers that do not support the flow label field must set the field to zero when originating a packet, pass the field unchanged when forwarding a packet, and ignore the field when receiving a packet.
- All packets originating from a given source with the same nonzero flow label must have the same destination address, source address, priority, hop-by-hop options header contents and routing header contents (if these headers are present).
- The source assigns a flow label to a flow. New flow labels must be chosen (pseudo-) randomly and uniformly in the range 1 to 2^{24} .

IPv6 : Addressing

- Addresses are assigned to individual interfaces on nodes, not to the nodes themselves
- A single interface may have multiple unique unicast addresses.



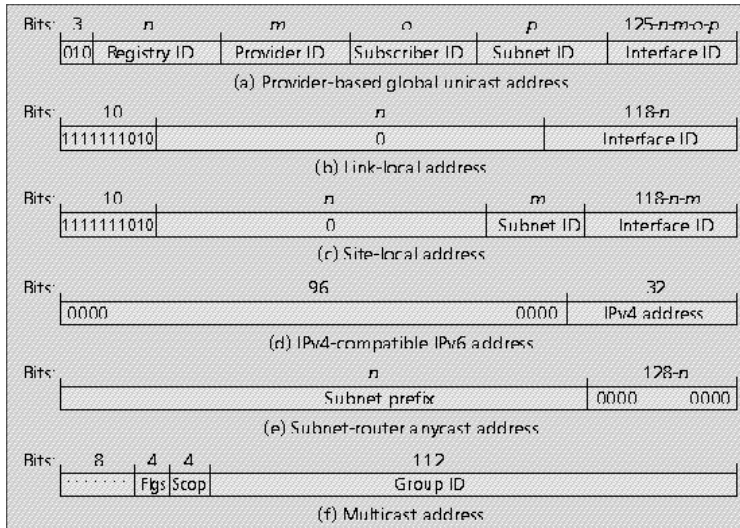
IPv6 : Addresses Allocation

• Reserved	0000 0000	• Unassigned	101
• Unassigned	0000 0001	• Unassigned	110
• Res for NSAP Allocation	0000 001	• Unassigned	1110
• Res for IPX Allocation	0000 010	• Unassigned	1111 0
• Unassigned	0000 011	• Unassigned	1111 10
• Unassigned	0000 1	• Unassigned	1111 110
• Unassigned	0001	• Unassigned	1111 1110 0
• Unassigned	001	• Link Local Use Address	1111 1110 10
• Prov-Based Unicast Add	010	• Site Local Use Address	1111 1110 11
• Unassigned	011	• Multicast Addresses	1111 1111
• R. for Geog-Bas Unicast	100		

IPv6 : Addressing

- **Unicast**
 - An identifier for a single interface. A packet sent to a unicast address is delivered to the interface identified by that address.
- **Anycast**
 - An identifier for a set of interfaces (typically belonging to different nodes). A packet sent to an anycast address is delivered to one of the interfaces identified by that address (the "nearest" according to the routing protocols' measure of distance).
- **Multicast**
 - An identifier for a set of interfaces (typically belonging to different nodes). A packet sent to a multicast address is delivered to all interfaces identified by that address.

IPv6 : Addressing



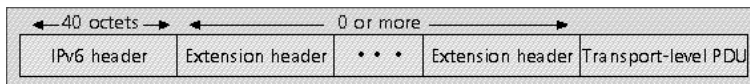
IPv6 : Multicast

- Consists of an 8-bit format prefix of all ones, a 4-bit flags field, a 4-bit scope field, and a 112-bit group ID.
- Flags field consists of 3 zero bits followed by a T bit
 - T = 0: Indicates a permanently assigned or well-known multicast address, assigned by the global internet numbering authority
 - T = 1: Indicates a nonpermanently-assigned, or transient, multicast address
- The scope value is used to limit the scope of the multicast group. The values are:
 - 0, 15: reserved; 1: node -local; 2: link-local; 3-4, 6-7, 9-13: unassigned; 5: site-local; 8: organization-local; 14: global
- For example, if the "NTP servers group" is assigned a permanent multicast address with a group ID of 43 (hex), then:
 - FF05:0:0:0:0:0:43 means all NTP servers at the same site as the sender.
 - FFOE:0:0:0:0:0:43 means all NTP servers in the internet.

