

[Camada Física]

Edmar José do Nascimento

[Camada Física]

- Camada mais baixa da hierarquia do modelo de referência híbrido
- Define:
 - Interfaces mecânicas
 - Interfaces elétricas
 - Interfaces de sincronização

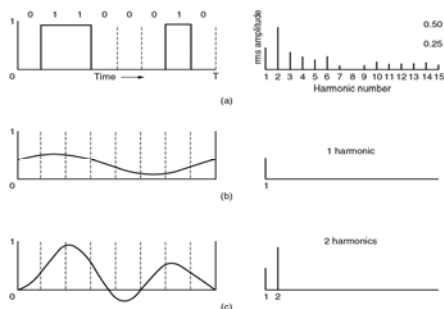
[Teoria da Comunicação de Dados]

- Transmissão das informações por fios através da variação de alguma propriedade física
 - Tensão, corrente
 - Se essa variação for representada por uma função do tempo $f(t)$ → modelo matemático do comportamento do sinal

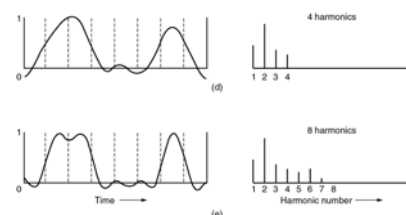
[Teoria da Comunicação de Dados]

- Análise de Fourier
 - Provou que qualquer função periódica com período T pode ser representada por uma soma (possivelmente finita) de senos e cossenos
 - Ele definiu a série de Fourier, que mostra que qualquer sinal é composto da soma das contribuições do sinal em sua frequência fundamental e de seus componentes harmônicos (frequências que são múltiplos da frequência fundamental)

[Teoria da Comunicação de Dados]



[Teoria da Comunicação de Dados]



Teoria da Comunicação de Dados

- Sinais limitados pela largura de banda
 - Toda transmissão tem perdas
 - Em geral a perda (atenuação) não ocorre da mesma forma para as amplitudes de todos os harmônicos do sinal, o que gera distorção no sinal
 - O sinal não tem atenuação dos harmônicos de 0 até uma frequência máxima f_c (frequência de corte)

Teoria da Comunicação de Dados

- Sinais limitados pela largura de banda
 - A faixa de frequências transmitidas sem atenuação é denominada **largura de banda**
 - Na prática o corte não é brusco, sendo assim, se define que a largura de banda varia de 0 até a frequência em metade da potência é transmitida
 - A largura de banda é uma propriedade física e depende do meio de transmissão
 - Pode-se usar um filtro no circuito para limitar a largura de banda dos clientes

Teoria da Comunicação de Dados

- Exemplo
 - Para uma taxa de bits igual a b bits/s
 - Para enviar 8 bits (1 de cada vez) leva-se $8/b$ segundos
 - A frequência do primeiro harmônico é $b/8$ Hz
 - Linhas telefônicas tem uma frequência de corte de aproximadamente 3000 Hz
 - Harmônico mais alto vale $24000/b$

Teoria da Comunicação de Dados

Sinais limitados pela largura de banda
Transmissão em uma linha de qualidade de voz (linha telefônica) → 3kHz

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

Teoria da Comunicação de Dados

- A taxa máxima de transferência de dados é limitada pela capacidade do canal
- Para canais ruidosos e com limitação de banda, a capacidade depende
 - Da relação (razão) sinal ruído (S/N)
 - Da largura de banda do canal
 - $R = H \log_2 (1+S/N)$

Meios de Transmissão

- Dependendo do meio várias características podem variar
 - Largura de banda, retardo, custo, facilidade de instalação e manutenção
- Tipos de meios de transmissão
 - Guiado
 - Fio de cobre, fibra óptica
 - Sem fio
 - Rádio terrestre
 - Satélite

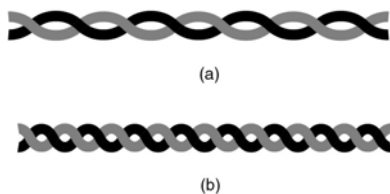
Meios de Transmissão Guiados

- Par trançado
 - Meio de transmissão mais antigo e comum
 - Consiste em dois fios de cobre encapados enrolados
 - O trançado reduz a interferência eletromagnética
- Sua aplicação mais comum é o sistema telefônico
- Podem se estender por diversos quilômetros sem amplificação
 - Se necessário usa-se um repetidor

Meios de Transmissão Guiados

- Par trançado
 - Podem transmitir sinais analógicos ou digitais
 - A largura de banda depende da espessura do fio e da distância percorrida
 - Por serem baratos e de bom desempenho, são utilizados atualmente em larga escala
- Existem diversos tipos
 - Categoria 3 (Em geral, quatro pares encapados juntos)
 - Categoria 5 (Maior quantidade de voltas)

Par Trançado



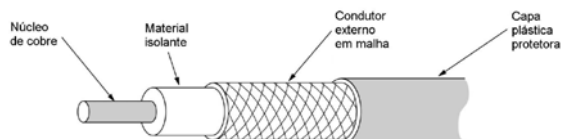
(a) Categoria 3 UTP.
(b) Categoria 5 UTP.

