

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

**ENDÜSTRİYEL BİR KURULUŞ İÇİN FİBER KABLO
İLE CAT5 SİSTEMİNİN UYGULAMA YÖNÜYLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik ve Elektronik Müh. Sadeddin MAZI

Enstitü Anabilim Dalı : ELEK. -ELEKTR. MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Mehmet Recep BOZKURT

Ocak 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL BİR KURULUŞ İÇİN FİBER KABLO İLE CAT5 SİSTEMİNİN UYGULAMA YÖNÜYLE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik ve Elektronik Müh. Sadeddin MAZI

Enstitü Anabilim Dalı : ELEK. –ELEKTR. MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Bu tez 20 / 01 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Etem KÖKLÜKAYA

Jüri Başkanı

Yrd.Doç.Dr. Ahmet ZENGİN

Üye

Yrd.Doç.Dr. M. Recep

BOZKURT

Üye

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Işık, tabiatın en önemli bilgi taşıyıcılarından biridir. Optik haberleşmeyi bu kadar önemli yapan bu bilginin bant genişliği potansiyelidir. Her ne kadar LASER'in modüle edilebileceği öğrenildikten sonraki ilk çalışmalar sonucunda atmosferdeki bozulumlar ve ekonomik olmaması nedeniyle optiksel haberleşme ilgi çekiciliğini yitirse de bugün optik fiberlerin daha güvenilir ve modifiye edilebilecek bir optiksel kanal oldukları ortaya çıkmıştır. Bu da optiksel haberleşmenin önemini gün geçtikçe artırmaktadır.

Atmosferik kanalın yol açtığı tüm problemler (yağmur, sis, toz) sistemin yerleştirilmesi için yüksek fiyat, iletişim için geniş kapasiteli yüksek hızlı sistemleri, ekonomik olarak ilgi çekiciliğini yitirmesine neden olmaktadır. Temel bant frekanslarında çalışabilen, dünya temelli, uzun mesafeli dünyadan uyduya, uydudan uyduya, kılavuzsuz iletişim sistemleri bunlara rağmen hala gelişimini sürdürmektedir. Bununla birlikte optiksel fiberler hakkında araştırmalar sürdürülmüş ve bu fiberler daha güvenilir ve modifiye edilebilecek bir optiksel kanal olarak ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmayı bana araştırma konusu olarak veren, çalışmalarım esnasında bana yardımlarını esirgemeyen danışmanım, çok kıymetli hocam Yrd.Doç.Dr. Mehmet Recep BOZKURT ile öğrenciliğim boyunca hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, yol gösteren hocam Prof.Dr. Mehmet Ali YALÇIN 'a, karşılaştığımız sorunlar karşısında bize her türlü yardımı gösteren bölüm hocalarımıza ve araştırma görevlilerine, ayrıca ve tüm hayatım boyunca her konuda desteğini eksik etmeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Sadeddin MAZI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
FİBER OPTİK DÜZENLEMELERİ.....	4
2.1. Giriş.....	4
2.2. Tek Modlu Kademe İndisli Fiber.....	4
2.3. Çok Modlu Kademe İndisli Fiber.....	5
2.4. Çok Modlu Derece İndisli Fiber.....	6
2.5. Üç Tür Fiber Optiğin Karşılaştırılması.....	7
2.5.1. Tek modlu kademe indisli fiber.....	7
2.5.2. Çok modlu kademe indisli fiber.....	7
2.5.3. Çok modlu derece indisli fiber.....	8
2.6. Optik Fiberlerin Kullanım alanları.....	8
BÖLÜM 3.	
FİBER OPTİK İLETİŞİM SİSTEMLERİ.....	10
3.1. Giriş.....	10
3.2. Işık Kaynakları.....	11
3.3. Fotodedektörler.....	12

3.4. Fiber Optik Kablo İle Metalik Kablonun Karşılaştırılması.....	15
3.5. Fiber Optik Kablo Çeşitleri.....	16
3.5.1. Endüstri standartlarına göre kablo çeşitleri.....	16
3.5.1.1. Simplex ve zipcord kablolar.....	16
3.5.1.2. İnce paket kablolar.....	16
3.5.1.3. Patlak tip kablolar.....	17

BÖLÜM 4.

FİBER OPTİK KABLOLARDA EK METOTLARI.....	21
4.1. Giriş.....	21
4.2. Optik Fiber Kabloların Eklenemesi.....	21
4.2.1. Mekanik ekler.....	21
4.2.1.1. Bitiştirme ekleri.....	21
4.2.1.2. Yapıştırma ekleri.....	23
4.2.2. Füzyon ekleri.....	24
4.2.2.1. Derece indisli fiberleri füzyon yöntemiyle eklenmesi.	24
4.2.2.2. Tek modlu fiberleri füzyon yöntemiyle eklenmesi.....	26
4.3. Optik Fiberlerde Ek Kusurları.....	28
4.3.1. Optik fiber üretimindeki hatalardan kaynaklanan kusurlar....	28
4.3.2. Fiberin karşı karşıya getirilişindeki hatalardan kaynaklanan...	29
4.3.3. Fiber kesme hatalarından kaynaklanan kusurlar	30
4.3.4. Ek aletinden meydana gelebilen kusurlar.....	31
4.3.5. Ek tamamlamadaki hatalardan meydana gelen kusurlar.....	31

BÖLÜM 5.

FİBER OPTİK KABLOLARIN ÖLÇÜM METOTLARI VE CAT5 KABLOLARLA KARŞILAŞTIRILMASI.....	32
5.1. Giriş.....	32
5.2. Fiberde Devamlılık Testi.....	32
5.3. Reflektometre.....	33
5.4. Işık Kaynağı Ve Optik Powermetre (Güçmetre).....	38
5.5. Optik Sistemlerde Çalışırken Gerekli Güvenlik Önlemleri.....	38
5.6. Endüstriyel Kuruluş İçin Fiber İle CAT5 Kablo Karşılaştırması	39

BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
KAYNAKLAR.....	44
EKLER.....	45
EK-A. CCITT'nin Fiber Damar Standartları.....	45
EK-B. Türk Telekom A.Ş.'nin Fiber Damar Standardı.....	46
EK-C. FiberOptik Kablo Test Sonuç Raporları.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	51

KISALTMALAR LİSTESİ

APD	:	Çığ foto diyotlar
CATV	:	Kablolu televizyon
CCTV	:	Kapalı devre televizyonu
FDPF	:	Florinated katkılı plastik fiberler
GI	:	Derecelendirilmiş indisli
GOF	:	Cam fiber optik
HCS	:	Yüksek seviyeli silica
IEC	:	Uluslar arası elektronik haberleşme
LED	:	Işık yayan diyot
MM	:	Çok modlu
OTDR	:	Optical Time Domain Reflectometre
PCOF	:	Plastik yelekli optik fiberler
PCS	:	Plastik yelekli silika fiberler
PDA	:	Foto detektör A
PDB	:	Foto detektör B
PFA	:	Perfloroakokski polimer
PIN	:	Pozitif-Intirisic-Negatif
PMMA	:	Polimetilmetkrilit
POF	:	Tamamen plastik fiber
PS	:	Polistrien
RIF	:	Radyo frekans girişim
SI	:	Basamak indisli
TG	:	Cam geçişi
TM	:	Erime noktası
VLSI	:	Yüksek seviyeli dengeleyici
WDM	:	Dalga boyunun çoklanması

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Tek modlu kademe indisli fiber; (a) Hava koruyucu zarflı, (b) Cam koruyucu zarflı.....	4
Şekil 2.2.	Çok modlu kademe indisli fiber.....	5
Şekil 2.3.	Çok modlu derece indisli fiber.....	6
Şekil 2.4.	Optik fiberin kullanım alanına göre iletişim uzaklığı ve veri hızı.	9
Şekil 3.1.	Fiber optik iletişim hattı.....	10
Şekil 3.2.	Lazer diyodun yapısı ve akım-ışık karakteristiği.....	12
Şekil 3.3.	PIN diyodun spektral cevabı.....	14
Şekil 3.4.	Bir PIN diyodun yapısı.....	14
Şekil 3.5.	Simplex kablonun dik kesit görünümü.....	18
Şekil 3.6.	Zipcord kablonun dik kesit görünümü.....	18
Şekil 3.7.	İnce paket kablonun dik kesit görünümü.....	18
Şekil 3.8.	a) Basit (simplex) kablo, b)Zipcord kablo, c)İnce paket (tihtpack) kablo, d)Patlak tip kablo, e)Zırhlı bağımsız tüp kablo	19
Şekil 3.9.	Patlak tip ince paket kablonun dik kesit görünümü.....	19
Şekil 3.10.	Zırhlı bağımsız tüp kablonun dik kesit görünümü.....	20
Şekil 4.1.	Mekanik Ekler, a) Yivli bitleştirme ek, b) Kılcal borulu bitleştirme ek.....	22
Şekil 4.2.	Yivli yapıştırma ek.....	23
Şekil 4.3.	Kılcal cam tüplü yapıştırma ek.....	23
Şekil 4.4.	Arklı füzyon eki aleti prensip şeması (çok modlu optik fiberler için).....	25
Şekil 4.5.	Çok modlu fiberin ek aşamaları.....	25
Şekil 4.6.	Tek modlu optik fiberler için ek aleti prensip şeması.....	27
Şekil 4.7.	Optik fiber üretiminden veya farklı optik fiberlerin eklenmesinden kaynaklanan kusurlar.....	28

Şekil 4.8.	Optik fiberlerin karşı karşıya getirilişindeki hatalar.....	30
Şekil 4.9.	Eksen kayması halinde ek zayıflaması (tek modlu optik fiberler için).....	30
Şekil 4.10.	Optik fiberde kesme hataları.....	31
Şekil 5.1.	Optik reflektometre' nin (OTDR) prensip şeması.....	34
Şekil 5.2.	Uygulama alanı olarak seçilen endüstriyel tesisin yerleşim krokisi.....	40

ÖZET

Anahtar kelimeler: Fiber optik kablo, haberleşme, ışık sinyali

Fiber, ışık kaynağından gelen sinyallerin (ışık) hedefteki kaynağa iletilmesidir. Bu ışık sinyaliyle modüle edilmiş bilgiler cam yüzey üzerinde taşınırlar.

Fiber' i kaplayan kablolar ise ışığı taşıyan camın kırılmasına ve sinyal kaybına karşı bir koruma görevi üstlenirler.

Fiber Optik Kablo, ortalama insanın saç teli kalınlığında üretilmiş kablolardır. Kırılma ve sinyal kayıplarına karşı çok iyi korunmuş ve yapılandırılmışlardır. Bilgi taşıyıcısı olarak ışığın kullanıldığı iletişim sistemleri, son zamanlarda oldukça ilgi görmektedir. Bu şekilde üretilmiş kabloların tercih edilmesinin en büyük sebebi, çevresel şartların ağır olduğu; nemli, rutubetli, elektriksel alan parazitlerinin yoğun olduğu yerlerden etkilenmemesi ve her zaman stabil bir bağlantı sunması ve veri iletiminin çok hızlı ve uzun mesafelere taşınabilir olmasıdır.

FIBER CABLE WITH AN INDUSTRIAL ESTABLISHMENT FOR COMPARISON WITH CAT5 SYSTEM IMPLEMENTATION ASPECTS

SUMMARY

Key Words: Fiber optic cable, communication, light signal

Fiber, the signal from the light source (light) is transmitted to the target resource. the informations that is modulated with this light signal are carried on the glass surface.

Cables that cover the fiber also protects the glass which carries the light against breakage and loss of signal.

Fiber Optic cables are being manufactured in average thickness of human hair. They are very well protected and structured against breakage and loss of signal. Communication systems in which the light is used as of information carrier are very popular today. The reason to prefer these type of cables are; not being affected from places where humid electrical field interferences are intensive, always providing stable connection and being able to be carried to long distance with highspeed data transfer even in very hard environmental conditions.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Fiber optikle ilgili çalışmalar çok eski tarihlere dayanmaktadır. 1854'te, John Tyndall, ışığın bükülmüş bir boru içindeki sudan geçirilebileceğini ve dolayısıyla ışığın eğilebileceğini gösterdi [1]. 1880'de, Alexander Graham Bell, ışık demeti üzerinden bir ses sinyalinin ileten "Photophone" isimli aleti buldu. Fotofon ses dalgalarını bir ışık hüzmesi üzerinden ileten, aynalardan ve selenyumlu dedektörlerden yapılmış bir aygıttı. Fotofon kullanışsızdı, güvenilir değildi ve gerçek bir pratik uygulaması olmayan bir aygıttı. Fotofonun temel sorunu, ışık sinyalinin havadan geçerken atmosferik olaylardan etkilenmesiydi. Örneğin, bulutlu bir havada sinyal bozulabiliyordu. Ancak elektrik sinyalinin kullanarak ses iletişimini sağlayan telefonu bulduktan sonra bu çalışmasına devam etmedi. Aynı yıl, William Wheeler, içi kaplanmış ışık borusunu kullanarak ışığı yönlendiren deneyler yaptı.

Şimdi bu tarihsel gelişimi maddeler halinde inceleyelim:

- 1888'de, Viyana'da Roth ve Reuss sağlık bilimleri grubu, bükülmüş ışık borularını insan vücudunun tanınmasında kullandılar.
- 1895'te, Fransız mühendis Henry Saint Rene, bükülmüş cam borulardan yararlanarak görüntüleri aktarmaya yarayan bir sistem tasarımını gerçekleştirdi (ilk televizyon denemesi).
- 1898 yılında Amerikalı David Smith, ameliyat lambası olarak kullanılabilen bir bükülmüş cam borunun patenti için başvurdu.
- 1920'lerde, İngiliz John Logie Baird ve Amerikalı Clarence W. Hansell, televizyon ve faksın ilk örnekleri sayılan saydam cam borulardan oluşan ve görüntünün iletilmesine yarayan cihazları için patent aldılar.
- 1930'da Alman tıp öğrencisi Heinrich Lamm, ilk kez vücudun görünmeyen yerlerini izlemek amacıyla fiber optik kablolardan oluşan bir sistem kurdu. Ancak görüntüler oldukça yetersizdi ve patent alma girişimleri Hansell'in İngiliz patenti yüzünden geri çevrildi.
- 1954'te Hollandalı bilim adamı Abraham Van Heel ve İngiliz bilim adamı Harold

H. Hopkins birbirlerinden bağımsız olarak görüntü paketleri konusunda makaleler yazdılar. Hopkins, üzeri başka bir camla kaplanmamış fiber kablo içinde ışığın iletimini anlatırken; Van Heel, fiber kablonun üzerine kırılma indisi daha düşük olan bir cam kaplamanın dış etkenlerden ve diğer fiber kablolardan etkilenmesini azaltacağını buldu. O günlerde en büyük sorun, ışığın fiber boru içinde yol alırken sinyalin azalmasıydı.

– 1961’de American Optical’dan Elias Snitzer, tek modlu fiberlerin teorik tanımlamasını yayımladı. Snitzer’in düşüncesi, insan vücudunun içine bakmayı amaçlayan sağlık bilimlerindeki uygulamalar için uygundu ve kayıp, bir metrede yaklaşık bir desibel civarındaydı. Ancak iletişim aletlerinde kabul edilebilir ışık şiddeti kaybının kilometrede 10 veya 20 desibelin üzerinde olmaması gerekir.

– 1964’te Dr.C.K.Kao, uzun mesafeli iletişimde kullanılan kritik özellikleri fiber kablolar için tanımladı. Buna göre ışık şiddeti kaybı kilometrede 10 veya 20 desibel olarak belirlendi. Kao, aynı zamanda kayıpları azaltmak için daha saf cam kullanılması gerektiğini gösterdi.

– 1970’te araştırmacılar,eritilerek birleştirilmiş,çok saf,erime sıcaklığı ve kırılma indisi düşük olan silis üzerinde deneyler yapmaya başladılar. Araştırma grupları cama ekledikleri değişik malzemelerle fiber damarındaki kırılma indisini fiber kabuğuna göre çok az miktarda arttırarak günümüzde kullanılan fiber kabloları elde etmeye başladılar. Cam konusunda uzman Robert Maurer, Donald Keck ve Peter Schultz ilk fiber optik kabloyu veya fiber optik dalga kılavuzunu buldular. Bu kablo bakır kabloya göre 65000 kat daha fazla bilgiyi binlerce kilometre uzaklığa iletebilmekteydi

– 1975’te, Amerika Birleşik Devletleri hükümeti Cheyenne Mountain’da bulunan NORAD karargâhındaki bilgisayarları elektronik gürültüyü azaltmak amacıyla fiber kablo kullanarak birbirlerine bağlamaya karar verdi.

– 1977’de 2 km uzunluğundaki ilk fiber telefon iletişim hattı Chicago’da 672 ses kanalıyla kullanılmaya başlandı.

Günümüzde uzun mesafe iletişim trafiğinin %80’i fiber kablolar üzerinden yapılıyor. Değişik firmalar tarafından üretilen yaklaşık 25 milyon kilometrelik fiber kablo kullanılmaktadır.1960’da lazer (uyarılmış yayılım emisyonu ile ışık yükseltilmesi) icat edildi. Nispeten yüksek çıkış gücü, yüksek çalışma frekansı ve aşırı geniş bant genişliğine sahip sinyalleri taşıma yeteneği, lazeri yüksek kapasiteli

iletişim sistemleri için çok uygun kılmaktadır. Lazerin bulunması, fiber optik iletişimle ilgili araştırma çabalarını geniş ölçüde hızlandırdı; bununla birlikte fiber optik iletişimde ilk önemli aşama, ancak 1967 yılında, İngiltere'deki Standart Telekomünikasyon Labaratuarı'ndan K.C.Kao ile G.A.Bockham'ın koruyucu zarflı fiber kabloların kullanıldığı yeni bir iletişim ortamını önermesiyle gerçekleşti.