IPv6 : Performance Improvements

- Reduced number of fields in the header. All other options are in separated optional headers
 - Usually the routers don't need to decode the optional headers, what speeds up the processing.
- The IPv6 header is fixed length
- Fragmentation is not allowed with IPv6
 - Fragmentation may only be performed by the source

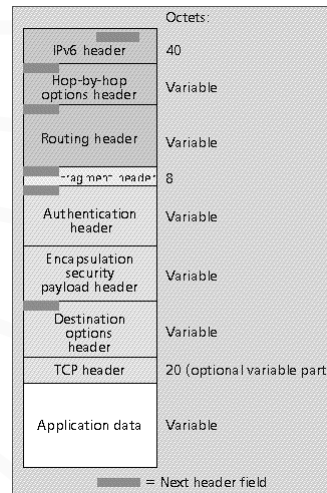
IPv6 : Optional Headers



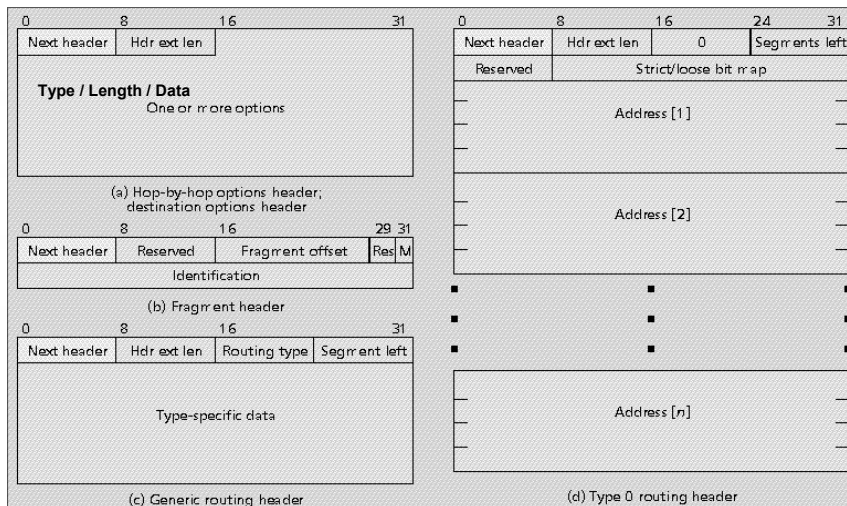
- Hop-by-hop options header
 - Defines special options that require hop-by-hop processing
- Routing header
 - Provides extended routing, similar to IPv4 source routing
- Fragment header
 - Contains fragmentation and reassembly information
- Authentication header
 - Provides packet integrity and authentication
- Encapsulating security payload header
 - Provides privacy
- Destination options header
 - Contains optional information to be examined by the destination node. It can appear twice: after Hop-by-hop and at the end.

IPv6 : Optional Headers

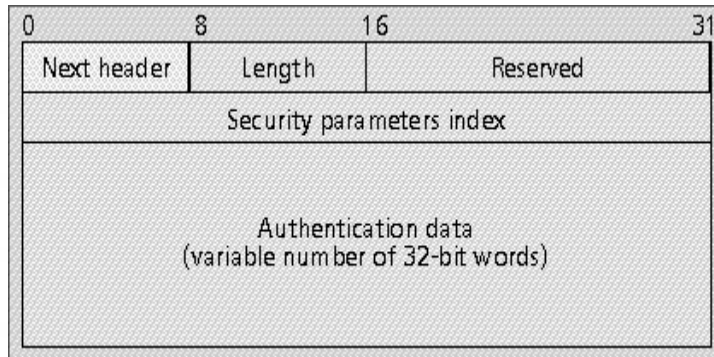
The IPv6 header and each extension header include a next header field. This field identifies the type of the header immediately following. If the next header is an extension header, then this field contains the type identifier of that header; otherwise, this field contains the protocol identifier of the upper-layer protocol using IPv6. In this picture it is the TCP protocol.



