

# REDES DE COMPUTADORES

## CAMADA FÍSICA

### 1 – A CAMADA FÍSICA

Define os meios pelas quais os bits são enviados pelo meio físico

É o alicerce sobre o qual a rede é construída

Há meios de transmissão guiados (cabeados)

Há meios de transmissão sem fio (ondas eletromagnéticas)

Meio de transmissão por satélite

Tem como objetivo transmitir um fluxo bruto de dados

### 2 – A BASE TEÓRICA DA COMUNICAÇÃO DE DADOS

No início do século XIX, o matemático francês Jean-Baptiste Fourier provou que qualquer função periódica razoavelmente estável,  $g(t)$ , com período  $T$ , pode ser construída como a soma de um número de senos e cossenos :

$$g(t) = \frac{1}{2} c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2 \pi n f t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2 \pi n f t)$$

Essa decomposição é chamada série de Fourier

Um sinal de dados com uma duração finita pode ser tratado apenas com base na premissa de que ele repete o mesmo padrão

As amplitudes podem ser calculadas para qualquer  $g(t)$  dada, multiplicando-se ambos os lados da Equação acima

O somatório  $b_n$  desaparece completamente. Da mesma forma, multiplicando a Equação acima por  $\cos(2 \pi k f t)$  e integrando entre 0 e  $T$ , podemos derivar  $b_n$ . Integrando ambos os lados da equação tal como ela se encontra, podemos achar  $c$

$$\int_0^T \sin(2 \pi k f t) \sin(2 \pi n f t) dt = \begin{cases} 0 & \text{para } k \neq n \\ T/2 & \text{para } k = n \end{cases}$$

A partir da série de Fourier, a função pode ser reconstruída, ou seja, se o período  $T$  for conhecido e as amplitudes forem dadas, a função original no tempo poderá ser encontrada efetuando-se as somas da Equação  $g(t)$

Um sinal de dados com uma duração finita pode ser tratado apenas com base na premissa de que ele repete o mesmo padrão

As amplitudes podem ser calculadas para qualquer  $g(t)$  dada, multiplicando-se ambos os lados da Equação  $g(t)$

Os resultados dessas operações são :

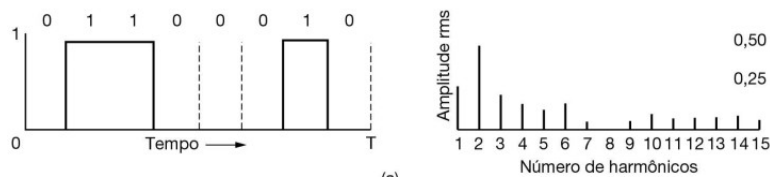
$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt \quad c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

Vamos analisar um exemplo específico : a transmissão do caractere ASCII 'b' codificado como um byte de 8 bits

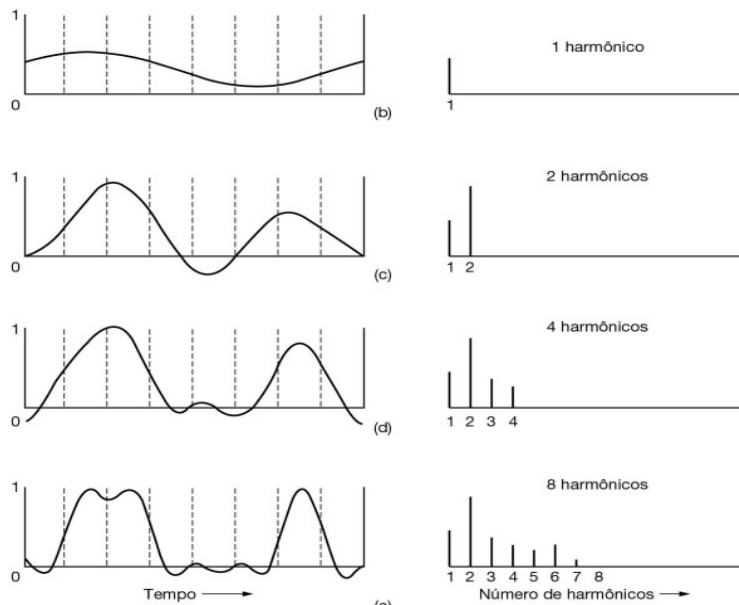
O padrão de bits que deve ser transmitido é 01100010. A parte esquerda da Figura mostra a saída de tensão do computador transmissor

A análise de Fourier desse sinal produz os seguintes coeficientes:



A raiz quadrada média das amplitudes  $\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$  para os primeiros termos são mostrados no lado direito da figura acima

Esses valores são importantes porque seus quadrados são proporcionais à energia transmitida na frequência correspondente



Infelizmente, todos os meios de transmissão reduzem diferentes componentes de Fourier por diferentes valores e, em consequência disso, introduzem distorção

Em geral, para um fio, as amplitudes são transmitidas sem redução, de 0 até alguma frequência, com todas as frequências acima dessa frequência de corte (cutoff) sendo atenuadas

A faixa de frequências transmitidas sem serem fortemente atenuadas denomina-se largura de banda

Os sinais que vão de 0 para cima, até uma frequência máxima, são chamados sinais de banda base

Sinais que são deslocados para ocupar uma faixa de frequências mais alta, como acontece para todas as transmissões sem fio, são chamados sinais de banda passante

### 3 – TAXA MÁXIMA DE TRANSMISSÃO

Em 1924, Henry Nyquist, um engenheiro da AT&T, percebeu que até mesmo um canal perfeito tem uma capacidade de transmissão finita

Em 1948, Claude Shannon aprofundou o trabalho de Nyquist e o estendeu ao caso de um canal sujeito a ruído aleatório (Shannon, 1948). Esse artigo é o mais importante de toda a teoria da informação, Nyquist provou que, se um sinal arbitrário atravessar um filtro **passa-baixa\*** de largura de banda B, o sinal filtrado poderá ser completamente reconstruído a partir de apenas 2B amostras (exatas) por segundo

Fazer uma amostragem da linha com uma rapidez maior que 2B vezes por segundo seria inútil, pois os componentes de frequência mais alta que essa amostragem poderia recuperar já teriam sido filtrados. Se o sinal consistir em V níveis discretos, o teorema de Nyquist afirma que:

$$\text{taxa máxima de dados} = 2B \log_2 V$$

**passa-baixa** : é um circuito eletrônico que permite a passagem de baixas frequências sem dificuldades e atenua a amplitude das frequências maiores que a frequência de corte

Por exemplo, um canal de 3 kHz sem ruído não pode transmitir sinais binários(ou seja, de dois níveis a uma taxa superior a 6.000 bps)

O volume do ruído térmico presente é medido pela relação entre potência do sinal e a do ruído, chamada relação sinal/ruído, ou SNR (Signal-to-Noise Ratio)

Em geral, não se faz referência à relação propriamente dita; em vez disso, utiliza-se a quantidade  $10 \log_{10} S/N$

Uma relação S/N igual a 10 corresponde a 10 dB, uma relação igual a 100 equivale a 20 dB, uma relação igual a 1.000 equivale a 30 dB e assim por diante

O principal resultado de Shannon é que a taxa máxima de dados ou capacidade de um canal com ruídos cuja largura de banda é B Hz, e cuja relação sinal/ruído é S/N, é dada por:

$$\text{Taxa máxima de dados} = B \log_2 (1 + S/N) \text{ bits/s}$$

Isso nos diz as melhores capacidades que os canais reais podem ter. Por exemplo, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), que oferece acesso à internet por linhas telefônicas normais, usa uma largura de banda com cerca de 1 MHz

A SNR depende muito da distância da central telefônica até a casa, e uma SNR com cerca de 40 dB para linhas curtas de 1 a 2 km é muito boa

Com essas características, o canal nunca pode transmitir muito mais do que 13 Mbps, não importa quantos níveis de sinal sejam usados e não importa com que frequência as amostras são tomadas

Na prática, a ADSL é especificada para até 12 Mbps, embora os usuários normalmente vejam taxas mais baixas

Para a ADSL ultrapassar os 13 Mbps, ela deve melhorar a SNR (por exemplo, inserindo repetidores digitais nas linhas mais próximas do cliente) ou usar mais largura de banda, como é feito com a evolução para ADSL2+

## 4 – MEIOS DE TRANSMISSÃO GUIADOS (WIRED)

Meio de transmissão que ocorre por fio ou por cabo

Os bits são modulados para sinais elétricos ou pulsos de luz (fibra óptica)

Os mais comuns são : **CABO COAXIAL, PAR TRANÇADO E FIBRA ÓPTICA**

### - LARGURA DE BANDA:

A largura de banda, refere-se à quantidade de dados que podem ser transmitidos em uma determinada quantidade de tempo através de uma conexão de rede

A largura de banda determina a capacidade máxima de transmissão de dados

Ela é medida em bits por segundo (bps), e pode ser expressa em múltiplos, como kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps) ou gigabits por segundo (Gbps),

### - TIPOS DE INTERFERÊNCIAS

**EMI** : A interferência eletromagnética pode ser radiada (via ar) ou conduzida (via condutores).

**RFI** : Interferência de sinais elétricos (Radio Frequency Interference) causada por materiais condutores, como óxidos metálicos.

