

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

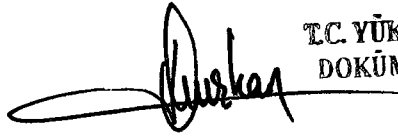
84955

FİBER OPTİK KABLOLAR VE KULLANIM ALANLARI

Elek. Müh. Orhan BULUT

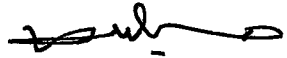
**F.B.E Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nurettin UMURKAN



Doç. Dr. Kerem UĞUR

Yrd. Doç. Dr. Hakan ÜNDİL



İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. OPTİK İLETİME GİRİŞ	1
1.1 Optik İletim Sistemi Kullanım Gereksinimleri	1
1.2 Optik İletim Sistemlerindeki Gelişmeler	1
1.3 Optik İletimin Tarihçesi	3
1.4 Dünyada Fiberin Kullanım Alanları	4
1.5 Türkiye’de Fiberin Kullanım Alanları	5
1.6 Optik İletimin Diğer İletim Sistemleri ile Karşılaştırılması	6
1.6.1 Avantajları	6
1.6.2 Dezavantajları	9
1.7 Optik Fiberlerin Kullanım Alanları	10
2 OPTİK (IŞIKSAL) İLETİM	11
2.1 Çoğullama (Multiplex)	12
2.2 Dönüştürücüler	14
2.2.1 Elektriksel sinyali ışıksal (optik) sinyale dönüştürücüler (E/O)	14
2.2.2 Işıksal (optik) sinyali, elektriksel sinyale dönüştürücüler (O/E)	16
2.3 Işığın Yansıması ve Kırılması	16
2.3.1 Işığın yansıması	17
2.3.2 Işığın kırılması	17
2.3.3 Fresnel yansıması	19
2.3.4 Numerical aperture	20
2.3.5 Işığın giriş konisi	22
2.3.6 Dispersion	23
2.3.6.1 Mode (Modal) dispersion	23
2.3.6.2 Madde dispersionu	23
2.3.6.3 Dalga kılavuzu dispersionu	23
2.4 Optik Fiberde İletim	24

2.4.1	Geniş açi durumu	25
2.4.2	Dar açi durumu	25
2.5	Optik Fiber Damar Çeşitleri	25
2.5.1	Basamak indisli çok modlu fiberler	27
2.5.2	Dereceli indisli çok modlu fiberler	28
2.5.3	Basamak indisli tek modlu fiberler	28
2.6	Optik Fiberde Işığın Propogasyonu	29
2.6.1	Basamak indisli çok modlu fiberde ışığın propogasyonu	29
2.6.2	Dereceli indisli çok modlu fiberde ışığın propogasyonu	29
2.6.3	Basamak indisli tek modlu fiberlerde ışığın propogasyonu	30
2.7	Optik Fiberde Uygun İletim Dalga Boyları	31
2.8	Optik Fiberde Zayıflama	31
2.8.1	Rayleigh dağılıması	32
2.8.2	Keskin ve küçük kıvrımlar	33
2.8.3	Çekme, büzülme, basınç ve sıcaklık etkisi	34
2.8.4	OH ⁻ (Nem-hidroksil) yutması	34
2.9	Optik Fiberde Güç	35
2.10	Optik Fiberlerin Kılıflanması	35
2.10.1	Tek fiberli gevşek tüp	37
2.10.2	Çok fiberli gevşek tüp	37
2.10.3	Sıkı tüp.....	37
2.10.4	Kompozit tüp	38
2.10.5	Şerit	38
3.	OPTİK İLETİMDE KULLANILAN MALZEMELER	40
3.1	Optik Fiber Damarlar	40
3.2	Optik Fiber Ara Bağlantı Kablosu (Pig – Taill)	40
3.2.1	Ara bağlatı kablosu	40
3.2.2	Konnektör	40
3.3	Çıplak Fiber Adaptörü	41
3.4	U Link	41
3.5	Zayıflatıcılar	42
3.6	Optik (Işıksal) İletimde Kullanılan Diğer Malzemeler	42
3.6.1	Optik filtreler	42
3.6.2	Optik birleştirici	43
3.6.3	Optik ayıştırıcı	43
3.6.4	Optik çiftleyici	43
3.7	Optik Dağıtım Çatısı	44
3.8	Optik Dağıtım Kutusu	44
3.9	CCITT 'nin Fiber Damar Standartları	46

3.10	Türk Telekomünikasyon A.Ş. Fiber Damar Standartları	47
3.11	Türk Telekomünikasyon A.Ş. Fiber Kablo Standartları	52
4.	FİBER OPTİK AYDINLATMA SİSTEMLERİ	53
4.1	Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin Elemanları	53
4.1.1	Işık kutusu	53
4.1.2	Lif demetleri	54
4.1.3	Optik dağıtım noktaları	54
4.2	Optik Lifli Aydınlatma Uygulamalarında Sınırlamalar	55
4.3	Optik Lifli Aydınlatmanın Kullanım Alanları	56
4.4	Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin Üstünlükleri ve Sakıncaları	57
4.4.1	Sistemin üstünlükleri	57
4.4.2	Sistemin Sakıncaları	58
4.5	Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin uygulamalarında Kullanılan Temel Malzemeler	58
4.5.1	Işık generatörü	58
4.5.2	Kablolar	59
4.5.3	Optik bağlantılar	59
4.6	Optik Lifli Aydınlatmanın Kullanılabileceği Örnek Mekanlar	60
4.6.1	Merdiven aydınlatması	60
4.6.2	Müze aydınlatması	60
4.6.3	Camekan/Oda aydınlatması	60
4.6.4	Estetiki aydınlatma	61
4.6.5	Kenar aydınlatma	61
4.6.6	Havuz aydınlatması	61
5.	SONUÇLAR	64
	KAYNAKLAR	65
	EKLER	67
	Ek 1 Optik Sözlük	67
	ÖZGEÇMİŞ	73

SİMGE LİSTESİ

λ_c	Kesim dalga boyu
α_r	Rayleigh açısı
α	1. Ortamda ışığın düşy eksenle yaptığı açı
β	2. Ortamda ışığın düşy eksenle yaptığı açı
Φ	Numerical aperture açısı
d	Öz çap
f	Fresnel yansıması
λ	Dalga boyu
h	Plank sabiti
φ	ışık akısı
K_i	Optik lifde ışık kaybı
n	Kırılma indis
μ	Mikron

KISALTMA LİSTESİ

APD	Avalanche Photo Diode
E/O	Elektriksel sinyali optik sinyale dönüştürücüler
F/O	Fiber optik
FO-H	Havai hat tipi fiber optik kablo
FO-Y	Yer altı tipi fiber optik kablo
FDM	Frequency division multiplexing
ISDN	Integrated service digital network
LAN	Local area network
LID	Local injection and deduction
LD	Laser diode
LED	Light emitting diode
NA	Numerical aperture
ODÇ	Optik dağıtım çatısı
ODK	Optik dağıtım kutusu
O/E	Optik sinyali elektriksel sinyale dönüştürücüler
PCM	Pulse code modulation
PIN-FET	Positive intrinsic negative field effect transistor
SKF	Saçınım kaydırmalı fiber
SONET	Subscriber optical network
TDM	Time division multiplexing
SM	Single mod
GM	Graded mode

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	PhotoPhone iletim sistemi 2
Şekil 1.2	Dünyada fiberin kullanım alanları 4
Şekil 1.3	Türkiye’de fiberin yıllara göre dağılımı 5
Şekil 1.4	İletim sistemlerinin bant genişliği x uzaklık çarpanına göre karşılaştırılması 7
Şekil 1.5	Optik fiberlerin kullanım alanları, iletim uzaklığı ve data arasındaki ilişki 10
Şekil 2.1	Işıksal iletim 11
Şekil 2.2	PCM Çoğullama kanal kapasiteleri 12
Şekil 2.3	565 Mb/s iletim sisteminin öbek yapısı 13
Şekil 2.4	Dönüştürücü sisteminin yapısı 14
Şekil 2.5	LED ve LD’ nin grafiksel özellikleri 15
Şekil 2.6	Işığın yansımaları 17
Şekil 2.7	Az yoğun ortandan çok yoğun ortama geçen ışığın yansımaları 18
Şekil 2.8	Kritik açıdan daha büyük açıyla gelen ışığın kırılması 19
Şekil 2.9	Kritik açıdan daha küçük açıyla gelen ışığın kırılması 19
Şekil 2.10	Fresnel yansımaları 19
Şekil 2.11	Nümerik açıklık 20
Şekil 2.12	Işık giriş konisi 22
Şekil 2.13	Optik fiberde iletim 24
Şekil 2.14	Işık demetinin fiber eksenle yaptığı açı 24
Şekil 2.15	Fiber eksenine geniş açıyla giren ışık 25
Şekil 2.16	Fiber eksenine dar açıyla giren ışık 25
Şekil 2.17	Optik fiber damar çeşitlerinde iletim, kırılma indisi, dağılma ve darbe iletimi 27
Şekil 2.18	Basamak indisli çok modlu fiber damarın indis kesiti 27
Şekil 2.19	Dereceli indisli çok modlu fiber damarın kırılma indis kesiti 28
Şekil 2.20	Basamak indisli tek modlu fiberin indis kesiti 29
Şekil 2.21	Basamak indisli çok modlu fiberde ışığın propogasyonu 29
Şekil 2.22	Dereceli indisli çok modlu fiberde ışığın propogasyonu 30
Şekil 2.23	Basamak indisli tek modlu fiberde ışığın propogasyonu 30
Şekil 2.24	Zayıflama 31
Şekil 2.25	Zayıflamanın dalga boyu ile değişimi 31
Şekil 2.26	Rayleigh dağılmasının dalga boyu ile değişimi 32
Şekil 2.27	Fiber damarda ışığın keskin kıvrımlardan geçişi 33
Şekil 2.28	Fiber damarda ışığın küçük kıvrımlardan geçişi 34
Şekil 2.29	Fiber damarda çekme, büzülme, basınç ve sıcaklık durumu 34
Şekil 2.30	Fiber damarda hidroksil yutması 35
Şekil 2.31	Tek fiberli gevşek tüp 36
Şekil 2.32	Fiber kablonun büzülme, normal, çekme durumunda damarların tüp içersindeki konumu 36
Şekil 2.33	Çok fiberli gevşek tüp 37
Şekil 2.34	Sıkı Tüp 37
Şekil 2.35	Kompozit tüp 38
Şekil 2.36	Şerit damar 38
Şekil 3.37	Şerit damar yapısı 39
Şekil 3.1	Fiber ara bağlantı kablosu 40
Şekil 3.2	Konnektör 40
Şekil 3.3	U link 41

Şekil 3.4	Zayıflatıcılar.....	42
Şekil 3.5	Optik filtre	42
Şekil 3.6	Dalga boyu bölmeli-birleştirmeli optik iletim sistemi	43
Şekil 3.7	Optik çiftleyici	43
Şekil 3.8	Optik dağıtım çatısı	44
Şekil 3.9	Optik dağıtım kutusu	45
Şekil 3.10	Bina içi optik dağıtım kutusu	45
Şekil 4.1	Optik lifli aydınlatma sistemi elemanları	53
Şekil 4.2	Optik lifli aydınlatma sisteminde $l > 10$ m durumunda tesisat düzeni...	56
Şekil 4.3	Optik lifli aydınlatma sisteminde $l < 10$ m durumunda tesisat düzeni...	56
Şekil 4.4	Işık generatörü	59
Şekil 4.5	Optik kablolar	59
Şekil 4.6	Değerli bir tablo aydınlatması	62
Şekil 4.7	Estetik aydınlatma	62
Şekil 4.8	Havuz aydınlatması	63



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 LED ve LD'nin karşılaştırılması	14
Çizelge 2.2 Üç değişik yapıdaki fiber değerleri	26
Çizelge 3.1 Fiber damarın optik özellikler	47
Çizelge 3.2 Fiber damarın mekanik özellikler	47
Çizelge 3.3 4 fiberli FO'da renk sıralaması	48
Çizelge 3.4 6 fiberli FO'da renk sıralaması	48
Çizelge 3.5 12 fiberli FO'da renk sıralaması	48
Çizelge 3.6 24 fiberli FO'da renk sıralaması	49
Çizelge 3.7 48 fiberli FO'da renk sıralaması	50
Çizelge 3.8 Fiber kablo kılıf kalınlıkları	52
Çizelge 4.1 3000 °K renk sıcaklıklı bir lamba ışığının optik lifle taşınması durumu	55



ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği A.B.D. Elektrik mühendisliği programında hazırlanan bu tezde, Yüzyılın en önemli buluşu olan ve iletişim tarihinde yeni bir çığır açan fiber optik kabloların yapısı ve iletim teknikleri anlatılmıştır. İnsanlığın fiber optik sayesinde bilgiye ulaşmada sağladığı güvenli ve hızlı erişim neticesinde fiber optiğin kullanım sahaları gün geçtikçe araştırılmaya başlanılmıştır. Bunun sonucunda insanlığın doğal bir ihtiyacı olan aydınlatma sistemlerinde kullanılması durumunda sağladığı güvenli, estetik, emniyetli ve doğal aydınlatmayla insanlık için ne kadar önemli olduğu kanısına varılmıştır.

Bu tez çalışmasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Nurettin UMURKAN, Yrd Doç. Dr. Adem ÜNAL'a, ayrıca tezin yazımı esnasında göstermiş oldukları maddi ve manevi katkılarından dolayı Emel İNAK, Arş. Gör. Ercan İZGİ ve Arş. Gör. Bora ACARKAN'a en derin şükranlarımı sunarım.

Orhan BULUT
Haziran, 1999

ÖZET

Elektriksel işaretlerin iletiminde kullanılan, bakır tel, eşeksenli kablo, R/L, uydu haberleşmelerinde var olan dinleme, karışma, gürültü, bant genişliği x uzaklık çarpanlarının ve esnekliklerinin az olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldıran optik iletim sistemi, iletişim tarihinde yeni bir dönem açmıştır.

Fiber optik damarların, ideal denecek derecede saflaştırılmış silikondan oluşması nedeniyle, yüksek hızda iletim sağlaması, tekrarlayıcı aralıklara olanak sağlaması, kanal başına maliyetin düşük olması, bilgi çalınmasının güç olması, elektro manyetik etkilerden bozulmaması gibi özelliklerinden dolayı iletişime büyük kalite ve kolaylıklar getirmiştir.

Fiber optik ile taşınan bilgi, normal bakır devreler ile taşınabilenin yaklaşık onbin katıdır. Böyle bir kablo ile yaklaşık 200 televizyon kanalından fazlası taşınabildiği gibi, karşılıklı iletişim kapasitesine de sahiptir.

Fiber optik kabloların son zamanlarda yapılan en önemli bir uygulamalarından olan, optik liflerle aydınlatma sistemleri sağladığı verimli, estetiki, hiçbir gerilimin olmadığı böylesine güvenli bir aydınlatma sistemi, gelecekte aydınlatma teknolojisinde büyük bir çıkış açacağını göstermiş bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler : Kablo, Fiber optik, iletişim, ışık, aydınlatma

ABSTRACT

The optic transmission system removing negative effective as copper wire, coaxial cable, R/L, satellite telecommunication, the listening existing at interfacing, noise, being little of elestiction and multiplying of bandwidth x distance has made a new revolution the communication history.

Due to silicon purified fiber optic cables have provided high quality and move conveniences such as transmission at high speed, low of cost per channel, difficulty of stealing knowledge, not destroyed from Electro magnetic effects.

Information carried by fiber optics is approximately ten thousand times as compared to the ordinary copper circuits. This type of cable can be carry more than 200 TV channels as well as it have also in mutual transmission capacity.

One of the most important applications of fiber optic cables is illumination system with fiber optic. With this method, safety, interactive and low voltage in illumination system are provided. For this reason, fiber optic illumination will open a new road in the illumination technology of the future.

Key words: cable, fiber optic, communication, light, illumination

1. OPTİK İLETİME GİRİŞ

1.1 Optik İletim Sistemi Kullanım Gereksinimleri

Optik iletim sistemi kullanımına aşağıdaki gereksinimlerden dolayı yönelinmiştir.

- a- Bakırdan daha ucuz malzemeden (camdan) üretilen iletkenlere gereksinim duyulması
- b- Hızla artan kanal ve bant gereksinimlerini karşılayabilecek yüksek kapasiteli iletimin gerekmesi,
- c- Geniş bantlı ve yüksek hızlı iletimin gerekmesi,
- d- Nükleer patlama ve elektromanyetik etkilerden etkilenmeyecek bir iletken cinsine gerek duyulması

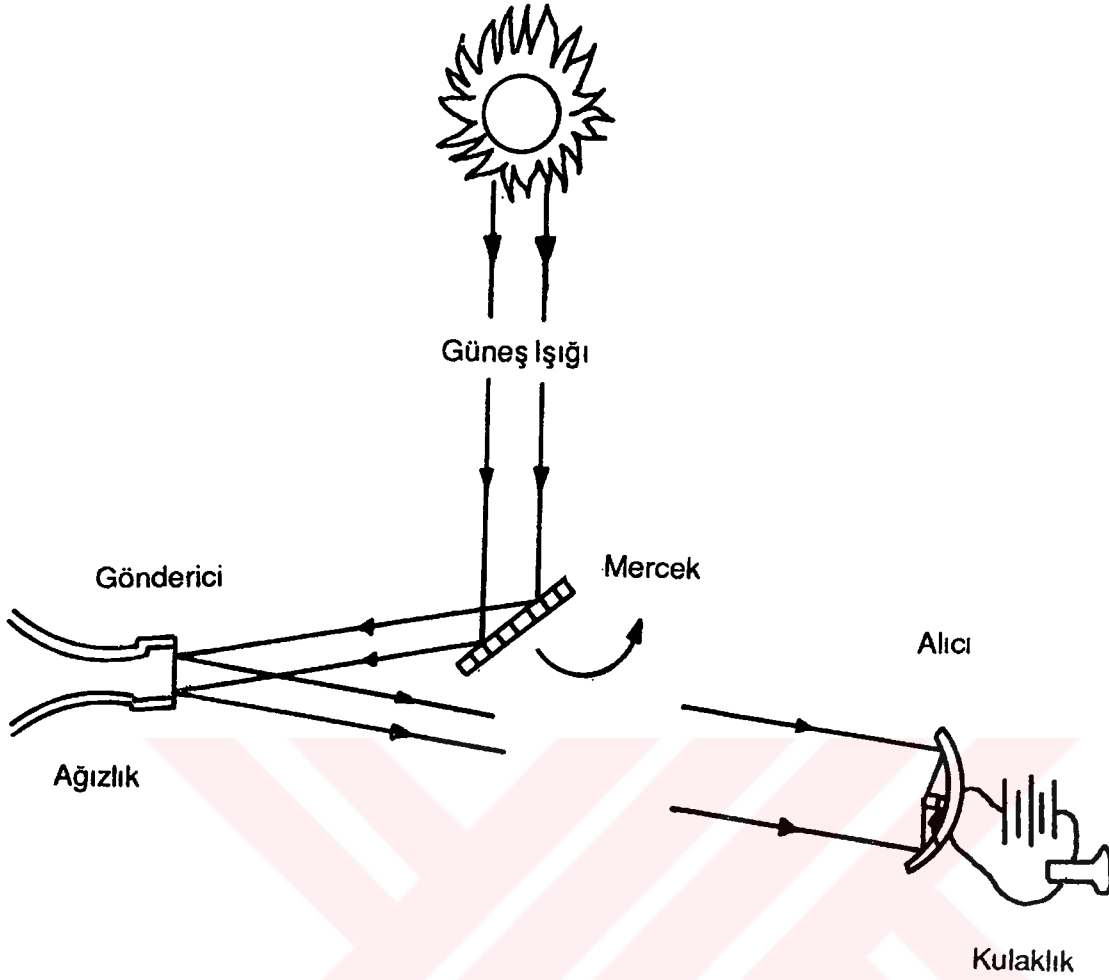
Optik iletim sistemleri yukarıdaki dört sorunu çözmüş ve laser'in bulunmasıyla da optik sistem oldukça kısa sürede iletişimde uygulanmaya başlanmıştır.

Optik iletim sistemlerinin bu kadar hızlı gelişmelerinde endüstriyelleşmiş(sanayileşmiş) ülkelerin artan istekleri kadar, gelişmekte olan ülkelerin haberleşme isteklerindeki hızlı artışında etkili olduğu söylenebilir. Bu sistemler şu anda geleceğin haberleşme şebekesinin temelini oluşturacak düzeye gelmiştir.

1.2 Optik(Işık) İletim Sistemlerindeki Gelişmeler

İnsanın var olduğu ilk yıllardan beri ışık bir haberleşme aracı olarak kullanıla gelmiştir. Haberleşme aracı olarak kullanılması 1850'li yıllarda Alexander Graham BELL tarafından geliştirilmiştir. "**Photophone**"olarak isimlendirilen bu sistemde güneş ışınları yansıtıcılarla konuşma hunisine yönlendirilmiş ve diyafram vasıtasıyla konuşmalar modüle edilerek güneş ışınları ile alıcı uca ulaştırılmıştır.

Photophone sisteminde iletim ortamı hava olduğundan iletim uzaklığı 200 metre 'yi geçmemiştir. Sesli sinemanın bulunuşundan sonra konu yeniden canlanmış 1934 yılında düşük zayıflamalı cam iletkenlen yararlanan bir Optik Telefon Sistemi patenti alınmıştır. 1966 Yılında Charles K. Kao tarafından cam fiber ve modüleli kızılötesi ışık kullanılarak sinyaller uzak mesafelere iletilmesinin teorik olarak mümkün olduğu gösterilmiştir



Şekil 1.1 PhotoPhone iletim sistemi

1970 yılında CBW (Corning) Şirketince zayıflaması (Optik pencere 850 nm. Dalga boyunda) 20 dB/km olan ilk fiber üretilmiştir. Bir yıl sonra Bell Şirketi oda sıcaklığında çalışan **Solid State Laser Diyod** üretmiştir. 1972 yılında dereceli indisli fiber damar üretilmiş zayıflama 4 dB/km.ye düşürülmüştür. 1975 yılında 1310 nm penceresinden bulunup 1979'da zayıflamanın 0.2 dB/km.ye indirilmesi sağlanmıştır. 1983'de 400 Mb/s hızla 25 km.lik yineleyici aralığı sağlanıp, 4 yıl sonra 1550 nm.lik Saçınım Kaymalı Tek Modlu bir damar ve karmaşık yerine tek frekanslı basit bir Lazer kullanarak 400 Mb/s hızında 107 km boyunca hatasız veri iletimi gerçekleştirdiklerini **Plessey Firması** açıklamıştır. 1.6 Gb/s sistemi ile (23 040 kanal) yineleyici arası 40 km.ye çıkmıştır. Aynı yıl VAD üretim yöntemiyle 100-500 km.lik tek parça fiber damarlar üretilmiştir. 1989 yılında 1550 nm.lik iletim sistemi ve 400 Mb/s.lik sistemle 120 km.lik yineleyici aralığına ulaşılmıştır. Çalışmalar 4 Gb/s hız ve 200 km tekrarlayıcı aralığına erişmek için yoğunlaştırılmış bulunmaktadır.

