

R
152
90

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Fiber Optik Kablo Tek. ve Uyg. Alanı

Yüksek Lisans Tezi

M. Necmi Çetin

1988

Ref
ELK
65
1988

R152
90

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİBER OPTİK KABLO TEKNİĞİ
ve
UYGULAMA ALANLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH. MEHMET NECMİ ÇETİN

İSTANBUL 1988



İÇİNDEKİLER

KONU
ÖZET
SUMMARY
GİRİŞ
1. TARİHSEL GELİŞİM
2. OPTİK DALGA KILAVUZLARI
2.1. Etkinlik
2.2. Olgunluk
2.3. İyileştirme
2.4. İyileştirme
2.5. Toplam
2.6. Numaralı Aralık
2.7. Optik Dalga Kılavuzlarında İyileştirme Yöntemleri
3. OPTİK DALGA KILAVUZLARININ KİMYASI
3.1. Eriyik Silikat Cam
3.1.1. Üretim
3.1.2. Mükemmel Özellikleri
4. OPTİK DALGA KILAVUZLARININ PROFİLLERİ
4.1. Step İndeks Profil
4.2. Graded İndeks Profil
5. FİBER OPTİKİN KONSTRÜKSİYONU
5.1. Çok Modlu Optik Fiber
5.2. Tek Modlu Optik Fiber
5.3. Tek Modlu ve Çok Modlu Optik Fiberlerin Teknik Özellikleri
5.3.1. Kaynak Yöntemi
5.3.2. Kırılma Katsayısı
5.3.3. Sıcaklık Değişimleri
5.4. Plastik Materyallerden Optik Fiber
6. OPTİK FİBER KESME YÜZÜLERİ
7. OPTİK KABLO DEZAYNI
7.1. Kablo Çapı (d₀)
7.2. Kablo Kırılma
7.3. Kırılma Katsayısı
7.4. Zayıflama
7.5. Kırılma Katsayısı Değişimi
8. KABLO TEZARFI
8.1. Tezaro
8.2. Fiber
8.3. Tezaro Çapları
9. OPTİK YAKIHLARI
9.1. İSİM
9.2. LAN

FİBER OPTİK KABLO TEKNİĞİ
ve
UYGULAMA ALANLARI



YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH. MEHMET NECMİ ÇETİN

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

R 152

Kot :
Alındığı Yer :
Tarih :
Fatura :
Fiatı :
Ayniyat No :
Kayıt No :
UDC :
Ek :



İÇİNDEKİLER

KONU	SAYFA NO.
ÖZET.....	-
SUMMARY.....	-
GİRİŞ.....	1
1. TARİHSEL GELİŞİM.....	2-3
2. OPTİK DALGA KILAVUZLARI.....	4-14
2.1. Elektromagnetik Spektrum	
2.2. Dalga Teorisinin Temel Kavramları	
2.3. Işığın Yansıması	
2.4. Işığın kırılması	
2.5. Toplam Yansıma	
2.6. Nümerik Açıklık	
2.7. Optik Bir Dalga Kılavuzunda Işığın Yayılması	
3. OPTİK DALGA KILAVUZLARININ KİMYASI.....	15-18
3.1. Erimiş Silikat Cam	
3.1.1. Üretim	
3.1.2. Materyal Özellikleri	
4. OPTİK DALGA KILAVUZLARININ PROFİLLERİ.....	19-22
4.1. Step İndeks Profili	
4.2. Graded (kademeli) İndeks Profili	
5. FİBER OPTİĞİN KONSTRÜKSİYONU.....	23-26
5.1. Çok Modlu Optik Fiber	
5.2. Tek Modlu Optik Fiber	
5.3. Tek Modlu ve Çok Modlu Optik Fiberlerin Teknik Özellikleri	
5.3.1. Gerilme Yükü	
5.3.2. Renkli Kodlama	
5.3.3. Sıcaklık Dizileri	
5.4 Plastik Materyalden Optik Fiber	
6. OPTİK FİBER KORUYUCULARI.....	27-29
7. OPTİK KABLO DİZAYNI.....	30-33
7.1. Kablo Core'u (kor)	
7.2. Kablo Kılıfı	
7.3 Koruyucu Kaplama	
7.4. Zırhlama	
7.5. Konstrüksiyon Tipleri	
8. KABLO TESİS PLANLAMASI.....	34-36
8.1. Nakil Özelliklerini Planlamak	
8.2. Ekleme	
8.3. Terminasyon Üniteleri	
9. ŞEBEKE ŞEKİLLERİ.....	37-38
9.1. ISDN	
9.2. LAN	

