

**T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

FİBER OPTİK KABLOLAR VE UYGULAMA ALANLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serhat YETİM

(0921031011)

Anabilim Dalı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Programı: Telekomünikasyon

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali TÛTAY**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Haziran 2011

HAZİRAN-2011

**T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

FİBER OPTİK KABLOLAR VE UYGULAMA ALANLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serhat YETİM

(0921031011)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 Haziran 2011

Tezin Savunulduğu Tarih: 28 Haziran 2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali TÜTAY (T.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ali TÜTAY (T.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Ömer ÇELİK (T.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Bilal ALATAŞ (T.Ü)

HAZİRAN-2011

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında her türlü yardımını esirgemeyen ve büyük destek olan hocam Sayın Prof. Dr. Ali TÜTAY' a, şirket araç gereçlerini ve altyapısını kullanmama izin veren Türk Telekom A.Ş.' ye ve tezimi hazırlamam esnasında manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Serhat YETİM

Tunceli, 2011

ÖZET

Elektriksel işaretlerin iletiminde kullanılan bakır tel, koaksiyel 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 çalınmanın güç olması, elektro manyetik etkilerden bozulmaması gibi özelliklerinden dolayı iletişime büyük kalite ve kolaylıklar getirmiştir.

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

Bu çalışmada verilen konular fiber optik teknolojisi, gelişimi ve uygulama alanları ile ilgilidir.

Anahtar Kelimeler: Fiber, optik, ışık, bant genişliği, iletim, aydınlatma, FTTX, dalgaboyu

SUMMARY

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 elasticity 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.

One of the most important applications of fiber optic cables is illumination system 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.

The subjects given in this working are the development , application areas and technologies of fiber optic cable.

Keywords: Fiber, optic, light, broadband, transmission, illumination, FTTX, wavelength

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET	IV
SUMMARY	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XI
RESİMLER LİSTESİ	XII
SİMGELER LİSTESİ.....	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. FİBER OPTİK İLETİM VE ÜSTÜNLÜKLERİ.....	3
2.1. FİBER OPTİK TARİHÇESİ.....	3
2.2. OPTİK DALGA KILAVUZU FİZİĞİ	6
2.2.1. ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM (TAYF)	6
2.2.2. DALGA TEORİSİNİN TEMEL ESASLARI.....	7
2.2.3. IŞIĞIN YANSIMASI.....	9
2.2.4. IŞIĞIN KIRILMASI	10
2.2.5. TAM İÇ YANSIMA VE KRİTİK AÇI	14
2.3. FİBER OPTİK ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	15
2.3.1. FİBER OPTİK KABLONUN YAPISI.....	15
2.4. FİBER OPTİK SİSTEMLERİN ÜSTÜNLÜKLERİ	17
2.4.1. BÜYÜK BANT GENİŞLİĞİ.....	17
2.4.2. KÜÇÜK BOYUT VE HAFİF AĞIRLIK.....	18
2.4.3. ELEKTRİKLİ İZOLASYON.....	19
2.4.4. ELEKTROMANYETİK ORTAM ETKİLERİNE KARŞI DİRENÇ	19
2.4.5. SİNYAL GÜVENLİĞİ.....	20
2.4.6. DÜŞÜK İLETİM KAYBI.....	20
2.4.7. ESNEKLİK, DAYANIKLILIK VE KULLANIM KOLAYLIĞI	21
2.4.8. SİSTEM GÜVENLİĞİ VE BAKIM KOLAYLIĞI	21
2.4.9. DÜŞÜK MALİYET POTANSİYELİ.....	22
2.4.10. YÜKSEK DATA İLETİMİ	22
2.4.11. DÜŞÜK HATA ORANI.....	23
2.4.12. DÜŞÜK KAYIP	23
2.4.13. ISI ÜRETMEME	23

2.5. FİBER OPTİK SİSTEMLERİN KULLANIM ALANLARI.....	24
2.6. TÜRKİYE’DE FİBER OPTİK ÜRETİMİ	24
3. FİBER OPTİK ÇEŞİTLERİ VE FİBER OPTİKLERDE ZAYIFLAMALAR.....	26
3.1. FİBER OPTİK ÇEŞİTLERİ	26
3.1.1. ÇOK MODLU BASAMAK İNDİSLİ FİBER	26
3.1.2. TEK MODLU BASAMAK İNDİSLİ FİBER	27
3.1.3. GRADYAN İNDİSLİ FİBER.....	28
3.2. FİBER OPTİKLERDE ZAYIFLAMA	29
3.2.1. SOĞURMA KAYIPLARI.....	29
3.2.2. MALZEME YA DA RAYLEİGH SAÇINIM KAYIPLARI.....	30
3.2.3. YAYILIM KAYIPLARI.....	30
3.2.4. OPTİK KABLO EKLEM KAYIPLARI.....	30
4. IŞIKSAL (OPTİK) İLETİMDE KULLANILAN MALZEMELER	33
4.1. OPTİK FİBER ARA BAĞLANTI KABLOSU VE KONEKTÖR.....	33
4.1.1. ARA BAĞLANTI KABLOSU (PİG - TAIL):	33
4.1.2. KONNEKTÖR	33
4.2. ÇIPLAK FİBER ADAPTÖRÜ	34
4.3. U LINK.....	34
4.4. ZAYIFLATICILAR (OPTİK PORTLAR)	35
4.5. OPTİK İLETİMİNDE KULLANILAN DİĞER MALZEMELER	35
4.5.1. OPTİK FİLTRELER (SÜZGEÇLER)	35
4.5.2. OPTİK BİRLEŞTİRİCİ (MULTİPLEXER)	36
4.5.3. OPTİK AYRIŞTIRICI (DEMULTİPLEXER).....	36
4.5.4. OPTİK ÇİFTLEYİCİ (İKİLEYİCİ - DUPLEXER)	37
4.6. OPTİK DAĞITIM ÇATISI (ODÇ - DİSTİRİBÜTİON FRAME)	37
4.7. OPTİK DAĞITIM KUTUSU (ODK -DİSTİRİBÜTİON BOX).....	37
5. FİBER OPTİK AYDINLATMA SİSTEMLERİ	38
5.1. OPTİK LİFLİ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ELEMANLARI.....	38
5.1.1. IŞIK KUTUSU.....	38
5.1.2. LİF DEMETLERİ.....	39
5.1.3. OPTİK DAĞITIM NOKTALARI:	39
5.2. OPTİK LİFLİ AYDINLATMA UYGULAMALARINDA SINIRLAMALAR.....	40
5.3. OPTİK LİFLİ AYDINLATMANIN KULLANIM ALANLARI	41
5.4. OPTİK LİFLİ AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE SAKINCALARI	42
5.4.1. SİSTEMİN ÜSTÜNLÜKLERİ:.....	42
5.4.2. SİSTEMİN SAKINCALARI:.....	43
5.5. FİBER OPTİK AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARINDA KULLANILAN TEMEL MALZEMELER	43
5.5.1. IŞIK GENERATORÜ	43
5.5.2. KABLOLAR.....	43
5.5.3. OPTİK BAĞLANTILAR	44

5.5.3.1. OPTİK AYDINLATMANIN KULLANILABİLECEĞİ ÖRNEK MEKANLAR	44
5.5.4. MERDİVEN AYDINLATMASI:	44
5.5.5. MÜZE AYDINLATMASI.....	44
5.5.6. CAMEKAN/ODA AYDINLATMASI:	45
5.5.7. ESTETİKİ AYDINLATMA	45
5.5.8. KENAR AYDINLATMA	45
5.5.9. HAVUZ AYDINLATILMASI	46
5.6. FİBER OPTİK AYDINLATMADA GÜNEŞ IŞIĞININ KULLANILMASI	46
6. FİBER OPTİK UYGULAMA ALANLARI.....	50
6.1. FTTX PROJELERİ	50
6.2. TIP UYGULAMALARI	55
6.2.1. OPTİK FİBERİN TIPTA KULLANILMASI	55
6.2.2. OPTİK FİBERLE KANSER TEŞHİS VE TEDAVİSİ.....	55
7. FİBER OPTİK KABLO VE BAKIR KABLO KARŞILAŞTIRMA DENEYLERİ 57	
7.1. FİBER OPTİK VE BAKIR KABLoların İLETİM MESAFELERİ VE BUNA BAĞLI KAYIPLARIN İNCELENMESİ	57
7.1.1. BAKIR DEVRE ÖLÇÜMLERİ	57
7.1.2. FİBER OPTİK KABLO ÖLÇÜMLERİ	61
7.2. FİBER OPTİK VE BAKIR KABLO ARASINDAKİ VERİ İLETİM HIZI VE MRTG (MULTI ROUTER TRAFFIC GRAPHER) DEĞERLERİ.....	63
7.3. BANT GENİŞLİĞİNİN MOBESE ALTYAPISI KULLANILARAK KAMERA ÇEKİMLERİ İLE KIYASLANMASI.....	64
7.3.1. BAKIR DEVRE GÖRÜNTÜLERİ.....	65
7.3.2. AYNI FREKANSTA FİBER OPTİK ÖLÇÜM GÖRÜNTÜLERİ.....	66
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
9. KAYNAKLAR.....	71
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Işığın su jetleriyle yönlendirilmesi.....	3
Şekil 2.2. Optik ile ilgili denemeler	4
Şekil 2.3. Elektromanyetik frekans tayfı	6
Şekil 2.4. Sabit bir Z_0 noktasındaki harmonik dalga düzlemi	9
Şekil 2.5. Işığın yansıması.....	10
Şekil 2.6. Işığın kırılması	12
Şekil 2.7. Tam iç yansıma	15
Şekil 2.8. Fiber optik kablonun yapısı.....	16
Şekil 2.9. Işığın kabul açısından küçük bir açıyla fiber içerisinde ilerlemesi	17
Şekil 3.1. Fiber optik çeşitleri	26
Şekil 3.2. Çok modlu basamak indisli fiber	27
Şekil 3.3. Tek modlu basamak indisli fiber.....	27
Şekil 3.4. Derece indisli fiber.....	28
Şekil 3.5. Yanal ayarsızlık kayıp gösterimi.....	31
Şekil 3.6. Aralık ayarsızlığı kayıp gösterimi.....	31
Şekil 3.7. Açısal ayarsızlık kayıp gösterimi	32
Şekil 3.8. Kusursuz olmayan yüzey de kayıp gösterimi	32
Şekil 4.1. Fiber ara bağlantı kablosu	33
Şekil 4.2. Fiber konektör çeşitleri	34
Şekil 4.3. U link.....	35
Şekil 4.4. Optik filtre.....	35
Şekil 4.5. Dalga boyu bölmeli - birleştirmeli optik iletim sistemi	36
Şekil 4.6. Optik çiftleyici	37
Şekil 5.1. Optik lifli aydınlatma sistemi elemanları.....	38
Şekil 5.2. Işık generatörü.....	43
Şekil 5.3. Optik kablolar	44
Şekil 6.1. XDSL sistemlerin maksimum kapasite ve erişim grafiği	51
Şekil 6.2. Noktadan noktaya bağlantılı erişim ağları	52
Şekil 6.3. Aktif erişim ağları	52
Şekil 6.4. Pasif erişim ağları.....	53

Şekil 6.5. Gpon Sistemi.....	53
Şekil 6.6. Aktif Ethernet Sistemi.....	53
Şekil 6.7. FTTC	54
Şekil 6.8. GPON mimarisi.....	54
Şekil 7.1. ADSL ölçüm sonuçlarının HST 3000 C cihazındaki gösterimi.....	58
Şekil 7.2. ADSL devresinin bant genişliği ölçümünün HST 3000 C cihazındaki gösterimi	58
Şekil 7.3. Mesafe ölçüm sonucunun HST 3000 C cihazındaki görünümü.....	59
Şekil 7.4 1.8 km. için hat değerleri.....	59
Şekil 7.5. 1.8 km. mesafedeki ADSL devresinin bant genişliği.....	60
Şekil 7.6. İyi eklenmiş bakır devre karakteristiği.....	60
Şekil 7.7. Kötü ek yapılmış bakır devre karakteristiği	61
Şekil 7.8. OTDR ölçüm ekran görüntüsü	62
Şekil 7.9. Tunceli – Pülümür arası fiber optik mesafe ölçümü ve toplam kayıp	62
Şekil 7.10. G-SHDSL (Symmetric high-bit-rate Digital Subscriber Line) devresi.....	63
Şekil 7.11. Metro Ethernet devresi	63
Şekil 7.12. Bant genişliği ölçüm cihaz düzeneği	64

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1. Çeşitli ortamlara ilişkin tipik kırılma indisleri	12
Tablo 2. 3000 °K renk sıcaklıklı bir lamba ışığının optik lifle taşınması durumu	40

RESİMLER LİSTESİ

Sayfa No

Resim 5.1. Güneş ışığı fiber optik iletim sistemi	48
Resim 7.1. ACTERNA HST 3000 C ölçüm cihazı	57
Resim 7.2. JDSU MTS 6000	61
Resim 7.3. 100 Khz. için Bakır kablo ile çalışan kamera görüntüsü	65
Resim 7.4. 100 Khz. için Bakır kablo ile çalışan kamera görüntüsü	65
Resim 7.5. 100 Khz. için Fiber optik kablo ile çalışan kamera görüntüsü	66
Resim 7.6. 100 Khz. için Fiber optik kablo ile çalışan kamera görüntüsü	66
Resim 7.7. 250 Khz. bant genişliğindeki bakır devre görüntüsü	67
Resim 7.8. 250 Khz. bant genişliğindeki bakır devre görüntüsü	67
Resim 7.9. 250 Khz. bant genişliğindeki fiber optik devre görüntüsü	68
Resim 10.1. Bakır devre bant genişliği ölçüm cihazı ve düzeneği	74
Resim 10.2. Tunceli-Pülümür arası mesafe ve hat sonu kayıp ölçümü	74
Resim 10.3. Tunceli-Pülümür arası mesafe ölçümünün MTS 6000 OTDR	75
ekran görüntüsü	75
Resim 10.4. Türk Telekom A.Ş. sistem salonu görüntüsü	75

SİMGELER LİSTESİ

λ	: Wavelength (Dalga Boyu)
c	: Lightspeed (Işık Hızı, 300 000 000 m/sn)
f	: Frequency (Frekans)
$\text{\AA}$	: Angstrom
T	: Oscillation Period (Salınım Periyodu, saniye)
Φ	: Phase Angle (Faz Açısı)
Φ_c	: Critical Angle (Kritik Açısı)
n	: Index (İndis)
F_m	: Frequency Modulation (Frekans Bindirme)

KISALTMALAR LİSTESİ

EDFA	: Erbium Dopped Fiber Amplifier (Erbium Katkılı Fiber Yükselteç)
EMI	: Electromagnetic Interference (Elektromanyetik Girişim)
EMP	: Electromagnetic Pulse (Elektromanyetik Darbe)
HID	: High Intensity Discharge (Yüksek Yoğunluklu Deşarj)
IEC	: Int.Electro.Comm. (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IR	: Infrared (Infrared)
MM	: Multi Mod (Çok Modlu)
NA	: Numeric Aperture (Numerik Açıklık)
PCS	: Plastic Coated Silicium (Plastik Koruyuculu Silisyum)
PMMA	: Polymethylmethacrylate (akrilik)
RFI	: Radio Frequency Interference (Radyofrekans Girişimi)
RPM	: Revolutions Per Minute (Dakikada Devir Sayısı)
SCS	: Silicium Coated Silicium (Silisyum Koruyuculu Silisyum)
SM	: Single Mod (Tek Modlu)
UV	: Ultra Violet (Ultraviole)

1. GİRİŞ

Bilgi teknolojilerinin gelişimi; insanlığın var oluşundan beri süregelenmiş, "bilgi aktarımı" nı kolaylaştırmış, insanlar arası bilgi alışverişinin en hızlı, en verimli ve en doğru şekilde yapılabilmesini sağlamıştır.

İnsanoğlu ilkçağlardan bu yana iletişim sağlayabilmek için çeşitli yöntemler kullanmıştır. Ateşin ve dumanın sinyalleriyle başlayan bilgi alışverişi, güvercinlerin posta aracı olarak kullanılmasıyla devam etmiştir. 1830 yılında telgrafın bulunmasıyla, iletişimde "elektriksel haberleşme çağına" geçilmiştir. İlk telefon görüşmesinin de 1876 yılında gerçekleştirildiği göz önüne alınırsa, insanoğlunun kısa zamanda bu alanda büyük mesafeler kat ettiği ortadadır.

Bu aşamadan sonra bilginin bir noktadan diğer bir noktaya daha hızlı taşınması, yani haberleşmeyi daha hızlı hale getirmek hedeflenmiştir. Bu sebeple elektrik kablolarından daha hızlı iletişim araçları aranmaya başlanmıştır. Işığın elektrikten daha hızlı oluşu bilgi iletişiminin gelişiminde insanoğluna yardımcı olmuş ve günümüz iletişiminde ışık kullanılmaya başlanmıştır. Bunun sonucu olarak ışığın ve bu sayede bilginin nasıl bir ortamda iletileceği araştırma konusu haline gelmiştir. Bu konudaki ilk deneme, ışığı yakınsak merceklerle iletilmeye çalışılması olmuştur; fakat bu sistem atmosferden etkilenmiş ve sadece havanın durgun olduğu zamanlarda birkaç yüz metre iletim sağlanabilmiştir. Bunun dışında 1960' lar da metal veya helezon biçimli tellerden yapılmış dairesel dalga havuzları ve yansıtma boruları denenmiş; ancak bunlar da ışığın iletiminde yetersiz kalmıştır.

1800' lü yıllarda yapılan ilk deneylerde fiber optik teknolojisinin günümüzdeki kadar yaygın hale gelebileceği tahmin edilmiyordu. Önceleri yüksek maliyetler ve malzeme temininde yaşanan zorluklar nedeniyle fiber optik pek sıcak bakılan bir çözüm değildi. Günümüzde bu sorunlar yaşanmamakta ve fiber optik teknolojisi hızla gelişmektedir. Örneğin: FTTH (Fiber To The Home) adındaki, kişisel bilgisayarlara fiberi doğrudan getiren teknoloji başarıyla kullanılmaktadır.

Bugün ışığın iletilmesinde "fiber optik kablolar" ve "optik sistemler" kullanılmaktadır. Optik fiberler bize çok sayıda bilginin ışık hızıyla tek bir fiber boyunca iletilebileceğini göstermektedir.

Bölüm 2’ de, fiber optik sistemlerin tarihçesi anlatılarak, iletim karakteristikleri, sistemin üstünlükleri, kullanım alanları ve Türkiye’de fiber optik kablo üretimi konusundaki mevcut durum anlatılmıştır.

Bölüm 3’ te, fiber optik kablo çeşitleri ve kabloda ışığın yansımaları ele alınmış olup uzak mesafelerde single mode fiberin kullanımı uygun görülmüş ayrıca fiber optik kablolarındaki zayıflamalar incelenmiştir.

Bölüm 4’ te, fiber optik sistemlerde kullanılan malzemeler, birbirleriyle olan bağlantılarını sağlayan konektörler ve sonlandırma teçhizatları incelenmiştir.

Bölüm 5’ te, fiber optik aydınlatma sistemleri detaylı bir şekilde incelenmiş, bu kapsamda sistemin tanımı yapılarak, sistemde kullanılan elemanların teknik özellikleri, fiber optik aydınlatmanın kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları belirtilmiş ve çeşitli uygulama örnekleri verilmiştir.

Ayrıca, güneş ışığının fiber optik sistemler ile taşınması konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar ele alınarak, bu konudaki çeşitli yaklaşımlar hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm 6’ da, fiber optik teknolojisinin yakın gelecekte daha fazla yer bulacağı FTTX projeleri anlatılmış olup ayrıca tıp alanında da uygulamaları olduğuna değinilmiştir.

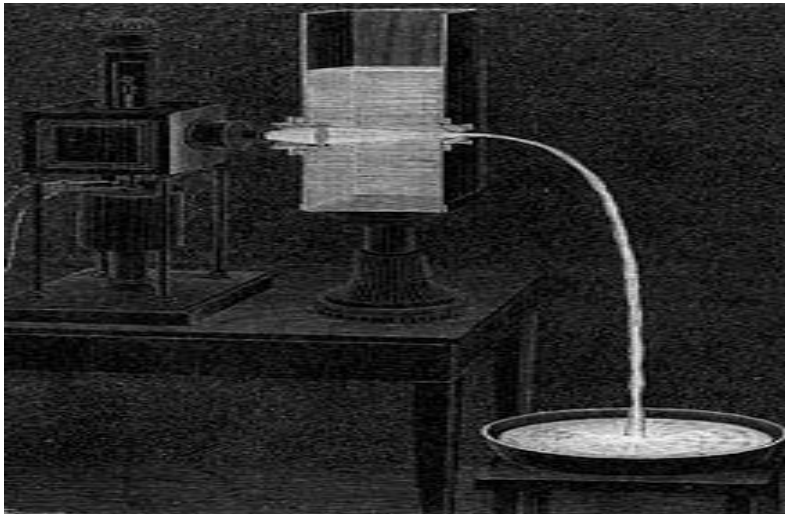
Bölüm 7’ de, yapılan deneyler ve elde edilen sonuçlara göre fiber optik kablo ve bakır kablo arasındaki farklar incelenmiş olup, iletim mesafesi buna bağlı zayıflamalar, veri iletim hızı değerleri ve MOBESE altyapısı kullanılarak bant genişliği karşılaştırmaları yapılmıştır.