Meios de Transmissão Guiados

- Cabo coaxial
 - Possui uma blindagem melhor que o par trançado
 - Permite distâncias mais longas e velocidades maiores
- Dois tipos são normalmente utilizados
 - 50 ohms → usado nas transmissões digitais
 - 75 ohms → usado nas transmissões analógicas e TV a cabo (também internet a cabo)
- Consiste em um fio de cobre envolto por um material isolante, protegido por uma malha condutora; sendo tudo colocado dentro de uma capa plástica protetora

Meios de Transmissão Guiados

- Cabo coaxial
 - Largura de banda próxima de 1GHz atualmente
 - Estão sendo substituídos por fibras ópticas
 - Ainda são muito usados pela operadoras de TV a cabo



Meios de Transmissão Guiados

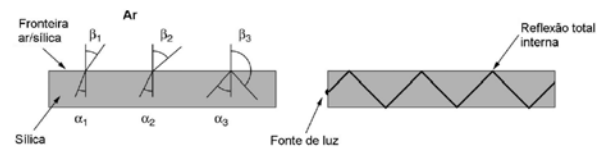
- Fibra Óptica
 - Do tamanho de um fio de cabelo
 - Taxa de erros praticamente zero
 - Alta largura de banda
 - Teoricamente → 50 Tbps
 - Na prática → 10 Gbps (devido à conversão elétrico/óptica/elétrico)

Meios de Transmissão Guiados

- Fibra Óptica
 - Sistema de transmissão óptica
 - Fonte de luz
 - Meio transmissor
 - Detector
 - Um pulso de luz indica um bit 1, e a ausência um bit 0

Meios de Transmissão Guiados

- Fibra Óptica
 - Para não haver perda, a luz deve ser inserida na fibra respeitando um ângulo mínimo (crítico) de incidência de modo a não haver refração e toda a luz ser refletida para dentro da fibra



Meios de Transmissão Guiados

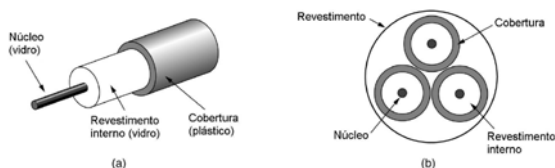
- Fibra Óptica
 - Vários feixes de luz podem estar em uma mesma fibra, contanto que cada um seja refletido em um ângulo
 - Dois tipos de fibras
 - Multimodo → que pode transportar mais de um sinal de luz
 - Monomodo → transmitem apenas um sinal de luz em linha reta
 - As fibras monomodos permitem uma largura de banda maior, mas são mais caras

Meios de Transmissão Guiados

- Cabos de Fibra Óptica
 - Semelhantes aos cabos coaxiais, mas sem a malha metálica
 - Tem-se um núcleo de vidro revestido por uma outra camada de vidro, com tudo encapsulado em uma cobertura plástica
 - Na prática os cabos de fibras óticas são compostos por vários cabos, revestidos por uma proteção exterior

Meios de Transmissão Guiados

- (a) Vista lateral de uma única fibra.
 (b) Corte de um cabo com 3 fibras.



Meios de Transmissão Guiados

- Cabos de Fibra Óptica
 - Podemos conectar as fibras de 3 maneiras
 - Uso de soquetes → perda de 10 a 20% da luz, mas permite a reconfiguração do sistema
 - União mecânica → uso de uma luva para a conexão e alinhamento dos cabos. Perda de 10% da luz, e conexão e alinhamento em 5 minutos
 - Fundir as extremidades → formação de uma conexão sólida. Praticamente sem atenuação, mas não possibilita a reconfiguração

Meios de Transmissão Guiados

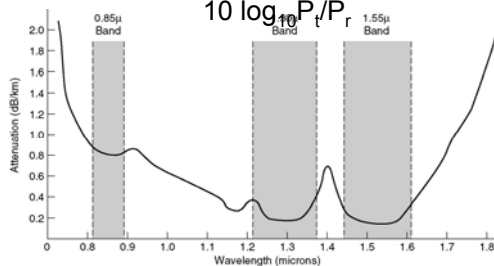
- Cabos de Fibra Óptica
 - São utilizados normalmente 2 tipos de fontes de luz
 - Leds (diodos emissores de luz)
 - Lasers semicondutores
 - O receptor é normalmente um fotodiodo

Cabos de Fibra Óptica

Item	LED	Semiconductor laser
Data rate	Low	High
Fiber type	Multimode	Multimode or single mode
Distance	Short	Long
Lifetime	Long life	Short life
Temperature sensitivity	Minor	Substantial
Cost	Low cost	Expensive