IPv6 : Extension Headers

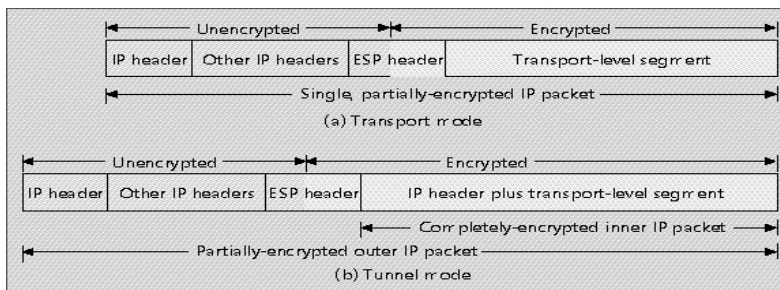


IPv6 : Security

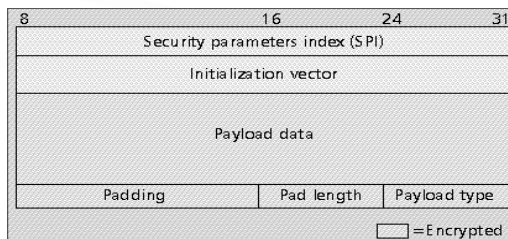


- Provides Encryption without with no application level handling.
- Adheres to standard encryption algorithms such as MD5 and DES.