Bölüm 8’ de, yapılan araştırmalar ve deneysel çalışmalar neticesinde fiber optik kabloların haberleşme yolunda her geçen gün yeni bir teknoloji ortaya atılmasına ve yeni haberleşme olanakları ortaya konulmasına rağmen büyük bilgileri taşıması hızlı ve güvenli bir iletim ortamı sağlaması ve bu konudaki gelişmelere daha uzun yıllar boyunca cevap verecek olması iletim ortamı bakımından tercih edilmesinin doğruluğunu göstermektedir.

2. FİBER OPTİK İLETİM VE ÜSTÜNLÜKLERİ

2.1. Fiber Optik Tarihçesi

İlk çağlarda ışık, ateş şeklinde işaretler olarak haberleşmede kullanılıyordu. Bu tip haberleşmenin örneklerine günümüzde bile rastlamak mümkündür. Donanmaların bayrak işaretlerinde, fenerlerde, trafik ışıklarında, makinelerin kontrol ışıklarında, vs.). Romalılar zamanına kadar geri giden zamanlarda cam, fiberler şeklinde çekilmişti. 1840' larda, fizikçi Daniel Collodon ve Jacques Babinet ışığın fiskeye göstergeleri içinde su jetleri boyunca yönlendirilebildiklerini gösterdiler. 1854'de, İngiliz fizikçi John Tyndall ışığın bükülmüş bir su akıntısı boyunca ilerleyebildiğini gösterdi. O bunu Şekil 2.1' de gösterilen bir tarafındaki delikten dışarıya su akıtan bir su tankını kullanarak yaptı. Su delikten akarken, tankın içini bir lamba ile aydınlattı. Su yere doğru akarken bir ışık yayı su akıntısını izledi. 1880'de, William Wheeler bir kaide üzerinde yerleştirilmiş bir elektrik ark lambasından elde edilen ışığı kullanarak ve ışığı borularla evin etrafına yönlendirerek evleri aydınlatan, oldukça yansıtıcı kaplamayla astarlanmış bir ışık boruları sistemini keşfetti. Viyanalı doktorlar Roth ve Reuss 1888'de vücudun içine aydınlatma için bükülmüş cam çubuklar kullandılar. Fransız mühendis Henry Saint-Rene yedi yıl sonra ilk televizyon denemesinde ışık görüntülerini kılavuzlama için bükülmüş olan cam çubuklar sistemini tasarladı. 1898' de Amerikalı David Smith bükülü bir cam çubuk kullanarak bir dental aydınlatıcı patenti için başvurdu (Özsoy, 2009).

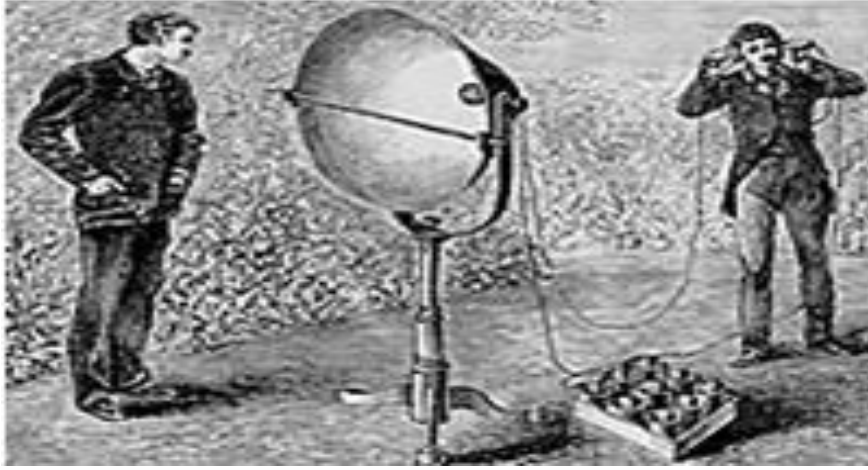


Şekil 2.1. Işığın su jetleriyle yönlendirilmesi

Dielektrik silindirlerde elektromanyetik yayılmanın ilk tam bir teorik analizi Şekil 2.2’ de gösterilen deneysel çalışmalar neticesinde 1910’da Hondros ve Debye tarafından yapılmıştır. 1920’ lerde, John Logie Baird televizyon için görüntüleri taşımak amacıyla şeffaf çubuklar dizisi kullanma fikrinin patentini aldı.

Clarence W. Hansell aynı şeyi kopyalama için yaptı. Ancak Heinrich Lamm, 1930’ da bir optik fiber demeti ile bir görüntüyü aktaran ilk kişiydi. Onun niyeti vücudun girilmeyen kısımlarını görebilmektir.

1951’ de, Holger Moeller cam veya plastik fiberleri şeffaf düşük indisli bir malzeme ile yelekleme önerdiği fiber optik görüntüleme Danimarka patenti için başvurdu; fakat Baird ve Hansell patentleri yüzünden reddedildi.



Şekil 2.2. Optik ile ilgili denemeler

Üç yıl sonra, Abraham Van Hoel ve Harold H. Hopkins ayrı zamanlarda İngiliz dergisi ‘Nature’ de görüntüleme demetlerini sundular. Van Hell daha sonra fiberler arasındaki girişim ve karışmayı (crosstalk) büyük oranda azaltan yelekli fiber sistemini üretti.

1961’de, Amerikalı Elias Snitzer, özünün sadece tek bir dalga modunu taşıyabileceği kadar küçük olacağı tek modlu fiberlerin teorik bir tasvirini yayınladı. Snitzer, tıbbi uygulamalar için yeterli olan fakat haberleşme uygulamaları için zayıflatması çok fazla olan ince bir cam fiberden bir lazer ışığını geçirebildi. İngiltere’de Standart Communications Laboratories’den Charles Kao ve George Hockham 1964’de, safsızlıkların azaltılmasıyla cam fiberlerde mevcut olan ışık kaybının önemli oranda azaltılabileceğini teorik olarak gösteren bir makale yayınladılar. Optik fiberlerin optik

haberleşmede potansiyel üstünlüklerine rağmen, 1966' ya kadar bu alanda kullanımları mümkün görülmedi. Bunun sebebi, o sırada kullanılabilen fiberlerin sergilediği zayıflatma binlerce dB/km bölgesindeydi. Bu yüzden sadece çok kısa mesafelere iletim mümkün oldu.

1970' de Corning Glass Works'deki bilim adamları tarafından, 20 db/km den daha az zayıflatmaya sahip tek modlu fiberler yapma amacına ulaşıldı. Bu, silika camı titanyumla katkılayarak başarıldı. 1970' lerde ayrıca, Bell Laboratuvarları'ndan Morton Panish ve Izuo Hayashi, Leningrad'daki Loffe Physical Institute'deki bir grup ile birlikte, oda sıcaklığında sürekli dalgalar yayabilen bir yarıiletken diyot lazer gösterimini yaptılar. 1972' de Corning Glass tarafından, yüksek silika özlü çok modlu optik fiberlerde yaklaşık 0,84 μm ' lik bir dalga boyunda 4 dB/km' lik minimum kayıp elde edildi. 1973' de, Bell Laboratuvarları, düşük kayıplı optik fiberlerin seri imalatına imkan veren, aşırı şeffaf cam oluşturmak için kimyasal buharları ve oksijeni ısıtan bir modifiye kimyasal buharla biriktirme prosesi geliştirdiler. Bu proses fiber optik kablo üretimi için hala standart olarak kullanılmaktadır.

İlk deneysel olmayan fiber optik hattı 1975'de İngiltere'de Dorsetpolisi tarafından kuruldu. İki yıl sonra, fiber optikle ilk canlı telefon trafiği Kaliforniya Long Beach'de ortaya çıktı. 1976'da NTT ve Fikura Cables'daki Japon araştırmacılar çok düşük OH muhtevalı ve 1,3 μm dalga boyunda yaklaşık 0,47 dB/km' lik minimum kayıplı fiber imal ettiler. 1979' da tek modlu fiber için 1,55 μm de 0,2dB/km lik düşük bir kayba ulaşıldı.

Artık 1,3 μm ve 1,55 μm lik dalga boylarında sırasıyla 0,36 dB/km ve 0,2 dB/km' lik ortalama kayıp değerleri endüstriyel üretimde rutin olarak elde edilmektedir (Özsoy, 2009).

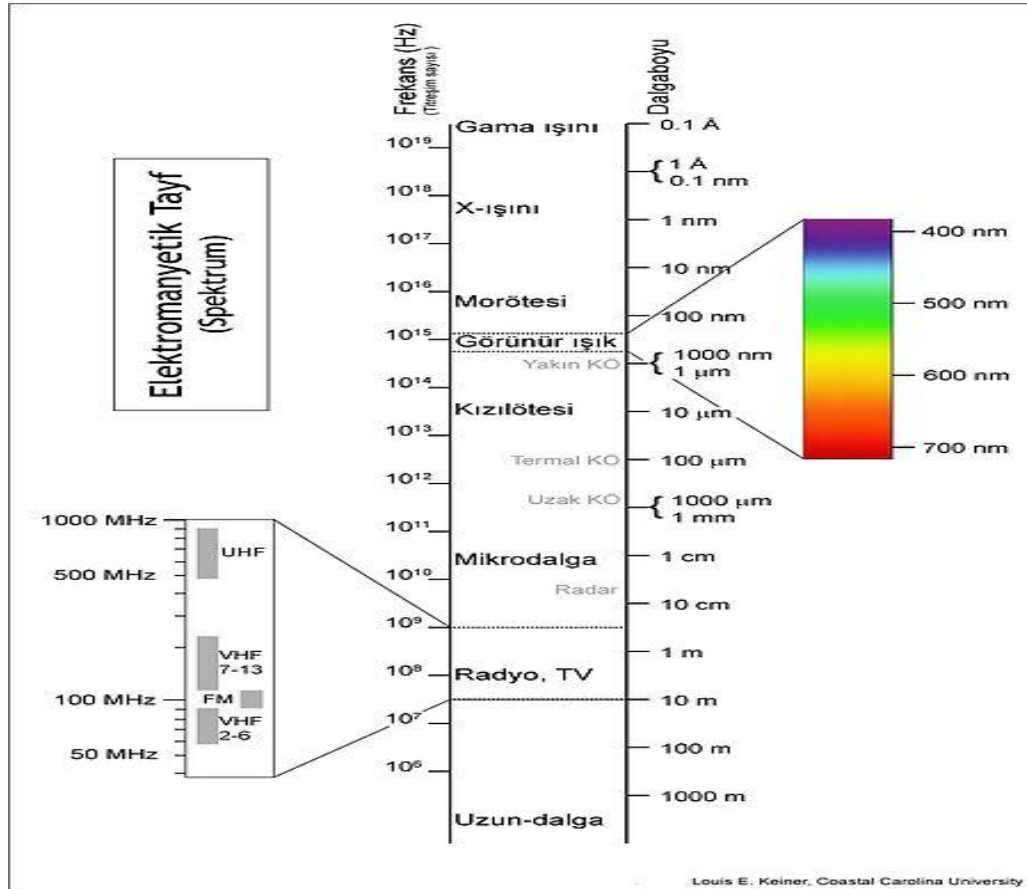
2.2. Optik Dalga Kılavuzu Fiziği

2.2.1. Elektromanyetik spektrum (tayf)

Elektromanyetik frekans tayfı genel olarak üç bölüme ayrılabilir.

- Kızılötesi (Infrared) tayf: İnsan gözüyle görülemeyecek kadar uzun dalga boyuna sahiptir.
- Görülebilir (Visible) tayf: İnsan gözüyle görülebilir.
- Morötesi (Ultraviolet) tayf: İnsan gözüyle görülemeyecek kadar kısa dalga boyuna sahiptir (Tomasi, 2003).

Fiber optik sistemlerde kullanılan frekanslar yaklaşık 10^{14} Hz ile 10^{15} Hz aralığında (kızılaltından morötesine) uzanır. Bu frekans tayfı insan gözünün gerçek duyarlılığının altında bir frekansla üstünde bir frekans aralığını kapsamalarına karşın, görünür ışık olarak adlandırılır. Elektromanyetik frekans tayfı Şekil 2.3’ te görülmektedir.



Şekil 2.3. Elektromanyetik frekans tayfı

Işık gibi yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalarla ilgili hesaplamalar yapılırken, genelde frekansa dayalı birimler yerine dalga boyuna dayalı birimler kullanılır. Işık dalga boyları Şekil 2.3' de görülmektedir. Dalga boyunun uzunluğu ışığın frekans ve hızına bağlıdır ve matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\lambda = c/f$$

λ : Dalga boyu

c: Işık hızı (300.000.000 m/sn)

f: Frekans

Dalga boyu için nanometre(nm) ve Angström (Å) olmak üzere yaygın olarak kullanılan iki birim vardır. Bir nanometre 10^{-9} metredir; 1 Angstrom ise 10^{-10} metredir. Dolayısıyla 1 nanometre 10 Angström eşittir. Görülebilir ışık yalnız 380 nm' den 780 nm' ye kadar dar bir alan teşkil eder. Bu alan Ultraviole radyasyon tarafındaki alçak dalga boyları ile Infrared radyasyon tarafındaki yüksek dalga boylarına sınırdaştır (Tomasi, 2003).

Optik dalga kılavuzu ile birlikte optik haberleşmede: 850, 1350 ve 1550 nm'lik dalga boyları tercih edilir ve 800-1600 nm arasındaki dalga boyu alanı kullanılır. Elektromanyetik dalgalar boşlukta $C_0 = 297\,792,458$ km/sn' lik ışık hızıyla yayılırlar. Işığın hava içindeki hızını tanımlamak için $C_0 = 300\,000$ km/sn' lik yuvarlatılmış değer kullanılır (Gibson, 2002).

2.2.2. Dalga Teorisinin Temel Esasları

Bir parçacığın titreşimi, yakındaki parçacıklarda benzeri titreşimlere yol açar. Elektromanyetik dalga bir elektrik yükünün ivmesinin ürettiği dalgadır. Bir iletken, akım ve gerilimin uzayda hemen yanındaki bölgede her zaman bir elektrik alanı ve bir de manyetik alanı vardır.

Dalgalar, dalga türüne ve yayılım ortamının özelliklerine bağlı olarak farklı hızlarda ilerler. Elektromanyetik dalgaların hızı ise çok daha fazla olup, boş alanda ışık hızında yayılırlar. Boşluktaki ışık hızında hareket eden bu dalgaların havada hızı biraz daha düşüktür. Bunlara karşılık elektromanyetik dalgalar bir iletim hattında çok daha yavaş yayılım yaparlar.

Bir elektromanyetik dalga periyodik ve salınımlıdır. Dolayısıyla bu salınımlar, bir frekansla temsil edilebilirler. Periyodik dalganın tekrarlama hızı, onun frekansıdır. Bir çevrimin uzayda kat ettiği uzaklığa dalga boyu denir ve aşağıdaki temel denklemden bulunur (Tomasi, 2003; Gibson, 2002).

$$\lambda = \text{hız} \times \text{zaman}$$

$$T=1/f$$

$$\lambda = v/f \quad v=c' \text{ dir.}$$

Işık dalgası belli bir ortamda yayılan elektromanyetik bir alandır. En basit sorun, böyle bir dalganın zamanla uzayda olmayan bir fonksiyon yardımıyla tamamlanabilen yayınıdır. Bundan dolayı, Z yönündeki düzlemsel bir dalga yayınının a yer değişiminde aşağıdaki eşitliğe başvurulur (Mahlke, 2003).

$$A = A. \sin (wt - kz) = A. \sin (t/T - z/\lambda)$$

a : Düzlemsel bir dalganın yer değişimi

A: Yer değişimin genliği

t : Zaman (saniye)

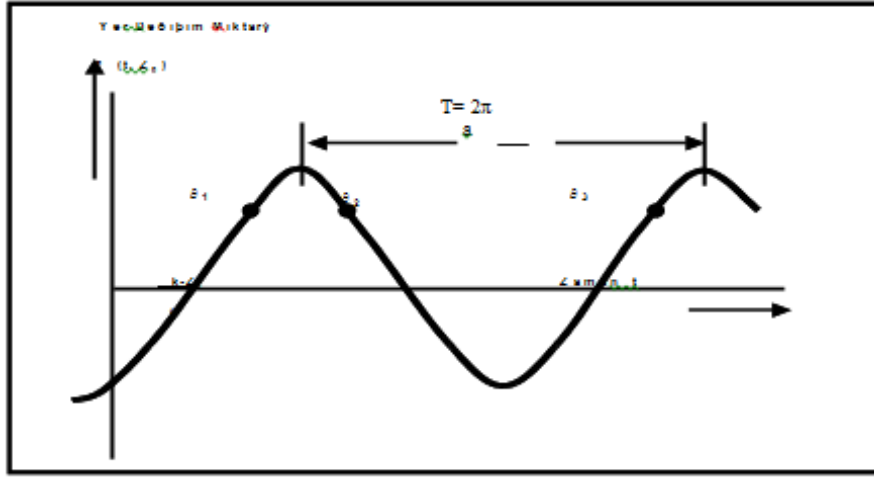
w : Açısızsal Frekans (1/sn)

k : Dalga sayısı (1/m)

T : Salınım (osilasyon) periyodu (saniye)

λ : Dalga Boyu (m)

Formülde "wt - kz" ifadesine faz açısı denir. Φ faz açısı, radyan cinsinden tanımlanan dairesel ölçüdür. $z=Z_0$ sabit noktasında t zamanının bir fonksiyonu olan düzlemsel bir dalga Şekil 2.4' de gösterilmiştir



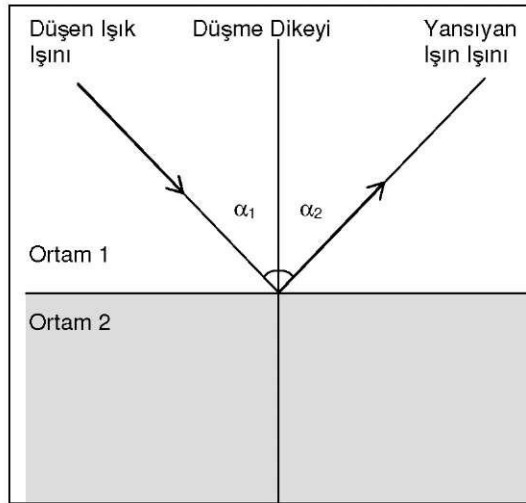
Şekil 2.4. Sabit bir Z_0 noktasındaki harmonik dalga düzlemi

a_1 ve a_3 salınım noktalarının aynı salınım fazında oldukları görülebilir. Bunların faz farkı 2π 'dir. Tersine a_2 noktası aynı yer değişimine sahip olmasına rağmen farkı fazladır.

2.2.3. Işığın Yansıması

Gelen bir dalga iki ortamın sınırına çarptığında ve ikinci ortama gelen gücün yalnızca bir kısmı girdiğinde yansıma meydana gelir. İkinci ortama girmeyen dalgalar yansır. Yansıyan dalgaların hepsi birinci ortam içinde kaldığı için, yansıyan ve gelen dalgaların hızları birbirine eşittir. Dolayısıyla kırılma açısı geliş açısına bağlıdır (Tomasi, 2003).

Işık, iki ortamın ortak yüzeyine düştüğü zaman belirli bir oranda yansır (Şekil 2.5). Yansıyan ışığın miktarı, düşen ışık ışını ile düşme yüzeyinin düşeyi arasındaki a_1 açısına bağlıdır. Burada ışık ışını, hareket eden ışık enerjisinin yolunu tanımlamak için kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Işığın yansıması

Yansıyan ışın, α_2 açısı, düşme yüzeyinin düşeyi ile yansıyan ışık ışını için aşağıdakilere başvurulur.

Yansıyan ışık, düşen ışık ışını ile düşme yüzeyi tarafından tanımlanan düzlem içinde kalır, düşme yüzeyi düşeyinin ters tarafı üzerindeki düşen ışına bağlı kalır, düşme dikeyine göre eşdeğer açıdır.

Yansıyan yüzey düz değilse, yansıyan dalganın eğriliği gelen dalganın eğriliğinden farklıdır. Gelen dalgaların dalga cephesi eğri, yansıma yüzeyi düz ise, yansıyan dalga cephesinin eğriliği, gelen dalga cephesinin eğriliği ile aynıdır.

Yansıma yüzeyi düzgün olmadığında veya pürüzlü olduğunda da yansıma meydana gelir. Ancak pürüzlü yüzey dalga cephesinin şeklini tamamen değiştirebilir. Gelen bir dalga cephesi, düzgün olmayan bir yüzeye çarptığında, birçok yönde rastgele yayılarak dağılır. Böyle bir duruma dağınık yansıma denir; buna karşın, hiç pürüzü olmayan bir yüzeyden yansımaya, aynasal yansıma denir. Yan pürüzlü bir yüzey, yansıyan dalga cephesinin şeklini bütünüyle değiştirmez. Ancak, toplam güçte bir azalma olur (Tomasi, 2003).