**DIAFONIA** : Interferência interna de um canal em outro, ocorrendo no mesmo meio.

### - PAR TRANÇADO:

Podem ser construídos de forma simplex, half-duplex e full-duplex

Consiste em dois fios de cobre encapados e enrolados em forma helicoidal

O trançado dos fios forma uma antena simples. Quando os fios são trançados, as ondas de diferentes partes dos fios se cancelam, o que significa menor interferência ou seja, menor interferência dentro dele mesmo

Um sinal é transportado a partir da ddp entre os dois fios do par

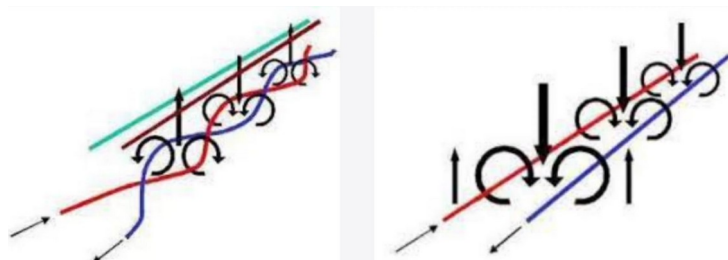
É usado também no sistema telefônico

Em distâncias muito longas é necessário repetidores de sinal

Podem transmitir sinais analógicos ou digitais

A largura de banda depende da espessura do fio e da distância percorrida

Há vários tipos de categoria para par trançado, dependendo de sua aplicação



Os pares trançados podem se estender por diversos quilômetros sem amplificação, mas, quando se trata de distâncias mais longas, o sinal é atenuado e existe a necessidade de repetidores

Quando muitos pares trançados percorrem paralelamente uma distância muito grande, como acontece na ligação entre um prédio e a estação central da companhia telefônica, eles são envolvidos por uma capa protetora

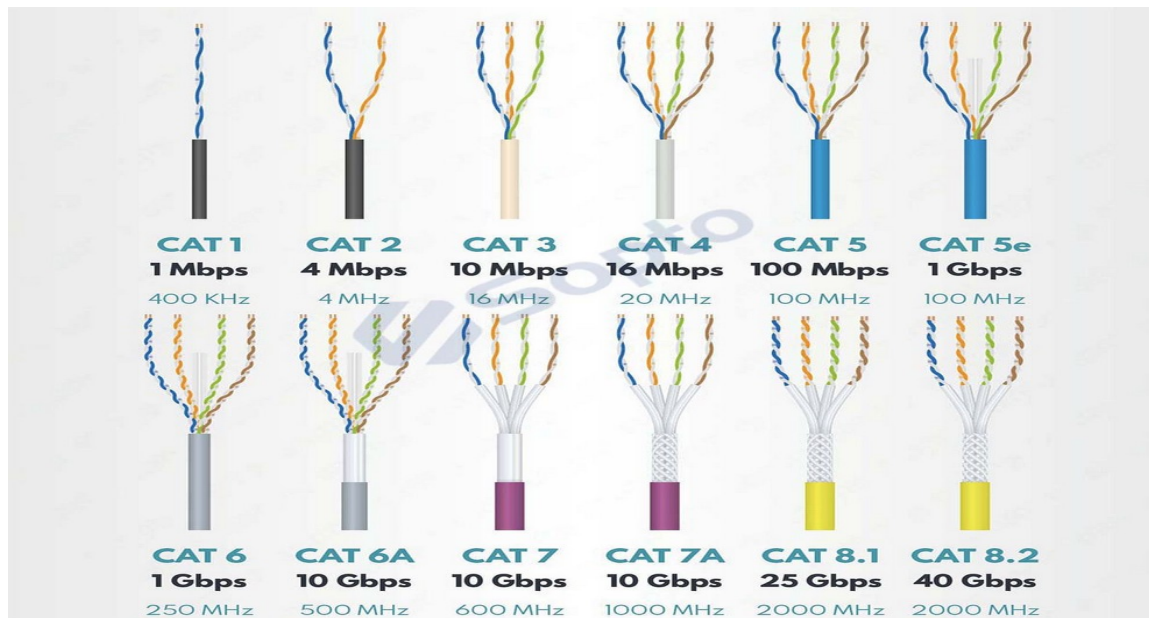
O cabeamento de par trançado pode ser de vários tipos. A variedade mais comum empregada em muitos prédios de escritórios é chamada cabeamento de categoria 5, ou 'Cat 5'

Um par trançado de categoria 5 consiste em dois fios isolados e levemente trançados

## - PAR TRANÇADO (UTP)

O cabeamento UTP é a mídia de rede mais comum. O cabo UTP, terminado com conectores RJ-45, é usado para interconexão de hosts de rede com dispositivos de rede intermediários, como switches e roteadores

Nas LANs, o cabo UTP consiste em quatro pares de fios codificados por cores que foram torcidos juntos e, em seguida, envoltos em um cabo flexível



O cabo UTP não usa blindagem para combater os efeitos de EMI e RFI. Em vez disso, os projetistas de cabos descobriram que podem limitar o efeito negativo da diafonia usando estas técnicas:

- **CANCELAMENTO :**
  - os projetistas agora emparelham os fios em um circuito. Quando dois fios em um circuito elétrico são colocados próximos um do outro, seus campos magnéticos são exatamente opostos um do outro.
  - Portanto, os dois campos magnéticos se cancelam e também cancelam quaisquer sinais EMI e RFI externos
- **VARIANDO O NÚMERO DE TORÇÕES POR PAR DE FIOS :**
  - Para aumentar ainda mais o efeito de cancelamento dos fios do circuito emparelhado, os projetistas variam o número de torções de cada par de fios em um cabo. O cabo UTP deve seguir especificações precisas que regem quantas torções ou tranças são permitidas por metro de cabo.