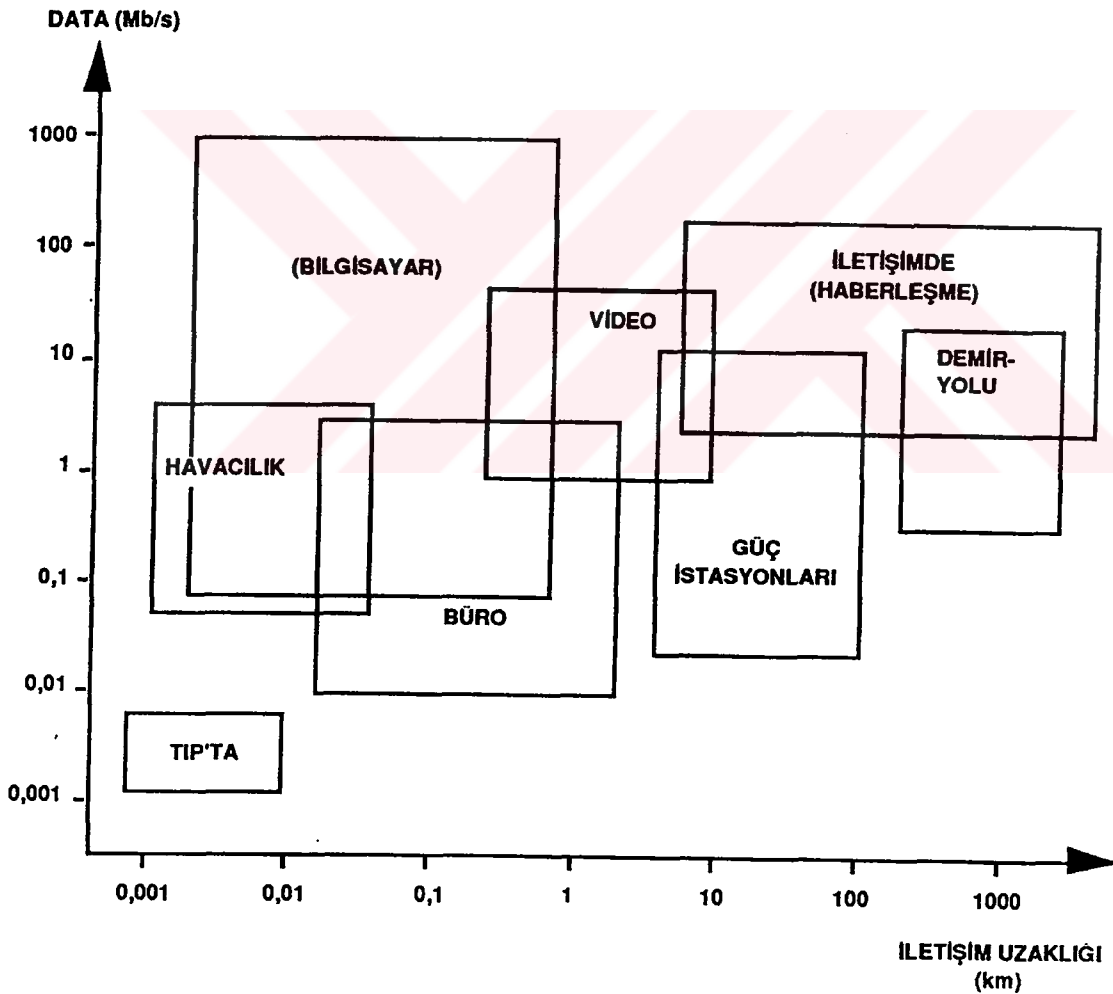
1.3 Optik (Işıksal) İletimin Tarihçesi

- Kızılderililer tarafından (ateş ve duman olarak) kullanılması
- 1880 A. Graham BELL tarafından Photophone ile 200 m.lik haberleşme sağlanması
- 1887 Charls Vernen Boys ilk ince cam fiberi (kaplamasız) gerçekleştirdi.
- 1950 Direkt görüntü iletiminde cam fiber kullanılması
- 1958 LASER'İN bulunması
- 1960 LASER'İN başarıyla çalıştırılması
- 1962 Yarı iletken LASER'İN geliştirilmesi
- 1962 Yarı iletken foto diyotların geliştirilmesi
- 1964 Dereceli indisli fiber düşüncesinin ortaya atılması
- 1966 Cam fiber kullanma düşüncesinin ortaya atılması
- 1966 Fiberde örtü tabakası düşüncesinin ortaya atılması
- 1970 Silikadan fiber üretilmesi (20 dB/km 850nm. Penceresinde)
- 1971 Kullanışlı LD ve LED'lerin bulunması
- 1972 Dereceli İndisli fiber üretilmesi (4 dB/km. 850nm.)
- 1973 Optik Kabloların askeri haberleşmede kullanılması
- 1973 Optik tekrarlayıcının geliştirilmesi
- 1973 Fiber üretiminde OVD yönteminin açıklanması
- 1974 Fiber üretiminde MVCD yönteminin (Cam tüpün içine silikon yerleştirilmesi) açıklanması (2.4 dB/km)
- 1975 1310 nm. Optik penceresinin bulunması
- 1976 1310 nm. Işık dalga boyunda GaInAsP Laser Diyod unun üretimi
- 1976 Ark (Füzyon) yöntemiyle fiber kaynağının gerçekleşmesi
- 1977 Fiber üretiminde VAD yönteminin açıklanması
- 1978 Çok modlu fiber kablo ilk tesisinin başlanması
- Fiber zayıflamasının (4dB/km'den 1550 nm.) 0.2 dB/km.ye indirilmesi
- 1980 GalnAsP 1550 nm. Işık dalga boyunda Laser Diyot'un üretimi
- 1981 Dereceli indisli Fiber kablolarının kullanılması
- 1981 100 Mb/s hızda yineleyici (tekrarlayıcı) aralığının 10 km.ye çıkması
- 1983 Tek Modlu fiber kablo üretiminin (VAD yöntemiyle) başlaması
- 400 Mb/s hızla 25 km.lik yineleyici aralığının sağlanması
- 1984 Optik fiber sistemlerinin abone göz devrelerine (SONET) uygulanması
- 1984 Derin sulara gömülecek denizaltı fiber kablo için UV reçinesinin geliştirilmesi
- 1985 100 damarlı Dereceli İndisli Fiber şeritli Ribbon kablo üretimi
- 1987 1550 nm.lik Saçınım Kaynaklı fiber damar kullanılması
- 1987 VAD yöntemiyle 100-500 km.lik tek parça fiber damar üretilmesi

- 1987 1.6 Gb/s çoğulla ma sistemle (23 040 kanal) yineleyici arası 40 km.ye erişilmesi
 1989 1550 nm.lik ışıkla 400 Mb/s.lik hızla çoğulla ma ve yineleyici aralığının 120 km.ye çıkması
 1990 400 km.lik yineleyicisiz fiber üretiminin tesisinin gerçekleşmesi
 1991 2.5 Gb/s.lik çoğulla ma ile 30 720 kanala erişme (STM-169)
 1995 2.5 Gb/s.lik hızla 100 km.ye çıkması
 1996 10 Gb/s.lik hızla çıkma çalışmaları (STM-64)
 1997 40 Gb/s.lik hızla 300 km.lik üretildi.

1.4 Dünyada Fiberin Kullanım Alanları

Dünyada fiber Hastanelerde, Havacılıkta, İşyerlerinde, Haberleşmede, Video, Güç istasyonları ve Demiryollarında kullanılmaktadır. Optik Fiberin kullanım alanları şekil 1.2’de verildiği gibidir.



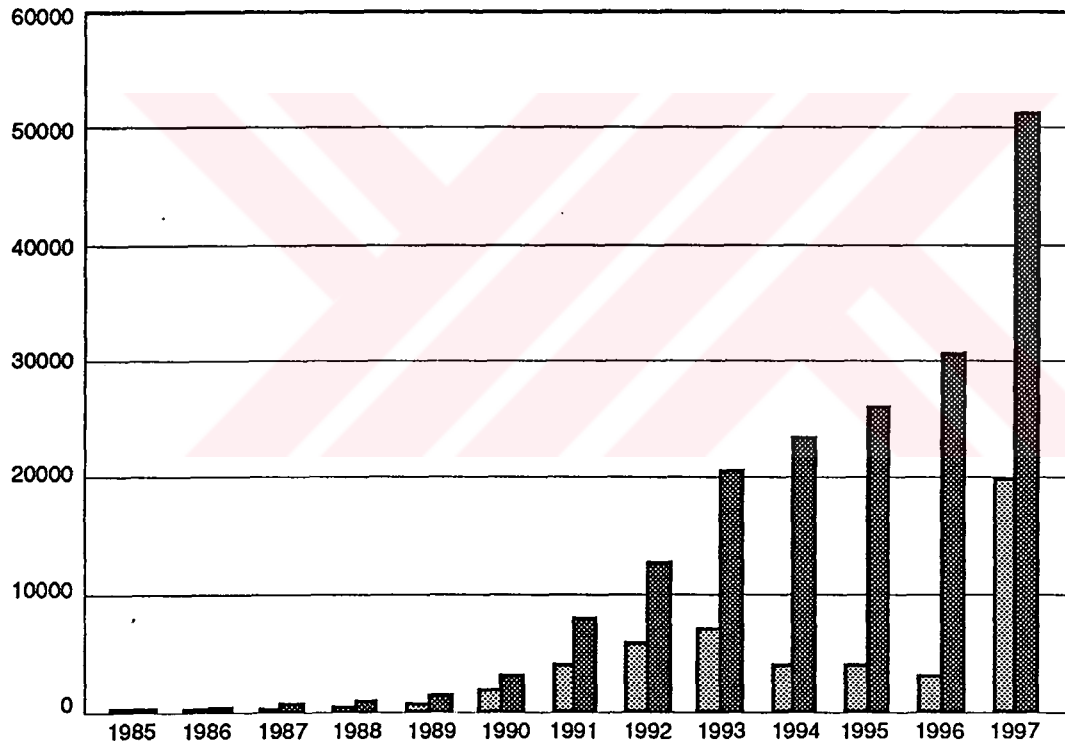
Şekil 1.2 Dünyada fiberin kullanım alanları

1.5 Türkiye’de Fiber Kullanım Alanları

Ülkemizde yaygın olarak Türk Telekomünikasyon A.Ş. Genel Müdürlüğüne kullanılmaktadır. Bu Kuruluşta Çok Modlu fiber kullanılmadan Tek Modlu fiber kullanılmaya başlamıştır. İlk olarak 1985 yılında Ankara’da Gölbaşı Uydu Yer İstasyonu ile Ulus Santrali arasında 42 km.lik fiber optik kablonun Ericsson firmasınınca yeraltından tesisi yapıldı. Bu tesiste 1310 nm ışık dalga boyu ve 140 Mb/s.lik çoğullama sistemi kullanılarak yineleyicisiz optik iletim sağlanmıştır.

1987 yılında Aydın - Denizli arasına havai fiber optik kablo tesis edilmiştir. Bu tarihten sonra jonksiyon bağlantıları ve Kırsal Alan Haberleşme Şebekesinde kullanım yaygınlaştırılmıştır. Yıllara göre dağılım ve uygulamalar Şekil 1.3’de görülmektedir. (T.T.A.Ş. yatırım programı, 1997)

YIL SONLARI İLE F/O KABLO MONTAJ DURUMU



	Yıllık (Km.)
	Topl. (Km.)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Yıllık (Km.)	102	122	311	501	510	1892	4100	6162	7000	4000	3650	2650	15000
Topl. (Km.)	102	224	535	1036	1546	3438	7538	13700	20700	24700	28350	31000	46000
Toplam Tesis Edilen Kablo (Km) :													31000 46000

Şekil 1.3 Türkiye’de fiberin yıllara göre dağılımı

Ayrıca kablolu TV’ de yayın merkezleri ile denetim merkezi ve dağıtım merkezleri arasında, Televizyon ve Radyo yayınları fiber optik kablodan iletilmektedir.

1.6 Optik (Işıksal) İletimin Diğer İletim Sistemleri ile karşılaştırılması

1.6.1 Avantajları :

Işıksal iletimi diğer iletim sistemlerinden farklı kılan özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- a- Yüksek hızla iletim olanağı sağlar
- b- Uzun yineleyici (tekrarlayıcı -repetör) aralıklarına olanak sağlar
- c- Kanal başına maliyet düşüktür.
- d- Bilgi çalınması oldukça güçtür.
- e- Elektromanyetik etkilerden bozulmaz.
- f- Karışma (Diyafoni) sorunu yoktur.
- g- Alış ve veri uçlarında elektriki yalıtım vardır.
- h- Değişik çevre koşullarında güvenli olarak kullanılabilir.
- i- Değişik amaçlar için kablo üretildiğinden standartlaşma yoktur.
- j- Kablo tesisi kolaylığına karşın ek ve bakımda özen gerektirir.
- k- Yerel (Abone) dağıtım şebekesinde (Sonet - Fiber to home) kullanılması şu an için ekonomik değildir.

Yukarıdaki özellikleri açıklayacak olursak ;

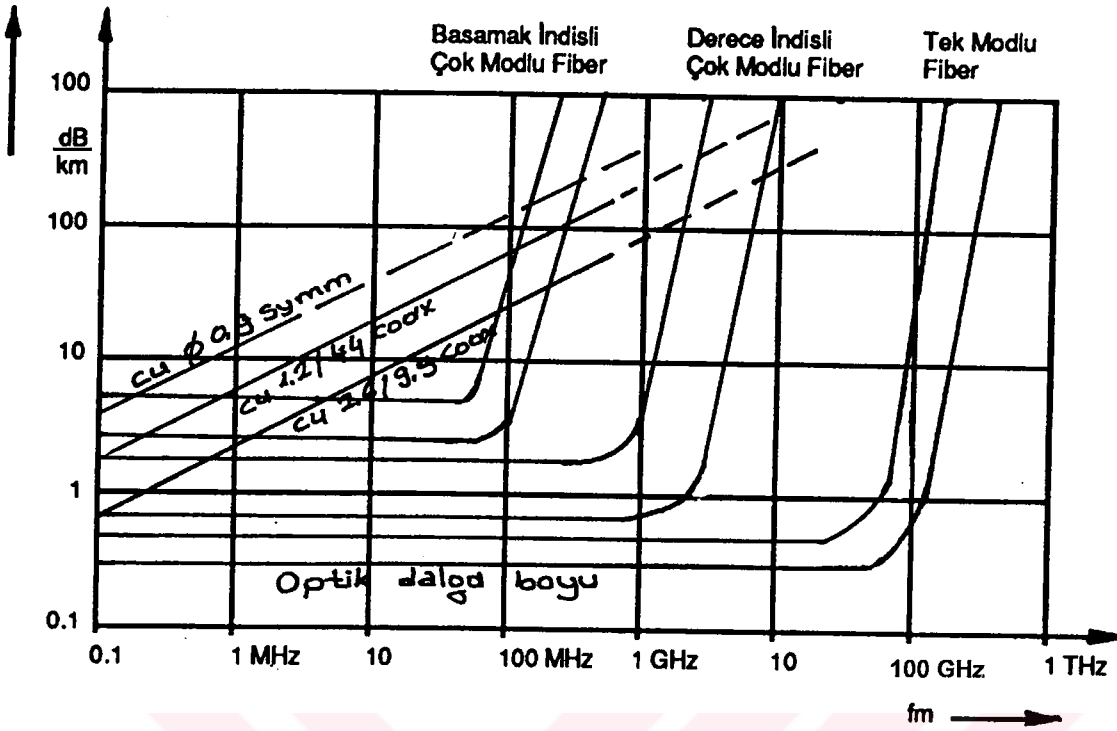
a- Yüksek hızla iletim sağlanması :

Optik iletim sistemlerinde taşıyıcı frekans çok yüksek olduğundan diğer sistemlerinkinden daha yüksek bant genişliklerine ve daha yüksek iletişim hızlarına erişilmiştir.

Şekil 1.4'den de görüleceği üzere iletim sistemlerinin karşılaştırılması için kullanılan (Bant genişliği x uzaklık) çarpanının ;

- Eş eksenli (Koaxiel) kablolarda	0.2 GHz x km
- Dereceli indisli (GI) fiberlerde	1 GHz x km
- Tek modlu (SM) fiberlerde	100 GHz x km

olduğu göz önüne alınırsa optik fiberlerin çok geniş iletim olanağı sağladığı görülür.



Şekil 1.4 İletim sistemlerinin bant genişliği x uzaklık çarpımına göre karşılaştırılması

b- Uzun yeneleyici (Tekrarlayıcı - Repetör) aralığı :

Bugün kullanılan teknolojiye optik fiberlerde yeneleyici aralığı ; 1310 nm. dalga boyu ışık kullanarak 40-50 km. , 1550 nm. dalga boyu ışıkta ise 100 km.ye ulaşmıştır. Bilim adamları 1991 yılında 400 km.ye yeneleyicisiz iletim yapabildiklerini açıklamışlardır.

1 MHz'lik işaret için gücün yarıya düştüğü uzaklık ;

Bakır iletkeninde	250 m
Eşeksenli iletkeninde	1000 m
Tek modlu fiberde	10000m. .

c- Kanal başına bedelin (maliyetin) düşük olması :

Kabloların hafif ve ucuz olması, bant genişliği x uzaklık çarpımının büyük, yeneleyici aralıklarının uzun ve hat donanımı değiştirilerek (aynı fiberden yararlanılarak) kanal sayısı artırılabilirdiğinden maliyet düşmektedir.

Aynı kapasiteli bakır iletkenine göre ; 140 Mb/s.lik çoğullama sisteminde en az 50, 565 Mb/s.de en az 200 kat ucuzdur.

d- Bilgi çalınmasının güçlüğü :

Optik fiber damardan bilgi çalabilmek için ya kabloyu (damarı) kesip sisteme bağlayarak veya LİD sistemli kaynak makinası çalışma ilkesinden yararlanılarak çalınabilir. Birinci yöntemde anında, ikincisinde de maliyeti yüksek, zaman isteyen ve aynı anda devreler üzerinde zayıflamayı artırdığından tespiti kolaydır.

e- Elektromanyetik etkiden bozulmama :

Bakır iletkenli ve diğer iletim sistemleri (Elektromanyetik dalga vb.) manyetik etkiden bozulurken optik iletimde bozulma yoktur. Yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber damarlar yerleştirilerek iletkenlerin aynı anda enerji taşınması hem de haberleşmeyi gerçekleştirmesi sağlanır. Enerji iletim hatları çift amaçlı olarak kullanılmış olur.

f- Karışma (Diyafoni) olmaması :

Optik iletimde sinyaller fiber damar dışına taşmaz. Kıvrımlardan dolayı sinyaller damar dışına taşarsa bile damarlara girip onları etkilemez. Bu nedenle karışma (Diyafoni) yoktur.

g- Elektriksel yalıtım :

Optik fiberler elektriksel bakımdan yalıtkan maddelerden yapılmış olduğundan uçlar arasında tam bir elektriksel yalıtım sağlar. Bu özellik dar bantlı sistemler ve kapalı televizyon sistemleri için çok uygundur.

h- Değişik çevre koşullarına uyum sağlaması :

Isıya dayanıklı fiber damarlar (+ 500 °C 'ye kadar) üretilmiştir. Ayrıca kırılma ve kopmalarda kıvılcım çıkarmamaktadır. Bu nedenle bakır iletkenli kabloların kullanılmadığı (alt ve üst ısı sınırı yüksek olan ve patlayıcı maddelerin bulunduğu) ortamlarda güvenlikle kullanılmaktadır.

i- Değişik amaçlar için üretim yapıldığından standartlaşma yoktur :

Her üretici firma kendine göre ilkeleri temel olarak kablo tasarımında bulunduğundan şu anda kablolarda bir standartlaşma yoktur. Ayrıca her an değişik özellikte fiber kablo isteğe bağlı üretilebilmektedir. Türkiye'de şu an 4, 6, 10, 20, 30, 50 damarlı Japonya'da 100, 200, 600, 1000 damarlı fiber optik kablo üretilmektedir.

j- Tesis kolaylığı :

Optik fiber kablolar küçük çaplı (10 damarlı kablonun çapı 17 mm.) ve hafif oluşları nedeniyle tesisleri kolaydır. Örneğin bakır iletken ($0.6 \text{ mm}^2 \text{ Ø}$) 3 kg/km , fiber damar 30-50 gr/km. makara boylarının uzun (1.5 +/- 0.05 veya 2 +/- 0.05 km. 4 +/- 0.05) olması ek sayısını azaltmakta kablo kesiti küçük olduğundan aynı gözden birden çok kablonun çekilmesi sağlanmaktadır. Kablo tesisinin kolaylığına karşın ek ve bakım için kullanılan malzemeler oldukça pahalı olduğundan tesis ve ek yapımının uzman kişilerce özenle yapılması gerekir.

k- Yerel (Abone) dağıtım şebekesinde kullanılması :

ISDN uygulamalarının gündeme gelmesi ile birlikte fiber optik kablolar artık abonenin evine kadar tesis edilebilir hale gelmiştir. Bu amaca yönelik arazi tipi donatım ve kablo dağıtımının yaygın olarak kullanıldığı İsveç, Almanya, Fransa ve Amerika gibi ülkelerde yerel iletişim Ağı şebekeleri (LAN, local Area Network) pilot uygulamalarına başlamış olup eve kadar fiber uygulamaları yapılmaktadır. 1984 yılından beri Japonya'da abone çevrimlerinde kullanılmaktadır. Şu an bedelleri çok yüksektir. Yakın gelecekte kaynak paylaşımı yöntemiyle maliyetler düşecek, böylelikle abone çevrimlerinde kolaylıkla uygulanabilecektir.

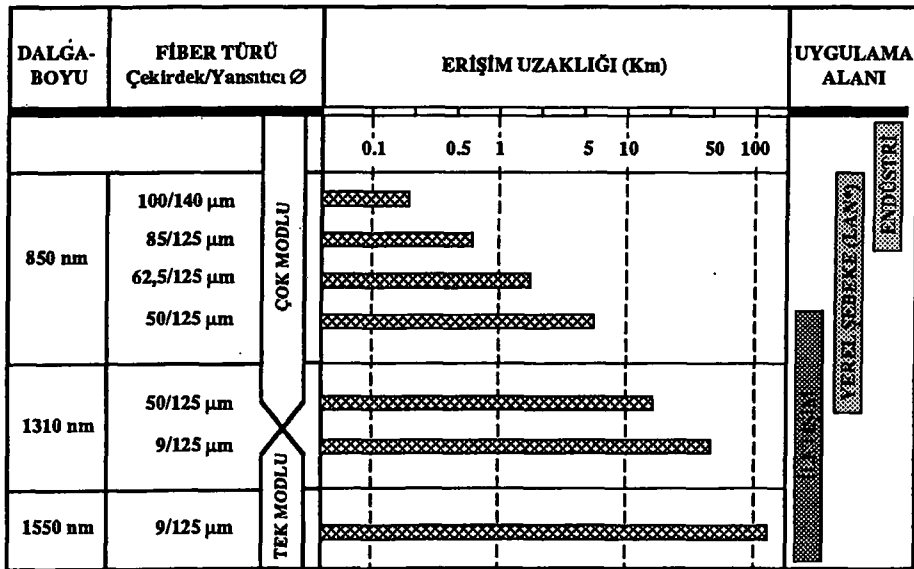
1.6.2 Dezavantajları :

- a- Mevcut şebekeye ayarlanmasında zorluklar çıkmaktadır. (Bakır devre ve Fiberin uyuşmaması)
- b- Digital ve analog sistemlerin uyuşmaması.
- c- Fiber fiyatlarının yeteri kadar ucuz olmaması ancak kısa zamanda ucuzlaması muhtemeldir. İlk fiber kablodan bu yana (Sistem + kablo) %50 ucuzlamış durumdadır. Uzak mesafe irtibatlarında ise F/O sistemler konvansiyonel (Sistemlere göre daha ucuza gelmektedir) fiber ve bakır kabloların ekonomik karşılaştırılmasında bant genişliği veya kanal maliyeti dikkate alınmalıdır.
- d- Local şebekede F/O kabloya olan ihtiyaç fazla olmadığından local şebekede kullanılacak teçhizat geliştirme çalışmaları yavaş yürütmektedir. Şu andaki mevcut teçhizatlar ise çok pahalı örneğin ; Almanya'da 5 şehirde TV, faks , görüntülü telefon, video teks hizmetlerinin tümünü tek bir devreyle abonelere götürme çalışmaları yürütülmektedir. Bir abonenin maliyeti yaklaşık 110 DM olmaktadır.
- e- Fiber optik kablolarının pratikte 5 km.den kısa mesafelere çekilmesi ekonomik değildir.

1.7 Optik Fiberlerin Kullanım Alanları

Optik iletişim sistemleri ; Büyük olanaklar sağlaması nedeni ile kısa sürede çok geniş kullanım alanları bulmuştur. Bu sistemlerin kullanıldığı çeşitli alanlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Zayıflamanın az, bant genişliğinin büyük, kanal başına düşen maliyetlerin düşük olması nedeni ile, uzun mesafeli büyük kapasiteli haberleşme sistemlerinde ve orta mesafeli küçük kapasiteli sistemlerde,
- 2- Hem örneksel hem sayısal iletme olanak sağlaması ve geniş bantlı servis verebildiğinden özellikle santraller arası (Jonksiyon) bağlantıda,
- 3- Düşük kayıp, yüksek hız nedeni ile bina içlerindeki iletim sistemlerinde (Plastik Fiberlerle),
- 4- Kapalı devre televizyon sistemlerinde,
- 5- Veri (Data) iletiminde,
- 6- Elektronik aygıtların birbiriyle bağlantısında,
- 7- Havacılık alanında (Radar), yüksek hız gerektiren aygıtlar arası ve uçak iç donanımlarında,
- 8- Demiryolu elektrifikasyon ve sinyalizasyon uygulamalarında,
- 9- Yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber damarlar yerleştirilerek iletkenlerin, enerji taşırken aynı anda haberleşmeyi de sağlamasında,
- 10- Trafik denetim (Kontrol) sistemlerinde,
- 11- Reklam panolarında,
- 12- Tıp alanında kullanılan aygıtlarda,
- 13- Nükleer enerji santralleri ve radyo aktif ışınların iletişimi bozduğu yerlerde, optik fiberlerin kullanım alanları iletim uzaklığı ve data (veri) arasındaki bağlantı aşağıda görülmektedir.