2.2.4. Işığın Kırılması

Tam yansımanın olmadığı ortamlardaki yansımaya kırılma denir. Dalganın yayınım hızı, içinde yayınım yaptığı ortamın yoğunluğuyla ters orantılıdır. Bu nedenle, bir dalga bir ortamdan daha farklı bir ortama geçtiğinde kırılma meydana gelir. Bir ışın az yoğun ortamdan daha yoğun ortama geçerse normale doğru bükülür. Normal, geliş noktasında iki

ortam arasındaki sınıra dik olarak çizilen sanal bir hattır. Bir ışın, yoğun bir ortamdan daha az yoğun bir ortama geçerse normalden uzağa bükülür. Geliş açısı, gelen dalga ile normal, kırılma açısı ise kırılmış dalga ile normal arasındaki açıdır.

Farklı yoğunluklardaki iki ortamı birbirinden ayıran sınırdaki meydana gelen bükülme ya da kırılma miktarı her iki ortamın indisine bağlı olduğundan, büyük ölçüde önceden tahmin edilebilir. Bir ortamın kırılma indisi, bir ışık ışınının boş alanda yayılım hızının, bu ortamdaki yayılım hızına oranıdır. Kırılma indisi, matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir (Tomasi, 2003).

$$n = c_0/v$$

n : Ortamın kırılma indisi

c_0 : Işığın boşluktaki hızı

v : Işığın belli bir ortamdaki hızı

Kırılma indisi aynı zamanda frekansın da bir fonksiyonudur. Ancak birçok uygulamada, kırılma indisinde frekansa bağlı değişim önemsizdir ve dolayısıyla burada ele alınmayacaktır. Bir dalga, farklı kırılma indisleri olan iki geçirici ortamın sınırına geldiğinde nasıl hareket edeceği, Snell yasası ile açıklanabilir. Snell yasası şunu ifade eder (Tomasi, 2003).

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

n_1 : Birinci ortamın kırılma indisi

n_2 : İkinci ortamın kırılma indisi

α_1 : Geliş açısı

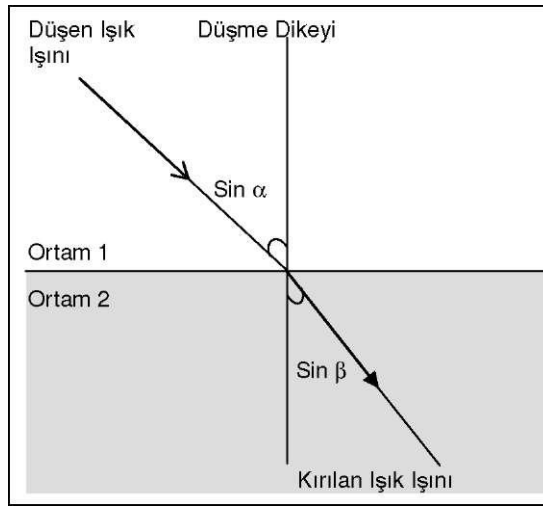
α_2 : Kırılma açısı

Çeşitli ortamlara ilişkin tipik kırılma indisleri Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Çeşitli ortamlara ilişkin tipik kırılma indisleri

Ortam	Kırılma İndisi
Vakum	1.00
Hava	1.0003
Su	1.33
Eritilmiş Kuartz	1.46
Cam Fiber	1.5-1.9
Elmas	9.0-2.42
Silisyum	3.4

Optiksel yoğunluğu az bir ortamdan (örneğin hava) daha yoğun bir ortama (örneğin su bardağı) düşme açısı ile giren bir ışık ışınının yönü β kırılma açısı doğrultusunda eğilir. Eşdeğer özellikli ortamlarda yani bütün doğrultularda özdeş özelliklere sahip bir malzeme veya cisim durumunda Snell'in kırılma kanunu uygulanır (Gibson, 2002).



Şekil 2.6. Işığın kırılması

Düşme açısı α 'nın sinüsü ile β 'nin sinüsüne oranı sabittir ve aynı zamanda ışığın ilk ortamdaki hızı c_1 'in ikinci ortamdaki hızı c_2 'ye oranına eşittir. Işığın kırılmasına ait karakteristik Şekil 2.6' da gösterilmiştir.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

İki saydam ortamdan, ışık hızından daha yavaş geçenine yoğun denir. Işığın c_0 hızı ile gittiği boşluktan c hızıyla geçiş yaptığı bir ortam için aşağıdaki eşitlik uygulanır:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_0}{c_2} = n$$

Bu orana n kırılma indisi denir. Boşluğun kırılma indisi 1'e eşittir. Kırılma indisleri n_1 ve n_2 ve ışık hızları c_1 ve c_2 olan farklı iki ortam için aşağıdaki eşitlikler uygulanır:

$$c_0 = \frac{c_1}{n_1}$$

$$c_0 = \frac{c_2}{n_2}$$

2.2.5. Tam iç Yansıma ve Kritik Açı

Gelen bir ışının, kırılma açısının 90° olduğu ve kırılan ışın iki ortamın sınırına paralel bir şekilde ilerlediği bir değere sahip olduğu durum gösterilmektedir (not: ışık ışını daha yüksek kırılma indisine sahip bir ortamdan daha düşük kırılma indisine sahip bir ortama geçmektedir).

Ayrıca Snell yasasından;

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

$$\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1} \sin \beta$$

$\beta=90$ olduğuna göre,

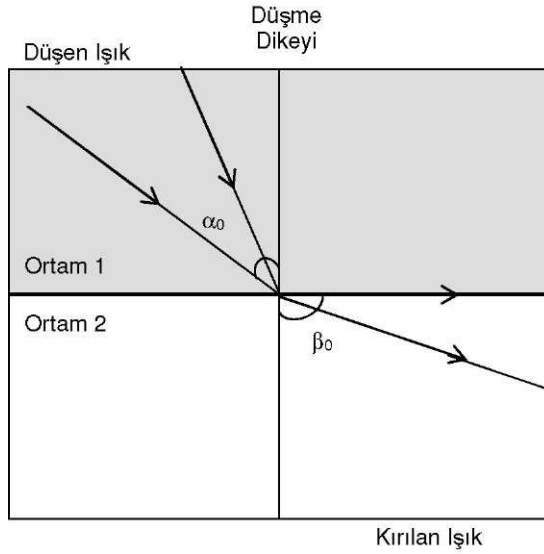
$$\alpha = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

$$\alpha = \alpha_c$$

Burada α_c kritik açı olup bir ışık ışının iki ortamın sınırına çarptığı ve 90° lik ya da daha büyük bir kırılmaya uğradığı minimum giriş açısı olarak tanımlanır.

Bu tanım yalnızca ışık ışını daha yoğun bir ortamdan daha az yoğun bir ortama geçtiğinde geçerli olur.



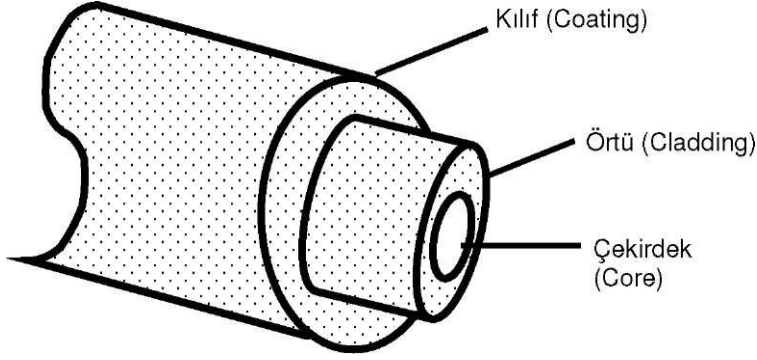
Şekil 2.7. Tam iç yansırma

Kırılma açısı 90° ya da 90° ' den daha fazla ise, ışık ışınının daha az yoğun ortama girmesi olanaksız olur. Dolayısıyla iki ortamın sınırında tam yansırma gerçekleşir ve yansırma açısı geliş açısına eşit olur (Şekil 2.7).

2.3. Fiber Optik Çalışma Prensibi

2.3.1. Fiber optik kablonun yapısı

Fiber optik kabloların ışığı ileten kısmı, temel olarak çekirdek (core) ve örtü (cladding) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Core ve cladding hammadde si saydam eritilmiş camdır. Core fiberin merkezindedir ve ışığı ileten kısımdır. Core indisi onu örten cladding'in indisine göre daha büyük olduğundan ışınlar sadece core ortamında iletilir. Ayrıca core ve cladding'i saran dışta coating (kılıf) dediğimiz saydam plastik bir tabaka vardır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Fiber optik kablonun yapısı

Kılıf üretim sırasında kaplama yüzeyine doğrudan uygulanan tabakayı ifade eder. Işığın fiber içine ve dışına bağlantısı veya fiberlerin eklenmesi için kılıf ayrılabilir nitelikte olmalıdır. Kablo, tüm uzunluğu boyunca kalınlığı değişmeden muntazam bir şekilde çeşitli plastik tabakalarla düzenlenebilir. Kılıfa renk katılabilir ve gerekiyorsa işaret halkaları ilave edilebilir.

Bazı ışınlar çekirdek içinde yansımayıp kayarak örtüye kaçar. Kılıfın indisi örtüye göre büyük olduğundan, örtüye kaçıp kontrolden çıkan ışınlar kılıfta emilir. Ayrıca kılıf, çekirdek ve örtüyü mekaniksel etkilerden korur. İç yüzeyde yansıma, ışığın doğru açıda yansyarak yayılması, kablo boyunca tüm yansımanın minimum kayıpla gerçekleşmesini sağlar. Işığın yanlış açıda yansyarak yayılması ışığın kaybına neden olur.

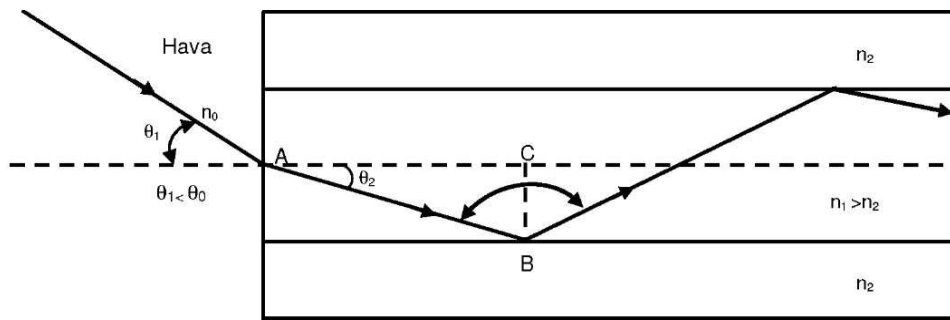
Işığın bir optik lif içindeki yayılımını incelemek için, dielektrik ortamın kırılma indisini hesaba katmak gerekir. Bir ortamın kırılma indisi, ışığın havadaki hızının o ortamdaki hızına oranı olarak tanımlanır. Bir ışık ışını, optik olarak yoğun bir ortamda, daha az yoğun ortamındakinden daha yavaş ilerler ve kırılma indisi bu etkinin bir ölçüsünü verir.

Işığın fiber içerisinde ilerleyebilmesi için Şekil 2.9' da gösterildiği gibi girişte lif eksenine ile yapacağı en büyük açıya kabul açısı (θ_a) denir. θ_a ' ya eşit veya daha büyük olan θ açısıyla giren ışın, tam yansıma şartını ($\phi > \phi_a$) sağlayacak şekilde fiberin çekirdek-örtü ara yüzeyine ulaşır. Böyle ışınlar fiber boyunca yönlendirilirler. θ_a ' dan daha büyük açıyla gelen ışınlar çekirdek-örtü ara yüzeyinde tam yansıma şartını sağlamayacaklarından örtüye girerler ve kaybolurlar.

Fiber, çekirdek eksenine belli bir değerden büyük açıyla gelen ışınları kabul etmez. Çünkü bu açının üstünde gelen ışınların açısı kritik açının altında kalır ve kırılmaya uğrayarak örtüye geçer. Örtüye geçen ışın kaybolur. Işığın çekirdek tabakasına girdiği açının alabileceği maksimum sinüs değeri, fiberde çekirdek, örtü ve havanın kırılma

indisleri ile kabul açısı arasındaki kavram olan Nümerik Açıklık' dır (Numerical Aperture-NA). Nümerik Açıklık, fiberin ışık toplama kabiliyetinin bir ölçüsüdür.

NA çekirdek ve örtünün indis farklılığına bağlıdır ve doğru orantılıdır. İndis farkı arttıkça NA büyüyeceğinden fiberin kabul ettiği ışın miktarı artar. Kısaca NA fiber lif içinde ilerleyebilecek ışınların ışık kaynağından en çok kaç derecelik açı ile geldiğini belirleyen bir değerdir. Çapraz ışınlar fiber içinde helezonik bir yol izlerler. Hava ortamında, çapraz ışınların fiberden çıkış noktası maruz kalınan yansıma sayısına bağlı olur (Hayes, 2005).



Şekil 2.9. Işığın kabul açısından küçük bir açıyla fiber içerisinde ilerlemesi

Çapraz ışınlar, eksenel ışınlarla birlikte, fiber lifin ışın toplama kabiliyetini artırır. Fiber ekseninin düz olmayışı, öz çapındaki değişimler, öz-yelek ara yüzeyindeki düzensizlikler ve kırılma indisi değişimleri gibi dalga kılavuzu bozuklukları fiber lifin yayılma karakteristiklerini değiştirebilir. Bu durum bozukluğun cinsine bağlı olarak bir modda taşınan enerjinin diğer bir moda aktarılmasına yol açar (Hayes, 2005; Mahlke, 2003).

2.4. Fiber Optik Sistemlerin Üstünlükleri

2.4.1. Büyük Bant Genişliği

Bir iletişim sisteminin bilgi taşıma kapasitesi, bu sistemin bant genişliğiyle doğru orantılıdır. Bant genişliği ne kadar büyük olursa, sistemin bilgi taşıma kapasitesi de o kadar fazla olur. Karşılaştırma amacıyla, bir sistemin bant genişliğini, bu sistemin taşıyıcı frekansının bir yüzdesi şeklinde ifade etmek yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Örneğin, 100 MHz' de çalışan bir VHF radyo sisteminin bant genişliği yaklaşık 10

MHz' dir, yani taşıyıcı frekansın %10' udur. Dolayısıyla, taşıyıcı frekansı ne kadar yüksek olursa, bant genişliği o kadar büyük, bunun sonucu olarak bilgi taşıma kapasitesi o kadar fazla olur. Fiber optik sistemlerde kullanılan ışık frekansları 10^{14} ile 10^{15} Hz (100.000 GHz ile 1.000.000 GHz) arasındadır. 1.000.000 GHz' in yüzde onu 100.000 GHz dir. Bugünün ve yakın geleceğin gereksinmelerini karşılamak için 100.000 GHz oldukça yüksek bir bant genişliğidir. Bu sayı fiber optik sistemlerin kapasitesini ortaya koymaktadır (Tomasi, 2003).

Optik sistemler 10^{13} - 10^{16} Hz arasında ve genellikle 10^{14} Hz civarında iletim sağlayabilirler. Bu değerler 500 MHz bant genişliğine sahip bakır koaksiyel kabloların kapasitesinin çok üstündedir. Özellikle yüksek bant genişliği gerektiren bilgi sistemlerinin iletiminde fiber optik kablolar klasik bakır kablolarla nazaran çok daha üstündür (Senior, 2005).

Yapıları gereği optik frekanslar daha geniş bant genişlikleri sağladıkları için fiber sistemler daha büyük kapasiteye sahiptir. Metalik kablolarla, iletkenler arasında kapasitans ve iletkenler boyunca indüktans meydana gelir. Bu özellikler metalik kabloların, bant genişliklerini sınırlayan alçak geçiren filtre gibi hareket etmelerine neden olur.

Fiber optik kabloların çok geniş olan bant genişlikleri özellikle havacılıkta gerçek zamanlı çok yüksek hızda veri haberleşmesi sağlamaktadır ki bu konu uçuş kontrolü ve uçuş güvenliği için hayati bir konudur.

Ayrıca; fiber optik kabloların büyük bant genişlikleri sayesinde çok yüksek oranda ses, görüntü ve bilgi iletimi mümkün olduğundan, özellikle askeri uygulamalar açısından oldukça önemlidir.

2.4.2. Küçük Boyut ve Hafif Ağırlık

Optik fiberler insan saçından daha ince ölçülerde bile üretilebilirler. Küçük boyut ve düşük ağırlıkları bu sistemi vazgeçilmez bir unsur haline getirmiştir. Örneğin bir uçakta klasik bakır kablolar yerine fiber optik kablolar kullanılarak toplam ağırlıktan 200 kg. kadar tasarruf edilebilmektedir. Bu özelliğiyle fiber optik kablolar ağırlığın önemli bir kısıtlama olduğu askeri sistemlerin (uçak, helikopter, gemi, tank gibi) performansını olumlu yönde artırmaktadır. Ayrıca diğer kablolarla oranla çok küçük boyutlarda olmaları söz konusu sistemlerin boyutlarını da aynı oranda küçültmekte ve daha büyük hedefler olmasını engellemektedir (Senior, 2005).

Fiber optik kablolar çok küçük boyutları ve hafif ağırlıkları sayesinde aynı zamanda tıp alanında da çok geniş kullanımı bulunmaktadır. Belirtilen özellikler fiber optik sistemleri diğerlerine oranla taşıma, depolama ve tesis açısından daha ekonomik hale getirmektedir (Gibson, 2002).

2.4.3. Elektrikli İzolasyon

Optik fiberler cam ve plastik polimerler gibi iletken olmayan maddelerden yapıldığından, kısa devre ve yangın gibi tehlikeler oluşturmazlar. Bu özelliğiyle yoğun elektrikli ortamlarda bile güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Sistem iletken olmadığı için şimşek ve yoğun elektrik yüklü bulutlardan da etkilenmez. Fiber optik kablo kırılrsa bile kısa devre tehlikesi olmadığından patlamalar olmaz. Askeri sistemlerde elektrikli malzemeler özellikle yakıt tankları ve mühimmat bölmeleri için büyük bir tehdit oluştururken, fiber optik kablolar elektrikli yalıtım özelliği sayesinde hiçbir tehdit oluşturmaz ve güvenli kullanılabilir (Tomasi, 2003).

Fiber optik kablolar, elektrik iletmemesi özelliği sayesinde yıldırımların, floresan ışığının ve diğer elektrikli gürültü kaynaklarının neden olduğu statik karışmadan da etkilenmezler. Ayrıca, fiber optik sistemler klasik elektronik sistemlerin aksine enerji yaymazlar; dolayısıyla, diğer iletişim sistemleriyle girişime yol açmaları mümkün değildir.

2.4.4. Elektromanyetik Ortam Etkilerine Karşı Direnç

Optik sistemlerin iletken olmayan yapısı, Elektromanyetik Girişim (EMI), Radyo Frekans Girişimi (RFI) ve Elektromanyetik Darbe (EMP)' ye karşı duyarsız olduğundan, bu gibi ortamlarda fiber optik sistemler güvenli veri iletimine devam edebilir. Elektromanyetik spektrumun yoğun olarak kullanılması durumunda ya da nükleer ortamda diğer haberleşme sistemlerini çökerten yoğun EMP altında fiber optik sistemlerin iletişimi etkilenmez (Tomasi, 2003).

Cam ya da plastik fiberler elektriği iletmeyen maddeler olduğu için fiber optik kablolar, akımın meydana getirdiği manyetik alan oluşmaz. Yapısal özellikleri nedeniyle fiber optik kablolar manyetik alan oluşturmadıkları gibi manyetik alanlardan da etkilenmezler. Metalik kablolar, karışımın başlıca nedeni birbirine yakın yerleştirilmiş iletkenler arasındaki manyetik indüksiyondur. Ancak fiber optik kablolar böyle bir

problem yoktur. Gelecekte stratejik nükleer silahlar sınırlandırılrsa da, taktik nükleer silahlar önemini koruyacaktır. Dolayısıyla gelecekte de nükleer ortamda kesintisiz ve güvenli haberleşme konusu önemini artırarak korumaya devam edecektir. Bu anlamda gelecekte nükleer koşullar altında dahi fiber optik teknoloji geçerliliğini sürdürecektir.

Elektromanyetik darbe, elektromanyetik girişim ve yüksek yoğunlukta telsiz frekans girişim özellikle havacılıkta komuta kontrol ve seyrüsefer sistemleri için çok ciddi tehdit oluşturmaktadır. Uçuş güvenliği için hayati bir konu olan bu sorun uçaklarda bakır kablolar yerine fiber optik kablolar kullanılarak çözülebilmektedir.

2.4.5. Sinyal Güvenliği

Optik sistemlerde kullanılan ışınlar sistemin dışına sinyal yaymazlar. Dolayısıyla fiber optikler diğer sistemlerde olmayan yüksek derecede sinyal güvenliği sağlar. İletimin çalınması çok zordur. Fiber optiklerde dışardan yapılacak müdahalelerle sistemden optik enerji çekmeden sinyal elde etmek mümkün değildir. Dolayısıyla sistemden bilgi elde etmek için girişilen teşebbüsler optik enerji seviyesindeki değişimler sayesinde kolaylıkla tespit edilebilir. Bu konu özellikle yüksek düzeyde güvenilirlik gerektiren askeri haberleşme alanında son derece hayati bir konudur (Senior, 2005).