1960'lı yıllarda kullanılan fiber kablolar aşırı kayıplıydı. (1000dB/km'den fazla) Bu da optik iletimleri kısa mesafede sınırlıyordu.

1970'lerin son yılları ile 1980'lerin ilk yıllarında daha iyi optik kabloların üretilmesi ve yüksek kaliteli, çok pahalı olmayan ışık kaynaklarının ve dedektörlerinin geliştirilmesi, yüksek kaliteli, yüksek kapasiteli ve verimli fiber optik iletişim sistemlerinin geliştirilmesine imkan sağlamıştır [3].

Bu çalışmada 100 dönüm arazi üzerine kurulmuş endüstriyel bir fabrikanın CAT5 haberleşme kablosu yerine teknolojiye daha yakın ve bir çok artıları olan fiber kablo kullanılmasının gerekli olduğunu test değerleri ve genel özellikleri itibariyle karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

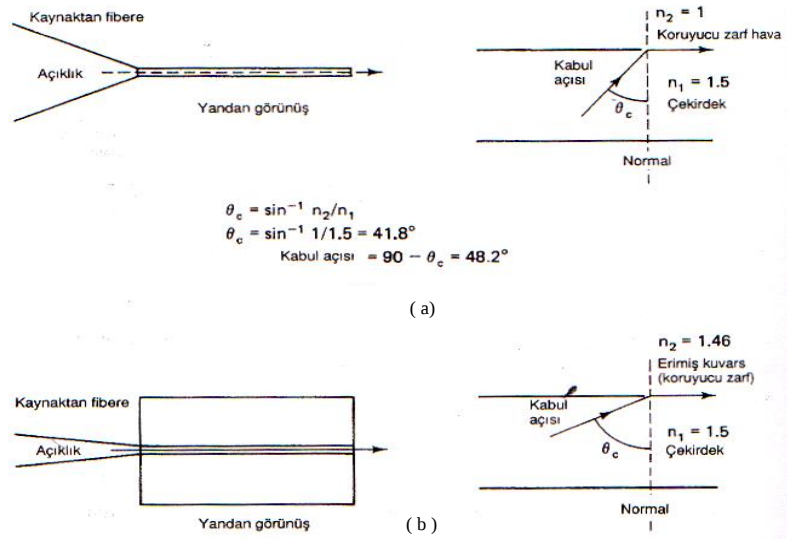
BÖLÜM 2. FİBER OPTİK DÜZENLEMELERİ

2.1. Giriş

Temel olarak, üç tür fiber optik düzenlemesi vardır. Tek modlu kademe indisli, çok modlu kademe indisli ve çok modlu dereceli indisli fiberler [7].

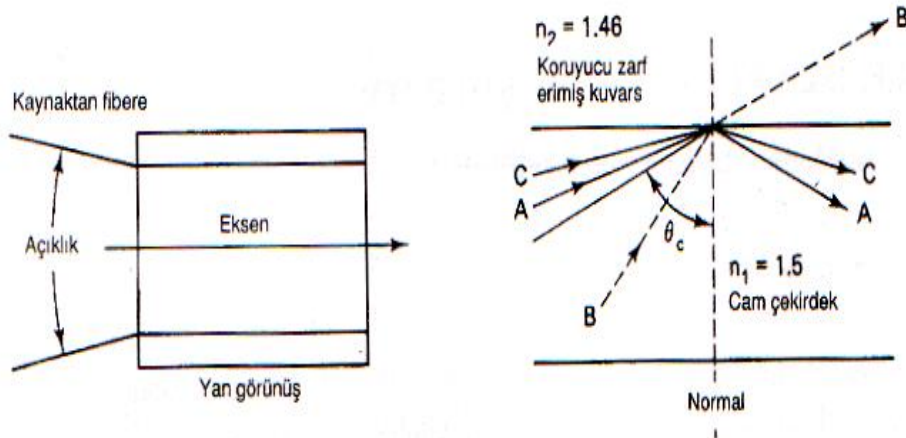
2.2. Tek Modlu Kademe İndisli Fiber

Tek modlu kademe indisli fiber, yeterince küçük bir merkezi çekirdeğe sahiptir; öyle ki, temel olarak ışığın kabloda yayılımı yaparken izleyebileceği tek bir yol vardır. Bu fiber türü Şekil 2.1'de gösterilmiştir. En basit tek modlu kademe indisli fiber biçiminde, dıştaki koruyucu zarf havadır (Bkz. Şekil 2.1a). Cam çekirdeğin kırılma indisi (n_1) yaklaşık 1.5'tir, hava koruyucu zarfının kırılma indisi (n_0) ise 1'dir. Kırılma indislerindeki büyük fark, cam/hava sınırında küçük bir kritik açı (yaklaşık 42°) oluşturur. Dolayısıyla fiber, geniş bir açıklıktan gelen ışığı kabul eder. Bu da, ışığı kaynaktan kabloya bağlamayı nispeten kolay hale getirir. Ancak bu fiber, tipik



Şekil 2.1. Tek modlu kademe indisli fiber, (a) Hava koruyucu zarflı, (b) Cam koruyucu zarflı

olarak çok zayıftır ve pratikte bu fiberin kullanımı sınırlıdır. Tek modlu kademe indisli fiberin daha kullanışlı bir türü, koruyucu zarf olarak hava yerine başka bir malzemeni kullanıldığı türdür (Bkz. Şekil 2.1b). Koruyucu zarfın kırılma indisi (n_2) merkezi çekirdeğin kırılma indisinden (n_1) biraz daha azdır ve koruyucu zarf boyunca sabittir. Bu tür kablo, fiziksel olarak hava koruyucu zarflı kablodan daha güçlüdür, ancak kritik açısı da çok daha yüksektir (yaklaşık 77°). Kritik açının bu kadar yüksek olması, kabul açısının küçük, kaynak-fiber açıklığının ise dar olmasına yol açarak ışığı ışık kaynağından fibere bağlamayı güçleştirir. Her iki tür tek modlu kademe indisli fiberde de, ışık fiberde yansıma yoluyla yayılım yapar. Fibere giren ışık ışınları, çekirdekte doğrudan yayılım yaparlar yada belki bir kez yansır. Dolayısıyla, bütün ışık ışınları kabloda yaklaşık aynı yolu izler ve kablonun bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat ederler. Bu, tek modlu kademe indisli fiberlerin çok önemli avantajlarından biridir.



Şekil 2.2. Çok modlu kademe indisli fiber

2.3. Çok Modlu Kademe İndisli Fiber

Çok modlu kademe indisli bir fiber Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Çok modlu kademe indisli düzenleme, tek modlu düzenlemeye benzer; aradaki fark, merkezi çekirdeğin çok daha geniş olmasıdır.

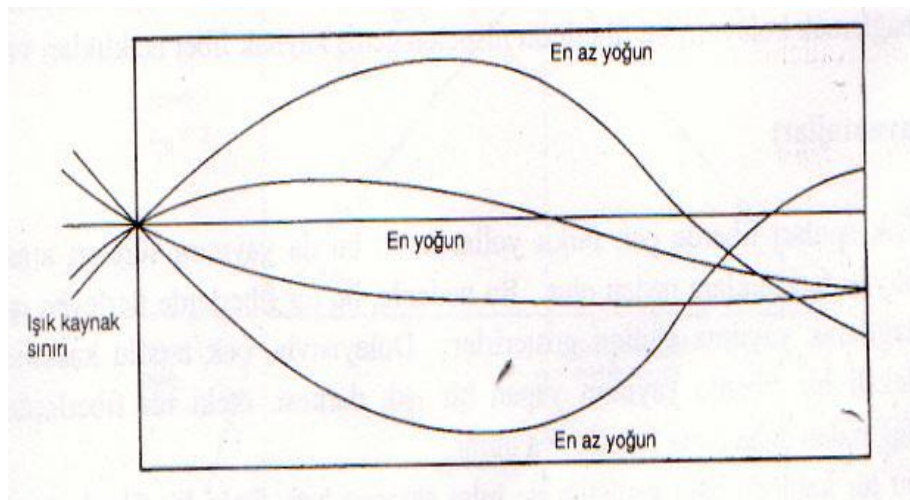
Bu fiber türü, daha geniş bir ışık-fiber açıklığına sahiptir; dolayısıyla kabloya daha çok ışık girmesine imkân verir. Çekirdek/ koruyucu zarf arasındaki sınıra kritik açıdan daha büyük bir açıyla çarpan ışık ışınları (A ışını), çekirdekte zikzak şeklinde

yayınım yapar ve sürekli olarak sınırdan yansır. Çekirdek/koruyucu zarf sınırına kritik açıdan daha küçük bir açıyla çarpan ışık ışınları (B ışını), koruyucu zarfa girer ve yok olurlar.

Fiberde yayınım yaparken, bir ışık ışınının izleyebileceği çok sayıda yol olduğu görülebilir. Bunun sonucu olarak, bütün ışık ışınları aynı yolu izlemez, dolayısıyla fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi aynı zaman süresi içinde kat etmezler.

2.4. Çok Modlu Dereceli İndisli Fiber

Çok modlu dereceli indisli fiber Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Çok modlu dereceli indisli fiberin belirleyici özelliği, sabit olmayan kırılma indisli merkezi çekirdeğidir; kırılma indisi, merkezde maksimumdur ve dış kenara doğru tedrici olarak azalır. Işık bu tür fiberde kırılma aracılığıyla yayılır. Bir ışık ışını, çekirdek boyunca diyagonal olarak yayınım yaparken, sürekli olarak daha az yoğunluktan daha yoğun ortama geçer. Dolayısıyla, ışık ışınları devamlı kırılırlar ve sürekli olarak bükülürler. Işık fibere çok farklı açılardan girer. Işık ışınları fiberde yayınım yaparken, fiberin dış bölgesinde ilerleyen ışık ışınları, merkeze yakın ilerleyen ışıklardan daha fazla mesafe kat ederler. Kırılma indisi merkezden uzaklaştıkça azaldığı ve ışığın hızı kırılma indisıyla ters orantılı olduğu için, merkezden uzakta ilerleyen ışık ışınları, daha yüksek bir hızda yayınım yapar. Dolayısıyla ışınlar, fiberin bir ucundan bir ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat eder.



Şekil 2.3. Çok modlu derece indisli fiber

2.5. Üç Tür Fiber Optiğin Karşılaştırılması

2.5.1. Tek modlu kademe indisli fiber

Avantajları ;

- Minimum ayırma söz konusudur. Fiberde yayılım, yapan bütün ışınlar yaklaşık aynı yolu izledikleri için, kabloyu yaklaşık aynı sürede kat ederler. Dolayısıyla kabloya giren bir ışık darbesi, alma ucunda başlangıçtakine çok yakın bir biçimde tekrar oluşturulabilir.
- Gönderilen darbeler alma ucunda yüksek bir doğrulukla tekrar oluşturulabildiği için, öteki tür fiberlere oranla tek modlu kademe indisli fiberlerde daha geniş bant genişlikleri ve daha yüksek bilgi iletim hızları mümkündür.

Dezavantajları ;

- Merkezi çekirdek çok küçük olduğu için, ışığı kaynaktan bu tür fibere ve fiberden ışık dedektörüne bağlamak güçtür. Kaynak fiber açıklığı en küçük olan fiber türü budur.
- Yine küçük merkezi çekirdeği nedeniyle, ışığı tek modlu kademe indisli fibere bağlamak için lazer gibi oldukça yönlü bir ışık kaynağı gerekmektedir.
- Tek modlu kademe indisli fiberler pahalıdır ve imal edilmeleri zordur.

2.5.2. Çok modlu kademe indisli fiber

Avantajları ;

- Çok modlu kademe indisli fiberler ucuzdur ve imal edilmeleri kolaydır.
- Işığı çok modlu kademe indisli fiberlere ve bu fiberlerden ışık dedektörüne bağlamak kolaydır; bu fiberlerin nispeten geniş kaynak fiber açıklıkları vardır.

Dezavantajları ;

- Işık ışınları fiberde çok farklı yollar izler; bu da yayılım süreleri arasında büyük farklılıklara neden olur. Bu nedenle, bu tür fiberler de ilerleyen ışınlar dağılarak yayılma eğilimi gösterirler. Dolayısıyla, çok modlu kademe indisli bir fiberde yayılım yapan bir ışık darbesi, öteki tür fiberlerde olduğundan daha fazla

bozulmaya uğrar.

- Bu tür kabloda bant genişliği ile bilgi aktarım hızı, öteki tür fiberlere oranla daha azdır.

2.5.3. Çok modlu derece indisli fiber

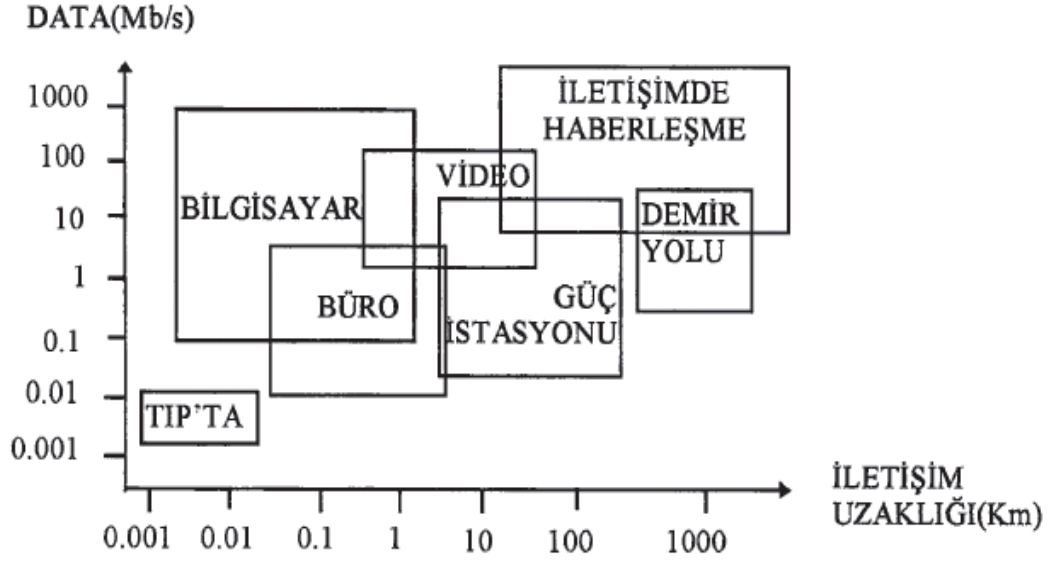
Temel olarak, bu tür fiberin çok önemli avantajları ya da dezavantajları yoktur. Çok modlu dereceli indisli fiberlerde ışığı kaynaktan fibere ve fiberden varış yerine bağlamak, tek modlu kademe indisli fiberlerden daha kolay, ancak çok modlu kademe indisli fiberlerden daha zordur. Çok sayıda yayılım yolu bulunmasının neden olduğu bozulma, tek modlu kademe indisli fiberlerden daha fazla, ancak çok modlu kademe indisli fiberlerden daha azdır. Dereceli indisli fiberlerin imalatı, tek modlu kademe indisli fiberlerden daha kolay, ancak çok modlu kademe indisli fiberlerden daha zordur. Çok modlu dereceli indisli fiberler, öteki fiber türlerine kıyasla bir ara fiber türü olarak değerlendirilir.

2.6. Optik Fiberlerin Kullanım Alanları

Optik haberleşme sistemleri, getirdikleri imkanlar ve sağladıkları avantajlar sayesinde, kısa sürede geniş kullanım alanı bulmuşlardır. (Bkz. Şekil 2.4) Bu sistemlerin halen kullanıldığı çeşitli alanlar aşağıda sıralanmıştır [8].

- Zayıflamanın az, bant genişliğinin büyük ve kanal başına düşen maliyetlerin düşük olması nedeniyle uzun mesafeli, büyük kapasiteli haberleşme sistemlerinde,
- Yine aynı nedenlerden dolayı, orta mesafeli, düşük kapasiteli haberleşme sistemlerinde,
- Hem analog hem sayısal iletimine imkan vermesi, geniş bantlı servis imkanı sağlaması nedeniyle geniş şekilde şehir içi jonksiyon şebekelerinde ve kısmen abone şebekelerinde,
- Yine düşük kayıp, yüksek hız nedeniyle bina içlerindeki haberleşme tesislerinde,
- Kapalı devre Televizyon sistemlerinde
- Data iletiminde,
- Elektronik cihazların birbiriyle irtibatlanmasında,
- Demiryolu elektrifikasyon ve sinyalizasyon uygulamalarında,

- Yüksek gerilim hatlarında,
- Trafik kontrol sistemlerinde,
- Askeri bağlantılarda.