10. ELEKTRO-OPTİK SİNYAL ÇEVİRİMİ.....	39-43
10.1. Naklediciler	
10.2. Dedektörler	
11. OPTİK BİLEŞENLER.....	44-46
11.1. Optik Kuplörler (Optik Birleştiriciler)	
11.2. Fiber Optik Kuplörleri	
11.2.1. Dalga Boyu Bağımsız Kuplörler	
11.2.2. Dalga Boyu Seçici Kuplörler	
12. OPTİK NAKİL SİSTEMLERİ.....	47-49
12.1. Dijital (Sayısal) Nakil Teknolojisi	
12.2. Optik Sistemlerinde Uluslararası Eğilimler	
12.3. Analog Nakil Teknolojisi	
13. FİBER OPTİK KABLO TEKNOLOJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ ve UYGULAMA ALANLARI.....	50-51
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	53

ÖZET

Sayısal sistemlerin gün geçtikçe yaygınlaşması, güçlü ve güvenilir bir bilgi taşıyıcısının gündeme gelmesine neden olmuştur. Bilgi iletiminde fiber optiğin kullanımı bu teknolojiye hemen hemen sıfır ek maliyet ile bant genişliğini sınırsız denebilecek bir biçimde arttırma imkânı sağlayan bir araç kazandırmıştır. Cam elyafından imal edilen fiber optik, 50 mikron çapında bir çekirdek kısmı olan cam tellerden oluşmaktadır. Bir insan saçından kalın olmayan fiber optik teller, ışık yayan diyotlar ya da yarı iletken lazerlerden sağlanan yoğunlaşmış ışınlar taşıyabilmektedir.

Bant genişliği kapasitesinin yanı sıra, elektriksel izolasyon nedeniyle sese ve diğer harici elektriki müdahalelere karşı tümüyle bağıştır.

Bir fiber optik ile taşınabilen bilgi, normal bakır devreler ile taşınabilenin yaklaşık onbin katıdır. Bu nitelikteki bir fiber optik kablo, gerekli şekilde korunmuş ve mukavemeti arttırılmış haliyle ortalama bir parmak kalınlığından daha incedir. Buna rağmen böyle bir kablo ile yaklaşık 200 televizyon kanalından fazlası taşınabildiği gibi, karşılıklı iletişim kapasitesine de sahiptir.

Bant genişliği sınırlaması fiber optik kablonun kendi özelliğinden ileri gelmeyip, ışını modüle eden giriş ve çıkıştaki elektronik cihazlardan meydana gelmektedir. Bu konudaki ilerlemeler bant genişliğini devamlı bir şekilde arttırmakta, daha fazla kanaldan haberleşme imkânı yaratmaktadır.

SUMMARY

The expansion of digital systems day by day caused to come into the agenda of a powerful and reliable information transmitter. The usage of fiber optics on the information transmission has had a medium gained which provides a possibility for increasing the band wideness in an unlimited form to this technology with almost no additional cost. Fiber optics manufactured of glass lif consists of glass fiber which has a nucleus part with 50 micron caliber. Fiber optic wires not thicker than a man's hair carry the accumulated ray that is provided by light spreading diode or semi conductor laser.

It is entirely immune against voice and other external electrical inference because of the electrical isolation, as well as the capacity of Band wideness. Information that can be carried by a fiber optics is approximately ten thousand times as compared to the normal copper circuits.

Fiber optic cable in this quality in case appropriate protection and being increased resistance average is thinner than a finger thickness. In Spite of this could be carried more than 200 TV channels with this cable as well as it has also in reply transmission capacity.

Restriction the band width is not notable from the its own peculiarity, it comes into the open from the electronic apparatus which modulate the gleam in the entrance and exit. The progress in this matter increase the band width continuously and make possible to communication with more channels.

GİRİŞ

Mikroelektronik devre elemanları (chip'ler) teknolojisinde meydana gelen gelişmeler ve maliyetlerindüşmesi, kapasitelerinin hızla artması bilgisayar teknolojisi ile birlikte haberleşme teknolojisinde de önemli gelişmeleri beraberinde getirdi.