Fiber optik kablodan sinyal çalmanın iki yolu vardır. Fiber optik kablo kesilir ve kesilen uca alıcı bir cihaz bağlanır veya fiber optik kablo keskin bir açı yapacak şekilde bükülür ve ışığın fiber optik kablodan dışarı kaçması sağlanır. Her iki durumda da sistemdeki sinyal yoğunluğundaki azalma derhal tespit edileceğinden sistem yüksek seviyede güvenilirlik sağlar. Bu özellik fiber optik kabloyu, güvenilirlik gerektiren uygulamalar açısından oldukça cazip kılan bir başka özelliğidir.

2.4.6. Düşük İletim Kaybı

Optik sistemler kilometrede 0,2 desibel iletim kaybı oranında üretilebilirler. Bu özellik diğer bakır sistemlerle karşılaştırıldığında optik sistemler açısından büyük bir avantajdır. Bakır sistemler 2 km' de bir tekrarlayıcı gerektirirken, optik sistemlerin çok uzun mesafelere kadar (100 km.) tekrarlayıcıya ihtiyaç duymaması sistemi daha basitleştirmekte ve maliyetini düşürmektedir. Ayrıca sahip olduğu potansiyel çok uzun

mesafelerde yüksek kalitede haberleşme sağlamaktadır. Fiber optik teknolojinin bu özelliği askeri uygulamalar açısından son derece önemli bir konudur (Senior, 2005).

Özellikle denizaltı uygulamaları için tekrarlayıcıya ihtiyaç duymayan nitelikteki yüksek kaliteli fiber optik kablolar bakır kablolarla kıyaslandığında çok büyük bir üstünlüğe sahiptir.

2.4.7. Esneklik, Dayanıklılık ve Kullanım Kolaylığı

İlginç bir şekilde cam maddeden üretilmesine rağmen optik fiberler belirli bir oranda bükülebilir ve zarar görmeden kıvrılabilir. Fiber optik kablolar, dayanıklı ve sağlam yapısı sayesinde çevresel koşullardan etkilenmeden uzun dönemli haberleşme uygulamalarında güvenle kullanılabilirler.

Sıcaklık değişimlerinden ve yüksek nem ortamından etkilenmezler. Optik fiberler esnek, yoğun, son derece dayanıklı yapılarıyla bu alandaki üstünlüklerini de ispatlamışlardır. Küçük hacimleri ve düşük ağırlıkları dikkate alındığında fiber optik sistemlerin bakır sistemlere göre depolama, taşıma, tesis kolaylığı çarpıcı bir şekilde ön plana çıkmaktadır (Senior, 2005).

Fiber optik kablolar, çevre şartlarında oluşan büyük değişikliklere karşı daha dirençlidir. Metalik kablolarla oranla daha geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilirler. Aynı şekilde fiber kablolar, aşındırıcı sıvılardan ve gazlardan daha az etkilenirler.

Fiber optik kabloların gerilme direnci çeliğin gerilme direnciyle karşılaştırıldığında arada büyük bir fark olduğu ortaya çıkar. Çeliğin gerilme direnci yaklaşık 250 000 lb/in² iken fiber optiklerin gerilme direnci ise yaklaşık 600 000 lb/in²' dir.

2.4.8. Sistem Güvenliği ve Bakım Kolaylığı

Fiber optik çok düşük oranda kayıpla sinyal iletebildiği ve bakır sistemler gibi 2 km.' de bir tekrarlayıcıya ihtiyaç duymadığı için daha basit ve güvenlidir. Ayrıca sistemde kullanılan optik bileşenlerin 20 ile 30 yıl arasında öngörülen ömür süresi de sistemi daha güvenli kılmakta ve bakım kolaylığı sağlamaktadır. Fiber optik kablo ağlarında devre üzerinde bazı yerlerde iletim ışık olarak görülebilir. Bu özellik arıza yerinin bulunmasını kolaylaştırır aynı zamanda sisteme yüksek derecede güvenilirlik kazandırır.

Fiber kabloların monte edilmeleri ve bakımı daha kolay ve daha güvenlidir. Cam ve plastik fiberler iletken olmadıkları için, elektrik akımları veya gerilimler tehlike oluşturmaz.

Optik kablolar, hiçbir patlama ya da yangın tehlikesi oluşturmaksızın, uçucu sıvıların ya da gazların çevresinde güvenli bir şekilde kullanılabilirler. Metalik kablolardan daha küçük ve daha hafif oldukları için bu kablolarla çalışmak, hem tesis hem de bakım aşamasında kolaylık sağlar.

2.4.9. Düşük Maliyet Potansiyeli

Fiber optiklerin temelini oluşturan cam nadiren bulunan ham maddelerden değil bildiğimiz kum taneciklerinden yapılmaktadır. Gittikçe artan oranda fiber optik kablo üretimi bu teknolojiyi maliyet açısından bakır kablolarla rekabet edecek düzeylere getirmiştir. Ancak fiber optik teknolojinin kablo dışındaki diğer bileşenleri için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Maliyet açısından fiber optik sistemlerin taşıma, depolama, tesis ve montajı, bakır sistemlere nazaran optik sistemlerin yapısal özellikleri nedeniyle daha ucuzdur. Fiber kablolar daha az saklama alanı gerektirir ve daha hafiftir. Daha küçük hacim ve daha az ağırlık doğrudan taşıma ve depolama maliyetlerini azaltan unsurlardır. Ayrıca fiber optik sistemin uzun vadeli maliyetinin, metalik bir sistemin uzun vadeli maliyetinden daha az olacağı düşünülmektedir (Tomasi, 2003).

Optik kabloların üretim safhasında ham madde olarak kullanılan kum taneciklerinin bakır madeninin aksine rezerv sorunu olmayıp maliyet açısından oldukça ucuzdur. Gelecekte klasik sistemler ham madde kaynaklarının tükenme riskiyle karşılaşırken, fiber optik teknoloji sınırsız sayılabilecek ham madde kaynağı ile üretilmeye devam edilebilecektir.

2.4.10. Yüksek Data İletimi

Yüksek frekanslı (2×10^{14} Hz) optik dalgalar çok yüksek miktarda veri iletimine izin verir. Bir optik kablo kanalının bu merkezi frekansın sadece %1' ini kullandığı düşünülür ise, bir optik kablo kanalında 2×10^{12} Hz' lik bant genişliği ortaya çıkar. Her televizyon kanalının yaklaşık 6 MHz' lik bant aralığını işgal ettiği düşünülürse, 300.000' den fazla TV programının tek bir optik kablo kanalından iletebileceği ortaya çıkar.

Fiber optik kablolar metalik kablolarla oranla çok daha fazla veri iletebilme kapasitesine sahip olması, ses iletiminde de büyük bir üstünlüğü sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yaklaşık değerler olarak, fiber optik kablo ile tek yönde 50.000 konuşma yapılabilirken, koaksiyel kablo ile 5400 konuşma, telefon kablosu ile 48 konuşma yapılabilir. Kabloların birden çok fiberden oluştuğu (bazen yüzlerce) düşünülürse tek bir fiber optik kablonun yüz binlerce ses kanalını taşıyabileceği ortaya çıkar (Gibson, 2002).

2.4.11. Düşük Hata Oranı

Fiber optik kablolar elektromanyetik karışımdan etkilenmezler. Fiber optik kablolarla iletim ışık dalgalarıyla gerçekleştirilirken koruyucu kılıf sayesinde dış ışık kaynaklarından etkilenmezler. Fiber optik kabloların bu özelliği veri iletiminde sistemin güvenli bir şekilde çok düşük bit hata oranında gerçekleşmesini sağlar.

2.4.12. Düşük Kayıp

Fiber optik kablolar ışığı çok az absorbe eden aşırı saf camdan imal edildikleri için, ışık, yoğunluğu yarıya inmeden onlarca kilometre ilerleyebilir. Üstelik fiber optik kablolarla zayıflama iletilen bit oranından bağımsızdır. Oysa bakır kablolarla ise fiber optik kabloların aksine zayıflama, bit oranı arttıkça yükselmektedir.

Bu durum fiber optik teknolojiyi askeri uygulamalar açısından son derece cazip kılmaktadır. İletilen bit oranlarının gelecekte daha yoğun bir şekilde artacağı düşünülürse, bakır sistemlerin artan bit oranı ile beraber yüksek zayıflama nedeniyle yetersiz kalacağı değerlendirilmektedir.

2.4.13. Isı Üretmeme

Optik sinyallerin çok düşük güç taşımaları ve bu düşük gücün de çok az bir kısmının absorbe edilmesi nedeniyle, fiber optik kablolarla ısınma olmaz. Bunun sonucu olarak, fiber optik kablolar, ısınmaya neden olan bakır kabloların kullanılmasının riskli olduğu yerlerde, demetler halinde bir arada ısı yükselme riski taşımadan güvenle kullanılabilir.

2.5. Fiber Optik Sistemlerin Kullanım Alanları

- a. Zayıflamanın az, bant genişliğinin büyük, kanal başına düşen maliyetlerin düşük olması nedeniyle, uzun mesafeli haberleşme sistemleri.
- b. Hem analog hem sayısal iletme olanak sağlaması ve geniş bantlı servis verebildiğinden özellikle santraller arası bağlantılar.
- c. Tıp alanında kullanılan cihazlar.
- d. Aydınlatma sistemleri.
- e. Düşük kayıp, yüksek hız nedeniyle bina içlerindeki iletim sistemleri.
- f. Kapalı devre televizyon sistemleri.
- g. Demiryolu elektrik ve sinyalizasyon uygulamaları.
- h. Trafik denetim sistemleri (stüdyo şebekeleri ve kamera bağlantıları).
- i. Askeri haberleşme sistemleri.
- j. Yüksek hız gerektiren aygıtlar (radarlar) arası ve uçakların iç donanımları.
- k. Nükleer enerji santralleri ve radyoaktif ışımanın iletişimi bozduğu yerler.
- l. Endüstriyel şebekelerin ölçme istasyonları arasındaki bağlantılar.
- m. Elektronik aygıtların birbiri ile bağlantıları.
- n. Kablolu televizyon ve radyo şebekeleri.
- o. Bilgisayarlar arası ve bilgisayar-terminal arası bağlantılar. Fabrika içi kontrol uygulamaları.
- p. Kamu kuruluşlarının özel şebekeleri.
- q. Entegre optik düzenler (modülatörler, filtreler, optik demet bölücüler).
- r. Yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber damarlar yerleştirilerek, iletkenlerin enerji taşıırken haberleşmeyi de sağlamasında kullanılır.

2.6. Türkiye’de Fiber Optik Üretimi

Fiber optik kablonun ana ham maddesi olan fiber tabakaları Türkiye’ de üretilemediğinden yurt dışından ithal edilmektedir. Üretilen fiber optik kablolar genelde az sayıda fiberli olan ve haberleşmede kullanılan kablolardır. Türkiye’ nin ihtiyacının oldukça üzerinde olan bu kapasitenin fazlası yurt dışına ihraç edilmektedir.

Türkiye’ de haberleşmede kullanılan fiber optik kablo üreten kuruluşlar bulunmasına rağmen, aydınlatmada kullanılan fiber optik kabloların üretimi yapılmadığından,

aydınlatma maksadıyla kullanılacak fiber optik kablo ve aksesuarların yurt dışından getirilmektedir. İthal edilen malzemelerin pahalı olması nedeniyle, bu durum, fiber optik aydınlatma sistemlerinin ilk maliyetini yükseltmektedir.

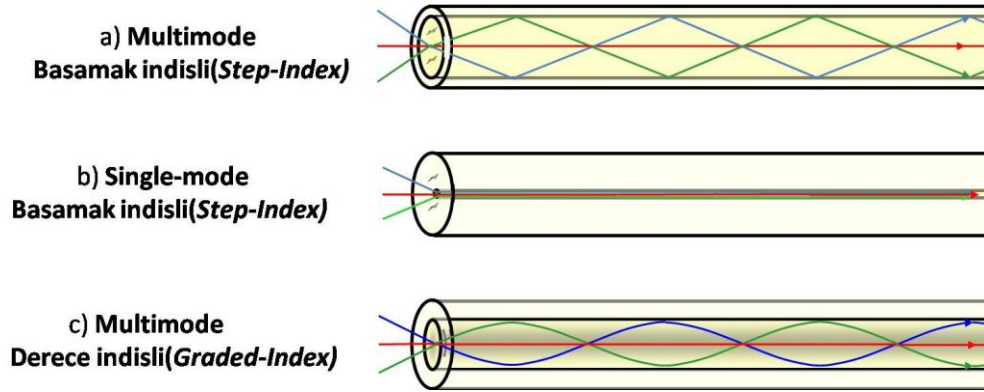
Türkiye’ de fiber optik kablo üretimi yapan başlıca kuruluşlar ve üretim alanları EK-1’ de sunulmuştur.

3. FİBER OPTİK ÇEŞİTLERİ VE FİBER OPTİKLERDE ZAYIFLAMALAR

3.1. Fiber Optik Çeşitleri

Optik fiber kablolar esas kullanım olarak üç farklı tiptedirler. Şimdi anlatılacak olan fiberler dışında da birçok fiber kablo mevcuttur. Bu üç tip kablo günümüzde en çok tercih edilen kablolar olmakla birlikte kurulumu ve kullanması kolay olanlardır. (Şekil 3.1) Üç tipi şu şekilde sıralayabiliriz.

- * Çok modlu basamak indisli fiberler (multimode step-indexed)
- * Tek modlu basamak indisli fiberler (singlemode step-indexed)
- * Gradyan indisli fiber (multimode graded-indexed)

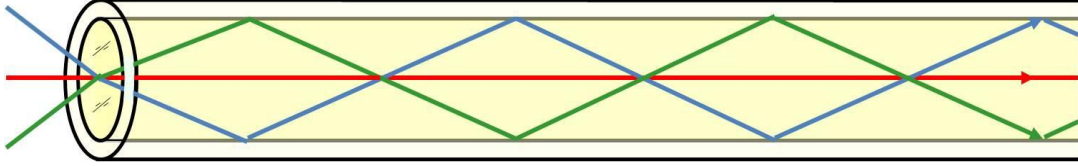


Şekil 3.1. Fiber optik çeşitleri

3.1.1. Çok Modlu Basamak İndisli Fiber

Cok modlu basamak indisli fiberler, kanal boyunca sonlu sayıda kılavuzlanmış modun yayılmasına izin verir. Fiber kablonun içindeki öz bölgesi bu kabloda çok geniştir. Kılavuzlanan mod sayısı, fiberin fiziksel parametrelerine (öz yarıçap gibi) ve taşınan ışığın dalga boyuna bağlıdır. Bu fiberlerde hiçbir çiftlenim yoktur ve belirli bir moda aktarılan optik güç, o modda kalır ve diğer kılavuzlanmış modlara aktarılan optik güçten bağımsız olarak çalışır. Bu kılavuzlanmış modların çoğu kesimden uzaktır ve fiber özü içine iyi hapsedilmiştir. Çok modlu basamak indisli fiberlerde, optik gücün çoğu yelekte değil öz bölgesinde taşınır (Şekil 3.2).

Bu yüzden yeleğin özellikleri (kalınlığı gibi) bu modların yayılmasını önemli ölçüde etkilemez (Özsoy, 2009).

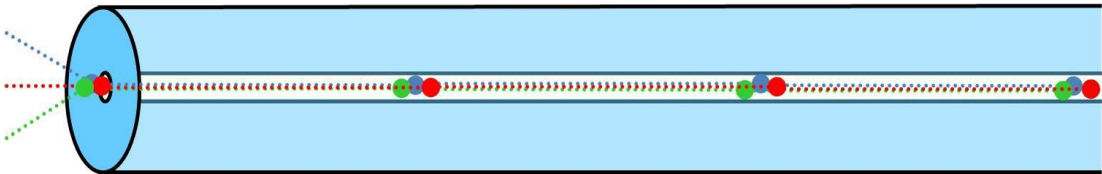


Şekil 3.2. Çok modlu basamak indisli fiber

3.1.2. Tek Modlu Basamak İndisli Fiber

Cok modlu basamak indisli fiberler bir optik fiberde bir tek modun yayılmasının üstünlüğü, çok modlu bir fiberde farklı modlar arasındaki gecikme farklılıklarının sebep olduğu işaret dispersiyonundan korunabilmesidir. Çok modlu basamak indisli fiberler, hem giriş uyumsuzlukları hem de fiber düzensizliklerinde, diğer kılavuzlanmış modlara mod dönüşümü (coupling) meydana geldiği zaman, tek modlu çalışmanın korunmasının güçlüğü yüzünden, tek modlu yayılıma uygun değildirler. Bir tek modun çalışması için fiber, sadece bir modun yayılmasına izin verecek şekilde tasarlanmalıdır.

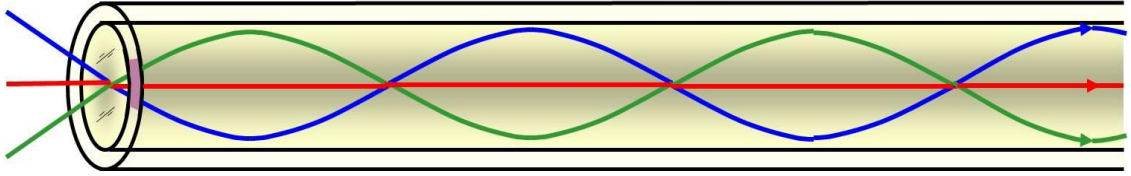
Tek modlu basamak indisli fiberlerde, Şekil 3.3' te gösterildiği gibi mod zayıflamasını azaltmak için yelek uygun bir kalınlığa ve düşük soğurum ve saçılma kayıplarına sahip olmalıdır (Özsoy, 2009).



Şekil 3.3. Tek modlu basamak indisli fiber

3.1.3. Gradyan İndisli Fiber

Gradyan indisli fiberler, öz içinde sabit bir kırılmaya sahip değildirler. Diğer modlardan en büyük farkları budur ve bu durum ışığın özde hapsedilip hızlı bir ışıma yaparak iletilmesini sağlar (Özsoy, 2009). (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. Derece indisli fiber

Yukarıda saymış olduğumuz üç kablo standart iletişim kabloları olarak görülür. Standart haberleşme fiberlerinden başka, özel fiber çeşitleri geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bunlar iki geniş sınıfa ayrılabilirler: Bir iletim ortamı olarak kullanılacak fiberler ve cihaz amaçlı geliştirilen fiberler.

Bir iletim ortamı olarak kullanılacak fiberler sınıfı, kablo kesiti içindeki iletim hattının sayısını arttırmak için kullanılabilecek çok-özlü (multi-core) fiberler gibi özel tasarlanmış fiberleri içerirler. Özellikle abone evrimi uygulamaları için çekici olan bu tür fiberler hat maliyetini düşürür. Bununla beraber, üretim zorlukları bulunmaktadır ve karışma (crosstalk) problemleri ve geometrik toleranslar önemlidir. Bu gruba giren diğer önemli bir gelişme, daha düşük kayıplı fiberlerin eldesidir. Bu tür fiberler, 1000km.' den daha uzun mesafelerde, tekrarlayıcısız bir iletime veya sıfır kayıplı bir sisteme imkan tanıyıcılarıdır. İkinci grubu oluşturan, cihazlar için fiberler, gittikçe daha önemli hale gelmektedirler. Optik fiber esaslı pasif cihazlar, bağlaştırmacılar (fiberleri yan yana dikkatlice kaynaştırarak yapılan hem yönlü bağlaştırmacılar hem de yıldız bağlaştırmacılar), dalga boyu bölmeli çoğullayıcılar ve ayırıcılar (kaynaştırılmış ve sıvırılmış tek modlu fiberlerden yapılmış özel bağlaştırmacılar), kutuplayıcılar, optik izolatörler ve lineer olmayan yönlü bağlaştırmacı ile yapılan fotonik anahtarlar içermektedir. Bu tip cihazlar, geleneksel fiberler kullanılarak üretilbilirler veya kutuplama korumalı fiberler veya küçük özlü, yüksek GeO_2 katkılı fiberler (fotonik anahtarlama için) gibi özel fiberler gerekebilir (Özsoy, 2009).

3.2. Fiber Optiklerde Zayıflama

Fiber optik kabloların kalitesi, saptanmış standart ölçüm metotları kullanılarak test edilir. Optik fiber kablonun parametreleri ile optik ölçüm metotları için gerekli standartlar hazırlanmıştır. Avrupa düzeyinde CELENEC Elektronik Elemanlar Komitesinin (CECC) 28. Çalışma Grubu ve uluslararası düzeyde Uluslararası Elektroteknik Komisyonun (IEC) 86. Teknik komitesi bu standartlardan sorumludur.

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

1. Soğurma kayıpları
2. Malzeme ya da Rayleigh saçınım kayıpları
3. Yayılım kayıpları
4. Optik kablo eklem kayıpları

3.2.1. Soğurma kayıpları

Fiber optiklerdeki soğurma (yutma) kaybı, bakır kablolardaki güç kaybına benzer şekildedir. Fiberin saf olmaması nedeniyle fiberde bulunan maddeler, ışığı soğurur ve ısıya dönüştürür. Fiber optik imal etmekte kullanılan cam, normal cama göre defalarca daha saf ve saydamdır. Bu camın saflık derecesi yaklaşık % 99,9999' dur.

