

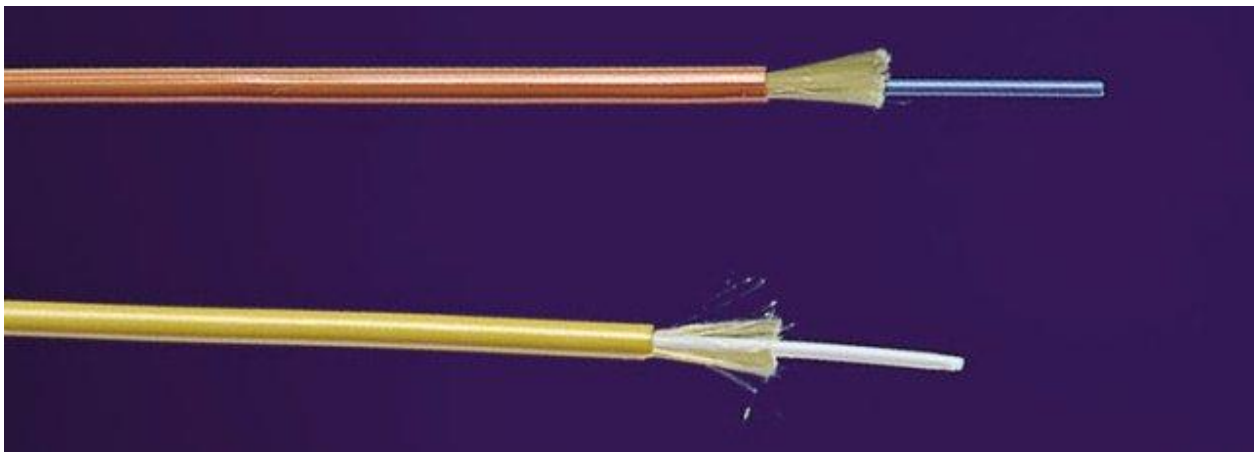
Fibra óptica (adaptado de GDH Press: www.gdhpress.com.br)

Os cabos de fibra óptica utilizam o fenômeno da refração interna total para transmitir feixes de luz a longas distâncias. Um núcleo de vidro muito fino, feito de sílica com alto grau de pureza é envolvido por uma camada (também de sílica) com índice de refração mais baixo, chamada de cladding, o que faz com que a luz transmitida pelo núcleo de fibra seja reflectida pelas paredes internas do cabo. Desta maneira, apesar de ser transparente, a fibra é capaz de conduzir a luz por longas distâncias, com um índice de perdas muito pequeno.