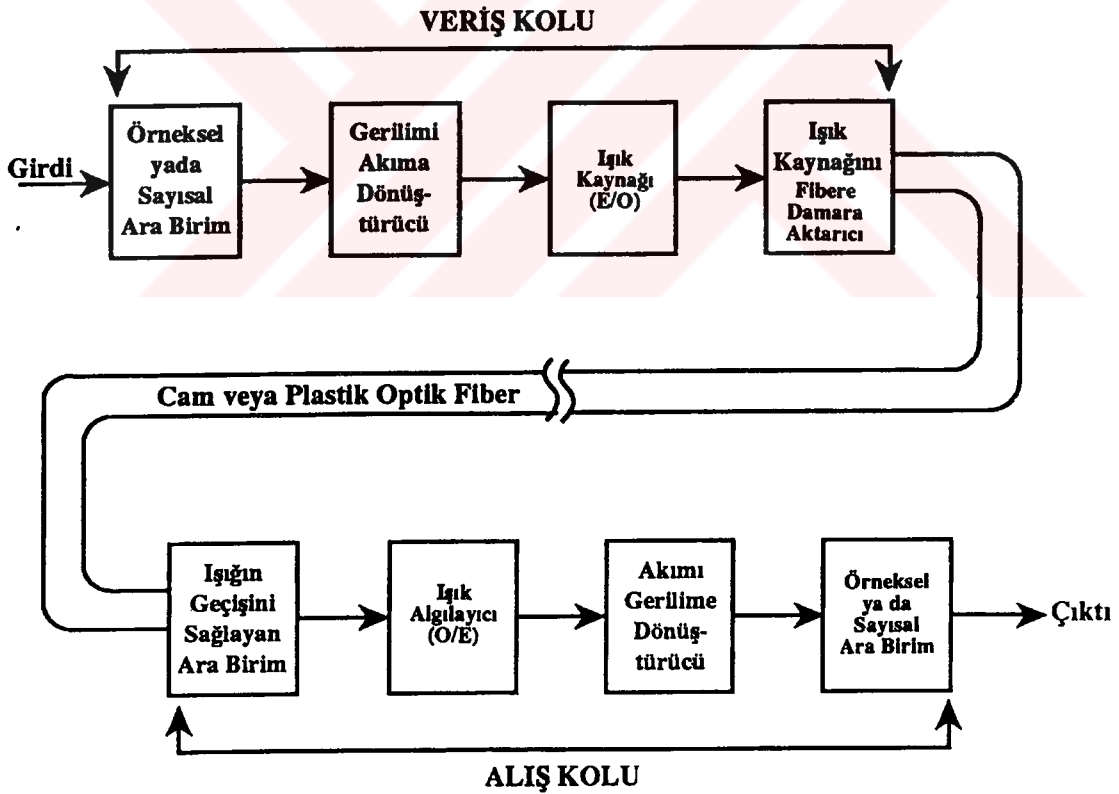


Şekil 1.5 Optik fiberlerin kullanım alanları, iletim uzaklığı ve data arasındaki ilişki

2. IŞIKSAL (OPTİK) İLETİM

Işıksal iletimin yapılabilmesi için, bilgi işaretini iletim ortamına ve alıcıya uygun ulaştıracak bir takım dönüşümler gerekmektedir.

Bilgi sinyali kesinlikle elektriksel olmalı, elektriksel gelen bilgi işareti örneksel (analog) veya sayısal olabilir. Bu işaret örneksel veya sayısal arabirim ile sisteme gelir. Bu işaret gerilimde akıma dönüştürücü (çevirici) ile bilgi, ışık kaynağına (LED) iletilmektedir. E/O dönüştürücünün (Işık kaynağının) çatısı (ışık sinyali) fiber damara arabirim aracılığı ile iletilmektedir. Fiber damar, ışık kaynağından gelen bilgiyi (ışıksal) alış noktasına kadar iletmektedir. Alış kolundan fiber damar ile ışık sezici (APD - PIN) arasındaki arabirim aracılığı ile ışık geçişi sağlanır. Işıksal olarak gelen bilgi işareti O/E dönüştürücünün çatısı elektriksel sinyaldir. Akımdan gerilime dönüştürücü, bilgi işaretini gerilim bazlı (tabanlı) bilgi işaretine dönüştürmektedir. Alıcımızın çalışma ilkesine veya girdisine göre bilgi işareti sayısal veya örneksel işarete çevirir Böylelikle Şekil 2.1'de görüldüğü gibi ışıksal iletim sağlanmış olur.



Şekil 2.1 Işıksal iletim

2.1 Çoğullama (Multiplex)

Modülasyon ; bir bilgi işaretini uzaklara gönderebilmek için yapılan işlemlerdir. Bilgi ; elektriksel işaret biçiminde olsa bile iletim için uygun olmayabilir. Zamanla değişen elektriksel işaretlerin tümü belirli bir iletim ortamında verimli olarak iletilmeyebilir.

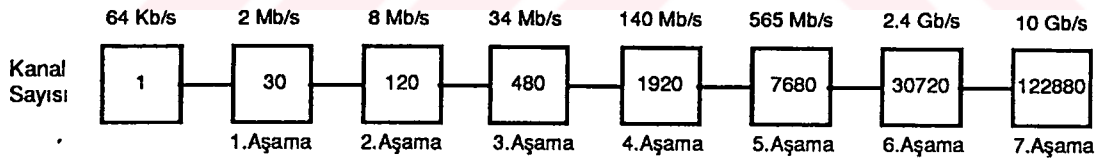
Bu nedenle gönderilecek bilgi işaretinin elimizdeki iletim kanalında verimli şekilde iletime uygun duruma getirilmesi gerekir. Bu işleme **modülasyon** denir. Değişik şekilde modülasyon yapılabilmektedir.

Diğer bir anlamda uziletişimde bir öz kaynağının bir çok kullanıcı arasında kullanımına modülasyon denir.

Modülasyon işlemine uğramış bir bilgi işareti bir taşıyıcı frekans civarındaki bir bandı kapsayan işaretler grubuna dönüşmektedir. Böylelikle bilgi, kanalıda bir frekans bandına dönüşmüş olmaktadır.

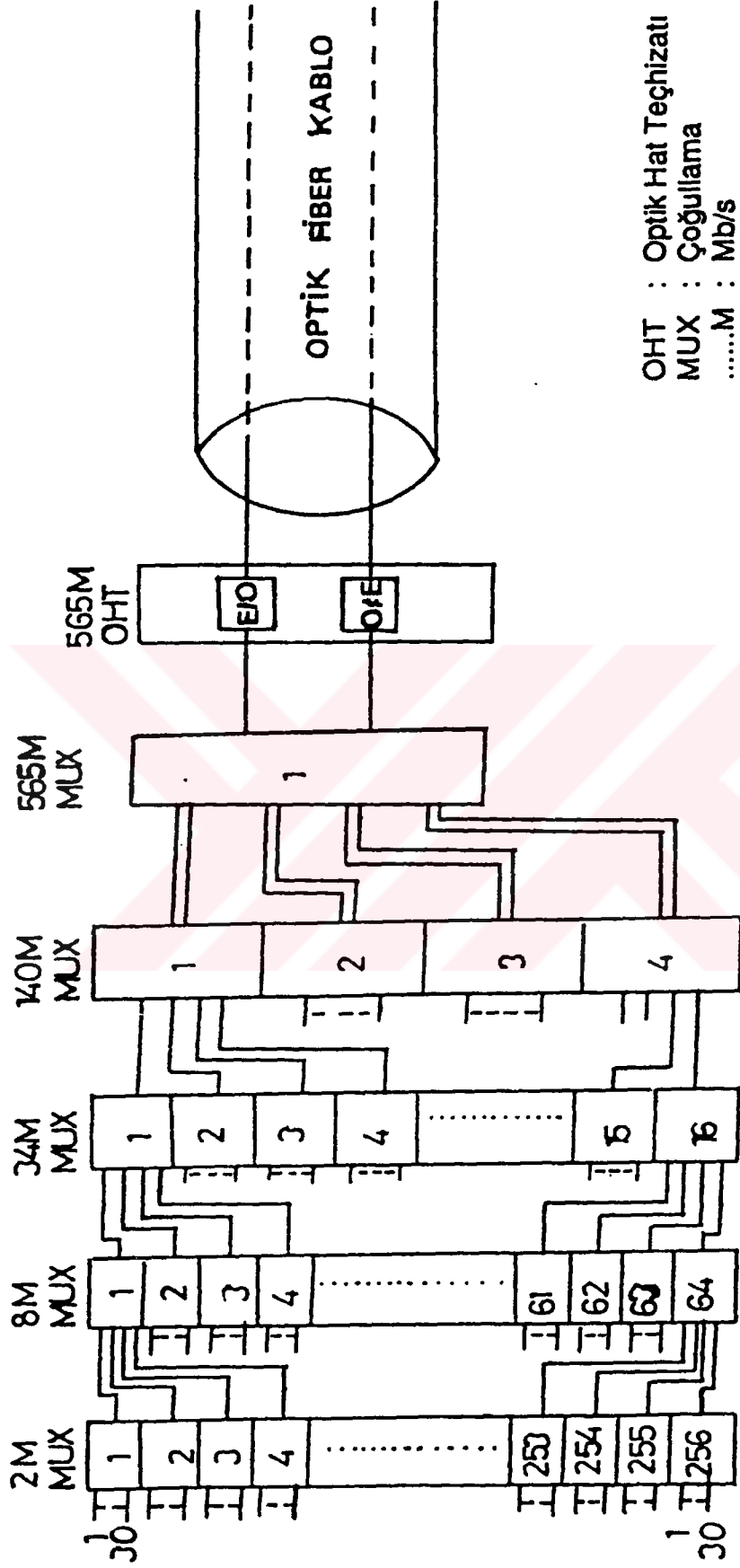
Bir iletim ortamında bir çok frekans bandını bir arada, birbirine karışmasına önleyecek şekilde taşıma işlemine **çoğullama (multiplex)** denir. Bunlarda kendi arasında aşama aşama çoğullanabilmektedir.

Avrupa'da kullanılan sayısal düzende çoğullama aşamaları darbe (vurum) kod modülasyonu ile (PCM yada DKM) yapılan çoğullama kanal kapasiteleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.2 PCM çoğullama kanal kapasiteleri

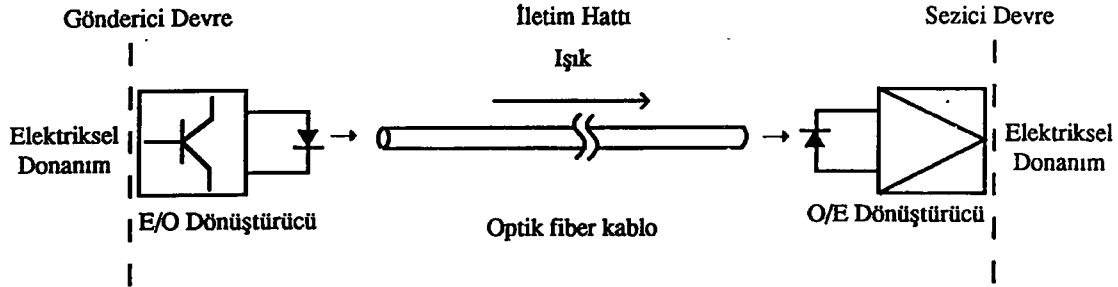
Ülkemizde şuan (5. Aşama çoğullama) 565 Mb/s sistem İstanbul'da kullanılmaktadır. 565 Mb/s ile çoğullama sisteminde bilgi işaretinde optik fiber damara kadar olan iletim sisteminin (K/P ve hat teçhizatının) öbek yapısı şekil 2.3'deki gibidir (Ateş, 1995).



Şekil 2.3 565 Mb/s iletim sisteminin öbek yapısı

2.2 Dönüştürücüler

Elektrik sinyalini optik (ışıklı) sinyale, optik (ışıklı) sinyali elektrik sinyaline çevirme görevini yapan yarı iletkenlerden yapılmış elemanlara kısaca dönüştürücüler denir.



Şekil 2.4 Dönüştürücü sistemin yapısı

2.2.1 Elektrik sinyalini ışıklı (optik) sinyale dönüştürücüler (E/O) :

Hat teçhizatının verici ucunda bulunan bu dönüştürücüler elektriksel olarak gelen sinyali ışıklı (optik) sinyale çevirirler.

Temel olarak iki tip dönüştürücü kullanılmaktadır. Bunlar LED ve LD 'dir.

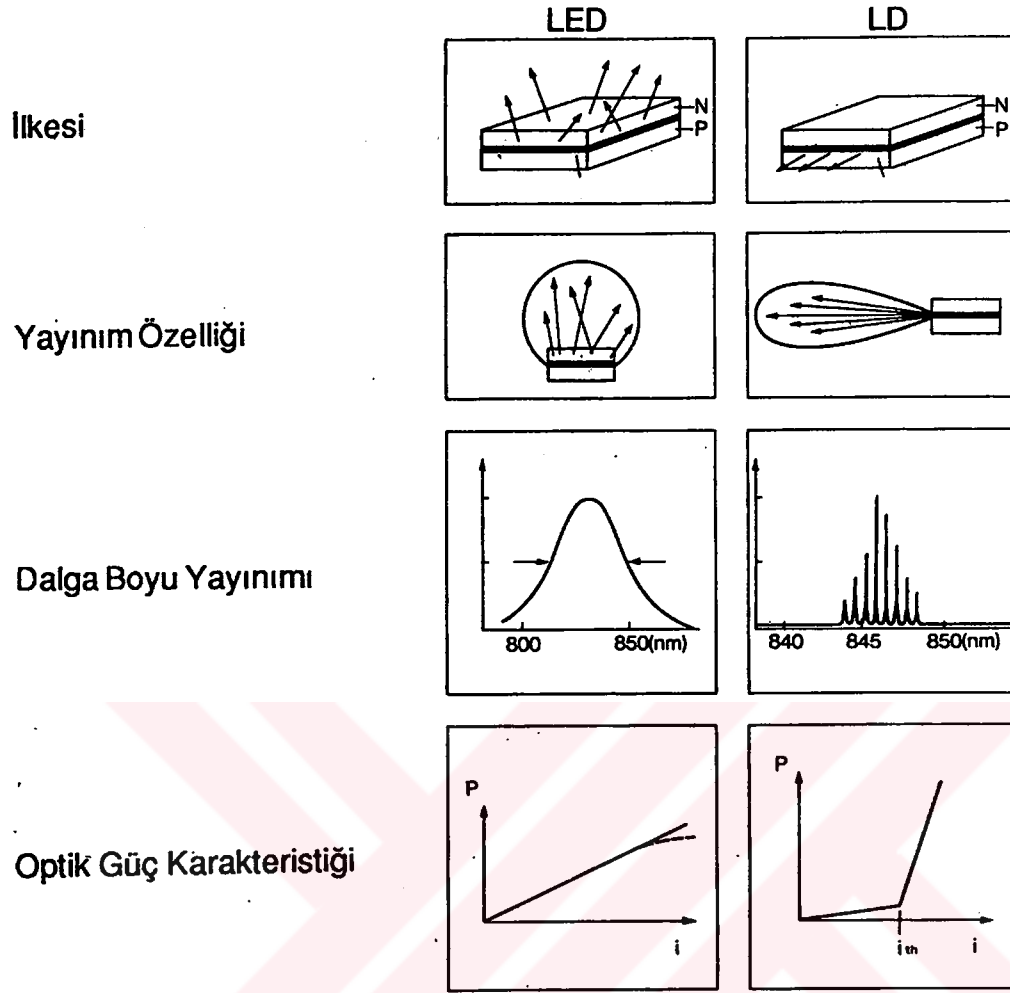
LED : Işık yayan diyod (light emitting diode)

LD : Uyarılmış ışığın salınım ile ışık çoğaltan diyod.

Şekil 2.5'deki grafiklerde anlaşılabileceği üzere LED'le örneksel ve sayısal sinyaller çevrilebilmekte iken LD ile yalnızca sayısal sinyaller ışıklı sinyallere çevrilebilmektedir. Bunlardan InGaAsP elementlerinden yapılmış olan LED ve LD'nin özellikleri aşağıda karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2.1 LED ve LD'NİN karşılaştırılması

DİYOTLAR	OPTİK GÜCÜ	GİRİŞ KAYBI	MODÜLASYON FREKANSI	ÖMRÜ (SAAT)
LED InGaAsP	~1 mW	15 ~ 20 dB	30 MHz	10^7
LD InGaAsP	3 ~ 5 mW	3 ~ 5 dB	1000 MHz	10^5



Şekil 2.5 LED ve LD'nin grafiksel özellikleri

LED'LER :

- Az güç harcarlar
- Uzun ömürlüdürler
- Ucuzdurlar
- Tesisi kolaydır
- Düşük güçlüdürler
- Düşük tepki hızları vardır.

LD'ler :

- Miliwattlar boyunda 10W'a kadar yüksek çıkış güçleri vardır.
- Yüksek tepki hızları (yükselme zamanı) ile bilinirler.
- Pahalıdırlar.
- Yönlü yayınım (emisyon) vardır.
- Isıya karşı duyarlıdırlar.
- Kısa ömürlüdürler.

Sistemde LED veya LD'lerden hangisinin kullanılacağı sistemin özelliğine ve gereksinimlerine göre belirlenir.

Genel olarak LED'ler sürücü ve denetim (kontrol) devrelerinin basitliği dolayısıyla dar bantlı kısa erimli haberleşme sistemlerinde ve aygıt içi bağlantılarda, LD'ler de ise yüksek güçlü olduklarından geniş bantlı uzak erimli (mesafe) haberleşme sistemlerinde kullanılmaktadır.

2.2.2 Işıksal (optik) sinyalleri elektriksel sinyallere dönüştürücüler (O/E) :

Hat donanımının (teçhizatının) alış ucunda bulunan bu dönüştürücüler optik (ışıksal) olarak gelen sinyali sezerek (algılayarak) elektrik sinyaline çevirirler.

Temel olarak iki tip O/E dönüştürücü kullanılmaktadır. Bunlar APD ve PINFET'tir.

APD : Çığ etkili Foto Diyod (Avalanche Photo Diode) dur. APD'lerin gürültü düzeyleri yüksektir. Özellikle yavaş çalışan sistemlerde kullanılır.

PIN-FED : Pozitif - Katkısız -Negatif Alan Etkili Transistor (Pozitive - Intrinsic - Negative - Field Effect Transistor) PIN-FED'lerin ışık duyarlılıkları ve tepki hızları yüksektir. Bu nedenle optik sinyallerin alınmasında yaygın olarak kullanılırlar.

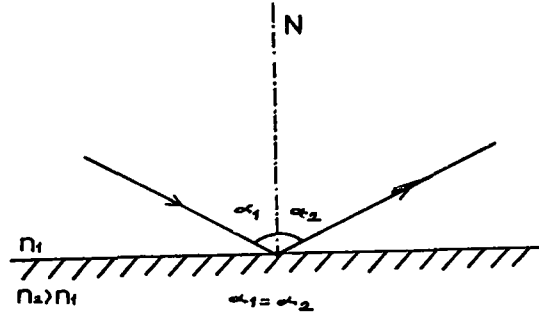
2.3 Işığın Yansıması ve Kırılması

Işık ; kırılma indisi farklı, bir ortamda diğerine geçerken gelen ışığın dikey eksenle yaptığı açıya bağlı olarak kırılma veya yansıma diye tanımladığımız bir takım değişikliklere uğrar. Işığın kırılma indisi n harfiyle gösterilir.

2.3.1 Işığın yansıması :

Ayna yüzeyine bir ışık kaynağından gelen ışık ışını, ayna yüzeyinin 0 noktasından yansır. Yansıma yasasından bilindiği gibi ;

- Gelen ışık, normal ve yansıyan ışık aynı düzlem içindedir.
- Gelen ışığın normalle yaptığı açı ile, yansıyan ışığın normal ile yapmış olduğu açı birbirine eşittir.



Şekil 2.6 Işığın yansıması

Değişik yapıdaki iki saydam ortam arasındaki düzlem yüzeyi genel olarak ayna gibi etki yapar. Aynadan farklı olarak (tam yansıma yoksa) ışığın bir kısmı ara düzlemden yansırken bir kısmı da diğer ortama geçer.

2.3.2 Işığın kırılması :

Tam yansımanın olmadığı ortamlardaki yansıma ve kırılma denir. Kırılma indisleri değişik olan iki ortamdan ; birinden diğerine geçen ışığın bir kısmı yansır, bir kısmı yön değiştirerek diğer ortama geçer.

İki değişik ortamdan birinden verilen ışığın yansıma ve kırılması ışığın verildiği ortama ve normalle yaptığı açılara bağlı olarak değişir.

a- Az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçen ışık :

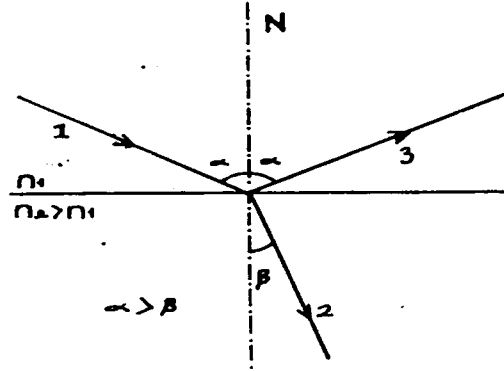
Işık az yoğun ortamda çok yoğun ortama geçerken normale yaklaşacak şekilde kırılır. Işığın diğer kısmı geliş açısına bağlı olarak yansır.

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta \quad (2.1)$$

n_1, n_2 = kırılma indeksleri

α = 1. Ortamda ışığın düşey eksenle yaptığı açı

β = 2. Ortamda ışığın düşey eksenle yaptığı açı



Şekil 2.7 Az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçen ışığın yansımaları

b- Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçen ışık :

Geliş açısı belirli bir değere ulaştığında kırılma açısı 90° ye ulaşır. Kırılan ışık ara yüzeyi yalıyacak duruma gelir. Bu şekilde geliş açısına **kritik açı** denir. Bu kritik açıyı aşağıdaki gibi hesaplayabiliriz.

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta \quad (2.2)$$

$\beta = 90^\circ$ olduğundan

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot 1 = n_2 \quad (2.3)$$

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \quad (2.4)$$

Örneğin ; $n_1 = 1.5$ (Cam)

$n_2 = 1$ (Hava) ise

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 42^\circ \text{ olur.}$$

a- Kritik açıdan daha büyük açı ile ışığın gelmesi :

Bu şekilde gelen ışınlar diğer ortama geçmeden tam yansıma yaparlar.