Işığın absorbe edilmesi nedeniyle normal bir tabaka pencere camına kenarından bakıldığında görünen koyu mavi/yeşil renk fiber optik kabloda ancak yüzlerce kilometrelik bir kalınlıkta görülebilir. Deniz suyu optik fiber kadar şeffaf olsaydı okyanusta yolculuk yapan biri gemiden okyanusun dibini görebilirdi. Yine de optik fiberlerin bu kadar saf ve şeffaf camlardan oluşmasına rağmen 1 dB/km ile 1000 dB/km arasındaki soğurma kayıpları tipik değerlerdir.

3.2.2. Malzeme ya da Rayleigh Saçınım Kayıpları

İmalat sürecinde, cam çekilerek çok küçük çaplı uzun fiberler haline getirilir. Bu süreç esnasında, cam, sıvı ya da katı halde değil, plastik haldedir. Bu aşamada cama uygulanan germe kuvveti, soğuyan camda mikroskopla görülmeyecek kadar küçük düzensizliklerin oluşmasına yol açar.

Bu durum fiberde homojen yapıyı bozar ve mikro düzeyde yoğunluğu farklı bölgeler oluşturur. Işık ışınları, fiberde yayılım yaparken bu düzensiz bölgelerden birine çarparsa kırınım meydana gelir. Bu bölgelerde ışık küçük bir miktar saçılır. Bu saçılıma bağlı olarak fiberde her dalga boyunda zayıflama meydana gelir. Bu noktadaki dağılma, noktasal ışık kaynağı gibi gelen her yana dağıtarak zayıflamasına neden olur. Buna Rayleigh saçınım kaybı denir. Dalga boyu arttıkça Rayleigh kaybı azalır.

3.2.3. Yayılım Kayıpları

Yayılım kayıplarına, fiberdeki küçük bükümler ve burulumlar neden olur. Temel olarak, mikro büküm ve sabit yarıçaplı büküm olmak üzere iki tür büküm vardır.

Mikro büküm çekirdek malzemesi ile koruyucu zarf malzemesinin ısıl büzülme oranları arasındaki farktan kaynaklanır. Mikro büküm fiberde Rayleigh saçınımının meydana gelebileceği bir süreksizlik oluşturur. Fiberlerin yapımı ya da monte edilmesi sırasındaki bükülmeler sonucu sabit yarıçaplı bükümler meydana gelir.

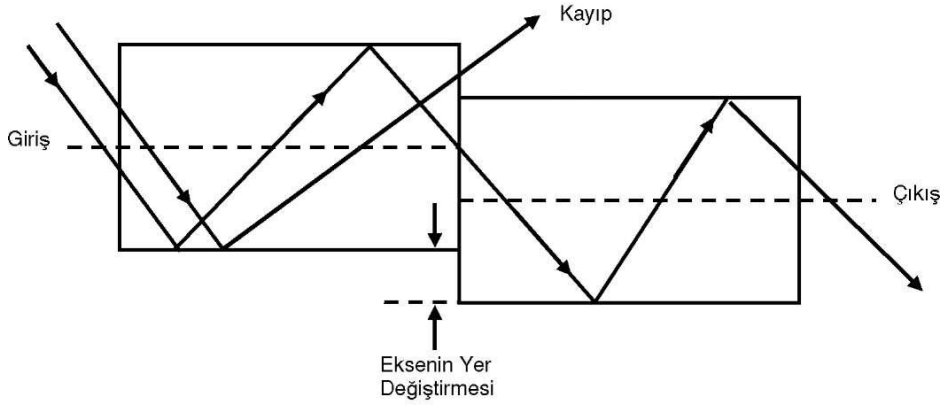
3.2.4. Optik Kablo Eklem Kayıpları

Fiber optik kablolarda; ışık kaynağı-fiber bağlantıları, fiber-fiber bağlantıları ve fiber-foto dedektör bağlantıları olmak üzere üç optik eklem türünden herhangi birinde bağlaşım kayıpları meydana gelebilir. Eklem kayıplarına çoğunlukla aşağıda belirtilen ayar sorunlarından biri neden olur.

1. Yanal ayarsızlık
2. Aralık ayarsızlığı
3. Açısal ayarsızlık
4. Kusursuz olmayan yüzey

Yanal ayarsızlık, bitişik iki fiber kablo parçası arasındaki yanal kayma ya da eksen kaymasıdır. Kayıp miktarı, bir desibelin beş ile onda biriyle birkaç desibel arası olabilir. Eğer fiber eksenleri, küçük fiberin çapının %5' i içerisinde ayarlanmışsa, bu kayıp ihmal edilebilir.

Yanal Ayarsızlık

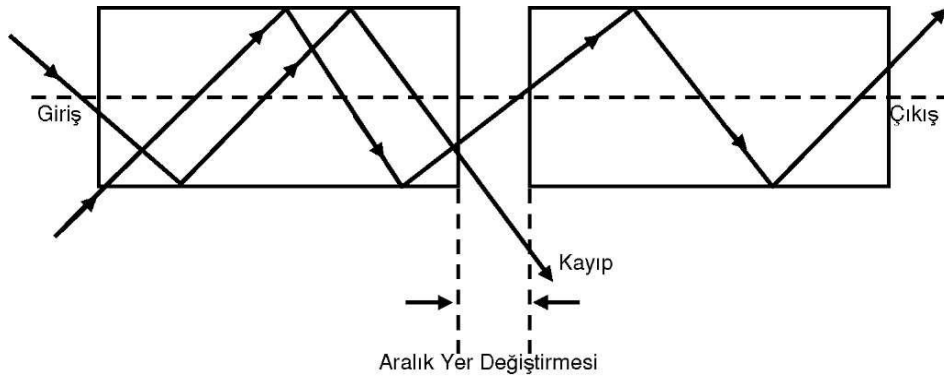


Şekil 3.5. Yanal ayarsızlık kayıp gösterimi

Aralık ayarsızlığına bazen uç ayrılması da denmektedir. Fiber optiklerde ekler yapıldığında fiberlerin birbiriyle temas etmesi gerekir. Fiberler birbirinden ne kadar ayrı olursa, ışık kaybı o kadar fazla olur. (Şekil 3.5).

İki fiber bir birine bir bağlantı parçasıyla birleştirilmişse, uçlar temas etmemelidir. Bunun nedeni, iki ucun bağlantı parçasında birbiriyle sürtünmesinin fiberlerden birinde ya da her ikisinde birden hasara yol açabilecek olmasıdır.

Aralık Ayarsızlığı

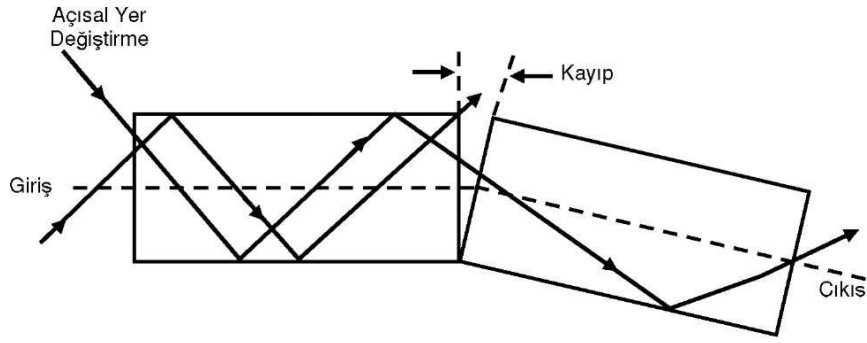


Şekil 3.6. Aralık ayarsızlığı kayıp gösterimi

Açısal Ayarsızlık

Fiber optik kabloları birbirine eklerken arada açısal bir açıklık meydana gelir. Bu duruma açısal ayarsızlık veya açısal yer değiştirme denir (Şekil 3.7).

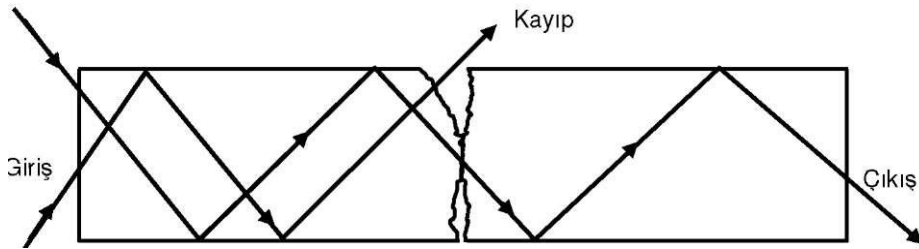
Açısal Yer Değiştirme



Şekil 3.7. Açısal ayarsızlık kayıp gösterimi

Kusursuz Olmayan Yüzey

İki bitişik kablunun yüzeylerindeki pürüzler giderilmediği takdirde kablo yüzeyleri tam olarak birbirine uymaz ve açıklık oluşur. Kablo yüzeylerindeki bu pürüzler giderilmezse kusursuz olmayan yüzey nedeniyle kayıplar oluşur (Şekil 3.8).



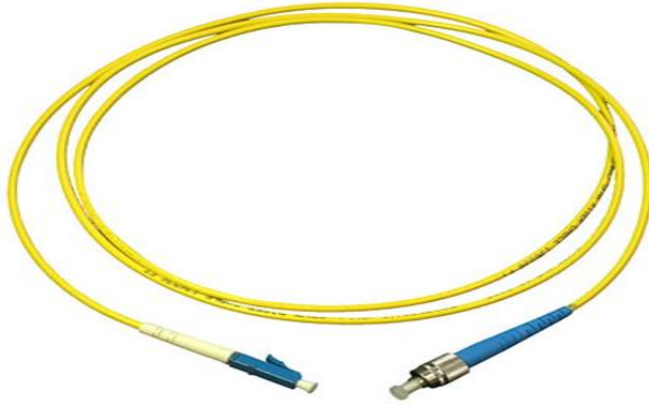
Şekil 3.8. Kusursuz olmayan yüzey de kayıp gösterimi

4. IŞIKSAL (OPTİK) İLETİMDE KULLANILAN MALZEMELER

4.1. Optik Fiber Ara Bağlantı Kablosu ve Konektör

4.1.1. 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 4.1).



Şekil 4.1. Fiber ara bağlantı kablosu

4.1.2. 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 (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Fiber konnektör çeşitleri

4.2. 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.

4.3. U Link

Konnektörleri (birleştiricileri) veya çıplak fiber adaptörlerini (fiziksel olarak) karşı karşıya getirerek ışıksal sinyali bir noktadan diğer bir noktaya geçişini sağlayan Şekil 4.3’ de gösterilen malzemelerdir. Bu geçiş; bir damardan diğer bir damara, damar ile sistem arasına veya sistemler arasında olabilir. Sabit ve esnek olarak kullanılabilen değişik yapıda olanları bulunmaktadır.



Şekil 4.3. U link

4.4. Zayıflatıcılar (Optik Portlar)

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 zayıflatabilir.

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 konektörü olup optik ara bağlantı kablosu (Pig - Tail) gibidir.

4.5. Optik İletiminde Kullanılan Diğer Malzemeler

4.5.1. Optik filtreler (Süzgeçler)

Fiber damarlardan gönderilen değişik dalga boylarındaki optik sinyalleri diğer sinyallerden ayırıp alabilmek için kullanılır. 1310 ve 1550 nm. {X} dalga boyuna göre değişik tipleri vardır. Yalnızca istenilen dalga boyundaki optik sinyaller alınabilir (Şekil 4.4) .

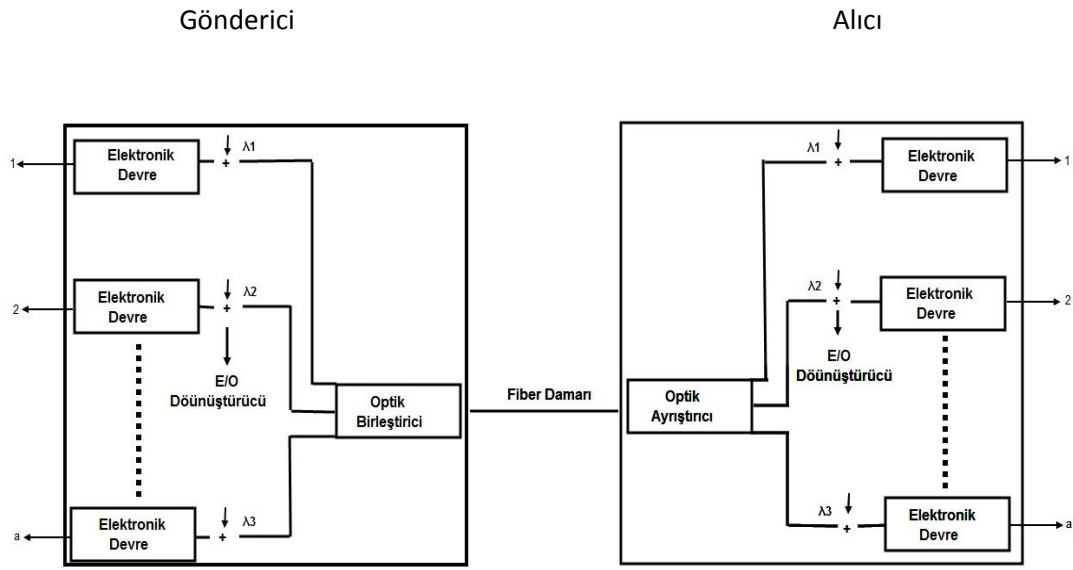


Şekil 4.4. Optik filtre

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

4.5.2. 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 4.5' de gösterilmiştir.

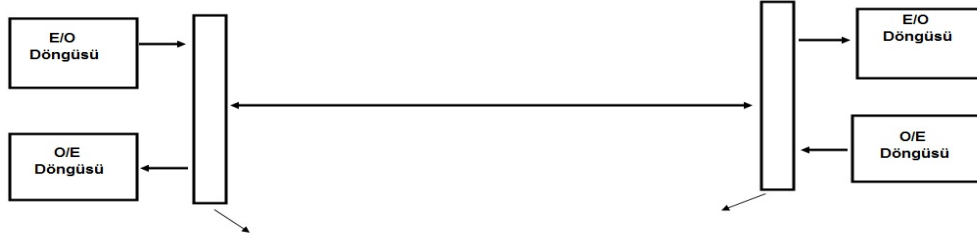


Şekil 4.5. Dalga boyu bölmeli - birleştirmeli optik iletim sistemi

4.5.3. Optik ayrıştırıcı (Demultiplexer)

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

4.5.4. Optik çiftleyici (İkileyici - Duplexer)



Şekil 4.6. 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 (Şekil 4.6).

4.6. Optik Dağıtım Çatısı (Odç - Distiribution Frame)

Sistemlerden gelen veya sistemlere gelen optik sinyaller ile kablolar arasında dağıtım yapar. Fiber damarlarla ara bağlantı kablolarının (Pig - Taillerin) 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 dağılım yapılmaktadır.

4.7. Optik Dağıtım Kutusu (Odk -Distiribution Box)

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

5. FİBER OPTİK AYDINLATMA SİSTEMLERİ

5.1. Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin Elemanları

Temel olarak iki tip optik lifli aydınlatma sistemi mevcuttur.

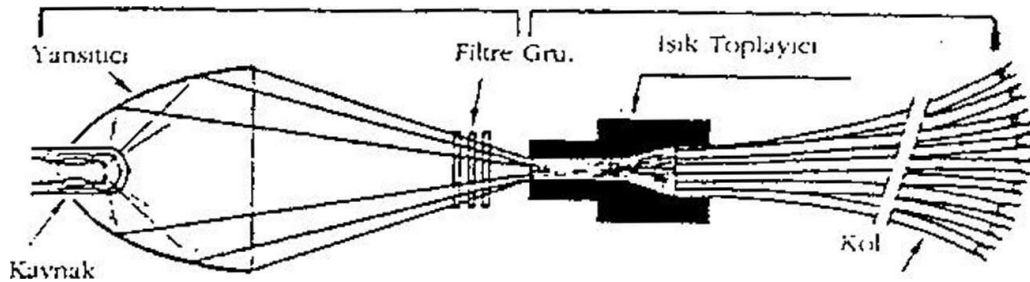
1. Noktasal aydınlatma: İzole liflerle taşınan ışık optik dağıtım noktaları yardımı ile istenilen açılarla uzaya yayılır.
2. Çizgisel aydınlatma: Kılıf tabakası olmayan ve ışığı dışarı yansıtan saydam liderle gerçekleştirilen aydınlatma sistemidir. Saydam lifler kırılmalıdır ve kesitleri küçüktür. Bu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

Optik lifli aydınlatma sistemleri Şekil 5.1’ de gösterilmiş olup, en genel halde üç ana elemandan oluşur,

Işık kutusu

Lif demetleri

Optik dağıtım noktaları



Şekil 5.1. Optik lifli aydınlatma sistemi elemanları

5.1.1. 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 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 morötesi ışınlardan korumak amacıyla kullanılmaktadır. Farklı renklerde dinamik ışık etkileri oluşturmakta renk daireleri ile mümkün olmaktadır.

5.1.2. Lif demetleri

Liflerin üretimi yüksek teknolojik imkanlar gerektirmektedir. 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 380nm. ile 420 nm. arasındakileri geçirmez. Bu durum ışık tayfında mor-mavi ışık 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.

5.1.3. 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 izlenimler oluşturabilir.

5.2. Optik Lifli Aydınlatma 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 gözükmetedir. Tablo 2' de 3000 °K renk sıcaklıklı bir lambanın ürettiği ışığın optik lifli aydınlatma sistemi ile taşınması ve dimmerlemesi durumunda, renk sıcaklığında oluşacak farklılıklar gösterilmektedir.

Tablo 2. 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. Arıca kaynak gerisine yerleştirilen yansıtıcılarda ışığın liflerde toplanmasına yardımcı olur. En iyi sonuç iyi tasarlanmış eliptik yansıtıcılı kompakt ışık kaynakları ile elde edilmektedir. Bu durumda verim % 60- % 80 civarındadır.

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

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 kablosunun giriş ve çıkışı aynı ışık kutusuna bağlanabilir.

5.3. Optik Lifli Aydınlatmanın Kullanım Alanları

Fiber optik aydınlatma sayesinde ışığı yoğunlaştırmak dağıtmak ya da renklendirmek kolayca sağlanabildiği için bu sistemlerin sınırsız uygulama alanı bulunmaktadır. Her şeyden önce gelecekte büyük oranda geleneksel aydınlatmanın yerini alması beklenmektedir. Bir fiber optik 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), görüntüler oluşturulabilir (ışıklı çeşmeler, heykel aydınlatmaları, yıldızlı gökyüzleri, çeşitli animasyonlar) ya da 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 onaya çıkarılması reklam ve dekoratif amaçlı ışıklı şekil ve yazıların oluşturulmasında kullanılan yüksek gerilimin neon tüplerinin yerinede 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 uygulamalar 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.

5.4. Optik Lifli Aydınlatma Sistemlerinin Üstünlükleri ve Sakıncaları

5.4.1. 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 sıcak ve soğuk gibi nedenlerle, bilinen normal lambalı aydınlatma sistemlerinin tehlikeli olabileceği ortamlarda güvenle kullanılabilirler.

5.4.2. 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.

5.5. Fiber Optik Aydınlatma Sistemlerinin Uygulamalarında Kullanılan Temel Malzemeler

5.5.1. Işık generatorü

Optik aydınlatma sisteminin kalbinde bulunan Şekil 5.2' de gösterilen ışık generatörü halojen ve metal halinde lambalardan elde edilen ışık akısını en etkin bir şekilde fiber optik kablounun toplandığı merceğe verir. Filtreler veya renk değiştirici sistemler daha dinamik aydınlatma efektleri elde edebilmek için eklenebilir.



Şekil 5.2. Işık generatörü

5.5.2. Kablolar

Kablolar ışık akısının generatörden aydınlatma yapılacak noktaya iletirler. Her bir kablo değişik uzunluklarda olabilmektedir. Standart optik kablolar PMMA' dan yapılmaktadır. Fiber optikte çıgır 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 5.3).



Şekil 5.3. Optik kablolar

5.5.3. 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. Bunlar projenin son aşamasında uygulandıkları için rahatlıkla değişiklik yapma imkanı hazırlamaktadırlar.

5.5.3.1. Optik Aydınlatmanın Kullanılabileceği Örnek Mekanlar

5.5.4. Merdiven aydınlatması:

Tamamen kontrollü, uzun ömürlü merdiven aydınlatılması Lightbeam (Yüksek yoğunluklu lineer fiber optik aydınlatma) tekniğiyle gerçekleştirilmektedir. 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.

5.5.5. Müze aydınlatması

Tarihi eserlerin bulunduğu müzelerde tarih ve sanatsal eserlerin ısı, Ultraviyole ve Infrared gibi istenmeyen bir takım kötü etkilerden korunması amacıyla light frame

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.

5.5.6. Camekan/Oda aydınlatması:

Genellikle gösteri amaçlı camekanlar 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.

5.5.7. Estetiki Aydınlatma

Duvar aydınlatmaları olarak da adlandırılır. Bu tip aydınlatma da saf ve kuvvetli aydınlık seviyelerim 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.

5.5.8. 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.

5.5.9. Havuz aydınlatılması

Fiber optikle yapılan havuz aydınlatmalarında var olan renk tekerleği ile gerek havuzun, gerekse şelalelerinizin gerekse bunların çevresindeki alan istediğimiz renkte aydınlatılır. Böylelikle hem daha estetik bir görünüm kazanılmakta hem de havuzun 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 aydınlatılmaktadır. Işık kaynağı sudan uzak bir yerde olduğu için ampul değişimi son derece kolaydır.

