

Comunicação Via Satélite

A comunicação via satélite tornou-se, desde a sua criação, a maior evolução do homem no quesito comunicação. Através da comunicação via satélite foram possíveis vários progressos, dentre eles e com destaque a área das geociências, as telecomunicações e o transporte aéreo. Isto melhorou substancialmente a segurança e o desenvolvimento mundial.

Com o avanço das tecnologias em microinformática, o satélite passou a ser também o mais importante meio de transmissão de dados, podendo interligar qualquer parte do mundo em tempo quase real. Um dos recursos mais empregados nas telecomunicações são os satélites artificiais, que podem ser geoestacionários ou não geoestacionários. A comunicação via satélite apresenta grandes vantagens em relação aos meios tradicionais, principalmente no que diz respeito à grande largura de banda disponível. Em termos simples, o satélite é como um grande chaveador, recebendo sinais de uma VSAT e repetindo-o diretamente para o ponto máster. Dessa forma, sua rede tem um ponto no espaço que facilita a transposição de grandes distâncias.

Por se tratar de um meio que dispensa a utilização de cabo e grandes investimentos em infra-estrutura, pode atender diversas localidades isoladas como fazendas, pequenas cidades e mesmo em barcos e caminhões.

Satélite - transmissão

O satélite, do ponto de vista de transmissão é uma simples estação repetidora dos sinais recebidos da Terra que são detectados, deslocados em frequência, amplificados e retransmitidos de volta a Terra. Um satélite típico é composto de uma parte comum (“bus”) onde se encontram as baterias, painéis solares, circuitos de telemetria e a parte de propulsão. Além do “bus” temos a carga útil (“payload”) composta essencialmente dos circuitos repetidores, denominados “transponders”.

Transponder:

O transponder é o dispositivo responsável pela re-transmissão do sinal recebido no Satélite e consiste de um conjunto de componentes eletrônicos que recebe o sinal da Terra (enlace de subida) e após algum processamento como ganho de potência, filtragem e translação de frequência o retransmite para o planeta (enlace de descida). Um satélite geralmente é composto de vários transponders que atuam como unidades independentes de repetição, cada uma ocupando uma faixa exclusiva de frequências, sendo importante para aumentar a confiabilidade e versatilidade do satélite.

Um transponder é composto por um amplificador de baixo ruído, um filtro passa-faixa, osciladores de batimento e um amplificador de ganho variável.

O sinal recebido é amplificado pelo amplificador de baixo ruído e, com o auxílio do oscilador de batimento, a frequência é convertida para outra que esteja dentro da faixa de frequência do sinal de descida. Este procedimento ocorre no misturador de frequência.

O sinal de saída do conversor subtrativo é filtrado pelo filtro passa-faixa, sendo este com a finalidade de eliminar os sinais dos outros canais de transponders de frequência próxima.

Em seguida, o sinal de saída do filtro passa-faixa é aplicado ao amplificador de ganho variável, onde a saída é constantemente monitorada pelo circuito de **Controle Automático de Nível (CAN)**, que regula a quantidade de amplificação proporcionada em função do nível do sinal monitorado. Caso o sinal esteja abaixo do valor de referência, é aumentada a amplificação e, caso contrário, ela é reduzida.

O CAN disponibiliza uma tensão de saída que é proporcional à intensidade do sinal processado e, com esta tensão, é realizado o ajuste de potência, ou seja, o aumento ou a redução de potência dos sinais enviados da Terra para o Satélite, na frequência do transponder afetado.

Depois de amplificado e regulado o nível, o sinal é enviado para o amplificador de potência de transmissão, que resulta no mecanismo amplificador.

Frequências de operação:

Os satélites de comunicação usam as faixas C (4 a 8GHz), X (12,5 a 18GHz), Ku (12,5 a 18GHz) e Ka (18 a 40 GHz).

A faixa C é a mais utilizada nas transmissões telefônicas interurbanas e internacionais, bem como na transmissão de TV; a faixa X é de uso militar e a Ku permite a TV por assinatura via satélite.

Sistemas de comunicação via satélite nas bandas Ku e Ka constituem uma tecnologia moderna e de grande potencial em termos de serviços de telecomunicações. Devida à frequência elevada, serviços de telecomunicações como de telefonia, de dados e de televisão podem ser realizados através de redes com topologia em estrela constituídas de estações terminais de pequeno porte denominadas de VSAT (“Very Small Aperture Terminal”), acopladas a uma estação central mestre (“master” ou “HUB”).

As redes VSATs são uma solução técnica-econômica interessante para países em desenvolvimento como o Brasil, pois possui grandes áreas com comunidades remotas ou isoladas.

Entretanto, nas Bandas Ka e Ku, a ocorrência de chuvas tem sido uma preocupação devida à atenuação de propagação por elas causada. Em países de clima Tropical e Equatorial como o Brasil esta preocupação é maior considerando o regime de chuvas mais intensas. Também a atenuação por nuvens nestas regiões é significativa. Dependendo da intensidade da chuva uma interrupção do enlace via satélite pode ocorrer, indisponibilizando o serviço.

Capacidade dos satélites

Os satélites de comunicação utilizam técnicas para aumentar a capacidade de canais dentro de uma faixa de frequência. Os satélites brasileiros Brasilsat e Intelsat, operando na faixa C, entre 4 e 6 GHz utilizam frequências entre 5925MHz e 6425MHz para transmitir da Terra para o satélite e frequências entre 3700MHz e 4200MHz para transmitir do satélite para a Terra. Essas frequências são divididas em 12 faixas, cada um pertencendo a um transponder, veja na figura 01.

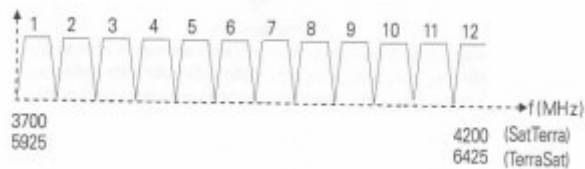


Fig. 1 Canais de um satélite com as curvas de resposta de cada 1 dos 12 transpondes

Para aumentar a capacidade de cada canal dentro da mesma faixa de frequência, os satélites utilizam dois sistemas de transmissão operando com polaridade cruzada de antenas. Para isso, um dos sistemas a polaridade vertical e outro a polaridade horizontal. Embora os sinais ocupem a mesma faixa de frequência, as antenas conseguem separar os sinais, direcionando-os aos respectivos transponders. A polarização cruzada permitiu dobrar a capacidade de um sistema de comunicação por rádio. Os satélites geostacionários utilizam a polaridade cruzada para aumentar de 12 para 24 o número de canais.

Múltiplo Acesso:

O satélite de comunicação permite o acesso múltiplo, ou seja, várias estações terrestres podem manter comunicação simultânea com o satélite, transmitindo ou recebendo informações, de acordo com a figura 2.

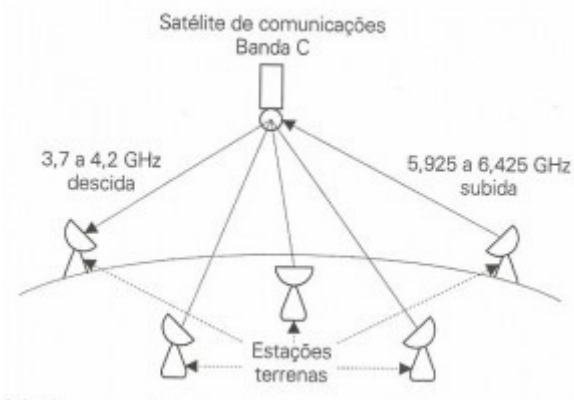


Fig. 2 Múltiplo acesso

O acesso múltiplo exige um gerenciamento preciso por parte da empresa operadora do satélite, com o objetivo de evitar interferência mútua entre as diversas estações. O acesso do satélite é feito por FDMA, SCPC e TDMA, desses o único que suporta sinais analógicos é o FDMA, os demais transmitem sinais digitais.

FDMA

No Acesso FDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência), a faixa de frequência de um transponder é subdividida em partições menores de tamanho variável em função do número de canais de voz transmitidos em cada partição. Os canais de voz são multiplexados em frequência, aplicado um modulador FM, e em seguida convertido para a frequência de enlace de subida, sendo transmitida para o satélite.

No satélite, o sinal é recebido e convertido para a frequência do enlace de descida e amplificado de pelo amplificador de potência, para aí ser devolvido para a Terra. A estação terrena a que se destina o sinal seleciona a partição correspondente ao transponder desejado e extrai o sinal FDMA, recuperando sinal original, esse processo e ilustrado na figura 3, assim como o espectro de frequência de algum momento do processo acima estão ilustrado na figura 4.

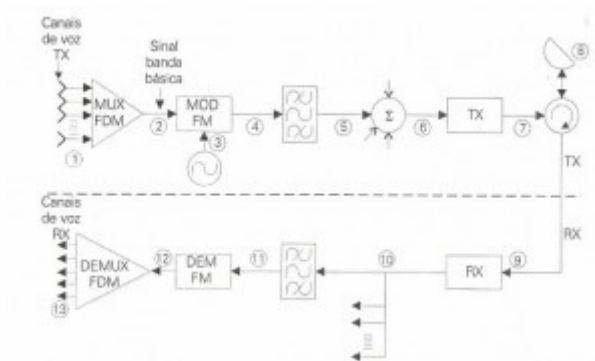


Fig. 3 Estrutura de acesso FDMA

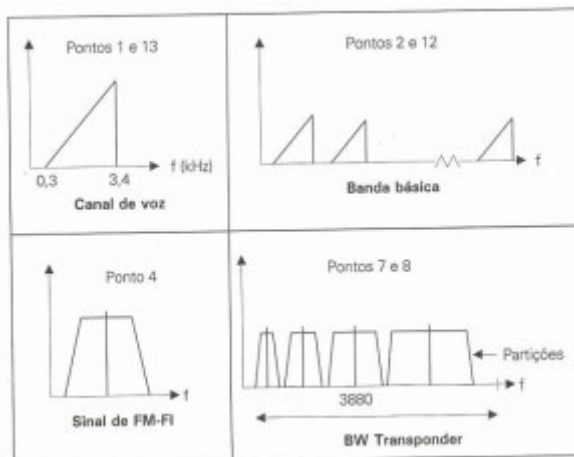


Fig4 Espectro de frequência em alguns pontos

O acesso FDMA aplica-se na transmissão de sinal telefônico analógico. São necessários os sentidos de transmissão para permitir a comunicação duplex (simultânea em dois sentidos). Um ponto negativo do FDMA é o baixo rendimento espectral, pois o número máximo de canais por transponder é inferior a 500.

SCPC

O SCPC (um único canal por portadora) destina-se à transmissão da voz digitalizada a 64kbps(ou dados com velocidade de até 2048kbps) na modalidade duplex. Até 800 canais de voz podem ser transmitidos dentro da faixa do transponder de 36MHz, utilizando-se a modulação QDPSK. Como a modulação QDPSK transmite 2 bits de cada vez, a taxa de modulação é de 32kbaud. Cada canal pode ocupar, no máximo, $36\text{MHz}/800= 45\text{kHz}$.

No sistema SCPC o sinal é aplicado a um modem QDPSK, sendo gerado um sinal de amplitude constante e fase chaveada contendo uma constelação de 4 pontos. Esse sinal deve ocupar uma frequência dentro de faixa de 52MHz a 88MHz. O valor da frequência exata é determinada pela operadora do serviço de satélite, sendo escolhido para coincidir com uma faixa de frequência livre do transponder. Depois de obtido o sinal ele é transmitido para o satélite. No satélite, o sinal é recebido e amplificado, e convertido para a frequência do enlace de descida e é novamente amplificado, para obter os níveis de potência, sendo retransmitido para a Terra. Na terra, a estação terminal terrena de destino recebe o sinal vindo da satélite, converte-o para a frequência intermediária, filtra o sinal FI e o converte para a frequência específica do demodulador, onde são recuperados os dados e entregues para a rede de transmissão (fibra ótica, cabo metálico ou rádio digital) e daí são transportada até o usuário.

Também é possível, para o usuário, acessar diretamente a o satélite de comunicação. Para isto basta que instale os equipamentos e as antenas necessários, além de contratar os serviços com a operadora do satélite, quando será feita a configuração do acesso. O processo descrito acima está ilustrado na figura5.

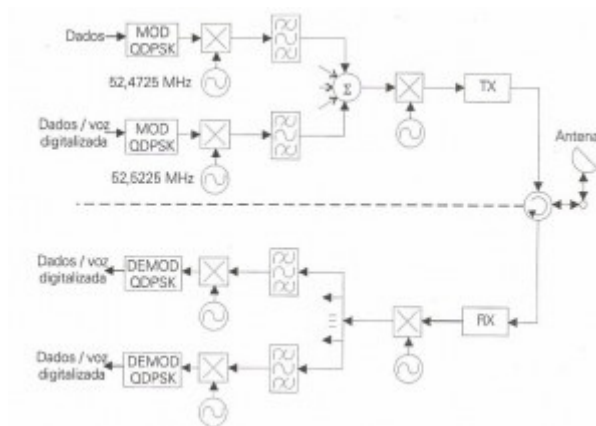


Fig. 5 Estrutura de acesso SCPC

TDMA

Essa forma de acesso é muito parecida com a multiplexação por divisão de tempo. A diferença é que cada intervalo de tempo, chamado de partição, é, em princípio, endereçado para uma estação terrena diferente. Para isso, cada quadro formado por um número n de partições é emitido, sendo cada partição dividida em 3 partes, de acordo com a figura 6.

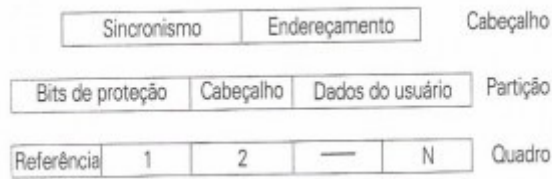


Fig. 6 Estrutura de acesso TDMA

O início de cada quadro é identificado por seu padrão característico de bits, contidos na referência. Em seguida, iniciam-se as partições de tempo que transportamos dados do usuário. Cada partição contém, no início, uma quantidade de bits com a finalidade de proteção, evitando a sobreposição do sinal da partição anterior. Após os bits de proteção, segue o cabeçalho, contendo os bits de sincronização e endereçamento. Finalmente, são transmitidos os bits de dados do usuário. Os bits de sincronismo são necessários para sincronizar os caracteres de dados, identificando o primeiro bit de cada caracter. Os bits de endereçamento são os usados para identificar o destinatário dos dados transmitidos a seguir.

A velocidade de transmissão para dados varia entre 2,4 e 6,4 kbps. Sinais de voz podem ser codificados a 32 ou 64 kbps.

Satélite artificial



Satélite NAVSTAR-2

Um **satélite artificial** é qualquer corpo feito pelo homem e colocado em órbita ao redor da Terra ou de qualquer outro planeta. Hoje em dia, ao contrário do que ocorria no início da história dos satélites artificiais, o termo **satélite** vem sendo usado praticamente como um sinônimo para "satélite artificial". O termo "satélite artificial" tem sido usado quando se quer distingui-los dos satélites naturais, como a Lua.

Atualmente estão em órbita, para além dos satélites do Sistema de Posicionamento Global, satélites de comunicações, satélites científicos, satélites militares e uma grande quantidade de lixo espacial, ou seja, não se deve se referir à satélites apenas como um meio de transporte de dados ou apenas um meio de mapear ou espionar o sistema terrestre.

Tipos de satélites

Os satélites de comunicações são satélites que retransmitem sinais entre pontos distantes da Terra. Estes satélites servem para retransmitir dados, sinais de televisão, rádio ou mesmo telefone. Os chamados *telefones por satélite* baseiam-se numa rede Iridium, uma rede de satélites de baixa altitude.

Os satélites científicos são utilizados para observar a Terra ou o espaço ou para realizar experiências em microgravidade. Os satélites de observação da Terra permitem estudar as mudanças climáticas, para estudar os recursos naturais, para observar fenómenos naturais, para o mapeamento de cidades e até para a espionagem (alguns foto-satélites tem o poder de aproximação de 1m de dimensão mas existem especulações de satélites secretos com maior poder de aproximação).

O Espaço é o local ideal para a realização de observações astronómicas já que a luz emitida pelas estrelas não é perturbada pela atmosfera terrestre. Por este motivo é que os cientistas optaram por colocar o telescópio Hubble em órbita junto à outros que utilizam ondas de radar para fazer o mapeamento do espaço.

O espaço é também o local ideal para se realizarem experiências em condições de microgravidade. Estas experiências são realizadas a bordo do módulo orbital do Vaivém Espacial e a bordo da Estação Espacial Internacional.

Não há estatísticas oficiais, mas estima-se que já foram lançados aproximadamente 4.600 satélites, e que apenas cerca de 500 deles continuam em funcionamento. A União Soviética foi o primeiro país a colocar um satélite no espaço, o Sputnik, em 1957.

Em primeira aproximação, o satélite é afetado por uma única força, a força gravitacional exercida no satélite pela Terra. A intensidade desta força determina-se pela Lei da Atração Universal. Por outro lado, e pela 2ª lei de Newton, a intensidade da força é diretamente proporcional à intensidade da aceleração. A aceleração tem a mesma direção e o mesmo sentido que a força gravitacional.

Experiência pensada de Newton

Um satélite sofre uma determinada aceleração que é independente da sua massa mas depende da altitude a que o satélite se encontra. A trajetória do satélite vai depender da sua aceleração e das suas condições iniciais: a posição inicial e a velocidade inicial.

A experiência pensada de Newton explica porque é que os satélites não caem para a Terra, apesar de serem constantemente puxados pela força gravitacional para o centro da Terra.

Newton imaginou um canhão muito poderoso capaz de lançar projéteis a grandes distâncias. Imaginou este canhão colocado a uma altitude elevada. Se a altitude for suficientemente elevada, o canhão está fora da atmosfera terrestre e a resistência do ar é desprezível. Se o canhão disparar um projétil com uma velocidade baixa, o projétil

perderá altitude até cair na Terra. Mas se a velocidade do projectil ultrapassar um determinado valor, o projectil quando cai já vai cair “fora da Terra”. Se a velocidade inicial do projectil for suficientemente elevada, o projectil cai continuamente sem nunca atingir a Terra.

Aumentando a velocidade consegue-se que o projectil percorra cada vez distâncias maiores, até que o projectil circundará a Terra numa órbita aproximadamente circular. Neste movimento não atua outra força além da força gravitacional e o projectil continuará em órbita em torno da Terra, mas qual a velocidade horizontal de lançamento necessária para colocar um objeto em órbita circular? Para responder a esta questão é necessário estudar um outro movimento - o movimento circular uniforme. Trata-se do movimento de uma partícula com velocidade inicial, atuada por uma força de intensidade constante cuja direcção varia continuamente, sendo, em cada instante perpendicular à velocidade.

História

O primeiro satélite artificial foi o Sputnik, lançado pela União Soviética em 4 de outubro de 1957. O lançamento colocou a URSS na frente da corrida espacial e iniciou a corrida espacial, uma das competições mais acirradas da Guerra Fria. Pesando cerca de 84 kg foi feito pelos soviéticos e emitia sons em determinadas frequências. Meses depois os americanos lançaram seu primeiro satélite, o Explorer 1, que só pesava 14 kg e foi capaz de descobrir o Cinturão de Van Allen, um cinturão magnético que protege a Terra da radiação solar.

Tipos de satélites



MILSTAR: Um satélite militar de comunicação.

- **Biossatélites** --- são satélites projetados para levar ao espaço organismos vivos para experimentação científica.
- **Satélites miniaturizados** --- são satélites com dimensões e massas reduzidas. Hoje, esses satélites são categorizados como **minissatélites** (500–200 kg), **microssatélites** (menos de 200 kg) e **nanosatélites** (menos de 10 kg).
- **Satélites de energia solar** --- são satélites que usam células solares para captar a energia solar e a convertem em um feixe de microondas, transmitido para grandes antenas na no planeta terra por potentes transmissores a bordo do satélite. A energia captada pela antena pode então ser usada como uma fonte alternativa de energia.

- **Estações espaciais** --- são estruturas fabricadas pelo homem e projetadas para permitir que seres humanos possam viver no espaço exterior. Uma estação espacial difere de uma **espaçonave**. Ao contrário das espaçonaves, as estações espaciais não possuem capacidade de propulsão nem de aterrissagem. Por outro lado as estações espaciais são projetadas para permitir a permanência humana por médios períodos de tempo, que variam de semanas até alguns anos.

Tipos de satélites por função

- **Armas anti-satélites**, --- por vezes chamados de **satélites assassinos**, são satélites projetados para destruir satélites "inimigos" e outros tipos de alvos em órbita. Tanto os Estados Unidos quanto a antiga URSS têm esses tipos de satélites.
- **Satélites astronômicos**--- são satélites usados para observações astronômicas, tanto no óptico, quanto em outras bandas do espectro eletromagnético.
- **Satélites de comunicação** --- são satélites estacionários utilizados em telecomunicação.
- **Satélites do Sistema Global de Navegação (GPS)** --- são satélites que enviam sinais de rádio a receptores móveis na Terra possibilitando a determinação precisa de sua localização geográfica. A recepção direta do sinal dos satélites GPS, combinada com uma eletrônica cada vez melhor, permite que o sistema GPS determine a posição com um erro de poucos metros, em tempo real.
- **Satélites de reconhecimento** --- são satélites projetados para observação da Terra ou antigos satélites de comunicação utilizados para fins militares ou de espionagem. Pouco se sabe sobre a capacidade real desses satélites, pois os países que os desenvolvem geralmente não divulgam informações sobre eles.
- **Satélites de observação da Terra** --- são satélites projetados para uso não-militar, para, por exemplo, monitoramento ambiental, meteorologia, mapeamento geográfico, etc.
- **Satélites meteorológicos** --- são satélites projetados essencialmente para monitorar o tempo e o clima na Terra.

Órbitas

Os satélites artificiais ocupam diferentes órbitas e claro, que possuem diferentes características. Normalmente essas rotas são definidas em relação à Terra.

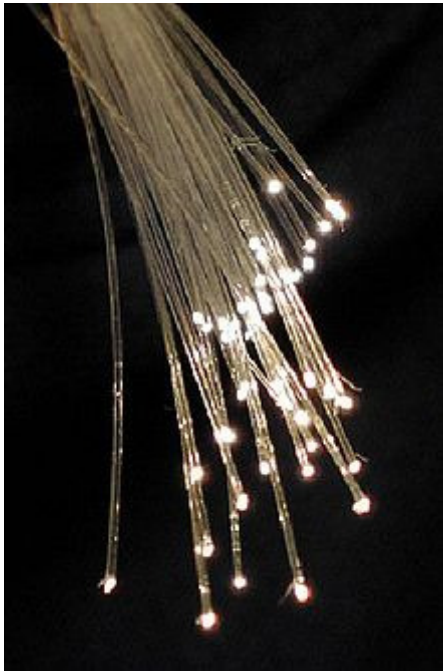
A maioria dos satélites de telecomunicações são satélites geoestacionários, ou seja, eles ocupam uma órbita geoestacionária.

Outras órbitas possíveis são:

- órbita terrestre baixa
- órbita circular intermediária
- órbita polar
- órbita geossíncrona
- órbita supersíncrona
- órbita subsíncrona
- órbita elíptica
- órbita de transferência de Hohmann

- órbita heliossíncrona
- órbita de transferência lunar
- órbita de calunia elíptica

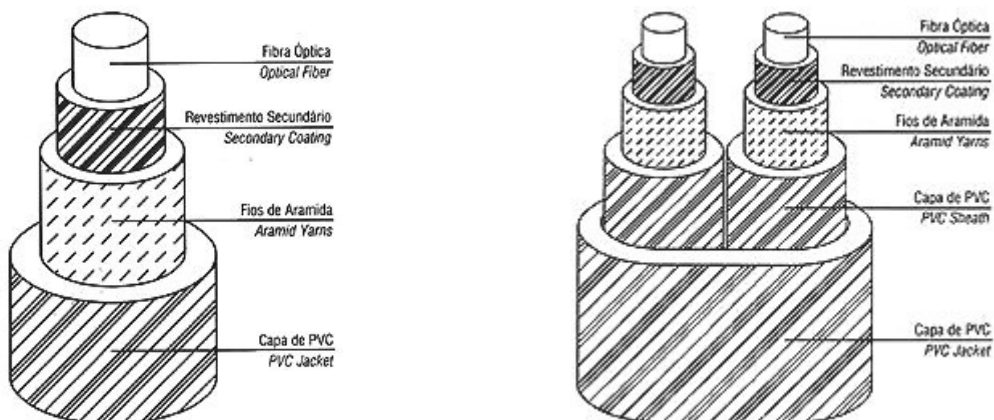
Transmissão em Fibra Óptica



Fibra ótica

A **fibra ótica** é um pedaço de vidro ou de materiais poliméricos com capacidade de transmitir luz. Tal filamento pode apresentar diâmetros variáveis, dependendo da aplicação, indo desde diâmetros ínfimos, da ordem de micrômetros (mais finos que um fio de cabelo) até vários milímetros

Estruturas da fibra ótica



Uma fibra ótica compõe-se basicamente de 2 estruturas de silício (SiO_2) denominadas de:

- **Núcleo:** Por onde trafega a informação;
- **Casca:** Envolve o núcleo, confinando raio de luz fique dentro do núcleo.

Para que possamos fazer com que a luz fique confinada dentro do núcleo, devemos ter densidades diferentes, também chamadas de índices de refração, entre os materiais que compõem o núcleo e a casca, esta diferença entre índices de refração é que permitem o confinamento da luz dentro do núcleo.

Estas diferenças de índices de refração são conseguidas usando-se materiais diferentes na composição de núcleo e da casca, estes materiais podem ser:

- Plásticos;
- Materiais Semi-Condutores: Germânio, Flúor, Fósforo, etc.

A fibra ótica foi inventada pelo físico indiano Narinder Singh Kapany. Dentre os diferentes métodos de fabricação de fibra ótica existentes, os mais conhecidos são MCVD, VAD e OVD.

Funcionamento

A transmissão da luz pela fibra segue um princípio único, independentemente do material usado ou da aplicação: é lançado um feixe de luz numa extremidade da fibra e, pelas características ópticas do meio (fibra), esse feixe percorre a fibra por meio de reflexões sucessivas.

A fibra possui no mínimo duas camadas: o núcleo e o revestimento. No núcleo, ocorre a transmissão da luz propriamente dita. A transmissão da luz dentro da fibra é possível graças a uma diferença de índice de refração entre o revestimento e o núcleo, sendo que o núcleo possui sempre um índice de refração mais elevado, característica que aliada ao ângulo de incidência do feixe de luz, possibilita o fenômeno da reflexão total.

As fibras óticas são utilizadas como meio de transmissão de ondas electromagnéticas (como a luz) uma vez que são transparentes e podem ser agrupadas em cabos. Estas fibras são feitas de plástico ou de vidro. O vidro é mais utilizado porque absorve menos as ondas electromagnéticas. As ondas electromagnéticas mais utilizadas são as correspondentes à gama da luz infravermelha.

O meio de transmissão por fibra ótica é chamado de "guiado", porque as ondas eletromagnéticas são "guiadas" na fibra, embora o meio transmita ondas omnidirecionais, contrariamente à transmissão "sem-fio", cujo meio é chamado de "não-guiado". Mesmo confinada a um meio físico, a luz transmitida pela fibra ótica proporciona o alcance de taxas de transmissão (velocidades) elevadíssimas, da ordem de dez elevado à nona potência a dez elevado à décima potência, de bits por segundo (cerca de 40Gbps), com baixa taxa de atenuação por quilômetro. Mas a velocidade de transmissão total possível ainda não foi alcançada pelas tecnologias existentes. Como a luz se propaga no interior de um meio físico, sofrendo ainda o fenômeno de reflexão, ela não consegue alcançar a velocidade de propagação no vácuo, que é de 300.000 km/segundo, sendo esta velocidade diminuída consideravelmente.

Cabos fibra ótica atravessam oceanos. Usar cabos para conectar dois continentes separados pelo oceano é um projecto monumental. É preciso instalar um cabo com milhares de quilómetros de extensão sob o mar, atravessando fossas e montanhas submarinas. Nos anos 80, tornou-se disponível, o primeiro cabo fibra ótica intercontinental desse tipo, instalado em 1988, e tinha capacidade para 40.000 conversas telefônicas simultâneas, usando tecnologia digital. Desde então, a capacidade dos cabos aumentou. Alguns cabos que atravessam o oceano Atlântico têm capacidade para 200 milhões de circuitos telefônicos.

Para transmitir dados pela fibra ótica, é necessário equipamentos especiais, que contém um componente fotoemissor, que pode ser um diodo emissor de luz (**LED**) ou um diodo *laser*. O fotoemissor converte sinais elétricos em pulsos de luz que representam os valores digitais binários (0 e 1). Tecnologias como WDM (CWDM e DWDM) fazem a multiplexação de várias comprimentos de onda em um único pulso de luz chegando a taxas de transmissão de 1,6 Terabits/s em um único par de fibras.

Vantagens

Em Virtude das suas características, as fibras óticas apresentam muitas vantagens sobre os sistemas elétricos:

- Dimensões Reduzidas
- Capacidade para transportar grandes quantidades de informação (Dezenas de milhares de conversações num par de Fibra);
- Atenuação muito baixa, que permite grandes espaçamentos entre repetidores, com distância entre repetidores superiores a algumas centenas de quilómetros.
- Imunidade às interferências electromagnéticas;
- Matéria-prima muito abundante.

Desvantagens

- Custo ainda elevado de compra e manutenção;
- Fragilidade das fibras óticas sem encapsulamento;
- Dificuldade de conexões das fibras óticas;
- Acopladores tipo T com perdas muito grandes;
- Impossibilidade de alimentação remota de repetidores;
- Falta de padronização dos componentes ópticos.

Aplicações

Uma característica importante que torna a fibra ótica indispensável em muitas aplicações é o facto de não ser suscetível à interferência eletromagnética, pela razão de que não transmite pulsos elétricos, como ocorre com outros meios de transmissão que empregam os fios metálicos, como o cobre. Podemos encontrar aplicações do uso de fibra ótica na medicina (endoscopias por exemplo) como também em telecomunicações (principalmente internet) em substituição aos fios de cobre.

Tipos de fibras

As fibras óticas podem ser basicamente de dois modos:

- **Monomodo:**
 - Permite o uso de apenas um sinal de luz pela fibra.
 - Dimensões menores que os outros tipos de fibras.
 - Maior banda passante por ter menor dispersão.
 - Geralmente é usado laser como fonte de geração de sinal.
- **Multimodo:**
 - Permite o uso de fontes luminosas de baixa ocorrência tais como LEDs (mais baratas).
 - Diâmetros grandes facilitam o acoplamento de fontes luminosas e requerem pouca precisão nos conectores.
 - Muito usado para curtas distâncias pelo preço e facilidade de implementação pois a longa distância tem muita perda

Emissores e receptores ópticos

- Fontes luminosas (transmissão)

As fibras ópticas jamais teriam ganhado a ênfase que ganharam se não houvesse um desenvolvimento grande em paralelo das fontes luminosas (fotoemissores) e dos receptores luminosos (fotodetectores). Estes dispositivos são ambos feitos com materiais semicondutores, tendo suas características dadas por tais compostos.

As fontes devem possuir potência de emissão luz que permita a transmissão por longos espaços, variar o mínimo possível com as condições do meio e tornar viável o acoplamento da luz na fibra, através das lentes convergentes ou de outros métodos.

Há dois tipos básicos de fontes luminosas: os diodos emissores de luz (LED, *Light Emitting Diodes*) e o diodo laser. A diferença é que nos LED's as recombinações são espontâneas, enquanto que no diodo laser, elas são estimuladas. Uma das técnicas para tal estimulação usada no diodo laser é colocar dois espelhos rigorosamente paralelos, de tal forma que ocorra interferência construtiva entre ondas sucessivamente construtivas até que a potência desejada seja atingida e o laser atravesse um dos espelhos.

Os LED's são mais simples, baratos e confiáveis, mas possui espectro mais largo de luz gerada com uma emissão incoerente, pior eficiência de acoplamento de luz na fibra e limitações na velocidade de modulação.

Por isso, os LED's são usados principalmente em sistemas de menor capacidade de transmissão, geralmente na primeira e segunda janela ópticas.

Os diodos laser, por sua vez, geram uma radiação mais coerente, com espectro mais estreito e feixe mais diretivo, com potências maiores. Seu custo, no entanto, é mais elevado que o dos LED's.

- Receptores luminosos (recepção)

A função dos fotodetectores é absorver a luz transmitida pela fibra e

convertê-la em corrente elétrica para processamento do receptor. O ideal é que os fotodetectores tivessem o maior alcance possível, operando nos menores níveis possíveis de potência óptica, e convertendo-a em eletricidade com o mínimo de erros e de ruído.

A conversão de luz em corrente é realizada utilizando a energia do fóton para retirar elétrons da camada de valência de um semicondutor (fotoionização), gerando portadores de carga e colocando-os em movimento, o que caracteriza a corrente. Há dois tipos básicos de fotodiodos, o fotodiodo p-i-n e o fotodiodo de avalanche (*Avalanche photodiode*). O primeiro é um fotodiodo (diodo receptor de luz) comum que tem entre suas regiões P e N, uma região não dopada, chamada de região intrínseca, cujo objetivo é manter o campo elétrico na região constante. O segundo, por sua vez, é próximo ao pin, mas gera campos elétricos mais fortes o que o torna mais sensível que o p-i-n e, ao mesmo tempo, aumenta o ruído captado.

A eficiência de um receptor mede-se verificando a razão entre o sinal e o ruído. Isso ocorre porque a potência óptica que é recebida pode chegar a nanowatts, o que torna necessária a amplificação do sinal. Assim, A eficiência de um fotodetector depende de sua capacidade de amplificar o sinal, sem gerar ruído novo nem amplificar os que vêm misturados com o sinal.

Os receptores luminosos estão sujeitos a diversos fatores de contaminação, dentre os quais a potência óptica de polarização, que pode ser tratada como uma radiação de fundo, e a corrente escura, que é a corrente gerada pela excitação térmica do receptor, sem que ele esteja recebendo luz, entre outros.

Aplicações das fibras

-Fiber Channel

Fiber Channel é a tecnologia da camada de enlace predominante de armazenamento em rede (*Storage Area Networks, SANs*) com interfaces que atingem velocidades acima de 100Mbps. Ela surgiu como tecnologia substituinte dos discos SCSI (Small Computer System Interface) para backup, recuperação de dados e espelhamento (*mirroring*), graças ao seu menor custo e à sua capacidade de cobrir maiores distâncias. O *Fiber Channel* pode ser carregado diretamente sobre a camada óptica utilizando-se o DWDM.

Gigabit Ethernet

A tecnologia *Gigabit Ethernet* é um marco na história das redes locais (LANs), pois foi o primeiro sistema no qual a implementação com mídia óptica foi mais barata do que em mídia elétrica. Gigabit Ethernet é o Ethernet padrão projetado para atingir escalas de outra ordem de magnitude, chegando a taxas de transferência de 1Gbps. Por conta da capacidade da fibra de cobrir longas distâncias sem repetidores, utilizando-se o DWDM, o Gigabit Ethernet pode ser

expandido para longas distâncias com grandes taxas.

-Rede telefônica

Uma das aplicações básicas onde as fibras ópticas foram utilizadas foi a rede telefônica. A fibra óptica, desenvolvendo sistemas de alta capacidade, era utilizada no chamado sistema tronco de telefonia, interligando centrais de tráfego interurbano, que podiam ter desde algumas dezenas e centenas de quilômetros.

Elas traziam vantagens em tais projetos pois, graças à sua capacidade de percorrer grandes distâncias sem a necessidade de repetidores e à sua grande capacidade de transmissão de banda, reduziam significativamente os custos em relação aos demais cabos e materiais utilizados para os mesmos fins.

Uma outra aplicação da fibra, ainda na telefonia, é na interligação de centrais telefônicas urbanas. Estas centrais não envolvem longas distâncias, mas as fibras ópticas entram como forte opção pois as redes subterrâneas estão geralmente congestionadas e porque sua grande banda passante é capaz de atender uma demanda crescente, representada pelo crescimento do número de usuários da rede.

-Rede digital de Serviços Integrados

As fibras ópticas são capazes de suportar os novos serviços de transmissão oferecidos pela rede digital de serviços integrados, graças à sua grande capacidade de transmissão. As fibras ainda não dominaram totalmente tal aplicação por conta de seu custo ainda alto, e por conta da dificuldade de realização de interfaces ópticas adequadas aos aparelhos telefônicos.

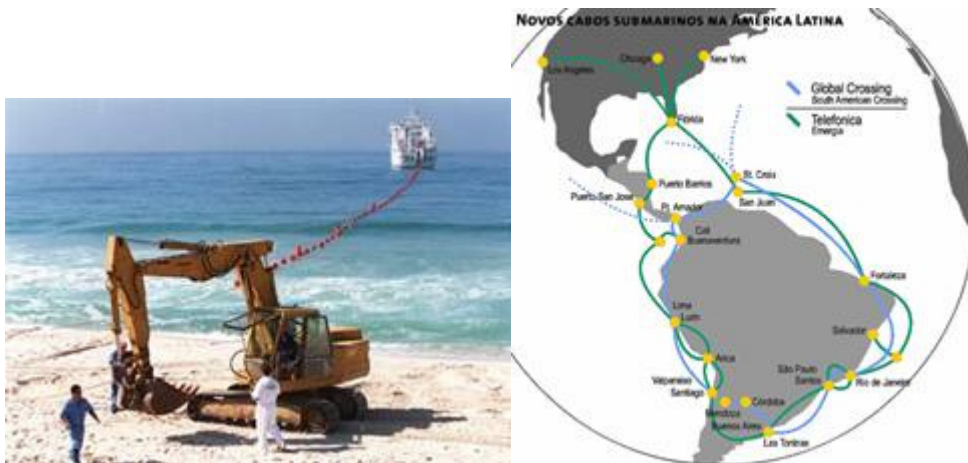
- Cabos Submarinos

Os cabos submarinos são parte integrante da rede internacional de telecomunicações, e são mais um exemplo no qual as fibras ópticas obtiveram sucesso. Os cabos convencionais utilizam cabos coaxiais de alta qualidade, com grande diâmetro para diminuir a atenuação, mas requerem repetidores separados por distâncias de 5 a 10 km. Com as fibras ópticas, essa distância entre repetidores pode ser aumentada para mais de 100km, além de oferecer outras vantagens já conhecidas como a alta banda passante e facilidades operacionais devido a suas pequenas dimensões.

O primeiro dos cabos ópticos submarino transatlântico, o TAT-8, entrou em operação em 1988, e elevou para 20000 circuitos de voz a capacidade de tráfego entre EUA e Europa graças à sua grande capacidade de transmissão e à tecnologia DWDM.

Desde então, foram instalados muitos outros cabos, criando uma forte rede de comunicações que interligam todos os 5 continentes, tendo cada cabo capacidade de transmissão da ordem de 1Tbps. Os cabos são utilizados para diferentes tarefas, como transmissão de

dados, telefonia, televisão, etc.



[17], [18]

- Televisão por Cabo (CATV)

Os atrativos da fibra óptica para os sistemas de CATV são as já conhecidas grande capacidade de transmissão e seu alcance sem repetidores. Nos sistemas de CATV com cabos coaxiais, o espaçamento entre repetidores é da ordem de 1 km e o número de repetidores está limitado a 10 por conta do ruído e da distorção aos quais tais cabos estão submetidos. Portanto, as fibras ópticas superam economicamente e com sua confiabilidade os cabos coaxiais banda-larga.

- Sensores

As fibras ópticas são utilizadas em sistemas sensores ou de instrumentação seja em aplicações industriais, médicas, automóveis e até militares. A idéia de utilizar a fibra óptica em tais ambientes vale-se de suas pequenas dimensões e da sua resistência à ambientes hostis.

Na indústria, as fibras ópticas são utilizadas principalmente em sistemas de telemetria, graças à resistência da fibra a diferentes condições de temperatura, pressão, e outros, e supervisão de controle de processos.

Na área médica há um vasto número de aplicações, destacando-se o primitivo Fiberscope, a primeira aplicação prática na qual uma fibra óptica foi utilizada. Em tais aplicações, o objetivo é observar e iluminar o interior do corpo humano. Hoje em dia, há, além dos aparelhos de imagens, sensores de temperatura, pressão, pH, e de vazão sanguínea. A área médica ainda conta com as redes de comunicações locais ou redes de distribuição de recursos, que realizam teleconferências, e outras transferências de dados em alta velocidade.

Na automobilística, as aplicações das fibras vão desde o controle do

motor e da transmissão até os acessórios secundários (controle de janelas e portas, aquecimento e refrigeração de ar, entre outros. As vantagens da fibra de ser imune à interferências, ter dimensões pequenas e isolamento elétrico, auxiliaram para que ela conquistasse mais este tipo de aplicações.