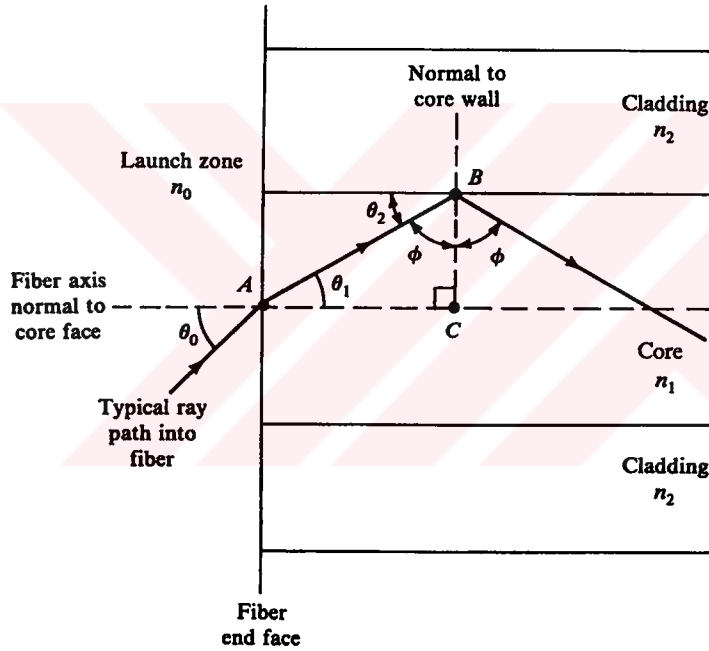
Işık ; kırılma indisleri farklı iki ortamdan birinden diğerine geçerken, bir bölümü geldiği ortam içine geri yansır. Bu yansımaya **fresnel yansıması** denir. F/O kablolarında zayıflama ölçümünde bu prensip kullanılır. Bu yansıma indeks değişiminden kaynaklanır.

$$f = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2} \quad (n_1 > n_2) \quad (2.5)$$

Örneğin ; $n_1=1.5$ ve $n_2= 1$ olursa frensel yansıması ;

$$f = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2} = \frac{(1.5 - 1)^2}{(1.5 + 1)^2} = 0.04 = \%4 \text{ yani ışığın } \%4' \text{ ü geri yansıtır}$$

2.3.4 Numerical aperture (Nümerik açıklık) :



Şekil 2.11 Nümerik açıklık

F/O kablolarında sinyali taşıyabilmek için öncelikle elektriki sinyaller optik sinyale yani ışığa dönüştürülür. Bu ışığın karşı tarafa fiber içinden gedebilmesi için ışığın bir propagasyon tüneli içinden gitmesi ve dışarıya çıkmaması gerekir. Bunu sağlayabilmek için de n_1 ve n_2 gibi farklı indeksleri olan saflıkları yüksek olan cam kullanılmıştır.

Kırılma indeksi n_1 olan ($n_1 > n_2$, i.e SM için tipik örnek $n_1=1.492$, $n_2=1.488$) çekirdek tabakası esas ışık propagasyon ortamıdır n_2 indeksli dıştaki tabaka da yansıtıcı görevini yapar ve ışığı yansıtarak ışığın çekirdek içinde kalmasını sağlar. Ancak n_1 ve n_2 gibi iki

farklı indekste katman kullanmak ışığın çekirdek içinde kalması için yeterli değildir. Çünkü ışıklar fibere girerken hepsi fibere dikey olarak gelemmez ve bir kısmı açı yaparak gelirler ve $n_1 > n_2$ tabakasına çarpar. Işığın n_2 tabakasına çarptığı noktada yansıma yapması gerekir. Bu koşulu sağlamak için de Φ açısının belli bir değerden daha büyük olması gerekir. Bu Φ açısının Sinüsüne Numerical Aperture (NA) denir (Roody ve Collen, 1984) Yani ;

$$NA = \sin \Phi_{\max} \quad (2.6)$$

$$n_1 \cdot \sin \theta = n_2 \cdot \sin 90^\circ \quad (2.7)$$

$$n_1 \cdot \sin \theta = n_2 \quad (2.8)$$

$$\sin \theta = \frac{n_2}{n_1} = \cos \theta \quad , \quad \sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} \quad (2.9)$$

$$\sin \phi = n_1 \cdot \sin \theta \quad (n = 1) \quad (2.10)$$

$$\sin \phi = n_1 \cdot \sin \theta \quad , \quad \text{maksimum } \phi \text{ için}$$

$$\sin \phi_{\max} = n_1 \cdot \sin \theta = n_1 \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta} \quad (2.11)$$

$$n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (2.12)$$

$$NA = \sin \phi_{\max} = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = \sqrt{(n_1 - n_2)(n_1 + n_2)} \quad (2.13)$$

$$n_1 - n_2 = \Delta n \text{ olsun} \quad (2.14)$$

$$n_1 + n_2 \cong 2n_1 \quad (2.15)$$

$$\sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = \sqrt{(n_1 - n_2)(n_1 + n_2)} = \sqrt{\Delta n \cdot 2n_1} \quad (2.16)$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{\frac{(n_1^2 - n_2^2)}{n_1^2}} = n_1 \sqrt{\frac{\Delta n \cdot 2n_1}{n_1^2}} = n_1 \sqrt{\frac{1 \cdot \Delta n}{n_1}} = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2.17)$$

Sonuç olarak ;

$$NA = \sin \phi_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (2.18)$$

Dereceli İndisli F/O'lar için $NA=0.20 \pm 0.02$

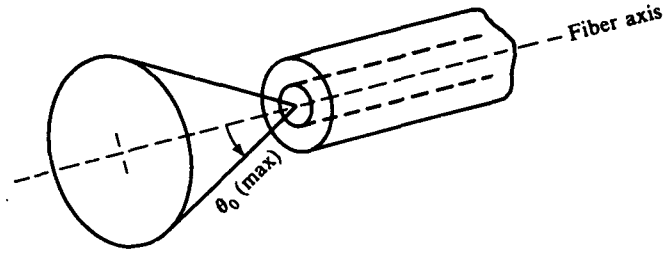
SM İndisli F/O'lar için $NA=0.11$

Örnek : 565 Mb/s.lik sistemler için kullanılabilecek SM F/O için $n_1=1.492$, $n_2= 1.488$ ise NA ve $\Phi_{\max}$ 'ı bulursak ;

$$NA = \sin \Phi_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1.492^2 - 1.488^2} = 0.109 \cong 0.11$$

$$\Phi_{\max} = \sin^{-1} NA = \sin^{-1} 0.109 = 6.25^\circ \text{ bulunur.}$$

2.3.5 Işık giriş konisi :



Şekil 2.12 Işık giriş konisi

Tepe açısı $2\Phi_{\max}$ olan konidir. Bu konin tabanın yarıçapı da NA ile orantılıdır. Işık konisi içinden geçecek şekilde gelen ışınlar fiber konisi içinden geçecek şekilde ışık giriş çekirdeği içinde kırılmadan gidebilecek ışınlardır. Dolayısıyla ışık giriş çekirdeğine iletebileceğini belirler. Bunun yanında fiber çekirdeğinin çapı da ışık enerjisinin fibere transformunun önemli bir faktördür. Sonuç olarak fibere transfer edilecek ışık enerjisi $(NA)^2$ ve çekirdek çapı ile doğru orantılıdır. Transferdeki kayıpları azaltmak için her iki parametreyi de büyük tutmak gerekir. Ancak bunların büyük olması da bazı dezavantajlar getirir. Örneğin çekirdek çapını artırmak maliyeti artırır. NA 'yı artırmak ise mod sayısının artmasına ve mod'ların daha çok zigzag yaparak gitmesine dolayısıyla alıcı ucta dispersiyona (yayılma) neden olur. Bunun yanında düşük kayıplı camlar ile elde edilebilecek NA değeri ise en fazla 0.20 civarındadır, Çünkü indeks farkını büyük yapabilmek için de daha fazla kayıplı cam kullanmak gerekir. Bu da beraberinde zayıflamanın artması sorununu gündeme getirir. Çünkü alıcı uçtaki ışık enerjisi aşağıdaki formüle göreler.

$$P_L = P_{(0)} 10^{-\alpha L / 10 \text{ dB}} \quad (2.19)$$

Burada ;

L = Fiberin Uzunluğu (km)

α = Fiberin kilometrik zayıflaması

$P_{(0)}$ = Fibere transfer edilen enerjidir.

$P_{(L)}$ = alıcı uçtaki ışık enerjisidir.

Formülden de görüldüğü gibi P_L , $P_{(0)}$ ile doğru orantılı olduğu halde α ile logaritmik olarak azalır.

Örneğin ; Fiberin zayıflaması 10 dB/km ise $P_{(0)}$ 'ın ancak %10 'u, 3 dB/km ise %50'si, 1 dB/km ise %80'i, 0.4 dB/km ise %91'i alıcı uca ulaşır.

2.3.6 Dispersion (Optik dalga kılavuzu sinyal bozulması)

Optik fiberler modüle edilmiş ışık için alçak geçiren filtre gibi davranırlar. Yani sinyal frekansı yükseldikçe zayıflama da artar. Bu durum, uygulamada ışığın kısa vurumlarının fiberden geçerken genişletildiği anlamına gelmektedir.

2.3.6.1 Mode dispersion (Modal dağılma)

Dağılma çok modlu fiberlerdeki bir problemdir. Değişik modlardaki dalgaların farklı yollar kat etmeleri sonucunda oluşan dağılmaya modal dağılma adı verilir.

Modal dağılmadan dolayı, basamak indeksli çok modlu fiberlerdeki bant genişliğini 20 MHz/km seviyesine düşürür. Artan indeksli fiberler kullanılması ile bu sınır 1 GHz seviyesine yükselir. Tek modlu fiberlerde modal dağılma yoktur.

2.3.6.2 Madde dispersiyonu :

Bu dağılma şekli, camdaki kırılmanın farklı dalga boylarında farklı şekilde olmasından dolayıdır. Bu etki, prizmadan geçen güneş ışığından değişik renklerin ortaya çıkmasında görülür. Darbeli ışıktaki tek frekans olmadığı için, malzeme dağılmasının etkisi görünür. Darbedeki değişik fourier bileşenlerinin fiberden geçiş zamanları da farklı olur.

2.3.6.3 Dalga kılavuzu dispersiyonu :

Bu tip dağılma ise, enerjinin bir kısmının kablodaki örtü tabakası içinden geçişine bağlı olarak tanımlanır. Enerjinin yaklaşık %20'si örtü tabakası içinden geçer. Örtü tabakasının kırılma indeksi göbeğin kırılma indeksinden daha küçük olduğu için ışığın yayılma hızı da farklıdır. Bundan dolayı, ışık darbesinde farklı yayılma meydana gelir. Dalga kılavuzu dağılması, dalga kılavuzuna bağlıdır ve malzeme dağılmasına göre ters işaretlidir. Dolayısı ile bunlar birbirini yok edebilirler. Yaklaşık 1.3 μm dalga boyunda sıfır dağılma elde edilir. Son iki mod ; 1.55 μm dalga boyundaki zayıflama ise oldukça küçüktür. Fiber kablolar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda yakın bir gelecekte; km başına 1000 Gb/s bant genişliğinde fiber kablolar imal edilebilecektir. Optik fiberlerin geometrik kesiti tam bir daire olduğu için dalga kılavuzu dispersiyonu öz çapının dalga boyuna oranı olarak verilir.

Dalga kılavuzu dispersiyonu = d/λ ile ifade edilir.

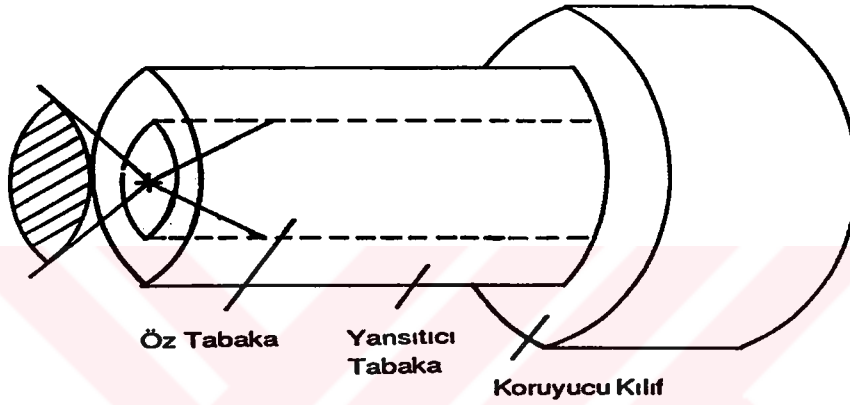
(2.20)

d = Fiberin öz çapı (μm)

2.4 Optik Fiberde İletim

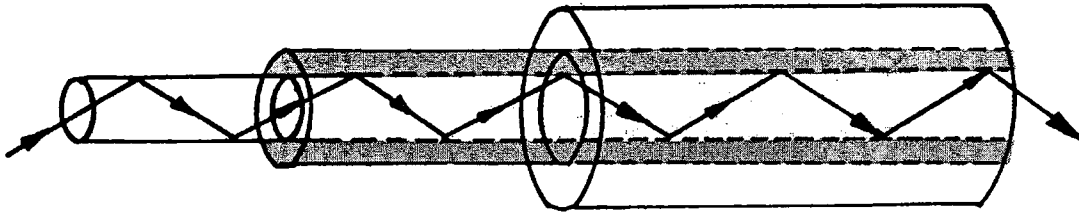
Fiber damar içinde ilerleyebilecek ışınların ışık kaynağından en çok kaç derecelik açıyla geldiğini belirleyen bir değerdir

Işık (optik) iletiminde kullanılan fiber damarlar tam yansıma olayında yararlanan ışık(optik) dalga kılavuzlarıdır. Silindirik dalga kılavuzları başlıca iki katmandan oluşur. İletimi sağlayan silindirik öz tabakası, bunun dışını çevreleyen bir örtü tabakası vardır. Örtü tabakasının kırılma indisi öz tabakanın indisinden biraz azdır. En üstede koruyucu (plastik) kılıf vardır.



Şekil 2.13 Optik Fiberde iletim

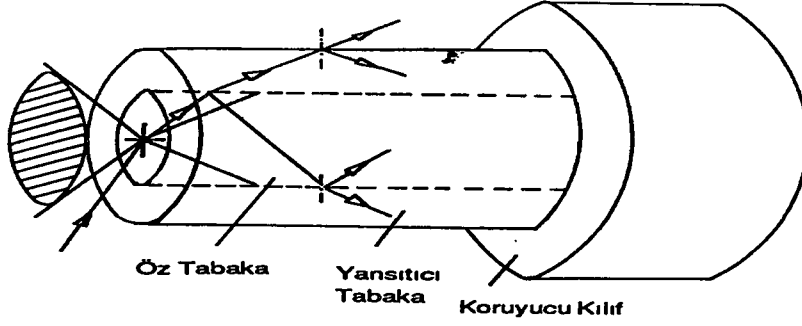
Eksene dik ve düzgün olarak kesilmiş fiber damara dar bir ışın demeti tutulduğunda ışın fiber damar içine girer. Burada ışın demetinin eksenle yaptığı açıya göre iki durum oluşur.



Şekil 2.14 Işık demetinin fiber eksenle yaptığı açı

2.4.1 Geniş açı durumu :

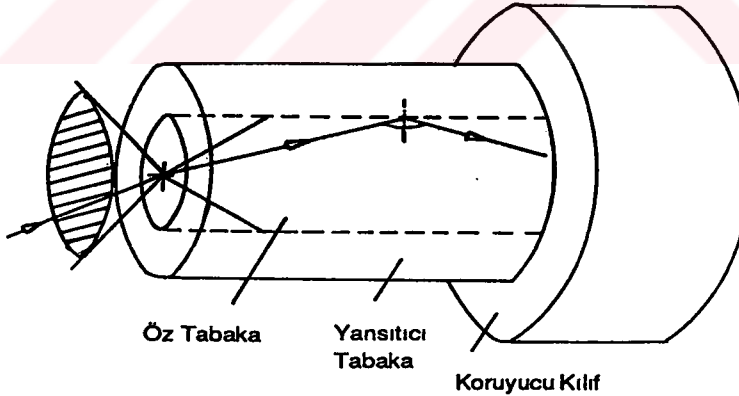
Eksenle belirli değerde daha geniş açı yaparak özden fibere giren ışık eksene yaklaşacak şekilde kırılır. Bu ışık öz ile örtü tabakası arasındaki yüzeye çarptığında büyük bir kısmı kırılarak örtü tabakasına girer. Çok az bir kısmı da öz içine yansır. Bu ışınlar oldukça zayıflar, biraz yol aldıktan sonra sönerler .



Şekil 2.15 Fiber eksenine geniş açıyla giren ışık

2.4.2 Dar açı durumu :

Eksenle açısı belirli bir değerin altında olacak şekilde özden fibere giren ışık öz ile örtü tabakası arasındaki yüzeyden tam yansımaya uğrar. Bu yansıma ışığın yolu üzerinde tekrarlanır. Optik iletimi sağlayanda bu ışıktır.



Şekil 2.16 Fiber eksenine dar açıyla giren ışık

2.5 Optik Fiber Damar Çeşitleri

Optik fiber denince aklımıza ilk anda cam fiberler gelir. Kullanımı az olmakla birlikte özel plastik malzemeden yapılan optik fiberlerde bulunmaktadır. Bunların zayıflamaları cam fiberlerin zayıflamasının 100 ile 1000 katıdır. Plastik fiberler kullanım kolaylığı nedeni ile

bina içi haberleşme, bilgisayarlar arası bağlantı, tele konferans, reklam panosu vb. sistemlerde kullanılmaktadır.

Cam fiberlerin başlıca üç tipi vardır.

- a- Basamaklı indisli çok modlu fiberler
- b- Dereceli indisli çok modlu fiberler
- c- Basamaklı indisli tek modlu fiberler

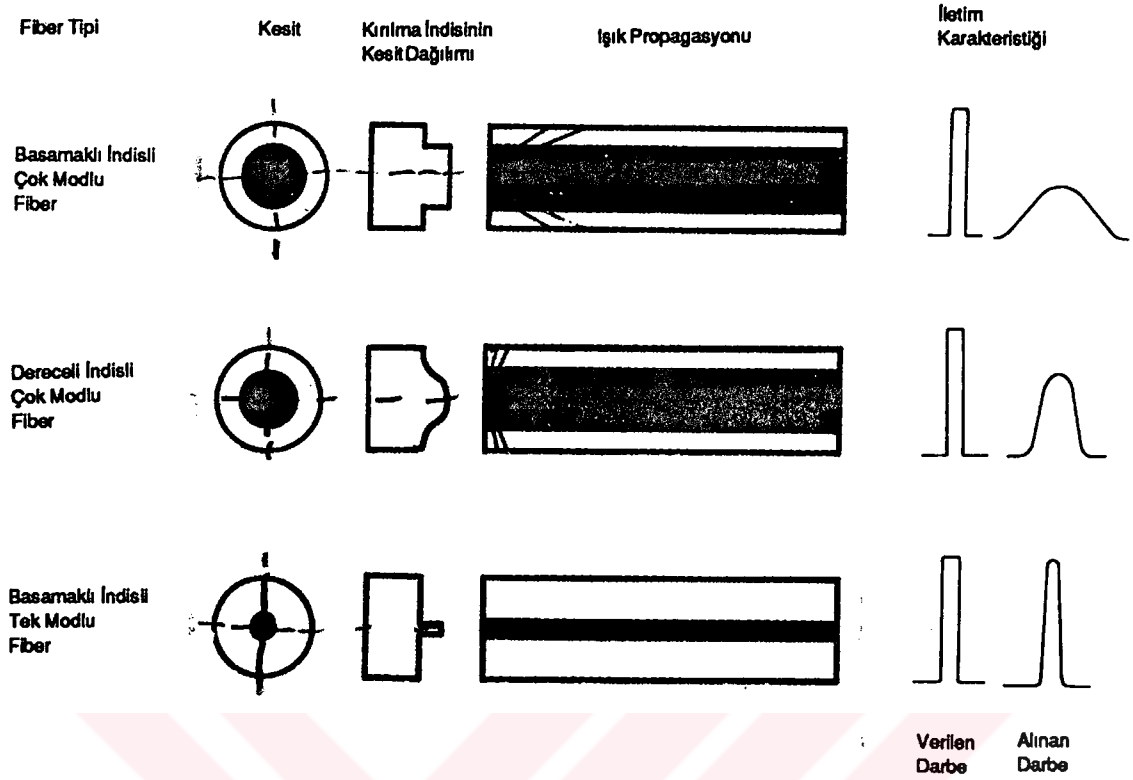
Bu üç değişik yapıdaki fiberlerin değerleri çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Üç değişik yapıdaki fiber değerleri

Fiber Tipi	Çap (μm)		
	Öz	Örtü	Kılıf
Basamaklı İndisli Çok Modlu Fiber	85-100	125-140	250-300
Dereceli İndisli Çok Modlu Fiber	50	125	250
Basamaklı İndisli Tek Modlu Fiber	9-10	125	250

Bunların optik iletimi kırılma indisi dağılım ve darbe iletimindeki etkisi şekil 2.17’de gösterilmiştir.

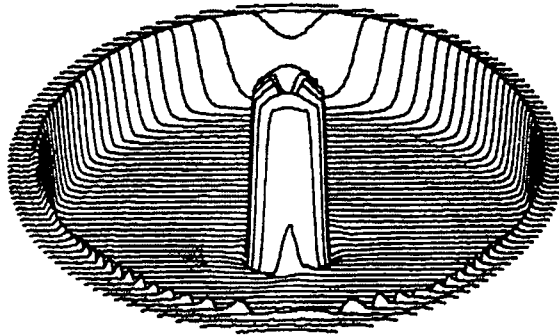
Fiber damarlara değişik açılarla giren ışınlar, karşı uca ayrı yolları izleyip farklı sürelerde ulaşırlar. Süre farkı da evre (faz) farklarını oluşturur. Süre farkından doğan faz (evre) farkları da alış ucunda ışınların birbirini söndürdüğü (kırımından) ve güçlendirdiği (girişimden) kesit bölgeleri oluşur. Bu olay çok modlu fiberlerde oluşur.



Şekil 2.17 Optik fiber damar çeşitlerinde iletim, kırılma indisi, dağılıma ve darbe iletimi

2.5.1 Basamaklı indisli çok modlu fiberler (Step index multi mod fiber) :

Bu fiberde özün kırılma indisi, öz kesiti boyunca (dikine) değişmez. Özün çapı kullanılan ışığın dalga boyuna göre çok büyük olduğundan mod sayısı artmakta ve zayıflamalara neden olmaktadır. Böylelikle iletim kapasitesine ve yineleyici (tekrarlayıcı repetör) uzaklığını ters yönde etkiler.



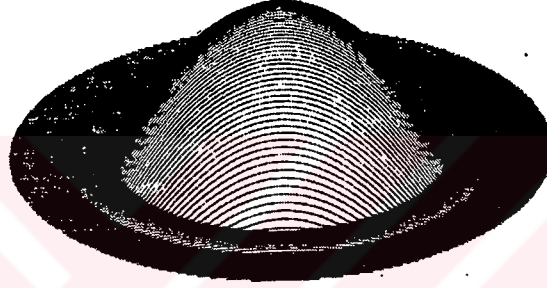
Şekil 2.18 Basamak indisli çok modlu fiber damarın indis kesiti

Günümüzde basamak indisli çok modlu fiberler uzak mesafeler arasında kullanılmamaktadır.

2.5.2 Dereceli indisli çok modlu fiberler (Greaded index multi mod fiber) :

Basamaklı indisli çok modlu fiberlerde görülen sakıncaları (büyük zayıflatmaları) ortadan kaldırmak üzere geliştirilmiştir. Özün ortasından (merkezden) örtü tabakasına doğru kırılma indisi derece derece küçülür. Dolayısıyla ışığın almış olduğu toplam yol azaldığından fiber damarın boyunu daha kısa zamanla alır. Böylelikle değişik yollar izleyen ışınlar karşı uca (varışa) hemen hemen aynı sürede ulaşırlar. Dereceli indisli fiberlerde ışık darbesinin yayvanlaşması azalır ve daha iyi bir iletim elde edilir.

Kablolu TV (CaTV) ve orta uzaklıkta (100 Mb/s 15-20 km) haberleşme bağlantılarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.19 Dereceli indisli çok modlu fiber damarının kırılma indis kesiti.

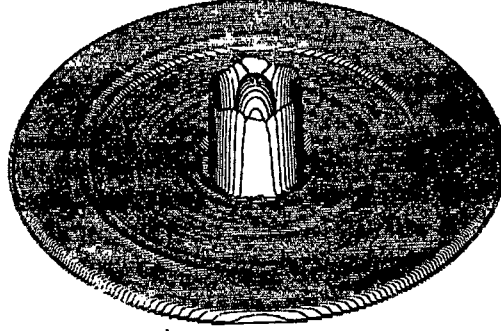
2.5.3 Basamak indisli tek modlu fiberler (Step index singale mod fiber) :

Öz çapı $11\mu\text{m}$.ye inmesi durumunda çok mod oluşmamaktadır. Yalnızca ana mod iletilebilir. Tek modlu fiberlerde darbe bozulması büyük ölçüde azaltılmıştır. Kaliteli üretim ve saçınım kaydırmalı tek modlu fiber (**Dispersion Shifted Singale Mod Fiber - DSF**) damar ile zayıflama 0.15 dB/km .ye düşürülmüştür.

Saçınım kaydırmalı basamak indisli tek modlu fiberler (SKF-DSF) ile 565 Mb/s iletim hızında (yineleyicisiz) 100 km .lik uzaklığa bilgi bozulmadan iletilmiştir.