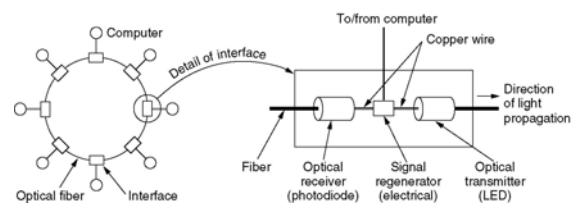
Cabos de Fibra Óptica

Atenuação da luz numa fibra óptica ($A = 10 \log_{10} P_t/P_r$)



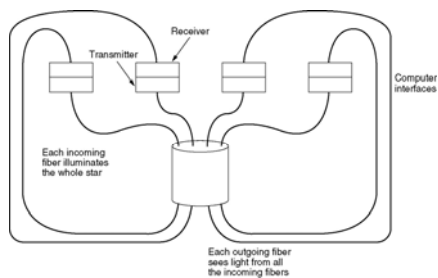
Redes de Fibra Óptica

Um anel de fibra óptica com repetidores ativos.



Redes de Fibra Óptica

Uma rede de difusão óptica.



Meios de Transmissão Guiados

- Vantagens das fibras óptica em relação aos fios de cobre (par trançado)
 - Suporta banda mais alta
 - Necessita de menos repetidores
 - Imune a interferências externas
 - Imune a corrosão
 - São menores e mais leves
 - De difícil interceptação

[Meios de Transmissão Guiados]

- Desvantagens das fibras óptica em relação aos fios de cobre (par trançado)
 - Tecnologia mais complexa
 - Mais fáceis de serem danificadas
 - Maior custo

[Transmissão sem fio]

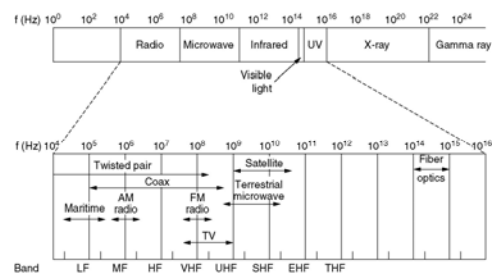
- A transmissão sem fio é caracterizada pela ausência de cabos entre as partes envolvidas na comunicação
 - Característica desejada quando há limitações geográficas
 - Em vários casos o cabeamento representa um custo considerável na instalação dos sistemas de comunicação

[Transmissão sem fio]

- A transmissão sem fio se dá através da propagação de ondas eletromagnéticas na atmosfera
 - Cada onda possui
 - Uma determinada frequência - número de oscilações por segundo medida em Hertz (Hz)
 - Um comprimento de onda (m)
 - O espectro eletromagnético representa toda a faixa de frequências usada para transmissões

[Transmissão sem fio]

O espectro eletromagnético e o seu uso para as comunicações



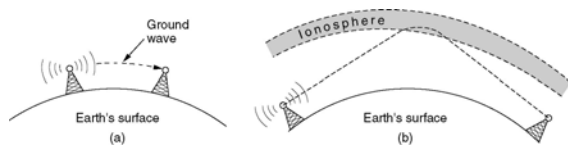
[Transmissão sem fio]

- Cada porção do espectro possui vantagens e desvantagens que a tornam adequada a uma determinada aplicação
 - São usadas as faixas de rádio, microondas, infravermelho e luz visível
 - As faixas de ultravioleta, raios X e raios gama são perigosas para os seres vivos

[Transmissão sem fio]

- Ondas de rádio
 - Fáceis de serem geradas
 - Penetram no interior de construções
 - Amplamente usadas para comunicação
 - Viajam em todas as direções
 - A potência deve ser limitada para evitar interferências

[Transmissão sem fio]



- (a) Nas bandas VLF, LF, e MF, as ondas de rádio seguem a curvatura da terra.
 (b) Na banda HF, elas são rebatidas pela ionosfera.

[Transmissão sem fio]

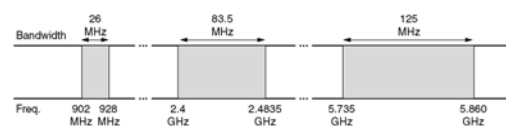
- Microondas
 - Acima de 100MHz, as ondas viajam em linhas quase retas
 - Antenas devem ser alinhadas
 - Bastante usadas no sistema telefônico de longa distância
 - Torres são necessárias
 - Não penetram tão bem no interior de construções
 - Frequências acima de 4GHz são absorvidas pela água
 - Percursos alternativos são necessários

[Transmissão sem fio]

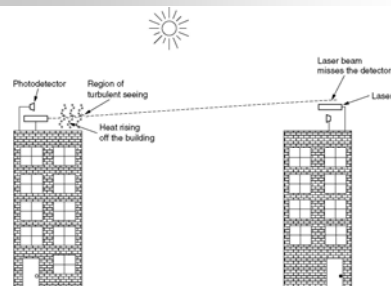
- A utilização do espectro é regulada pelos governos nacionais
 - Licitação de bandas
 - Concessões
- Algumas faixas são liberadas para uso geral
 - Equipamentos de baixa potência
 - Telefones sem fio, controles remotos, etc.
 - Infravermelho
 - Não atravessam objetos sólidos

[Transmissão sem fio]

Faixas livres nos Estados Unidos.