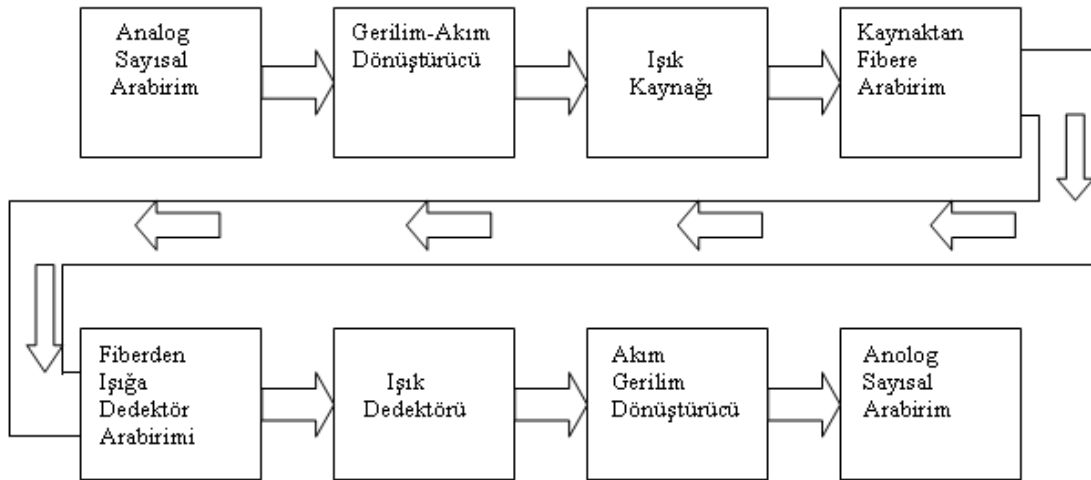


Şekil 2.4. Optik fiberin kullanım alanına göre iletişim uzaklığı ve veri hızı

BÖLÜM 3. FİBER OPTİK İLETİŞİM SİSTEMLERİ

3.1. Giriş

Fiber optik bir iletişim hattının basitleştirilmiş blok diyagramı gösterilmiştir. (Bkz. Şekil 3.1) Hattın 3 asal ögesi, verici, alıcı ve fiber kılavuzdur. Verici şunlardan oluşur; analog sayısal arabirim, bir gerilim–akım dönüştürücüsü, bir ışık kaynağı ve bir kaynaktan fibere ışık bağlayıcı. Fiber kılavuz, ya aşırı saf cam yada plastik bir kablodur. Alıcı ise şunlardan oluşmaktadır: bir fiberden ışık dedektörüne bağlaşım aygıtı, bir fotodedektör , bir akım-gerilim dönüştürücüsü, bir yükselteç ve analog yada sayısal bir arabirim [6].



Şekil 3.1. Fiber optik iletişim hattı

Fiber optik bir vericide, ışık kaynağı sayısal ya da analog bir sinyal tarafından modüle edilebilir. Eğer kaynak bilgi sayısal değil de analog biçimde ise , sayısal darbe akışına dönüştürülmesi gerekir. Kaynak bilgi analog olduğunda , arabirimde ek olarak bir analog/sayısal dönüştürücü bulunmalıdır. Gerilim-akım dönüştürücüsü, giriş devreleri ile ışık kaynağı arasında elektriksel bir arabirim vazifesi görür.

Gerilim-akım dönüştürücüsü, bir giriş sinyal gerilimini, ışık kaynağını sürmede kullanılan bir akıma dönüştürür.

Kaynaktan fibere bağlayıcı, mekanik bir arabirimdir. İşlevi , kaynaktan yayılan ışığı fiber optik kabloya bağlamaktır. Fiberden ışık dedektörüne bağlaşım aygıtı da mekanik bir bağlayıcıdır. Bu aygıtın işlevi, fiber kablodan mümkün olduğunca çok ışığı ışık dedektörüne bağlamaktır.

3.2. Işık Kaynakları

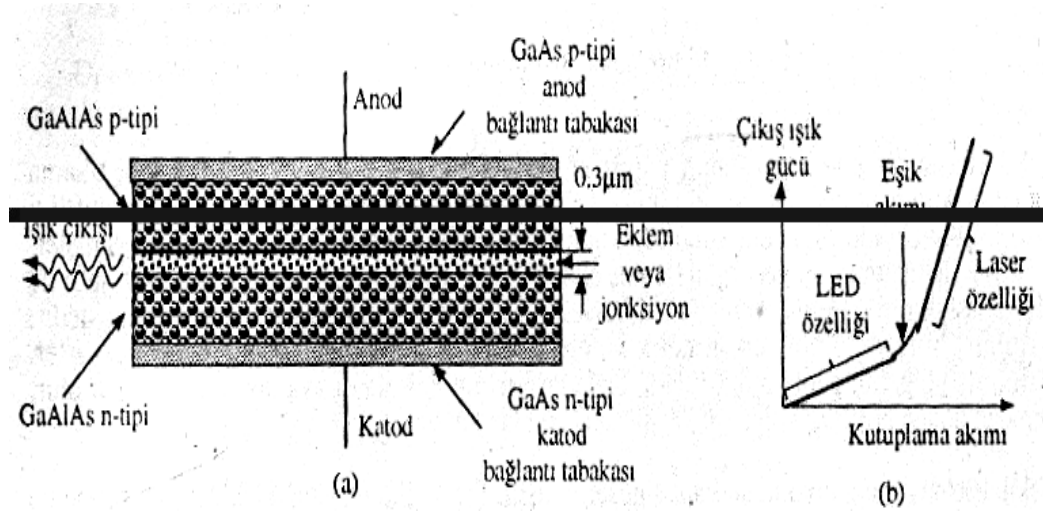
Fiber optik haberleşme sistemlerinde iki çeşit ışık kayığı kullanılır . Bunlardan biri lazer diyotu, diğeri ise LED olarak bilinen ışık yayan diyottur. Lazer ve LED diyotlarının temel özellikleri aşağıda verilmiştir;

- Güç seviyesi
- Sıcaklık hassasiyeti
- Cevap zamanı
- Ömür
- Yetersiz olma durumu

Geniş bantlı sistemlerde lazer diyotu tercih edilir. 1 ns'den daha kısa bir cevap zamanına sahiptir. Miliwatt seviyesindeki güçleri küçük çaplı fiberlere dar bir giriş veya. kabul açısı ile vermek mümkündür. Oda sıcaklığındaki ömürleri; 10⁵ ile 10⁶ saattir. Lazer diyotu tek modlu Fiber hattındaki kaynak olarak kullanılır.

Bazı sistemlerde kaynak gücünün küçük (50-250 μ W) olması istenir. Böyle durumlarda kuplaj verimi düşük fiyatı ucuz, optik ve sıcaklık stabilizasyonu gerektirmeyen ve devreye kolay bağlanabilen LED elemanları kullanılır. LED' lerin ömürleri 10⁶ ile 10⁷ saat olup lazer diyotlarından fazladır. LED'lerde ani bir arza olmaz ve tahmin edilebilecek arızalar olabilir. Lazer diyot ve LED elemanları AlGaAs ve GaAs yarıiletken maddelerden meydana gelmiş çok tabakalı elemanlardır. Bunlar elektriksel olarak diyota benzer. Lazer diyotu ışığının genişliği LED elemanına göre çok dardır. LED' te 40nm iken, lazer diyotun da 1 nm 'dir. Yüksek bit'li çalışmalarda ışık hüzmesinin dar olması önemlidir. LED elemanındaki

delik ve elektronların birleşmesi sonucunda ışık ortaya çıkar. Elektriksel olarak LED bir p-n jonksiyonudur.



Şekil 3.2. Lazer diyodun yapısı ve akım-ışık karakteristiği

Şekil 3.2’de fiber optik sistemlerde kullanılan bir yarı iletken lazer diyodu gösterilmiştir. Burada jonksiyon bölgesinde elektron ve deliklerin birleşmesi sonucu ortaya çıkan enerji ışık şeklindedir. Lazer diyet, b şeklinde de görüldüğü gibi belli bir değere kadar (Eşik akımı) LED diyodu gibi davranmaktadır. Eşik değerinden sonra lazer akım vermeye başlar.

3.3. Fotodedektörler

Modüle edilmiş optik dalganın, bir dedektör tarafından tekrar bir elektriksel işarete dönüştürülmesi gerekir. Dedektör seçiminde, kuantum verimi (yani foto-elektron salma verimi), spektral cevap (yani dedektörün farklı dalga boylarındaki ışığa duyarlılığı) ve frekans cevabı (yani, cihazın yüksek frekanslı modülasyona cevap verme kabiliyeti) dikkate alınmalıdır.

İki ana tip dedektör vardır. Bunlar pozitif-intrinsic-negatif (PIN) fotodiyotlar ve çığ (avalanche) fotodiyotlardır. PIN ve APD arasındaki seçim, gerekli olan işaret kalitesine (işaret gürültü oranına, S/N) bağlıdır.

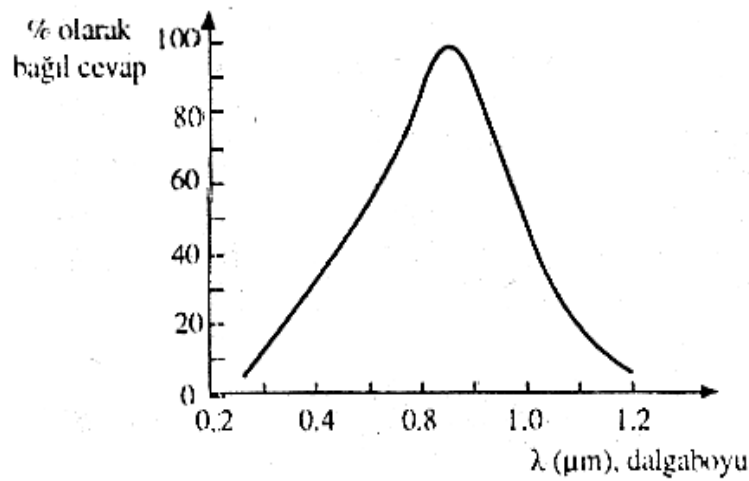
Eğer yüksek bir S/N gerekli ise, o zaman, alınan güç öyle yüksek bir seviyede olmalıdır ki, bu güç seviyesinde APD ve PIN aynı performansı sağlar. Diğer taraftan, eğer S/N üzerindeki ihtiyaç çok katı değilse, o zaman APD, daha düşük alıcı gücün yeterli olması anlamında, çok daha etkilidir.

Işık üretmede kullanılan p-n eklemi ışığı dedekte etmek amacı ile de kullanılır. Böyle bir p-n eklemi tıkama yönünde kutuplanır ve eklem üzerine ışık düşürülürse, yeni elektron ver delik çiftleri elde edilir. Bu yüklü tanecikler eklem bölgesindeki elektrik alanın tesiri ile arıtılmış bölgeden ayrılacaklar ve ışık ile orantılı bir akımın akmasına neden olacaklardır. Işık dedektörünün önemli karakteristiklerinden bazıları aşağıda sıralanmış ve açıklanmıştır.

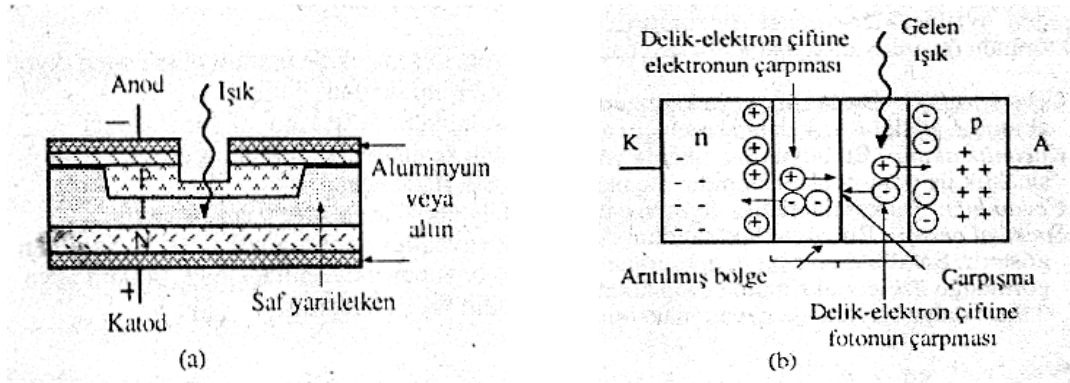
- Cevap özelliği, diyoda düşen ışık ile orantılı elde edilen diyot akımıdır. Belli bir ışık dalga boyu için amper/watt birimi ile ifade edilir.
- Karanlık akımı, tıkama yönünde kutuplamada ve karanlık bir ortamda sıcaklık ile orantılı akan akımdır. Bu akım diodun kesimdeki durumunu gösterir.
- Cevap hızı, diodun çalışma hızını ifade eder.
- Spektral cevap, diodun değişik dalga boylarına göre bağlı cevabını gösterir.
-

Şekil 3.3'de bir PIN diyotun spektral cevabına ait eğri gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde maksimum cevap 800 nm dalga boyunda elde edilmektedir. 900 nm veya 0.9µm dalga boyundaki cevap maksimum cevabın %80 'i kadardır.

Şekil 3.4a'da ise bir PIN diyotun yapısı gösterilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi tıkama yönünde kutuplanmış olan p-n eklemine ışık düşürüldüğü zaman yeni delik-elektron çiftleri ortaya çıkmaktadır. Tıkama yönünde kutuplanmış olan diyotun arıtılmış bölgesi genişler. Diyotun arıtılmış bölgesi yalıtkan olmak şartı ile bir kapasite gibi düşünülebilir. P ve n bölgeleri ise kapasitenin plakaları yerine geçmektedir. Arıtılmış bölgede ortaya çıkan delik ve elektronlar p ve n bölgeleri tarafından çekilirler. Arıtılmış bölgenin geniş olması daha fazla taşıyıcının ışık ile ortaya çıkmasına neden olur. Bundan dolayı arıtılmış bölge saf yarıiletken oluşturulur.



Şekil 3.3. PIN diyodun spektral cevabı



Şekil 3.4. Bir PIN diyodun yapısı

Şekil 3.4b'de ise bir çığ diyotunun yapısı gösterilmiştir. Diyot tıkama yönündeki bir kutuplama ile kırılma gerilimine yakın bir noktada çalışır. Bu noktadaki gerilim ile elektronlar kendi yörüngelerinde bulunurlar.

Küçük bir enerji ile yörüngelerinden ayrılıp serbest elektron ve delikler meydana gelir. Şekilden de görüldüğü gibi, artılmış bölgeye düşen ışık ile yeni elektron ve delik çiftleri meydana çıkar.

Artılmış bölgedeki şiddetli elektrik alan nedeniyle elektronlar hızlanacak ve diğer elektronlara çarpacaklardır. Bu esnada yeni elektron ve delik çiftleri ortaya çıkacaktır. Bu elektronlarda hızlanıp çarpışarak taşıyıcıların çığ gibi artmasına neden olacaktır.

Çığ bölgesindeki bir elektron yaklaşık 100 yeni elektronun ortaya çıkmasına neden olur. Bundan dolayı çığ diyotu PIN diyotuna göre 5 dB veya 7 dB daha duyarlıdır. Çığ diyotunun bu üstünlüğü, 4Gb/s kapasitesine kadar geçerlidir. Daha yüksek çalışma kapasitelerinde, PIN diyotunun üstünlüğü önem kazanmaktadır.

Fotodedektörlerin fiber optik sistemdeki bir diğer önemli kullanım alanı ise; lazer ışık kaynaklarının çıkışındaki ışık seviyesini kontrol etmektir. Bir fotodiyot lazer diyotun yakınına yerleştirilerek uygun bir kontrol devresi ile değişik sıcaklık ve kutuplama seviyelerinde çıkıştaki ışık şiddetinin sabit kalması sağlanır.

Bir fotodiyotun çıkış akım seviyesi 10nA ile 10μA arasındadır.akım seviyesi küçük olduğu için alıcı taraftaki diyot ve amplifikaör arasında gürültü etkili olabilir. Bunu önlemek amacı ile fotodiyot ile ilk amplifikatör katını aynı entegre devre arasına almak gerekir.

Ayrıca ekranlamanın da iyi yapılması gerekir. Bu amplifikatörler; dedektör amplifikatörleri olarak bilinir ve çıkışlarında TTL lojik devreleri sürecektir seviyede işaretler elde edilir.

3.4 Fiber Optik Kablo İle Metalik Kablonun Karşılaştırılması

Optik dalga kılavuzlarındaki işaret iletimi, standart metal dalga kılavuzlu işaret iletimine benzer. Işık dalgası fiber kablosunda yan duvarlara çarpıp yansırarak ilerler. Fiber optik kablosunun dalga kılavuzu ve bakır iletkenlere göre çok üstünlükleri vardır. Bunlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır [4].

– Yapılan gereği optik frekanslar daha geniş bant genişlikleri sağladıkları için, fiber sistemler daha büyük bir kapasiteye sahiptir. Bilgi işareti genlik değişikliği oluşturularak bindirilir. En iyi LED'in cevap zamanı 5 ns olduğuna göre bunun için gerekli olan bant genişliği; 100MHZ'tir. Lazer ışık kaynağının kullanılması ile tek bir fiber kablosunda 10GHZ 'den daha fazla bant genişliği mevcuttur. Taşıyıcı frekansı ne kadar büyükse iletilecek olan bilginin bant genişliği de o kadar fazla olur. Fiber optik kablolarındaki taşıyıcı frekans $10^{13} - 10^{14}$ Hz arasında iken, radyo frekans

sınırları ise $10^6 - 10^9$ Hz arasındadır. Metalik kablolarda, iletkenler arasında kapasitans ve iletkenler boyunca indüktans meydana gelir. Bu özellikler metalik kabloların, bant genişliklerini sınırlayan alçak geçiren filtreler gibi hareket etmelerine neden olur.

– Fiber sistemler, manyetik indüksiyonun neden olduğu kablolar arası karışmadan etkilenmezler. Cam ya da plastik fiberler elektriği iletmeyen malzemelerdir; bu nedenle fiber optik kablolarda, akım akışının meydana getirdiği manyetik alan yoktur. Metalik kablolarda, karışmanın başlıca nedeni birbirine yakın yerleştirilmiş iletkenler arasındaki manyetik indüksiyondur.