Büyük miktarlardaki alfasayıllı verilerin sayısal formatta iletilmesinin ekonomik ve güvenilir yolları açıldı ve bu şekilde mikroelektronik teknoloji haberleşme teknolojisini doğrudan etkilemeye ve değiştirmeye başladı.

Sayısal haberleşmenin, klasik analog haberleşmeye göre avantajlarının en önemli nedeni, bu yöntemde bilginin, işaretin var ya da yok esasına göre gönderilmesidir. Klasik analog haberleşmede işaret kablo veya uzay gibi iletim ortamında elektromagnetik dalgalar halinde yayılırken zayıflamakta küçülen işaret gürültü ile karışmaktadır. Böyle bir durumda işaretin genliğinin hangi büyüklükte olduğunu kestirmek güçtür. Sayısal sistemde işaretin var veya yok olduğunu bilmek yeterlidir. 1 ve 0 olarak işaretlenen ve bit olarak adlandırılan bu var ve yok işaretleriyle sesi görüntüyü ve bilgiyi kodlamak mümkündür. Sayısal haberleşmede bu bilgiler alıcıda çözülerek tekrar ses, görüntü ve bilgi halinde alınır. Ayrıca işaretlerin sayısal formatta oluşu bilgisayar denetimini mümkün kılar.

Sayısal haberleşmenin bu avantajları karşısında hızlarının yavaş olması bir engel teşkil eder gibi görünüyorsa da, gelişen teknoloji bu hızı hergün biraz daha arttırmaktadır. Galyum Arsenit maddeleri kullanarak chiplerin hızları arttırılmakta, ayrıca Josephon bağlantıları ve "optik bilgisayarlar" olarak adlandırılan ve halen araştırma safhasındaki bu tekniklerin uygulamaya konmasıyla süper hızda çalışan sayısal devrelerin elde edilebileceğine kesin gözüyle bakılmaktadır.

Gelişen toplum içinde haberleşme ihtiyacı arttıkça ve haberleşme teknolojisi geliştikçe iletişim ortamları yetersiz kalmış ve bu ortamların geliştirilmesi ve hızlandırılması çalışmalarına yönelinmiştir. Son yıllarda radyolinklerde meydana gelen kapasite dolması nedeniyle değişik ortamlarda çalışma ihtiyacı hasıl olmuş ve uydular ve fiber-optik iletişim hatları konvansiyonel sistemlere alternatif olmuştur.

Uyduların teknik kolaylık ve mikanlarına, fiber-optikle rekabitenin dolayı fiyatlarındaki düşmelere rağmen, yörüngeye oturmadaki kaybolma tehlikesi, yörüngeden çıkma ihtimali, sınırlı ömürleri (7-10 yıl), atıldıktan sonra arızalarına müdahaledeki zorluklar fiber-optik tekniklerine değişik bir bakış getirmiş ve daha da önem kazandırmıştır.

1- TARİHSEL GELİŞİM

Işık ilk çağlardaki -işaret ateşi şeklinde olsa bile- kominikasyon nakli için kullanılıyordu. Bu tip haberleşmelerin örneklerine bugün bile rastlamak mümkündür. (Donanmaların bayyarak işaretlerinde, fenerlerde, trafik ışıklarında ve makinaların kontrol ışıklarında vs.)

Ancak ışık kullanarak uzak mesafelere bilgi nakli 200 yıl kadar önce ele alınmıştır. Örneğin; 1790 yıllarında Fransa'da Claude Choppe bir optik telgraf sistemi kurmuştu. Bu bir dizi hareket edebilir işaret kolları olan kuleyi kapsamaktaydı. Bu sistem ile bilgi 200 km. uzaklığa 15 dakika içinde nakledilebiliyordu. Bu sistem elektrikli telgrafın icadına kadar önemini korudu.

Amerikan Alexander Graham Bell'in 1880'de geliştirdiği ses sinyallerini ışık aracılığı ile nakleden fotofon cihazı, pratik olarak kuygulama alanı bulamadı. Çünkü hava ve görünürlük naklin kalitesi üzerinde çok olumsuz bir etkiye sahipti.