IPv6 : Security

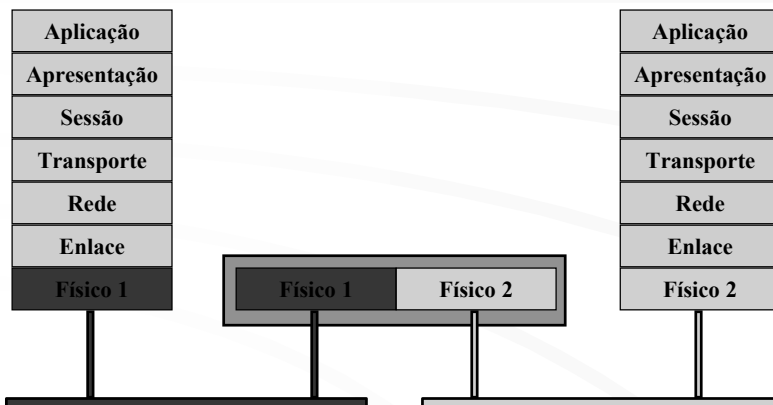


ESP →

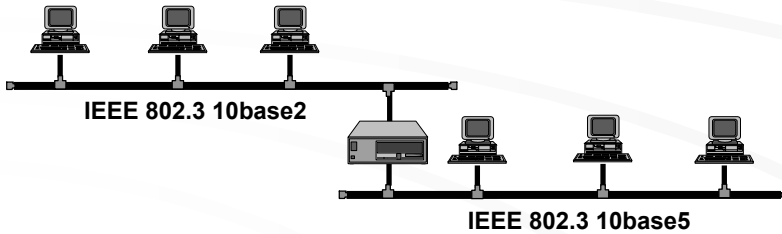


Estendendo e Segmentando Redes

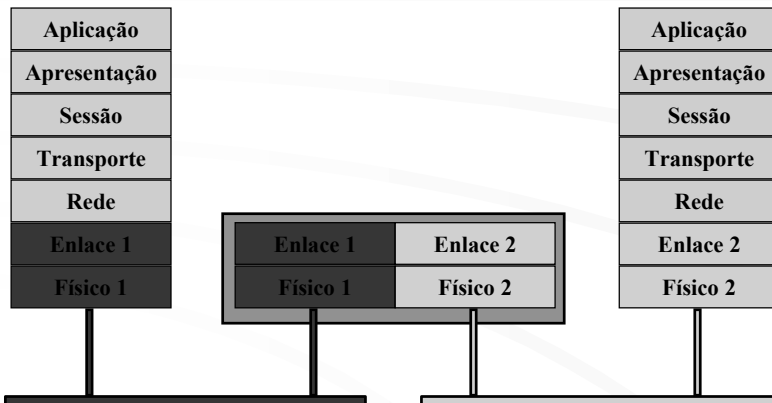
Repetidores



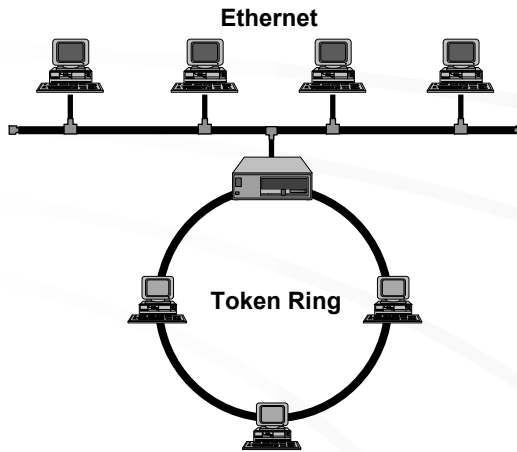
Repetidores



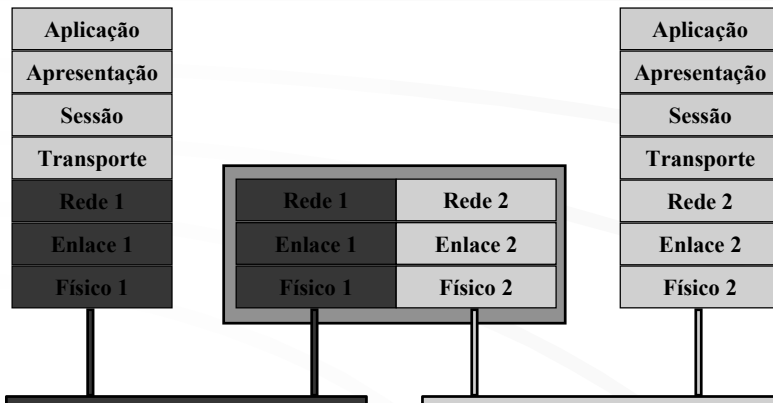
Pontes



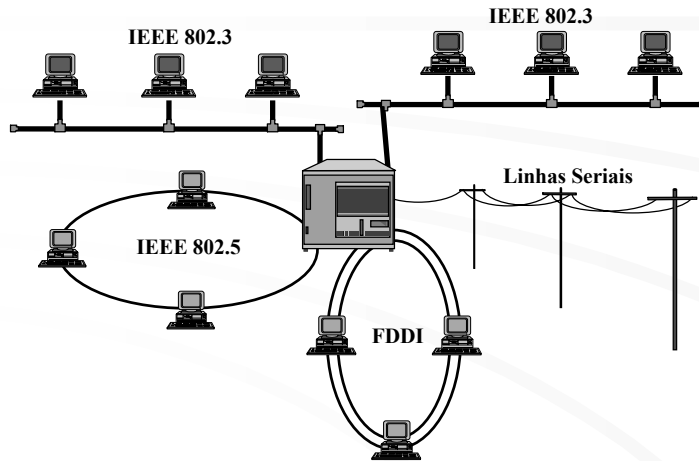
Pontes



Roteadores



Roteadores



Gateways