Özellikle (Türk Telekom A.Ş.) santraller arası haberleşme bağlantısı (Jonksiyon) amacıyla, 1991 yılında kablolu TV' de denetim merkezi(Control Center) ve dağıtım merkezleri (Head - End) arası iletimde kullanılmaya başlanmıştır.

Gelişmeler bu fiberin santral ile saha dolabı arasında da kullanılmaya başlayacağını göstermektedir.



Şekil 2.20 Basamak indisli tek modlu fiberin indis kesiti

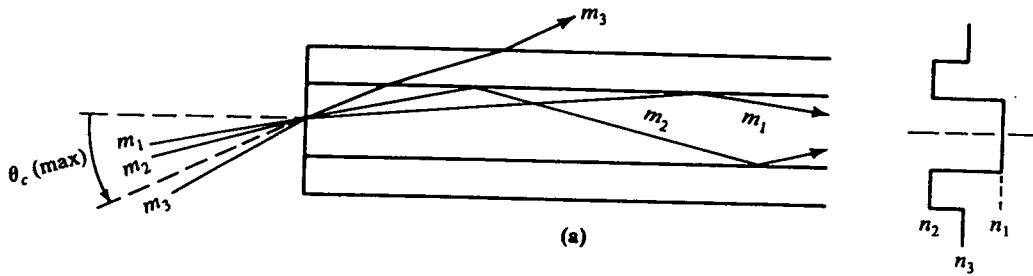
2.6 Optik Fiberde Işığın Propagasyonu

Işığın propagasyon sırasında kullandığı yola mod denir.

2.6.1 Basamak indeksli çok modlu fiberde ışığın propagasyonu :

Bu tip fiberlerde çekirdek içersinde aynı anda bir çok ışık propagasyon yapar fakat bir tanesi hiç yansımadan direkt olarak giderken diğerleri değişik açılarla yansiyarak giderler ve sonuç olarak kaynaktan aynı anda çıkan ışıklar aldıkları yolla doğru orantılı olarak değişik zamanlarda alıcı uca gelirler.

Örneğin ; Dar açılarla yansıyan ışıklar daha çok zigzag yaptığından geniş açılarla yansıyanlara oranla daha geç giderler.

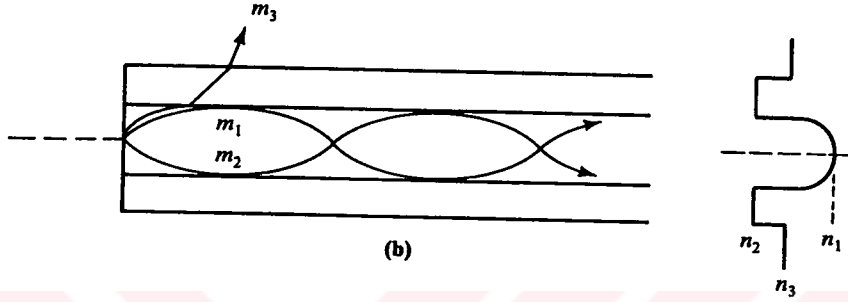


Şekil 2.21 Basamak indisli çok modlu fiberde ışığın propagasyonu

2.6.2 Dereceli indisli, çok modlu fiberlerde ışığın propagasyonu :

Dereceli indisli çok modlu fiberin yapısındaki çekirdeğin indisi yarı çapa bağlı olarak değişir. Yani dışarıdan bakıldığında (Çok hassas ve güçlü mikroskoplar ile) içten dışa

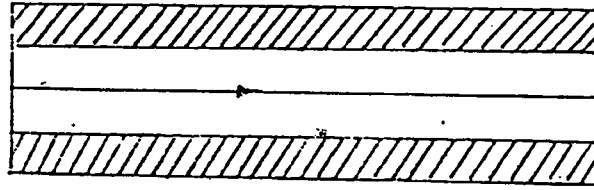
doğru eş merkezli halkalar halindedir. Bu halkaların her birinin kırılma indeksi farklıdır ve içten dışa doğru gidildikçe kırılma indeksi düşer. Yani en merkezde en büyük indeks, en dışta en küçük indeks bulunur. Bu katmanların sayısı imalatçı firmalara göre değişir. Genellikle 50-400 arasında değişir. Merkezde direkt olarak giden ışık az yol alır. Ancak burada indeks büyüktür. Daha dış katmanlarda giden ışıkların aldıkları yol fazladır ancak bu katmanlarda indeks küçük olduğundan ışığın hızı indeks profile ile ters orantılı olarak değişir. Dolayısıyla tüm ışıklar belli düğüm noktalarında birleşirler ancak alıcı uçta buna rağmen gelen darbeler arasında bir gecikme olur. Buna rağmen gecikme basamak indeksli ve çok modlu fiberlerdekine göre daha azdır.



Şekil 2.22 Dereceli indisli çok modlu fiberde ışığın propagasyonu

2.6.3 Basamak indisli tek modlu fiberlerde ışığın propagasyonu :

Çekirdek çapı çok küçük olduğundan ancak bir ışık transmisyon ortamına girebilir ve hiç yansıma yapmadan direkt olarak alıcı uca gider. Dolayısıyla bir gecikme söz konusu değildir.



Şekil 2.23 Basamak indisli tek modlu fiberde ışığın propagasyonu

2.7 Optik Fiberlerde Uygun İletim Dalga Boyları

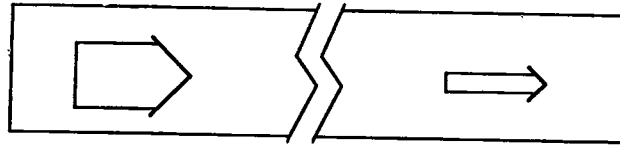
Optik fiberlerde uygun iletim üç değişik dalga boyu kullanılmaktadır. Optik fiberler ilk kullanıldığında (1966 yılında), ışık dalga boyu 850 nm. (1. Optik pencere) kullanılmıştır. 1975 yılında dalga boyu 1310 nm. (2. optik pencere) olarak kullanılmaya başlamıştır. 1987 yılından başlayarak dalga boyu 1550 nm. olan (3. Optik pencere) ışık kullanılmaya

başlamıştır. Şu anda optik iletim ve araştırmalarda ağırlıklı olarak 3. Optik pencere temel alınmaktadır.

Fiber optik damarlarda ; 1. optik pencerede önceleri 20 dB/km daha sonraları 4 dB/km, 2. Optik pencerede 0.36 dB/km ve 3. Optik pencerede 0.20 dB/km zayıflama elde edilmiştir.

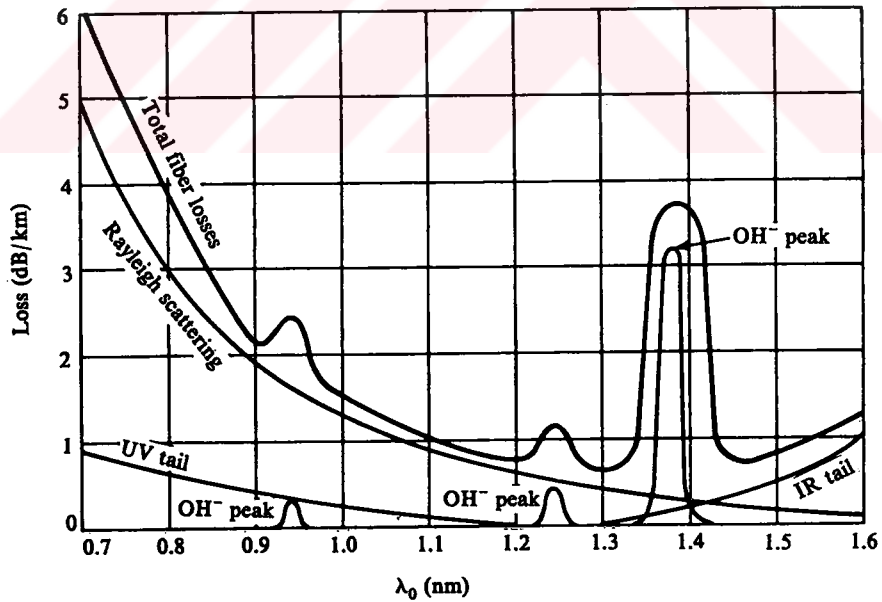
Ülkemizde Ankara - İstanbul arasında tesis edilen DSF optik kabloda 3. Optik pencere kullanılmaktadır.

2.8 Zayıflama



Şekil 2.24 Zayıflama

Tüm iletim sistemlerinde olduğu gibi bu iletim sisteminde de zayıflama olmaktadır. Bu sistemde değişik etmenlerin etkisi sonunda optik sinyal ; varış noktasına gücü azalmış olarak ulaşır. Çıkış ile giriş arasındaki bu azalmaya (yitim) zayıflama denir.



Şekil 2.25 Zayıflamanın dalga boyu ile değişimi

Genel olarak fiber optik damarlarda zayıflama ; fiziksel, kimyasal ve mekanik etmenlere bağlıdır.

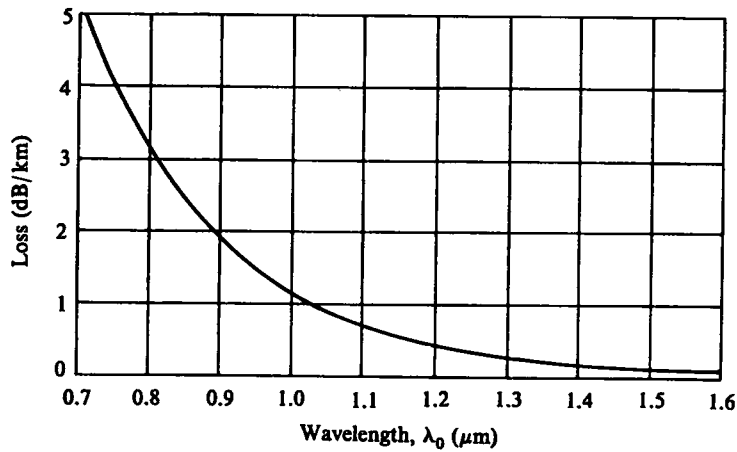
Bu kayıplar ;

- a- Rayleigh dağılması
- b- Keskin ve küçük kıvrımlar
- c- Yabancı maddeler
- d- Üretim hataları
- e- Çekme, büzülme, basınç, ve sıcaklık etkisi
- f- IR (Infra - Red Kızıl ötesi) ve UV (Ultra Violet Mor berisi) yutması
- g- OH⁻ (Nem) yutması
- h- Metal iyonları yutması

F/O kabloları tesisi ve eki sırasında önemli kayıpları önlemek için b, e ve g maddelerine özen gösterilmesi gerekmektedir. Diğer maddeler ise üretim, malzeme, hat donanımı (teçhizat) vb. etmenlerden etkilendiğinden, üretici firmalar tarafından belirlenmektedir.

2.8.1 Rayleigh dağılması :

Fiberin yapısındaki yabancı (istenmeyen) maddeler fiberin istenen saflığını bozarlar ve çekirdek içinde ışık propogasyon yaparken böyle maddelerle karşılaştığında dağılır. Bu dağılmaya **Rayleigh** dağılması denir. Bu noktadaki dağılma noktasal ışık kaynağı gibi gelen ışığı her yana dağılarak zayıflamaya neden olur. Bu dağılan ışıklara **Tyandall** Işıklar denir.



Şekil 2.26 Rayleigh dağılmasının dalga boyu ile değişimi

Rayleigh dağılması özellikle küçük dalga boylarında daha belirgindir. Ve yaklaşık olarak ışığın dalga boyunun 4. Üssü ile ters orantılıdır.

$$\alpha_{\text{rayleigh}} = 1/\lambda^4 \quad (2.21)$$

$$\alpha_{\text{rayleigh}} = (0.72 + 6.9 \text{ NA}^2) \cdot 1/\lambda^4 \text{ dB/km} = \mu\text{m}. \quad (2.22)$$

Bu formül Graded indeksi için geçerlidir.

1610 nm civarında dalga boylarında Rayleigh dağılması etkisini kaybeder.

Örneğin ; Güneş ışığı tayfı içindeki mavi rengin dalga boyu diğer renklere göre en küçüktür. ($\lambda=450 - 400 \text{ nm}$) Dolayısıyla gök yüzündeki mavi ışığın Rayleigh dağılması diğer renklerininkine oranla daha fazladır. Ve bu nedenle gökyüzü mavidir.

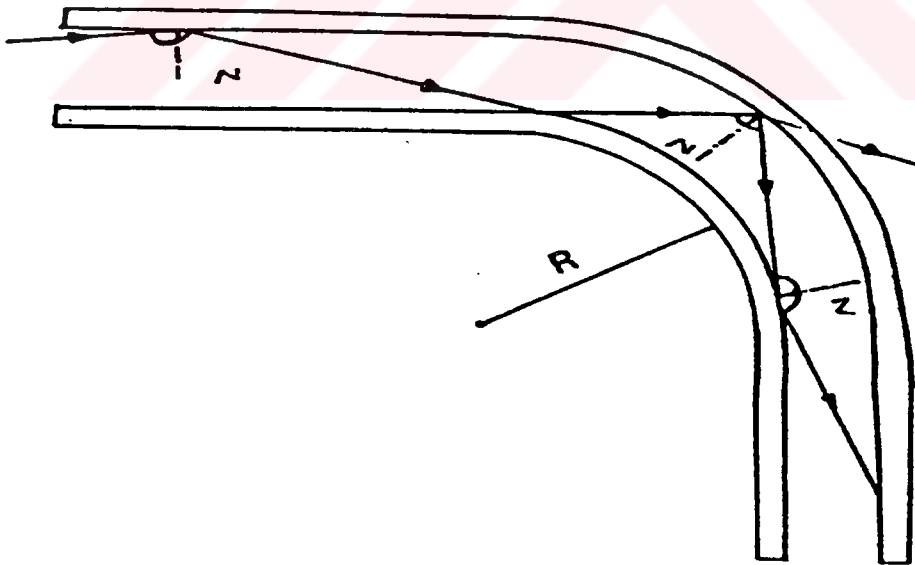
$\text{NA}=0.20$ (Graded indeks)

$\lambda=1.3 \mu\text{m}$ (1310nm) ise $\alpha_{\text{rayleigh}}=?$

$$\alpha_r = (0.72 + 6.9 \cdot 0.20^2)(1/1.3^4) = 0.348 \text{ db/km bulunur.}$$

2.8.2 Keskin ve küçük kıvrımlar :

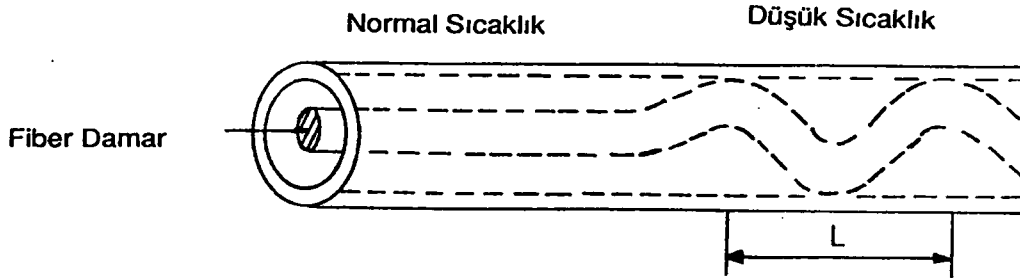
Keskin kıvrımlar ; damarlar keskin dönüş yaptığında dönüş noktasında ışık geniş yaparak zayıflama artar. Işığın büyük bir kısmı buradan dışarı çıkar (LİD sistemi kaynak makinaları bu ilkeye göre çalışır).



Şekil 2.27 Fiber damarda ışığın keskin damarlardan geçişi

Burada, R yarıçapı küçültülerek kayıp arttırılabilir.

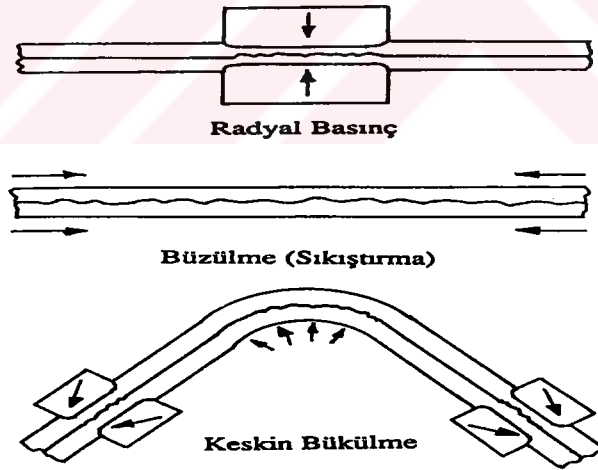
Küçük kıvrımlar ; fiber damarın uzama (sıcaklık) katsayısı koruyucu tüpün (buffer) uzama katsayısından büyük olduğundan fiber damar koruyucu tüpten daha çok uzamaktadır. Bu nedenle fiber damar, koruyucu tüpün içerisinde kıvrımlar oluşturur. Bu kıvrımlardan dolayı oluşan (geometrik dalga boyları $\lambda < 1$ mm ise) zayıflama açıkça görülür.



Şekil 2.28 Fiber damarda ışığın küçük kıvrımlardan geçişi

2.8.3 Çekme, büzülme, basınç ve sıcaklık etkisi :

Çekme, büzülme, basınç ve sıcaktan dolayı fiber damarlar içerisinde küçük ve keskin (Şekil 2.28'de görüldüğü gibi) kıvrımlar oluşur. Bu kıvrımlar sonucu kırım noktalarında kayıplar çok artar.

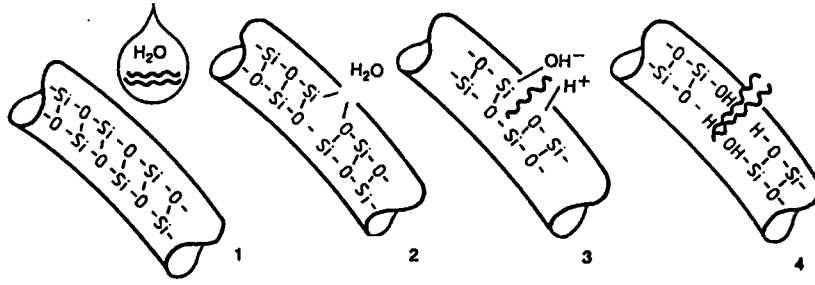


Şekil 2.29 Fiber damarda çekme, büzülme, basınç, ve sıcaklık durumu

2.8.4 OH⁻ (Nem - Hidroksil) yutması :

Kablonun su alması nedeni ile plastiklerin nemden bozulması sonucu ve ayrıca iletkenlerin elektrolizinden ortaya çıkan hidrojen, oksijen ile birleşerek OH⁻ olarak gösterilen Hidroksil nem oluşturur.

Bunun yanı sıra OH^- yutmasının optik iletimde zayıflamaya etkisi en iyi belirtisi 1400 nm. ışık dalga boyu kullanıldığında açıkça görülür. OH^- fiber damar ömrünü uzatır.



Şekil 2.30 Fiber damarda hidrosil yutması

2.9 Optik Fiberde Güç

Fiber optik sistemlerin tasarımında, her noktada güç durumunu göz önüne almak gerekir. Yani, devrede harcanabilecek toplam güç miktarı belirlenmelidir. Ayrıca, yayılan enerji de hesaba katılmalıdır. Yayılma uzunluğu ile ilgili bağıntı aşağıda verilmiştir(Pastacı, 1996).

$$z \leq 1/5B\Delta \quad (2.23)$$

z = Fiber kablonun maksimum uzunluğu (km)

B = Saniyede maksimum bit sayısı (Mb/s)

Δ = Yayılma hızı ($\mu\text{s}/\text{km}$)

2.10 Optik Fiberlerin Kılıflanması

Fiber damarları dış etkenlerden (Kırılma ve mekanik etmenlerden) korumak için fiber damarın dışına bir tüp (kılıf - Buffer) geçirilir. Tüp ; plastikten ince bir silindir şeklindedir. Uzun ömürlü olup yapısı kolayca bozulmaz. Tüpün içi, sürtünme katsayısı düşük dışı mekanik etkilere dayanıklı plastikten yapılır(Çankaya ve Ertürk, 1997).

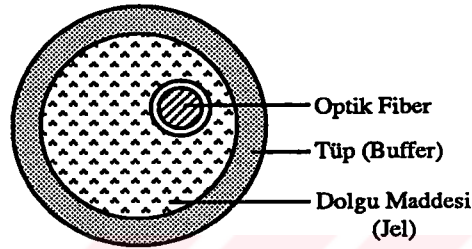
Tüpler :

- a- Tek fiberli gevşek tüp
- b- Çok fiberli gevşek tüp
- c- Sıkı tüp
- d- Komposit tüp
- e- Şerit şeklinde olmak üzere beş temel grup altında olmak üzere toplanmaktadır.

2.10.1 Tek fiberli gevşek t p :

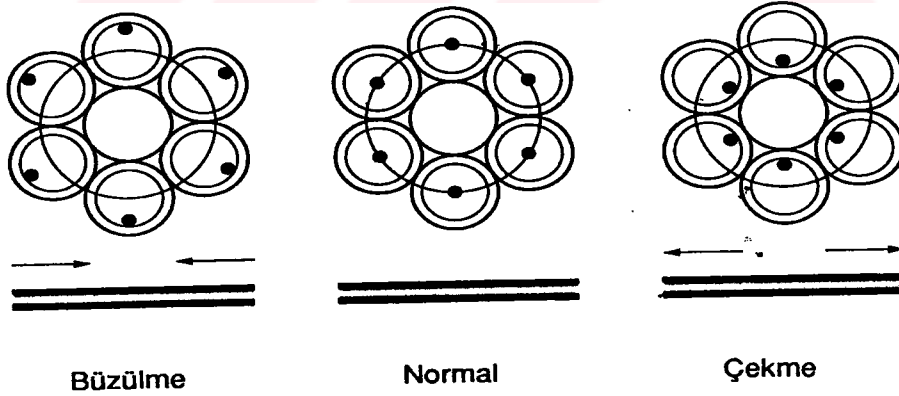
Normal konumda t p içindeki fiber damar serbest durumda olup hareket edebilir. Bu  zellik fiber damarların bakım ve ek yapımında kolaylık sağlar. T p (buffer) içi -30°C ile $+70^{\circ}\text{C}$ arasında özelliği bozulmayan kimyasal bakımdan nötr bir dolgu maddesi (Jel) ile doldurulmuştur.

Bu şekilde t p içine alınan fiber damar zarar görmeden kablo yapımı için hazırlanmış olur. Böylece t p; kablonun döşenmesi ve işletmesi sırasında oluşacak mekanik (dış) etkenlerden fiber damarları korur.



şekil 2.31 Tek fiberli gevşek t p

şekil 2.32'de kablonun uzaması ( ekilme vb. etmenlerle) veya büzülmesi (boyuna sıkıştırılması) durumunda fiber damarların t p içindeki konumu görülmektedir. Kabloya  ekme kuvveti uygulandığında kablo boyu uzar. Uzama katsayısı çok düşük olan fiber damar ise t p içinde eksenine doğru hareket ederek uzama farkı ortadan kalkar. Düşük sıcaklıklarda kablo b z leceğinden kablo boyu kısalır.

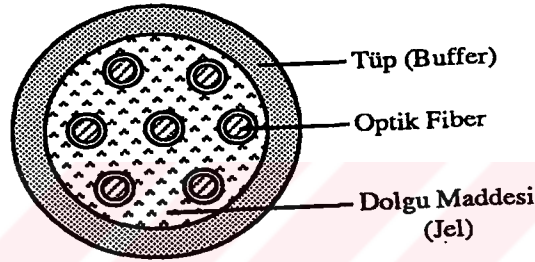


şekil 2.32 Fiber kablonun büzülme, normal, çekme durumunda damarların t p içersindeki konumu

Sıcaklıkla uzama katsayısı çok düşük olan fiber damar t p içinde kablonun dışına doğru hareket ederek bu kısılmanın etkisini ( ekil 2.28'deki) karı maksızın (mikrobending) ortadan kaldırır.