İngiliz fizikçi John Tyndall 1870'de, Bell'in icadından kısa bir süre önce, bu soruna bir çözüm önerdi ve ışığın bir huniden (fıskiyeden) geçirilebileceğini gösterdi. Deneyi bugünün optik fiberlerine uygulanan toplam iç yansımadan faydalanıyordu.

Bell'in ışık modülasyonu alanındaki ve Tyndall'ın ışık kılavuzluğu üzerine olan tecrübelerinden faydalanan Norman R. French'in optik telefon sistemi için patent alması 1934'leri buldu. Burada French, kabloların katı cam çubuklardan ya da benzer bir materyalden yapılması gerektiğini ve çalışılan dalga boyunda düşük bir zayıflama katsayısına sahip olması gerektiğini, ayrıca, bir optik kablo şebekesiyle ses sinyallerinin nasıl nakledilebileceğini tanımlıyordu.

Bu fikrin teknik olarak gerçekleştirilmesi ancak 25 yıl sonra başarıldı. Önce nakledici olarak uygun bir ışık kaynağı bulundu. 1958 yılında Nobel ödülünü kazanan Arthur Schawlow ve Charles H. Townes, -ilk olarak Theodor H. Naiman tarafından 1960 yılında işletmeye uygulanan- lazeri geliştirdiler.

Lazer uygulamasında yarı iletken tekniğinden faydalanılabileceği 1962 yılında farkedilebildi. Aynı zamanda alıcı eleman olarak yarı iletken fotodiyotlar geliştirildi. Bu aşamadan sonra sıra uygun bir iletim elemanı bulmaya gelmişti.

Başlangıçta mercekleme karmaşık sistemi aracılığı ile ışığı ayna yüzeyli (çukur) boş dalga kılavuzlarına yöneltmek düşünülüyordu.

1966 yılında İngiltere'de Charles H. Kao ve George A. Hockham optik fiberlerin, ışık kılavuzluğu için kullanımını önerdiler. Bunun yanında bu optik fiberlerin, uygun uzaklıklarda faydalı optik iletişim sistemleri kurmak için 20 dB / km'den daha az zayıflama değeri göstermeleri gerekiyordu. Ancak, 1965'de optik dalga kılavuzları hâlâ ortalama 100 dB / km'lik zayıflamalar gösteriyorlardı. Bununla beraber tıp alanında optik fiberler, 1950'lerden itibaren çok kısa mesafelerde direkt görüntü nakli için kullanılmaya başlanmıştı.

1970'de Corning Glass Work step indeks fiberi üretti ve 633 nm'lik dalga boyunda 20 dB / km'den daha az zayıflama değerleri elde etmeyi başardı. Step indeks profilli optik fiberler ile 1972 yılında 0,4 dB / km'lik zayıflama değerine ulaşıldı. Bugün tek modlu fiberler ile 1550 nm'de 0,2 dB / km'lik zayıflama değerleri elde edilmiştir. Aynı zamanda günümüzde nakledici, alıcı ve verici elemanların dayanıklılık, güç seviyesi ve hassaslık derecelerinde de takdir edilecek ölçüde gelişmeler olmuştur.

Bugün bağlantısız ve ekli bağlantılara uygun olan optik fiber kablo teknolojisi, bu yeni iletim elemanını sonsuz olarak kullanmayı mümkün kılmaktadır.

İlk optik kablolar 1973'de Amerika'da gemilerde ve askeri amaçlı telefon hizmetlerinde kullanılmaya başlandı. Western Elektrik firması 1976 yılında Atlanta'daki tesislerinde ilk fiberr optik haberleşme sistemini denedi. Bir yıl sonra Bell sistemleri tarafından ilk alan testleri 2,5 km'de Şikago'da ve General Telephone tarafından 9 km'de Long Beach'de sürdürüldü. Siercor Corporation, Siemesn AG ve Corning Glass Works'un bir kolu, 1983 yılında New York'daki bir telefon şirketine tek modlu fiber kabloları veren ilk imalatçılar oldular.

Siemens 1976'da Münih'de 2,1 km. uzunluğunda olan ve telefon, televizyon ve video telefon için hâlâ kullanılan ilk deneme tesisini kurdu. Alman Federal Posta idaresinin ilk fiber-optik kablo şebekesi 1977'de Berlin'de Siemens tarafından tesis edildi. Bugüne kadar çoğunluğu telemod'lu olmak üzere sadece Siemens firması tarafından 24 ülkede 1.5 milyon km.'den fazla fiber optik kablo şebekesi kuruldu.