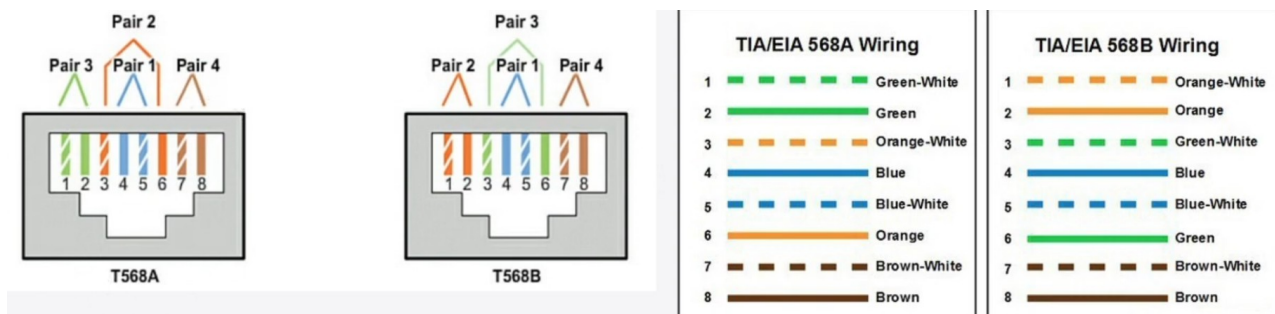
O cabo UTP geralmente termina com um conector RJ-45 especificado pela ISO 8877. Esse conector é usado para uma variedade de especificações de camada física, uma das quais é a Ethernet

O padrão TIA/EIA-568 descreve os códigos de cores dos fios para a atribuição de pinos (pinagens) para cabos Ethernet

- RJ45 Plug:



- RJ45 Socket:



**Ethernet Straight-Through Cable** : O tipos mais comum de cabo de rede. É comumente usado para interconectar um host a um switch e um switch a um roteador

**Ethernet Crossover Cable** : Um cabo incomum usado para interconectar dispositivos semelhantes (por exemplo, um switch para um switch, um host para um host ou um roteador para um roteador)

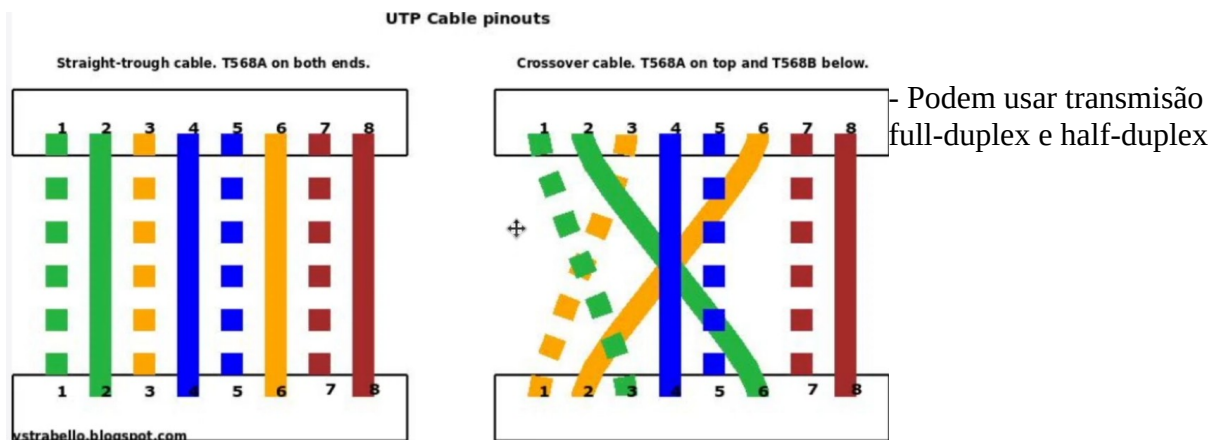
**Rollover Cable** : Um cabo proprietário da Cisco usado para conectar a uma porta de console de roteador ou switch

- Usa-se Cross para ligar :

- Computador – Computador
- Router – Router
- Computador – Router
- Switch – Switch

- Usa-se Cabo direto:

- Computador – Switch
- Switch – Switch
- Router – Switch



## - PAR TRANÇADO (STP)

O cabo STP fornece melhor proteção contra ruído do que o cabo UTP. No entanto, em comparação com o cabo UTP, o cabo STP é significativamente mais caro e difícil de instalar. Como o cabo UTP, o cabo STP usa um conector RJ-45

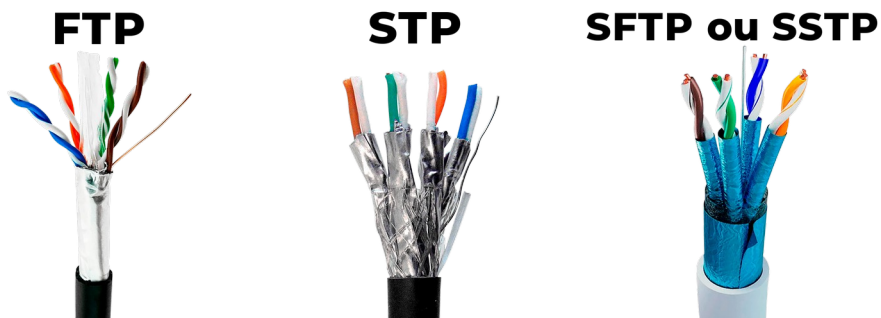
O cabo STP combina as técnicas de blindagem (para combater EMI e RFI) e torção de fio (para combater diafonia)

Para obter todos os benefícios da blindagem, os cabos STP são terminados com conectores de dados STP blindados especiais. Se o cabo estiver aterrado incorretamente, a blindagem pode agir como uma antena e captar sinais indesejados

Diferentes tipos de cabos STP com diferentes características estão disponíveis. No entanto, existem duas variações comuns de STP:

O cabo STP protege todo o feixe de fios com papel alumínio, eliminando praticamente todas as interferências (mais comuns)

O cabo STP protege todo o feixe de fios e os pares de fios individuais com papel alumínio, eliminando todas as interferências



## - CABO COAXIAL:

Tem melhor blindagem e maior largura de banda que os pares trançados

Pode se estender por distâncias mais longas em velocidades mais altas

Cabos de 50 ohms são normalmente usados nas transmissões digitais

Cabos de 75 ohms são normalmente usados nas transmissões analógicas

Um cabo coaxial consiste em um fio de cobre esticado no núcleo do cabo, protegido por um material isolante

O isolante é envolvido por um condutor cilíndrico, geralmente como uma malha sólida entrelaçada

O condutor externo é coberto por uma camada plástica protetora

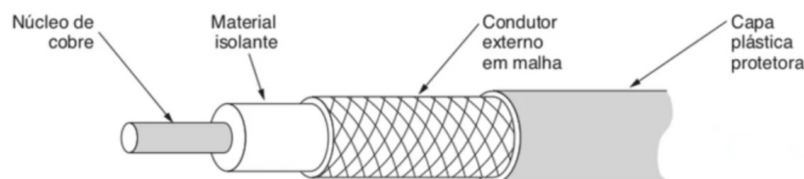
A blindagem proporciona uma alta largura de banda e excelente imunidade ao ruído

A largura de banda depende da qualidade e do tamanho do cabo

Atualmente vem sendo substituídos pela fibra

Mas ainda é amplamente utilizado

Os cabos modernos têm uma largura de banda até alguns GHz





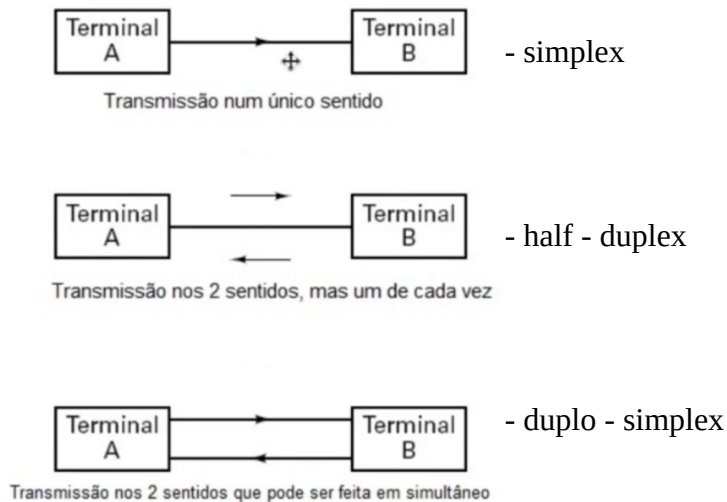
Ele é usado em aplicações como linhas troncais telefônicas, cabos de rede de internet de banda larga, barramentos de dados de computador de alta velocidade, sinais de televisão a cabo e conexão de transmissores e receptores de rádio às suas antenas

Os conectores coaxiais são projetados para manter uma forma coaxial na conexão e ter a mesma impedância do cabo conectado

Os conectores geralmente são revestidos com materiais de alta condutividade, como prata ou ouro resistente a manchas

devido ao efeito pelicular, o sinal RF é transportado apenas pelo revestimento em frequências mais altas e não penetra no corpo do conector