Fiber optikten önce, yüzme havuzu 120 V veya 240 V' luk condeskent lambanın su seviyesinden 24 inç aşağıda yerleştirilmesiyle aydınlatılırdı. Bu yüksek voltajlı enerjinin havuzda yüzen insanlara 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 aydınlatma havuzların fiber optik sistemle aydınlatılması tahmin edilenden daha kolay bir şekilde sağlanmaktadır.

5.6. Fiber Optik Aydınlatmada Güneş Işığının Kullanılması

Teknolojide elektriğe olan bağımlılık oldukça ürkütücü boyuttadır. Bu bağımlılığın sonucu olarak büyük metropollerdeki kısa süreli elektrik kesintileri bazen hayatımızı kaba çevirmeye yetmektedir. Bunun en yakın zamandaki örneği 2003 yılında New York' ta yaşanan ve bize elektrik şebekesindeki çöküşün nelere mal olabileceğini gösteren büyük kesintidir. Fabrikalarda üretim durmuş, soğuk ortamlarda saklanması gereken yiyecekler bozulmuş, kredi kartları ile alış verişte kullanılan elektronik cihazlar çalışmamış ve büyük insan kitleleri panik halinde işyerlerinden dışarıya fırlamıştır.

Bu bağımlılıktan belirli bir ölçüde kurtulabilmek için, tüm dünyada alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasına ilişkin büyük bütçeli projeler desteklenmektedir. Günümüzde aydınlatmada kullanılan elektrik enerjisi, toplam enerji sarfıyatının %25' ini oluşturmaktadır. Ekstra aydınlatma gereksiniminden dolayı güneşin en verimli olduğu, aydınlık seviyesinin yüksek olduğu zamanlarda ise toplam aydınlatmada harcanan enerjinin % 40' lık bir bölümü harcanmaktadır. Aydınlatma belki birçok insanın düşündüğünden daha çok masraflıdır. Özellikle, güneş ışığının optik fiber kablolar ile taşınarak evlerin aydınlatılmasında kullanımı, elektriğe olan bağımlılığı belirli bir seviyede düşürebilecektir. Örneğin, elektrik kullanımındaki %10' luk tasarruf, elektriğe bağlı sistemlerin güvenli kullanımını artıracaktır.

Optik kabloları kullanarak güneş enerjisinden yararlanma konusunda çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlarda önemli olan husus, optik fiberlerin maliyeti ve sistemlerin verimliliğidir. Optik fiberler çok ucuz olmayan malzemelerdir ve güneş enerjisinin ekonomik olarak verimli olması için sistem analizinin iyi yapılması önemlidir.

Bu konuda kaydedilen ilk çalışmalar, 1976 yılında Kato ve Namura, 1982 ve 1985'te Cariou, 1993' te Khatri, 1995' te Nakamura, 1997' de Liang, Peill ve Hoffmann ve 1998' de Feuermann ve Gordon tarafından gerçekleştirilmiştir.

Söz konusu çalışmaların varlığına rağmen, güneş enerjisi ve optik fiberlerin birlikte kullanıldığı güç elde etme çalışmalarından, henüz temel enerji kaynağı olacak düzeyde yararlanılamamaktadır.

Aydınlatmada maliyet sadece aydınlatma elemanlarına ve elektrik enerjisine gitmez. Aynı zamanda yapay aydınlatmanın oluşturduğu ısıyı telafi içinde soğutma sistemlerine yatırım yapmak gerekmektedir. Bina içi soğutma gereksinimin %10' u aydınlatma sırasında açığa çıkan ısıdan dolayı harcanmaktadır. İşte bu maliyetlerin düşürülmesi için; florasan, halojen lamba kullanımı, otomatik açılan ve kapanan sistemlerin kullanılması gibi çözüm arayışları bu maliyeti istenen seviyeye düşürmekte yeterli olamamaktadır.

Çağımızda insanların zamanlarının büyük bölümlerini geçirdikleri, teknolojik olarak gelişmelerini sağladıkları bu ortamların insanların sağlığını etkilemeyecek ve onları yormayacak şekilde aydınlatılması gerekmektedir. Bunun için gün ışığından faydalanarak yapılabilecek sistemler olan güneş enerjili fiber optik sistemlerin uygulanması gerekmektedir.

Bulutsuz güneşli bir günde, dünya üzerindeki metre kare başına düşen ortalama güneş radyasyonu değeri yaklaşık 270-540 kcal/m²h' dir. Bu ise yaklaşık olarak 500 W' lık

enerji demektir. Yapay ışık kaynaklarının ürettiği ışıkla karşılaştırıldığında bu büyük bir kaynak oluşturur. Bir 100 W.'lık ampulün çektiği enerji 100 W. olmasına rağmen verdiği ışık 20-30 W. gücündedir. Geri kalan güç ise ısı olarak kaybolur. Bu durum yeryüzünde bir metre karedeki güneş ışığı, 100 W.'lık 25 adet lambanın oluşturduğu aydınlığını verebilecektir.

Dünyamız güneş ekseninde devamlı döndüğünden dolayı, günlere ve yıllara bağlı olarak güneş ışığı dünyaya hep değişik açılardan gelir. Bu ise güneş ışığının toplama esnasında bazı sorunlara yol açar. Güneş ışığını toplamak için en mükemmel yol, güneşi takip eden ve ışığı en yoğun noktadan almaya olanak veren döner sistemler geliştirmektir.

Bu konuda yürütülen çalışmalar neticesinde, güneş ışığının kapalı mekanlara taşınması konusunda çeşitli sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemlerdeki temel yaklaşım, güneş ışığının mercek aynalar ile yoğunlaştırılarak optik lifler üzerinden taşınması işlemidir. Söz konusu sistemler için bir örnek Resim 5.1' de görülmektedir.



Resim 5.1. Güneş ışığı fiber optik iletim sistemi

Sistemin omurgasını oluşturan mercek ayna tarafından yoğunlaştırılan güneş ışığı, ikincil mercek aynaya gönderilmektedir. Burada kızılötesi ve UV bileşenleri ayrıştırılan görünür ışık, alıcı düzeneğe iletilmektedir.

Sistemin, güneşi en verimli açıyla takip edebilmesi amacıyla, Küresel Konumlama Cihazı (GPS)' na bağlı mikroişlemci tarafından yönetilen iki motoru bulunmaktadır.

Burada GPS cihazı zaman ekseninde güneşin konumunu takip etmek için kullanılmaktadır. Mikroişlemci güneşin sisteme göre konumunu 0,5 derece hassasiyetle belirleyebilmektedir. Bu sayede sistemin temel aynası, tıpkı ayçiçekleri gibi güneşi takip ederek, gün boyunca en fazla ışık yoğunluğunu toplayabilmektedir. Takip sisteminin işleyişi için, 9 V' luk pile karşılık gelen güneş pilinden elde edilen oldukça küçük bir güç yeterli olmaktadır (Arı vd., 2006).

Sisteme bağlanan fiber optik kablo demetinin bir ucuna, güneş ışınlarının fiber kabloya odaklanmasını sağlayan mercek, diğer ucuna ise optik dağıtım sonlandırıcısı yerleştirilir. Fiber optik kablo demetinin mercek olan ucu aynaların odağına, dağıtım sonlandırıcısı olan ucu ise aydınlatılacak bölgeye yerleştirilir.

Bu basit sistem ile güneş ışığı, fiber optik kablo ile taşınarak evlerde ve işyerlerinde oldukça düşük bir maliyet ile aydınlatma amacı olarak kullanılabilir.

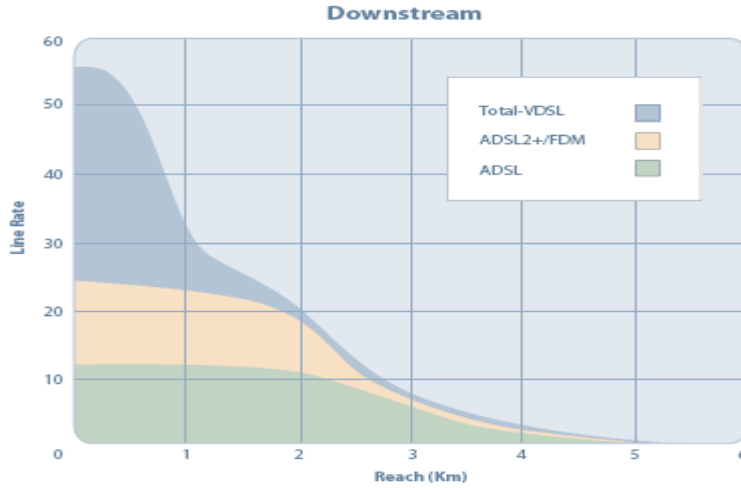
6. FİBER OPTİK UYGULAMA ALANLARI

6.1. FTTX Projeleri

Sabit ağ yapıları içinde en iyi veri iletimi, ışık spektrumunu kullanarak veri iletimini olanaklı kılan fiber hatlar üzerinden gerçekleşmektedir. Bir fiber kablo üzerinden teorik olarak saniyede 20 Terabayt' a kadar ulaşan hızlarda veri iletilmesi mümkündür. Fakat bir verinin iletimi için gönderici ve alıcı cihazların da iletim ortamı kadar hızlı çalışması gerekmektedir. Sistemin kapasitesi, sistemdeki elemanlardan en yavaş çalışan birimin düzeyine göre ifade edilmektedir. Fiber teknolojilerde de kapasiteyi belirleyen, gönderici ve alıcı cihazların, elektronik sinyalleri optik forma dönüştürebilme ve optik sinyali okuyup işleyebilme hızlarıdır. Her ne kadar bu dar boğazlar iletişim hızını engelliyor olsa da verinin optik ortamda taşınması diğer sabit veri taşıma yöntemleriyle kıyaslanınca oldukça yüksek oranda bir fark ortaya koymaktadır.

Eski telefon sistemlerinde (Public Switched Telephone Network - PSTN) son kullanıcıya erişimde, çift sarmal biçimde döşenmiş bakır kablolar kullanılmaktadır. Bu sistemler yukarıda bahsedildiği gibi taşıma kapasitesi sınırlaması yanında uzak mesafelere veri taşıma konusunda da geri kalmaktadır. Çift sarmal bakır kablo teknolojisi sadece analog ses bilgisi iletimi için düşünülmüş bir yapıdır. Daha sonra değişik modülasyon teknikleri kullanarak var olan hatlar üzerinden veri iletimi mümkün hale getirildi ise de veri taşınması kısa mesafelerde (ADSL için maksimum 5 km. gibi) belirli kapasite sınırlarına kadar yapılabilmektedir (Şekil 6.1).

Bu noktada fiber hatlar bariz bir üstünlük göstermektedir. Fiber üzerinden şu anki teknoloji ile 100 km. mesafede 10 Gbps ile veri iletimi mümkündür (URL-1, 2011).



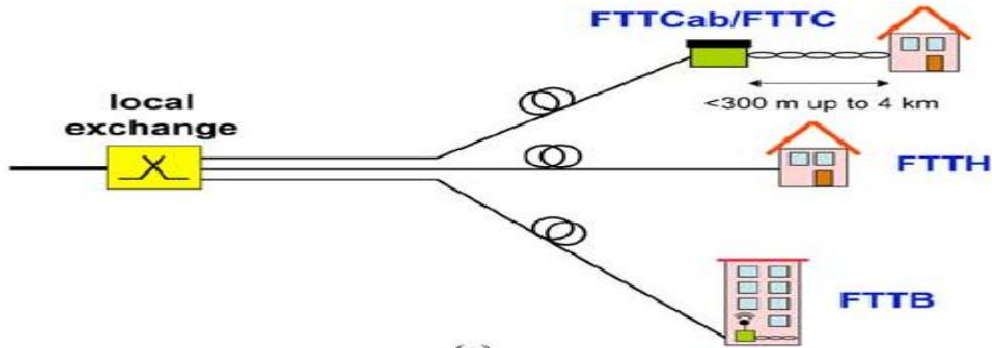
Şekil 6.1. XDSL sistemlerin maksimum kapasite ve erişim grafiği

Triple Play, veri, ses ve görüntü hizmetlerinin kullanıcıya aynı servis üzerinden birlikte verilmesidir. Bunun için gereken kapasite ihtiyacının karşılanması servis sağlayıcıları daha verimli teknolojiler geliştirmeye yönlendirdi. Triple Play ile kullanıcılar aynı anda sesli, görüntülü görüşme, isteğe bağlı TV yayını, yüksek çözünürlüklü (HD) IPTV ve İnternet hizmetlerini tek kablo üzerinden alabilecekler. Bu nedenle servis sağlayıcılar, artan kapasite ihtiyaçlı servisleri müşterilerine sunabilmek için gelişen FTTH teknolojisine daha çok ilgi göstermektedir.

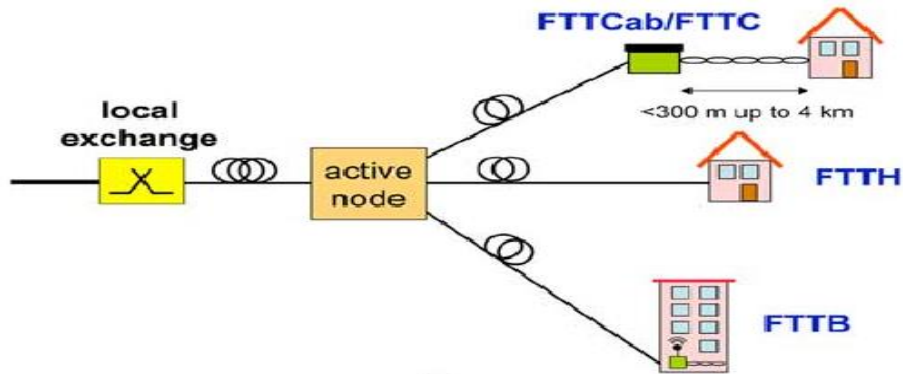
FTTH teknolojilerinin isimlendirmesi konusunda da farklı terimler görebilirsiniz. Genel olarak fiber erişim ağ teknolojileri FTTX şeklinde isimlendirilmektedir. Burada sondaki “x” harfi fiber kablonun ulaştığı son noktaya göre değişmektedir. FTTH, FTTP, FTTC, FTTB... gibi isimlendirmeler kullanılmaktadır. Burada örneğin “B” “building”, “C” “Cabinet”, “P” “Premises” manasında fiber hattın sonlandırıldığı noktayı temsilen kullanılmaktadır. Yakın gelecekte optik sonlandırıcı cihazların her evde kullanıcıya özgü olacağı ve FTTH olacak bir yapıya gidileceği öngörülmektedir. Fakat günümüzde ekonomik nedenlerden dolayı her kullanıcıya optik modem kurmak yerine apartmanlara veya sokak kabinlerine bu cihazlar kurularak birden fazla kullanıcıya tek erişim noktasından hizmet, ethernet veya VDSL yapısı ile dağıtılarak verilmesi tercih edilmektedir (URL-1, 2011).

Mimariler açısından FTTH sistemleri inceleyecek olursak 3 çeşit temel model karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; noktadan noktaya bağlantılı erişim ağları, aktif erişim ağları ve pasif erişim ağlarıdır. Noktadan noktaya bağlantılı modelde Şekil 6.2’ den görüleceği üzere her kullanıcı merkez ofise ayrı bir fiber hat ile bağlıdır. Bu yapı

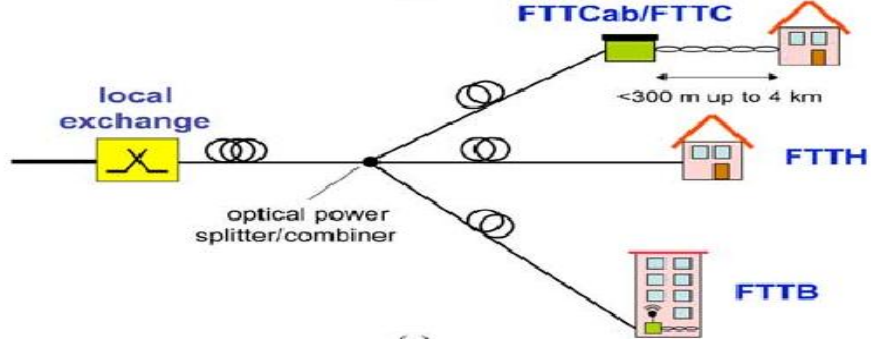
maksimum esneklik ve iletim kapasitesi sunmasına rağmen merkez binada büyük ölçekli giriş kümesi olan bir alıcı-gönderici cihaza ve çok miktarda fiber kablo döşenmesine ihtiyaç duymaktadır. Aktif yıldız mimarilerde ise merkez ofisten belirli bir noktaya kadar iletim tek fiber üzerinden gerçekleştirilir. Kullanıcı noktalarına yakın bir merkezi noktada aktif olarak nitelendirdiğimiz, yani elektronik olarak aktif çalışan ve güç tüketen ara bir yönlendirici vasıtası ile veri iletimi, kullanıcılara ayrı fiberler üzerinden sağlanır. Aktif ara eleman kullanmanın dezavantajı elektronikten optiğe dönüşüm gerektirmesi ve güç tüketici olduğu için operatör firmaya ek işletme maliyeti (OPEX) getirmesidir (Şekil 6.3). Pasif mimaride ise diğer iki modelde bahsi geçen dezavantajlar bulunmamaktadır. Pasif mimaride merkez ofisten çıkan tek bir fiber hat pasif optik ayraçlarla, her bir kullanıcı için bölüştürülerek dağılır. Burada pasiften kasıt, optik ayraçların herhangi bir dış güç beslemesine veya müdahaleye ihtiyaç duymadan gelen sinyali ayırmasıdır. Bu üç modelden genelde pasif yıldız ağ modelinin kullanımı yaygın olarak kabul görmüş ve standartlaştırılmıştır. Pasif yıldızlı ağ modeli çoğunlukla Pasif Optik Ağ (Passive Optical Network - PON) olarak isimlendirilir (Şekil 6.4).



Şekil 6.2. Noktadan noktaya bağlantılı erişim ağları

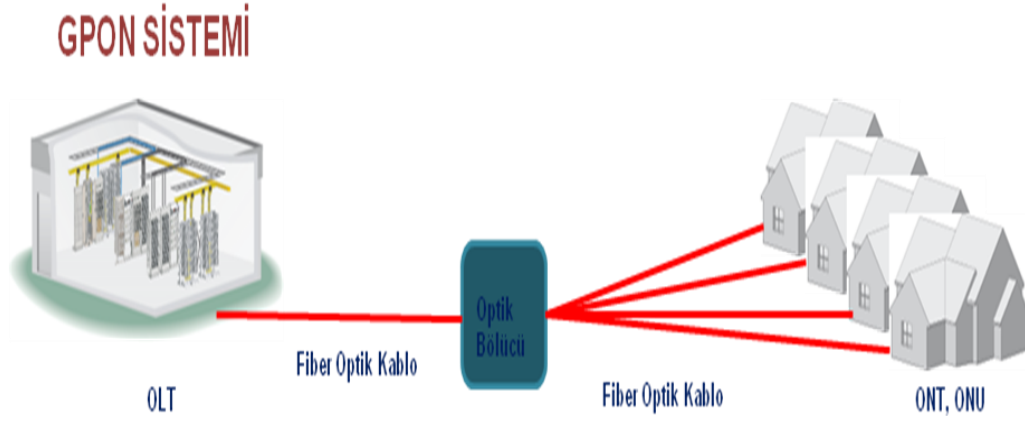


Şekil 6.3. Aktif erişim ağları

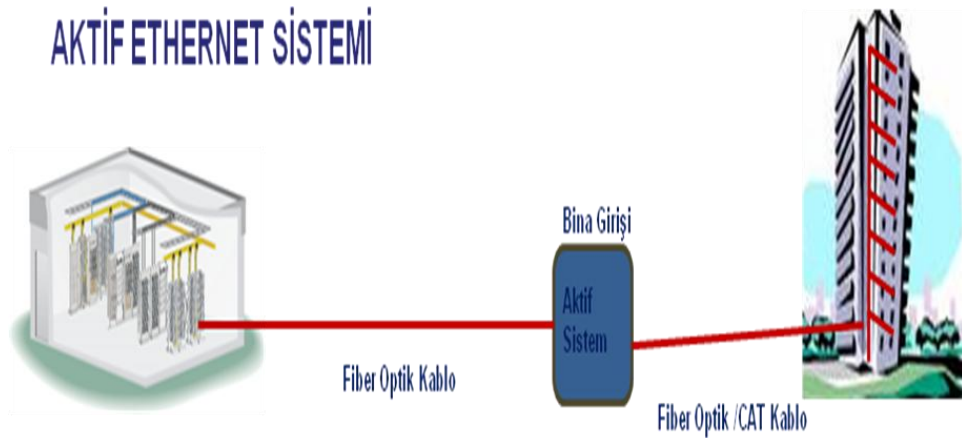


Şekil 6.4. Pasif erişim ağları

FTTC ile ilgili diğer şebeke mimarileri Şekil 6.5, Şekil 6.6, Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’ de gösterilmiştir.