– Boyutları ve buna bağlı olarak ağırlığı çok azdır Aynı devre ve iş için bakır tel yerine fiber kablo kullanılması durumunda; yaklaşık 20 kat daha az ağırlıkta ve 10 kat daha kısa uzunlukta kablo yeterli olmaktadır.

– Fiber kablolar, yıldırımın, elektrik motorlarının, floresan ışığın ve diğer elektriksel gürültü kaynaklarının neden olduğu statik karışmadan etkilenmezler; bunun bir nedeni de, fiber tiklerin elektrik iletmeme özelliğidir. Ayrıca, fiber kablolar enerji yaymazlar; dolayısıyla diğer iletişim sistemleri girişime yol açmaları mümkün değildir. Bu özellik, fiber sistemleri askeri uygulamalara çok uygun hale getirir.

– Dünyadaki bakır kaynakları sınırlıdır. Hammaddesi cam ve kum olan fiber optik kabloların maliyetinin yükselmesi pek olası görülmemektedir.

– Fiber kablolar, çevre koşullarındaki büyük değişikliklere karşı daha dirençlidir. Metalik kablolara oranla daha geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilirler. Aynı şekilde fiber kablolar, aşındırıcı sıvılardan ve gazlardan daha az etkilenirler.

– Fiber kablolar bakır kablolara oranla daha emniyetlidir. Kullanıcının haberi olmaksızın fiber kablonun içine kaçak veya gizli bir bağlantı yapmak imkansızdır. Bu da fiberi, askeri uygulamalar açısından cazip kılan bir başka niteliğidir.

– Fiber cam malzemenin çevredeki korozyon etkisi pek önemli olmamaktadır.

– Fiber kabloların monte edilmesi ve bakımı daha kolay ve daha güvenlidir. Cam ve plastik fiberler iletken olmadıkları için, fiberler kullanıldığında elektrik akımları ya da gerilimlerinin yarattığı tehlikeler yoktur. Fiberler metalik kablolardan daha küçük ve çok daha hafiftir. Dolayısıyla, fiber kablolarla çalışmak daha kolaydır.

– Henüz kanıtlanmamış olmasına rağmen, fiber sistemlerin metalik malzemeden daha uzun süre dayanacağı varsayılmaktadır. Bu varsayımın dayanak noktası, fiber kabloların çevre koşullarındaki değişikliklere daha dayanıklı olmasıdır.

Bütün bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Tek önemli dezavantajı, fiber sistemin kurulmasında başlangıç maliyetinin daha yüksek olmasıdır. Ancak gelecekte fiber kurma maliyetinin bir hayli düşeceği tahmin edilmektedir.

3.5. Fiber Optik Kablo Çeşitleri

3.5.1. Endüstri standartlarına göre kablolar

3.5.1.1. Simplex ve zipcord kablolar

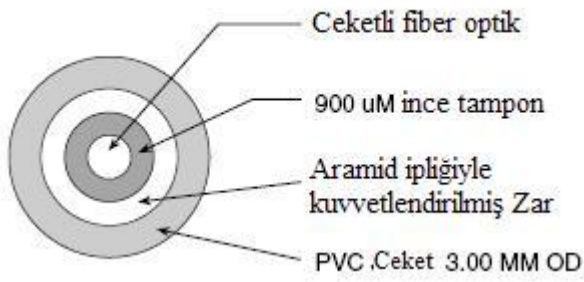
Bir veya iki fiberli, ince tamponlu, kevlarla güçlendirilmiş ve ceketlenmiş tiplerdir. Genellikle ekleme ve arka plan işlemleri için kullanılırlar [7].

3.5.1.2. İnce paket kablolar

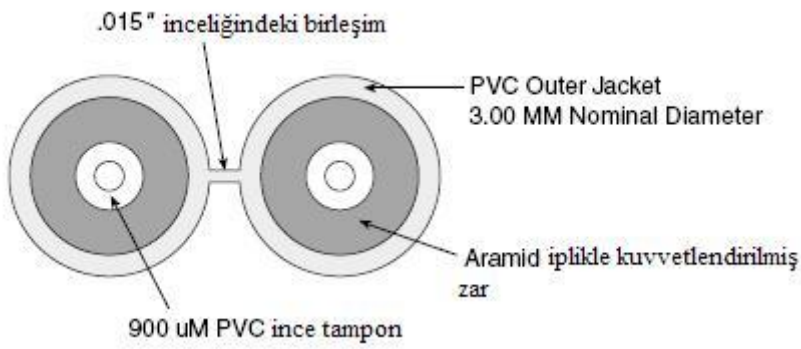
Dağıtım şekline göre bir çok şekli vardır. Bu kablolar boyutta kısa olmasına rağmen ayrı ayrı kuvvetlendirilmemişlerdir. Sonlandırma veya birleştirme için özel panolara ihtiyaç duyarlar.

3.5.1.3. Patlak tip kablolar

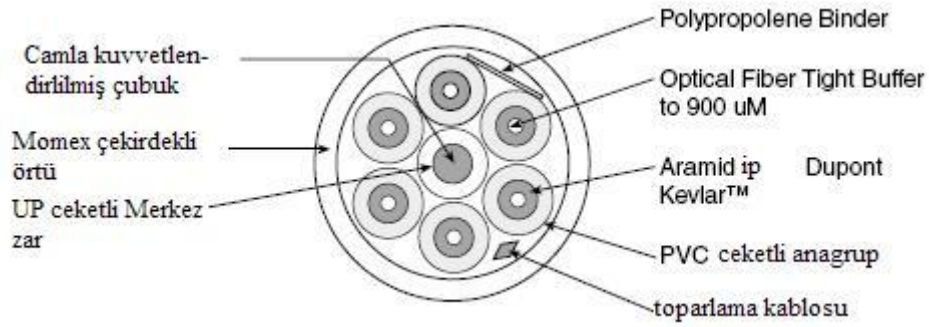
Birkaç ayrıık simpleks kablonun bir kablo içine konmasıyla kutulanır. Bu kablolar kuvvetli, pürüzlü yapılı, ince paketlere göre daha pahalı ve geniş kablolardır. Her kablo ayrı ayrı ek kuvvetlendirmeler ile kuvvetlendirilmiştir. Böylece uzun mesafelerde de kullanılabilir.



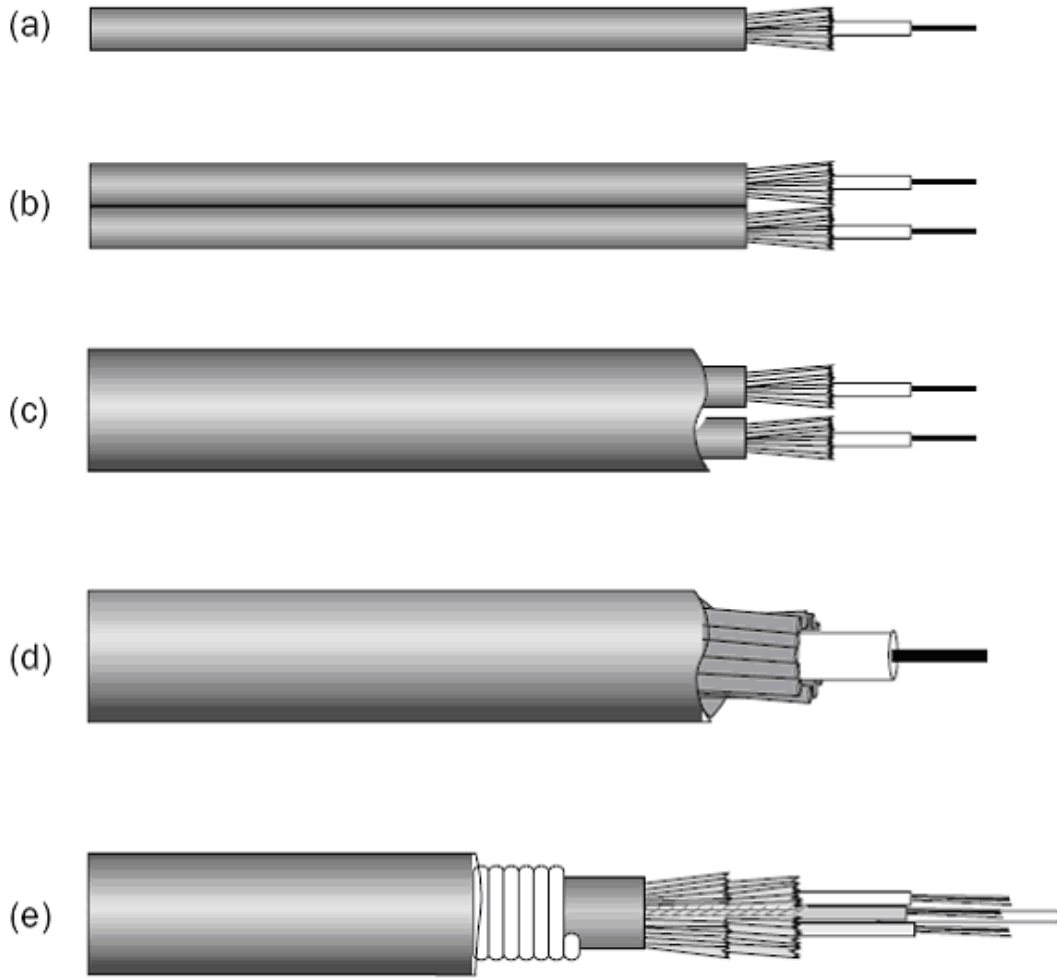
Şekil 3.5. Simplex kablonun dik kesit görünümü



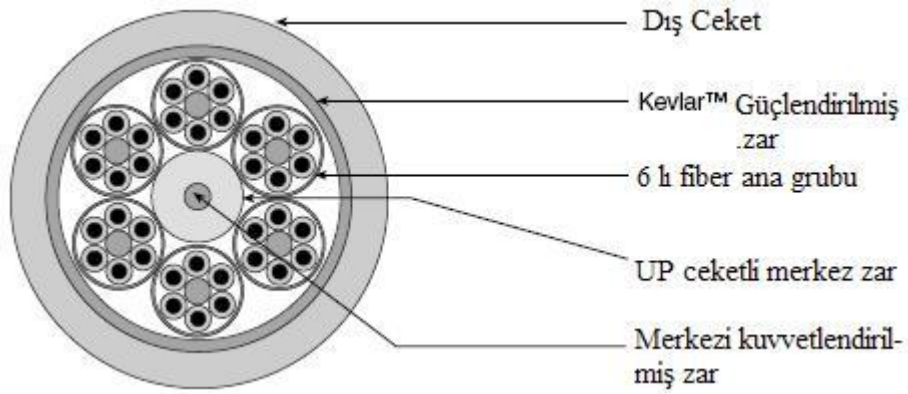
Şekil 3.6. Zipcord kablonun dik kesit görünümü



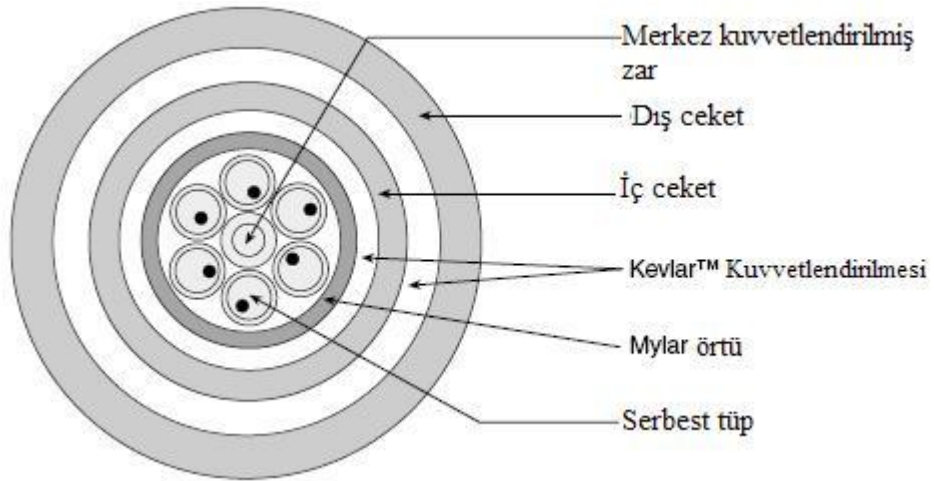
Şekil 3.7. İnce paket kablonun dik kesit görünümü



Şekil 3.8. a) Basit (simplex) kablo, b)Zipcord kablo, c)İnce paket (thinpack) kablo, d)Patlak tip kablo, e)Zırhlı bağımsız tüp kablo



Şekil 3.9. Patlak Tip İnce paket kablonun dik kesit görünümü



Şekil 3.10. Zırlı bağımsız tüp kablonun dik kesit görünümü

BÖLÜM 4.

FİBER OPTİK KABLOLARDA EK METOTLARI

4.1. Giriş

Fiber iletkenlerin eklenmesinde işlemin esası, düzgün ve dik kesilmiş karşılıklı iki fiber ucunun, özleri çakışacak şekilde, karşı karşıya getirilmesi ve bu durumda kalmasının sağlanmasıdır [9]. Uygun bir yöntemle fiber iletkenler eklendikten sonra, ekin tamamı, eki dış etkenlerden korumak için uygun ek kutusuna yerleştirilir.

4.2. Optik Fiber Kabloların Eklenmesi

Fiber iletkenlerin eki için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu ek yöntemleri başlıca iki gruba ayrılır:

- Mekanik Ekler
- Füzyon Ekleri (Eritmeli Ek)

Mekanik eklerde iki gruba ayrılır:

- Bitiştirme ekler
- Yapıştırma ekler

Bunun yanı sıra tıpta kullanılan plastik optik fiberlerde ek metotları vardır [10]. Ancak, bu tip fiberler zayıflamaları yüksek olduğundan haberleşmede tercih edilmemektedir.

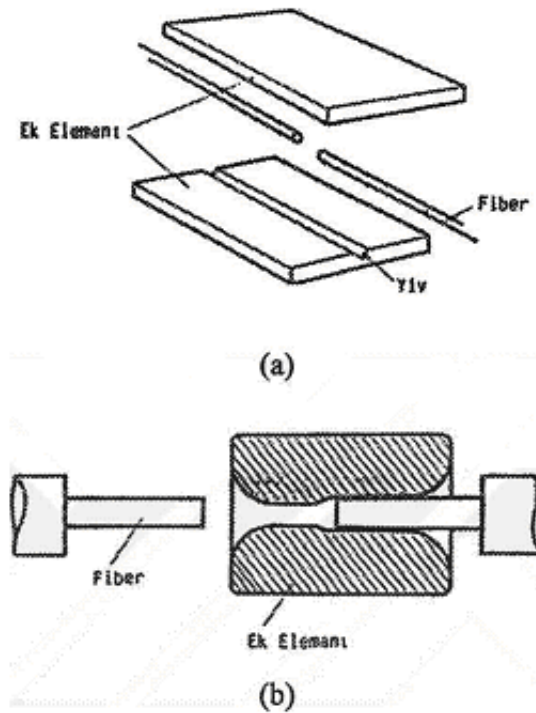
4.2.1. Mekanik ekler

4.2.1.1. Bitiştirme Ekler

Bu çeşit eklerde koruyucu kılıfı sıyrılmış fiberler ya üstünde V şeklinde yivi bulunan bir ek elemanı veya kılcal borulu elastik bir ek elemanı vasıtasıyla karşı karşıya getirilip sıkıştırılırlar. (Bkz. Şekil 4.1)

Yivli eklerde ekin iki yanındaki fiberlerde çap farkları olması, öz iletkenlerinin tam merkezden geçmemesi hallerinde öz kesitleri tam karşılaşmazlar. Bu yüzden önemli bir ek zayıflaması ortaya çıkar. Bunlar eklemelerin performansına bağlı olarak değerlendirilebilir [11].

Kılcal borulu eklerde, çap farkının etkisi ortadan kaldırılmakla beraber, öz eksenlerindeki farklılık ek zayıflaması meydana getirir. Ayrıca iki fiber yüzeyi arasında toz ve parçacıkların kalması riski de vardır.



Şekil 4.1. Mekanik ekler a) Yivli bitleştirme ek, b) Kılcal borulu bitleştirme ek

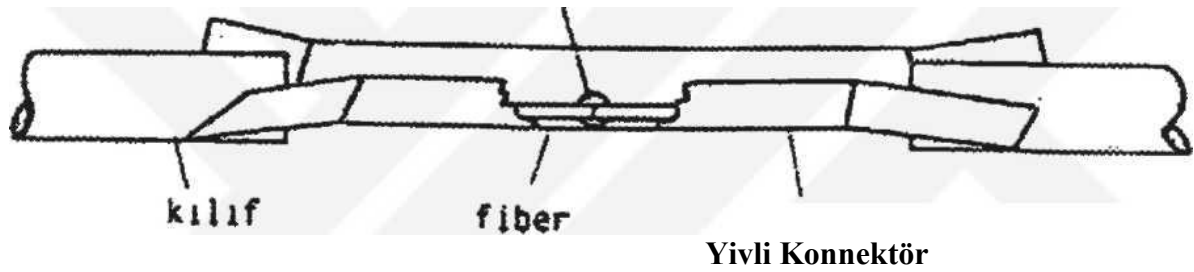
Bitiştirme eklerde iki fiberin yüzeyi arasındaki hava aralığının bozucu etkisini önlemek üzere araya, kırılma indisi camın kırılma indisine yakın bir sıvı damlatılır. Ancak bu sıvının kırılma indisi zamanla değişebilir.