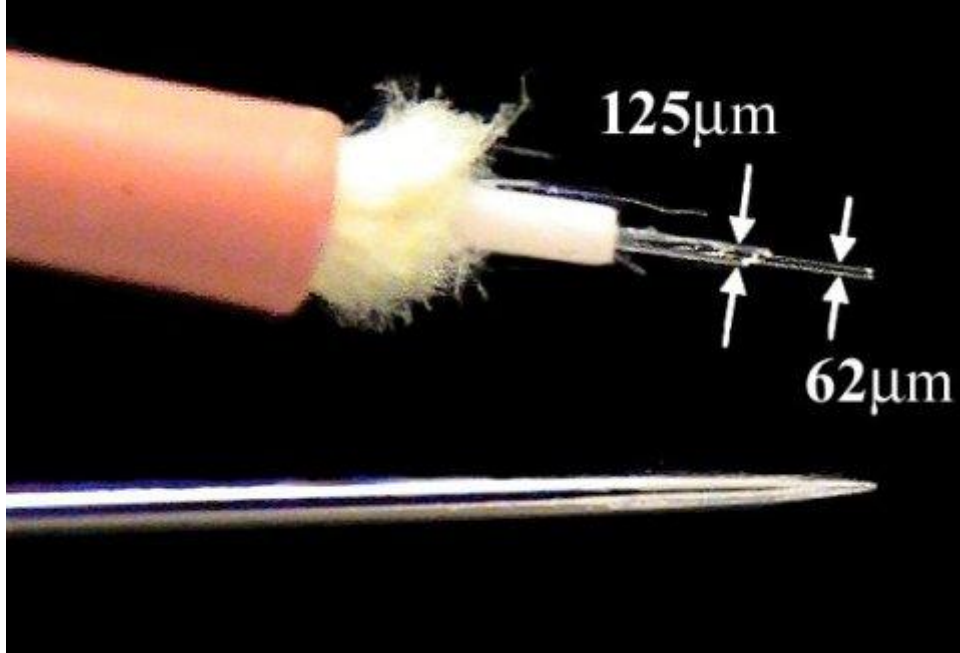


Embora a sílica seja um material abundante, os cabos de fibra óptica são caros devido ao complicado processo de fabrico, tal como no caso dos processadores, que são produzidos a partir do silício. A diferença entre sílica e silício é que o silício é o elemento Si puro, enquanto a sílica é composta por dióxido de silício, composto por um átomo de silício e dois de oxigênio. O silício é cinza escuro e obstrui a passagem da luz, enquanto a sílica é transparente.

O núcleo e o cladding são os dois componentes funcionais da fibra óptica. Eles formam um conjunto muito fino (com cerca de 125 microns, ou seja, pouco mais de um décimo de um milímetro) e frágil, que é recoberto por uma camada mais espessa de um material protetor, que tem a finalidade de fortalecer o cabo e atenuar impactos e que é chamado de coating, ou buffer. O cabo resultante é então protegido por uma malha de fibras protectoras, composta de fibras de kevlar (que têm a função de evitar que o cabo seja danificado ou partido quando puxado) e por uma nova cobertura plástica, chamada de jacket, ou jaqueta, que sela o cabo:



Cabos destinados a redes locais, tipicamente contêm um único fio de fibra, mas cabos destinados a links de longa distância e ao uso na área de telecomunicações contêm vários fios, que compartilham as fibras de kevlar e a cobertura externa:



Como os fios de fibra são muito finos, é possível incluir um grande volume deles num cabo de tamanho modesto, o que é uma grande vantagem comparativamente aos fios de cobre. Como a capacidade de transmissão de cada fio de fibra é bem maior que a de cada fio de cobre e eles precisam de um volume muito menor de circuitos de apoio, como repetidores, usar fibra em links de longa distância acaba por sair muito mais barato. Outra vantagem, é de que os cabos de fibra são imunes a interferência eletromagnética, já que transmitem luz e não sinais eléctricos, o que permite que sejam usados mesmo em ambientes onde o uso de fios de cobre é problemático.

Como criar links de longa distância abrindo valas ou usando cabos submarinos é muito caro, é normal que seja usado um volume de cabos muito maior que o necessário. Os cabos adicionais são chamados de fibra escura (dark fiber), não por causa da cor, mas pelo facto de não serem usados. Eles ficam disponíveis para expansões futuras e para substituição de cabos que se rompam ou sejam danificados. Quando se ouvir falar em padrões "para fibras escuras", tenha em mente que são justamente padrões de transmissão adaptados para uso de fibras antigas ou de mais baixa qualidade, que estão disponíveis como sobras de instalações anteriores.

A transmissão de dados usando sinais luminosos oferece desafios, já que os circuitos electrónicos utilizam eletricidade e não luz. Para solucionar o problema, é utilizado um transmissor óptico, que converte o sinal eléctrico em sinal luminoso que é enviado através da fibra, e um receptor, que faz o processo inverso. O transmissor utiliza uma fonte de luz, combinada com uma lente, que concentra o sinal luminoso, aumentando a percentagem que é efectivamente transmitida pelo cabo. Do outro lado, é usado um receptor óptico, que amplifica o sinal recebido e o transforma novamente nos sinais eléctricos que são processados.

Para reduzir a atenuação, não é utilizada luz visível, mas sim luz infravermelha, com comprimentos de onda de 850 a 1550 nanômetros, de acordo com o padrão de rede. Antigamente, eram utilizados LEDs nos transmissores, já que eles são uma tecnologia mais barata, mas com a introdução dos padrões Gigabit e 10 Gigabit eles foram quase que inteiramente substituídos por lasers, que oferecem uma precisão de conversão mais rápida e fidelidade muito superior, suportando, assim, a velocidade de transmissão exigida pelos novos padrões de rede.