[Transmissão sem fio]

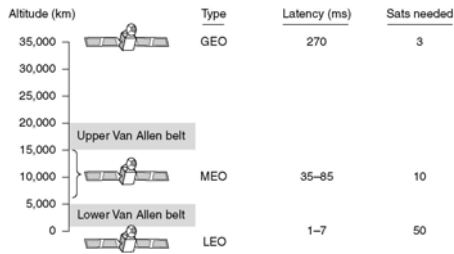


Lasers também podem ser usados na comunicação.

[Satélites]

- Repetidor de microondas no céu
 - Recebe, amplifica e retransmite os sinais
- Quanto maior a altitude dos satélites, maior é o seu período ($T^2 \sim k D^3$)
 - 35.800km – período de 24 horas
 - 384.000km (lua) – período de 1 mês
- Os satélites não podem ser colocados em todas as regiões
 - Partículas carregadas podem destruí-los

Satélites



Satélites Geoestacionários

- O espaçamento entre os satélites limita o número deles no céu (2 graus)
 - Número de transponders aumenta a banda disponível
- Vida útil em torno de 10 anos
- O retardo introduzido na comunicação (ms) é bem maior que aquele da comunicação com fibra e enlaces de microondas (microsegundos)

Satélites

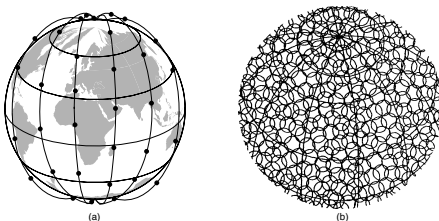
Principais bandas de satélite.

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

Satélites

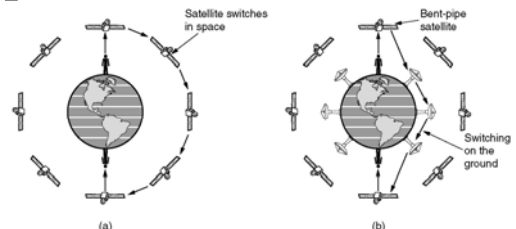
- Satélites MEO (Medium-Earth Orbit)
 - Cerca de 6 horas para circular a terra
 - Área de cobertura menor
 - Tipo usado no GPS (24 satélites)
- Satélites LEO (Low-Earth Orbit)
 - Iridium
 - Conjunto de satélites que varreria o globo
 - Serviço de telecomunicações em amplitude mundial
 - Comunicação entre clientes distantes ocorre no espaço

Satélites Iridium



(a) 6 eixos em torno da terra
(b) 1628 células móveis cobrem a terra

Satélites



(a) Iridium
(b) Globalstar

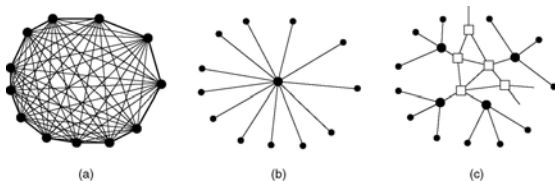
Satélites versus Fibras Ópticas

- Satélites oferecem
 - Mobilidade mais abrangente (oceanos)
 - Difusão
 - Praticidade para terrenos inadequados

Sistema Telefônico

- Para ligar dois computadores, o modo mais simples se dá através de um cabo interligando-os
 - Para longas distâncias, isso, as vezes, se torna caro
 - Alguns países simplesmente não permitem que se atravesse um cabo cruzando uma rua
- O sistema de telefonia foi desenvolvido para transmitir voz
 - Tecnologias digitais e fibras ópticas permitem o tráfego de dados

Sistema Telefônico



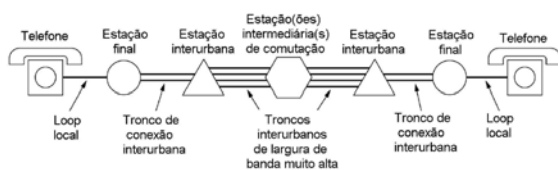
- (a) Rede completamente interconectada.
 (b) Comutação centralizada.
 (c) Hierarquia em dois níveis.