A prata, no entanto, mancha rapidamente e o sulfeto de prata produzido é pouco condutor, degradando o desempenho do conector, tornando a prata uma escolha ruim para esta aplicação



## - FIBRA ÓPTICA

A largura de banda alcançável com a fibra óptica ultrapassa a casa dos 50000 Gbps(50 Tbps)

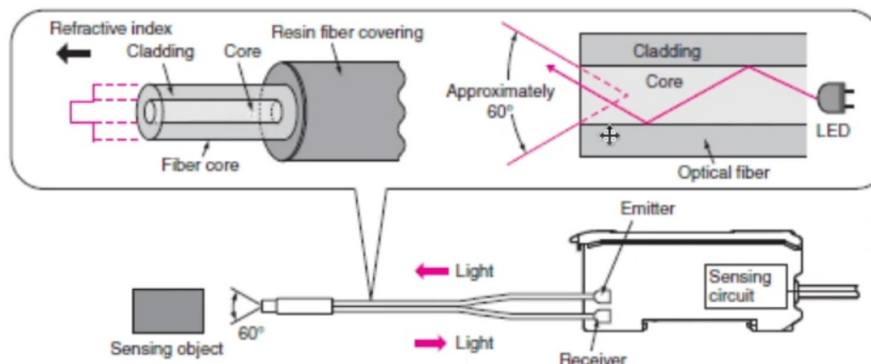
Mas na prática só conseguimos chegar até 100 Gbps

A fibra óptica é usada para transmissão por longa distância nos backbones da rede

Usada em LANs de alta velocidade

Usada também para acesso à internet em alta velocidade FTTH(Fiber To The Home)

Um sistema de transmissão óptica tem três componentes chave :a fonte de luz, o meio de transmissão e o detector



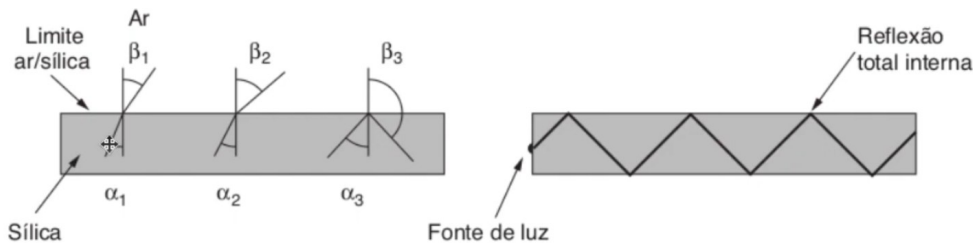
Um pulso de luz indica um bit 1 e a ausência de luz indica um bit 0



O meio de transmissão é uma fibra de vidro ultrafina ou de polímeros. O detector gera um pulso elétrico quando a luz incide sobre ele. Conectando uma fonte de luz em uma ponta de uma fibra óptica e um detector na outra, temos um sistema de transmissão unidirecional que aceita um sinal elétrico, o converte e o transmite por pulsos de luz, para depois novamente converter a saída para um sinal elétrico na ponta receptora

Quando um raio de luz passa de um meio para outro (densidade diferente) por exemplo, de sílica fundida para o ar, o raio é refratado (inclinado) no limite sílica/ar, como mostra a figura esquerda abaixo. Aqui vemos um raio de luz incidindo no limite de um ângulo em um ângulo diferente. A quantidade de refração depende das propriedades das duas mídias (em particular, seus índices de refração). Para ângulos de incidência acima de um certo valor crítico, a luz é refratada de volta para a sílica; nada escapa para o ar

Assim, um raio de luz incidente em um ângulo crítico ou acima é interceptado dentro da fibra, como mostra a figura direita abaixo, e pode se propagar por muitos quilômetros praticamente sem perdas



- Há dois tipos de fibras, fibras monomodo e fibras multimodo

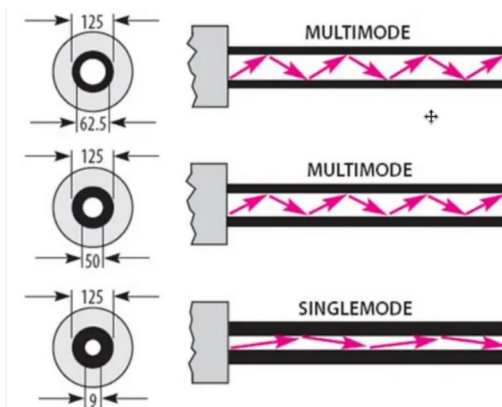
- **FIBRAS MONOMODO E MULTIMODO:**

- **FIBRA MULTIMODO:**

- São fibra que apresentam multiplos canais por diferente densidades
    - Os pulsos de luz se propagam ricocheteando em diferentes angulos

- **FIBRA MONOMODO:**

- O diametro da fibra é tão fino, que se comporta como um guia de luz
    - Isso permite os pulsos de luz se propagem somente em linha reta, sem ricocheteiar
    - São mais caras e muito utilizadas em distâncias mais longas

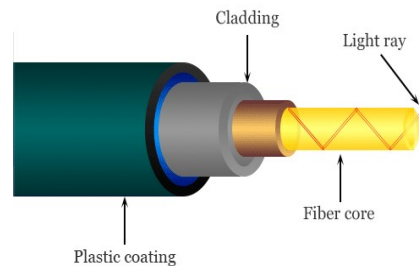


Os pulsos de luz enviados através de uma fibra se expandem à medida que se propagam. Essa expansão é chamada de dispersão cromática

O volume de dispersão depende do comprimento de onda

- **ESTRUTURA DO CABO DE FIBRA**

- Os cabos de fibra óptica são semelhantes aos cabos coaxiais, exceto por não terem malha metálica
- O núcleo é envolvido por um revestimento de vidro com um índice de refração inferior ao do núcleo, para manter toda a luz nele. Em seguida, há uma cobertura de plástico fino para proteger o revestimento interno
- A extremidade de recepção de uma fibra óptica consiste em um fotodiodo, que emite um pulso elétrico ao ser atingido pela luz
- Dois tipos de fontes de luz geralmente são usados para fazer a sinalização : os diodos emissores de luz (light Emitting Diodes – LEDs) e os lasers semicondutores



Item	LED	Laser semiconductor
Taxa de dados	Baixa	Alta
Tipo de fibra	Multimodo	Multimodo ou modo único
Distância	Curta	Longa
Vida útil	Longa	Curta
Sensibilidade à temperatura	Insignificante	Substancial
Custo	Baixo	Dispendioso

## 5 - TRANSMISSÃO SEM FIO (WIRELESS)

### - ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Quando se movem, os elétrons criam ondas eletromagnéticas que podem se propagar pelo espaço livre (até no vácuo)

O número de oscilações por segundo de uma onda eletromagnética é chamado frequência  $f$  e é medido em Hz

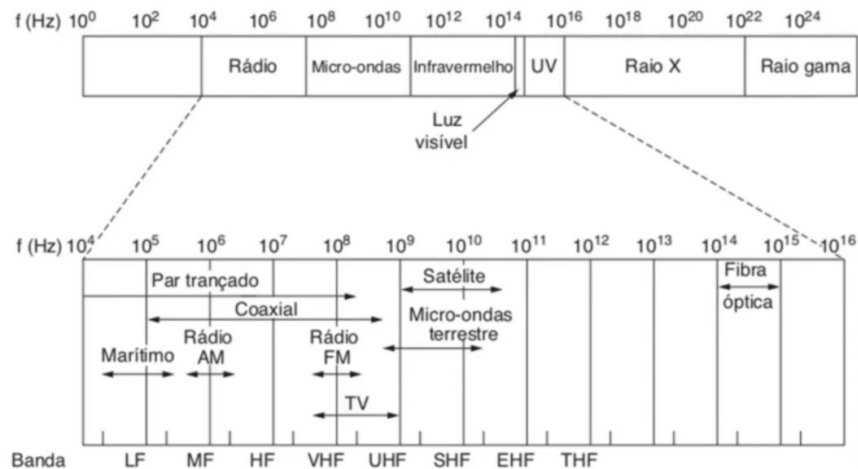
A distância entre dois pontos máximos (ou mínimos) consecutivos é chamada comprimento de onda designada universalmente pela letra grega lambda  $\lambda$