2.10.2 Çok fiberli gevşek t p :

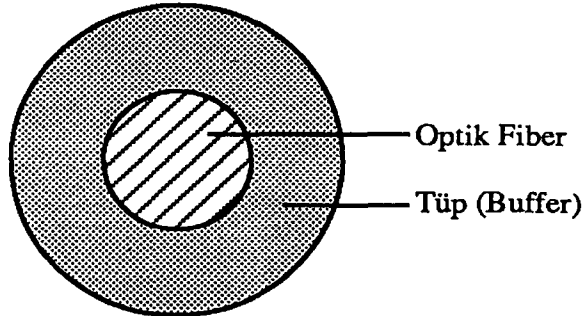
Tek fiberli gevşek tüpte fiber damar sayısını artırmak çok sayıda t p imalatını gerektirdiğinden üretim zorla makta ve maliyet artmaktadır. Bu nedenle tek top içinde çok fiber damarlı yapıya gereksinim duyulmuştur. Çok fiberli tüpler (içine) 2_12 arasında fiber damarlı olarak üretilmektedir. Bu fiber damarların karışmaması için değişik renkteki fiber damarlar bir t p içersine yerleştirilerek üretilir. T p içinde dolgu maddesi (jel) kullanılır.



Şekil 2.33 çok fiberli gevşek t p

2.10.3 Sıkı t p :

Bu tip kılıf fiber damar üzerindeki koruyucu tabakanın üzerine doğrudan doğruya uygulanır. Bina içi optik bağlantı yapılması gerekli olan yerlerde, optik iletimi sağlayabilmek için sıkı tüplü fiber damarlar üretilirler. Böylelikle çok yer kaplamayarak optik iletimi sağlarlar.

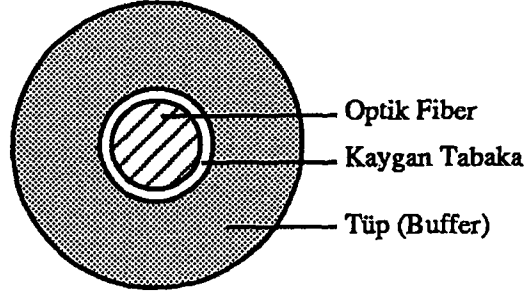


Şekil 2.34 Sıkı t p

2.10.4 Kompozit t p (Buffer) :

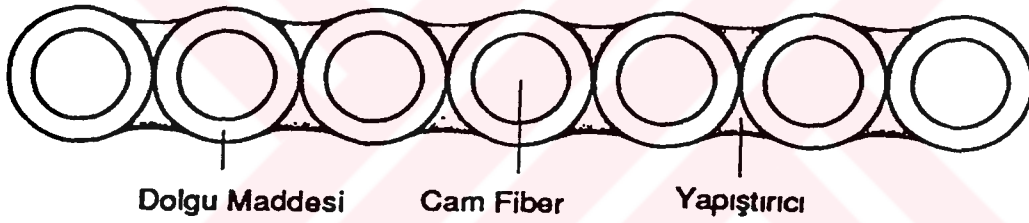
Kompozit t p, sıkı tüpün sakıncalarından kurtulmak için geliştirilmiştir.

Bu tüplerde fiber damatlar ile t p arasında ince bir kaygan tabaka vardır. Böylece tüpün esnek olması sağlanarak fiber damatları kırılması önlenir.



şekil 2.35 Kompozit t p

2.10.5 şerit (Ribbon) :



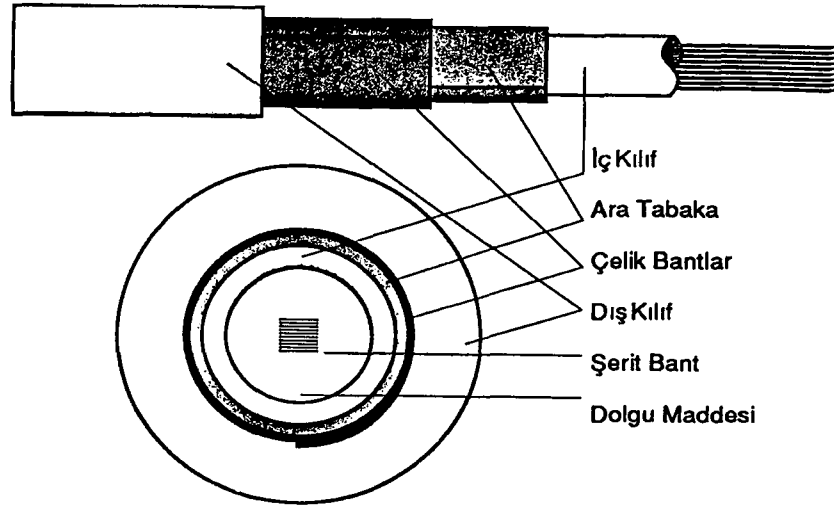
şekil 2.36 şerit

Bu yöntemde fiber damatlar t p içine alınmayıp şerit şeklinde yan yana getirilir. Paralel olarak yan yana getirilen fiber damatlar yapışkan iki plastik tabaka arasına konularak elde edilirler.

Yan yana getirilen damatların sayısı 12'ye kadar çıkabilir. Bu şeritler üst üste dizilerek üretim amacına ve sayısına göre daha çok sayıda fiber damatlar bir araya getirilebilir. şerit tomarı olarak üretilen fiberler hafif burularak kablo çekirdeğini oluştururlar. (şekil 2.37)

şerit yöntemiyle elde edilen fiberlerin ağırlığı(km x fiber / kg.), diğer yöntemle elde edilen fiber ağırlığından daha azdır.

Ancak şerit kenarında kalan fiber damarlarla fazla mekanik yük binmesi, düşük sıcaklıklarda fiber kırışmasının önlenememesi gibi sakıncalar doğurur.



Şekil 2.37 Şerit damar yapısı

3. IŞIKSAL (OPTİK) İLETİMDE KULLANILAN MALZEMELER

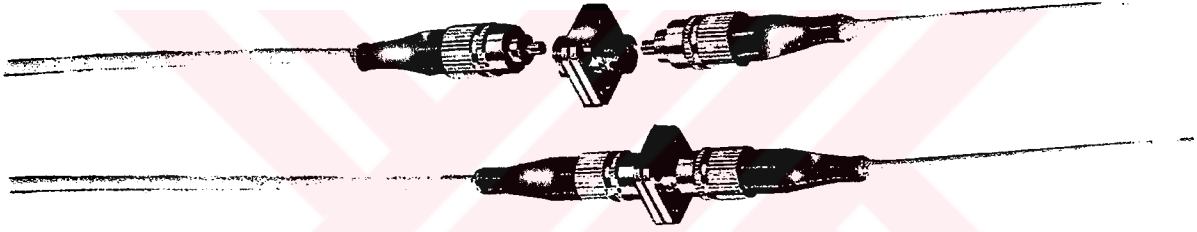
3.1 Optik Fiber Damarlar :

Optik iletim kuramında ayrıntılı olarak anlatıldığından burada ayrıca değinilmeyecektir.

3.2 Optik Fiber Ara Bağlantı Kablosu ve Konnektör

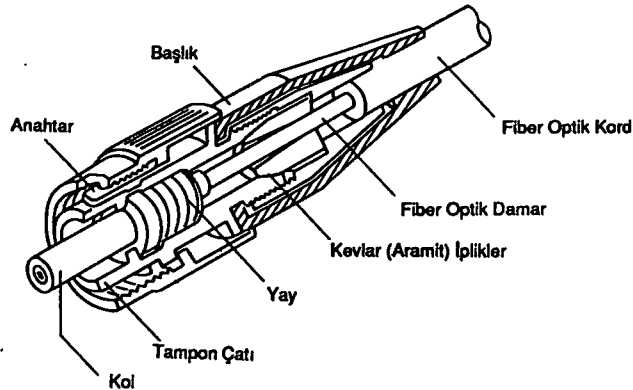
3.2.1 Ara bağlantı kablosu (Pig - tail) :

Fiber damardaki optik sinyalin sisteme veya sistemden fiber damara geçiş yapabilmesi için kullanılan ve bir ucunda birleştirici (konnektör) bulunan sıkı tüplü olarak üretilmiş içinde yalnız tek fiber damar bulunan özel kablolardır. 3~10 m uzunluğunda üretilmektedir.



Şekil 3.1 Fiber ara bağlantı kablosu

3.2.2 Konnektör :



Şekil 3.2 Konnektör

Sistemden alınan optik sinyalin en az kayıpla fiber damara geçmesini (Vida veya geçme yöntemiyle tutturularak) sağlayan malzemelerdir. Optik fiber ara bağlantı kablolarının bir ucunda bulunur.

3.3 Çıplak Fiber Adaptörü

Optik fiber ara bağlantı kablosu bağlantısı yapılmadığı durumlarda (geçici olarak) optik sinyalin geçişini sağlamak için kullanılır. Fiber adaptörünün vidalı veya geçme kısmı sistem veya U linke bağlanırken diğer kısmı düzgün kesilmiş çıplak fiber damarı gerip sıkıştırarak ileri - geri hareketini engelleyecek şekilde yapılmıştır. Birleştiriciden (konnektörden) farkı kaynak yapma ve sınırlı esneklik gibi olumsuz yönü olmayıp istenildiği an fiber damardan ayrılabilir. Değişik yapıda olanları vardır.

3.4. U Link

Konnektörleri (birleştiricileri) veya çıplak fiber adaptörlerini (Fiziksel olarak) karşı karşıya getirerek ışıksal sinyali bir noktadan diğer bir noktaya geçişini sağlayan malzemelerdir.

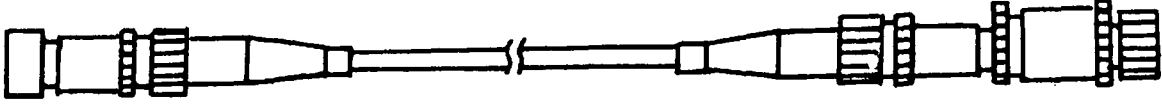


Şekil 3.3 U link

Bu geçiş ; bir damardan diğer bir damara, damar ile sistem arasına veya sistemler arasında olabilir. Sabit (yüzeye tutturulan) ve esnek olarak kullanılabilen değişik yapıda olanları bulunmaktadır.

3.5 Zayıflatıcılar (Optik Potlar)

Optik zayıflatıcı ; sistemin (O/E) çalışma sınırlarından daha çok gelen optik gücünü düşürmek amacıyla kullanılır. Optik sinyali (zayıflatıcının giriş ve çıkışları arasında) 0 ~25 dB'ye kadar zayıflatılabilir.



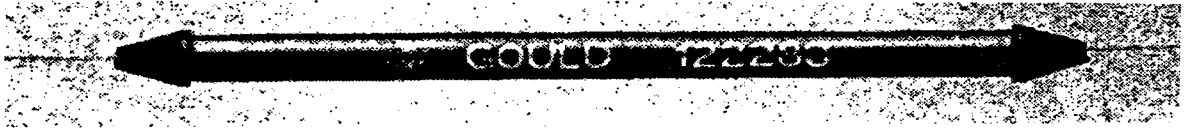
Şekil 3.4 Zayıflatıcılar

Zayıflatma gelen ışık ile giden ışık arasında geçiş (hava) aralığını çoğaltarak veya azaltarak geçen ışığın miktarını ayarlama ilkesine dayanır. İstenilen zayıflatma (sistemin çalışma sınırları) değeri elde edilince zayıflatıcı üzerindeki ayar vidası ile sabitlenir. Yapısı çift konnektörlü olup optik ara bağlantı kablosu (Pig - Tail) gibidir.

3.6 Optik İletiminde Kullanılan Diğer Malzemeler

3.6.1 Optik filtreler (Süzgeçler) :

Fiber damarlardan gönderilen değişik dalga boylarındaki optik sinyalleri diğer sinyallerden ayırıp alabilmek için kullanılır. 1310 ve 1550 nm. (λ) dalga boyuna göre değişik tipleri vardır. Yalnızca istenilen dalga boyundaki optik sinyaller alınabilir.



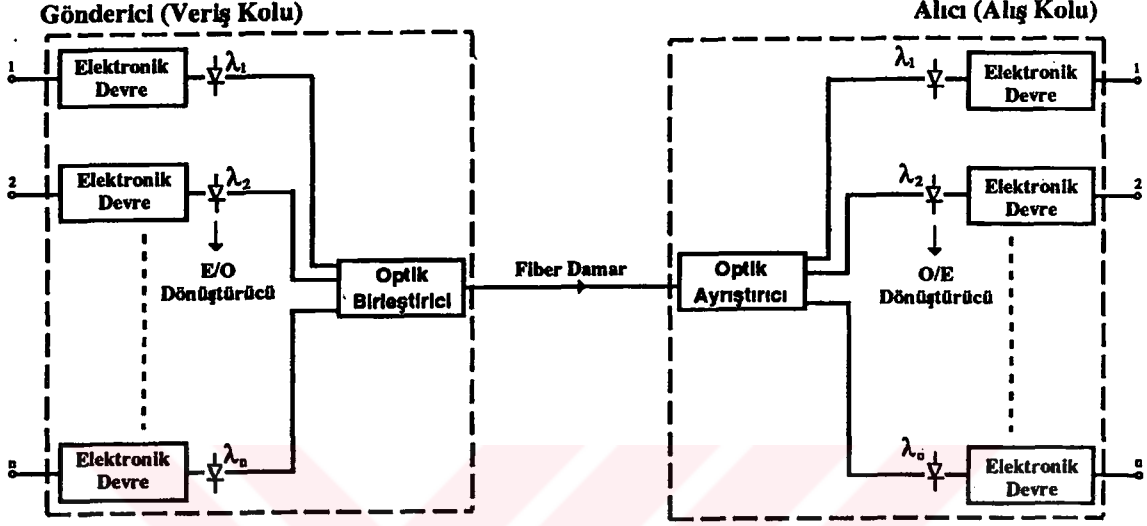
Şekil 3.5 Optik filtre

Optik birleştiriciden (multiplexer) önce, optik ayrıştırıcıdan (De multiplexer) sonra kullanılır. Gürültü ve geri yansıması yoktur.

<u>Işık dalga boyu</u>	<u>Zayıflama (dB)</u>
1310 nm.	1
1550 nm	>1.25

3.6.2 Optik birleştirici (Multiplexer) :

Değişik dalga boylarında gelen optik sinyalleri karıştırmadan birleştirip tek bir sinyal demeti elde etmemizi sağlar . Çok giriş tek çıkışlıdır. Kayıpları 0.5 dB'den azdır. Dalga boyu bölmeli - birleştirmeli optik iletim sistemi Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

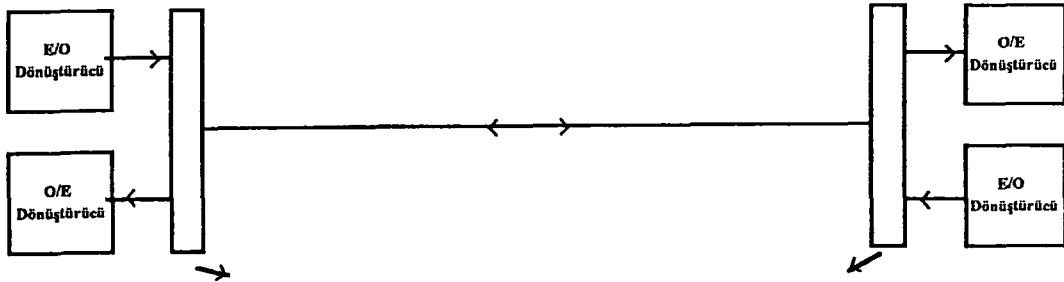


Şekil 3.6 Dalga boyu bölmeli – birleştirmeli optik iletim sistemi

3.6.3 Optik ayırıştırıcı (Demultiplexer) :

Optik birleştiricinin tek sinyal demetine dönüştürdüğü optik sinyali dalga boylarına göre ayırt etmeye yarar. Tek girişi ve çok çıkışı olan değişik optik ayırıştırıcılar vardır. Kayıpları 0.5 dB'den azdır. (Şekil 3.6)

3.6.4 Optik çiftleyici (İkileyici - Duplexer) :



Şekil 3.7 Optik çiftleyici

Bir fiber damardan çift yönlü iletim gerektiğinde kullanılır. Sistemden gelen optik sinyalin fiber damara girmesine ve fiber damardan gelen optik sinyalin sisteme geçmesini (gelen ve giden ışığın dalga boyları ayrı olmak koşulu ile) sağlar.

3.7 Optik Dağıtım Çatısı (ODÇ - Distiribution Frame)

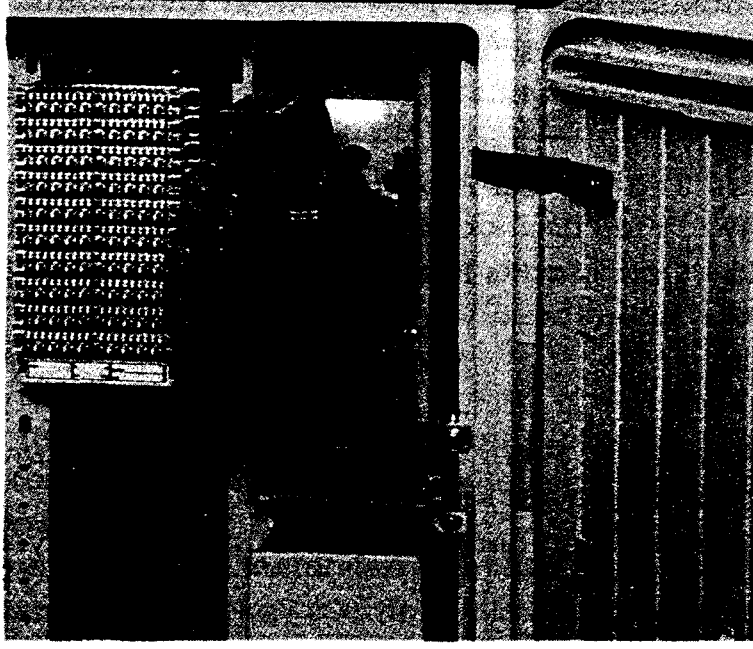
Sistemlerden gelen veya sistemlere gelen optik sinyaller ile kablolar arasında dağıtım yapar. Fiber damarlarla ara bağlantı kablolarının (Pig - Tail'lerin) bir arada bulunmalarını sağlayan bir birimdir. Büyük sistemlerde ayrı, küçük sistemlerde hat teçhizatı (donanımı) çatısı üzerinde bulunur. Bazı değişik dağıtım çatılarının üzerinde yalnızca U link bulunup gelen ve giden optik sinyaller bu U linklere bağlanarak dağıtım yapılmaktadır.



Şekil 3.8 Optik dağıtım çatısı

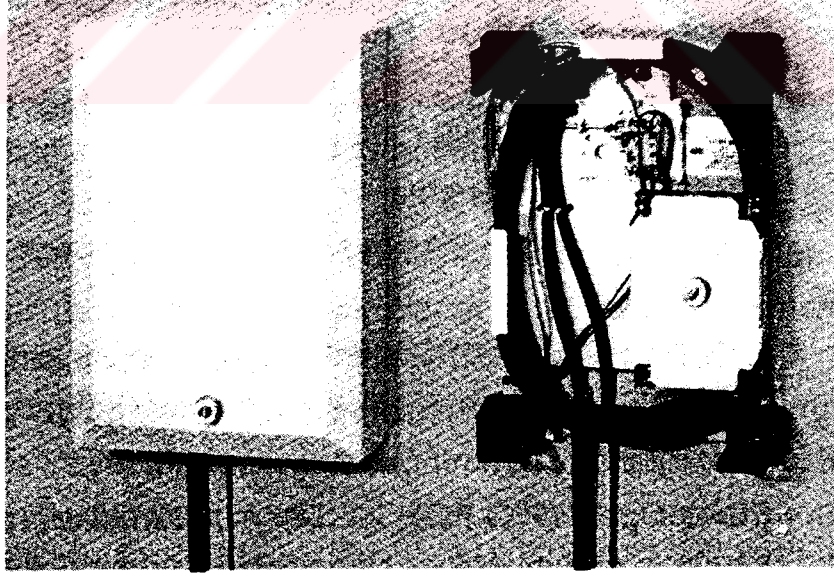
3.8 Optik Dağıtım Kutusu (ODK -Distiribution Box)

Optik dağıtım çatısı gerektirmeyecek kadar az optik dağıtımın yapıldığı yerlerde kullanılır. Çok değişik amaçlar için üretilmiştir.



Şekil 3.9 Optik dağıtım kutusu

Optik dağıtım kutusunda optik aktarım optik dağıtım çatısındaki kadar esnek değildir. Özellikle bina içi veya yakın binalar arası optik bağlantıda kullanılır. Bunlarında içinde optik dağıtım çatısının içinde olduğu gibi U link optik ara bağlantı kablosu bulunmaktadır.



Şekil 3.10 Bina içi optik dağıtım kutusu

3.9 CCITT'nin Fiber Damar Standartları

Fiber damarların hangi özellikleri taşıması gerektiği CCITT G.651 , G.652 , G.653 , G654 IEC vb. standartlarda belirtilmiştir.

a- Dereceli indisli çok modlu fiberin (50/125 nm) özellikleri :

Optik Fiber tipi	Çok modlu fiber
Kırılma katsayısı değişimi	Dereceli kırılma katsayısı
Madde	Kuvartz veya cam
Çalışma dalga boyu aralığı	850 nm ve/veya 1300 nm

Geometrik özellikler :

Öz çapı	50 nm (%6)
Yansıtıcı tabaka çapı	125 nm (%2.4)
Öz çapının oval bozukluğu	<%6
Yansıtıcı tabaka çapının oval bozukluğu	<%2
Eş merkezlik bozukluğu	<%6

Optik özellikler :

Maksimum kuramsal sayısal açıklığı (NA)	NA=0.18-0.23 (850 nm'de) NA=0.15-0.30 (1350 nm'de)
NA'nın nominal değ erden sapması	0.02
Kırılma katsayısı profili yaklaşık parabolik olacak	

b- Basamak indisli tek modlu fiber özellikleri :

Optik fiber tipi	Tek modlu fiber
Çalışma dalga boyu	1300 nm ve/veya 1550 nm
Mod alan çapı	9-10 nm
Yansıtıcı tabaka çapı	125 nm (3 nm)
Etkin dalga boyu sınırı	<0.5 - 0.20 arası
Kılıfın ovallik bozulması	<2.5 nm

Zayıflama sabiti	<6 ps/nm.km (1300 nm'de)
Toplam saçınım	<18 ps/nm.km (1550 nm'de)

3.10 Türk Telekomünikasyon A.Ş 'nin Fiber Damar Standartları

Çizelge 3.1 fiber damarın optik özellikleri

Optik özellikler	Birimi	Işık dalga boyu	
		1310nm.	1550nm.
Zayıflama Maksimum	dB/km	:≤0.40	:≤0.22
Ortalama	dB/km	:≤0.36	
Mod Alan Çapı	μm	:9.2+-0.5	
Saçılma (Kromatik)	ps/(nm x km)	:≤3.5	:≤18
Örtü tabakanın (Cladding) çapı	μm	:125+-2	
Core/Cladding eşmerkezlik hatası	μm	:1	
Saçılmanın 0 noktaları	Nm	:1300≤ ≤1324	
Örtü tabakanın (Cladding ovallığı)	%		
Birinci kaplamanın (Coating) ovallığı	μm	:250+-15	
Dalga boyu kesimi (λc)	Nm	:1150 ≤ ≤1270	
Bükülme kaybı(30 nm çaplı makaraya 100 tur sarılı iken kayıp)	dB		:≤0.2

Çizelge 3.2 fiber damarın mekanik özellikleri

Mekanik özellikler	Birimi	Işık dalga boyu (1310 nm)
Deneme gerilme kuvveti (Proff Test)	N	:8.4
Deneme gerilmesi (Proff Test Strain)	%	:1.00
Depolama ve taşıma sıcaklığı	°C	:-40≤ ≤+80
Tesis sıcaklığı	°C	0:≤ ≤+50

Not :

- 1- 1310 nm ; $1285 \leq \leq 1330$ nm aralığını , 1550 nm ; $1525 \leq \leq 1575$ nm dalga boyu aralığını kapsamaktadır.
- 2- Yalnızca 4 ve 6 FO kablolar için 1550 nm.de Optik zayıflama ; maksimum : ≤ 0.25 dB/km , ortalama : ≤ 0.22 dB/km 'dir.