Sistema Telefônico

- Formado por três componentes principais
 - Loops locais → pares trançados ligando as residências às centrais locais da empresa de telefonia
 - Troncos → ligações (normalmente fibras ópticas) conectando estações de comutação
 - Estações de comutação → parte responsável pelo roteamento (comutação) de chamadas entre troncos

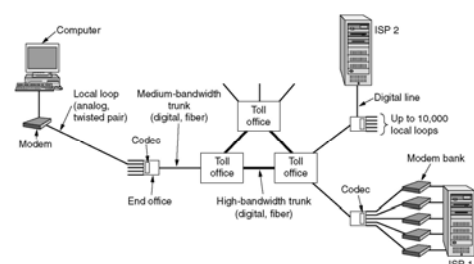
Sistema Telefônico

- Rota de um circuito típico para uma chamada de média distância



Sistema Telefônico

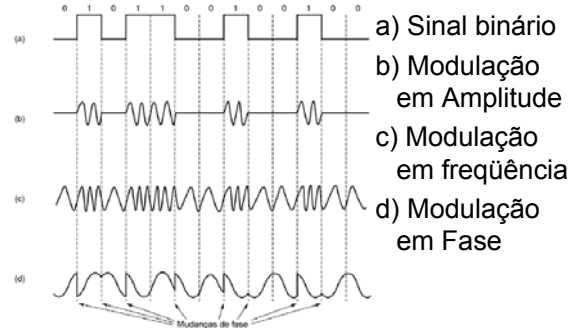
Loop Local



Sistema Telefônico

- Modulação
 - Processo no qual um sinal digital é usado para modificar (modular) um sinal analógico de frequência constante, denominado portadora
 - Varia-se a amplitude, frequência ou fase da portadora de acordo com o sinal digital
- Três tipos básicos de modulação
 - Modulação de amplitude
 - Modulação de frequência
 - Modulação de fase

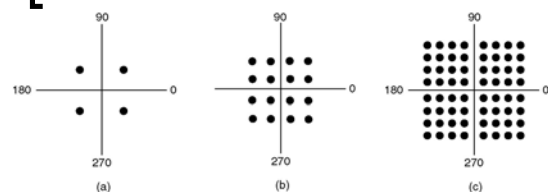
Sistema Telefônico - Modulação



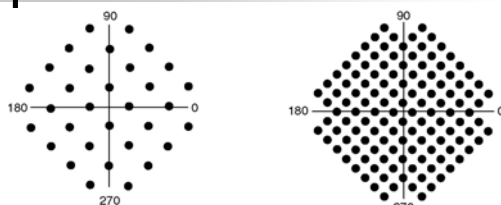
Sistema Telefônico

- Para se aumentar a taxa de transmissão são utilizadas técnicas mais avançadas de modulação
 - QPSK
 - QAM
- A uma taxa de 2400 amostras por segundo (bauds), mas variando-se o tipo de modulação, consegue-se uma taxa de bits mais alta que 2400bps

Modems



Modems



Modems

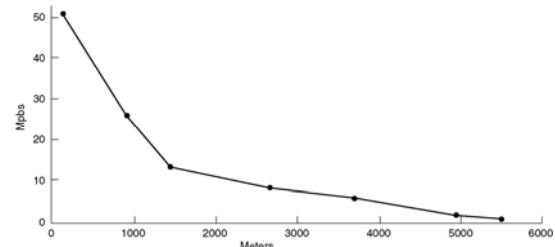
- O limite de Shannon limita os modems padrão em 33,6kbps
 - Taxas mais altas só podem ser alcançadas melhorando a relação sinal-ruído ou usando uma banda maior
- Modems V.90 e V.92 alcançam taxas de download de 56kbps
 - 8000 bauds, 8 bits (7 de dados e 1 de controle) por símbolo
 - Lado receptor tem que ser digital

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Lines)

- Modems em geral são lentos porque a linha telefônica foi otimizada para a voz
 - Frequências abaixo de 300Hz e acima de 3400Hz são atenuadas na estação final
 - Banda estreita
- No caso do ADSL, a linha é conectada a um tipo diferente de switch (sem filtro)
 - A limitação passa a ser agora a qualidade da linha.

ADSL

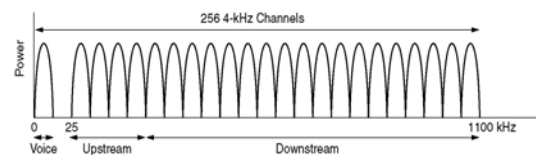
Taxa máxima de transmissão versus distância para cabos UTP categoria 3



ADSL

- A criação desse tipo de serviço partiu das seguintes premissas
 - Funcionar nos loops locais de par trançado categoria 3
 - Não pode afetar os telefones e faxes já existentes
 - Ser mais rápido que um modem de 56Kbps
 - Estar sempre ativo e com uma tarifa mensal

ADSL



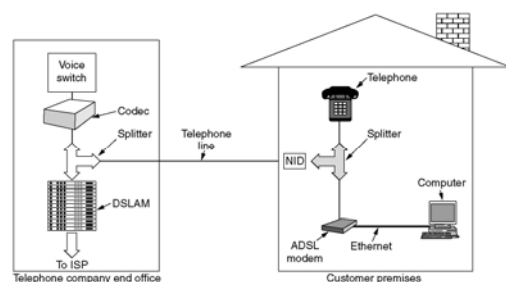
ADSL com a abordagem DMT (Discrete MultiTone)