O volume de informações que um sinal como uma onda eletromagnética é capaz de transportar depende da potência recebida e é proporcional à sua largura de banda

Quando se instala uma antena de tamanho apropriado em um circuito elétrico, as ondas eletromagnéticas podem ser transmitidas e recebidas com eficiência por um receptor localizado a uma distância bastante razoável

As faixas de rádio, micro-ondas, infravermelho e luz visível do espectro podem ser usadas na transmissão de informações, por meio de modulação da amplitude, da frequência ou da fase de ondas

**Figura abaixo:** o espectro eletromagnético e a maneira como ele é usado na comunicação



## - FORMAS DE COMUNICAÇÃO :

- 1 – No espectro por salto de frequência
- 2 – No espectro de dispersão de sequência direta;
- 3 – Comunicação com uma banda mais larga é a comunicação UWB (Ultra-WideBand)

### • 1 - ESPECTRO POR SALTO DE FREQUÊNCIA

- No espectro por salto de frequência, o transmissor salta de uma frequência para outra centenas de vezes por segundo
- Ela também oferece boa resistência ao enfraquecimento por múltiplos caminhos, porque o receptor não ficará restrito a uma frequência quando impossibilitado por tempo suficiente para encerrar a comunicação
- Essa técnica também é aplicada comercialmente, por exemplo, no Bluetooth e nas versões mais antigas das redes 802.11

### • 2 - ESPECTRO DE DISPERSÃO DE SEQUÊNCIA DIRETA

- Espectro de Dispersão de Sequência direta, usa uma sequência de código para dispersar o sinal de dados por uma banda de frequência mais ampla
- Ele é bastante usado comercialmente, como um meio eficiente na utilização do espectro, para permitir que vários sinais compartilhem a mesma banda de frequência. Esses sinais podem receber diferentes códigos, um método chamado CDMA (Code Division Multiple Access)
- Ele forma a base das redes de telefonia móvel 3G e também é usado no GPS (Global Positioning System)

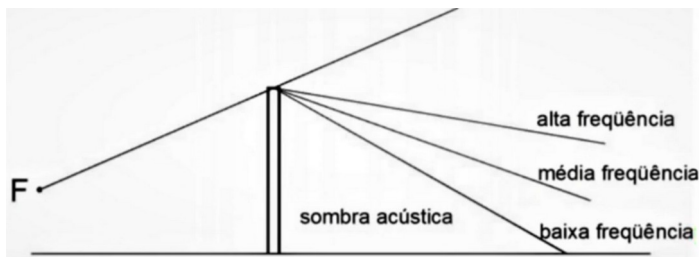
### • 3 – ULTRA-WIDEBAND

- A Ultra-WideBand envia uma série de pulsos rápidos, variando suas posições para trocar informações
- Com tanta largura de banda, a UWB tem potencial de se comunicar em taxas altas
- Por se espelhar por uma ampla banda de frequências, ela pode tolerar uma grande quantidade de interferência relativamente forte de outros sinais de banda estreita

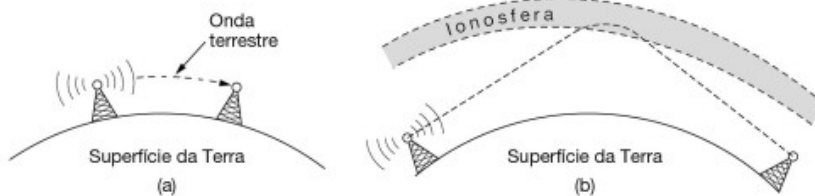
## - TRANSMISSÃO ATRAVÉS DO ESPECTRO

### • TRANSMISSÃO DE RÁDIO

- As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem percorrer longas distâncias e penetrar facilmente nos prédios; portanto, são amplamente utilizadas para comunicação, seja em ambientes fechados, seja em locais abertos
- As ondas de rádio também são omnidirecionais, o que significa que elas viajam em todas as direções a partir da origem
- As propriedades das ondas de rádio dependem da frequência
- Em baixas frequências, as ondas de rádio atravessam bem os obstáculos, mas a potência cai abruptamente à medida que a distância da origem aumenta, pois a energia do sinal se espalha de forma mais estreita por uma superfície maior
- Essa atenuação é chamada perda no caminho
- Ondas de rádio de alta frequência também são absorvidas pela chuva e outros obstáculos, até certo ponto, mais do que as frequências baixas
- Em todas as frequências, as ondas de rádio estão sujeitas à interferência de motores e outros equipamentos elétricos



- Algumas frequência acompanham a curvatura da terra



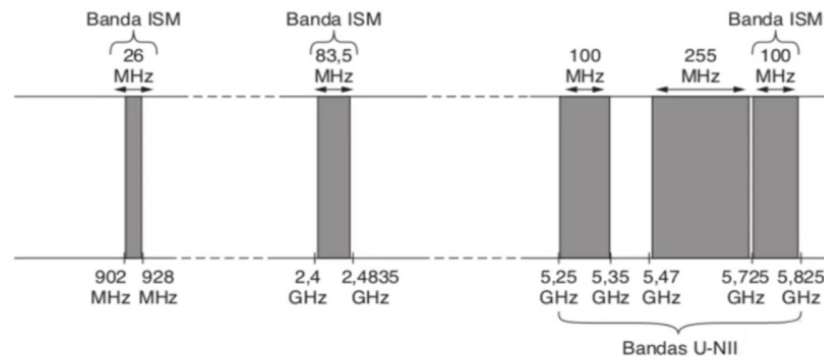
**Figura 2.10** (a) Nas bandas VLF, LF e MF, as ondas de rádio obedecem à curvatura da Terra. (b) Na banda HF, elas ricocheteiam na ionosfera.

### • TRANSMISSÃO DE MICRO-ONDAS

- Acima de 100 MHz, as ondas trafegam praticamente em linha reta e, portanto, podem ser concentradas em uma faixa estreita
- A concentração de toda a energia em um pequeno feixe através de uma antena parabólica



- Tendo em vista que as micro-ondas viajam em linha reta, se as torres estiverem muito afastadas, a terra acabará ficando entre elas
- Assim, é preciso instalar repetidores em intervalos periódicos. Quanto mais altas as torres, mais distantes elas podem estar uma das outras
- A distância entre os repetidores aumenta de acordo com a raiz quadrada da altura da torre. Torres com 100 m de altura devem ter repetidores a cada 80km
- Ao contrário das ondas de rádio nas frequências mais baixas, as micro-ondas não atravessam muito bem as paredes dos prédios
- A demanda por mais e mais espectro incentiva os operadores a usarem transmissões com frequências cada vez mais altas
- As bandas de até 10 GHz agora são de uso rotineiro, mas a partir de 4 GHz surge um novo problema: a absorção pela água



**Figura 2.11** | As bandas ISM e U-NII usadas nos Estados Unidos pelos dispositivos sem fio.

## • TRANSMISSÃO DE INFRAVERMELHO

- As ondas de infravermelho não guiadas são extensivamente utilizadas na comunicação de curto alcance
- Todos os dispositivos de controle remoto utilizados nos aparelhos
- Por outro lado, o fato de as ondas de infravermelho não atravessarem paredes sólidas pode ser visto como uma qualidade
- É por essa razão que um sistema infravermelho instalado em um ambiente fechado não interfere em um sistema semelhante nas salas ou nos prédios adjacentes

## • TRANSMISSÃO VIA LUZ

- A transmissão óptica não guiada, ou óptica do espaço livre, vem sendo utilizada há séculos
- Uma aplicação mais moderna consiste em conectar as LANs em dois prédios por meio de lasers instalados em seus telhados
- Esse esquema oferece uma largura de banda muito alta e é relativamente seguro, pois é difícil interceptar um raio laser estreito. Ele também é relativamente fácil de ser instalado e, ao contrário das micro-ondas, não precisa de uma licença da FCC
- A potência do laser, um feixe muito estreito, também é uma desvantagem aqui. Apontar um raio laser de 1 mm para um alvo do tamanho de uma cabeça de alfinete a 500 metros de distância exige a mira de um herói de faroeste

