

Aspectos Fundamentais da Tecnologia de Fibras Ópticas

Edison Puig Maldonado e Dinaldo de Castilho Matos

Centro Universitário São Camilo

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um aumento na utilização do espectro eletromagnético em sistemas de comunicações. Isto levou os pesquisadores a buscarem condições e meios que permitissem a ampliação e otimização no emprego do espectro eletromagnético. Os resultados têm aparecido sob diversas formas, sendo interessante destacar o progressivo aumento na frequência da onda eletromagnética, chegando-se a comprimentos de onda da ordem de 1 cm, ou seja, aproximadamente 30 GHz.

A utilização da luz (visível e do infravermelho próximo) para transportar um sinal representa um salto na redução até então gradual de comprimentos de onda utilizados para o transporte de sinais. Com a utilização da luz, estamos saltando bruscamente para comprimentos de onda da ordem de $1 \mu\text{m}$ (10^{-6} m), ou seja, cerca de 10000 vezes menores.

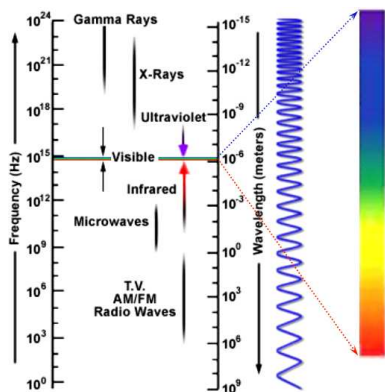


Figura 1 – Espectro eletromagnético

A teoria ondulatória trata a luz como campos eletromagnéticos oscilantes propagando-se no espaço. É nessa teoria que se baseia todo o funcionamento da fibra Óptica. A Fibra Óptica, como conhecemos atualmente, foi desenvolvida na década de 70. Entretanto, só foi utilizada para transmissão de dados e comunicação em 1977, pela GTE e AT&T, que usaram os cabos ópticos em redes de telefonia e com isso deram início a uma nova era.

Uma Fibra Óptica é um duto formado por materiais que são suficientemente transparentes para conduzir um feixe de luz visível ou infravermelho através de um trajeto qualquer. Em geral, a fibra óptica é composta por cilindros concêntricos com diferenças de índice de refração, o que possibilita o fenômeno de reflexão interna total. Ela se divide basicamente em duas partes, o núcleo e a casca. Para que haja reflexão total, o índice de refração do núcleo tem que ser maior que o índice da casca. Esta diferença no índice de refração está relacionada com o perfil da fibra óptica, que pode ser composta por materiais dielétricos distintos ou por dopagem de materiais semicondutores na sílica.

As fibras têm maior qualidade de transmissão, baixa perda e banda passante grande. Isto proporciona um índice de transmissão de dados elevado, menor quantidade de fios e repetidores e como consequência disto menor complexidade.

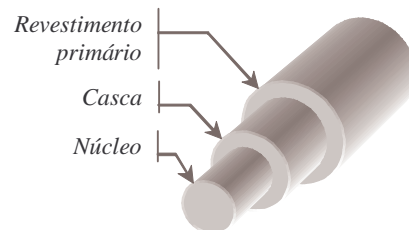


Figura 2 - Estrutura básica de uma fibra óptica

“Os bits viajarão através de fios de cobre, pelo ar e pela estrutura da estrada da informação, que será em grande parte composta por fios de fibra óptica. A fibra óptica é um cabo feito de vidro ou plástico tão liso e puro que, se você olhar através de uma parede dessa fibra de mais de cem quilômetros, conseguirá enxergar uma vela acesa do outro lado (...) A enorme vantagem que o cabo de fibra óptica leva sobre o fio é a largura de banda. Quanto maior a largura de banda, mais bits de informação conseguem passar por cada circuito num segundo.” (A Estrada do Futuro, Bill Gates.)

Capítulo 1 - HISTÓRICO

A comunicação feita através de sinais luminosos não é privilégio deste século. Desde as épocas mais remotas o homem procura aproveitar as fontes luminosas existentes para conseguir se comunicar a longas distâncias. Os homens da antiguidade utilizavam-se da luz do sol, manipulação de sinais de fumaça, espelhos ou outros objetos para reflexão da luz solar para transportar informações de forma rápida de um lugar para outro. Nestes sistemas as distâncias de transmissão eram limitadas pela capacidade dos receptores ópticos que na verdade eram os olhos humanos. Na ausência do sol, ou seja à noite, tochas de fogo substituíam o sol tendo uma certa vantagem sobre o sol pois a noite a luz das tochas podia ser vistas a distâncias maiores. Por exemplo, os gregos do século VI A.C., utilizavam sinais de fogo que eram repetidos por estações (humanas) ligando a Ásia Menor a Argos, para comunicar a queda de Tróia.

“Um exemplo mais recente de sistema de comunicações ópticas é dado pelo *Semaphore*, construído pelo francês Claude Chappe em 1791. Considerando como o primeiro sistema de comunicações ópticas de alta velocidade na história do homem, o Semaphore era baseado num dispositivo de braços mecânicos, o qual, instalado no alto de uma torre e operado manualmente, permitia a transmissão de sinais a distância visuais. Através de uma cadeia desses dispositivos, construídos em colinas e espaçados convenientemente através da França, podia-se transmitir mensagens à distância de 200 quilômetros em apenas 15 minutos. Embora tenha tido um impacto muito grande na Europa na época, o sistema de Chappe tornou-se obsoleto, com a invenção do telégrafo de Morse, em 1835, e caiu em desuso.

Em 1870, John Tyndall, usando um jato de água que fluía de um recipiente para outro e um feixe de luz, demonstrou que a luz usava reflexão interna para seguir um caminho específico. O experimento simples mostrado na figura abaixo marcou o início da pesquisa na transmissão em “guias de luz”.

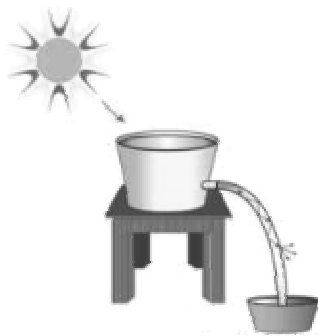


Figura 3 – Experimento de Tyndall

Um outro evento pioneiro na história das comunicações ópticas é a invenção do *fotofone* por Alexandre Graham Bell em 1880. O *fotofone* (*Photophone*), sistema pioneiro de comunicações ópticas analógicas, era um dispositivo para transmissão de voz por meio de um feixe de luz solar. As ondas sonoras da voz modulavam mecanicamente, através de um espelho refletor móvel, o feixe luminoso. Na recepção, uma célula de selênio convertia a energia luminosa modulada em intensidade de corrente elétrica que, por sua vez, era convertida em som por um receptor telefônico. A tecnologia disponível na época limitava o alcance do sistema a 200 metros; além disso, o *Photophone* não funcionava sem a luz solar direta.” (<http://www.lucalm.hpg.ig.com.br>)

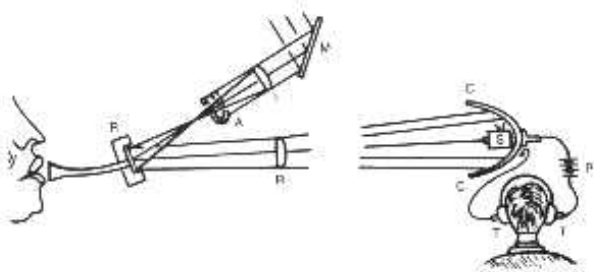


Figura 4 - FOTOFONE

O desenvolvimento da comunicação óptica estava dividido em três grupos: fibras ópticas, fontes de luz (p.ex., lasers) e fotossensores (p.ex., fotodiodos). Empenhou-se então em desenvolver novos tipos de fibras ópticas que proporcionassem atenuação cada vez menor, fontes de luz (lasers) com potências maiores e comprimentos de onda com menores níveis de atenuação nas fibras ópticas e fotossensores com grandes sensibilidades e respostas rápidas: tudo com o objetivo de aumentar a distância de comunicação de forma eficaz. Os resultados disso são os sistemas de comunicações que hoje utilizam as fibras ópticas em diversos tipos de aplicações.

O quadro a seguir mostra os principais eventos da comunicação através da óptica:

600 AC	Gregos	Sistema de telecomunicações visual através de sinais de fogo e estações (humanas) repetidoras
1791	Chappe (França)	Invenção do <i>Semaphore</i> – sistema de telecomunicações visual através de dispositivos mecânicos (braços) operados manualmente e instalados no alto de torres
1870	Tyndall (Inglaterra)	Experiência com transmissão de uma luz com o uso de um fino jato de água
1880	Bell (EUA)	Invenção do <i>Photophone</i> – sistema para transmitir voz utilizando-se de um feixe de luz
1910	Hondros e Debye (Alemanha)	Análise de guia de ondas dielétricos
1930	Lamb (Alemanha)	Primeiras experiências de transmissão de luz em fibras de vidro
1951	Heel (Holanda) Hopkins e Kapany (Inglaterra)	Invenção do <i>Fiberscope</i> – sistema de transmissão de imagens através de um feixe flexível de fibras
1958	Shawlow e Townes (EUA)	Concepção do laser
1958-1959	Kapany e outros (Inglaterra)	Proposta fibra óptica com estrutura de núcleo e casca
1960	Maiman (EUA)	Operação do primeiro laser: Rubi (emissão de luz pelo cromo na safira)
1962	EUA	Primeiro fotodiodo PIN de silício de alta velocidade
1964	Nishizawa e outros (Japão)	Proposta de guia de ondas óptico de gás com variação gradual do índice de refração

1966	Kao e Hockham (Inglaterra) Melchior e Lynch (EUA)	Sugestão de uso de fibras de vidro com núcleo e casca em sistemas de transmissão a longa distância fotodiodo de avalanche (APD) de germânio de alta velocidade
1968	Kawakami e Nishizawa (Japão) Kasonochy e outros (EUA)	Análise de fibras óptica com índice gradual Primeiro diodo laser com dupla heteroestrutura (DHS)
1969	Uchida e outros (Japão) Pearson e outros (EUA)	Primeiras pré-formas de fibras ópticas com índice gradual
1970	Kapron e Keck (EUA) Kayashi e outros (EUA)	Fabricação de fibras ópticas com atenuação de 20 dB/km Primeiro diodo laser com operação contínua em temperatura ambiente
1971	Burrus e Miller Gloge (EUA)	Primeiro LED para transmissão por fibras óptica Teoria simplificada de fibras ópticas
1972	Stone (EUA) Corning Glass Works (EUA) Bell Labs (EUA)	Desenvolvimento de fibras ópticas com núcleo líquido Fabricação de fibra multimodo com perdas de 4 dB/km Fibra óptica com 2,5 dB/km
1975	Payne e Gambling (Inglaterra)	Reconhecimento de janela de dispersão mínima para fibras ópticas de sílica
1976	Horiguchi e Osanai (Japão) Inglaterra EUA	Fibra óptica com 0,47 dB/km em 1200nm (conferir) Primeiro sistema de CATV com fibras ópticas Sistema experimental em campo a 45 Mbps na região de 0,82µm
1977	EUA Goodwin e outros (EUA) Dentai e outros (EUA)	Primeiro sistema telefônico com fibra óptica em operação regular Diodo laser com vida útil superior a 7.000 hs Desenvolvimento de LED de alta radiação em 1300nm
1977-1978	EUA, Europa e Japão EUA, Europa e Japão	Primeira geração de sistemas comerciais a 0,85µm em teste de campo. Primeiros sistemas experimentais com fibras multimodo em 1300nm
1979	Miya e outros (Japão)	Anunciada fibra monomodo com 0,20 dB/km em 1550nm
1980-1981	EUA, Europa e Japão	Instalação, teste e operação da segunda geração de sistemas comerciais (1,3µm)
1981	Ainslie e outros - Inglaterra	Demonstração de fibra monomodo com desvio de dispersão zero para 1550 nm
1982	Malyion e McDonna (Inglaterra) Yamada e outros (Japão) Stern e outros (Inglaterra)	Sistema experimental em 1,52µm com alcance sem repetidores de 102 km Sistema experimental em 1,55µm a 2 Gbps com alcance de 51,5 km Primeiras demonstrações no campo de emendas de fibras monomodo com perdas de 0,2 dB
1983	Bhagavatula (Inglaterra) EUA, Europa e Japão Japão	Fibra monomodo com núcleo segmentado (fibra com dispersão plana) Conectores para fibra monomodo com perda inferior a 0,3 dB comercialmente disponíveis Sistema comercial em 1300nm a 400 Mbps e alcance sem repetidor até 25 km
1984	EUA	Sistema comercial em 1300nm a 1,7 Gbps até 40 km
1985	AT&T Bell Labs (EUA) Inglaterra EUA, Europa e Japão Olsson e outros (EUA)	Sistema experimental a 4 Gbps com 103 km de alcance Sistema experimentais de fibras monomodo com dispersão deslocada mínima com alcance de 220 km (140 Mbps) e 230 km (34 Mbps) Fibras monomodo com dispersão deslocada mínima comercialmente disponíveis Sistema experimental em 1,55µm com capacidade de 2000 Gbps.km usando 10 canais WDM
1986	KDD (Japão) NEC (Japão) BRTL (Inglaterra) EUA, Europa e Japão	Sistema experimental em 1548nm, com fibras monomodo com dispersão deslocada a 2 Gbps a alcance de 108 km Sistema experimental em 1530nm, com fibras monomodo com dispersão deslocada a 565 Mbps e alcance de 240 km Sistema experimental em 1550nm, com fibra monomodo com dispersão deslocada a 2,4 Gbps e alcance de 71 km Diodo laser DFB disponível comercialmente
1987	Iwashita e Matsumoto (Japão)	Sistema coerente experimental a 400 Mbps com 290 km de alcance
1988	EUA, Europa Taiwan	Operação do 1º cabo óptico submarino transatlântico (TAT-8) entre EUA e Europa (França e Inglaterra) Cabo óptico submarino de 3ª geração (1,55µm) sem repetidores (104 km)

Tabela 1 - Histórico das comunicações Ópticas.

Capítulo 2 - JANELAS DE TRANSMISSÃO

Sistemas de fibras ópticas foram desenvolvidos ao longo dos anos em uma série de gerações, as quais podem ser associadas às escolhas do comprimento de onda para transmissão. A figura abaixo mostra três curvas. Ao alto, tracejado, a curva correspondente à fibra do início dos anos 80. No meio, pontilhado, a curva correspondente à fibra do final dos anos 80. Embaixo, sólida, a curva corresponde à fibra óptica moderna. Os primeiros sistemas de fibra óptica foram desenvolvidos em um comprimento de onda de operação de aproximadamente 850 nm. Este comprimento de onda corresponde à chamada “primeira janela” em uma fibra óptica de sílica. Estas “janelas” se referem às regiões do espectro que oferecem baixas perdas ópticas.

A primeira janela de transmissão se localiza entre os diversos picos de absorção causados principalmente por umidade (na fibra) e pelo espalhamento de Rayleigh.

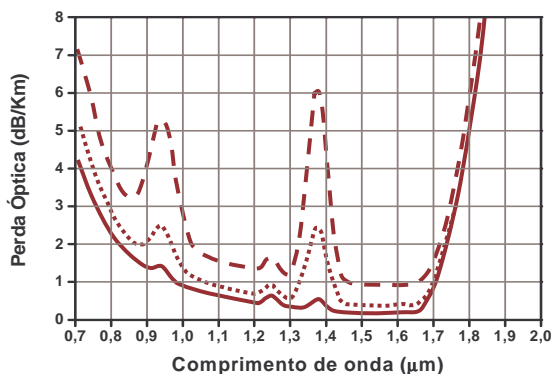


Figura 5 – Perdas das fibras ópticas de sílica, em função do comprimento de onda

A região de 850 nm era inicialmente atraente porque a tecnologia para fontes de luz neste comprimento de onda já estava aperfeiçoada, consistindo em diodos emissores de luz visível. Detectores de silício, de baixo custo, podiam também ser usados em 850 nm. Enquanto a tecnologia progrediu, a primeira janela tornou-se mais menos atraente por causa de seu limite da perda de relativamente alto: 3 dB/km.

A maioria das empresas passou então a usar a “segunda janela” em 1310 nm, com atenuação mais baixa, aproximadamente 0,5 dB/km. No final de 1977, a Nippon Telegraph and Telephone (NTT) desenvolveu tecnologia para utilização da “terceira janela”, em 1550 nm, que oferece mínimas perdas ópticas para fibras de sílica, de aproximadamente 0.2 dB/km.

Hoje, sistemas de 850, 1310 e 1550 nm são desenvolvidos, fabricados e utilizados, juntamente com sistemas usando comprimentos de onda visíveis, perto de 660 nm (vermelho), para comunicações em distâncias curtas. Cada comprimento de onda tem sua vantagem. Alguns oferecem um desempenho mais elevado, mas vêm sempre com custo mais elevado. As ligações de menor distância podem ser realizadas com sistemas que utilizam comprimentos de onda de 660 nm ou de 850 nm (por exemplo, uso doméstico ou em pequenas e médias empresas). Conexões a longas distâncias requerem os sistemas de 1550 nm.

Além disso, uma “quarta janela”, perto de 1625 nm, está sendo desenvolvida. Com perdas comparáveis à de 1550 nm, pode simplificar algumas das complexidades de sistemas de comunicações com múltiplos comprimentos de onda.

Capítulo 3 - PRINCIPAIS VANTAGENS

As Fibras Ópticas apresentam várias vantagens em relação aos meios de comunicação mais conhecidos e usados nas empresas, a seguir serão definidas algumas destas vantagens.

3.1 IMUNIDADE A INTERFERÊNCIAS EXTERNAS

As fibras são constituídas de materiais com características dielétricas, isto faz com que ela tenha total imunidade a qualquer interferência de qualquer intensidade que venha do meio externo, com isso independente do nível de ruído existente no local em que a fibra óptica esteja instalada o tráfego de informações esta garantido com total fidelidade. A utilização de cabos ópticos totalmente imunes à interferência evita problemas com aterramento de cabos e equipamentos devido ao isolamento elétrico que os materiais que constituem os cabos proporcionam. No aspecto de segurança os cabos ópticos são indicados para locais com risco de explosão, por exemplo ambientes com presença de gases inflamáveis, já que não existe risco de curto-circuito, faíscas e choques elétricos.

3.2 DIMENSÕES REDUZIDAS

Uma das maiores vantagens dos cabos ópticos é a sua espessura, não levando em conta os revestimentos necessários para sua proteção, um cabo óptico chega a ser 20 vezes mais fino do que os cabos convencionais e com a mesma capacidade de transmissão. Para termos uma idéia da espessura de uma fibra óptica típica, podemos compará-la com um fio de cabelo (a fibra é um pouco mais espessa que o fio de cabelo).

3.3 SEGURANÇA NO TRÁFEGO DE INFORMAÇÕES

A transmissão dos dados em um cabo óptico é feita através de sinais luminosos o que dificulta e muito os “grampos” utilizados para obter informações sigilosas. Para decifrar estes sinais e conseguir absorver alguma informação seria necessário equipamento sofisticado e muito conhecimento por parte do operador. Por isso as fibras são utilizadas em aplicações que necessitam de maior segurança, como aplicações bancárias, militares e de pesquisa.

3.4 MAIOR ALCANCE DE TRANSMISSÃO

Devido ao baixíssimo índice de perda na comunicação através das fibras ópticas as distâncias percorridas pelos cabos ópticos sem necessidade de repetidores chega a até 250Km. Essa distância é 5 vezes maior que a alcançada em uma comunicação feita através de microondas (50Km). Mas a distancia alcançada pelo cabo óptico aumentará em breve, já que o desenvolvimento dos equipamentos envolvidos na transmissão e recepção de dados visa aumentar a potência na transmissão.

3.5 MAIOR CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO

A capacidade de transmissão está relacionada com a frequência das portadoras ou do comprimento da onda de luz. No caso das fibras ópticas, dependendo do tipo (monomodo ou multimodo), pode-se encontrar valores de 160MHz/Km, 500MHz/Km ou centenas de THz/Km. Por sua vez, os sistemas convencionais de micro ondas estão limitados a 700 MHz/Km. Isto demonstra a possibilidade de expansão do número de canais de voz, vídeo e dados no mesmo meio de transmissão. A fibra não é mais rápida que os meios de comunicação mais comuns. Para melhor entendermos a capacidade de transmissão das fibras vamos imaginar duas situações, na primeira um automóvel com 5 passageiros a 60Km/h e na segunda um trem com 800 passageiros andando nos mesmos 60Km/h. A velocidade é a mesma, mas a quantidade de passageiros é muito maior. Analogamente, a transmissão de dados por fibra óptica não é necessariamente mais veloz que os meios de comunicações mais utilizados, mas sim transmite mais informações por vez.

3.6 RELAÇÃO CUSTO / BENEFÍCIO

Dependendo da aplicação, os cabos ópticos têm maior relação custo/benefício do que os outros meios de comunicação utilizados. Um exemplo disto são os sistemas de comunicação a longas distâncias, pois os cabos ópticos tem maior capacidade de transmissão e maior alcance entre os repetidores, enquanto os meios convencionais de transmissão por micro ondas tem sua capacidade de transmissão limitada a 50Km entre os repetidores. Para pequenas distancias os cabos ópticos são relativamente caros, mas se levamos em consideração as futuras expansões que deveram sofrer as instalações, o custo do cabo óptico passa a ser competitivo devido a grande facilidade de expansão das fibras ópticas.

3.7 AUSÊNCIA DE DIAFONIA (LINHA CRUZADA- CROSSTALK)

As fibras ópticas não causam interferência entre si, eliminando assim um problema comum enfrentado nos sistemas com cabos convencionais, principalmente nas transmissões em alta frequência, eliminando necessidade de blindagens que representam parte importante do custo de cabos metálicos.

Capítulo 4 - PRINCIPAIS DESVANTAGENS

Como todo meio físico de transmissão, as fibras ópticas também tem desvantagens:

4.1 FRAGILIDADE

Uma fibra óptica é infinitamente mais frágil do que os cabos convencionais, não podendo ser manuseada facilmente sem estar revestida.

4.2 DIFICULDADE DE CONEXÃO

Por terem dimensões reduzidas as fibras exigem alta precisão em seu manuseio e na realização de conexões e junções.

4.3 ACOPLADORES TIPO T COM PERDAS MUITO ALTAS

É muito difícil conseguir acoplar cabos ópticos com conectores tipo T sem ter altos índices de perdas, isso faz a fibra óptica inviável para utilização em sistemas multiponto.

4.4 IMPOSSIBILIDADE DE ALIMENTAÇÃO REMOTA DE REPETIDORES

Para alimentar um repetidor no sistema de fibras ópticas é necessária uma alimentação elétrica independente para cada repetidor, impossibilitando uma realimentação através do próprio meio de transmissão.

4.5 FALTA DE PADRÃO DOS COMPONENTES

O fato da tecnologia de transmissão por fibras ópticas estar em constante avanço não facilita o estabelecimento de padrões para os componentes de sistemas de transmissão por fibras.

Capítulo 5 - TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS

Existe uma grande variedade de fibras, cada qual voltada a uma aplicação específica. As fibras costumam ser classificadas em dois grandes grupos: Fibras Multimodo e Fibras Monomodo.

5.1 FIBRAS MULTIMODO

As fibras multimodo são as fibras que possuem vários modos de propagação, ou seja, os raios de luz podem percorrer o interior da fibra óptica por diversos caminhos. Dependendo da variação do índice de refração do núcleo à casca pode-se classificar as fibras em dois tipos: Fibras Multimodo de Índice Degrau e Fibras Multimodo de Índice Gradual.

5.1.1 Fibras de Degrau de Índice (Step Index)

Este é o primeiro tipo de fibra inventado e é também o mais simples, porém as fibras de índice degrau apresentam características muito inferiores aos outros tipos de fibras. Uma de suas deficiências é sua banda passante que é muito estreita, outra deficiência é que a atenuação é relativamente alta quando comparada às fibras monomodo. Por isso, esse tipo de fibra é usado somente na transmissão em distâncias relativamente curtas.

Com a potência luminosa sendo transportada em sua maior parte no núcleo da fibra, e não na casca, a espessura da casca não afeta a propagação dos modos. Existem fibras multimodo que possuem cascas compostas de algum tipo de plástico transparente (silicone, poliestireno, polímeros especiais etc), que apresentam um índice de refração superior o da sílica. Já existem fibras que são constituídas totalmente de plástico (núcleo e casca).

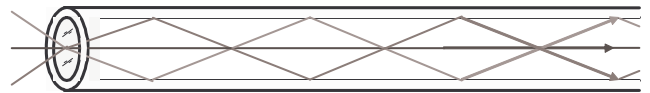


Figura 6 - Fibra Multimodo de Índice Degrau

5.1.2 Fibra de Gradiente de Índice (Graded Index)

Estes tipos de fibras são bem mais utilizadas que a anterior. Porém sua fabricação é mais complexa pois o índice de refração gradual do núcleo somente é conseguido através de dopagens diferenciadas e isto faz com que o índice de refração diminua gradualmente do centro do núcleo até a casca. Na prática, este índice gradual faz com que os raios de luz percorram caminhos diferentes, em velocidade diferentes, fazendo com que os raios de luz cheguem à outra extremidade da fibra aproximadamente ao mesmo tempo. Isto faz com que a banda passante aumente, aumentando a capacidade de transmissão da fibra óptica, pois fenômenos de dispersão do pulso óptico são diminuídos. Essas fibras são desenvolvidas especialmente para sistemas de telecomunicação para isso possuem dimensões reduzidas em relação aos outros tipos de fibras.

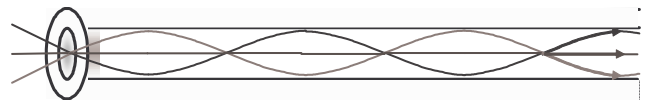


Figura 7 - Fibra Multimodo de Índice Gradual

5.2 FIBRAS MONOMODO

As fibras monomodo são fibras que possuem um único modo de propagação, ou seja, contrariamente às fibras multimodo, os raios de luz percorrem o interior da fibra por um só caminho, isso diminui ainda mais a dispersão do pulso de luz. Esse tipo de fibra tem dimensões ainda mais reduzidas, exigindo técnicas de alta precisão para poder realizar conexões entre segmentos de fibras. Mas sua principal característica é que sua capacidade de transmissão é muito superior às das fibras multimodo.

Por ter suas dimensões muito próximas aos comprimentos de onda de luz incidente, não são válidas as aproximações anteriormente utilizadas para explicar o seu funcionamento. Uma fibra monomodo tem transmissão e guiamento de luz através do fenômeno de difração, principalmente.

Para se obter uma fibra monomodo existem 3 maneiras: reduzir a diferença de índice de refração, reduzir o diâmetro do núcleo ou aumentar o comprimento de onda da luz incidente.



Figura 8 - Fibra Monomodo

Capítulo 6 - CABOS DE FIBRAS ÓPTICAS

Um cabo óptico é constituído da união de varias fibras de um mesmo tipo, revestidas de materiais que proporcionam alta proteção e resistência às variações do ambiente externo. Em todos os tipos de aplicações em que as fibras são utilizadas há a necessidade de uma proteção especial por serem muito frágeis, ou seja, em todas as aplicações e necessário a utilização de cabos ópticos. Além disso, os cabos ópticos proporcionam uma facilidade maior de manuseio na instalação, sem o risco de danificar as fibras. A seguir serão descritos os tipos de cabos ópticos suas principais características em que tipo de aplicações estes cabos são mais utilizados.

6.1 CABO TIPO LOOSE

Nos cabos do tipo *Loose* as fibras são acondicionadas em um tubo com diâmetro superior ao das fibras, com isso as fibras ficam isoladas das tensões externas presentes nos cabos convencionais de cobre, as fibras ficam protegidas da tração, flexão ou variação de temperatura, por dentro deste tubo e aplicado uma camada de gel derivado de petróleo para isolar as fibras da umidade externa.

Este tipo de cabo e usado em sistema de comunicações de longas distâncias e ficam instalados em condutos, postes, enlaçamentos suspensos, percursos sujeitos a variações externas de temperaturas, enterrados ou na água.



Figura 9 - Cabo Loose

6.2 CABO TIPO TIGHT

Nos cabos ópticos do tipo *Tight* as fibras são revestidas de plástico e acima deste revestimento elas recebem um segundo revestimento de *nylon* ou poliéster que irá proporcionar uma proteção maior para as fibras dentro doo cabos. Este tipo de cabo foi o primeiro a ser usado para interligar centrais de telefonia, mas atualmente eles estão sendo usados em aplicações internas de curtas distâncias onde suas características de revestimentos se mostram muito favoráveis.



Figura 10 - Cabo Tight

6.3 CABO TIPO GROOVE

Nos cabos ópticos do tipo *Groove* as fibras ficam soltas nas ranhuras que possuem um formato em "V" de um corpo de estrutura em forma de estrela que ira proporcionar uma melhor acomodação para as fibras. Geralmente este tipo de cabo apresenta um elemento tensor em seu centro e este elemento proporciona uma resistência mecânica maior ao cabo. Este tipo de cabo e muito utilizado para aplicações que necessitam um número grande de fibras ópticas já que este tipo de cabo esta disponível com contagem de até 864 fibras.

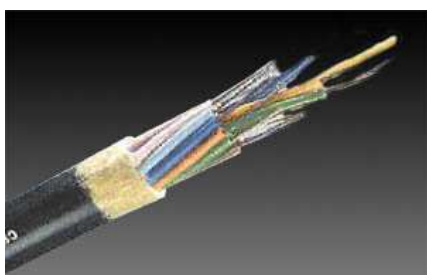


Figura 111 - Cabo Groove

6.4 CABO TIPO RIBBON

Nos cabos ópticos do tipo *Ribbon* as fibras são envolvidas por uma camada plástica plana com formato de uma fita, onde estas camadas são "empilhadas" formando um bloco compacto. Estes blocos são alojados nas ranhuras das estruturas estelares dos cabos do tipo *Groove*. Logo este tipo de cabo é uma derivação do cabo tipo *Groove* combinado com as fitas de fibras. Este cabo é utilizado em aplicações de grande porte onde são necessários um número muito grande de fibras já que um cabo do tipo *Ribbon* pode conter em seu interior até 4000 fibras.



Figura 12 - Cabo Ribbon

Capítulo 7 - FIBRAS ÓPTICAS X SATÉLITES

Atualmente o meio de transmissão de dados, voz e imagem mais usado para longas distâncias, caracterizados por um grande tráfego ponto a ponto são os Satélites. Entretanto, as Fibras Ópticas se mostram como uma alternativa mais rápida do que os satélites. Pode-se citar como exemplo o sistema de transmissão submarino de cabos ópticos que liga os EUA a Europa para circuitos de Telefonia, este sistema apresenta melhor desempenho (menor atraso) e custos mais baixos em relação aos satélites.

Apesar deste alto desempenho as fibras perdem esta disputa para os satélites em sistemas que exigem tráfego multiponto irregular, ou seja, a transmissão sai de um lugar para vários outros sem nenhum padrão o destino muda a cada minuto, por exemplo, as aplicações de difusão de TV ou em redes que interligam regiões extensas com população esparsa, nestes casos os satélites ainda são a melhor opção devido a flexibilidade de configuração.

A crescente evolução na tecnologia de transmissão das fibras ópticas impulsionada pelas redes digitais de serviços interligados (RDSI), faz com que o mundo da comunicação espere um avanço das fibras ópticas para as aplicações multiponto, porém as aplicações do tipo móveis e outras ainda tem como melhor opção os sistemas de transmissão via satélite. A tabela abaixo traz um comparativo entre fibras ópticas e satélites.

Características	Sistemas com Fibras Ópticas	Sistemas via Satélites
Banda Passante	Teoricamente, da ordem de THz (1,7 Gbps disponível)	Transporte em 36, 54 e 72 MHz
Imunidade ao ruído	Imune	Sujeito a interferências de varias fontes, inclusive microondas
Durabilidade dos Enlaces	Linhas aéreas podem ser derrubadas por tempestades	Tempestades podem colocar fora de operação antenas individuais, mas a rede permanece intacta
Segurança	Difícil desvio de informação não detectada	Necessidade de codificar a informação
Capacidade Multiponto	Meio de transmissão essencialmente ponto-a-ponto	Fácil implementação de comunicações ponto-multiponto
Flexibilidade	Dificuldade de reconfigurar para atender mudanças de trafego	Fácil de reconfigurar se hardware bem projetado
Conectividade	Requer rede física e assinantes	Com instalação de antenas nos assinantes não requer rede

Tabela 2 - Comparativo Fibras x Satélites

Capítulo 8 - APLICAÇÕES

Quando utilizada uma rede de fibras ópticas para comunicação, as transmissões ganham em rapidez e eficiência.

Os sistemas de comunicação através das fibras, independente da área que são utilizadas, são constituídas basicamente de um transmissor (codifica a informação), um meio de transmissão (transmite a informação) e um receptor (decodifica a informação original). A informação passa pelo transmissor, que a converte em sinais binários, e é misturada num multiplexador. O sinal do multiplexador é utilizado para ligar e desligar um laser ou um diodo emissor de luz (led). Depois de gerado, o sinal de luz é transmitido pelas fibras e o sinal de saída sensibiliza um fotodetector, que introduz o sinal em demultiplexador, que fax a recuperação dos sinais e os encaminha ao destino final.

A seguir serão definidas as principais aplicações que atualmente utilizam fibras ópticas.

8.1 REDES DE TELEFONIA

Um das primeiras redes de fibras ópticas existentes é a de telefonia, interligando centrais de tráfego interurbano. Esse tipo de sistema exige uma grande capacidade de transmissão, pois geralmente envolve grandes distâncias, de algumas dezenas até centenas de quilômetros e às vezes até de dimensões continentais (milhares de quilômetros). Por terem uma banda passante grande e baixa atenuação as fibras ópticas são perfeitas para este tipo de aplicação.

No Japão foi instalado em 1985 um sistema tronco de telefonia totalmente de fibras ópticas que interliga todo o país, A 400 Mbps, chegando a uma distancia de 3400Km, contendo repetidores com distancias de ate 30Km entre eles. Com a flexibilidade de expandir a taxa de transmissão que as fibras oferecem o Japão já esta estudando uma expansão deste sistema para 1.7 Gbps. Nos EUA este mesmo tipo de sistema foi implantado no fimas de 1987 e atualmente possui mais de 1.000.000Km (um milhão) de fibras. Neste sistema é usado um espaçamento de cerca de 48 Km entre os repetidores, sua taxa de transmissão chega a 417Mbps. Os EUA também procuram expandir esta taxa para 1,7Gbps.

8.2 RDSI (REDE DIGITAL DE SERVIÇOS INTEGRADOS)

Este tipo de rede constitui em interligar os assinantes (usuário de telefone) às centrais telefônicas locais, permitindo a introdução de serviços digitais (TV, dados, videofone, etc). Com esses serviços as fibras tendem a ser imperativas, dominando totalmente as redes de telefonia e fazendo os cabos metálicos caírem em desuso.

Devido a sua grande banda passante e ao fato de suportarem novos serviços de transmissão, as fibras ópticas permitem a configuração da rede de assinantes em topologias econômicas em relação ao cabeamento metálico. Outro fator positivo deste tipo de aplicação é que devido ao grande número de fibras necessárias para interligar os assinantes com as centrais, o custo dos cabos ópticos sofre uma queda e com isso se aproxima ao custo dos cabos metálicos, só que com muitas vantagens.

Mas para chegar até as casas dos usuários a Fibras Ópticas têm que romper uma difícil barreira: a barreira do transporte de energia. Aparelhos telefônicos convencionais, por exemplo, exigem uma alimentação de energia para tocar a campainha e para manter o telefone funcionando. Mas com os avanços tecnológicos no desenvolvimento dos componentes optoeletrônicos, de dispositivos ópticos e de padrões dos equipamentos, existem soluções para este tipo de problema.

8.3 REDES DE COMPUTADORES

Neste item citaremos dois tipos de redes de computadores que utilizam-se de Fibras Ópticas: As redes locais (LAN - *Local Area Network*) e as redes de longa distância (WAN - *Wide Área Network*).

As redes locais (LAN) normalmente são internas (escritórios, prédios, casa) mas podem ser também externas. Para este tipo de aplicação, os cabos ópticos são usados normalmente para interligar pontos de rede que ficam distantes um do outro, como por exemplo interligar as redes de diversos andares de um prédio, interligar prédios de um campus de faculdade, interligar os galpões de uma fábrica, etc. Nestes casos, os cabos de fibras levam vantagens sobre os cabos metálicos por serem imunes a interferências externas (suportam instalação em ambientes hostis), por terem maior alcance, pela alta capacidade de transmissão, etc.

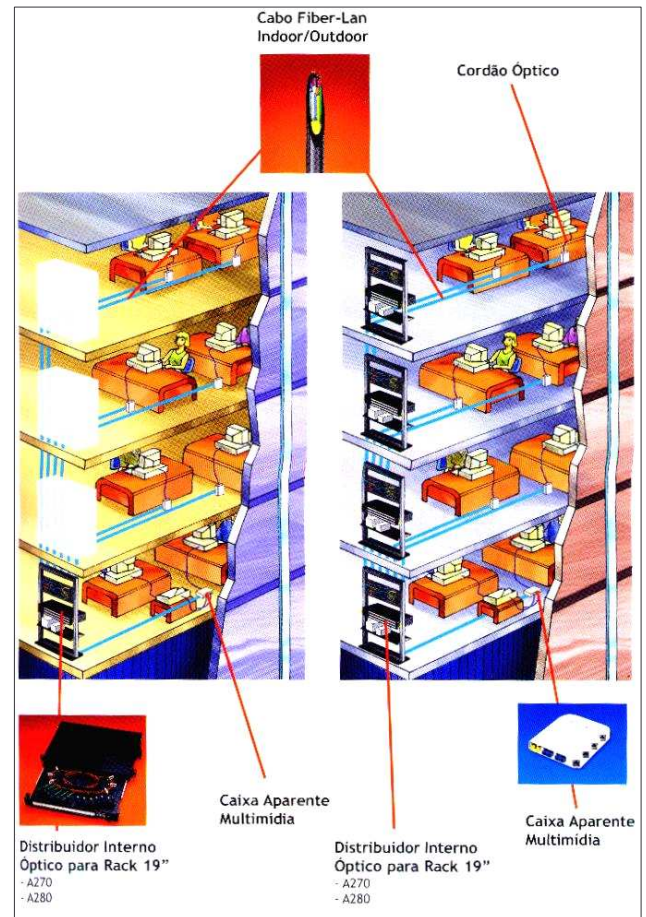


Figura 133 – Rede de Computadores

As redes de longa distância (WAN) usam geralmente meios comuns ao das redes telefônicas para fazer a comunicação entre dois locais de rede. Por exemplo, uma empresa que possui sua sede em São Paulo e uma filial em Santos pode utilizar a transmissão via fibras ópticas para transmitir informações da rede da filial para a rede da sede como se estivesse utilizando uma rede telefônica. Com a utilização das fibras ópticas, a empresa tem maior segurança e maior confiabilidade na transmissão, pois através das fibras é muito difícil alguém conseguir interceptar o sinal e muito mais difícil conseguir decifrá-lo, já que a informação é transmitida via sinal luminoso e para decifrá-lo é necessário, além de um profissional com grande experiência, equipamentos de alta tecnologia.

8.4 TV A CABO

As redes de TV a cabo são utilizadas pelas tv's por assinatura. Neste sistema a fibra leva uma grande vantagem sobre os cabos de cobre, pois devido a sua grande banda passante as operadoras podem oferecer diversos serviços além de transmissão de TV, com acesso à Internet rápida, vídeo games interativos, filmes sob encomenda etc. Para este tipo de aplicação os cabos ópticos são usados no sistema ponto a ponto. O cabo sai da central de transmissão, chega até um terminal localizado em um poste (geralmente estes terminais cobrem a área de um

bairro) e deste terminal saem outros cabos que chegam até o receptor dos usuários.

CONCLUSÃO

Com as necessidades de aumento de rapidez nas transmissões de dados e de segurança destas transmissões, fica claro que os cabos ópticos serão cada vez mais utilizados.

Com isso, a fibra óptica irá cada vez mais se popularizar, passando a ser o principal meio de transmissão de dados, voz e imagem com elevadíssima rapidez, precisão e sem perdas ou atenuação do sinal.

Após a implantação da transmissão de informações através de fibras ópticas, o tempo de produção da empresa ABN caiu para 58% do tempo original, atingindo assim as metas estabelecidas pelo Detran-SP e aumentado em quase 80% a produção de CNHs.

REFERÊNCIAS

LIMA, Almir Wirth Jr. *Redes de Computadores, Telecomunicação/Comunicação via Fibras Ópticas*. Rio de Janeiro: Book Express, [199?].

LIMA, Almir Wirth Jr. *Redes de computadores - fibras ópticas*. [S.l.]: Book Express, 1998.

ALVES, Luiz. *Comunicação de Dados*. São Paulo: Makron Books, 1994.

TANENBAUN, Andrew S. *Redes de Computadores*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

SOARES, Luiz Fernando Gomes; LEMOS, Guido; COLCHER, Sergio. *Redes de Computadores das LANs MANs e WANs às Redes ATM*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

SANCHEZ, M. *Transmissão Digital e Fibras Ópticas*. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, 1994.

GIOZZA, William F. *Fibras Ópticas*. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, 1991

TABINI, Ricardo. *Fibras Ópticas*. [S.l.]: Erica, 1990.

BODAS, Cristina. *Repórter Terra / Fibra Óptica*. <http://www.terra.com.br/reporterterra/fibra/materia1.htm>. [2002]

AMZ, Adriano. *Fibra Óptica*. <http://geocities.yahoo.com.br/adrianoamz/>. [2002]

ALMEIDA, Luciano. *Fibras Ópticas*. <http://www.lucalm.hpg.ig.com.br/> [2003]

GLOSSÁRIO

AT&T: *American Telephone & Telegraph*. Empresa norte-americana que atua na área de telecomunicações;

Cabo Óptico: Cabo que contém uma ou várias fibras óticas destinadas à transmissão de sinais;

Casca: Camada externa da fibra óptica, composta de material de baixo índice de refração, que envolve o núcleo, fornecendo-lhe isolamento óptica;

Comprimento de Onda: Distância percorrida em um ciclo pela frente de onda. Pode ser calculado pela divisão da velocidade de propagação da onda por sua frequência;

Crosstalk: Linha cruzada, diafonia;

Dielétricos: Meios não metálicos e não condutores de eletricidade

Digital: Propriedade de um equipamento ou sinal (óptico ou elétrico) onde uma informação é transformada em bits para ser transmitida ou processada.

Diodo Emissor de Luz (LED): Dispositivo semiconductor que emite luz incoerente formada pela junção P-N. A intensidade de luz é proporcional ao fluxo da corrente elétrica;

Fotodiodo: Dispositivo utilizado para converter sinais ópticos em sinais elétricos;

Infravermelho: Radiação óptica com comprimento de onda maiores do que aqueles da radiação visível, aproximadamente entre 800nm e 1mm;

Janela de Transmissão: São os comprimentos de onda de operação de uma fibra óptica, para o qual a atenuação da mesma tem um ponto de mínimo. São usadas três janelas:

1ª Janela: 850nm – Aplicável apenas a fibras multimodo.

2ª Janela 1310nm – Aplicável a fibras multimodo ou monomodo

3ª Janela 1550nm – Aplicável apenas a fibras monomodo

LAN: *Local Area Network*, rede local de computadores, restrita a uma pequena área geográfica, normalmente um prédio ou empresa. É comumente operada pelos próprios usuários;

Largura de Banda: Expressa a quantidade de informações que um sistema tem capacidade de transportar. Em sistemas analógicos, é a diferença entre a frequência máxima e mínima que podem ser transportadas;

Laser: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*.

Fonte de luz coerente com estreita largura de banda espectral;

Linha Cruzadas: Transferência de informações de uma guia de onda para outro adjacente: diafonia;

Micron: (mm) Unidade de medida que equivale a um milionésimo de metro = 10^{-6} metro;

Microonda: Qualquer onda eletromagnética com frequência acima de 890 Mhz. Normalmente dividida em três partes: UHF, SHF e EHF;

Nano: Unidade que equivale a 1 bilionésimo = 10^{-9} . Exemplo: 1nm = 10^{-9} metros.

Núcleo: A parte central de uma fibra onde é confinada toda a luz, por apresentar índice de refração mais alto que a casca que o envolve.

Receptor Óptico: Equipamento opto-eletrônico que recebe um sinal óptico e converte para um sinal elétrico equivalente.

Repetidor: Regenerador de um sinal atenuado. Ele recebe o sinal e retransmite;

Ruído: Qualquer perturbação que venha a interferir na operação normal de um aparelho ou sistema de comunicação. As unidades de medição de ruídos variam com os procedimentos utilizados para a ponderação de ruídos

Sílica: Dióxido de Silício em forma vítrea, quartzo;

Transmissor Óptico: Equipamento eletro-óptico que recebe um sinal elétrico e o converte para um sinal óptico equivalente, pronto para ser propagado por uma fibra óptica;

WAN: *Wide Area Network*. Rede de longa distância. A ligação entre duas metrópoles constitui uma WAN;