Türkiye'de fiber optik kablo uygulamalarına 1985 yılının ilk aylarında (PTT telefon santrallarının fonksiyon irtibatı olarak kullanılmak amacıyla) LM Ericsson firması tarafından başlanmıştır. Bugün halen yurdumuzun değişik yörelerinde LM Ericsson ve Siemens firmalarına PTT adına fiber-optik kablo şebekesi tesislerine devam edilmektedir. Kısa bir zaman önce Siemens firması fiber optik kablo imalatını kısmen Türkiye'de yapmaya başlamış olup bazı yerli firmalar da yerli imalata hazırlanmaktadır.

Bu çalışmamızda fiber optik kablo teknolojisinden, uygulama alanlarından, konvansiyonel sistemlere üstünlüklerinden ve Türkiye'deki uygulama imkân ve sahalarından kısa olarak bahsedilecektir.

2 - OPTİK DALGA KILAVUZLARI

2. 1. Elektromagnetik Spektrum

Elektromagnetik dalgalar ryüzyılı aşkın bir süredir bilgi nakli için yararlı olduklarını ispatlamışlardır. Elektromagnetik dalgaların geniş bir uygulama alanı bulması, yayımları için mutlaka iletken bir metale ihtiyaç olmadan bir vakum ya da yalıtkan bir ortamda yüksek hızda yayılabilmeleri nedeniyledir.

Elektromağnetik dalga spektrumu ve elektromagnetik dalgalarınuygulamalarına genel bir bakış Şekil 2. 1'de verilmiştir. Görünür ışık yalnızda 380 nm (mor) den 780 nm (kırmızı)ye kadar olan dar bir yayılımı kapsar. Bu yayılım ultroviyole radyasyonunca daha düşük dalga boylarında ve enfraruj radyasyonunca daha yüksek dalga boylarında sınırlandırılmıştır.

Optik dalga kılavuzlarıyla optik telekomünikasyonda 800 nm.'den 1600 nm'ye kadar olan yakın-enfranj dalga boyu yayılımında tercih edilen dalga boyları 800 nm, 1300 nm ve 1550 nm olarak kullanılmaktadır.