ADSL

- O padrão ADSL permite taxas de
 - 8Mbps (downstream)
 - 1Mbps (upstream)
- Modulação QAM
 - 15 bits por amostra
 - 4000 amostras por segundo
 - 224 canais downstream (por exemplo)
 - Banda teórica de 13,44Mbps
 - 8Mbps com loops de boa qualidade

ADSL

Uma configuração ADSL típica



[ADSL]

- A presença do NID e do divisor na configuração anterior na casa do assinante não a torna tão prática
- Uma configuração alternativa (muito usada no Brasil) usa apenas um microfiltro em cada tomada telefônica
 - Para o telefone (filtro passa-baixas em 3400Hz)
 - Para o modem (filtro passa-altas em 26kHz)
- A configuração com divisor alcança taxas de 1,5 Mbps

[Troncos e Multiplexação]

- O custo de instalação e manutenção de um tronco é em geral independente de sua largura de banda
- Para maximizar a utilização dos troncos se utiliza a Multiplexação de chamadas
 - Transmissão de várias chamadas ao mesmo tempo no mesmo meio físico

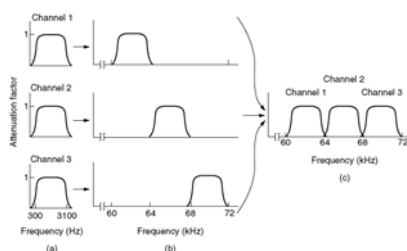
[Multiplexação]

- Compartilhamento de um mesmo meio de transmissão (cabo) entre várias transmissões diferentes
- Tipos
 - Multiplexação por divisão de frequência (Frequency Division Multiplexing)
 - Multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM – Wavelength Division Multiplexing)
 - Multiplexação por divisão do tempo (TDM – Time Division Multiplexing)

[FDM]

- Divisão do espectro de frequência disponível entre as diversas transmissões
 - Esquema utilizado para separar voz e dados no ADSL
- Em telefonia, os padrões de multiplexação utilizam canais de 4kHz

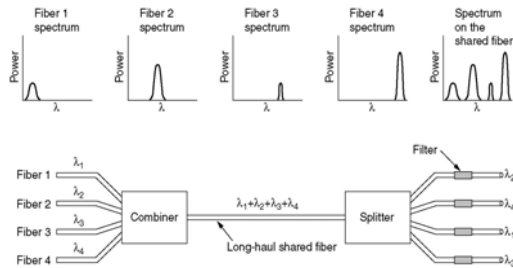
[FDM]



[WDM]

- A WDM é uma variação da FDM utilizado em fibras ópticas
 - Sinais ópticos no lugar de sinais elétricos
 - Frequências mais altas
 - Elementos de multiplexação e demultiplexação diferentes
 - A utilização de amplificadores totalmente ópticos dispensa a conversão óptico-elétrica

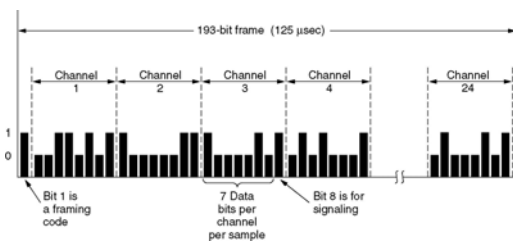
WDM



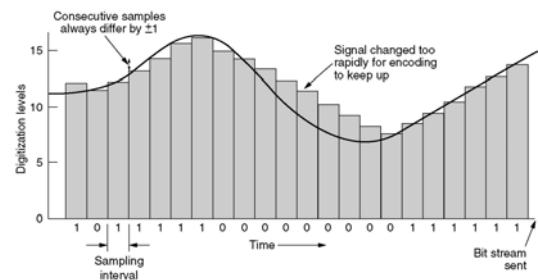
TDM

- Só pode ser usada em loops digitais
 - Conversão analógico-digital é necessária na estação final
- A digitalização é realizada com PCM (Pulse Code Modulation)
 - 8 bits por amostra
 - Amostragem 8000 bauds (4kHz de banda)
 - Amostras são geradas a cada 125 μ s

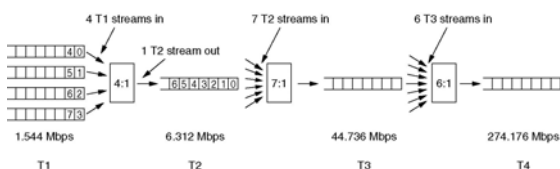
TDM (Portadora T1 – 1,544Mbps)



TDM (Modulação Delta)



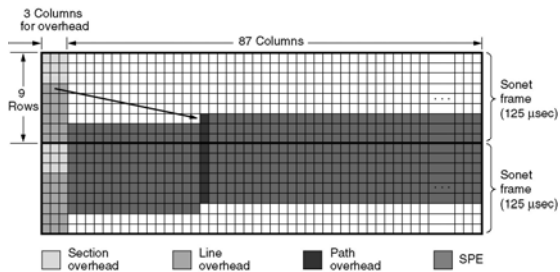
TDM (Portadoras de velocidade mais alta)



Sonet/SDH

- Sonet (Synchronous Optical NETwork) e SDH (Synchronous Digital Hierarchy) são padrões TDM para fibras ópticas
 - Sistema síncrono controlado por um relógio mestre
 - Quadros de 810 bytes
 - Portadora básica (ST-1) possui taxa bruta de 51,84 Mbps

Sonet



Sonet

SONET		SDH	Data rate (Mbps)		
Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	User
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728
STS-192	OC-192	STM-64	9953.28	9621.504	9510.912

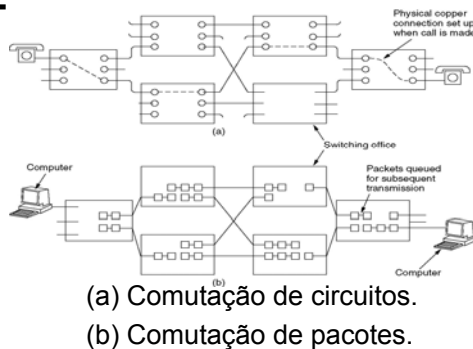
Comutação

- Técnica responsável pela conexão fim-a-fim entre duas máquinas (telefones, computadores)
- Tipos
 - Comutação de circuitos
 - Comutação de mensagens
 - Comutação de pacotes

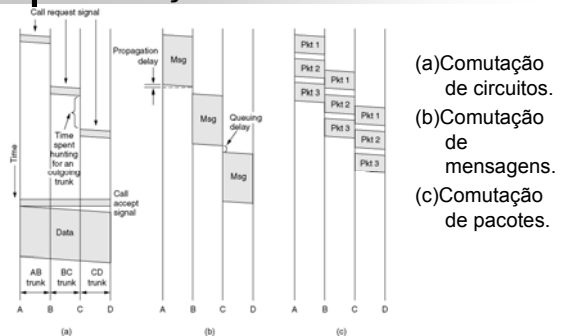
Comutação de Circuitos

- Sistema básico do sistema telefônico
- É alocado um caminho físico estático entre o transmissor e o receptor
 - Esse caminho dedicado existirá durante todo o tempo da conexão entre o transmissor e o receptor
- É gasto uma certa quantidade de tempo no estabelecimento de conexões físicas
 - Para algumas aplicações isso não é aceitável

Comutação



Comutação



[Comutação de Mensagens]

- Não existe um caminho físico entre o transmissor e o receptor
 - O transmissor envia uma mensagem inteira para a primeira estação de comutação (roteador)
 - O roteador recebe toda a mensagem, verifica erros e encaminha para o próximo roteador
- Essa técnica é chamada store-and-forward
- Técnica não mais utilizada atualmente

[Comutação de Pacotes]

- Uma mensagem pode ser muito grande
 - Necessidade de grandes buffers nos roteadores para a comutação de mensagens
 - Uma mensagem pode bloquear uma linha de comunicação por muito tempo
- Solução → dividir as mensagens em pequenas partes (pacotes) a serem roteados pela rede
 - As redes limitam o tamanho máximo do pacote que pode trafegar por elas (MTU – Maximum Transport Unit)

[Comutação de Pacotes]

- Utiliza a técnica store-and-forward
- Nessa estratégia, o congestionamento pode ocorrer nos roteadores
- Por outro lado, a taxa de utilização da rede é otimizada
- A tarifação é baseada no volume de dados

[Comutação de Pacotes]

- O roteamento dos pacotes pode ser dinâmico
 - Pacotes podem chegar fora de ordem
 - Necessário um mecanismo para reordenar os pacotes e recompor a mensagem
 - A comutação de pacotes é mais tolerante a falhas mais tolerante a falhas que a comutação de circuitos
- Em interconexão de redes de computadores se utiliza a comuta utiliza a comutação de pacotes ou de circuitos, nunca a comutação de mensagens

[Comutação de Pacotes]

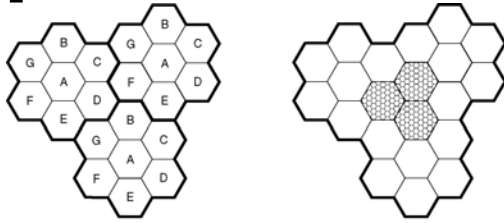
Item	Circuit-switched	Packet-switched
Call setup	Required	Not needed
Dedicated physical path	Yes	No
Each packet follows the same route	Yes	No
Packets arrive in order	Yes	No
Is a switch crash fatal	Yes	No
Bandwidth available	Fixed	Dynamic
When can congestion occur	At setup time	On every packet
Potentially wasted bandwidth	Yes	No
Store-and-forward transmission	No	Yes
Transparency	Yes	No
Charging	Per minute	Per packet

Comparativo entre a comutação de circuitos e a comutação de pacotes

[Sistema de Telefonia Móvel]

- Telefones móveis passaram por três fases distintas
 - Primeira geração:
 - Voz analógica
 - Sistema AMPS
 - Segunda geração:
 - Voz digital
 - D-AMPS, GSM e CDMA
 - Terceira geração: Voz digital e dados
 - UMTS

AMPS (Advanced Mobile Phone System)



- (a) Frequências não são reutilizadas em células adjacentes.
- (b) Para adicionar mais usuários, células menores podem ser utilizadas.

AMPS

- Um sistema móvel possui os seguintes componentes
 - ERB (Estação Rádio Base)
 - Antena que caracteriza uma célula
 - CCC (Central de Comutação e Controle)
 - MTSO (Mobile Telephone Switching Office) em inglês
- Handoff é o nome do processo de transferência de uma ERB para outra

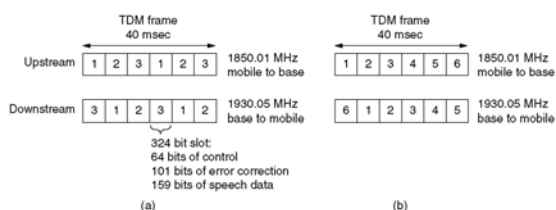
AMPS

- O AMPS utiliza 832 canais full-duplex
 - Cada canal full-duplex é formado por dois canais simplex
 - 832 canais de transmissão entre 824 e 849 MHz
 - 832 canais de recepção entre 869 e 894 MHz
 - 30KHz de largura de banda cada
 - FDM para separar os canais

D-AMPS

- Totalmente digital
- Projetado para coexistir com o AMPS
- Faixa de frequências utilizada
 - 850 MHz
 - 1900 MHz (telefones menores)
- Codificação usada reduz a taxa de dados para menos de 8 Kbps
 - Três usuários podem usar a mesma frequência usando TDM
- O telefone móvel auxilia no processo de handoff

D-AMPS

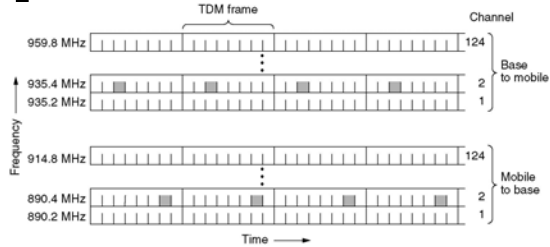


- (a) Um canal D-AMPS com 3 usuários.
- (b) Um canal D-AMPS com 6 usuários (maior compactação).

GSM (Global System for Mobile Communications)

- Canais mais largos que o D-AMPS
 - 200kHz em vez de 30KHz
 - Taxa de dados maior
 - Em torno de 8 usuários por canal
- Transmissão e recepção não ocorrem ao mesmo tempo
 - Rádios GSM não podem transmitir e receber simultaneamente

GSM

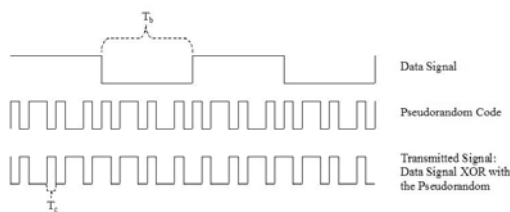


GSM utiliza 124 canais, sendo cada um compartilhado por 8 usuários

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Transmissão em todo o espectro durante todo o tempo
- O espectro de transmissão é espalhado com o XOR da sequência a ser transmitida com uma sequência pseudo-aleatória
 - Sequências são ortogonais
 - Outras transmissões são vistas como ruído

CDMA



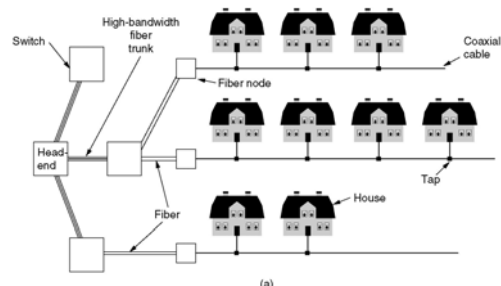
Telefonia Celular de Terceira Geração

- Serviços
 - Transmissão de voz em alta qualidade
 - Serviço de mensagens
 - Multimídia
 - Acesso à Internet
- Tecnologias
 - WCDMA (Wideband CDMA) – 5MHz
 - Interopera com o GSM
 - Adotado pela união européia e chamado de UMTS
 - CDMA2000
 - Não interopera com o GSM

Telefonia Celular de Terceira Geração

- Enquanto os serviços 3G não chegam para os consumidores, utiliza-se alguns sistemas para transferência de dados
 - GPRS (General Packet Radio Service)
 - Estações móveis podem receber e transmitir pacotes IP
 - Frequências e slots de tempo são ajustados dinamicamente pela ERB
 - EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)
 - Modulação com mais símbolos por baud

Televisão a Cabo



[ADSL versus Cabo]

- Largura de banda do cabo é compartilhada
 - Taxas podem ser mais altas ou mais baixas que o ADSL
- ADSL é mais seguro
- Criptografia é necessária nos cabos