## 6 – MODULAÇÃO DIGITAL

Os níveis lógicos que representam bits são codificados(modulados) em sinais elétricos ou eletromagneticos para transmissão pelo meio

Essa conversão é feita por meio da codificação dos sinais (modulação), enquanto a decodificação (demodulação) é o processo inverso

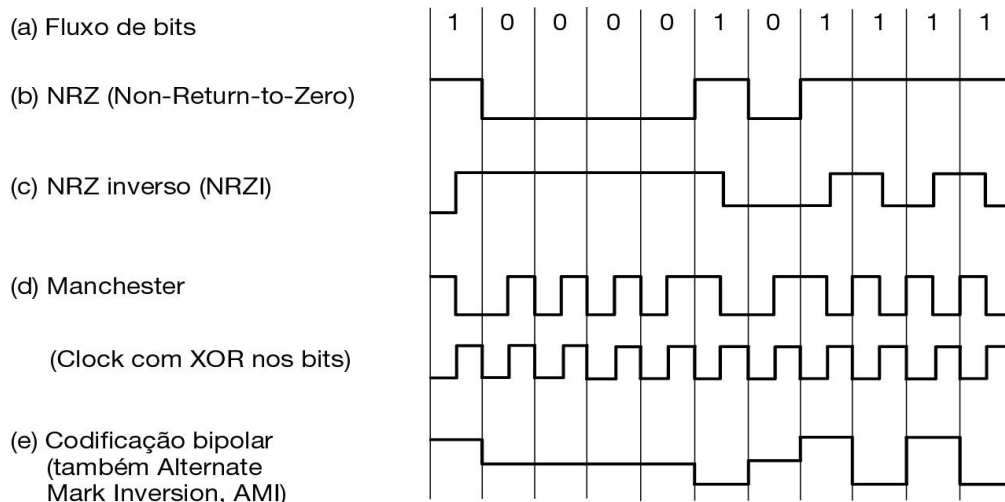
### - TRANSMISSÃO DE BANDA BASE E TRANSMISSÃO DE BANDA PASSANTE

- **TRANSMISSÃO DE BANDA BASE**

- Esquemas que convertem diretamente bits em um sinal
- O sinal ocupa frequências de zero até um maximo que depende da taxa de sinalização
- É comum para fios
- É a forma mais simple de modulação digital, usando uma tensão positiva para representar um bit 1 e uma tensão negativa para representar um bit 0
- NRZ, NRZI, manchester, AMI, existem mais esquemas, mas esses são os mais comuns
- O sinal não ficara exatamente como enviado, ele sera distorcido e atenuado pelo canal
- Para decodificar os bits, o receptor mapeia as amostras de sinal para os simbolos mais próximos
- **NRZ (Non-Return-to-Zero)**
  - Para o NRZ, uma tensão positiva será considerada para indicar que foi enviado um bit 1, e uma tensão negativa será considerada como indicação de que foi enviado um 0
  - O NRZ é um bom ponto de partida para nossos estudos, pois é simples, mas na prática raramente é usado por si só. Esquema mais complexos podem converter bits em sinais, os quais atendem melhor às considerações da engenharia
  - Esses esquemas são chamados cóigos de linhas
- **NRZI (Non-Return-toZero Inverted)**
  - Essa codificação é uma variação da NRZ
  - Um exemplo pode ser visto na Figura, o popular padrão USB (Universal Serial Bus) para a conexão de periféricos de computador usa NRZI. Com ele, longas sequências de 1s não causam problema
- **MANCHESTER**
  - Aqui, um truque inteligente é misturar o sinal de clock com o sinal de dados efetuando a operação XOR por ambos, de modo que nenhuma linha extra seja necessária
  - O clock faz uma transição de clock em cada tempo de bit, de modo que ele funciona no dobro da taxa de bits
  - Quando ele é XORado com o nível 0, ele faz a transição de baixo para alto, que é simplesmente o clock. Essa transição é o 0 lógico. Quando ele é XORado com o nível 1, é invertido e faz uma transição de alto para baixo. Essa transição é o 1 lógico

- **CODIFICAÇÃO BIPOLAR**

- Um modo simples de construir um código balanceado é usar dois níveis de tensão para representar '1' lógico (digamos, +1 V ou -1 V), com 0 V representando um zero lógico
- Para enviar 1, o transmissor alterna entre os níveis +1 V e -1 V, de modo que eles sempre resultem na média



- **TRANSMISSÃO DE BANDA PASSANTE**

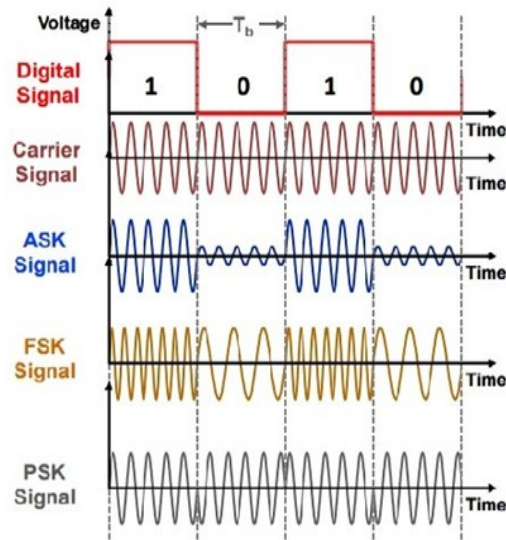
- Esquemas que regulam amplitude, a fase, ou a frequência do sinal da portadora para transportar bits
- O sinal ocupa uma banda de frequências em torno da frequência do sinal da portadora
- É comum para canais sem fio e ópticos
- Não é prático enviar sinais de frequências muito baixos em canais sem fio, pois o tamanho da antena tem de ser uma fração do comprimento da onda do sinal
- As restrições da regulamentação e a fins de evitar interferência ditam as escolhas da frequência
- Pode-se modular amplitude, frequência, ou a fase do sinal da portadora
- **ASK, FSK, PSK**
- **ASK (Amplitude Shift Keying)**
  - Duas amplitudes diferentes são usadas para representar 0 e 1
  - Mais de dois níveis podem ser usados para representar mais símbolos
  - Se a amplitude do sinal está acima de um certo limite, o receptor interpreta como 1, se estiver abaixo do limite é interpretado como 0
- **FSK (Frequency Shift Keying)**
  - dois ou mais frequências diferentes são usadas para representar 0 e 1
  - o receptor compara o sinal recebido com um conjunto de frequências de referência determinadas



- **PSK (Phase Shift Keying)**

- A onda da portadora é sistematicamente deslocada em 0 ou 180 graus em cada período de símbolo
- O receptor compara a fase do sinal recebido com uma referencia de fase conhecida

### Comparison between ASK, FSK and PSK



## 7 - MULTIPLEXAÇÃO

Nas imagens acima descrevem como transmitir um fluxo de bits por vez

A multiplexação permite que um unico meio físico carregue varias transmissões simultaneamente  
FDM, OFDM, TDM, CDM, WDM

### - FDM (Frequency Division Multiplexing)

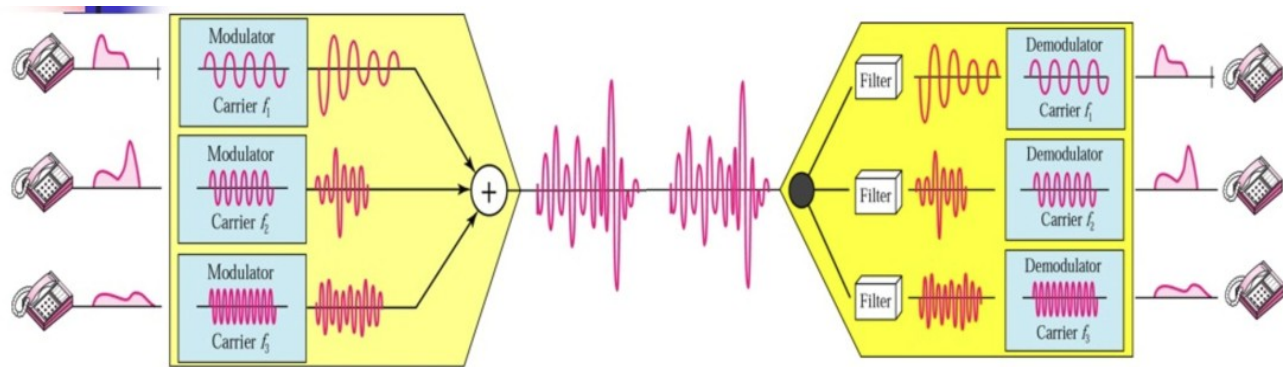
Usa da banda passante para compartilhar um canal