Existem padrões e tipos de fibra óptica para uso em redes Ethernet desde as redes de 10 megabits. Antigamente, o uso de fibra óptica em redes Ethernet era bastante raro, mas com o lançamento dos padrões de 10 gigabits a utilização vem crescendo, com os links de fibra a serem usados sobretudo para criar backbones e links de longa distância.



Existem dois tipos de cabos de fibra óptica, os multimodo ou MMF (multimode fiber) e os monomodo ou SMF (singlemode fiber). As fibras monomodo possuem um núcleo muito mais fino, de 8 a 10 microns de diâmetro, enquanto as multimodo utilizam núcleos mais espessos, tipicamente com 62.5 microns:

As fibras multimodo são mais baratas e o núcleo mais espesso requer uma precisão menor nas conexões, o que torna a instalação mais simples, mas, em compensação, a atenuação do sinal luminoso é muito maior.

Isso acontece porque o pequeno diâmetro do núcleo das fibras monomodo faz com que a luz se concentre em um único feixe, que percorre todo o cabo com um número relativamente pequeno de reflexões (ver figura acima). O núcleo mais espesso das fibras multimodo, por sua vez, favorece a divisão do sinal em vários feixes separados, que ricocheteiam dentro do cabo em pontos diferentes, aumentando brutalmente a perda durante a transmissão.

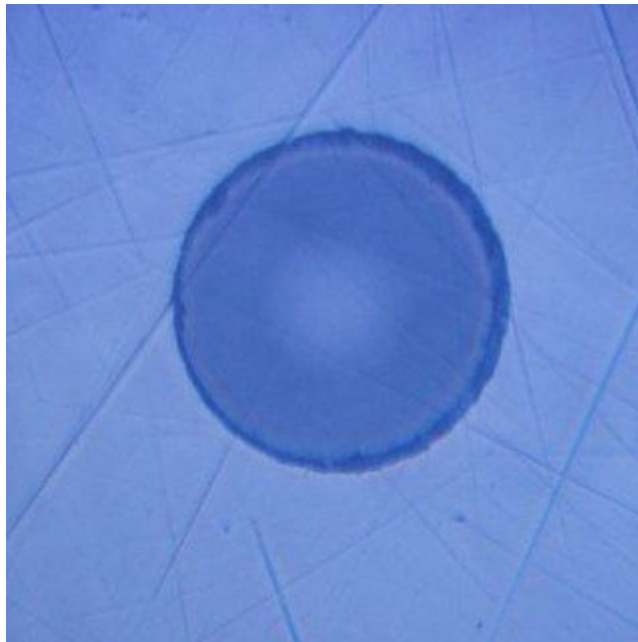
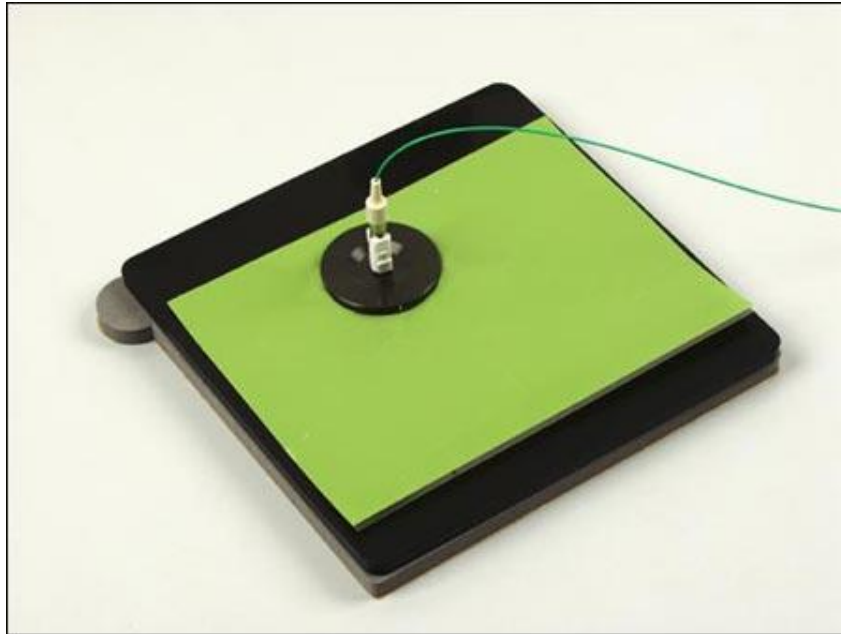
Para efeitos de comparação, as fibras multimodo permitem um alcance de até 550 metros no caso de Gigabit Ethernet e 300 metros no 10 Gigabit, enquanto as fibras monomodo podem atingir até 80 km no padrão 10 Gigabit. Esta brutal diferença faz com que as fibras multimodo sejam utilizadas apenas em conexões de curta distância, já que sairia muito mais caro usar cabos multimodo e repetidores do que usar um único cabo monomodo de um ponto ao outro.

Preparação e polimento

Considerando que um micrão corresponde a um milésimo de milímetro, pode imaginar-se a dificuldade que é preparar os cabos de fibra, emendar fibras partidas e assim por diante. Ao contrário dos cabos de cobre, que podem ser cortados e cravados usando apenas ferramentas simples, as fibras exigem mais equipamento e um manuseio muito mais cuidadoso.

Depois de retirada a jaqueta e o kevlar, sobra um fio muito fino, composto apenas pelo cabo de fibra e o revestimento interno (buffer), que é então limpo usando álcool isopropílico e colado ao conector usando uma cola de epoxy ou outro adesivo (de acordo com o conector usado).

Depois de instalado o cabo, é necessário polir a ponta usando um suporte especial que garanta a perpendicularidade e uma sucessão de microlixas, progressivamente mais finas. No final do processo, é recomendável examinar a ponta num microscópio (existem diversos modelos de microscópios portáteis para examinar cabos de fibra disponíveis no mercado) em busca de imperfeições. Sem esses cuidados, a ponta fica irregular e obstrui a passagem do sinal luminoso, inutilizando o cabo:



O processo de polimento da fibra e o núcleo examinado no microscópio

Ao contrário dos cabos de par trançado (UTP, SFTP, etc..), que utilizam 4 pares, os cabos de fibra são compostos por um único par de cabos, um usado para enviar e o outro para receber. Em tese, é possível criar sistemas de transmissão bidirecionais usando fibra, usando luz com diferentes comprimentos de onda para enviar e receber, mas na prática o sistema provavelmente acabaria saindo mais caro do que simplesmente utilizar dois cabos.

Para pequenas instalações, acaba por ser mais simples e mais barato comprar diretamente os cabos prontos, já no tamanho desejado. Um cabo de 3 fibras (3 pares de fibra) monomodo pode custar menos de 45 centimos.

Cabo de fibra com conectores LC

Você poderá questionar-se acerca da vantagem de utilizar fibra óptica para curtas distâncias, já que os cabos de par trançado são suportados tanto no padrão Gigabit Ethernet como no 10G. A resposta é que é exactamente por esse motivo que os cabos de fibra óptica ainda não são usados em larga escala em redes locais, apesar de dominarem os links de longa distância. Normalmente, utiliza-se fibra óptica apenas em situações onde os 100 metros máximos do par trançado não são suficientes e o uso de switches



ou repetidores para estender o sinal não é viável, ou em casos em que uma migração de longo prazo para fibra óptica está em curso

Conectores e splicing

Existem vários tipos de conectores de fibra óptica. O conector tem uma função importante, já que a fibra deve ficar perfeitamente alinhada para que o sinal luminoso possa ser transmitido sem grandes perdas.

Os quatro tipos de conector mais comuns são os LC, SC, ST e MT-RJ. Os conectores ST e SC eram os mais populares até há pouco tempo, mas os LC têm crescido bastante em popularidade e podem vir a tornar-se o padrão dominante. Os conectores MT-RJ também têm crescido em popularidade devido ao seu formato compacto, mas ainda estão restritos a alguns nichos.

Como cada conector oferece algumas vantagens sobre os concorrentes e é apoiado por um conjunto diferente de empresas, a escolha recai sobre o conector usado pelos equipamentos que pretender usar. É possível inclusive utilizar conectores diferentes dos dois lados do cabo, usando conectores LC de um lado e conectores SC do outro, por exemplo.

O LC (Lucent Connector) é um conector miniaturizado que, como o nome sugere, foi originalmente desenvolvido pela Lucent. Ele tem bastante popularidade, sobretudo no uso de fibras monomodo. Ele é o mais comumente usado em transceivers 10 Gigabit Ethernet:

O **ST** (Straight Tip) é um conector mais antigo, muito popular para uso com fibras multimodo. Ele foi o conector



predominante durante a década de 1990, mas está a perder espaço para o LC e outros conectores mais recentes. Ele é um conector do tipo baioneta, que lembra os conectores BNC usados em cabos coaxiais. Embora os ST sejam maiores que os conectores LC, a diferença não é muito grande:



Conector ST e cabo de fibra com conectores ST e LC

O tubo branco cilíndrico que aparece na ponta do conector não é o fio de fibra propriamente dito, mas sim o ferrolho



(ferrule), que é o componente central de todos os conectores, responsável por conduzir o fino núcleo de fibra e fixá-lo dentro do conector. Ele é constituído por uma peça de cerâmica, aço ou polímero plástico, produzido com uma grande precisão, já que com um núcleo de poucos microns de espessura, não existe muita margem para erro:

Ferrule de um conector ST



A ponta do fio de fibra (fixada na ferrule) necessita de ser perfeitamente limpa, já que qualquer sujidade pode prejudicar a passagem da luz, atenuando o sinal. Além de limpar a ponta antes da conexão, é importante que ela seja protegida usando o protetor plástico que acompanha o cabo enquanto ele estiver sem uso. Continuando, temos o **SC**, que foi um dos conectores mais populares até acerca do ano 2000, e que é um conector simples e eficiente, que usa um sistema simples de encaixe e oferece pouca perda de sinal. Ele é bastante popular



nas redes Gigabit, tanto com cabos multimodo como monomodo, mas vem perdendo espaço para o LC. Uma das desvantagens do SC é seu tamanho avantajado; cada conector tem aproximadamente o tamanho de dois conectores RJ-45 colocados em fila indiana, quase duas vezes maior que o LC:

Conector SC e cabo de fibra com conectores SC e LC

Para finalizar, temos o **MT-RJ** (Mechanical Transfer Registered Jack) um padrão novo, que utiliza um ferrolho quadrado, com dois orifícios (em vez de apenas um) para combinar as duas fibras num único conector, pouco maior



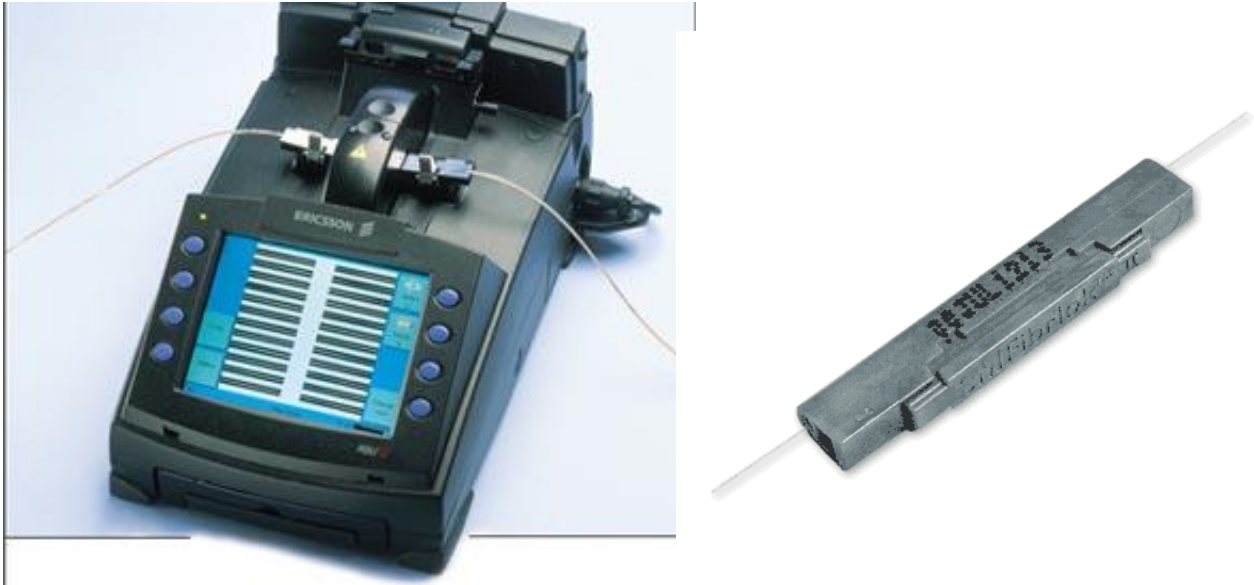
Conector MT-RJ e cabo de fibra com conectores MT-RJ e LC

que um conector telefônico. Ele está a crescer de popularidade, substituindo os conectores SC e ST em cabos de fibra multimodo, mas ele não é muito adequado para fibra monomodo.

Além do uso de conectores, é possível também unir dois fios de fibra (processo chamado de **splicing**) ou reparar um fio partido usando dois métodos.

O primeiro é o processo de **fusão** (fusion splicing), onde é usado um arco elétrico para soldar as duas fibras, criando uma junção permanente. Os aparelhos de fusão atuais fazem a junção de forma semi-automatizada, o problema é que eles são muito caros (a maioria custa cerca de 10.000 Euros), de forma que são acessíveis apenas a empresas especializadas.

O segundo é um processo mecânico (mechanical splicing), onde é usada uma emenda de aplicação manual. Os dois fios são juntos usando um suporte e colados usando uma resina especial, desenvolvida para não obstruir a passagem da luz. Como a junção é bem mais frágil que o fio original, o trecho é reforçado externamente para evitar uma nova ruptura. Temos aqui exemplos dos dois processos, com um aparelho de fusão da Ericsson e um splicer mecânico:



Transceivers

Como os transmissores e receptores para cabos de fibra óptica são muito caros, sobretudo os para fibra monomodo, eles são separados em componentes avulsos, os transceivers (transceptores), que são instalados no switch ou no router de acordo com a necessidade:



Transceiver 10GBASE-LR

Desta maneira, você pode comprar apenas os transceivers referentes ao número de conexões que for utilizar e misturar transceivers de diferentes padrões (10GBASE-LR e 10GBASE-SR, por exemplo) no mesmo switch ou router, conforme a necessidade. Esta flexibilidade é importante, pois um único transceiver pode custar mais caro do que o próprio switch.

O transceiver transforma os sinais ópticos recebidos através do cabo em sinais elétricos que são enviados ao switch e vice-versa. Eles são usados apenas nos padrões de rede que utilizam cabos de fibra óptica, já que nos padrões baseados em fios de cobre a conversão não é necessária. Apesar do pequeno tamanho, os transceivers são quase sempre os componentes mais caros ao criar um link de fibra.

É normal e comum que os switches Gigabit e 10 Gigabit high-end incorporem duas, quatro ou oito baías para transceivers, combinados com um certo número de portas para cabos de par trançado. O switch passa então a actuar também como um bridge, unificando os segmentos com par trançado e com fibra de forma a que passem a formar uma única rede.

Um exemplo é este Netgear GSM7328S, que inclui 24 portas Gigabit Ethernet, 4 baías para transceptores SFP Gigabit (os 4 conectores menores ao lado dos RJ-45) e conectores para 4 baías destinadas a transceivers 10 Gigabit (dois na parte frontal e dois



na traseira):

A idéia é que os links 10 Gigabits de fibra sejam utilizados para interligar dois ou mais switches a longas distâncias e as portas para cabo de par trançado sejam usadas pelos PCs individuais. Imagine que utilizando transceptores 10GBASE-LR você pode utilizar cabos monomodo de até 10 km, de forma que criar backbones de longa distância interligando os switches deixa de ser um problema.