Bitiştirme ekler, açıkladığımız toleransları sebebiyle tek modlu optik fiberler için pek uygun değildir. Çok modlu optik fiber eklerinde ortalama 0.15-0.20 dB'lik ek kayıplarına indirgenebilmektedir. Bu çeşit ekler hassas ek parçaları gerektirdiğinden pahalı olmakla beraber kolay yapılabilen eklerdir. Aynı zamanda bu çeşit ekler daha çok, ölçü ve kontrol aletlerine bağlantı yapılması, laboratuvarlarda parçaların birbirine eklenmesi, geçici tamirat ekleri gibi durumlarda kullanılır.

4.2.1.2. Yapıştırma ekler

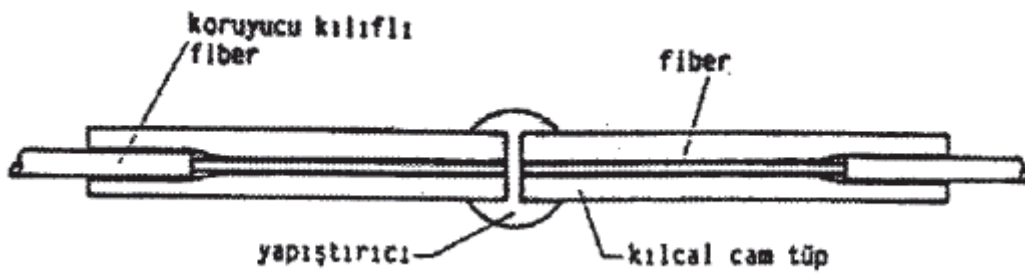
Yapıştırma ekler, prensip olarak bitleştirme eklere benzer. Ancak; eklenecek optik fiberler arasında, kırılma indisi camın kırılma indisine yakın, sertleşebilen yapıştırıcı madde kullanılır.

Yivli yapıştırma ek, yivli konnektör kullanılır. Düzgün ve dik kesilmiş iki optik fiber yüzeyi arasına uygun bir yapıştırıcı madde uygulanır. Konnektör iki tarafta tamponlara geçirilerek sıkılır ve ekte mekanik direnç sağlanmış olur .Yivli yapıştırma ekler tek modlu optik fiberler için uygun değildir. (Bkz. Şekil 4.2)



Şekil 4.2. Yivli yapıştırma ek

Kılcal tüplü yapıştırma ek yöntemiyle kılıfından sıyrılmış optik fiberler, eke gelen taraftaki yüzü parlatılmış kılcal borum cam tüplere geçirilir. Cam tüpler optik fiber kılıfına tutturulduktan sonra, tüplerden dışarı çıkan optik fiber uçları düzgün bir şekilde kesilir ve kesit yüzeyleri parlatılır.(Bkz. Şekil 4.3)



Şekil 4.3. Kılcal cam tüplü yapıştırma ek

Özel bir tertiple iki optik fiberin kesitleri birbirine yanaştırılıp öz eksenleri aynı doğrultuya getirildikten sonra araya kırılma indisi camın kırılma indisine yakın bir yapıştırıcı sıkılır. Yapıştırıcı mor ötesi ışınlarla sertleştirilerek ek tamamlanır.

Bu çeşit ekler ek zayıflamasının düşük olması sebebiyle uygundur. Ancak ek malzemesi nisbeten pahalı ve ek yapma süresi (12 dakika/optik fiber sayısı) oldukça uzundur. Araya konulan yapıştırıcının mekanik ve optik özellikleri de uzun süreler boyunca bozulabilir.

4.2.2. Füzyon ekleri

Yaygın bir şekilde kullanılan bir ek yapma yöntemidir. Füzyon ekinde, bir elektrik arkı yardımıyla ergitilen optik fiber uçları doğrudan doğruya birbirine kaynaştırılarak eklenir. Bu tür ekleri yapmak için özel aletler hazırlanmıştır. Çok modlu optik fiberler ile tek modlu optik fiberlerin eklenmesinde kullanılan yöntem ve malzemeler birbirinden biraz farklıdır.

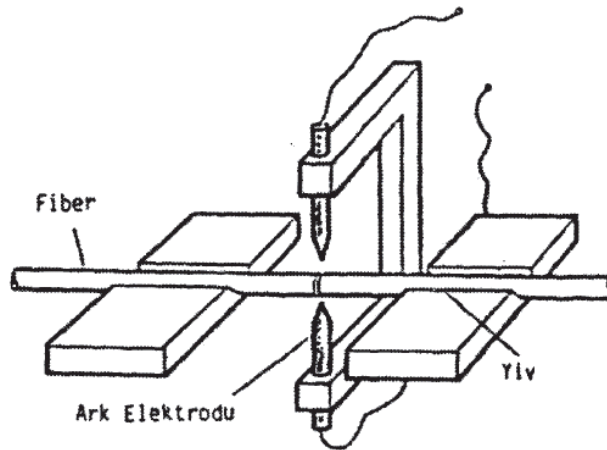
4.2.2.1. Derece indisli fiberleri füzyon yöntemiyle eklenmesi

Dereceli indisli optik fiberlerin eklenmesi için kullanılan aletlerde; (Bkz. Şekil 4.4)

- Optik fiberlerin yerleştirilmesi için V şeklinde yivleri olan bir yerleştirme parçası,
- Optik fiber uçlarının eksen yönünde belirli yerlere getirilebilmelerini sağlayan ayarlama tertibatı,
- Yerlerine yerleştirilmiş optik fiberlerin yerinden oynamasını engelleyen tespit tertibatı,
- Eritme işini sağlayan ark tertibatı,
- Ekin yapılmasını otomatik olarak denetleyen merkezi işlem ünitesi,
- Ark gerilimini ve süresini önceden ayarlamaya yarayan kontrol ünitesi, bulunur.

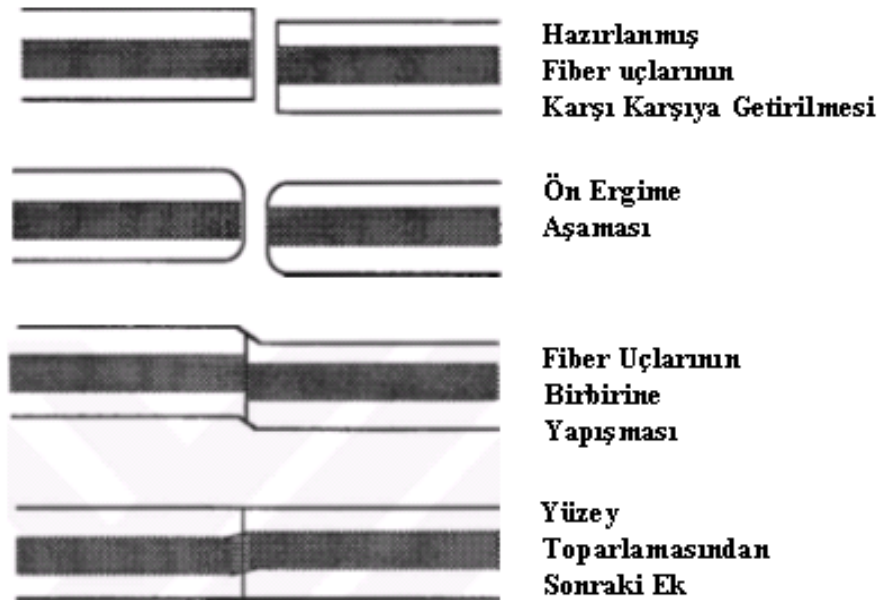
Ayrıca, cihazla birlikte optik fiber izolasyonunu sıyırma ve optik fiber kesme aletleri de bulunur.

Ek için gerekli hazırlıklar ve ön ayarlar yapıp optik fiber uçlarının yerlerine tesbiti sağlandıktan sonra optik fiber eki otomatik olarak yapılır. Alet otomatik olarak, ilk etapta, optik fiber uçlarını birbirinden uzaklaştırır ve bir ön ergime sağlar. Bu işlemle, optik fiber kesit yüzeylerindeki bazı kesme işleminden oluşan pürüzleri düzeltilmiş olur. İkinci etapta, optik fiber yüzeyleri birbirine yaklaştırılır ve asıl ek için gerekli ark oluşturularak ekleme tamamlanır. Ergime için oluşan sıcaklık 1700°C civarındadır.



Şekil 4.4. Arkli füzyon eki aleti prensip şeması(çok modlu optik fiberler için)

Dereceli indisli optik fiberler için kullanılan bu çeşit ek yöntemlerinde, V kesitli yivlerle sağlanan merkezleme yeterli olmaktadır. İki optik fiberin kesit yüzeylerinin tam karşılıklı gelmeyip bir miktar kesit kaymasının olması halinde, ergimiş optik fiber kesitlerinin yapışmasından sonra yüzey gerilmesi sayesinde ekte, kesit kaymasını telafi edecek yönde şekil değişmesi olur. Bunun sonucunda optik fiber özleri de karşılıklı hale gelmiş olur. Şekil 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Çok modlu fiberin ek aşamaları

Bu çeşit eklerde $10\ \mu\text{m}$ 'ye kadar varan eksen kaymaları yüzey gerilmesiyle düzelir ve önemli bir ek kaybına sebep olmaz. Optik fiber kesmesinde yapılabilecek (3°) 'ye

kadar varan hatalar da önemli bir ek kaybına sebep olmaz. Dereceli indisli optik fiber kablolarda yapılan füzyon eklerinin ortalama zayıflaması (0.1 dB) kadardır.

4.2.2.2. Tek modlu fiberleri füzyon yöntemiyle eklenmesi

Dereceli indisli optik fiberlerde, öz çapına optik fiber çapma oranının tek modlu optik fiberlere kıyasla yüksek olması sonucu, eklemeye dış çapların bir tolerans içinde karşı karşıya getirilmesi yeterli olmakta, yüzey gerilmesinden kaynaklanan esneme de düzeltici yönde etki yapmaktadır.

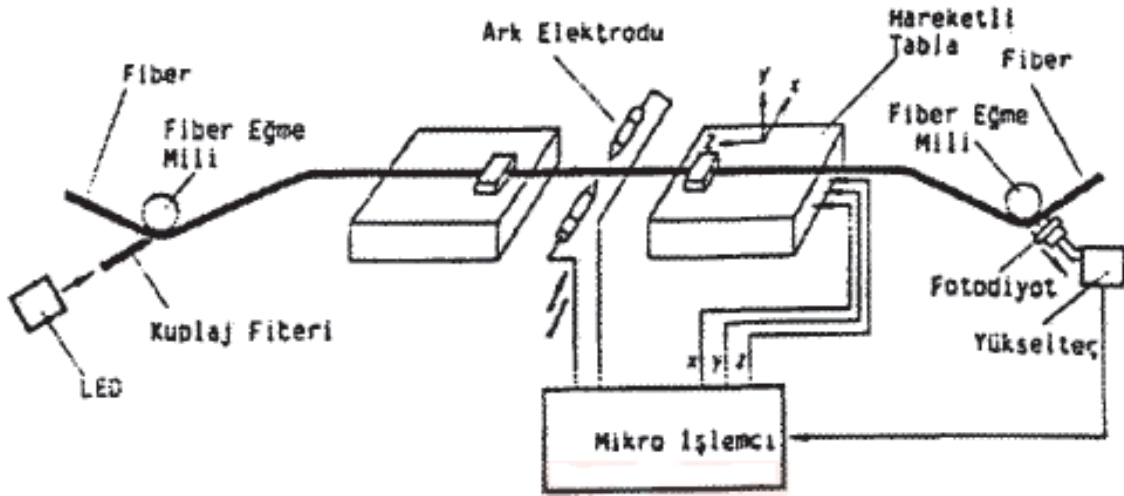
Tek modlu optik fiberlerde ise, öz çapının küçük olması sebebiyle örtü çapındaki ve eksenlemedeki toleranslar eklemeye önem kazanır. Bu çeşit optik fiber eklerinde özlerin karşı karşıya getirilmesini sağlayacak yöntemlere ihtiyaç duyulur. Ayrıca karşı karşıya gelmiş öz yüzeylerinin kayması ihtimalinden dolayı yüzey gerilme esnemesinin de önlenmesi gerekir. Bu sebeplerle tek modlu optik fiberlerin eklenmesi için dereceli indisli optik fiber eklerinde kullanılan aletlerden farklı aletlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu aletlerde yüzey gerilme esnemesini önlemek için, ark gerilimi yüksek, ark süresi kısa tutulmaktadır. Böylece ergimenin yapışma yüzeyinden başka bölgelere yayılması önlenmektedir. Bu yöntemle ortalama 0.05 dB zayıflamak ekler yapılabilir. Özlerin karşı karşıya getirilmesini sağlamak üzere başlıca iki yöntem kullanılmaktadır;

- Optik fiber özlerinin görüntülenmesi yöntemi,
- Optik iletimin ölçülmesi yöntemi,

Optik fiber özlerinin görüntülenmesi yönteminde, optik fiberden, optik fiber eksenine dik gelecek şekilde yatay ve düşey birbirine iki ışık demeti geçirilir. Bunlardan biri, bir prizmadan geçirildikten sonra her iki ışık demeti bir mercek ve kamera sisteminden geçirilerek ekranda görüntülenir.

Işık demetleri, optik fiberden geçerken örtü ve özün farklı kırılma indislerinden dolayı, ekranda özün görünmesini sağlayacak şekilde ışık yoğunluğu değişimine uğrarlar. Işık demetlerinin ek noktası civarında tarama yapması yoluyla ekranda ekin iki tarafındaki optik fiberlerin yatay ve düşey görüntüleri elde edilir. Uygun ayar mekanizması sayesinde, optik fiberler üç eksen boyunca hareket ettirilerek özlerin

karşı karşıya ve iki tarafın ek işlemine hazır pozisyona getirilmesi sağlanır. Bundan sonra ek işlemi yapılabilir. Optik fiberlerin uygun ek pozisyonuna getirilmesini sağlayan ve eklemeyi otomatik olarak yapan mekanizmalar da geliştirilmiştir. Optik iletimin ölçülmesi yönteminde, ekin bir tarafından optik fiber içine ışın demeti gönderilir, diğer taraftan alınan ışın demetinin şiddeti, bir foto diyot ve kuvvetlendirici yardımıyla ölçülüp değerlendirilir [12]. Bu yöntem "LID (Local Injection and Detection)" denilmektedir. (Bkz. Şekil 4.6)



Şekil 4.6. Tek modlu optik fiberler için ek aleti prensip şeması

Optik fibere ışın demeti göndermek veya optik fiberdeki ışın demetini almak üzere alet üzerinde iki adet kavis tertibi vardır. Kavis tertibinde koruyucu kılıfı ile birlikte optik fiber, dışardan öze ışık girebilecek veya özden dışarıya ışık çıkabilecek ölçüde kavislendirilir. Aletin optik vericisinde üretilen ışın demeti bir taraftaki kavisten optik fiber özüne gönderilir. Ek yapılacak kesitler aracılığıyla karşıdaki optik fibere geçen ışın demeti diğer kavisten optik fiber dışına sızarak aletin optik alıcısına ulaşır. Optik alıcıya ulaşan ışın demetinin şiddeti, eklenecek optik fiber özlerinin birbirine göre durumuna bağlı olarak değişir. Optik fiberlerin karşılıklı durumunu ayarlamaya yarayan bir sistemle alınan ışın demetinin en yüksek değere ulaşacağı şekilde özler karşı karşıya getirilir.

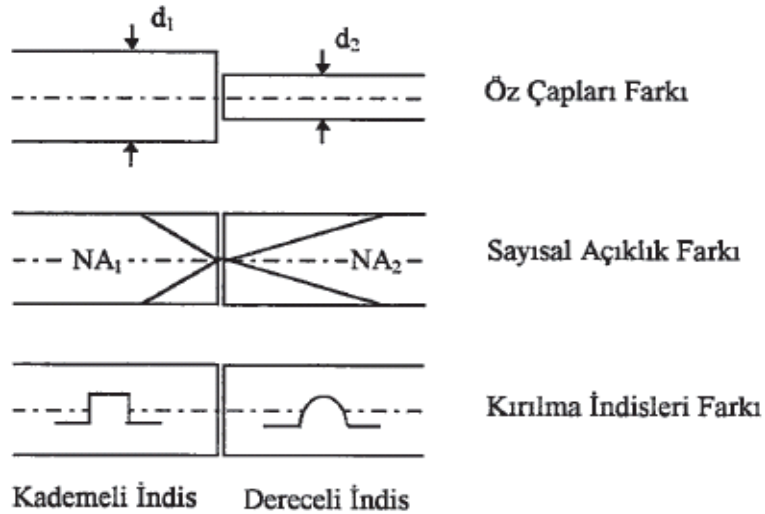
Bu işlem otomatik olarak da yapılabilir. Alet, önce bir eksen boyunca sonra buna dik diğer eksen boyunca kaba ayar yapmak suretiyle özleri yaklaşık olarak karşı karşıya

getirir. Bundan sonra, kesitleri birbirine değecek şekilde yaklaştırıp belirli bir mesafe kalacak şekilde uzaklaştırır. Daha soma zleri tam karşı karşıya getirecek şekilde iki eksen yönünde ince ayarlama yapar. Bundan sonra ek işlemi yapılabilir.

4.3. Optik Fiberlerde Ek kusurları

Eklenmiş optik fiberlerde, bir miktar zayıflama kaçınılmaz olmaktadır. Uygun ek yöntemleri seçilerek ve ek yapılırken titizlik gösterilmek suretiyle bu zayıflamaların en aza indirilmesi gerekmektedir. Optik fiber güçlendirme elemanlarının ve ekte optik fibere verilen kavisin de zayıflama ve ömür üzerinde etkisi vardır. Eklerde ortaya çıkan kusurların çeşitli kaynakları vardır. Bunlar řu şekilde sıralanabilir [13] :

- Optik fiber üretimindeki hatalardan kaynaklanan kusurlar,
- Fiberin karşı karşıya getirilişindeki hatalardan kaynaklanan kusurlar,
- Fiber kesme hatalarından kaynaklanan kusurlar,
- Ek aletinden dolayı meydana gelebilen kusurlar,
- Ek tamamlamadaki hatalardan meydana gelebilen kusurlar,



şekil 4.7. Optik fiber üretiminden veya farklı optik fiberlerin eklenmesinden kaynaklanan kusurlar

4.3.1. Optik fiber üretimindeki hatalardan kaynaklanan kusurlar

Optik fiber üretiminden kaynaklanan veya farklı üretimden gelen kabloların eklenmesinden oluşabilecek hatalar şekil 4.7’de verilmiştir.

- z çaplarının farklı olması,

- Sayısal açıklıkların farklı olması,
- Kırılma indislerinin veya kesitteki indis dağılımlarının farklı olması,

Bu çeşit optik fiberlerin eklenmesinden meydana gelen kusurlar, yapılabilecek diğer kusurlara kıyasla, önemli bir ek kaybına sebep olmamaktadır. Söz konusu karakteristiklerde %10'un altındaki bir hata ekte 0.01 dB'in altında bir zayıflama meydana getirir.

4.3.2. Fiberin karşı karşıya getirilişindeki hatalardan kaynaklanan kusurlar

Ek yapılacak optik fiberlerin karşılıklı yüzeyleri, eksenleri çakışacak ve ek kesitleri arasında uygun bir aralık bulunacak şekilde karşı karşıya getirilmelidir. Buna uyulmaması halinde şekil 4.8'de görülen kusurlar meydana gelmektedir [14]:

- Eksenler arasında açıklık,
- Eksenler arasında açı,
- Yüzeyler arasında açıklık,

Eksenler arasındaki açıklık, tek modlu optik fiberlerde iki tarafın öz karakteristiklerinin ortak yüzeyini azaltarak önemli ek zayıflamalarına sebep olmaktadır. Bu tip kusurlar füzyon eklerinde, ek başlangıcında eksenlerin tam olarak çakışması halinde dahi ortaya çıkabilir. Örtü tabakasında eşmerkezlilik olmadığı durumlarda ark süresi gereğinden uzun tutulursa ergimenin yayılması sonucunda kesit toparlanması olur ve öz eksenleri birbirinden uzaklaşır. Şekil-4.9'de eksenler arası açıklığa bağlı olarak ek zayıflamaları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, çapa göre % 20 oranındaki 2 μm 'lik bir kayma 1 dB'e yakın bir ek zayıflamasına sebep olabilmektedir.

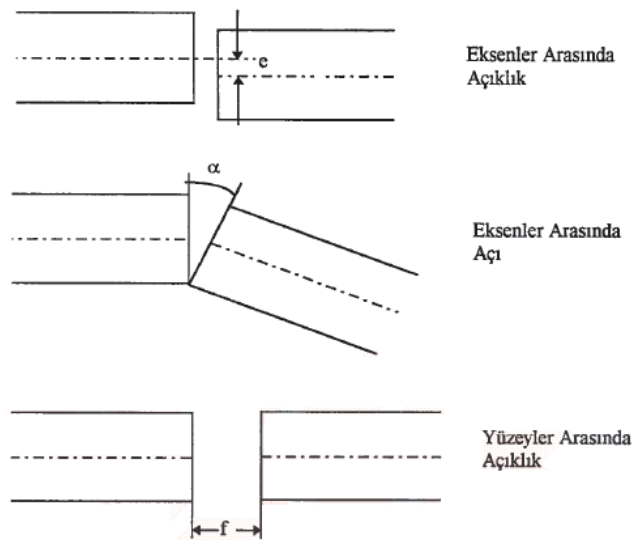
Karşılıklı iki optik fiber ekseninin birbiriyle çakışmayıp küçük bir açıyla kesişmeleri halinde hem öz ekinde çarpılma hem de sayısal açıklığın dışına çıkılması sebeplerinden dolayı zayıflama olur. Bu da önemli bir kusurdur.

Füzyon eklerinde optik fiber yüzeyleri arasındaki açıklık uygun değerden daha yüksek tutulursa ek incilmesi ve kabarcıklarına olur. Bu da ışığın örtü tabakası içine kaçmasına ve dolayısıyla zayıflamaya sebep olur.

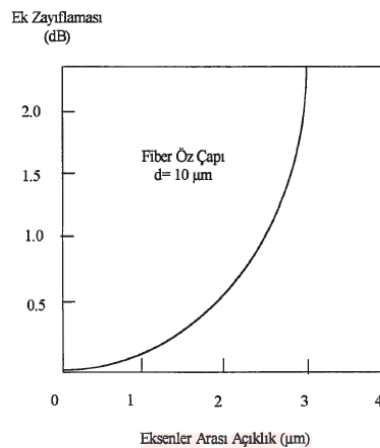
4.3.3. Fiber kesme hatalarından kaynaklanan kusurlar

Ek yapılacak optik fiberlerin kesilmesinde, uygun kalitede kesme aleti kullanılması ve ek yapan personelin iyi yetişmiş olması gerekmektedir. Optik fiber; eksene dik, pürüzsüz ve kusursuz kesilmeli, kesilmiş yüzeyde kirlenme olmamalıdır. Buna göre başlıca hatalar şekil 4.10'da görüldüğü gibi aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Açılı kesit yüzeyi,
- Sivri uçlu yüzey,
- Kırık yüzey,
- Pürüzlü yüzey,
- Kavisli yüzey,
- Kirlenmiş yüzey



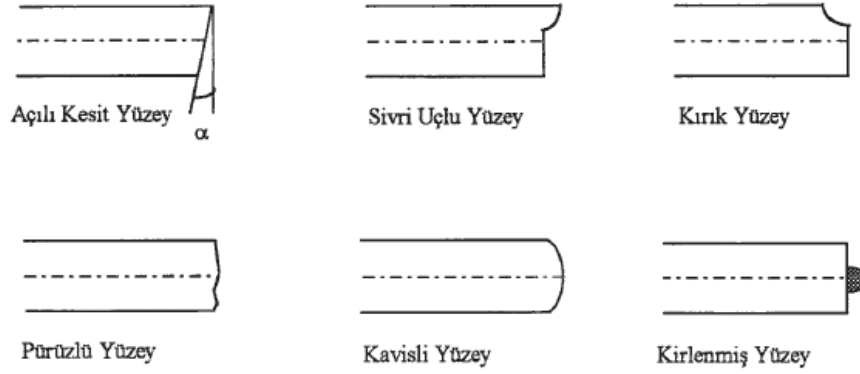
Şekil 4.8. Optik fiberlerin karşı karşıya getirilişindeki hatalar



Şekil 4.9. Eksen kayması halinde ek zayıflaması (tek modlu optik fiberler için)

4.3.4. Ek aletinden meydana gelebilen kusurlar

Ek aletinin çalışma şartlarına uygun ayarlarının yapılması gerekmektedir. Aletin sıcaklık, süre ve mesafe ayarlarından biri veya birkaçı hatalı yapılmış ise ekler kusurlu olur. Bu hatalar; kesit toparlanması, öz şişmesi veya incelmesi, ekte kabarcık oluşması gibi sonuçlar meydana getirerek ek zayıflamalarına sebep olabilirler.



Şekil 4.10. Optik fiberde kesme hataları

4.3.5. Ek tamamlamadaki hatalardan meydana gelen kusurlar

Füzyon yöntemi ile eklenen optik fiberler metal takviyeli bir ek muhafazasına konulup sıkılmak suretiyle korunurlar. Ayrıca ek kutusuna bir turluk kavislerle yerleştirilirler. Gerek ek muhafazalarından gerekse kavislerden kaynaklanan ek hataları olabilir. Ek muhafazasına koymada ve yerleştirmede optik fiberlere basınç gelecek şekilde sıkılmalar, küçük kıvrımlar oluşturulduğundan bunlar ek zayıflamalarına sebep olurlar. Yerleştirmede verilen kavislerin dar tutulması da özden örtü tabakasına ışık sızması ve dolayısıyla zayıflamaya sebep olur. Ek muhafazasındaki metal takviye, işletme esnasındaki sıcaklık değişimleriyle genişip büzülerek içindeki optik fibere gerilme ve basınç uygular. Bu da zamanla ek noktalarında kopmalara kadar varabilen arızalara sebep olabilir.

BÖLÜM 5.

FİBER OPTİK KABLOLARIN ÖLÇÜM METOTLARI

5.1. Giriş

Optik fiberlerde çeşitli aşamalarda değişik testler yapılabilir. Bunların hepsinin amacı, fiberlerin amacına uygun üretilip üretilmediğini ve işletme esnasındaki durumunu belirlemektedir.

Bu muayeneler çok basit ve kısa kontroller şeklinde olabileceği gibi, detaylı ve belli değerlere ulaşıp ulaşılmadığının tespiti şeklinde de olabilir.

Bu testler gerekirse fibere bir uçtan belli bir güç uygulanarak karşı uçtan uygulanan gücün ne kadarının alınabileceğinin tespiti şeklinde olabilir veya yaygın kullanımdan da anlaşılacağı gibi, daha çok reflektometre dediğimiz (OTDR) ölçü aletleriyle yapılan yansıma testleridir. Yansıma testleri kabloların bir ucundan uygulanabilen ve karşıdan herhangi bir işlem gerektirmeyen muayenelerdir.

Yansıma testi, üretiminden tesisine kadar, kablo üzerinde meydana gelebilecek bozulma ve hasarları sağlıklı bir şekilde tespit edebilen yöntem olarak kabul edilmektedir.

5.2. Fiberlerde Devamlılık Testi

Normal olarak optik fiber kablo tesislerinin muayene ve ölçülerinde bu iş için özel olarak yapılmış aletler kullanılır.

Bazı durumlarda, özel alet kullanmaksızın ve hızlı bir şekilde, kopukluk olup olmadığı anlamaya ihtiyaç duyulur. Bu muayenede fiberin bir ucundan görünen ışık gönderilip karşı ucundan ışığın görülüp görülmediğine bakılır. Kaynak olarak bir

el lambası veya benzer bir ışık kaynağı kullanılır. Gerektiğinde kaynağın ışığı bir mercek yardımıyla yoğunlaştırılıp yönlendirilebilir.

Işığın gönderildiği taraftaki fiber ucunun düzgün kesilmiş olması gerekir. Döşenmiş kablolarla olduğu gibi, kablonun iki ucunun birbirinden uzakta olması halinde, iki uç arasında bir haberleşme bağlantısının bulunmasına ihtiyaç duyulur. Gözle muayeneye girişmeden önce, kabloya optik iletimde kullanılan kızıl-ötesi ışınların verilmediğinden emin olmak gerekir.

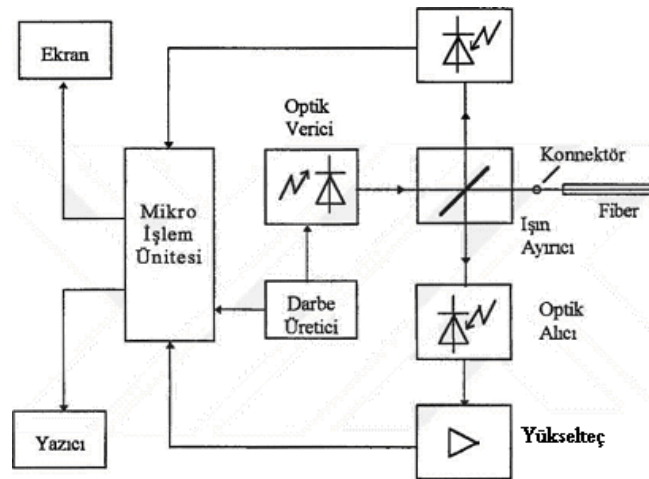
5.3. Reflektometre

Reflektometre optik fiber kablo ölçülerinde çok kullanılan bir alettir. Prensip olarak, bakır iletkenli kablolarla kullanılan "ekometre" veya "reflektometre"nin bir benzeridir. [15]. (OTDR : Optical Time Domain Reflectometre)

Aletle, muayene edilecek optik fiberin bir ucundan optik ışın darbeleri gönderilip, fiber içindeki çeşitli engellerden yansiyarak dönen darbelerin dönüş sürelerinin belirlenmesi ve genliklerinin orijinal darbeye karşılaştırılması suretiyle, fiberdeki zayıflama ve arızalar hakkında bilgi edinilir. Bir optik reflektometrenin prensip şeması şekil 5.1'deki gibidir.

Şemadan görüleceği üzere, alette, bir darbe üreticisi, bir optik verici, bir ışın ayırıcı, iki optik alıcı, bir yükselteç, bir mikro işlem ünitesi, bir ekran ve bir yazıcı düzeneği bulunmaktadır.

Darbe üreticisi optik vericinin darbeler şeklinde ışın üretmesini denetler, darbelerin süresini ve sıklığını belirler. Optik vericiden çıkan darbe şeklindeki ışınlar yan geçirgen bir ayırıcıda ikiye ayrılırlar. Işınların az bir kısmı, referans olarak kullanılmak üzere, bir optik alıcıya yansıtılır, bir kısım da, bir konnektör aracılığıyla, muayene edilecek optik fiber içine zerkedilir.



Şekil 5.1. Optik reflektometre (OTDR) nin prensip şeması

Fibere zerk edilen ışınlar, fiber içindeki yayılı veya noktasal engellerde zayıflayarak ilerlerken, aynı zamanda, her engelden bir miktar yansıyor, dönüş yolunda da zayıflayarak geri dönerler. Fiber içinden yansıyor dönen ışınlar, ışın ayırıcıdan yansıyor, bir optik alıcıya ulaşırlar.

Gerek çıkış kolunda referans olmak üzere ayrılan ışın darbeleri gerekse fiber içinden yansıyor dönen ışın darbeleri, optik alıcılarda elektrik darbeler haline dönüştürülürler. Optik alıcılarda elde edilen elektrik darbeler aletin mikro işlem birimine verilir.

Mikro işlem biriminde, yansıyan ışınlar ait işaretler, geliş anı ve şiddet yönünden, çıkan ışıktan alınan örneklerle karşılaştırılırlar. Sonuç, bir ekranda, yatay ekseninde zaman veya mesafe, düşey ekseninde ise dB cinsinden genlik olarak, grafik şeklinde görülür. İstendiğinde, bu grafik, bir yazıcı aracılığıyla kağıda yazdırılabilir.

Reflektometrenin gösterdiği bu grafik, muayene edilen fiberin zayıflama karakteristiğini ve ayrıca noktasal farklılıkların yerini ve zayıflamasını verir [16]. Üzerinde bir ek bulunan bir fiber uzunluğunu örnek alarak durumu açıklayalım.

Konnektör aracılığıyla fiberin bir ucundan verilen ışın darbesi, fiber içindeki engellerde yansıma, saçılma ve soğurma gibi nedenlerle zayıflayarak, belirli bir hızla karşı uca doğru yol alır.

Fiber içindeki engellerden birine ulaşan ışın miktarının, engelin karakterine bağlı olarak, belirli orandaki bir kısmı geriye doğru yansır. Yansıyan ışın, geri dönüş yolunda zayıflamaya uğrayarak çıkış ucuna ulaşır.

Darbe sıklığı, gönderilen bir darbenin fiberin karşı ucundan gelecek yansımanın bir sonraki darbenin çıkışından daha önce alete ulaşmasını sağlayacak şekilde seçilir.

Darbeler sürekli olarak peş peşe gönderilip yansımaları her darbe için ayrı ayrı değerlendirilir ve böylece grafiğin sürekliliği sağlanır. Ancak, reflektometre, her yansıma noktasından gelen yansıma için 1000 kadar yansımanın ortalama değerini alıp ekrana göndermek suretiyle, alış kolundaki parazit gürültülerin etkisini ortadan kaldırır.

Fiber içinde başlangıçtan (x) uzaklığındaki bir engelden yansıyarak geri gelen ışının, darbenin çıkış anından itibaren geriye dönüş süresi,

$$t = 2x / c \quad c = c_0/n$$

$$t = (2n / c_0) x$$

olur. Burada,

t, yansıyan ışının çıkıştan itibaren dönüş süresi (saniye)

x, yansıma noktasının başlangıçtan uzaklığı (metre)

n, fiberin kırılma indisi

c, ışının fiber içindeki hızı (m/s)

c₀, ışık hızı (3*10⁸ m/s)

olur ve görüleceği üzere, engelin uzaklığı ile yansıyan ışının geri dönüş süresi doğru orantılıdır.

Fiberin ucundan gönderilen ışın darbesinin şiddetine bağlı olarak, bir engelden yansıyarak dönen darbenin şiddeti ise,

$$P_x = P_0 e^{-2ax}$$

olarak ifade edilebilir.

Burada,

P_x, x uzaklığındaki engelden yansıyarak gelen ışının şiddeti

P₀, fibere zerkedilen ışının şiddeti

r , engelde yansıma oranı (katsayısı)

a_x , baştan x uzaklığına kadarki zayıflama

e , tabii logaritma tabanı

dır. Bu ifade, yansıyan ışın şiddetinin, gönderilen ışın şiddeti ve engeldeki yansıma katsayısıyla doğrusal orantılı, engel noktasına kadar ki zayıflamayla da üssel orantılı olduğunu belirtmektedir.

Yansıma katsayıları benzer olan iki engelden yansıyan ışın şiddetinin oranı ise,

$$P_2/P_1 = e^{-2(a_2 - a_1)}$$

olarak kolayca hesaplanabilir ve böylece, bu çeşit iki nokta arasındaki zayıflamanın

$$a_{12} = - \ln (P_2 / P_1) / 2 = a_2 - a_1 \text{ [neper]}$$

olduğu söylenebilir.