Divide o espectro em banda de frequencia, com cada usuario tendo posse exclusiva de alguma banda para enviar seu sinal

Diferente frequências são alocadas a diferentes canais lógicos, cada um operando em uma parte do espectro, com a sepração entre canais grande o suficiente para impedir interferencia

A largura de banda em excesso é chamada de banda de proteção, e mantem os canais bem separados  
Os canais tem sua frequencia aumentada, cada um com um valor diferente, depois eles podem ser combinados

FDM é usada em redes telefonicas, telefonia celular, redes sem fio terrestres e redes de satélites



## - OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

A largura de banda do canal é dividida em muitas subportadoras que enviam dados de maneira independente

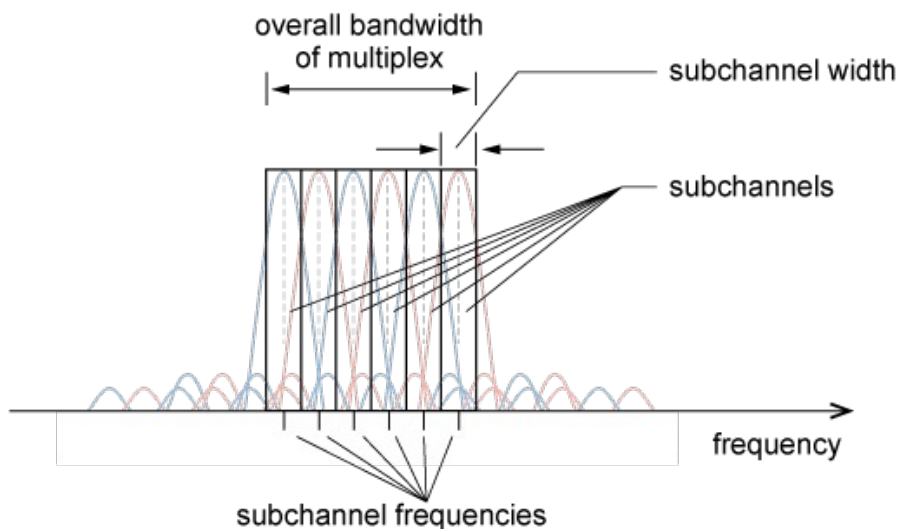
Subportadoras compactam o domínio de frequência, assim, os sinais de cada subportadora se estendem para as adjacentes

A resposta em frequência de cada subportadora é projetada de modo que seja 0 no centro das subportadoras adjacentes

As subportadoras podem, portanto, ser amostradas em suas frequências centrais sem interferência de seus vizinhos

Um tempo de proteção é necessário para repetir uma parte dos sinais de símbolo, de modo que tenham a resposta de frequência desejada

É usado em 802.11, redes a cabo, redes opor linhas de energia elétrica e 4G



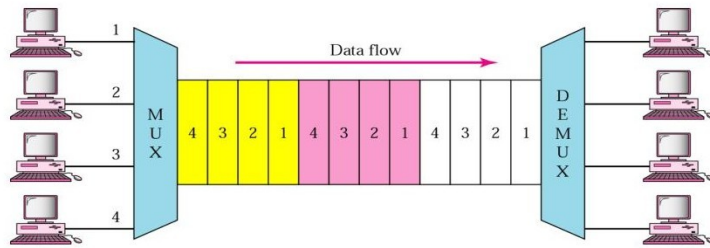
## - TDM (Time Division Multiplexing)

Os usuários se alternam (em um padrão de rodízio), cada um periodicamente, usando a largura de banda inteira por um pequeno período

Os bits de cada fluxo de entrada são apanhados em um slot de tempo fixo e enviados para o fluxo agregado

Esse fluxo trabalha em uma velocidade que é a soma dos fluxos individuais, para que isso funcione, os fluxos precisam estar sincronizados no tempo

TDM é amplamente utilizado como parte das redes de telefonia e celular



## - CDM (Code Division Multiplexing)

É uma forma de comunicação por dispersão espectral

Um sinal de banda estreita é espalhado por uma banda de frequência mais larga. Isso pode torná-la ainda mais tolerante às interferências

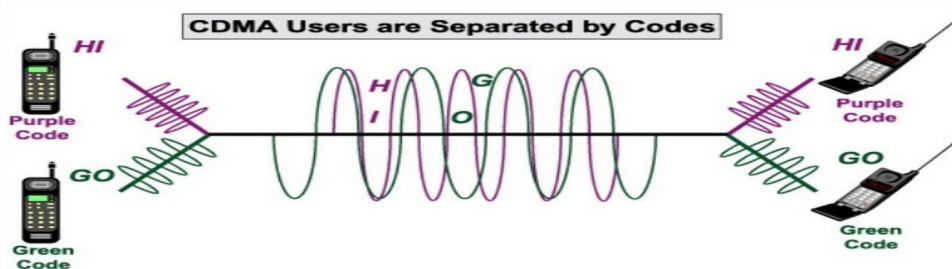
Permite também que vários sinais de diferentes usuários compartilhem a mesma banda de frequência

É amplamente utilizada para essa última finalidade, portanto é normalmente chamada de CDMA (Code Division Multiple Access)

O CDMA permite que cada estação transmita por todo o espectro de frequência o tempo todo

Várias transmissões simultâneas são separadas usando a teoria da codificação

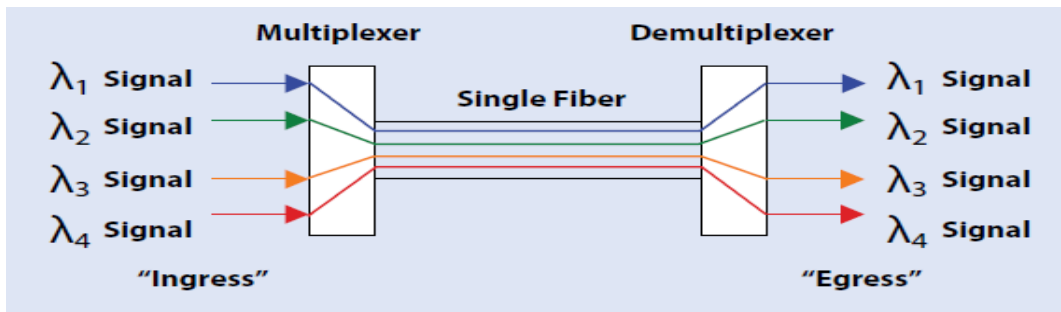
O CDMA é amplamente utilizado por satélites e redes a cabo



## - WDM (Wavelength Division Multiplexing)

É uma forma de FDM que multiplexa diversos sinais em uma fibra óptica usando diferentes comprimentos de onda da luz

Os feixes são combinados em uma única fibra compartilhada para a transmissão a um destino remoto



## 8 – COMUTAÇÃO

A comutação refere-se ao processo de direcionar o fluxo de dados, energia ou outros recursos de uma fonte para um ou mais destinos

Como se fosse um “controlador de tráfego” para os dados da rede

Quando os dados são enviados de um computador para outro, a comutação garante que eles sigam o caminho certo e cheguem ao lugar certo

Do ponto de vista do engenheiro de telefonia, o sistema teletônico é dividido em duas partes principais:

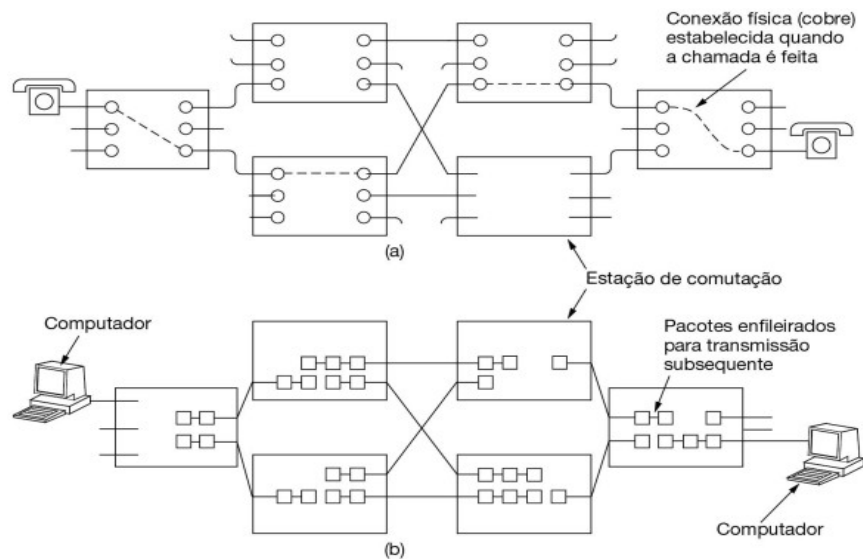
- **Planta Externa :**
  - Os circuitos terminais e troncos, pois eles estão localizados fisicamente fora das estações de comutação
- **Planta Interna :**
  - Os switches que estão dentro das estações de comutação

Vamos examinar a planta interna. Hoje, duas técnicas de comutação diferentes são usadas pela rede :

**comutação de circuitos e comutação de pacotes**

O sistema telefônico tradicional é baseado na comutação de circuitos e a tecnologia VoIP em comutação de pacotes

- **Comutação de Circuitos:** Originalmente usada em redes de telefonia, também pode ser vista em algumas redes de dados, como em conexões dedicadas e circuitos de telecomunicações.
- **Comutação de Pacotes:** Esta técnica é a base de redes de dados modernas, como a Internet. Em vez de estabelecer uma conexão fixa, os dados são divididos em pacotes que podem seguir diferentes caminhos até o destino. Essa abordagem é muito mais eficiente para a transmissão de dados intermitentes e variáveis.

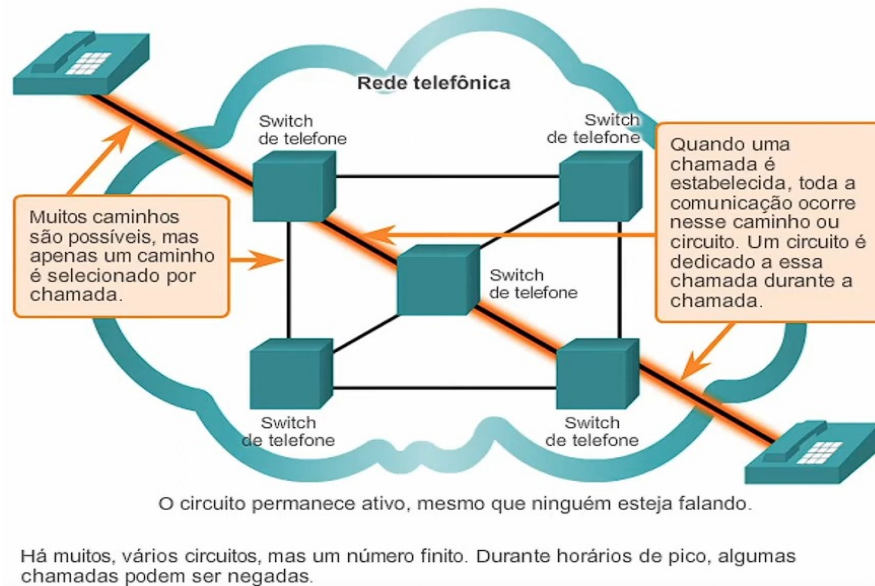


36 (a) Comutação de circuitos. (b) Comutação de pacotes.

## - COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

Quando ocorre uma chamada telefonica, o equipamento de comutação do sistema telefonico procurava um caminho fisico desde o telefone emissor até o telefone receptor e o mantinha pela duração da chamada

Uma vez estabelecida uma chamada, haveria um caminho dedicado (circuito temporario) entre ambas as extremidades, e ele continuaria a existir até que a chamada seja realizada



## - COMUTAÇÃO DE PACOTES

- É uma alternativa à comutação de circuitos

- - OQUE É UM PACOTE?:

- **Pacotes** são **unidades de dados**
- Um pacote é uma estrutura unitária de transmissão de dados. Ele contém informações que são enviadas de um dispositivo para outro através de uma rede
- Cada pacote inclui **dados**, bem como **cabeçalhos** que contêm informações importantes, como o **endereço de origem** e o **endereço de destino**.
- Quando se envia dados, eles são divididos em pacotes, cada pacote é rotulado com informações de controle, os pacotes são encaminhados pela rede até chegarem no destino. No destino os pacotes são reagrupados para formar os dados originais

Na comutação de pacotes, os pacotes são enviados assim que estão disponíveis. Não é preciso estabelecer um caminho dedicado com antecedência

Cada pacote é enviado de forma independente, de um local para outro

Fica a critério dos roteadores usar a transmissão store-and-forward para enviar cada pacote em seu caminho ao destino por conta própria

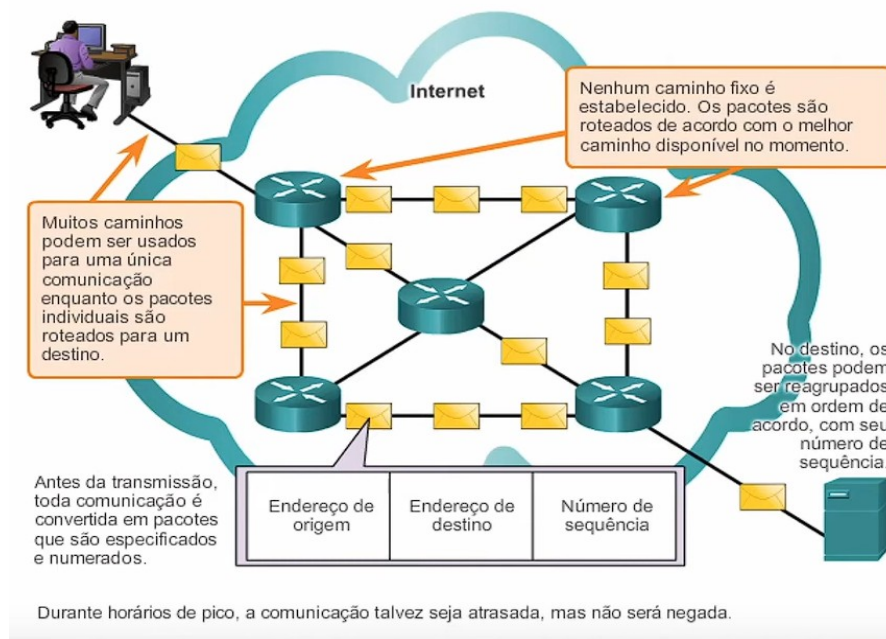
Não há caminho fixo, assim, diferentes pacotes podem seguir caminhos distintos. Os pacotes podem chegar fora de ordem, mas são reagrupados na recepção

O roteador escolhe a rota que os pacotes vão trafegar, por meio de algoritmo

Caso haja perda de pacotes, os pacotes perdidos podem ser retransmitidos ao destino por um caminho diferente

A rede de comutação de pacotes impõem um limite sobre o tamanho dos pacotes. Isso garante que nenhum usuário poderá monopolizar qualquer linha de transmissão por muito tempo, de modo que as redes de comutação de pacotes podem lidar com tráfego interativo

A comutação por pacotes ocorre na camada de rede, e logo após são encaminhados para a camada de enlace durante a transmissão de dados. Enquanto a comutação de circuitos ocorre diretamente na camada física



Comutação por Pacotes:



Comutação por Pacotes:

