

FİBER OPTİK

Işıklı Bilgi İletiminin Tarihçesi

Bilgi iletişiminin tarihi oldukça eskiye dayanır. İlk çağlar da insanlar ateş yakarak iletmek istedikleri bilgiyi bir tepeden bir başka tepeye aktardılar. Işık kullanılarak yapılan bu ilk haberleşmede insanoğlu belki de hala en gelişmiş ışık detektörünü yani gözü kullandı. Işık üreten kaynak olarak ateş kullanılıyor ve bu ışık insan gözünce algılanarak bilgi bir noktadan başka bir noktaya aktarılıyordu. Bu ilkel haberleşme tekniğinde en büyük zorluk, haberleşme uzaklıklarının çok sınırlı olması ve aktarılan bilginin büyüklüğünün az olmasıydı. Daha sonra gelişen iletişim teknolojileri, çeşitli ortamlardan yararlanarak bilginin iletilmesini sağladılar. Genelde kullanılan, elektrik sinyalinin iletken kablolar aracılığı ile bir noktadan diğerine aktarılmasına dayalı teknolojilerdi. Ancak son elli yıl içinde, ilk çağlarda kullanılan yöntemlere geri dönüldü ve iletişimde ışık tekrar kullanılmaya başlandı. Son yıllardaki iletişim teknolojilerindeki sıçramanın tabanında fiber optik teknolojilerindeki gelişmeler olduğunu söylemek doğru olur.

Işık Kuramının Tarihçesi

Fiber optiğin insanları neden bu kadar çok etkilediğini daha iyi anlamak için belki de önce ışık kuramının tarihçesine bakmak gerekir. Son 3000 yıl içinde ışık ile ilgili geliştirilen onlarca kuramdan önemli olan altısı şunlar:

- 1) Dokunma
- 2) Işıma
- 3) Parçacık
- 4) Dalga
- 5) Elektromanyetik
- 6) Kuantum

Bilgi iletişiminin tarihi oldukça eskiye dayanır. İlk çağlar da insanlar ateş yakarak iletmek istedikleri bilgiyi bir tepeden bir başka tepeye aktardılar. Işık kullanılarak yapılan bu ilk haberleşmede insanoğlu belki de hala en gelişmiş ışık detektörünü yani gözü kullandı. Işık üreten kaynak olarak ateş kullanılıyor ve bu ışık insan gözünce algılanarak bilgi bir noktadan başka bir noktaya aktarılıyordu. Bu ilkel haberleşme tekniğinde en büyük zorluk, haberleşme uzaklıklarının çok sınırlı olması ve aktarılan bilginin büyüklüğünün az olmasıydı. Daha sonra gelişen iletişim teknolojileri, çeşitli ortamlardan yararlanarak bilginin iletilmesini sağladılar. Genelde kullanılan, elektrik sinyalinin iletken kablolar aracılığı ile bir noktadan diğerine aktarılmasına dayalı teknolojilerdi. Ancak son elli yıl içinde, ilk çağlarda kullanılan yöntemlere geri dönüldü ve iletişimde ışık tekrar kullanılmaya başlandı. Son yıllardaki iletişim teknolojilerindeki sıçramanın tabanında fiber optik teknolojilerindeki gelişmeler olduğunu söylemek doğru olur.

Bundan sonra gelen iki kuram Sir Isaac Newton'un parçacık ve Christian Huygens'in dalga kuramları. Bunlar, birbirlerine tam ters olan kuramlar. Newton'a göre ışık, parçacık olarak düz bir doğru üzerinde yol alır. Diğer bir deyişle, ışık bir parçacıklar sistemidir ve kaynağından her yöne düz doğrular boyunca yol alırlar. Newton'un fizik yasası parçacıkların cisimlerden yansımalarını açıklayabiliyor.

Huygens'in dalga kuramıysa Newton'un kuramını kabul etmiyor. Ona göre, eğer ışık parçacıklardan oluşsaydı birbiriyle karşılaşan ışık demetleri kendilerini yok etmeliydi. Huygens, bunu açıklamak için karşılaşan iki su akıntısını örnek gösterdi. Gerçekten de ışık bu tür bir özellik göstermez ve ışık demetleri

karşılaştıklarında, su örneğinde olduğu gibi bir olay ortaya çıkar. Huygens, ışığın bir dalga olduğunu öne sürdü. Ona göre ışık ve onunla ilgili olaylar tümüyle dalga kuramına oturtulmalıydı. Buna karşılık Newton da eğer ışık bir dalgaysa, hareketi boyunca rastladığı köşeleri de dönmesi gerektiğini ancak bunun olmadığını ileri sürerek dalga kuramını reddetti. Bu günün bilimiye ışığın gerçekten köşeleri döndüğünü gösterebiliyor. Ancak dalga boyunun çok küçük olmasından dolayı bu olayın gözle görünmesi olası değil. Dalga kuramı, 1800'lü yıllarda kabul gördü. Parçacık kuramıysa 1800'lü yılların sonlarında tamamen terk edildi.

On dokuzuncu yüzyılın sonlarında, James Clerk Maxwell, elektrik, manyetizma ve ışığı bir kuramda birleştirdi. Bu kurama elektromanyetik teori dedi. Maxwell'e göre ışık bir elektromanyetik dalgadır ve diğer elektromanyetik dalgaların özelliklerini gösterir. Maxwell, elektrik ve manyetik sabitlerden yararlanarak ışık hızını hesapladı. Gerçi bulduğu hız kabul edilebilir değer içinde; ancak Maxwell'in teorisi fotoelektrik etkisini açıklayamıyor.

1887 de Heinrich Hertz, metal üzerine gönderilen belli özellikteki ışığın, elektronları metal yüzeyinden kopardığını buldu. 1900'de Max Planck, ışık ile ilgili başka bir kuram geliştirdi. Buna göre ışık, içinde enerji olan küçük bir paket içinde iletilir ve madde tarafından emilir. Bu küçük pakete "quanta" adını verdi. Quanta içindeki enerji, ışığın frekansıyla doğru orantılı. Albert Einstein, Planck'ın kuramını tamamen kabul ederek ışığın quanta olarak iletilmesinin ve madde tarafından emilmesinin yanında, ışığın quanta olarak yol aldığını ileri sürdü. Einstein, quanta birimi olarak foton'u kabul etti.

1905'te Einstein kuantum kuramını kullanarak fotoelektrik olayını açıkladı. Kuantum kuramı, iki temel kuramın, parçacık ve dalga kuramlarının birleştirilmesiydi. Bu birleştirme zorunlu; ışık bazen parçacık bazen de dalga özelliği gösterir. Işık, enerji nin bir biçimidir. Fotonlar, ancak bu fotonun hareket halinde olması durumunda var olurlar. Işığın boşluktaki hızı saniyede 3×10^8 metredir.

Fiber optikle ışığın en yakın ilişkisi yansımadır. Newton yasaları ışığın nasıl yansıdığını açıklayabiliyorlar Newton kuramına göre, ışığın bir yüzeye gelme açısıyla yansıma açısı değişmez. Işığın çok önemli bir özelliği ise kırılma. Kırılma, ışığın değişik ortamlarda yol almasında ortaya çıkıyor. Belli özellikteki bir ortamdan başka özellikteki ortama geçerken ışık kırılır. Işığın hızı, hareket ettiği orta ma bağlı olarak bazen artar bazen de azalır. Örneğin, ışık havada camdan daha hızlı gider. Bir ortamdan diğeri. ne geçerken ışık hızının değişmesi onun kırılmasına neden olur.

Fiber optik teknolojisi, son bir kaç yüzyıldır geliştirilen ışık kuramının bir sonucu. Gördük ki eski zamanda ateş sinyal aracı olarak kullanılmıştı. Bilim geliştikçe haberleşmede kullanılan sinyalleme şekil değiştirdi ve bu işlem çok daha karışık bir hale geldi. Işıkla ilgili bilim adamlarının çalışmaları çok eskiye dayanmakla birlikte, fiber teknolojilerindeki gelişme oldukça yeni.

Fiber Kablolarla İletişim

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi herhangi bir bilgi (ses, veri ya da görüntü) önce elektrik sinyaline dönüştürülür. Işık kaynağında bu sinyaller ışık sinyaline çevrilir. Burada önemli bir nokta fiberler hem sayısal hem de analog sinyali taşıyabilir. Birçok kimse fiberlerin sadece sayısal sinyalleri taşıdığını düşünebilir (ışık kaynağının açılıp kapanmasıyla). Sinyal bir kere ışık sinyaline çevrildikten sonra, fiber içinde detektöre gelinceye kadar yol alır. Burada ışık sinyali tekrar elektrik sinyaline dönüştürülür. Son olarak da elektrik sinyalinin şifresi çözülerek bilgiye (ses, veri veya görüntü) dönüştürülür.

İletişimde kullanılan fiber kabloların temel üç bölümü vardır. İç kısımda fiberin damarı, daha sonra çeperi ve en dış bölümde ise kablonun kaplama bölümü bulunur (Şekil 3). Aşağıdaki şekil, tipik bir fiber kablonun ara kesitini gösteriyor. Damar, ışık sinyalinin yol aldığı, daha başka bir deyişle bilginin iletildiği bölüm. Telekomünikasyon endüstrisinde genel olarak 8.3 mikrometreden 62.5 mikrometreye kadar olan

büyükliklerde fiber kablolar kullanılıyor. Standart telekomünikasyon fiberinin damar çapı 8.3 mikrometre (tek mod), 50 mikrometre (çoklu mod), 62.5 mikrometre (çoklu mod) civarında bulunuyor.

Damar bölgesini saran çeperin yarı çapı 125 mikrometre, fiber kablonun tamamının yarıçapıysa 250 mikrometre ile 900 mikrometre arasında değişir. Bu büyüklükleri insan saçının çapı olan 70 mikrometre ile karşılaştırabiliriz.

Işık, fiber optik kabloya girdikten sonra dengeli bir şekilde yol alır ve buna mod denir. Fiber kablonun tipine bağlı olarak yüzlerce çeşit mod oluşturulabilir. Her mod, giriş ışık sinyalinin bir bölümünü taşır. Daha genel bir deyişle fiber içindeki mod sayısı, fiber damarının çapına, ışığın dalga boyuna ve sayısal açıklık denilen büyüklüğe bağlıdır. Günümüzde kullanılan temel iki tip fiber optik kablo vardır: tek mod ve çoklu mod fiberler. Bunları dış görünüşleriyle ayırmak olası değildir. Her iki tip de iletişim ortamı olarak kullanılmakta. Ancak değişik uygulamalarda değişik şekillerde kullanılırlar.

Tek Mod Fiberler: Işığın tek bir modda ya da tek bir yolda ilerlemesine olanak tanırırlar (Şekil 4). Damar çapları 8.3 mikrometredir. Tek modlu fiberler, düşük sinyal kayıplarının olduğu ve yüksek veri iletişim hızının gerektirdiği durumlarda kullanılırlar.

Çoklu Mod Fiberler: Işığın birden fazla modunu ileten fiberlerdir. Tipik damar çapları 50 mikrometre ile 62.5 mikrometre arasında değişir. Çoklu mod fiberler, kısa mesafeli uygulamalarda kullanılırlar.

Fiber Optiğin Temel Prensipleri

Fiber kablonun çalışması, ışığın tam yansıma prensibine dayanıyor. Işık, fiber kablo içinde (damarında) çeperlerden yansıyarak ilerler. Tam yansımanın olabilmesi ışık demetinin fiber kabloya giriş açısına bağlıdır.

Kırılma indeksi, ışığın bulunduğu ortamdaki yayılım hızını gösteren bir kavram. Işık boşlukta saate 300 000 km'lik bir hızla ilerler. Kırılma indeksi, ışığın boşluktaki hızının herhangi bir ortamda hızına bölünmesinden elde edilir:

$$\text{Kırılma İndeksi} = \frac{\text{Işığın Boşluktaki Hızı}}{\text{Işığın Ortamdaki Hızı}}$$

Boşluktaki kırılma indeksi bu durumda 1 dir. Aşağıdaki tablo, bazı tipik ortamlar için kırılma indeksini gösteriyor.

Ortam	Tipik Kırılma İndeksi (Kızılötesi)	Işık Hızı
Boşluk	1	Hızlı
Hava	1,0003	
Su	1,33	
Fiber Kablo Çeperi	1,46	
Fiber Kablo Damarı	1,48	Yavaş

Bir ortamda ilerleyen ışık, başka bir ortama girdiğinde herhangi bir kayıp olmadan geldiği ortama geri yansırsa buna tam yansıma denir.

Fiber kabloların çeperi (dış kaplama bölümü) ve damarı (iç bölümü) değişik malzemelerden yapıldığı için fiber içinde ilerleyen ışık, damar bölgesinden çepere çarptığında tam yansımaya uğrayarak damara geri döner. Tam yansımanın olabilmesi için çeperin kırılma indeksinin damarinkinden daha az olması gerekir.

Işığın fiber kablo içinde tam yansımaya uğrayarak ilerleyebilmesi için fiberin damar bölgesine giren ışığın belli bir açının altında olması gerekir. Bu kritik açının oluşturduğu hayali koniye kabul konisi

denebilir. Kabul konisinin büyüklüğü, çeper ve damar kırılma indeksine bağlıdır. Aşağıdaki şekil bu tür bir yapıyı gösteriyor.

Uygulama Prensipleri

Elektromanyetik spektrumda insan gözünün algılayabildiği bölgeye görünür bölge diyoruz. Görünür bölgede ışığın dalga boyu, ışık renkleriyle ifade edilebilir. Gökkuşağı renkleri kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi görünür bölgede bulunurlar. Fiber optik iletişimde kullanılan elektromanyetik dalgaların dalga boyu görünür bölgenin üzerinde bulunur. Tipik optik iletişim dalga boyları, 850 nanometre (nm), 1310 nm, ve 1550 nm 'dir. Hem lazerler hem de LED 'ler fiber optik kablolar üzerinden ışık sinyali üretiminde kullanılabilir. Lazer kaynakları 1310 veya 1550 nanometre ve tek mod uygulamalarında uygundur. LED 'lerse 850 veya 1300 nanometre dalga boyundaki çoklu mod uygulamalarında kullanılır.

FREKANS

Fiberin en iyi çalıştığı bazı dalga boyu aralık pencereleri bulunuyor. Bunlara çalışma penceresi denebilir. Her pencere, tipik dalga boyunun etrafında oluşur (Şekil 7). Aşağıdaki tablo bu pencereleri veriyor

Pencere	Dalga boyu
800 - 900 nm	850 nm
1250-1350nm	1310nm
1500—1600nm	1550nm

Bu pencerelerin seçilmesinin nedeni, fiber optiğin en iyi çalıştığı bölgeler olması, diğer bir deyişle eldeki ışık kaynağıyla iletişim özelliklerinin en iyi şekilde çakışması.

Sistemin frekansındansa şu anlaşılıyor: Sayısal veya analog sinyalin modülasyon frekansı veya diğer bir anlatımla ışık kaynağı tarafından bir saniyede gönderilen sinyal sayısı. Frekans, hertz birimi ile ölçülür. 1 hertz saniyede bir pulsa (atmaya) karşılık gelir. İletişimde kullanılan pratik birimse megahertz'dir (MHz) ve saniyede bir milyon atmaya karşılık gelir.

Fiber Optik Kablolarda Kayıplar

Fiber kablo içinde yol alan ışık sinyalinin enerjisi ve dolayısıyla şekli, değişik nedenlerle kayba uğrar (Şekil 8). Bu kayıp desibel cinsinden ölçülür (dB/km). Belli bir mesafede kullanılan fiberin düşük kayıplı olması gerekir. Dolayısıyla düşük kayıplı fiber optik sistemleri tercih edilir. Örneğin ilk çıkış gücünün %50'sinin kaybı, 3.0 dB'lik bir kayba karşılık gelir. Fiber kablolar birleştirildiğinde ya da sistem içine monte edildiğinde, bazı kayıplarla karşılaşılır (Şekil 9). İki fiber kablo uç uca birleştirilirse, tipik kayıp 0.2 dB dir. Kayıp nedenleri pek çok olmakla birlikte iç ve dış kayıplar olarak iki sınıfa ayrılabilir.

Işık sinyali, fiber kablo içinde herhangi bir düzensiz bölgeye gelirse saçılıma uğrar ve saçılıma uğramış sinyal o bölge tarafından emilerek ilerlemesi engellenebilir. Rayleigh saçılımı, bilinen en önemli saçılım tipidir (genelin %96'sı). Fiber içindeki ışık, fiberi oluşturan cam atomları ile etkileşir. Işık dalgaları atomlarla esnek çarpışma yapar ve ışık dalgası saçılıma uğrar. Eğer ışık saçılımdan sonra tam kırılmayı sağlayan açıdan daha büyük bir açıyla çepere çarparsa, fiber kabloyu terk eder ve kaçar.

İkinci tip iç kayıp, ışık sinyalinin fiber tarafından emilmesidir. Bu tür kayıplar genel kayıpların %3-5'ini oluşturur. Işık sinyalinin fiber tarafından emilmesinin nedeni, fiberi oluşturan camın içinde bulunan kirliliklerdir. Bunlar titreşim veya başka çeşit enerji kayıplarına neden olurlar (Şekil 10).

Diğer kayıp tipiye dış kayıplardır. Örneğin, eğer fiber optik kablo bükülürse bu bölgedeki gerilim artar ve gerilimin artması da kırılma indeksini değiştirir. Bu durumda ışık sinyalinin tam yansımaları gerçekleşmeyerek damar bölgesinin terk edilmesine neden olur. Bu tür eğilmelere makro bükülüm adı verilir.

Bu bükümler mikro düzeyde kablonun içinde olursa yine sinyal fiberin damar bölgesini terk ederek kayba neden olur

Işık atması, fiber kablo içinde yolculuğu sırasında yayılır. Bu durumda atma genişleyerek bir önceki veya bir sonraki atma ile çakışır; yani gönderilen ışık sinyali artık ayrılamaz hale gelir. Sonuç olarak iletilen bilginin karakteristik özelliği yitirilmiş olur. Diğer bir anlatımla bilgi kaybolur.

Daha önce anlatıldığı gibi yayılma, ışık sinyalinin dağılmasına neden olur. Bu dağılma, ışık atmalarının birbirleriyle birleşmelerine neden olur. Belli bir mesafede ve belli bir frekansta gönderilen atma, alıcı tarafından oku-namaz hale gelir.

Bunun dışında, genellikle çoklu mod fiberlerde görünen sinyallerin üst üste gelip karışması da bilginin kaybına neden olur. Sistemlerin bant aralığı bir kilometrede megahertz (MHz) ile ölçülür. Örneğin eğer bir sistemin bant aralığı 200 MHz-km ise, bir saniyede 200 milyon atma (puls) bir kilometrelik fiber içinde birbirlerine karışmadan algılayıcıya ulaşır.

Sonuç ve Eğilimler

Endüstrinin gelişimine bakıldığında, bilgi çağının 1985'te başladığını ve 1995 yılından itibaren hızının yavaşladığını söylemek yanlış olmaz. Artık yeni bir çağa, iletişim çağına hızla ilerliyoruz. Bu çağın en önemli karakteri, bilgiye ulaşmanın ve bilginin dağıtımının yeni iletişim araçlarıyla yapılması. İnsanların İnternet'i kullanmaya başlaması ve bu konudaki talebin çok hızlı artması, ulusal iletişim altyapısının tekrar gözden geçirilmesine ve yenilenmesine neden olmuş bulunuyor.

Kromatik dağılım, ışık kaynağında kullanılan dalga boyu aralığına bağlıdır. Lazer veya LED'ler tarafından üretilen ışığın dalga boyu belli bir aralıkta olur. Fiber içinde yol alan değişik dalga boyundaki dalgalar, değişik hızlara sahiptir. Dolayısıyla eşit mesafeleri farklı sürelerde alırlar; bu da sinyalin yayılmasına neden olur. Sinyalin gereğinden fazla yayılması onun karakterini bozar ve bilginin kaybolmasına neden olur. Bu tür kayıplar, tek mod fiber optik uygulamalarında oldukça önemlidir.

Bant Aralığı: Bant aralığını, ışık sinyali gönderildikten sonra diğer uçta bulunan detektörün ayırabileceği özellikleri taşıyan bilgi miktarı olarak tanımlayabiliriz.

Bu çağa ulusal bazda ayak uydurmanın en önemli kriteriyse, ülkedeki iletişim trafiğinin büyüklüğü. İletişimi arttırmanın ve çağa ayak uydurmanın yoluysa doğal olarak alt yapının yeterince iyi olmasına bağlıdır. Dolayısıyla fiber teknolojilerinin ülkemizde yoğun olarak kullanılması yaşamsal öneme sahip bir gereklilik.

Bilgi çağında insanlar daha çok tek yönlü, etkileşimsiz olarak bilgiye ulaşmanın yolunu arıyorlardı. Yeni durumda, yani iletişim çağında koşullar hızla değişiyor. Yeni durumda insanlar bilgiye ulaşmada ve diğerleri ile iletişimde çift yönlü ve etkileşimli araçlar kullanıyorlar.

Fiber optik kablolar artık tüm ülkelerde hızla bakır kabloların ve diğer iletişim araçlarının yerini alıyor. Fiber optik kabloların diğer iletişim ortamlarından en önemli farkı, ses, veri ve görüntü iletişimindeki yüksek hız. Fiber kablo uçları yakında oturma odamıza kadar uzanacak. Diğer uçtaysa, milyonlarca bilgi kaynağının ve etkileşimli iletişim sağlayabildiğimiz kişilerin olduğunu düşünürsek globalleşmenin ne olduğunu ve önemini anlamak şüphesiz daha kolay olacak.

60-96-144 FİBERLİ KABLODA RENK SIRALAMASI

Sıra No	Fiber Tüp Rengi	Sıra No	Fiber Renkleri
1	Kırmızı RAL 3000	1	kırmızı
		2	sarı
		3	yeşil
		4	mavi
		5	menekşe
		6	kahverengi
		7	siyah
		8	turuncu
		9	pembe
		10	gri
		11	açık yeşil
		12	naturel
2	Sarı RAL 1021	13	kırmızı
		14	sarı
		15	yeşil
		16	mavi
		17	menekşe
		18	kahverengi
		19	siyah
		20	turuncu
		21	pembe
		22	gri
		23	açık yeşil
		24	naturel
3	Yeşil RAL 6018	25	kırmızı
		26	sarı
		27	yeşil
		28	mavi
		29	menekşe
		30	kahverengi
		31	siyah
		32	turuncu
		33	pembe
		34	gri
		35	açık yeşil
		36	naturel
4	Mavi RAL 5015	37	kırmızı
		38	sarı
		39	yeşil
		40	mavi

		41	menekşe
		42	kahverengi
		43	siyah
		44	turuncu
		45	pembe
		46	gri
		47	açık yeşil
		48	naturel
5	Menekşe RAL 4005	49	kırmızı
		50	sarı
		51	yeşil
		52	mavi
		53	menekşe
		54	kahverengi
		55	siyah
		56	turuncu
		57	pembe
		58	gri
		59	açık yeşil
		60	naturel
6	Kahverengi RAL 9001	61	kırmızı
		62	sarı
		63	yeşil
		64	mavi
		65	menekşe
		66	kahverengi
		67	siyah
		68	turuncu
		69	pembe
		70	gri
		71	açık yeşil
		72	naturel
7	Siyah RAL 3000	73	kırmızı
		74	sarı
		75	yeşil
		76	mavi
		77	menekşe
		78	kahverengi
		79	siyah
		80	turuncu
		81	pembe
		82	gri
		83	açık yeşil
		84	naturel

8	Turuncu RAL 1021	85	kırmızı
		86	sarı
		87	yeşil
		88	mavi
		89	menekşe
		90	kahverengi
		91	siyah
		92	turuncu
		93	pembe
		94	gri
9	Pembe RAL 6018	95	açık yeşil
		96	naturel
		97	kırmızı
		98	sarı
		99	yeşil
		100	mavi
		101	menekşe
		102	kahverengi
		103	siyah
		104	turuncu
10	Gri RAL 5015	105	pembe
		106	gri
		107	açık yeşil
		108	naturel
		109	kırmızı
		110	sarı
		111	yeşil
		112	mavi
		113	menekşe
		114	kahverengi
11	Açık Yeşil RAL 4005	115	siyah
		116	turuncu
		117	pembe
		118	gri
		119	açık yeşil
		120	naturel
		121	kırmızı
		122	sarı
		123	yeşil
		124	mavi
125	menekşe		
126	kahverengi		
127	siyah		
128	turuncu		

		129	pembe
		130	gri
		131	açık yeşil
		132	naturel
12	Beyaz RAL 9001	133	kırmızı
		134	sarı
		135	yeşil
		136	mavi
		137	menekşe
		138	kahverengi
		139	siyah
		140	turuncu
		141	pembe
		142	gri
		143	açık yeşil
		144	naturel

Fiber Optik Kablonun Çalışması:

Fiberin çalışma prensibi temel optik kurallarına dayanır. Bir ışın demeti az yoğun bir ortamdan daha yoğun bir ortama geçerken geliş açısına bağlı olarak yansıması (tam yansıma) yada kırılarak ortam dışına çıkması (bu istenmeyen durumdur) mantığına dayanır.

Kablo 3 kısımdan oluşur.

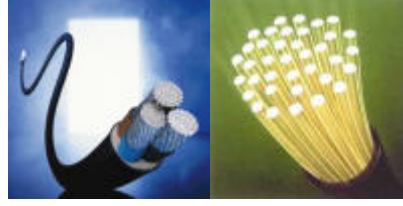
İNDİS: Bir ışık ışınının madde içerisinde ilerlemesine gösterilen zorluk katsayısı

KIRILMA İNDİSİ: Işığın boşluktaki hızının madde içerisindeki ışık hızına oranına kırılma indisi denir.

NÜVE: Işığın içerisinde ilerlediği ve kablunun merkezindeki kısımdır. Çok saf camdan yapılmıştır ve esnekler. Yani belirli sınırlar dahilinde eğilebilir cinsine göre çapı tek modlu veya çok modlu oluşuna göre 8 mikrometre ile 100 mikrometre arasında değişir (not: insan saçı 100 mikro metre civarındadır).

KILIF: Tipik olarak 125 mikrometre çapında nüveyi saran ve fibere enjekte edilen ışının nüveden çıkmasını engelleyen kısımdır aynı nüve gibi camdan yapılmıştır ancak indis farkı olarak yaklaşık %1 oranında daha azdır bu indis farkından dolayı ışık ışını nüveye enjekte edildikten sonra kılıfa geçmez (aşırı bir katlanma ya da ezilme yoksa) ışın kılıf nüve sınırından tekrar nüveye döner ve böyle yansımalar dizisi halinde nüve içerisinde ilerler.

KAPLAMA: Optik bir özelliği olmayan kaplama polimer veya plastik olabilir bir veya birden fazla katmanı olabilir. Optik bir özelliği yoktur sadece fiberi darbe ve şoklardan korur.

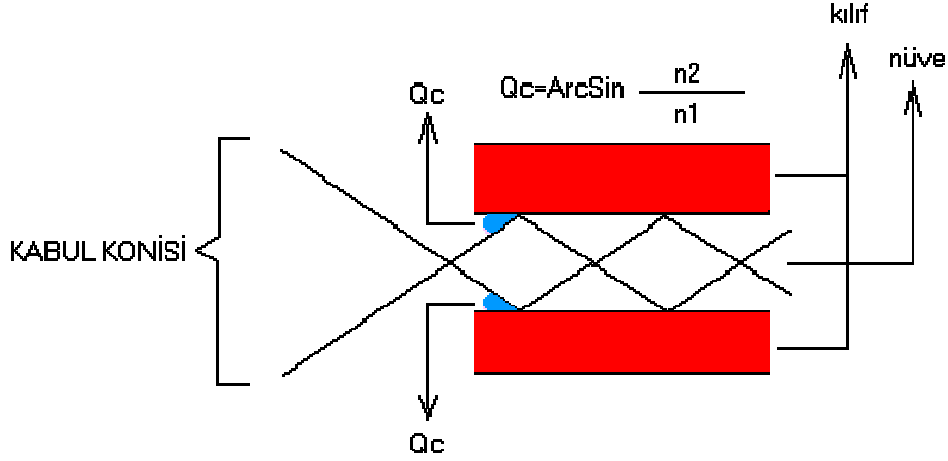


Fiber optik kablo çeşitlerinden bazıları



Işın Demetinin Fibere Enjekte Edilmesi

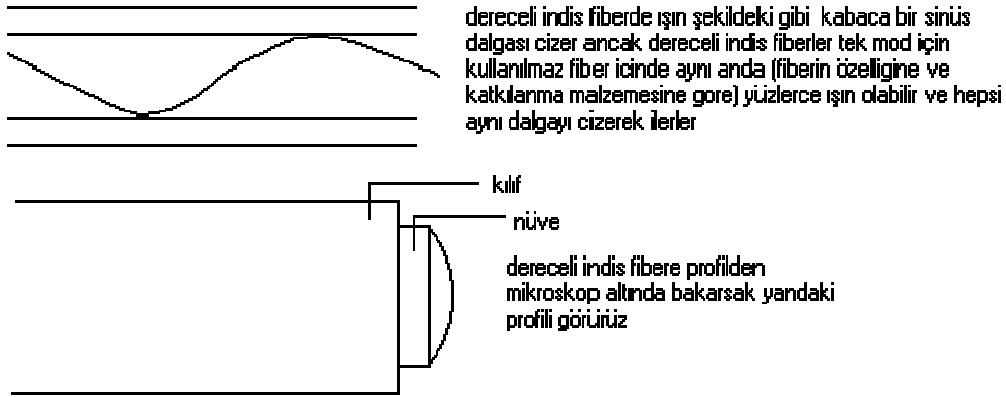
Gönderilecek ışın yada sinyal fiberin nüvesine enjekte edilir. Ancak fiber içerisinde kılıfa geçmemesi için belirli bir açı dahilinde nüveye girmeli ki nüve kılıf sınırından tam yansıma yapabilsin bu açıya kritik açı denir. Hesaplanması aşağıdaki gibidir.



Şekildeki kabul konisi olarak görülen bölüm kritik açının oluşturduğu ve tamamen fiber kablonun parametrelerine göre değişebilen bir konidir. Bu açılardan küçük gelen her ışın demeti fibere girer. Formüldeki n_1 nüve n_2 kılıf indisleridir.

Dereceli İndis Fiber

Aynı kesit dereceli indis fiberden alınacak olursa nüvenin dışa doğru tıpkı bir dış bükümlü mercekle yay çizdiği görülür. Bunun anlamı ise nüvenin çok sayıda farklı yoğunluklarda cam tabakadan oluştuğudur. Bu durumda ışık nüve içerisinde kabaca bir sinüs dalgası çizerek ilerler.



Kademeli İndis Fiber

Çok modlu kademeli indis fiber en basit fiber tiplerinden biridir $100 - 970 \mu\text{m}$ arasında bir nüve çapına sahiptir. Nüve çapının daha fazla olması daha fazla mod taşınması açısından faydalıdır. Ancak modal yayılma en çok bu tip fiberde olur. Yayılma km başına 15-30 nano saniye olur. Rakam saniyenin milyarda 15- 30 u gibi görünebilir ama bütün kodlama sistemlerinde hataya sebep olacak düzeydedir. Kabul edilebilir yayılma miktarı km de 1 ns dir.

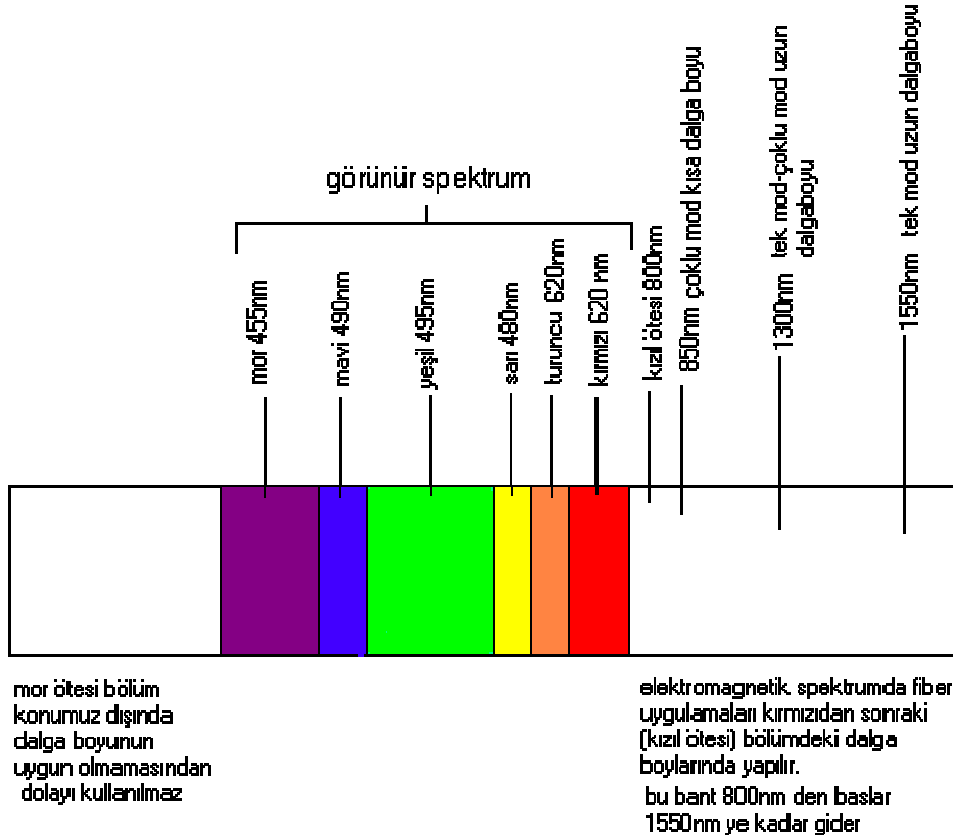


Işık nüve içinde dereceli indis fiber gibi sinüs dalgaları çizmek yerine tam yansıma kurallarına bağlı zig zaglar çizerek ilerler.



Işığın Dalga Boyları ve Spektral Genişlik

Her ışığın bir dalga boyu vardır. Bu dalga boyu ışığın görünür- görünmez yada elektromagnetik spektrumda nerede ve ne özellikte olduğunu belirler. Örneğin infrared (kızıl ötesi) ışınlar insan gözünün algılayabileceği sınırın altındadır.



Bir ışın demetinin nüve içerisinde ilerleme hızı dalga boyuna bağlıdır. Örneğin mor olan yani mor renkli ışığın dalga boyu 455 nm, kırmızı ışığın dalga boyu 620 nm. Bunun anlamı bu iki ışın fiber içinde aynı hızla

ilerlemez. Kırmızı ışın aralarındaki dalga boyu farkı kadar daha hızlı ilerler (her saykılta). Işığın bu özelliği bize bir dezavantaj olarak geri döner(modal yayılma olarak).

Mod: Mod genel olarak bir fibere enjekte edilen her ışın şeklinde tanımlanabilir ve kısmen fiberin bilgi taşıma kapasitesini ifade eder. Her fiberin taşıyabileceği mod sayısı nüvenin çapına ve yapısına bağlıdır. Fiberin iletebileceği mod sayısı için ilk önce normalize olmuş nümerik açıklık frekansı (V) bulunur. Daha sonra iletebilecek mod sayısı (N) bulunur.

$$V = (2\pi d / \lambda) NA$$

V: normalize olmuş nümerik açıklık frekansı
 λ : ışığın dalga boyu
d: nüve çapı
NA: nümerik açıklık (birimsiz)

$$N = \frac{V^2}{2} \quad \text{basit kademeli indis fiber için}$$
$$N = \frac{V^2}{4} \quad \text{dereceli indis fiber için}$$

Modal Yayılma

Aynı anda fibere enjekte edilen ışınlar fiber sonuna farklı zamanlarda ulaşırlar buna modal yayılma denir ve sadece çok modlu fiberlerde meydana gelir. Modal yayılmayı azaltmanın 3 yolu vardır.

- Kullanılacak fiberi daha az moda izin verecek şekilde seçmek, dolayısıyla daha dar bant genişliğine katlanmak
- Dereceli indis fiber kullanmak: dereceli indis fiber kullanıldığında bütün ışınlar dalga boyu ne olursa olsun nüvenin yapısından dolayı aynı yolu izleyeceklerdir. Bu en etkili yöntemdir. Bant genişliği açısından da kısıtlama getirmez.
- Tek modlu fiber kullanmak bu tip fiberde yalnız tek mod bulunduğundan bir gecikme söz konusu olmaz.



Malzeme Yayılması

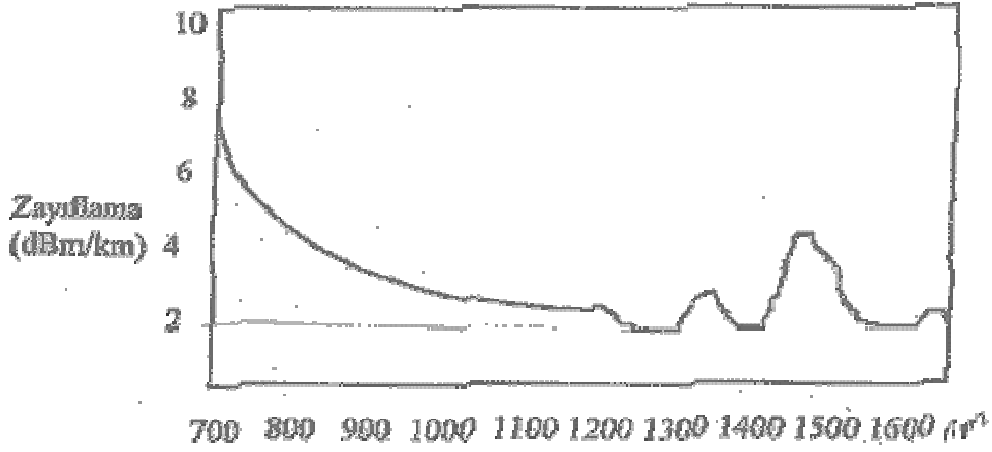
Farklı dalga boyları (renkler) fiber nüvesi içerisinde farklı hızlarda hareket eder. Ancak farklı ortamlarda da ortama göre de farklı hızlarda hareket eder. Işık hızının malzeme (nüve) içerisindeki hızı hem nüve malzemesine hem de ışığın dalga boyuna bağlıdır. Malzeme özelliğinden kaynaklanan yayılmaya bu

nedenle malzeme yayılması denir. Bir kaynak normalde tek bir dalga boyunda ışık yaymaz. Bir çok dalga boyundan ışık yayabilir. Bu dalga boyları aralığı spektral genişlik olarak tanımlanabilir. Spektral genişlik ledler için 35nm lazer için 2-3 nm dir. Örnekten de anlaşılacağı gibi kullanılan kaynak lazer ise malzeme yayılması çok daha az olur. Örneğin lazer kaynağımızın 850nm de çalışmasını istiyoruz. Kaynak 848 nm ile 851 nm arasında bir spektral çerçevede çalışır. 848nm deki sinyaller (kırmızımsı) 851 nm deki sinyallerden daha hızlı hareket edecektir. Ancak lede göre çok daha az bir yayılma ortaya çıkar.

Zayıflama, Saçılma ve Absorblama

Zayıflama ışık fiber içerisinde yol alırken meydana gelen güç kaybıdır dB/km olarak ölçülür. Plastik fiberler için 300dB/km tek modlu cam fiberler için 0,21dB/km civarındadır. Ancak ışının dalga boyu ile de ilgilidir aşağıdaki grafik bu durumu gösterir.

Fiberin Spektral Zayıflaması



Zayıflamanın en fazla olduğu bölgeler 730-950 nm ve 1250-1380nm bölgeleridir. Bu bölgelerde çalışmamak daha avantajlı olur. Zayıflama iki sebepten dolayı olur; saçılma ve absorblama.

SAÇILMA:Gelen ışının yabancı bir maddeye çapmasıyla oluşan dağılma ve ışık kaybıdır Saçılma uzun dalga boyundaki ışınlarda çok daha küçük bir etkiye sahiptir. Matematiksel olarak saçılma dalga boyunun 4.kuvvetinin tersi ile orantılı olduğundan kısa dalga boyundan uzun dalga boylarına geçildikçe hızla azalır, ama asla sıfır olmaz.

SAÇILMA:

820nm de :2,5db

1300nm de :0,24db

1550nm de :0,012db gibi değerlerde seyreder.

ABSORBLAMA:Saçılmayla aynı nedenden oluşur. Temel farklılık saçılma, ışığın dağılması şeklinde bir bozuklukken, bu olayda ışığın sönmümlenmesi söz konusudur. Fiber içindeki yabancı maddeler (örn: kobalt,bakır krom) absorblamaya neden olur. Kayıpların düşük olması için bu maddelerin fiberde milyarda bir düzeyinde olmalıdır.

Mikrobent Kayıpları

Mikroben kayıpları kablonun çeşitli sebeplerden bükülmesinden dolayı oluşur. Eğer ciddi boyutlarda bir bükülme varsa ışığın tamamen yok olması söz konusu olabilir. Bu nedenle fiber kablolar genelde çok katmanlı korumalı imal edilir.

FİBER OPTİK İLETİŞİM SİSTEMİ:

Şekil 22-3'de optik bir iletişim hattının basitleştirilmiş blok diyagramı gösterilmektedir. Hattın üç asal ögesi, verici, alıcı ve kılavuzdur. Verici şunlardan oluşur: analog ya da sayısal bir arabirim, bir gerilim- akım dönüştürücüsü, bir ışık kaynağı ve bir kaynaktan- fibere ışık bağlayıcı. Fiber kılavuz, ya aşırı saf cam ya da plastik bir kablodur. Alıcı ise şunları içerir: bir fiberden ışık dedektörüne bağlaşım aygıtı, bir fotodedektör, bir akım- gerilim dönüştürücüsü, bir yükselteç ve analog ya da sayısal bir arabirim. Fiber optik bir vericide, ışık kaynağı sayısal ya da analog bir sinyal tarafından modüle edilebilir. Analog modülasyonda, giriş arabirimi empedansları eşler ve giriş sinyal genliğini sınırlar. Sayısal modülasyonda, başlangıçtaki kaynak zaten sayısal biçimde olabilir; eğer kaynak bilgi sayısal değil de analog biçimde ise, sayısal darbe akışına dönüştürülmesi gerekir. Kaynak bilgi analog olduğunda, arabirimde ek olarak bir analog/sayısal dönüştürücü bulunmalıdır.

Gerilim- akım dönüştürücüsü, giriş devreleriyle ışık kaynağı arasında elektriksel bir arabirim vazifesi görür. Işık kaynağı, ya ışık yayan bir diyod (LED) ya da enjeksiyon lazer diyodudur (ILD). Bir LED ya da bir ILD tarafından yayılan ışık miktarı, sürme akımının miktarına eşittir. Gerilim- akım dönüştürücüsü, bir giriş sinyal gerilimini, ışık kaynağını sürmede kullanılan bir akıma dönüştürür.

Kaynaktan fibere bağlayıcı, mekanik bir arabirimdir. İşlevi, kaynaktan yayılan ışığı fiber optik kabloya bağlamaktır. Fiber optik, cam ya da plastik fiber çekirdekten, bir koruyucu zarftan ve bir koruyucu kılıftan oluşmaktadır. Fiberden ışık dedektörüne bağlaşım aygıtı da mekanik bir bağlayıcıdır. Bu aygıtın işlevi, fiber kablodan mümkün olduğunca çok ışığı ışık dedektörüne bağlamaktır.

Işık dedektörü çoğunlukla ya bir PIN (pozitif - saf - negatif) diyod ya da bir APD'dir (çiğ fotodiyodu). Gerek APD gerekse PIN diyod, ışık enerjisini akıma dönüştürür. Dolayısıyla, bir akım- gerilim dönüştürücüsü gereklidir. Akım- gerilim dönüştürücüsü, dedektör akımındaki değişiklikleri çıkış sinyal gerilimindeki değişikliklere dönüştürür.

Alıcı çıkışındaki analog ya da sayısal arabirim de elektriksel bir arabirimdir. Eğer analog modülasyon kullanılıyorsa, arabirim empedansları ve sinyal düzeylerini çıkış devreleriyle eşler. Eğer sayısal modülasyon kullanılıyorsa, arabirimde bir de sayısal- analog dönüştürücü bulunmalıdır.

FİBER SİSTEMLERİN DEZAVANTAJLARI:

Bugün için, fiber sistemlerin birkaç dezavantajı vardır. Tek önemli dezavantaj, fiber sistemin kurulmasında başlangıç maliyetini daha yüksek olmasıdır, ancak gelecekte fiber sistem maliyetinin oldukça düşeceğine inanılmaktadır. Fiber sistemlerin bir başka dezavantajı, henüz kanıtlanmamış olmalarıdır; henüz, uzun süredir kullanılmakta olan fiber sistemler mevcut değildir.

İŞIĞIN FİBER OPTİKTE YAYILIMI: Işık, fiber optik bir kablodan ya yansıma ya da kırılma yoluyla yayılım yapabilir. Işığın nasıl yayılım yaptığı, yayılım moduna ve fiberin indeks profiline bağlıdır.

YAYINIM MODU: Fiber optik terminolojisinde, mod sözcüğü yol anlamına gelir. Eğer ışığın kabloda alacağı tek bir yol varsa, buna tek modlu yayılım denir. Eğer birden çok yol varsa, buna çok modlu yayılım denir. Şekil 22 - 10, ışığın fiber optikte tek modlu ve çok modlu yayılımını göstermektedir.

İNDEKS PROFİLİ: Bir fiber optiğin indeks profili, çekirdeğin kırılma indisinin grafiksel bir temsildir. Kırılma indisi yatay eksen üzerine; çekirdek ekseninden radyal uzaklık ise dikey eksen üzerine çizilir. Şekil 22 - 11, üç tür kablonun çekirdek indeks profillerini göstermektedir.

İki temel indeks profili türü vardır: kademe ve dereceli. Kademe indeksli bir fiber, sabit kırılma indisli

merkezi bir çekirdeğe sahiptir. Çekirdeğin çevresi, sabit ve merkezi çekirdeğin kırılma indisinden daha düşük bir kırılma indisine sahip, harici bir koruyucu zarfla sarılmıştır. Şekil 22 - 11'den, çekirdek/koruyucu zarf sınırında, kademe indeksli bir fiberin kırılma indisinde ani bir değişiklik olduğu görülebilir. Dereceli indeksli fiberde koruyucu zarf yoktur ve çekirdeğin kırılma indisi sabit değildir; kırılma indisi, merkezde en yüksek değerdedir ve dış kenara doğru yavaş yavaş azalır.

FİBERİN OPTİK DÜZENLEMELERİ:

Temel olarak, üç tür fiber optik düzenlemesi vardır: tek modlu kademe indeksli, çok modlu kademe indeksli ve çok modlu dereceli indeksli.

TEK MODLU KADEME İNDEKSİLİ FİBER: Tek modlu kademe indeksli fiber, yeterince küçük bir merkezi çekirdeğe sahiptir; öyle ki, temel olarak ışığın kabloda yayılım yaparken izleyebileceği tek bir yol vardır. Bu fiber türü Şekil 22-12'de gösterilmiştir. En basit tek modlu kademe indeksli fiber biçiminde, dıştaki koruyucu zarf havadır (Şekil 22-12a). Cam çekirdeğin kırılma indisi (n_1) yaklaşık 1.5'tir, hava koruyucu zarfının kırılma indisi (n_0) ise 1'dir. Kırılma indislerindeki büyük fark, cam/hava sınırında küçük bir kritik açı (yaklaşık 42 derece) oluşturur. Dolayısıyla fiber, geniş bir açıktan gelen ışığı kabul eder. Bu da, ışığı kaynaktan kabloya bağlamayı nispeten kolay hale getirir. Ancak bu tür fiber, tipik olarak çok zayıftır ve pratikte bu fiberin kullanımı sınırlıdır.

Tek modlu kademe indeksli fiberin daha kullanışlı türü, koruyucu zarf olarak hava yerine başka bir malzemenin kullanıldığı türdür (Şekil 22-12b). Koruyucu zarfın kırılma indisi (n_2) merkezi çekirdeğin kırılma indisinden (n_1) biraz daha azdır ve koruyucu zarf boyunca sabittir. Bu tür kablo, fiziksel olarak hava koruyucu zarflı kablodan daha güçlüdür, ancak kritik açısı da çok daha yüksektir (yaklaşık 77 derece). Kritik açının bu kadar yüksek olması, kabul açısının küçük, kaynak-fiber açıklığının ise dar olmasına yol açarak ışığı ışık kaynağından fibere bağlamayı güçleştirir.

Her iki tür tek modlu kademe indeksli fiberde de, ışık fiberde yansıma yoluyla yayılım yapar. Fibere giren ışık ışınları, çekirdekte doğrudan yayılım yaparlar ya da belki bir kez yansır. Dolayısıyla, bütün ışık ışınları kabloda yaklaşık aynı yolu izler ve kablonun bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat ederler. Bu, tek modlu kademe indeksli fiberlerin çok önemli avantajlarından biridir.

ÇOK MODLU KADEME İNDEKSİLİ FİBER: Çok modlu kademe indeksli bir fiber (Şekil 22-13'de) gösterilmiştir. Çok modlu kademe indeksli düzenleme, tek modlu düzenlemeye benzer; aradaki fark, merkezi çekirdeğin çok daha geniş olmasıdır. Bu fiber türü, daha geniş bir ışık-fiber açıklığına sahiptir, dolayısıyla kabloya daha çok ışık girmesine imkan verir. Çekirdek / koruyucu zarf arasındaki sınıra kritik açıdan daha büyük bir açıyla çarpan ışık ışınları (A ışını), çekirdekteki zikzak şeklinde yayılım yapar ve sürekli olarak sınırdan yansır. Çekirdek / koruyucu zarf sınırına kritik açıdan daha küçük bir açıyla çarpan ışık ışınları (B ışını), koruyucu zarfa girer ve yok olurlar. Fiberde yayılım yaparken, bir ışık ışınının izleyebileceği çok sayıda yol olduğu görülebilir. Bunun sonucu olarak, bütün ışık ışınları aynı yolu izlemez, dolayısıyla fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi aynı zaman süresi süresi içinde kat etmezler.

ÇOK MODLU DERECELİ İNDEKSİLİ FİBER: Çok modlu dereceli indeksli fiber (Şekil 22-14'te) gösterilmiştir. Çok modlu dereceli indeksli fiberin belirleyici özelliği, sabit olmayan kırılma indisli merkezi çekirdeğidir; kırılma indisi, merkezde maksimumdur ve dış kenara doğru tedrici olarak azalır. Işık bu tür fiberde kırılma aracılığıyla yayılır. Bir ışık ışını, çekirdek boyunca diyagonal olarak yayılım yaparken, sürekli olarak daha az yoğun ortamdan daha yoğun ortama geçer. Dolayısıyla, ışık ışınları devamlı kırılırlar ve sürekli olarak bükülürler. Işık fibere çok farklı açılardan girer. Işık ışınları fiberde yayılım yaparken, fiberin dış bölgesinde ilerleyen ışık ışınları, merkeze yakın ilerleyen ışıklardan daha fazla mesafe kat ederler. Kırılma indisi merkezden uzaklaştıkça azaldığı ve ışığın hızı kırılma indisi ile ters orantılı olduğu için, merkezden uzakta ilerleyen ışık ışınları, daha yüksek bir hızla yayılım yapar. Dolayısıyla ışınlar, fiberin bir ucundan bir ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat eder.

IŞIK KAYNAKLARI:

Temel olarak, fiber optik iletişim sistemlerinde ışık üretmede yaygın olarak kullanılan iki aygıt vardır : ışık yayan diyodlar (LED'ler) ve enjeksiyon lazerli diyodlar (ILD'ler). Her iki aygıtın da avantajları ve dezavantajları vardır ve birine oranla öteki aygıtın seçilmesi, sistem gerekliliklerini bağlı olarak yapılır.

IŞIK YAYAN DİYODLAR: Temel olarak, ışık yayan diyod (LED) yalnızca bir P-N eklem diyodudur.

Çoğunlukla, alüminyum galyum arsenit (AlGaAs) veya galyum arsenit fosfit (GaAsP) gibi yarı iletken bir malzemeden yapılır. Ledler ışığın doğal emisyonla yayarlar; ışık, elektronlar ile deliklerin yeniden birleşiminin bir sonucu olarak yayılır. Diyod ileri ön gerilimli olduğunda, P-N eklemi üzerinde azınlık taşıyıcıları meydana gelir. Azınlık taşıyıcıları eklemde, çoğunluk taşıyıcıları ile yeniden birleşip, enerjiyi ışık şeklinde verirler. Bu süreç, temel olarak klasik bir diyottaki süreç ile aynıdır; aradaki fark şudur: LED'lerde belli yarı iletken malzemeler ve katkılama maddeleri, süreç ışımaya yapacak (foton üretecek) şekilde seçilir. Foton, elektromanyetik dalga enerjisinin bir nicesidir. Fotonlar ışık hızında ilerleyen parçalardır, ancak durağan halde iken kütleleri yoktur. Klasik yarı iletken diyotlarda (sözgelimi, germanyum ve silisyum), süreç temel olarak ışımaya yapmaz ve foton üretimi olmaz. Bir LED imal etmek için kullanılan malzemenin enerji aralığı, LED'den yayılan ışığın görünür ışık olup olmadığını ve ışığın rengini belirler.

En basit LED yapıları, sade eklemli, epitaksiyel olarak büyütülmüş veya tek dağılmış aygıtlardır.

Epitaksiyel olarak büyütülmüş LED'ler, genellikle silisyum katkılı galyum arsenitle yapılırlar. Bu tür LED'den yayılan tipik bir dalga boyu 940 nm'dir; 100 mA'lik ileri yönde akımda tipik çıkış gücü ise 3 mW'tır. Düzlemsel dağılmış (sade eklemli) LED'ler 900 nm'lik bir dalga boyunda yaklaşık 500 mW çıkış yaparlar. Sade eklemli LED'lerin önde gelen dezavantajı, ışık emisyonlarının yönlü olmayışındır; bu da bu tür diyotları fiber optik sistemler açısından kötü bir seçenek haline getirir.

Düzlemsel karışık eklemli LED, epitaksiyel olarak büyütülmüş LED'e oldukça benzer; aradaki fark, düzlemsel karışık eklemli LED'de geometrik tasarımın, ileri yönde akımı aktif katmanın çok küçük bir alanına yoğunlaştıracak şekilde yapılmış olmasıdır. Bu yüzden, düzlemsel karışık eklemli LED'lere oranla çeşitli avantajları vardır.

Bu avantajlar şunlardır:

Akım yoğunluğundaki artış, daha parlak bir ışık spotu oluşturur.

Emisyon yapan alanın daha küçük, yayılan ışığı bir fibere bağlamayı kolaylaştırır

Etkili küçük alanın kapasitansı daha düşüktür; bu da düzlemsel karışık eklemli LED'lerin daha yüksek hızlarda kullanılmasını sağlar.

FİBER OPTİK KABLOLARDAKİ KAYIPLAR:

Fiber optik kablolarda iletim kayıpları, fiberin en önemli özelliklerinden biridir. Fiberdeki kayıplar, ışık gücünde bir azalmaya neden olur ve böylece sistem bant genişliğini, bilgi iletim hızını, verimliliği ve sistemin genel kapasitesini azaltır. Başlıca fiber kayıpları şunlardır:

Soğurma kayıpları

Malzeme ya da Rayleigh saçınım kayıpları

Renk ya da dalga boyu ayrılması

Yayılm kayıpları

Modal yayılma

Bağlaşım kayıpları

Soğurma Kayıpları: Fiber optikteki soğurma (yutma) kaybı, bakır kablolardaki güç kaybına benzer; fiberin saf olmaması nedeniyle fiberde bulunan maddeler, ışığı soğurur ve ısıya dönüştürür. Fiber optikleri imal etmede kullanılan aşırı saf cam, yaklaşık %99.9999 saftır. Gene de, 1 dB/km arasındaki soğurma kayıpları tipik değerlerdir. Fiber optikteki soğurma kayıplarına yol açan üç faktör vardır: morötesi soğurma, kızılaltı soğurma ve iyon rezonans soğurması.

Morötesi soğurma-Morötesi soğurmaya, fiberin imal edildiği silika malzemesindeki valans elektronları neden olur. Işık, valans elektronlarını iyonize ederek iletkenlik yaratır. İyonizasyon, toplam ışık alanındaki bir kayba eşdeğerdir ve bu nedenle fiberin iletim kayıplarından birini oluşturur.

Kızılaltı soğurma-Kızılaltı soğurmaya, cam çekirdek moleküllerinin atomları tarafından soğurulan ışık fotonları neden olur. Soğurulan fotonlar, ısınmaya özgü rastgele mekanik titreşimlere dönüştürülür.

İyon rezonans soğurması-İyon rezonans soğurmasına, malzemedeki OH-iyonları neden olur. OH-iyonlarının kaynağı, imalat sürecinde camın içinde sıkışıp kalan su molekülleridir. İyon soğurmasına demir, bakır ve krom molekülleride neden olabilir.

Malzeme ya da Rayleigh Saçınım Kayıpları: İmalat sürecinde, cam çekilerek çok küçük çaplı uzun fiberler haline getirilir. Bu süreç esnasında, cam plastik haldedir(sıvı ya da katı halde değil). Bu süreç esnasında cama uygulanan germe kuvveti, soğuyan camda mikroskopla görülmeyecek kadar küçük düzensizliklerin oluşmasına neden olur;bu düzensizlikler fiberde kalıcı olarak oluşur. Işık ışınları, fiberde yayılım yaparken bu düzensizliklerden birine çarparsa kırınım meydana gelir. Kırınım,ışığın birçok yönde dağılmasına ya da saçılmasına yol açar. Kırınım yapan ışığın bir kısmı fiberde yoluna devam eder, bir kısmı da koruyucu zarf üzerinden dışarı kaçar. Kaçan ışık ışınları, ışık gücünde bir kayba karşılık gelirler. Buna Rayleigh saçınım kaybı denir.

Renk ya da Dalga Boyu Ayrılması: Daha önce de belirtildiği gibi, bir ortamın kırılma indisi dalga boyuna bağlıdır. Işık yayan diyodlar(LED'ler) çeşitli dalga boylarını içeren ışık yayarlar. Bileşik ışık sinyalindeki her dalga boyu farklı bir hızda ilerler. Dolayısıyla, bir LED'den aynı zamanda yayılan ve fiber optikte yayılım yapan ışık ışınları, fiberin en uç noktasına aynı anda ulaşmazlar. Bunun sonucu olarak, alma sinyalinde bozulma meydana gelir; buna kromatik bozulma denir.

Yayılım Kayıpları: Yayılım kayıplarına, fiberdeki küçük bükümler ve burulmalar neden olur. Temel olarak, iki tür büküm vardır:mikro büküm ve sabit yarıçaplı büküm. Mikro büküm, çekirdek malzemesi ile koruyucu zarf malzemesinin ısıl büzülme oranları arasındaki farktan kaynaklanır. Mikro büküm, fiberde Rayleigh saçınımının meydana gelebileceği bir süreksizlik oluşturur. Sabit yarı çaplı bükümler, fiberin yapımı ya da monte edilmesi sırasındaki bükümler sonucu meydana gelir.

Modal Yayılma: Modal yayılmanın ya da darbe yayılmasının nedeni, bir fiberde farklı yollar izleyen ışık ışınlarının yayılım sürelerindeki farktır. Modal yayılmanın yalnızca çok modlu fiberlerde meydana gelebileceği açıktır. Dereceli indeksli fiberler kullanılmak suretiyle modal yayılma önemli ölçüde azaltılabilir; tek modlu kademe indeksli fiberler kullanıldığında ise hemen hemen bütünüyle bertaraf edilebilir.

Modal yayılma, bir fiberde yayılım yapmakta olan bir ışık enerjisi darbesinin yayılarak dağılmasına neden olabilir. Eğer darbe yayılması yeterince ciddiye, bir darbe bir sonraki darbenin tepesine düşebilir(bu, semboller arası girişime bir örnek oluşturmaktadır). Çok modlu kademe indeksli bir fiberde, doğrudan fiber eksenini üzerinden yayılım yapan bir ışık ışını,fiberi bir ucundan diğer ucuna en kısa sürede kat eder. Kritik açıyla çekirdek/koruyucu zarf sınırına çarpan bir ışık ışını, en çok sayıda dahili yansımaya maruz kalacak. Dolayısıyla fiberi bir ucundan diğer ucuna en uzun sürede kat edecektir.

Bağlaşım Kayıpları: Fiber kablolarda, şu üç optik eklem türünden herhangi birinde bağlaşım kayıpları

meydana gelebilir: ışık kaynağı-fiber bağlantıları, fiber-fiber bağlantıları ve fiber fotodedektör bağlantıları. Eklem kayıplarına çoğunlukla şu ayar sorunlarından biri neden olur: yanal ayarsızlık, açısal ayarsızlık, aralık ayarsızlık ve kusursuz olmayan yüzey.

Yanal ayarsızlık: Yanal ayarsızlık, bitişik iki fiber kablo arasındaki yanal kayma ya da eksen kaymasıdır. Kayıp miktarı, bir desibelin beş ila onda biri ile birkaç desibel arası olabilir. Eğer fiber eksenleri, küçük fiberin çapının yüzde beşi dahilinde ayarlanmışsa, bu kayıp ihmal edilebilir.

Açısal ayarsızlık: Açısal ayarsızlığa bazen açısal yer değiştirmede denir. Açısal ayarsızlık ikiden az ise, kayıp 0.5 desibelden az olur.

Aralık ayarsızlığı: Aralık ayarsızlığına bazen uç ayrılması da denmektedir. Fiber optiklerde ekler yapıldığında, fiberlerin birbiri ile temas etmesi gerekir. Fiberler birbirinden ne kadar ayrı olursa, ışık kaybı o kadar fazla olur. İki fiber birbirine bağlantı parçasıyla birleştirilmişse, uçlar temas etmemelidir. Bunun nedeni, iki ucun bağlantı parçasında birbiri ile sürtünmesinin fiberlerden birine ya da her ikisine birden hasara yol açabilecek olmasıdır.

Kusursuz olmayan yüzey: İki bitişik kablonun uçlarının bütün pürüzleri giderilmeli ve iki uç birbirine tam olarak uymalıdır. Fiber uçların dikey çizgiden açıklıkları 3'den az ise, kayıpların 0.5 desibelden az olur.