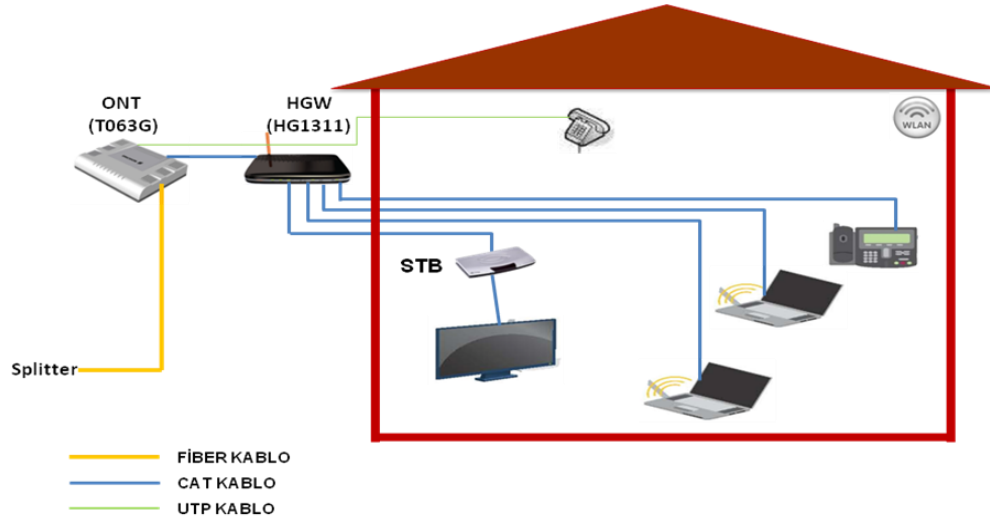


Şekil 6.5. Gpon Sistemi

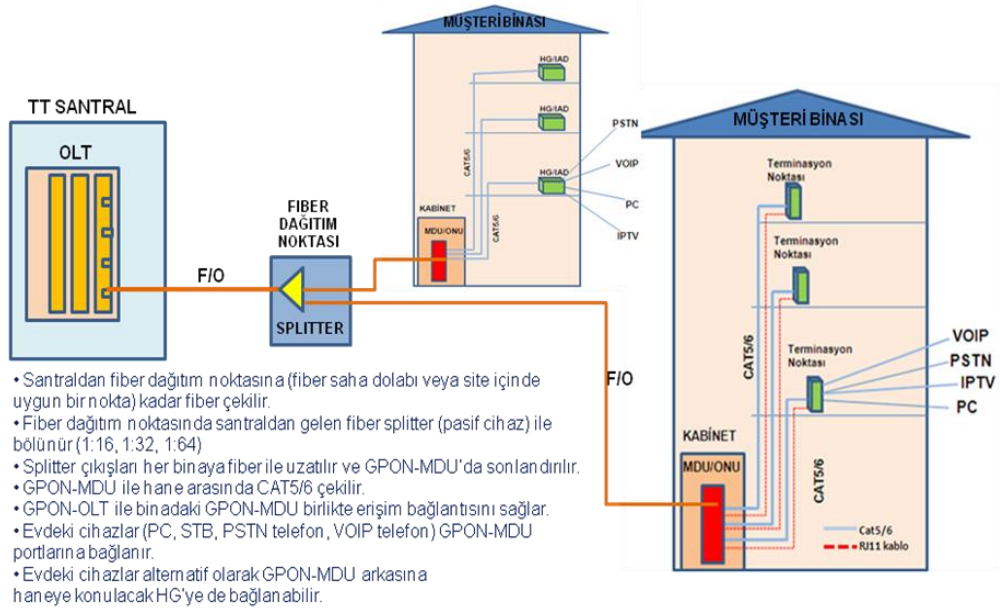


Şekil 6.6. Aktif Ethernet Sistemi

FTTH GPON Uygulamaları (4 port ve 2 PSTN)



Şekil 6.7. FTTC



Şekil 6.8. GPON mimarisi

6.2. Tıp Uygulamaları

6.2.1. Optik fiberin tıpta kullanılması

Haberleşme teknolojisinde yeni çıgırlar açan optik fiberler, tıpta da görüntüleme, teşhis ve tedavi alanlarında büyük gelişmeleri beraberinde getirmiştir. Bu çok ince ve esnek lifler, insan vücudunun canlı dokularına eşsiz bir pencere açmaktadır. Vücudun doğal açıklıklarından ya da açılan küçük bir sondadan içeriye salınan optik fiberler, vücut içindeki tabii yolları izleyerek, akciğer bronşlarına, kalbin odacıklarına ve bağırsakların en ince kıvrımlarına kadar ulaşabilmekte ve hekimlere, buraları rahatça izleme imkanı tanımaktadır.

Yine bu yöntemle, doktorlar hastayla ilgili kimyasal tahlilleri, laboratuvarlara gerek duymadan, hasta başında, ameliyathanede ya da muayene masasında yapabilmektedirler. Diğer taraftan cerrahlar, optik fiberlerden iletilen çok ince lazer ışınlarıyla, vücut içinde bazı ameliyatları, kesip biçmeden ve iz bırakmadan gerçekleştirebilmektedirler.

Optik fiberin uygulanması anestezi gerektirmemekte ve hekimler tarafından muayenehanelerinde güvenle ve rahatlıkla uygulanabilmektedir. Bu durumda, tıbbi tedavinin parasal maliyetinin de oldukça azalması beklenebilir. Öte yandan, büyük ameliyatlara dayanamayacak derecede yaşlı, zayıf ve küçük olan hastalar için, bu optik ameliyatlar çok daha önem arz etmektedir.

6.2.2. Optik fiberle kanser teşhis ve tedavisi

Optik fiberlerin çok çarpıcı bir başka kullanımı ise, bazı küçük zararlı tümörlerin belirlenip yok edilmesidir. Bu amaçla, floresan endoskopi metodu, halen başarıyla uygulanmaktadır. Bu yöntemde, hastaya, ultraviyole ışık altında kırmızı renk veren özel bir boya bir müddet emekte edilir. Kanserli doku bu boyayı sağlam dokulardan daha çok emmektedir.

Ardından, şüpheli bölge, kripton lazeri gibi uygun bir ultraviyole ışık vasıtasıyla aydınlatılmakta, zararlı tümörler, bu işlem sırasında kırmızı renkte görülmektedirler. Böyle bir dokuya ultraviyole yerine yoğun kırmızı ışık verildiğinde ise sonuç çok daha değişik olmaktadır. Verilen boya, kırmızı ışığı çok aşırı bir şekilde emmekte ve bu da bir dizi fotokimyasal reaksiyona neden olmaktadır. Sonuçta ise, bu maddeyi fazlaca içeren kanserli

doku, optik fiberlerle iletilen altın buharı lazer gibi yoğun bir kırmızı ışıkla, tek tek yok edilmektedir.

Çok gelişmiş bir televizyonun netliği, tıbbi bir laboratuvarın hassasiyeti ve bir cerrahın kabiliyeti, küçücük damarlara girebilen incecik bir aletin içine sığdırılmış bulunuyor; işte, optik fiberlerin tıptaki başarısı.

Yukarıda anlatılanların dışında, tıp alanında meydana gelen ve üzerinde çalışılmakta olan birçok gelişme daha vardır. Özellikle gen tedavisinde yapılan çalışmalar, yeni umutlar doğurmuştur. Gen tedavisindeki başarıyla, kanser ve kalıtsal hastalıkların tedavisinde de iyi sonuçlar alınabilecektir.

7. FİBER OPTİK KABLO VE BAKIR KABLO KARŞILAŞTIRMA DENEYLERİ

7.1. Fiber Optik ve Bakır Kabloların İletim Mesafeleri ve buna bağlı kayıpların incelenmesi

7.1.1. Bakır Devre Ölçümleri

Bakır devre ölçümleri Resim 7.1’ de gösterilen ACTERNA HST 3000 C cihazıyla ölçülmüştür.



Resim 7.1. ACTERNA HST 3000 C ölçüm cihazı

Şekil 7.1’ de Bakır devre üzerinden beslenen bir ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) devresi incelenmiş olup, maximum 8096 KB (8 Mbps) veri iletim hızına ulaşması gereken hat değerleri % 37 kapasite ile 3008 KB (3 Mbps) değerlerini göstermektedir.



Şekil 7.1. ADSL ölçüm sonuçlarının HST 3000 C cihazındaki gösterimi

Söz konusu ölçüm 1.6 km. mesafe için yapılmış olup toplam hat zayıflaması 29 dB, km. kaybı yaklaşık 18 dB civarındadır. Şekil 7.2' de aynı devrenin bant genişliği ekran çıktısı verilmiştir.



Şekil 7.2. ADSL devresinin bant genişliği ölçümünün HST 3000 C cihazındaki gösterimi

Aynı ölçüm tekniği 1895 metre için yapıldığında,

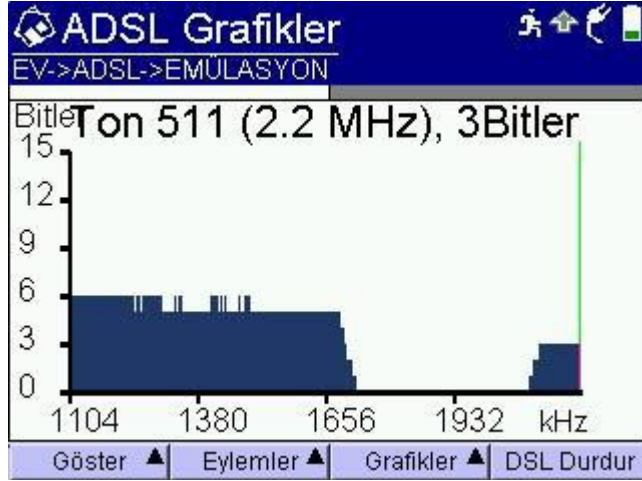


Şekil 7.3. Mesafe ölçüm sonucunun HST 3000 C cihazındaki görünümü

ADSL Özet		
EV->ADSL->MODEM YERİNE GEÇ		
DSLAM	01010101 01010101	PPPoE ADSL2 Ek A ATU-R
Buluştu	GÖN.	İND.
Tahsis Edilen Hız	1021 K	4091 K
Max. Hız	1021 K	9816 K
Kapasite	100 %	41 %
Gürültüye Yakınlık	11.0 dB	27.0 dB
Zayıflama	17 dB	32 dB
Modem Hatası Yok		
Göster ▲	Sonuçlar ▲	DSL Durdur

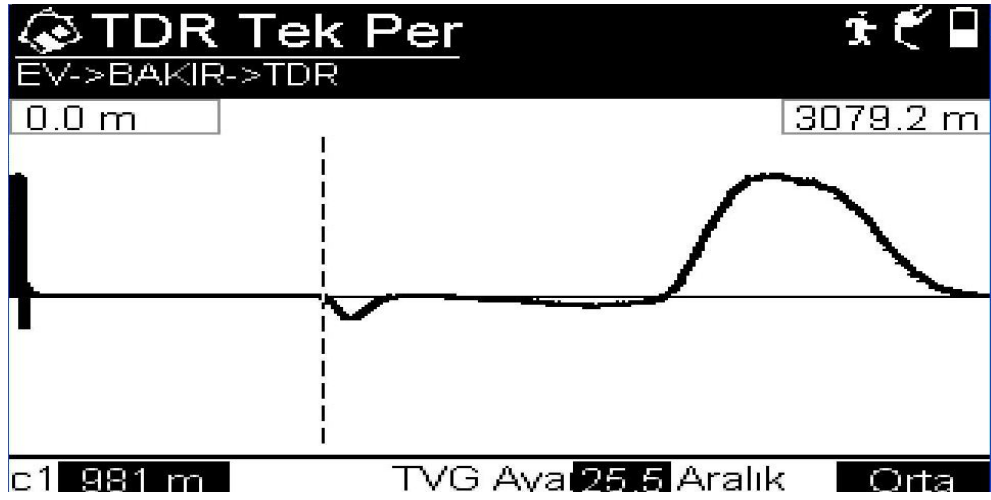
Şekil 7.4 1.8 km. için hat değerleri

Yapılan ölçümlerde Şekil 7.3' den görülebileceği gibi 1895 metrede toplam hat zayıflaması 32 dB olup km başına ortalama zayıflamanın 16,88 dB olduğu ve uzun mesafe iletim için uygun olmadığı hat zayıflamalarından görülmüştür (Şekil 7.4).



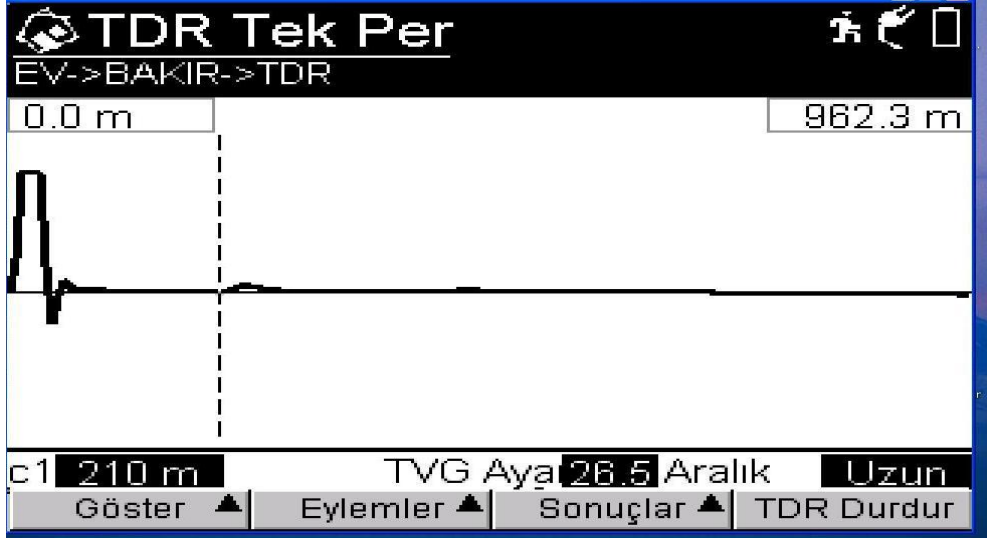
Şekil 7.5. 1.8 km. mesafedeki ADSL devresinin bant genişliği

Bakır devrelerde söz konusu kayıplar iletim mesafesi, kablodaki direnç, ek yapımı sırasındaki hassasiyete göre değişebildiğinden dolayı Şekil 7.6’ da iyi ek yapılmış ADSL devresi, Şekil 7.7’ de ekçiliği kötü bir devre verilmiştir.



Şekil 7.6. İyi eklenmiş bakır devre karakteristiği

Şekil 7.6’ dan görüleceği üzere 981. metrede yapılan ekten sonra hat biraz zayıflamaya uğramış fakat ekin iyi yapılmış olması nedeniyle 3079 metre hat sonunu görmüştür ve ADSL sinyalini taşıyabileceği maksimum mesafeye ulaşmıştır.



Şekil 7.7. Kötü ek yapılmış bakır devre karakteristiği

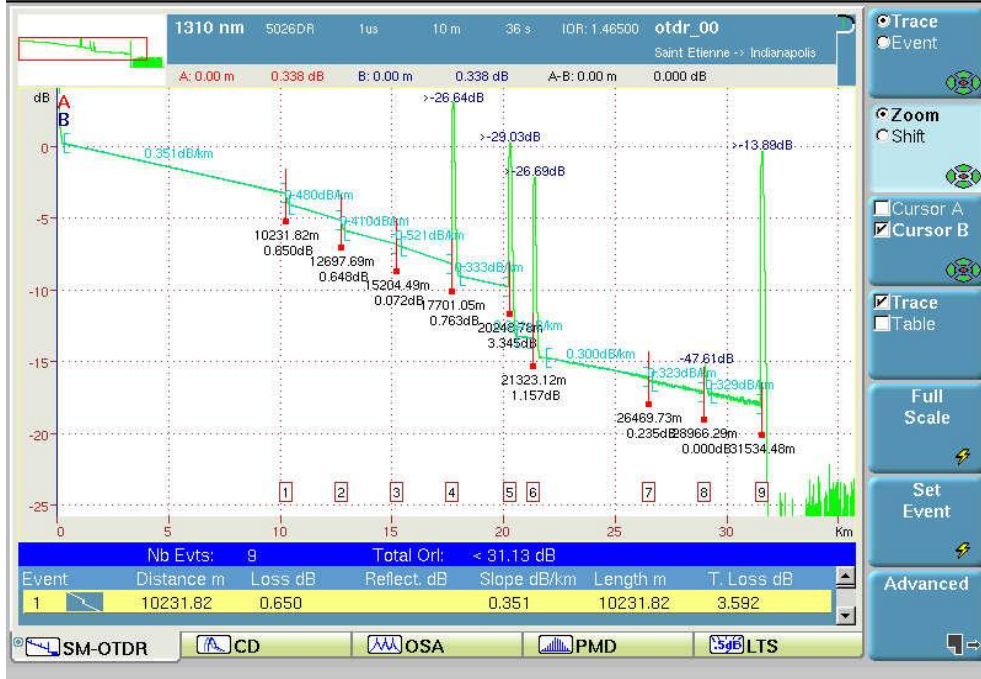
Şekil 7.7’ de kötü ekçilik tekniği uygulanmış bir devre karakteristiği incelenmiş olup, 210. metrede yapılan ekten dolayı hattın maksimum iletim mesafesi 962.3 metre olmuştur.

7.1.2. Fiber Optik Kablo Ölçümleri

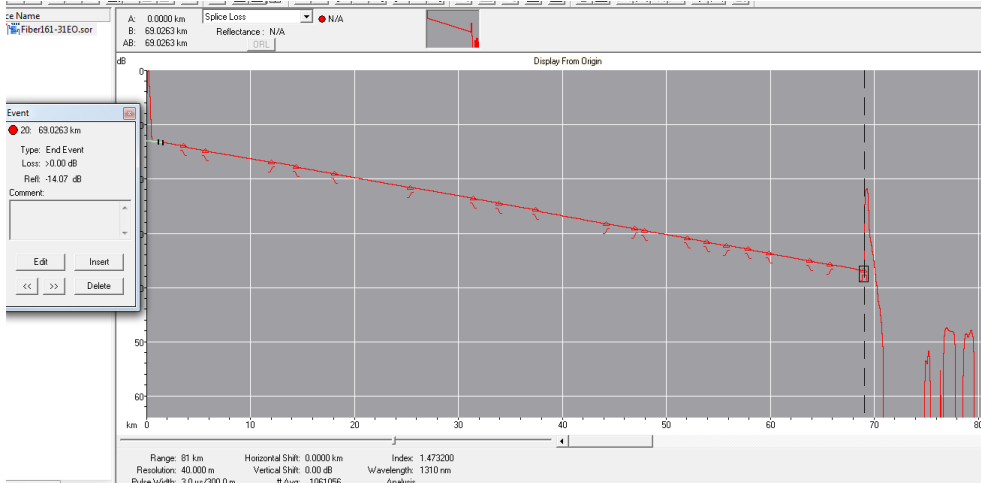
Fiber Optik Kablo hat değerleri Resim 7.2’ de gösterilen JDSU MTS 6000 cihazıyla yapılmıştır.



Resim 7.2. JDSU MTS 6000



Şekil 7.8. OTDR ölçüm ekran görüntüsü



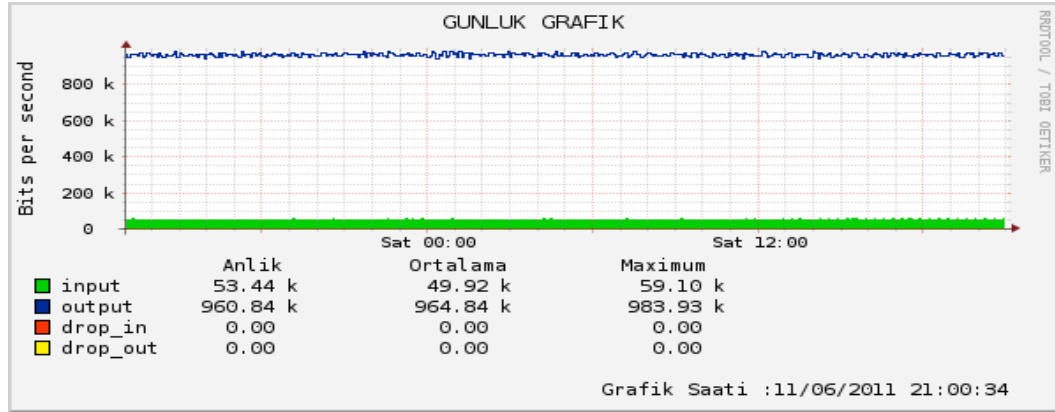
Şekil 7.9. Tunceli – Pülümür arası fiber optik mesafe ölçümü ve toplam kayıp

Şekil 7.9’ da görüldüğü gibi fiber optik ölçümü Tunceli- Pülümür arası yapılmış olup toplam 69 km. mesafede 14,07 db zayıflama görülmüştür. Bakır devre üzerindeki kaybın ortalama 18 db/km olduğu değerlerin fiber optik iletimde 0.20 db’ ler de olduğu sonucu bulunmuştur.