Reflektometre ekranında, yatay eksen yansımaların dönüş süresiyle orantılı, dikey eksen de yansıyan darbe şiddetinin logaritmasıyla orantılı alındığından, ekranda görülen grafik muayene edilen fiberin zayıflama karakteristiğini gösterir [17].

Ekranda yatay eksen, fiberin kırılma indisi hesaba katılarak, fiber içindeki mesafeleri, dikey eksen ise, fiber giriş ucu sıfır alınmak suretiyle, fiberin çeşitli noktalarına kadarki zayıflamayı (dB) gösterir.

Bir fiber uzunluğundaki zayıflamalar, fiberin yayılı zayıflamaları, ek noktalarından gelen zayıflamalar ve arıza noktalarından kaynaklanan zayıflamalar toplamından oluşur.

$$a_t = \alpha_f s + \alpha_0 n + \sum \alpha_{ai}$$

Burada,

a_t , bir fiber uzunluğunun toplam zayıflaması (dB)

α_f , fiberin kilometrik zayıflaması (dB/km)

s , fiber uzunluğu (km)

α_0 , ortalama ek zayıflaması (dB/ek)

n , ek sayısı

α_{ai} , arıza zayıflamaları (dB/anıza)

Reflektometrelerin bazı genel özellikleri vardır.

- Reflektometreler genellikle bir repetör seksiyonunun tamamını kapsayabilecek bir gösterme sınırı için yapılırlar. Ayrıca arıza noktalan civarını daha detaylı incelemeye imkan verecek şekilde gösterme aralığını daraltmak, diğer bir deyişle, genel grafikte belirtilen iki nokta arasını ekrana sığacak şekilde genişleterek görmek mümkündür.
- Bu çeşit detay görünümüler için, ışın darbesinin genişliğini birkaç nanosaniye mertebesine indirip fiber üzerindeki birkaç metre uzunluktaki arıza durumu inceleme imkanı vardır.
- Ekran üzerinde, sürekli olarak, önceden verilmiş veya aletçe hesaplanmış bazı değerleri görme imkanı vardır. Bunlar: muayene tarihi, fiberin kırılma indisi,ekrandaki görüntünün başlangıç ve bitiş mesafeleri, parça uzunluğu, zayıflama, birim zayıflama, ek zayıflaması gibi değerlerdir.
- Aletlerde yapılmış ölçü sonuçları daha sonra kullanılmak üzere belleklere alınabilir. Bunların ortalamaları hesaplatılabilir. Yapılan ölçülerle karşılaştırma yaptırılabilir.
- Lazer modülü değiştirilerek veya bir anahtarla kumanda suretiyle farklı optik pencerelerde muayene yapmak mümkün olabilir.
- Alet üzerindeki printer (yazıcı) yardımıyla ekrandaki bilgiler aynen kağıda bastırılıp belge olarak kullanılabilir.
- Aletler arazide de kullanılabilir şekilde yapılır.

Diğer ölçüm ve test tiplerinden bazılarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Optik Zayıflama Test,
- Su Sızdırmazlık Testi,
- Soyulma Test,
- Çarpma Etkisi,
- Avcı Atış Testi,
- Kablo Sıcaklık Testi,
- Germe Kuvveti Testi ,
- Polietilen Testleri,

5.4. Işık Kaynağı Ve Optik Powermetre (Güçmetre)

Işık kaynağı üzerinde 1310 nm ve 1550 nm dalga boyunda 1 mW gücünde ışık veren bir lazer kaynağı bulunur. Bu ışık kaynağından optik fiberin bir ucundan ışık gönderilir diğer uçtan powermetre ile gelen ışığın gücü veya zayıflaması dB olarak ölçülebilmektedir. Powermetrenin üzerinde 1310 nm ve 1550 nm dalga boyunun seçim anahtarı bulunmaktadır. Işık kaynağından gönderilen ışığın dalga boyuna göre seçim yapılmalıdır, ölçüm yapılan noktaların farklı merkezlerde olması durumu bu ölçüm metodu için dezavantajlı kılmaktadır.

5.5. Optik Sistemlerde Çalışırken Gerekli Güvenlik Önlemleri

Optik sistemlerde çalışanların, bu sistemlerde kullanılan ışınların insan vücudu ve özellikle göz üzerinde tehlikeli olabilecek etkilerine karşı, dikkatli olmaları ve önlem almaları gerekir.

Bilindiği gibi görünen ve görünmeyen ışınların insan sağlığı üzerinde çeşitli etkileri vardır. Mor-ötesi ışınların cilt üzerinde kanserojen etkileri olduğu gibi, kızıl-ötesi ışınların da yakma etkileri vardır.

Optik sistemlerde kullanılan kızıl-ötesi ışınların, düşük takatli oluşları nedeniyle, sadece göz üzerinde tehlikeli etkileri vardır. Bir optik ışın demetine bakıldığında, bu ışınlar göz merceğinden geçerek retina üzerinde odaklanırlar.

Böylece çok yoğun hale gelen ışınlar retina hücrelerini tahrip ederler. Bu tahribatın derecesi ışın yoğunluğuna ve etkilenme süresine bağlıdır. Tahribatın fark edilmesi ise retina üzerindeki etkilenme bölgesine bağlıdır. Retinanın orta bölgelerinin zedelenmesi halinde büyük boyutlara ulaşan görme eksikliği söz konusu olabilir. Dış bölgelerdeki tahribat ise görme bozukluğu şeklinde belirti vermeyebilir. Burada tehlike, kullanılan ışınların görünen ışın bölgesi dışında olması nedeniyle, gözün ışına maruz kaldığının farkına varılmamasıdır.

Dağınık ışınlar göz için pek tehlikeli değilse de optik aletlerle yoğunlaştırıldığı takdirde zararlı olabilirler. Optik sistemlerle çalışmada, ölçü ve muayene için

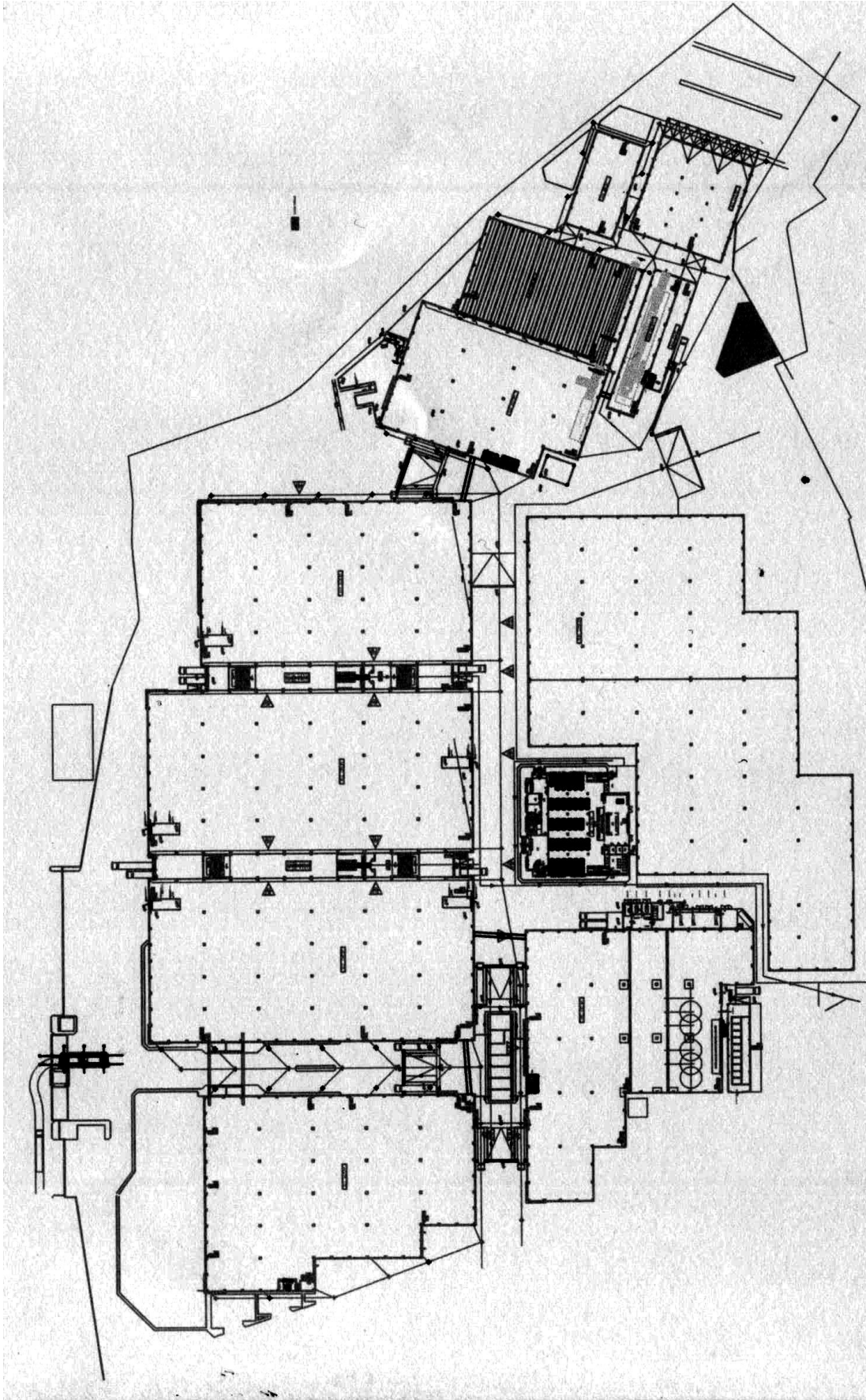
kullanılan aletlerden çıkan ışınlar veya çalışan bir sistemin veriş kolundan çıkan optik sinyaller tehlikeli kaynaklardır.

Genel olarak, teçhizatın ve aletlerin tasarımında, ışın tehlikesine karşı önlemler alınmıştır. Bununla beraber ışınlar direkt bakma tehlikesi her zaman söz konusudur. Tesis ve balam esnasında optik aletlerle çalışanların ve fiber eklerinde çalışanların bu tehlikeleri bilmeleri, bunlara karşı kendilerini korumaları gereklidir. Direkt olarak optik ışınlar bakılmamak ve cihazlardan veya fiberden göze direkt ışın gelmesini engelleyecek önlemler alınmalıdır. Bu çeşit ışına maruz kalınması veya kalındığından şüphe edilmesi halinde vakit kaybetmeksizin doktora başvurulmalıdır

5.6. Endüstriyel Kuruluş İçin Fiber İle CAT5 Kablo Karşılaştırması

Pilot bölge olarak seçilen endüstriyel fabrikanın krokisi Şekil 5.2’de verilmiştir. 180x550 m ebatlarında yaklaşık 100 dönüm arazi üzerine kurulmuş tesiste bir uçtan diğer uca haberleşmede fiber kablo kullanılmasının daha uygun olduğu karşılaştırma sonucu görülmüştür. Söz konusu karşılaştırma değerleri firmanın haberleşme için seçmeyi düşündüğü fiber optik kablo veya CAT5 kablo için çeşitli kıstaslar baz alınarak karşılaştırmalı tablo olarak şekli takiben verilmiştir. Söz konusu endüstriyel tesisin haberleşme ve iletişim projesinde yaklaşık 5000 m. kablo kullanılacağı hesaplanarak yapılan karşılaştırma sonucunda firmanın kablo seçiminde fiberi kullanmasının daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Test sonuçlarından da anlaşılacağı üzere bu ölçekteki bir uygulamada Fiber optik kablonun tek dezavantajı kurulum maliyeti olurken, bu maliyeti de zaman içinde bakım-onarım giderleri, yeniden kurulum maliyetleri ve enerji giderleri (repeaterler) sayesinde amorti etmektedir. Çevre şartları ve endüstriyel tesisin fiziksel büyüklüğü de göz önüne alınıp; incelenen tüm kriterler ve test sonuçları değerlendirildiğinde büyük ölçekli haberleşme ve iletişim sistemlerinde fiber optik kabloları kullanmanın daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 5.2. Uygulama alanı olarak seçilen endüstriyel tesisin yerleşim krokisi

<u>S.No</u>	<u>Test Adı</u>	<u>Fiber Kablo</u>	<u>CAT5 Kablo</u>
1.	Su Sızdırmazlık	Olumlu	Olumlu
2.	Nemden Etkilenme	Etkilenmez	Etkilenir
3.	Fiyat	Pahalı	Ucuz
4.	Bükülme	20xYarıçap	8xYarıçap
5.	Ezilme	+	-
7.	Esneklik	+	-
8.	Zayıflama	+	-
9.	Çekme	Max. 5000 N	Max. 50 N
10.	Zayıflama	2 km'den sonra	100 mt'den sonra
11.	Data İletim Hızı (max.)	1000 mbps	100 mbps
12.	Çekilebilecek Max. Mesafe	2 km	100 mt
13.	Donanım Miktarı	6	25
14.	Avcı Atış Testi	+	-
15.	Manyetik Alandan Etkilenme	Etkilenmez	Etkilenir
16.	Bilgi Güvenliği	Olumlu	Olumsuz
17.	Kablo Ömrü	Ömrü Biçilememiş.	25 yıl
19.	Direnç	-	max. 94Ω

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan karşılaştırmalı testler sonucunda 180x550 m ebatlarında yaklaşık 100 dönüm arazi üzerine kurulmuş endüstriyel tesisin tamamını kapsayacak şekilde oluşturulacak haberleşme ve iletişim altyapısı için fiber optik kabloların kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür. Söz konusu endüstriyel tesisin haberleşme ve iletişim projesinde yaklaşık 5000 m. kablo kullanılacağı hesaplanarak yapılan karşılaştırma sonucunda firmanın kablo seçiminde fiberi kullanmasının CAT5 kabloya göre daha yüksek ilk kurulum maliyetine rağmen daha avantajlı olduğu açıkça görülmüştür.

Önceki bölümlerde verilen test sonuçlarından da anlaşılabacağı üzere bu ölçekteki bir uygulamada Fiber optik kablonun tek dezavantajı kurulum maliyeti olurken, bu maliyeti de zaman içinde bakım-onarım giderleri, yeniden kurulum maliyetleri ve enerji giderleri (repeaterlar) sayesinde amorti etmektedir. Çevre şartları ve endüstriyel tesisin fiziksel büyüklüğü de göz önüne alınıp; incelenen tüm kıstaslar ve test sonuçları değerlendirildiğinde büyük ölçekli haberleşme ve iletişim sistemlerinde fiber optik kabloları kullanmanın daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir.

Terminaller arası mesafeler sürekli 100m. altında ise, bu tip işletmeler için CAT5 kablolama daha avantajlı olacaktır. Çünkü bu mesafede fiber optik kabloların bir çok avantajını CAT5 kablolar da sağlayabilmektedir. Bu ölçekteki çalışmada her ne kadar veri güvenliği fiber kablolarda yine büyük bir avantaj olarak yerini korusa da, yüksek kurulum maliyeti de bir dezavantaj olmaktadır. Uygulama yapılacak alana göre fiber optik kablo ile CAT5 kablonun hibrit kullanılacağı çözümler de üretilebilir. Böyle bir çözümde birbirine mesafeli duran binalar arasındaki hatlar fiber optik kablolar ile haberleştirilirken, bina içlerinde CAT5 kablolarla kullanılarak maliyeti düşürmek mümkündür.

Yapılan çalışma sonrasında, büyük fiziksel alanlara yayılmış her türlü haberleşme sistemi için fiber optik kablolar önerilebilir. Bunun dışında bu konuda çalışma yapmak isteyen araştırmacılar, bu çalışmada detaylı incelenmemiş olan ileriye yönelik maliyetleri ve CAT5 kabloda 100 m. de bir kullanılması gereken tekrarlayıcılar (repeater) sebebiyle oluşacak bakım, enerji maliyetlerini de hesaplayarak çalışmaya yeni bir boyut katabilirler. Ayrıca daha spesifik olarak havai hatlarda karşılaştırmalar, yer altı hatlarda karşılaştırmalar, iç mekan kablolamada karşılaştırmalar ayrı ayrı yapılabilir.

Yapılan çalışma sonucunda veri güvenliği, iletim hızı, uzun ömürlü olması ve neredeyse hiç bakım gerektirmemesi gibi avantajları göz önüne alındığında, fiber optik kablolar büyük fiziksel alana yayılmış her türlü tesis için önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] YARANGÜMELİ D., "Optik Fiber Kablolar Eğitim Notları", STFA Enerkom AŞ. Ankara, 1990.
- [2] JOSEPH C., "Fiber Optic Communication", Prentice Hall Englewood Cliffs, 1988.
- [3] "Optik İletim Kuramı", Türk Telekomünikasyon AŞ. Meslek Geliştirme Notları, Ankara, 1997.
- [4] "Fiber Optik İletim Sistemleri ve Ölçü Teknolojisi" Wandel&Goltermann Türkiye Temsilciliği Eğitim Notları, İst., 1991.
- [5] ÖZSOY S., "Fiberoptiğe Giriş", Kayseri, 1993.
- [6] "Optical Communication, Telecommunication Reports", ANT Telecommunications, 1993.
- [7] "Presentation of Optical Fiber Cable Systems", The Furukawa Electric Co. Ltd., 1986.
- [8] "Fiber Optic Communication Systems and Application Areas", The Center for Professional Advancement, 1987.
- [9] VILLARRUEL C.A., "Fiber optic couplers, connectors, and splice technology", Proceedings of the meeting, USA, 1984
- [10] KAINO, T., "Plastic Optical Fibers", 1996.
- [11] REITH, Leslie A. "Issues relating to the performance of optical connectors and splices", 1993.
- [12] AJOY, G., KTAHUA, G., "Optical Electronics", Cambridge University Press, 1989.
- [13] WEI, T., DEVLIN B., YÜCE T., HAKAN H., "Analysis of optical fiber splices by the nondestructive x ray imaging technique", 1993.
- [14] LONG X., BRUECK S., "Electro-optic effect second-order optical nonlinearity in poled silica fibers", 1996.
- [15] AOYAMA, K., NAKGAWA, K., ITOH, T., "Optical time domain reflectometry in single mode fiber", IEEE J. Quantum Electron., 1981.
- [16] GOLD M.P., HARTOG A.H., "Long-range single mode OTDR: Ultimate performance and potential uses", 1984.
- [17] TADEDA, M., HORIGUCHI, T., "Advances in OTDR", Tech. Dig. Symp. Opt. Fiber Meas., 1988.