Çizelge 3.3 4 Fiberli FO kabloda renk sıralaması

SIRA NO	FIBER TUP RENGİ	SIRA NO	FIBER RENKLERİ
1	KIRMIZI RAL 3000	1	KIRMIZI
		2	NATUREL
2	SARI RAL 1021	3	SARI
		4	NATUREL

Çizelge 3.4 6 Fiberli FO Kabloda Renk Sıralaması

SIRA NO	FIBER TUP RENGİ	SIRA NO	FIBER RENKLERİ
1	KIRMIZI RAL 3000	1	KIRMIZI
		2	NATUREL
2	SARI RAL 1021	3	SARI
		4	NATUREL
3	YEŞİL RAL 6018	5	YEŞİL
		6	NATUREL

Çizelge 3.5 12 Fiberli FO Kabloda Renk Sıralaması

SIRA NO	FIBER TUP RENGİ	SIRA NO	FIBER RENKLERİ
1	KIRMIZI RAL 3000	1	KIRMIZI
		2	NATUREL

2	SARI	3	SARI
	RAL 1021	4	NATUREL
3	YEŞİL	5	YEŞİL
	RAL 6018	6	NATUREL
4	MAVI	7	MAVI
	RAL 5015	8	NATUREL
5	MENEKŞE	9	MENEKŞE
	RAL 4005	10	NATUREL
6	BEYAZ	11	BEYAZ
	RAL 9001	12	NATUREL

Çizelge 3.6 24 Fiberli FO Kabloda Renk Sıralaması

SIRA NO	FIBER TUP RENGİ	SIRA NO	FIBER RENKLERİ
1	KIRMIZI RAL 3000	1	KIRMIZI
		2	SARI
		3	YEŞİL
		4	NATUREL
2	SARI RAL 1021	5	KIRMIZI
		6	SARI
		7	YEŞİL
		8	NATUREL
3	YEŞİL RAL 6018	9	KIRMIZI
		10	SARI
		11	YEŞİL
		12	NATUREL
4	MAVI RAL 5015	13	KIRMIZI
		14	SARI
		15	YEŞİL
		16	NATUREL

5	MENEKŞE RAL 4005	17	KIRMIZI
		18	SARI
		19	YEŞİL
		20	NATUREL
6	BEYAZ RAL 9001	21	KIRMIZI
		22	SARI
		23	YEŞİL
		24	NATUREL

Çizelge 3.7 48 Fiberli FO Kabloda Renk Sıralaması

1	KIRMIZI RAL 3000	1	KIRMIZI
		2	SARI
		3	YEŞİL
		4	MAVI
		5	MENEKŞE
		6	KAHVERENGİ
		7	SIYAH
		8	MENEKŞE
2	SARI RAL 3000	9	KIRMIZI
		10	SARI
		11	YEŞİL
		12	MAVI
		13	MENEKŞE
		14	KAHVERENGİ
		15	SIYAH
		16	MENEKŞE

3	YEŞİL RAL 6018	17	KIRMIZI
		18	SARI
		19	YEŞİL
		20	MAVI
		21	MENEKŞE
		22	KAHVERENGİ
		23	SIYAH
		24	MENEKŞE
4	MAVI RAL 5015	25	KIRMIZI
		26	SARI
		27	YEŞİL
		28	MAVI
		29	MENEKŞE
		30	KAHVERENGİ
		31	SIYAH
		32	MENEKŞE
5	MENEKŞE RAL 4005	33	KIRMIZI
		34	SARI
		35	YEŞİL
		36	MAVI
		37	MENEKŞE
		38	KAHVERENGİ
		39	SIYAH
		40	MENEKŞE
6	BEYAZ RAL 9001	41	KIRMIZI
		42	SARI
		43	YEŞİL
		44	MAVI
		45	MENEKŞE
		46	KAHVERENGİ
		47	SIYAH
		48	MENEKŞE

3.11 Türk Telekomünikasyon A.Ş Fiber Kablo Standartlar

Çizelge 3.8 Fiber kablo (radyal) Kılıf kalınlıkları

Kablo Cinsi	İç Kılıf (mm)	Dış Kılıf (mm)	Çelik Halat kılıfı (mm)	Askı Köprü Genişliği (mm)	Askı Köprü Uzunluğu (mm)
FO-Y	1.1+/-0.1	2.0+/-0.1	-	-	-
FO-H	1.1+/-0.1	2.0+/-0.1	1.8+/-0.1	2.8+/-0.3	2.8+/-0.3

Çelik Tel Çapı (mm)	Kopma Kuvveti (kgf/mm ²)	Nominal Halat Hatvesi (mm)
1.75+/-0.03	147	16 x D

D=Halat çapı (mm)

FO-Y Kablolar 1500+-(%5) metre

FO-H Kablolar 2000+-(%5) metre olacak şekilde üretilecektir.

4. FİBER OPTİK AYDINLATMA SİSTEMLERİ

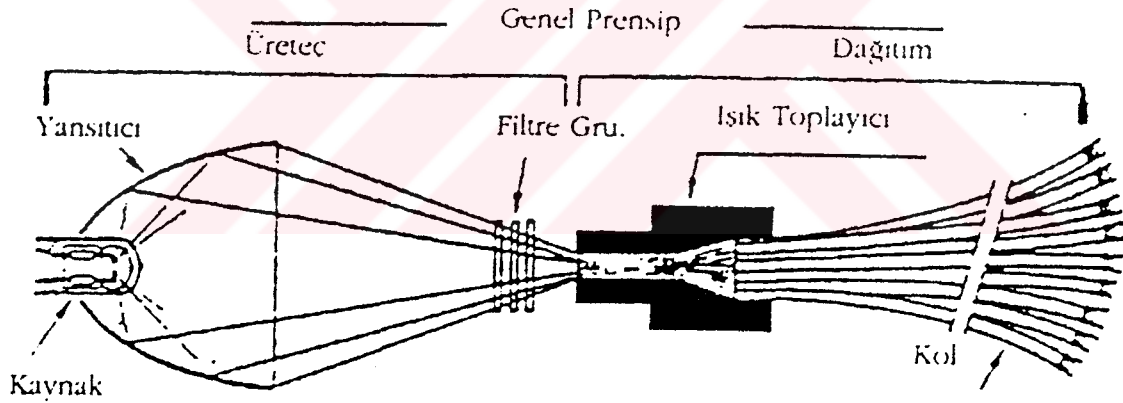
4.1 Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin Elemanları :

Temel olarak iki tip optik lifli aydınlatma sistemi mevcuttur.

- 1- **Noktasal aydınlatma :** İzole liflerle taşınan ışık optik dağıtım noktaları yardımı ile istenilen açılarla uzaya yayılır.
- 2- **Çizgisel aydınlatma :** Kılıf tabakası olmayan ve ışığı dışarı yansıtan saydam liflerle gerçekleştirilen aydınlatma sistemidir. Saydam lifler kırılmandır ve kesitleri küçüktür. Bu nedenlerle tasarım ve tesisatta dikkatli olunmalıdır

Optik lifli aydınlatma sistemleri en genel halde üç ana elemandan oluşur.

- 1- Işık kutusu
- 2- Lif demetleri
- 3- Optik dağıtım noktaları



Şekil 4.1 Optik lifli aydınlatma sistemi elemanları

4.1.1 Işık kutusu

Kapalı bir kutu içine ışık kaynağı, yansıtıcı, fan, filtre ve renk dairesinin yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Kompakt, yoğun ışık akılı lambalardan çıkan ışık, yansıtıcı yardımıyla odaklanıp liflerin başlangıcında yer alan ışık toparlayıcısına gönderilir. Bu sistemlere genelde 12 V'luk 50, 75, 100 W'lık tungsten halojen ve 150, 250 W'lık metal halojen (Halide) lambalar kullanılmaktadır. Yüksek güçlü ve çalışma prensibi gereği yüksek ısı

yayan ışık kaynakların oluşturacağı ısıyı dışarı atmak için fan sistemi yerleştirilmiştir. Filtre ise, optik lifleri lambanın yayacağı direkt ısıdan, kızılötesi ve mor ötesi ışınlardan korumak amacıyla kullanılmaktadır. Farklı renklerde dinamik ışık etkileri oluşturmakta renk daireleri ile mümkün olmaktadır.

4.1.2 Lif demetleri :

Liflerin üretimi yüksek teknolojik imkanlar getirmektedir. Lifler yüksek sıcaklıklarda ısıtılan çubukların dönen miller üzerinde çekilerek inceltilmesi ve bu esnada başka bir tabaka ile kaplanması esasına göre üretilmektedir. Liflerin çapı 50-150 μm olup 1000 ile 11500 lif bir araya getirilip demetler oluşturulmaktadır. Lifler yapıldıkları malzemelere göre cam ve plastik lifler olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

Cam lifler görünen ışık olarak adlandırdığımız 380 nm. ile 420 nm. arasındakileri geçirmez. Bu durum ışık tayfında mor-mavi renk kaybını ve lif boyu uzadıkça da renk değişikliğine neden olur. PMMA (Polymethymethacrylate) denilen hammaddeden üretilen plastik liflerde ise 380 nm. ile 420 nm. arasındaki radyasyonlar %20 kayıpla üretilmektedir. Cam liflere oranla daha düşük maliyeti ve daha esnek yapıda olan plastik liflerin içlerinden geçirilen ışığa karşı gösterdikleri direnç de daha düşüktür. Bu nedenle kablo çapları 1-1.5 mm'ye kadar indirilebilmektedir. Bu da bükülme, kolay tesis imkanı sağlamaktadır. Şu anda uygulamada genelde 5 mm aktif çaplı (kılıf hariç) kablolar kullanılmakta, isteğe göre optik lif sayısı artırılarak 17 mm çaplara kadar çıkılmaktadır. Optik liflerde kablo boyu uzadıkça, iletilen ışık akısı azalmaktadır. Cam liflerde daha fazla olan bu azalma, plastik liflerde metre başına %4 civarındadır. Buda optik lifli aydınlatma sistemlerinin verimini yükselten çok iyi bir gelişmedir(3e dergisi, 1998).

4.1.3 Optik dağıtım noktaları :

Noktasal aydınlatma esaslı optik lifli sistemlerde, lifler yardımıyla iletilen ışık uç noktalarda yer alan merceklerden oluşan optik dağıtım noktaları yardımıyla istenilen açılarla uzaya yayılır. 12° , 21° , 40° , 66° gibi değişik uzay açıları içinden ışık verebilen merceklerin yapısı değiştirilerek farklı izlenimleri oluşturabilir.

4.2 Optik Lifli Aydınlatama Uygulamalarında Sınırlamalar

Yeni ve halen gelişmekte olan optik lifli aydınlatma sistemlerinin uygulanmasında bazı sınırlamalar, dikkat edilmesi gereken bazı konular bulunmaktadır.

Bunlar ;

İlk uygulamalarda kullanılabilir lamba çeşidi daha sınırlı olduğundan değişik aydınlık düzeyleri dimmerleme (ışık akısını azaltma) yoluyla sağlanıyordu. Dimmerleme işlemi, ışığın renk sıcaklığını çok değiştirmektedir. Optik liflerin yapısından oluşan renk kayıpları da dikkate alındığında, sonuçta elde edilen renk çok bozulmaktadır. Özellikle soğuk renkler, gerçekte olduklarından çok farklı gözükmemektedir. Çizelge 4.1’de 3000 °K renk sıcaklıklı bir lambanın ürettiği ışığın optik lifli aydınlatma sistemi ile taşınması ve dimmerlemesi durumunda, renk sıcaklığında oluşacak farklılıklar gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 3000 °K renk sıcaklıklı bir lamba ışığının optik lifle taşınması durumu

Durum	Renk Sıcaklığı (°K)
Tam güçte çıplak lamba	3000
Tam güçte optik lifli aydınlatma	2810
Dimmerleme ile 50 Lx'e indirme	2280

Bugün artık lamba teknolojisindeki gelişmelerle ortaya çıkan kompakt ışık kaynağı çeşitliliği nedeni ile optik lifli aydınlatma sistemlerinde dimmerleme olayından vazgeçilmiştir. Değişik aydınlık düzeyleri farklı güçlerde lambalar kullanılarak elde edilmektedir.

Optik lifli aydınlatma sistemlerinin veriminin yükselmesi için yüksek ışık akılı ışık kaynaklarının ışık yayan yüzeyleri küçük olmalıdır. Ayrıca kaynak gerisine yerleştirilen yansıtıcılarda ışığın liflerde toplanmasına yardımcı olur. En iyi sonuç iyi tasarlanmış eliptik yansıtıcı kompakt ışık kaynakları ile elde edilmektedir. Bu durumda verim %60-80 civarındadır.

Optik liflerde ışık belirli kayıplar ile iletilebilmektedir. İletim kayıpları radyasyonun dalga boylarının olarak değişir. Ama genel halde giriş ve çıkıştaki ışık akısının oranı ile desibel cinsinden ifade edilir.

$$K_i = 10 \cdot \log(Q_1/Q_2) \text{ dB} \quad (4.1)$$

Q_1 : girişteki ışık akısı lm

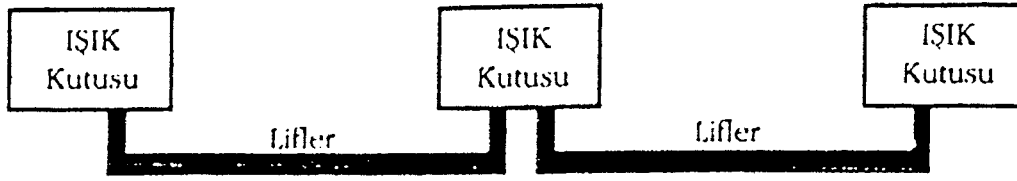
Q_2 : çıkıştaki ışık akısı lm

İletim kayıpları cam liflerde 0.2 - 0.6 dB/m, plastik liflerde ise 0.1-0.4 dB/m civarındadır.

Uygulamada tesisatın gereği olarak optik liflerin kıvrılması, bükülmesi gerekecektir. Optik liflerin kıvrılma sınırı lifin çapına bağlı olarak değişir. Bu sınır ışığın kılıf tabakadan dışarı kaçmaması esasına göre belirlenir ve üretici firmalar tarafından kataloglarda verilir.

Çizgisel aydınlatmada optik lif demetinin uzunluğu 10 m'den fazla ise, lifin her iki ucundan ışık kutuları ile irtibatlı olması gerekir. Işık akısının ve veriminin istenilen düzeyde tutulması için bu düzene ihtiyaç vardır.

Lif demetinin uzunluğu 10 m'den az ise, lif kablusunun giriş ve çıkışı aynı ışık kutusuna bağlanabilir.



Şekil 4.2 Optik lifli aydınlatma sisteminde $l > 10$ m durumunda tesisat düzeni



Şekil 4.3 Optik lifli aydınlatma sisteminde $l < 10$ m durumunda tesisat düzeni

4.3 Optik Lifli Aydınlatmanın Kullanım Alanları

Fiber optik aydınlatma sayesinde ışığı yoğunlaştırmak dağıtmak yada renklendirmek kolayca sağlanabildiği için bu sistemlerin sınırsız uygulama alanı bulunmaktadır. Her şeyden önce gelecekte büyük oranda geleneksel aydınlatmanın yerini alması beklenmektedir. Bir fiber optik kol neon lambanın yerine kullanabileceği gibi, salt dekoratif yada tam tersine fonksiyonel amaçlarla da kullanılabilir. Örneğin bir mobilya ile bütünleştirilebilir, endüstriyel uygulamalara katılabilir (makine takımların aydınlatılması, imalat kontrolü, güvenlik vb.) , enformasyon sağlayabilir , yönlendirilebilir, (yaya geçitleri, liman işaretleri) veya görüntüler oluşturulabilir (ışıklı çeşmeler, heykel aydınlatmaları, yıldızlı gök yüzleri, çeşitli animasyonlar) yada değer katabilir (Sunumlar, teşhirler, müze uygulamaları) .

Bakım çalışmalarının kolay yapılabilen uzun ömürlü optik lifli aydınlatma sistemleri haberleşme, tıp alanlarında olduğu gibi aydınlatmada da geniş uygulama olanakları bulunmaktadır. Bu sistemlerle ışığı yoğunlaştırmak, çok sayıda noktaya yaymak ve renklendirmek mümkün olmaktadır.

Lamba değiştirme işleminin çok zor olduğu yüksek tavanlı kongre merkezi oditoryum gibi hacimler için yüksek güçlü ışık kaynakları ile birlikte kullanılan noktasal optik lifli aydınlatma sistemleri ideal bir çözüm olacaktır.

İnce optik liflerle yüzlerce noktaya tek bir ışık kutusu ve uygun tasarlanmış dağıtım mercekleri ile ışık yayan sistemler sergi salonlarında ve vitrinlerde sergilenen eşyaların ayrı ayrı vurgulamasında, istenilen dekoratif etkilerin yaratılmasında çok iyi sonuçlar vermektedir. Diğer yandan, gün ışığı, ısı ve mor ötesi ışınların hesaplandığı müze aydınlatmalarında alternatifsiz bir çözüm olarak çıkmaktadır.

Bina dış yüzey hatlarının ortaya çıkarılması reklam ve dekoratif amaçlı ışıklı şekil ve yazıların oluşturulmasında kullanılan yüksek gerilimin neon tüplerinin yerinde çıplak lifli çizgisel aydınlatma sistemleri kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda yüksek gerilim tehlikesi ortadan kalktığı gibi aynı aydınlatmada isteğe göre ayarlama değişik zaman dilimlerinde farklı renkli aydınlatmaların elde edilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca neon lambaların kullanılmadığı su ve toprak altı uygulamaları gerektiren bahçe, havuz aydınlatması gibi tesisatlarda da rahatlıkla kullanılmakta ve uzun ömürlü, dayanıklı aydınlatmalar oluşturulmaktadır.

Yangın patlama tehlikesi olan endüstri tesislerinde ısınma ve elektrik arızası gibi sorunların olmadığı bu çözümler güvenle kullanılabilen bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.4 Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin Üstünlükleri ve Sakıncaları

4.4.1 Sistemin üstünlükleri :

Bu sistemlerde uygulama alanında ışık kaynağının sıcaklık ve mor ötesi ışın gibi bozucu etkileri söz konusu değildir. Esasta optik aydınlatma doğaldır, optik fiberler ise elektrik ve ısı taşımazlar. Bu nedenle değerli eserlerin aydınlatılmasında ideal bir çözümdür.

Optik lifler ve dağıtıcı mercekler her noktaya kolayca ulaşabildiğinden bilinen ışık kaynaklarının sığdırılamadığı dar alanlarda rahatlıkla kullanılır.

Işık kutusunun içindeki ışık kaynağı belli ve kolay erişilebilir bir yerde olduğundan bakım ve lamba değiştirme çalışmaları sorunsuz ve ucuz olarak yapılabilir.

Tek bir kaynakla çok fazla sayıda ışık noktası elde etmek mümkündür. Buda mimariye uygun, yaygın ve dekoratif aydınlatmaların yapılmasını sağlamaktadır. Elde edilen etkiler yapıcı olmaktadır.

Plastik lifli sistemlerde suda, zeminde ve havada istenilen şekil ve yazılar değişik renkli ışıklarla gerçekleştirilmektedir.

Yangın, patlama, aşırı sıcaklı ve soğuk gibi nedenlerle, bilinen normal lambalı aydınlatma sistemlerinin tehlikeli olabileceği ortamlarda güvenle kullanılabilirler.

4.4.2 Sistemin Sakıncaları :

En son teknolojik imkanlar kullanılmasına rağmen sistemin kayıpları önlenemediğinden, ışık akısı düşüktür.

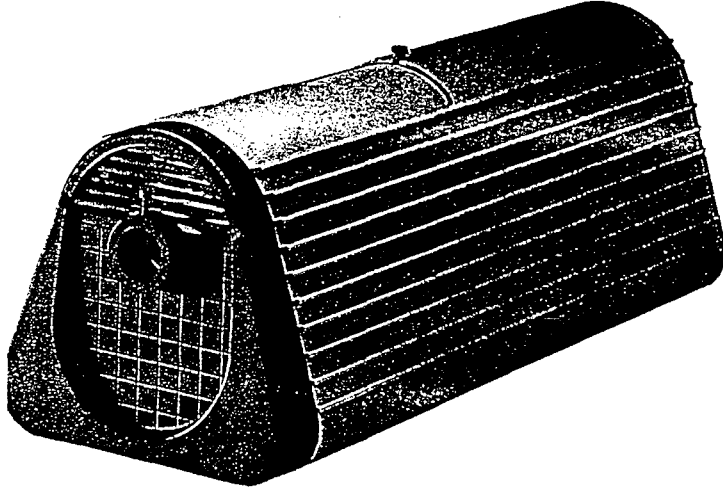
Sistemin tamamında aynı aydınlık izleniminin yaratılması yüksek kaliteli ve detaylı bir işçilik gerektirir.

Sistemin ilk maliyeti yüksektir.

4.5 Fiber Optik Aydınlatma Sistemlerinin Uygulamalarında Kullanılan Temel Malzemeler

4.5.1 Işık generatörü :

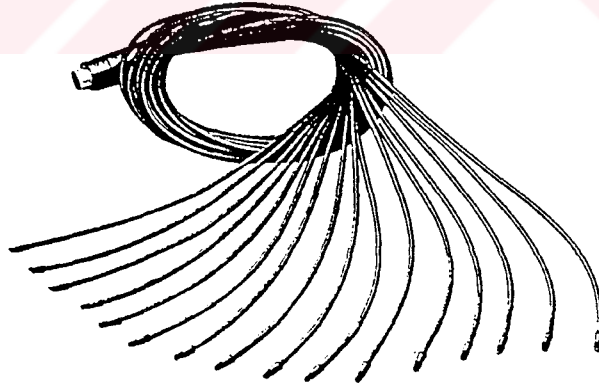
Optik aydınlatma sisteminin kalbinde generatör halojen ve metal halide lambalardan elde edilen ışık akısını en etkin bir şekilde fiber optik kablunun toplandığı merceğe verir. Filtreler veya renk değiştirici sistemler daha dinamik aydınlatma efektleri elde edebilmek için eklenebilir.



Şekil. 4.4 Işık generatörü

4.5.2 Kablolar :

Kablolar ışık akısının generatörden aydınlatma yapılacak noktaya iletirler. Her bir kablo değişik uzunluklarda olabilmektedir. Standart optik kablolar PMMA' dan yapılmaktadır. Fiber optikte çığır açmış olan maddeden PMMA ile fiber optik kabloları en iyi şekilde halojen yada metal halide lambaların foto metrik özelliklerini 40 metreye kadar taşıyabilirken aynı zamanda en iyi ışık spektrumu renk bozukluğuna mahal vermeden gerçekler. Tam koruma yapıldığına 10 yılın üzerinde ömürleri bulunmaktadır.



Şekil 4.5 Optik kablolar

4.5.3 Optik bağlantılar :

Her bir kablonun son noktaları istenilen doğrultu, açı veya dekoratif lensler ile renk seçimine bağlı olarak güvenli de olması açısından bir takım optik bağlantılar veya aksesuarlarla desteklenebilir.

Bu bağlantılar 1-30 mm kalınlığında olan duvar yüzeylerine rahatlıkla uygulanırlar. Bunla projenin son aşamasında uygulandıkları için rahatlıkla değişiklik yapma imkanı hazırlamaktadırlar.

4.6 Optik Aydınlatmanın Kullanılabileceği Örnek Mekanlar

4.6.1 Merdiven aydınlatması :

Tamamen kontrollü, uzun ömürlü merdiven aydınlatılması Lightbeam (Yüksek yoğunluklu lineer fiber optik aydınlatma) tekniğiyle gerçekleşmektedir. Bu sistemle aydınlatma elemanları merdiven içine yerleştirilmekte veya arkadan monte edilebilmektedir. Bu sistemle, düşük gerilimle merdiven aydınlatması sağlayan sistemlerin %50'si oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Lamba ve elektriksel aksamı uzak bir noktada kurulduğundan merdiven yapısında gerek ampul değişimi olmayacağından bozulmalar gözlenmeyecektir.

4.6.2 Müze aydınlatması :

Tarihi eserlerin bulunduğu müzelerde tarih ve sanatsal eserlerin ısı, ultravioeli ve infrared gibi istenmeyen bir takım kötü etkilerden korunması amacıyla lightframe şeklindeki fiber optik aydınlatma ile aydınlatmaları sağlanmaktadır. Öyle ki jeneratörler (ışık kaynakları) tamamen alt bölümünde tarihi eserlerden uzak bir noktada hiçbir şekilde tehlikeye mahal vermeyecek şekilde kurulur. Daha sonra fiber optik kablolar ile ışık eserlere koyuluk ayarı yapılarak 5 kandelalık ışık altında spotlar ve şerit şeklinde verilmektedir. Tabii bu tür aydınlatmada loş ışık oluşturulmakta ve renk tekerleği, değişik renkler elde etmek gibi bir sorunu olmadığından karılmamaktadır.

4.6.3 Cemekean/Oda aydınlatması :

Genellikle gösteri amaçlı cemekeanlar da meydana gelecek yansımaları ortadan kaldırmakta ve aydınlatması gereken nesneye her türlü kötü etki ve olumsuzluklardan (ısı, ultraviole gibi) Uzakta tutarak sadece aydınlatmaktadır. Ayrıca lamba ve elektriki aksam uzak bir noktada olduğundan ikide bir lamba değiştirmek gibi bir sıkıntıya hele öylesine hassas ve nazik ortamlarda düşülmemektedir.

4.6.4 Estetiki aydınlatma :

Duvar aydınlatmaları olarak da adlandırılır. Bu tip aydınlatma da saf ve kuvvetli aydınlık seviyelerini hiçbir ısı oluşmadan ve buna bağlı olarak havalandırmaya gerek duymadan elde edebilmekteyiz. Değişik renk seçenekleri ve özel efektlerle donatabileceğimiz bu tip aydınlatma sisteminde ışık kaynağı aydınlatma yapılacak mekandan 30 kandela uzaklıkta bulunmalıdır.

4.6.5 Kenar Aydınlatma :

Duvarlara entegre edilmiş akrilik ve oymak cam paneller bu aydınlatma tekniğiyle birer göz alıcı estetik harikalarına dönüşmektedir. Bu fiber optik kuruluş esnasında veya aralıklarından fiber optik kablodan kenar kısımlara yerleştirilmesi suretiyle gerçekleşmektedir. Işık bu noktadan yayılarak istenilen aydınlatmayı sağlamaktadır. Bununla beraber bir daha lamba değiştirme gibi bir sıkıntı olmayacağından bu panellerde yerinden aydınlatma gibi bir sıkıntı yaşanmayacaktır.

4.6.6 Havuz aydınlatılması :

Fiber optikle yapılan havuz aydınlatmalarında var olan renk tekerleği ile gerek havuzun, gerek havuzun, gerekse şelalelerinizin gerekse bunların çevresindeki bunların çevresindeki alan istediğimiz renkte aydınlatılır. Böylelikle hem daha estetik bir görünüm kazanılmakta hem de havuzumun değeri maddi olarak artmaktadır.

Fiber optik ile aydınlatmada elektrik ve ısı fiber damarlar içinden iletilmediğinden yüzme havuzu için hiçbir tehlike arz etmemektedir. Ayrıca ışık kaynağı uzak bir yere yerleştirilmekte ve havuz fiberlerle aydınlatılır. Işık kaynağı sudan uzak bir yerde olduğu için ampul değişimi son derece kolaydır.

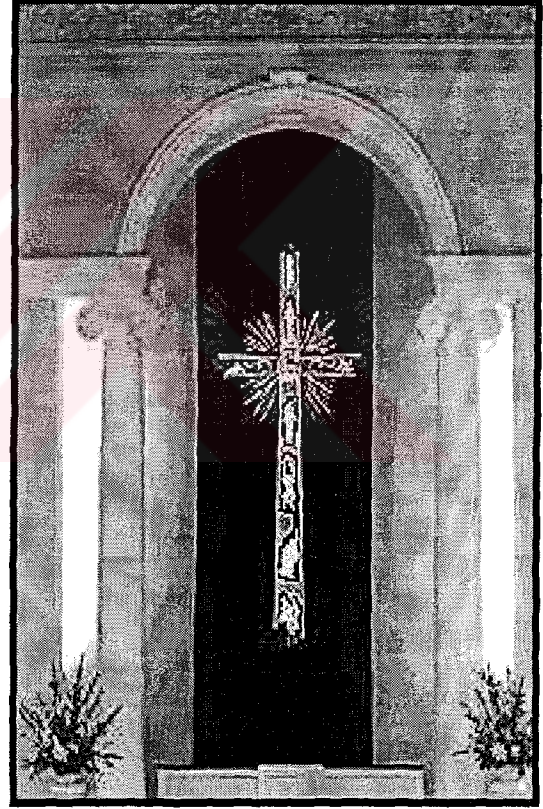
Fiber optikten önce, yüzme havuzu 120 V veya 240 V 'luk encondeskent lambanın su seviyesinden 24 inç aşağıda yerleştirilmesiyle aydınlatılırdı. Bu yüksek voltajlı enerjinin havuzda yüzen masalara yakın olması demektir. Günümüzde düşük voltajlı ışık kaynakları olmasına rağmen bunlar pahalı transformatörleri ve inandırıcı olmayan gerçek aydınlatmaya sahiptir, ve sudan elektrik tehlikesi ihtimalini uzak tutmamaktadır. 1989 yılından itibaren havuzların aydınlatılması fiber optiklerle gerçekleştirilmektedir. Işık kaynağı olarak kuartz-halojen lambalı generatör yer üstünde tutuluyor ve havuzun kendisi

fiber optik kablolarla aydınlatılmaktadır. Eski sistemlerle yapılan aydınlatmada böylesine bir sorun yaşanmaz zira ışık kaynağı havuzun dışındadır ve uzun ömürlü olmaktadır.

21.yüzyıla girdiğimiz şu günlerde hiçbir gerilimin olmadığı böylesine güvenli bir havuz aydınlatma sistemi şüphesiz bütün uygulamaların ihtiyacına cevap vermektedir. Havuzların fiber optik sistemle aydınlatılması tahmin edilenden daha kolay bir şekilde sağlanmaktadır.



Şekil 4.6 Değerli bir tablonun aydınlatılması



Şekil 4.7 Estetik aydınlatma



Şekil 4.8 Havuz aydınlatması

5. SONUÇLAR

Fiber optik kablolar, metalik kabloların kullanıldığı sistemlere göre sağladığı ; yüksek hızlı iletim, elektromanyetik etkilerden etkilenmeme, bilgi çalınmasının güçlülüğü, ve elektriksel güvenlik sayesinde kullanımı ve uygulama sahaları gün geçtikçe artmaktadır.

Optik fiberlerin sağladığı yüksek hızlı iletim olanağı sayesinde günümüzde ISDN ve LAN gibi uygulamaların kullanımına başlanmıştır.

Optik fiberlerin Elektromanyetik etkilerden etkilenmemesi sayesinde yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber damarlar yerleştirilerek aynı anda haberleşme ve enerji taşınması gerçekleştirilebilmektedir.

Optik fiberlerdeki bilgi çalınmasının güçlülüğü sayesinde askeri amaçlı haberleşme sistemlerinde kontrol, kumanda ve alan haberleşmesinde emniyetli bir şekilde kullanılabilir.

Bunun yanında Fiber optik kablolar, konvansiyonel kablolarla oranla, küçük ebatlı ve hafif olmaları gibi kanal kapasiteleri de oldukça fazladır. Bu durum haberleşmede yer avantajı ve tesis kolaylığı getirmektedir.

Ayrıca, optik lifli aydınlatma, fiber optiğin yeni bir kullanım alanı olmasına rağmen aydınlatma teknolojisine kalite, güvenlik, yaratıcılık ve kullanılabilirlik getirmiştir. Özellikle optik aydınlatmanın doğal olması nedeni ile ultraviyole ışınlardan zarar gören tarihi ve değerli eserlerin aydınlatılmasında rahatlıkla kullanılabilir. Optik liflerin elektriği hiçbir şekilde iletmemesi can güvenliğinin önemli olduğu havuz aydınlatmalarında da rahatlıkla kullanılabilir.

Fiber optik ile aydınlatma sistemlerinde ekonomikliği ilk tesis maliyeti olarak ele almamak lazım. Çünkü bir sistemin ekonomikliği hiçbir zaman ilk tesis maliyeti esas alınarak hesaplanmamalıdır. Ekonomiklik hesabında tesis ve işletme masrafları birlikte düşünülmelidir. İşletme masrafları olarak gerek şebekeden çekilen toplam güç, gerek tesisatın ömrü ve gerekse bakım masrafları dikkate alındığında optik lifli aydınlatma sistemleri diğer sistemlere oranla daha ekonomiktir. Gelecek yıllarda teknolojiye yeni gelişmelerle sistemin kayıplarının azalacağı ve maliyetin düşeceği açıktır.

KAYNAKLAR

Ateş, M., (1995), Fiber optik hat teçhizatları, Teletaş Ankara

Canbay, C. Anten ve Propagasyon, (1997), Yeditepe Üniversitesi yayınları, İstanbul

Cora, A., (1990), Optik Lif Haberleşmesinde Gelişmeler ve Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama,

EMO Dergisi Sayı:375, Ankara

Çetin, M.N., (1988), Fiber optik kablo tekniği ve uygulama alanları, YTÜ FBE yayınları, İstanbul

Çankaya, S. Ve Ertürk, S., (1997), Optik iletim kuramı, T.T.A.Ş. Meslek geliştirme yayınları, Ankara

Derin, H. ve Aşkar, M., (1982) İletişim Kuramı (Modülasyon Yöntemleri), ODTÜ Mühendislik Fakültesi yayınları, Ankara

Düzmez, S.K., (1991), Fiber-Optik eğitim dokümanları, HesFibel Kayseri

Ericcson, (1985), Fiber Optical communication, Ericcson, Stockholm

Gilmore, M., (1991), Fibre Optic Cabling teory, desing and installation practice, Qxford

Gür, M ve Uraz, M., (1991), Fiber Optik Telefon Dağıtım Sistemi ve Video Dağıtım Sistemi, Raynet International Inc., USA

Pastacı, H., (1996), Modern Elektronik Sistemler, (Haziran-1996), İstanbul

Roody, D., ve Collen, ,(1984), J.Electronic Communications, Third Edıton, Prentice/Hall International USA

Sankur, B., (1992), İstefandpulos, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Terimleri Sözlüğü Taslağı, EMO Sayı:397, Ankara

Sharma, N., (1987), Fibre Optics İn Telecommunications, New Delhi

Şaplakoğlu, G. Ve Altınbaş, A., (1990), Fiber Optik İletişim, EMO Dergisi Sayı:381, Ankara

T.T.A.Ş, (1992), Fiber Optik kablo hususi Şartnamesi, T.T.A.Ş. Genel Müd. E.P.Y.D., (Aralık,1992), Ankara

T.T.A.Ş, (1992), Fiber Optik Kablo Teknik Şartnamesi, T.T.A.Ş Genel Müd. E.P.Y.D.,(Aralık,1992), Ankara

T.T.A.Ş, (1992), Fiber Optik Kablosu, Dağıtım Panelli Teknik Şartnamesi, T.T.A.Ş Genel Müd. E.P.Y.D., (Aralık,1992), Ankara

Yılmazbilek, N.,(1991), Fiber Optik İletim Sistemleri ve Ölçü Teknikleri, Waandel end Goltermann Elektronik Ölçü Tekniği Yayınları, Ankara

Fiber optik iletişim, (1995), “6.Ulusal Elektrik Mühendisleri kongresi”, (11-15 Eylül 1995), Bursa

3e dergisi ,(1998), Optik lifli aydınlatma sistemleri , (Mart 1998), Bilişim Yayınları, İstanbul

Ek.1 OPTİK SÖZLÜK

A

APD (Avalanche Photo Diode - Çığ Etkili Fotodiyot) : O/E dönüştürücü olup yavaş çalışan sistemlerde kullanılırlar. Alıcı uçta bulunurlar.

Analog : Bkz. Örnekselel.

Askı Köprü : Havai F/O kabloların askı teli ile fiber damarlar arasındaki bağlantıyı sağlayan plastik bölümdür.

B

Basamak İndisli Tek Modlu Fiber : Kırılma indisi kesiti basamak şeklinde olup içinde yalnızca tek bir modun yayıldığı fiber damardır.

Basamak İndisli Çok Modlu Fiber : Kırılma indisi kesiti basamak şeklinde olup içinde birden çok modun yayıldığı fiber damarıdır.

Buffer : Bkz. Tüp

C

Çıplak Fiber Adaptörü : Fiber damara geçici olarak tutturularak optik sinyalin sisteme geçişini sağlayan konnektörlerdir.

Çok Modlu Fiber : İçinde birden çok modun (uyarımı) yapıldığı ve yayıldığı fiber.

D

Data : Veri

Darbe Kod Modülasyonu : Darbelerle (sayısal olarak) yapılan modülasyondur. Çoğullamada kullanılır.

Demultiplexer : Bkz. Optik ayrıştırıcı

Dereceli İndisli Çok Modlu Fiber : Kırılma indisi kesiti derece derece değiştirilerek elde edilmiş çok modlu fiberdir.

Digital : Bkz. Sayısal

Dispersion Shifted Fiber Damar (DSF) : Bkz. Saçınım kaydırmalı Fiber Damar

Duplexer : Bkz. Optik çiftleyici

Diyafoni : Bkz. Karışma

Dönüştürücüler : Bir sinyali istenilen bir sinyale çeviren birimlere denir.

E

E/O Dönüştürücü : Elektrik sinyalini optik sinyale dönüştüren etkin (aktif) devre elemanlarıdır. Veriş (transmitter) kolunda bulunur.

F

Fiber Optik (F/O - FO) : Işık iletimini temel olarak alan cam yada plastik yapılmış damar . Işıksal damar (lif)

FDM (Frequency Division Multiplexing) : Bkz. Frekans bölüşümlü çoğullama.

FO-H : Askı telli fiber optik kablonun kısa gösterimidir.

FO-Y : Yer altı fiber optik kablonun kısa gösterimidir.

Frekans Bölüşümlü Çoğullama (FBC) : İletilecek bilgi işaretlerini taşıyıcı dizge aracılığıyla herbirini ayrı bir frekansa modüle ederek karışmadan birleştirerek o iletim ortamında birden çok bilgi işaretinin iletilmesini sağlayan çoğullama

Fresnell Yansıması : Işık bir ortamdan diğer bir ortama geçişte ışığın bir kısmı geri yansır. (% 4.lük) Bu yansımaya fresnell yansıması denir.

Fiber Kord : İki ucunda konnektör bulunan optik ara bağlantı kablosu

H

Hat Teçhizatı (Donanımı) : Üzerinde E/O ve O/E dönüştürücünün ve koruma devrelerinin bulunduğu kısımdır.

I

ISDN (Integrated Service Digital Network - Tümleşik Hizmetler Sayısal Şebekesi) : Tüm sayısal verilerin iletebildiği şebekedir. Uz iletişim ağı .

Istavroz : Havadan çekilen fiber optik (kablo eklerinde) ek kutusunu direğe tutturmak amacıyla kullanılan (Profilden yapılmış) malzemedir.

Işık dalga klavuzları (Optical Wave Guide) : Lazerle ışık yayan diyotlarca (LED) üretilen iletişim sinyallerini iletebilen katı cam yada plastik damar . Işıksal damar.

J

Jonksiyon : Santraller veya sistemler arası uz iletişimi (tele iletişimi) sağlayan bağlantı (Kablo , devre)

K

Karışma (Diyafoni) : Bir sinyalin diğer bir sistemi etkilemesine denir. Bu etki asıl sinyali bozar. Tek yönlü olabileceği gibi çok yönlüde olabilir.

Kılıf : Fiber damarı saran koruyucu

Kritik açı : Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçen ışıklar her iki yüzeyi yalayacak şekilde kırıldığı durumlarda gelen ışığın açısına denir.

Kompozit : Karışık , karma

Kompozit tüp : Sıkı ve gevşek tüpün birleştirilerek yapıldığı tüptür.

Konnektör : Fiber damarlara mekanik olarak tutturup aynı zamanda optik iletimini sağlayan malzemelerdir.

Kontrol merkezi (Control Center) : Kablolu TV yayınlarının bir araya getirilip denetlendiği ve yayın merkezlerine dağıtımının yapıldığı merkezdir.

Koruyucu Kılıf : Çıplak fiber damarları mekanik etmenlerden korumak ve aynı zamanda renklendirerek birbirine karışmasını önleyen birinci kılıftır.

L

LAN (Local Area Network) : Bkz. Yerel iletişim ağı

LID sistemi (Local Injection and Dedection) : Işığı yerel olarak fiber damarın içersine verip diğer uçtan alma yöntemidir.

LD (Laser Diode) : Elektrik enerjisi etkisiyle yayılan ışığı uyarma sonucu daha bol olarak yayan diyottur.

LED (Light Emitting Diode - Işık yayan diyot) : Elektrik enerjisi etkisiyle ışık yayan diyodlara denir.

M

Makro Bending : Büyük kıvrımlar

Mikro Bending : Küçük kıvrımlar

Mod : Bir noktadan eletro manyetik dalga (E.M.D.) veya ışık yayımı yapabilmek için yapılan uyarı

Modülasyon (Kipleme) : 1- Bilgi (Haberleşme) işaretini kullanılacak iletim ortamına uygun şekilde önceden belirli frekans bölgelerine kaydırılması veya uygun kapasiteli sayısal gruplara yerleştirilmesidir.

3- Girdiği değişkenin taşıyıcı bir sinyalin değişkenlerinden en az birini değiştirmesi ile çıktı değişkenin üretildiği işlem türü.

Multiplexer (Çoğullama) : Bir sistemden aynı özellikteki işaretleri birbirine karıştırmadan birleştirerek o sistemden daha verimli yararlanmak için yapılan işlemdir.

N

Natural (Doğal Renk) : Saydam (şeffaf) olup ülkemizde şu an her tüp içine birer tane de Doğal renkli fiber damar yerleştirilmektedir.

Normal (Fizikte) : Kırılma indisleri değişik iki ortam arasındaki o yüzeye dik (90°) olan sanal doğrultu.

O

OH Soğurması (Yutulması) : Fiber damar içinden geçen ışınların büyük bir kısmı nem'den dolayı yutulurlar. (Zayıflarlar) Bu yutulmaya OH soğurması denir.

Optik : Işık

Optik Ara Bağlantı Kablosu : Optik sinyali fiber damardan sisteme veya sistemden sistem'den fiber damara geçişi sağlayan bir ucunda konnektör bulunan ara geçiş elemanıdır.

Optik Ayırtıcı (Demultiplexer) : Optik birleştiricinin birleştirdiği farklı dalga boylarındaki (Çoğullanmış olarak gelen) optik sinyali dalga boylarına göre ayırtan devre elemanıdır.

Optik Birleştirici (Multiplexer) : Optik birleştiricinin birleştirdiği farklı dalga boylarındaki (çoğullanmış olarak gelen) optik sinyali dalga boylarına göre ayırtan devre elemanıdır.

Optik Çiftleyici (Duplexer - İkileyici) : Bir fiber damar farklı dalga boylarındaki optik sinyallerin çift yönlü geçişini sağlayan devre elemanıdır.

Optik Dağıtım Çatısı veya Paneli (ODÇ) : U linkler veya konnektörler aracılığıyla optik sinyallerin çift yönlü geçişini sağlayan devre elemanlarıdır.

Optik Dağıtım Kutusu (ODK) : Optik dağıtım çatısının çok küçük birimidir. Dağıtım çatısı (ODÇ) kadar esnek değildir.

O/E Dönüştürücü : Optik sinyalleri elektrik sinyallere dönüştüren etkin devre elemanıdır. Alış (Reciver) kolunda bulunur.

Optik Filtre (Süzgeç) : İstenilen bir dalga boyundaki optik sinyalleri alıp değerlerini söndürerek istenilen dalga boylarını ayırt etmeye yarar.

Optik Yineleyici : Optik iletim sisteminde , iletilmek istenen sinyalleri elektrik sinyallerine çevirip , kuvvetlendirilip iletilebilecek optik sinyale çeviren aygıt birim.

Optik Zayıflatıcı : O/E dönüştürücünün alışı seviyesinden daha yüksek seviyede gelen optik sinyali zayıflatmak için kullanılır.

Ö

Örneksel (Analog) : Bilgi işaretinin genliğini gerilim vb. zaman boyutunda iki boyuta sürekli olarak şekilde tanımlama olayıdır.

Öz Tabaka : Fiber damarın en içinde bulunan ve ışığın iletiildiği bölümdür.

Örtü Tabaka : Bkz. Yansıtıcı tabaka.

P

PCM (Pulse Code Modulation) : Bkz. Darbe kod modülasyonu.

PİN - FET (Pozitive Intrinsic Negative) : O/E dönüştürücü olup genellikle hızlı çalışan devrelerde kullanılır.

S

Saçınım kaydırmalı fiber damar (SKF) : Optik zayıflatmayı en aza indirmek için fiber damarın dikine kesitindeki (Profilindeki) kırılma indisi değiştirilmiş fiber damar.

Sayısal (Digital) : Bir işareti 1 ve 0 şeklinde işaret olarak değerlendiren bir işarettir.

Sayısal İletim (Digital Transmission) : Ses , veri , imge gibi sinyalle ikiler (Bitler) halinde kodlanıp gönderimini sağlayan elektroyen yada optik iletim sinyali.

Sayısal Sinyal (Digital Signal) : Biri değişkenleri sayılar olan nicelenmiş sinyal

Ses Bandı Veri İletimi : Ses kanallarının 4 KHz. Bandı içinde iletilen 64 kbit/s hızına değin çıkabilen sayısal sinyal.

SONET (Subscriber Optical Network -Optik abone devresi) : Abonenin optik fiber kablo ile her türlü haberleşmesini yapılabildiği ağı.

T

Taşıyıcı Dalga : En az bir özelliği kipleme (Modülasyon) yoluyla değiştirilebilen dalga biçimi

Taşıyıcı Dizge : Her bir girdinin değişik bir taşıyıcı sıklığına (frekansına) bindirildiği ve sonuçta çözülerek sinyallerin özgün biçimine getirildiği çok girişli ve tek iletişim yolu dizge.

Terminal : Devrelerin bağlantı , bakım , onarım vb. işlerin yapılmasını sağlayan uç.

Time Divission Multiplexing (TDM) : Bkz. Zaman bölüşümlü çoğullama.

Tüp : Fiber damarların dış etkenlerden korunması ve ayırt edilmesi amacıyla kullanılan silindirik kesitli plastik tüpün içinde fiber damarlar ve dolgu maddesi bulunan kılıflardır.

U

Uç birim : 1- Bir veri uz iletişim ortamında veri giriş - çıkış'ını sağlayan donanım birimi.

2- Şebekeden aldığı bilgiyi kullanıcıya uygun bir biçimde sunan ve kimi tamamlayıcı işlevleride yerine getiren kullanıcının yakınında bulunan donatım.

Uçtaki kullanıcı : 1- Bir dizgedeki bilginin en sonda vardığı nokta.

2- Veri işleme ve bilgi alış verişi için bir kullanıcı ağını kullanan kişi , süreç , izlençe aygıt yada gizge.

U Link : Konnektör veya çıplak fiber adaptöründen ışığın birbirine geçmesini sağlayan bir pasif optik devre elemanıdır.

Uz İletişim : Bilginin üretilmesi , saklanması başka bir yere iletimi işlenmesi ve tüketimi tele iletişim (Telekomünikasyon)

Ü

Üstün İletken (Süper İletken -Super conductor) : Yeterince küçük sıcaklıklarda ve yeterince küçük bir manyetik alanda direncin sıfır olduğu madde.

Y

Yansıtıcı Tabaka : Öz tabakasının dışını çevreleyen ve ışığın kırılmasını sağlayarak yeniden öz içinde ilerlemesini sağlayan tabakadır.

Yayın Merkezi (Head - End) : Optik olarak gelen kablolu TV yayınlarının alınıp yükselterek eş eksenli (Koaksiyel) kablolarda (abonelere) dağıtımının yapıldığı merkezlerdir. Dağıtım merkezi

Yerel İletişim ağı : Yerel olarak her türlü iletişimi sağlayan ağ.

Yitim : Yararlı bir için kullanılmadan yiten güç, zayıflama.

Z

Zaman Bölüşümlü Çoğullama : İletilecek bilgi işareti saniyede çok sayıda (Birkaç binden birkaç milyona kadar) örnek alıp zamanın belirli aralıklarında (Bir sıra içinde) bilgi işaretini ileten çoğullama yöntemi.

Zayıflama : Bir sistemin vermiş olduğu enerjinin tümü diğer bir sisteme iletilemez. Bu aradaki enerji kaybına zayıflama denir.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	Doğum yeri	Lise	Lisans	Yüksek Lisans	Çalıştığı Kurum(lar)	1996-1997	1997-Devam ediyor
01.04.1973	Bingöl	Bingöl Lisesi	1992-1996	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik-Elektronik Fak. Elektrik Mühendisliği Bölümü	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Müh. Anabilim Dalı	Efor Mühendislik San. Tic. Ltd. Şti.	Türk Telekomünikasyon A.Ş.
					Bingöl Başmüdürlüğü Santraller Mühendisi		