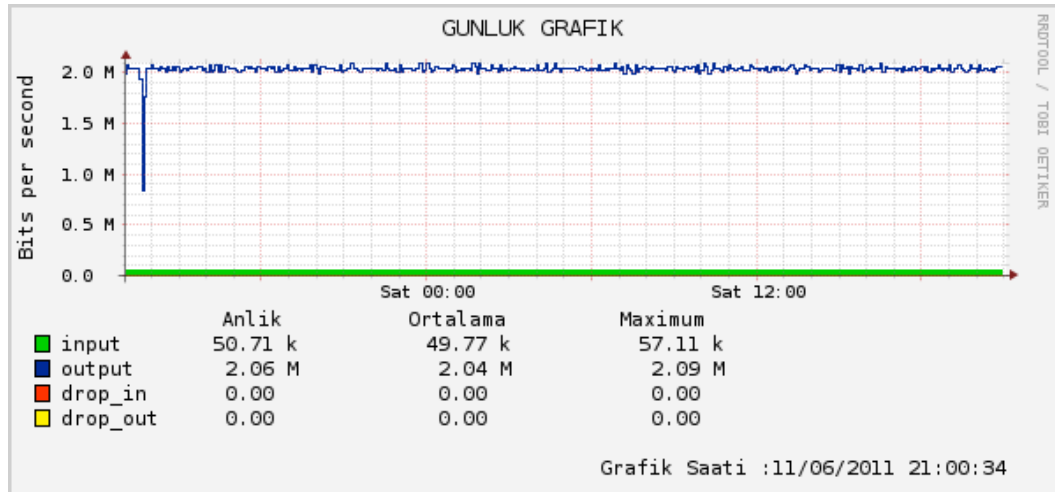
Ölçülen değerlere göre uzun mesafe iletim de kayıpların çok az olması nedeniyle fiber optik iletim tercih edilmesi zorunludur.

7.2. Fiber Optik ve Bakır Kablo Arasındaki Veri İletim Hızı ve Mrtg (Multi Router Traffic Grapher) Değerleri

Söz konusu çalışma 2 MB veri iletim hızının belirli bir t zaman aralığındaki fiber ve bakır kablo üzerindeki karakteristiğini göstermektedir.



Şekil 7.10. G-SHDSL (Symmetric high-bit-rate Digital Subscriber Line) devresi



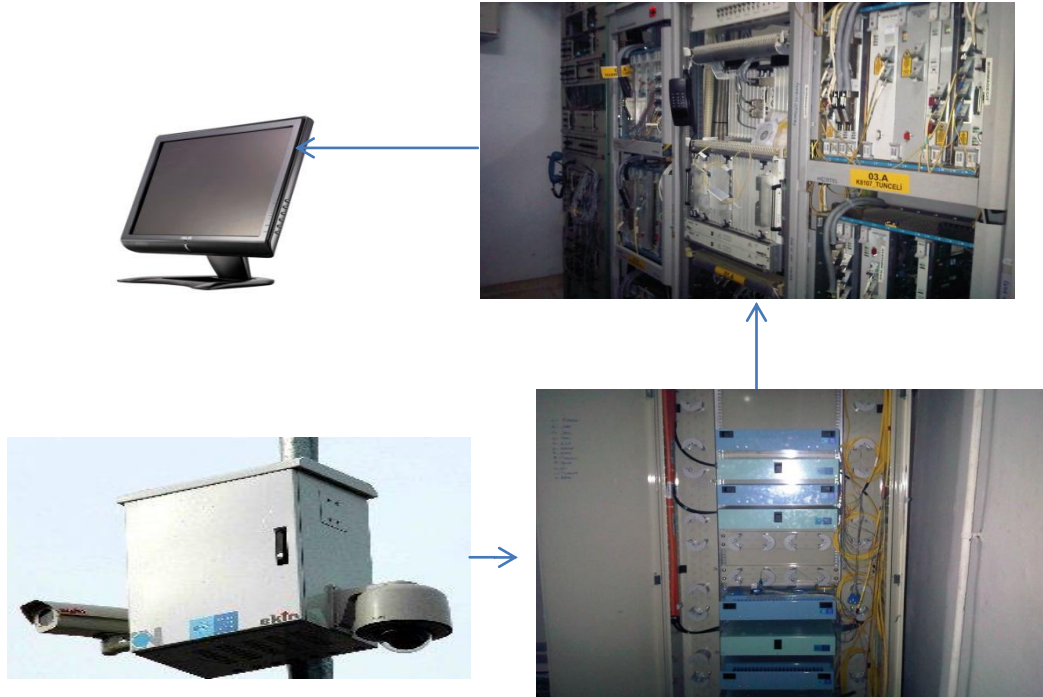
Şekil 7.11. Metro Ethernet devresi

Şekil 7.10' da bakır üzerinden beslenen G-SHDSL (Symmetric high-bit-rate Digital Subscriber Line) devresinin veri iletim hızının 2 MB yerine ortalama kayıplar sonucu 0,8 MB değerlerinde olduğu görülmektedir. Ortalama % 40 civarında bir iletim hızına ulaşılmıştır.

Şekil 7.11' de fiber üzerinden verilen Metro Ethernet devresinin 2 MB veri iletim hızında herhangi bir kayıp olmadan her t anında 2 MB hıza ulaştığı görülmektedir. İletim kaybı çok az olduğundan verim % 100' lere yakındır.

7.3. Bant Genişliğinin Mobese Altyapısı Kullanılarak Kamera Çekimleri İle Kıyaslanması

Bant Genişliğinin fiber kablo ve bakır kablo arasındaki farkı göstermek için MOBESE alt yapı çalışmaları kullanılmış olup, Türk Telekom Santrali ve Bilişim Salonunda IPMPLS sistem üzerinden bant genişliğinin arttırılarak görüntüler elde edilmiştir.



Şekil 7.12. Bant genişliği ölçüm cihaz düzeneği

Kullanılan sistemler ve akış diyagramı;

Deney, Şekil 7.12’ de gösterilen sahada kullanılan kameraların, bant genişliğini sağlayan gerekli sistemlerin kurulması ve kablolama işlemleri tamamlandıktan sonra 100 Khz. ve 250 Khz. bant genişliklerinde fiber optik ve bakır kablo tarafından elde edilen görüntülerin karşılaştırılması deneyidir.

100 Khz. için;

7.3.1. Bakır devre görüntüleri

100 Khz. için bakır devre görüntüleri Resim 7.3 ve Resim 7.4' de verilmiştir.



Resim 7.3. 100 Khz. için Bakır kablo ile çalışan kamera görüntüsü



Resim 7.4. 100 Khz. için Bakır kablo ile çalışan kamera görüntüsü

7.3.2. Aynı Frekansta Fiber Optik Ölçüm Görüntüleri

100 Khz. için fiber optik kablo ile çalışan devre görüntüleri Resim 7.5 ve Resim 7.6' da verilmiştir.



Resim 7.5. 100 Khz. için Fiber optik kablo ile çalışan kamera görüntüsü

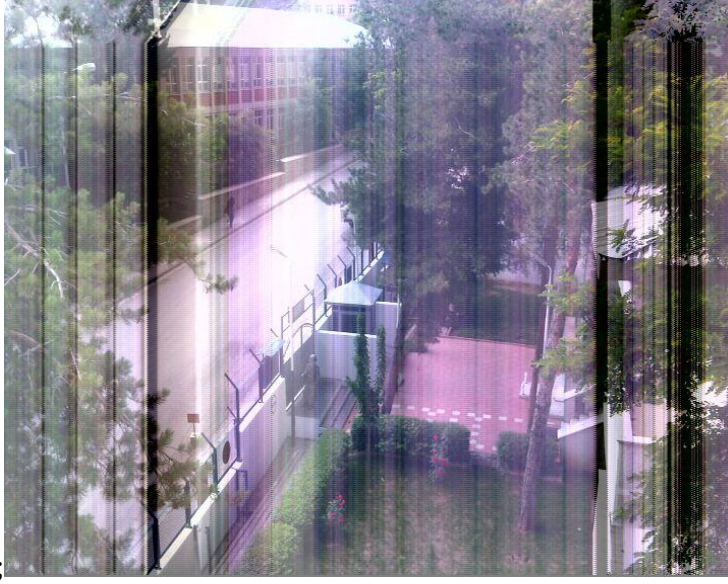


Resim 7.6. 100 Khz. için Fiber optik kablo ile çalışan kamera görüntüsü

Bant genişliği artırılıp 250 Khz. için ölçümler yapıldığında görüntü kaliteleri aşağıdaki gibi olmaktadır.

Bakır üzerinden çalıştırılan kamera görüntüleri;

250 Khz. frekansındaki bakır devre görüntüleri Resim 7.7 ve Resim 7.8’ de verilmiştir.



Resim 7.7. 250 Khz. bant genişliğindeki bakır devre görüntüsü



Resim 7.8. 250 Khz. bant genişliğindeki bakır devre görüntüsü

250 Khz. için fiber optik kablo ile çalıştırılan kameradan alınan görüntü;

250 Khz. frekansındaki fiber optik kablo ile çalıştırılan devre görüntüsü Resim 7.9’ da verilmiştir.



Resim 7.9. 250 Khz bant genişliğindeki fiber optik devre görüntüsü

Görüntüler sonucunda bant genişliğinin arttırılmasıyla birlikte fiber optik kablo ile çalışan kamera görüntülerinde herhangi bir netlik ve değer kaybı yaşanmamış olup, bakır devre üzerinden çalışan kamera görüntülerinde değer kayıplarına bağlı görüntü bozuklukları görülmüştür.

Deneylerle ilgili yapılan çalışmalar ve sistem görüntüleri Ek 2’ de resimler halinde sunulmuştur.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye’ de ve dünyada kullanım oranı hızla yükselen ve artık olmazsa olmaz seviyelerde kullanım alanı bulan fiber optik kabloların ve fiber optik sistemlerin teorisi, çalışma prensipleri ele alınmıştır. Fiber optik haberleşme sistemini oluşturan bileşenler ortaya koymuştur ki bu sistemler diğer koaksiyel hatlarla karşılaştırıldığında ilk kuruluş maliyetleri pahalı olmasına rağmen çok kısa mesafeler dışında uzun vadede işletim kolaylıkları, bilgi iletim hızı, bant genişliği, uzun yıllar istenilen gelişmelere cevap verecek olması ve ayrıca bilginin korunması da dikkate alındığında kullanımının yarar sağlamaktan ziyade gelişen teknolojiye ve artan haberleşme hızlarına ayak uydurmak için mecburiyet olarak algılanmaktadır.

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

DeneySEL olarak karşılaştırılması yapılan fiber optik ve bakır kablo arasındaki iletim mesafesi, buna bağlı kayıplar, bant genişliği değerleri incelenmiş olup, yapılan ölçümler neticesinde tüm bu özellikler için fiber optik kablonun en uygun iletim ortamı olduğu görülmüştür.

İletim mesafesi ve buna bağlı kayıpların incelenmesi bakır devre için HST 3000 C, fiber devre için JDSU MTS 6000 cihazlarıyla gerçekleştirilmiştir. Farklı mesafelerde yapılan ölçümler neticesinde bakır kablo ile çalışan devrelerde kayıpların yaklaşık 18 db/km olduğu görülmüştür. Fiber optik ölçümleri ise Tunceli-Pülümür hattı arasında yapılmış olup toplam 69 km mesafe ölçümüyle birlikte kaybın 0,20 db/km değeri ölçülmüştür. Ölçümler neticesinde uzun mesafe iletimler için fiber optik iletimin tercih edilmesi zorunluluğu doğmuştur.

Veri iletim hızının MRTG değerleriyle incelendiği ikinci deneyde 2 MBps değer için fiber optik kablo üzerinden çalışan Metro Ethernet devresi ve bakır kablo üzerinden çalışan G-SHDSL devreleri incelenmiş olup herhangi bir t anında bakır devrenin maksimum 0,8 MBps değerini gördüğü ve verimin % 40’ larda olduğu ölçülmüştür. Metro Ethernet devresinde ise 2MBps değeri alınmış olup verimin % 100’ e yakın olduğu görülmüştür.

Bant genişliğinin MOBESE altyapısı, Tunceli Türk Telekom A.Ş. Bilişim Servisinde kurulu bulunan cihazlar ve gerekli kablolama işlemlerin yapılması ile birlikte 100 Khz ve 250 Khz. de ölçümler yapılmış olup bu ölçümler kamera ekranından görüntü çıktısı alınarak aradaki fark karşılaştırılmıştır. Görüntüler sonucunda bant genişliğinin arttırılmasıyla birlikte fiber optik kablo ile çalışan kamera görüntülerinde herhangi bir netlik ve değer kaybı yaşanmamış olup, bakır devre üzerinden çalışan kamera görüntülerinde değer kayıplarına bağlı görüntü bozuklukları görülmüştür.

Sonuç olarak denilebilir ki globalleşen dünyamızda hızlı ve güvenilir haberleşmeye verilen önem çok büyüktür. Haberleşme yolunda her geçen gün yeni bir teknoloji ortaya atılmasına ve yeni haberleşme olanakları ortaya konulmasına rağmen büyük bilgileri taşınması hızlı ve güvenli bir iletim fiber optik iletim sistemlerinin görevidir. Fiber optik sistemler bu konudaki gelişmelere daha uzun yıllar boyunca cevap verecek ve bu üstünlüğü hiçbir sisteme bırakmayacaktır.

9. KAYNAKLAR

- Agrawal, G.P.**, 2010. "Fiber-Optic Communication Systems", Wiley -Blakwell, Canada.
- Arı, Murat, Taplamacioğlu, M.Cengiz, Şenol, M. Akif**, 2006. "Lighting With Sun Its Applications", 3rd International Conference On Technical and Physical Problems in Power Engineering, Ankara.
- Ateş, M.**, 2003. "Fiber Optik Hat Teçhizatları", Teletaş Yayınları, Ankara.
- Chamycz, B.**, 2006. "Planning Fiber Optic Networks ", Mc Gra- Hill Professional.
- Casimer DeCusatis**, 2008. "Fiber Optic Data Communication", Academic Press New York.
- Dutton, HJR.**, <http://www.redbooks.ibm.com/pubs/pdfs/redbooks/sg245230.pdf> "Learning Optical Communication". 10 Mayıs 2011.
- Ghatak A.**, 1998. " Introduction to Fiber Optics ", Cambridge University Press.
- Gibson, Jerry D.**, 2002. "The Communication Handbook", CRC Press, New York.
- Green, J.**, 2009. "Fiber to the Home", Wiley – Interscience.
- Hayes, J.**, 2005. "Fiber Optics Technician's Handbook", Delmar Publishers, Albany, New York.
- Hayes, J.**, 2006. " Fiber Optic Technician's Manual " , Thomson Delmar Learning.
- Mahlke, G.**, 2003. Gössing P., Fiber Optic Cables Fundamentals, Cable Engineering, System Planing; Siemens AG, Munich.
- Mahlke, G.**, 2003. Gössing, P., "Fiber Optic Cables", Rublicis MCD Verlag, Editör: Siemens Aktiengesellschaft, Munich.
- Özsoy, S.**, 2009. "Fiber Optik", Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- Philips**, 2000. "Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri", Philips A.Ş. Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Ramesh, S.**, 2007. "Fiber Optics Communication", John Wiley High Education.
- Sckinger, E.**, 1993. "Broadband Circuits for Optical Fiber Communication, Wiley Interscience.
- Senior, John M.**, 2005. "Optical Fiber Communnications" Prentice Hall, New York-London.

Tomasi, Wayne, 2003. “ Elektronik İletişim Teknikleri” Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.

Tomasi, Wayne, 2003. “ Advanced Electronic Communications Systems” Prentice Hall,
New York.

Türk Telekom Akademi, 2005. “ Fiber Optik Temelleri ve Gelişimi ”.

URL 1- <http://www.bilisimdergi.com/FTTH-9-1.html>. 5 Mart 2011.

URL 2- <http://www.protelturkey.com/teknik/fo/fiberoptikkablo.html>. 15 Mart 2011

URL 3- http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber-optic_communication. 1 Nisan 2011.

Varol, H. Selçuk, 2008. “Optoelektronik & Fiber Optik”, Beta, İstanbul.

EKLER

EK 1. Türkiye’de fiber optik üretimi

TÜRKİYE’DE FİBER OPTİK ÜRETİMİ

S.No.	Kuruluş Adı	Yeri	Üretim Alanı
1	Corning Kablo ve Sistemleri Ltd. Şti.	Gebze	Fiber optik kablolar
2	Telerko Kablo ve Plastik Sanayi A.Ş.	Gebze	Telefon kabloları, yer altı ses frekans kabloları, harici tip askı abone kabloları, fiber optik kablolar
3	ETK Kablo San. Tic. A.Ş.	İstanbul	İletişim kabloları, fiber optik kablolar, data/LAN kablolar, elektronik kontrol ve kumanda kabloları; koaksiyel kablolar, enerji
4	Türk Prysmian (Pirelli) Kablo ve Sistemleri A.Ş.	İstanbul	220 kV.' a kadar olan tüm enerji kabloları, 3600 çifte kadar bakır iletkenli haberleşme kabloları ve fiber optik kablolar
5	HES Hesfibel Fiber Optik ve Elektronik San. ve Tic. A.Ş.	Kayseri	Fiber optik kablolar
6	Nexans İletişim Endüstri ve Ticaret A.Ş.	Denizli	Tesisat kabloları, orta gerilim enerji kabloları, telekomünikasyon ağı kabloları ve fiber optik
7	Türkkablo A.O.	İzmit	Yalıtılmış hava hattı kabloları, Alüminyum ve bakır iletkenli yeraltı güç kablolar, plastik yalıtkanlı telefon kabloları, fiber optik kabloları
8	Türk Siemens Kablo ve Elektrik San. A.Ş	Bursa	Elektrik Kabloları, fiber optik kablolar, güç, haberleşme ve telefon kabloları.
9	ATEK Kablo San. ve Tic. Ltd. Şti.	İstanbul	Dahili ve harici haberleşme kabloları, data kabloları, fiber optik kablolar
10	ETA Kablo - ETA Elektrik Telekom. Taah. Tic. ve San A.Ş.	Gebze	Enerji ve data kabloları, fiber optik kablolar

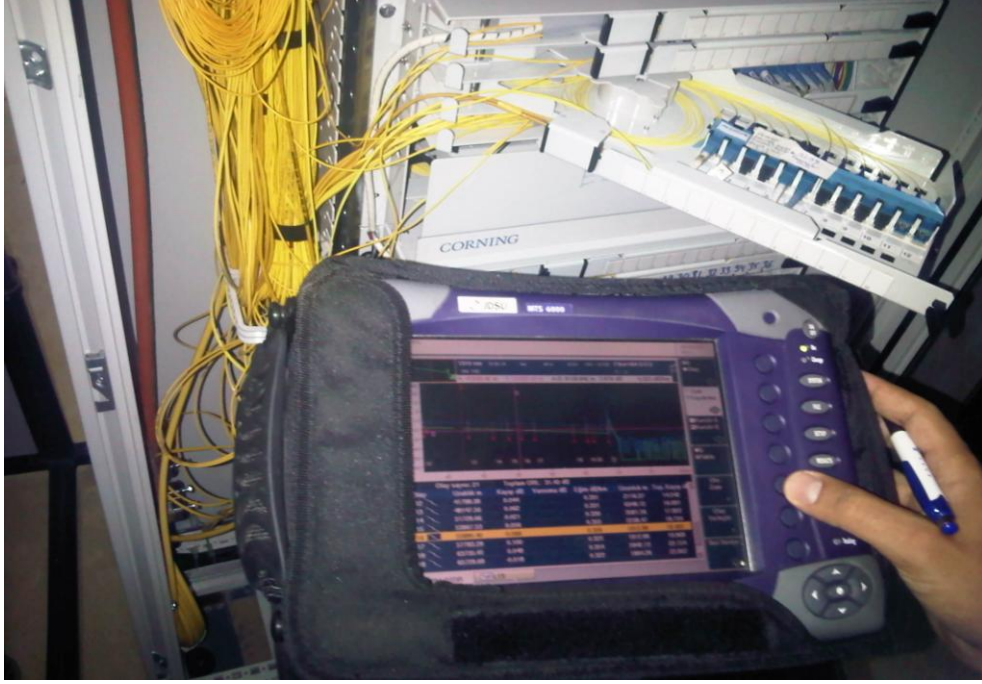
Ek 2. Deneyler sırasında yapılan çalışmalardan görüntüler.



Resim 10.1. Bakır devre bant genişliği ölçüm cihazı ve düzeneği



Resim 10.2. Tunceli-Pülümür arası mesafe ve hat sonu kayıp lm



Resim 10.3. Tunceli-Pülümür arası mesafe ölçümünün MTS 6000 OTDR ekran görüntüsü



Resim 10.4. Türk Telekom A.Ş. sistem salonu görüntüsü

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Tunceli İli Ovacık İlçesinde doğdum. İstanbul Pendik Lisesini (Y.D.A.) (2000), Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği programını (2006), Maltepe Üniversitesi İşletme dalında MBA programını (2009) bitirdim.

SIEMENS A.Ş. Orta Gerilim bölümünde Kalite Kontrol servisinde 2006 yılında çalıştım. Daha sonra 2007 Eylül ayında halen Erişim Şebeke Uzmanı olarak çalışmakta olduğum TÜRK TELEKOM A.Ş. de göreve başladım.

2000 yılından beri B sınıfı sürücü belgem var. Askerlik görevimi 2007 yılında Ankara’ da tamamladım.

Spor yapmaktan, seyahat etmekten, sinemaya gitmekten ve kitap okumaktan hoşlanırım.

Serhat YETİM