EKLER

EK-A. CCITT'NİN FİBER DAMAR STANDARTLARI

Fiber damarlarının hangi özellikleri taşıması gerektiği CCITT G.651, G.652, G.653, G.654 EEC 793 v.b. standartlarla belirtilmiştir. G.651 1984 yılında Cenevre'de, G.654 ise 1983 de Avustralya'da kabul edilmiştir :

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

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

Geometrik özellikler :

Öz çapı	50 μm ($\pm\%6$)
Yansıtıcı tabaka çapı	125 μm
($\pm\%6$)	
Öz çapının oval bozukluğu	< $\%6$
Yansıtıcı tabaka çapının oval bozukluğu	< $\%2$
Eş merkezlilik bozukluğu	< $\%6$

Optik özellikler :

Maksimum Nümerik Açıklık (NA)	NA=0.18-.023 (850 nm'de)
NA= 0.15-0.30 (1300 nm'de)	

NA'nın nominal değerden sapması	0.02
---------------------------------	------

Kırılma katsayısı profili yaklaşık parabolik olacak.

Basamak İndisli Tek Modlu Fiberin Özellikleri :

Optik fiber tipi	Tek modlu fiber
Çalışma dalga boyu	1300 nm ve/veya 1550 nm
Mod alan çapı	9-10 nm
Yansıtıcı tabaka çapı	125 nm

Etkin dalga boyu sınırı	1100-1280 nm
Eş merkezlilik bozulması	<0.5 -2.0 nm arası
Kılıfın ovallik bozulması	<2.5 nm
Zayıflama sabiti	<1.5 dB/km
Toplam saçınım	<6 ps/nm.km (1300 nm'de) <18 ps/nm.km (1550 nm'de)

EK –B. TÜRK TELEKOM A.Ş.'NİN FİBER DAMAR STANDARDI

-Tek modlu fiberin optik iletim özellikleri

<u>Özellikler</u>	<u>1310nm</u>	<u>1550nm</u>
Zayıflama dB/km (maksimum/ort)	0.40/0.36	≤0.22
Öz çapı (μm)	9.2 ±0.5	
Kesim dalga boyu (nm)		
(Cut -OffWavelength)	1200 + 100	
Kromatik saçınım (ps/nm.km)		
(Chromatic dispersion 1285< <1300)	≤3.5	≤18
Yansıtıcı tabaka (μm)	125 + 2	
Öz/Yansıtıcı eşmerkezlilik	≤1 μm	
Yansıtıcı tabakanın dairesel olmaması (%)	≤2	
Koruyucu kılıf çapı	250 ±15	
Mekanik Karakteristik	+	
Proff-test seviyesi (N)	8.4	
Proff-test gerilmesi (%)	1.0	
Depolama, taşıma sıcaklığı °C	-40;+70	
Tesis sıcaklığı °C	0;+50	

- Tüplerin ve fiberlerin renk sıralaması

10 Damarlı F/O Kablonun Renk Sıralaması

<u>Sıra No</u>	<u>Tüp Buffer Renkleri</u>	<u>Sıra No</u>	<u>Fiber Damar Renkleri</u>
1	Kırmızı	1	Kırmızı
		2	Naturel
2	Sarı	3	Sarı
		4	Naturel

3	Yeşil	5	Yeşil
		6	Naturel
4	Mavi	7	Mavi
		8	Naturel
5	Beyaz	9	Beyaz
		10	Naturel

20 Damarlı F/O Kablonun Renk Sıralaması

<u>Sıra No</u>	<u>Tüp Buffer Renkleri</u>	<u>Sıra No</u>	<u>Fiber Damar Renkleri</u>
1	Kırmızı	1	Kırmızı
		2	Sarı
		3	Yeşil
		4	Mavi
2	Sarı	5	Kırmızı
		6	Sarı
		7	Yeşil
		8	Mavi
3	Yeşil	9	Kırmızı
		10	Sarı
		11	Yeşil
		12	Mavi
4	Mavi	13	Kırmızı
		14	Sarı
		15	Yeşil
		16	Mavi
5	Beyaz	17	Kırmızı
		18	Sarı
		19	Yeşil
		20	Mavi

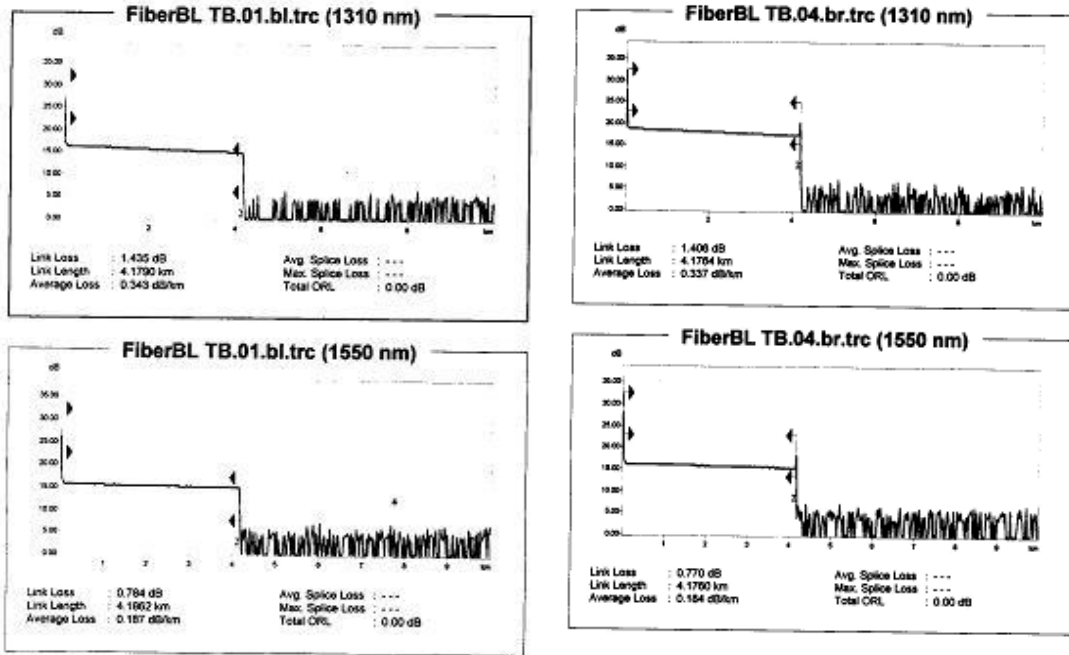
30 ,50 ve 100 fiberli kabloların renk dağılımı üretici firmaların önerilerine göre

Radyal (eksenel) Kılıf Kalınlıkları

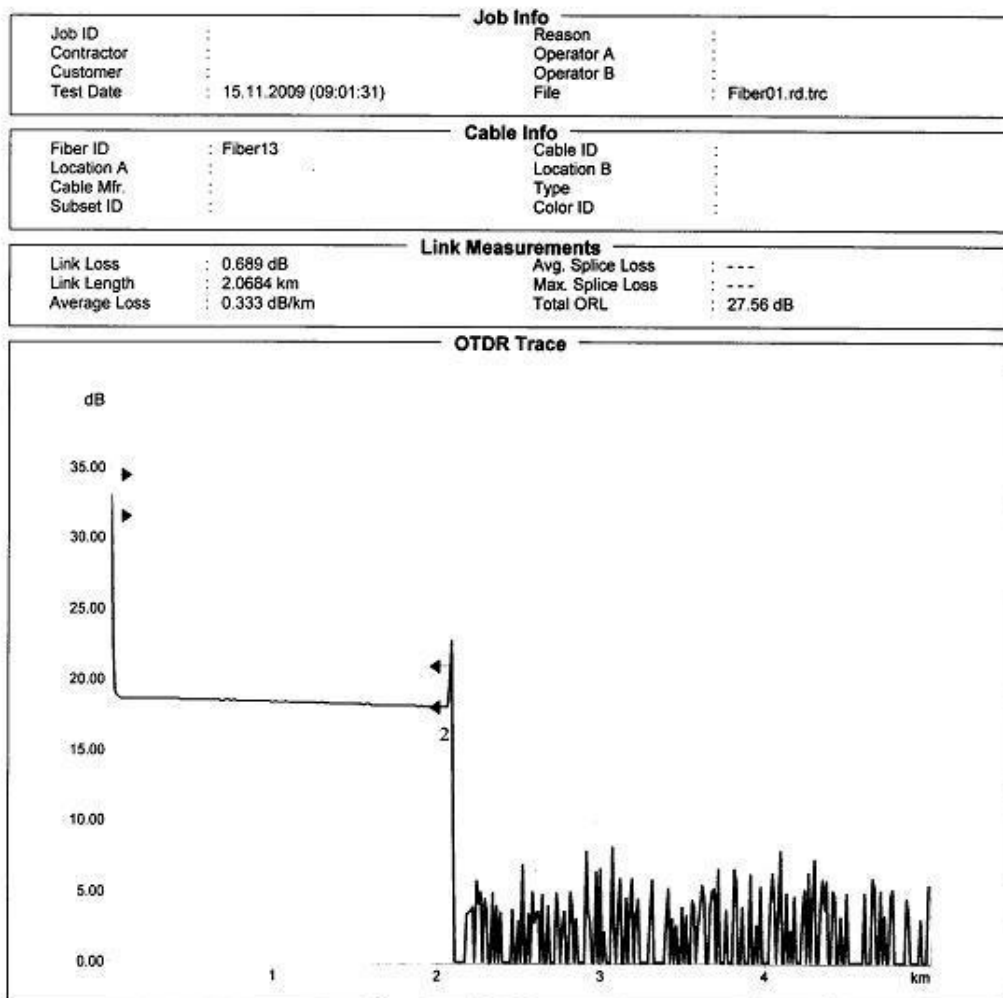
	İç Kılıf	Dış Kılıf	Çelik Halat	Askı Köprü	Askı
Köprü					
Kablo Cinsi	(mm)	(mm)	Kılıfı(mm)	Genişliği(mm)	Uzunluğu
FO-Y	1.0	1.7 + 0.1	-	-	-
FO-H	1.0	1.7 + 0.1	1.7 + 0.1	2.8 + 0.1	2.8 + 0.1

Çelik Tel Çapı	Kopma Dayanımı	Nominal Halat
Hatvesi		
(mm)	(kg/mm ²)	(mm)
1.6 ± 0.1	120	16xD

EK –C. FİBER OPTİK KABLO TEST SONUÇ RAPORLARI



OTDR Report



OTDR Report

Events Table						
No.	Loc. (km)	Event Type	Loss (dB)	Ref. (dB)	Att. (dB/km)	Cumul. (dB)
1	0.0000	Launch Level	---	-28.0		0.000
2	2.0684	Fiber Section (2.0684 km)	0.689		0.333	0.689
		Reflective Fault	---	-47.0		0.689

Marker Info			
A	:	0.0000 km, 0.020 dB	B
a	:	N/A	b
A to B Distance	:	0.0402 km	A to B LSA Att.
A to B LSA Loss	:	18.365 dB	: 456.613 dB/km

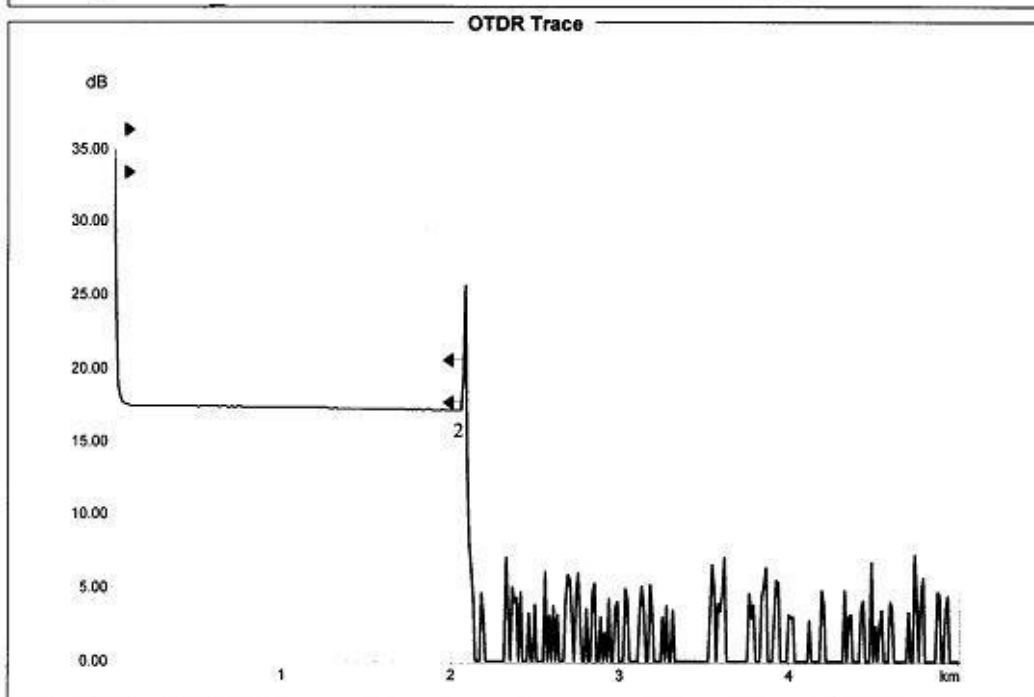
Test and Cable Setup			
Wavelength	:	1310 nm (SM)	Acq. Time
Filename	:	Fiber01.rd.trc	Pulse Width
Hardware	:	FTB-7200D-023B-EI	Helix Factor
Serial Number	:	456728	Splice Loss Threshold
Software	:	OTDR Advanced 6.14.33.236	Reflectance Threshold
Range	:	5.0 km	End-of-Fiber Threshold
IOR	:	1.46750	: 5.000 dB
RBS	:	-79.44	

OTDR Report

Job Info			
Job ID	:	Reason	:
Contractor	:	Operator A	:
Customer	:	Operator B	:
Test Date	:	File	:
	:		Fiber01.rd.trc

Cable Info			
Fiber ID	:	Cable ID	:
Location A	:	Location B	:
Cable Mfr.	:	Type	:
Subset ID	:	Color ID	:

Link Measurements			
Link Loss	:	Avg. Splice Loss	:
Link Length	:	Max. Splice Loss	:
Average Loss	:	Total ORL	:
	0.348 dB		---
	2.0682 km		---
	0.168 dB/km		22.68 dB



OTDR Report

Events Table						
No.	Loc. (km)	Event Type	Loss (dB)	Ref. (dB)	Att. (dB/km)	Cumul. (dB)
1	0.0000	Launch Level	---	-26.5		0.000
		Fiber Section (2.0688 km)	0.358		0.173	0.358
2	2.0688	Reflective Fault	---	-58.0		0.358

Marker Info			
A	:	B	:
a	:	b	:
A to B Distance	:	A to B LSA Att.	:
A to B LSA Loss	:		:
	0.0000 km, 0.019 dB		0.0402 km, 0.018 dB
	N/A		N/A
	0.0402 km		501.534 dB/km
	20.163 dB		

Test and Cable Setup			
Wavelength	:	Acq. Time	:
Filename	:	Pulse Width	:
Hardware	:	Helix Factor	:
Serial Number	:	Splice Loss Threshold	:
Software	:	Reflectance Threshold	:
Range	:	End-of-Fiber Threshold	:
IOR	:		
RBS	:		
	1550 nm (SM)		5 s
	Fiber04.bl.trc		100 ns
	FTB-7200D-023B-EI		0.00 %
	456728		0.020 dB
	OTDR Advanced 6.14.33.236		-72.0 dB
	5.0 km		5.000 dB
	1.46810		
	-81.87		

ÖZGEÇMİŞ

Sadeddin MAZI, 26.09.1975 de Mersin’ da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Mersin’de tamamladı. 1992 yılında Mersin Tevfik Sırrı Gür Lisesi, Matematik Bölümünden mezun oldu. 1993 yılında Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümüne girdi ve 1997 yılında mezun oldu. 1997 – 1998 yılları arasında Sürat Bilgisayar A.Ş. de Yazılım Uzmanı olarak çalıştı. 1998-2001 yılları arasında Erzurum 9.Kolordu Bünyesinde Mühendis olarak Yedek Subay rütbesiyle askerlik vazifesini yaptı. 2000 yılında askerlik dönüşü İstanbul Aydın Mensucat A.Ş. Firmasının Bilgi İşlem Bölümüne Sistem Mühendisi olarak girdi. İstanbul ve Adapazarı’ nda bulunan fabrikaların bilgi işlem altyapısı, satın alması ve MRP II yazılımının geliştirmesinde ve desteğinde görev aldı. 2007 yılından bu yana aynı firmada Bilgi İşlem Koordinatörlüğü görevini sürdürmektedir.