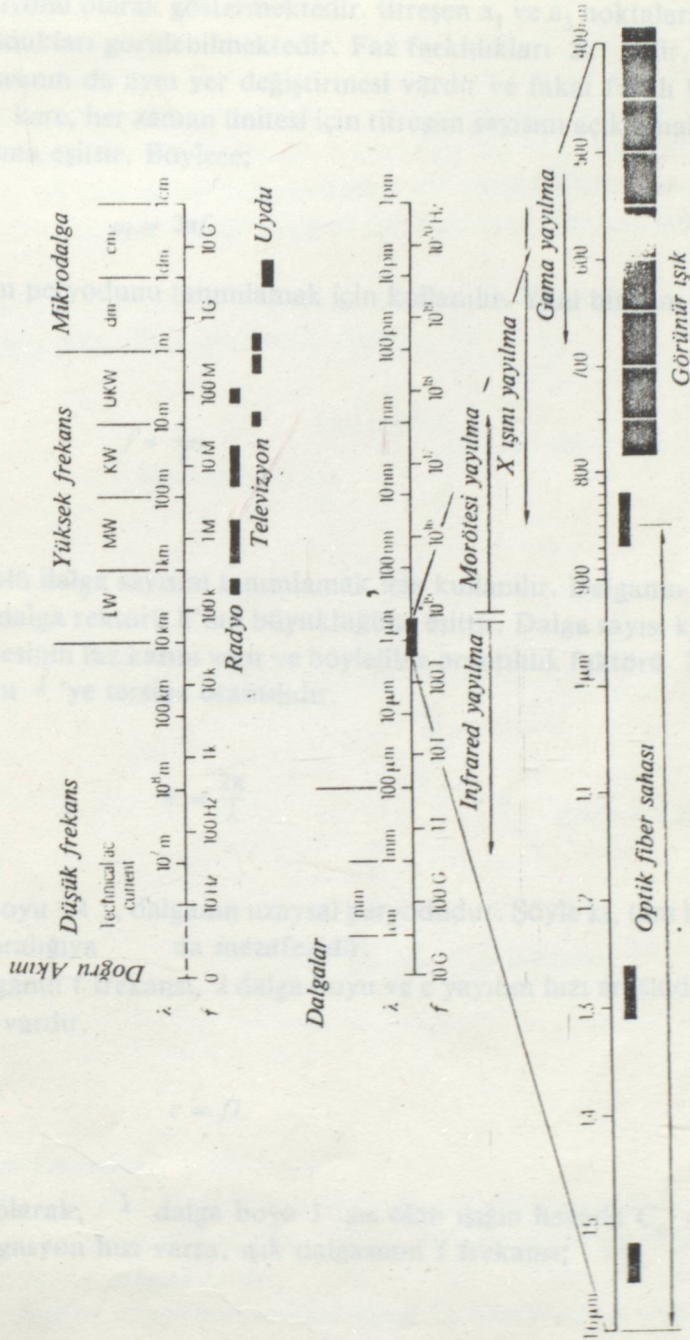
Dalga Teorisinin Temel Kavramları

Genel olarak dalga, taşıyıcı aracın kendisindeki kütle ya da materyali gerçekten taşımadan, taşıyıcıdaki durum ya da teşekkülün yayılımı olarak ele alınır. Bir ışık dalgası olayında, ortam saydam materyalde, optik iletim aracında yayılan elektromagnetik alandır. En basit şekilde böyle bir dalganın zaman ve uzaydaki yayılımı bir sinüs fonksiyonuyla tanımlanabilir. Böylece Z yönünde yayılan düzlem dalgasının a yer değıştirmesine bağı olarak aşağıdakiler ortaya çıkar:

$$a = A \sin (\omega t - kz) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{z}{\lambda} \right),$$

olarak bulunur.

- a. Bir düzlem dalgasının yerdeğıştirmesi
- A Yerdeğıştirme birimlerindeki amplitüd
- W — Faz açısı
- t — zaman
- k — dalga sayısı
- z — z yönündeki uzunluk
- T — Titresim periyodu
- λ — Dalga boyu



Şekil 2.1. Elektromagnetik Dalga Spektrumu

Dalganın A amplitüdü denge durumunda en büyük yer değiştirmeyi tanımlar. Parantez içindeki ($Wt - kz$) ifadesi faz açısı ya da kısaca dalganın fazı olarak adlandırılır. Şekil 2. düzlem dalgasının, sabit bir noktadaki $z = Z'$ yü t zamanının bir fonksiyonu olarak göstermektedir. titreşen a_1 ve a_3 noktalarının titreşimle aynı fazda oldukları görülebilmektedir. Faz farklılıkları 2π 'dir. Bununla birlikte a_2 noktasının da aynı yer değiştirmesi vardır ve fakat farklı bir fazdadır.

W , 2π kere, her zaman ünitesi için titreşim sayısını açıklamak için kullanılan f frekansına eşittir. Böylece;

$$\omega = 2\pi f,$$

T titreşim periyodunu tanımlamak için kullanılır. Yani bir tam titreşimin zamanını verir.

$$f = \frac{1}{T}.$$

k sembolü dalga sayısını tanımlamak için kullanılır. Dalganın yayılım yönünü gösteren dalga vektörü k 'nin büyüklüğüne eşittir. Dalga sayısı k , dalganın her uzunluk ünitesinin faz katını verir ve böylelikle orantılılık faktörü 2π ile birlikte dalga boyu λ 'ye tersine orantılıdır.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}.$$

Dalga boyu λ , dalganın uzaysal periyodudur. Şöyle ki, tam bir titreşim yönünün aralığına da mezafezidir.

Bir dalganın f frekansı, λ dalga boyu ve c yayılım hızı arasında aşağıdaki temel bağıntı vardır.

$$c = f\lambda.$$

Örnek olarak, λ dalga boyu $1 \mu\text{m}$ olan ışığın havada $C_0 = 300.000 \text{ km/s}$ 'lik propagasyon hızı varsa, ışık dalgasının f frekansı;

$$f = \frac{c_0}{\lambda} = \frac{300.000 \text{ km/s}}{1 \mu\text{m}} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1 \times 10^{-6} \text{ m}}.$$

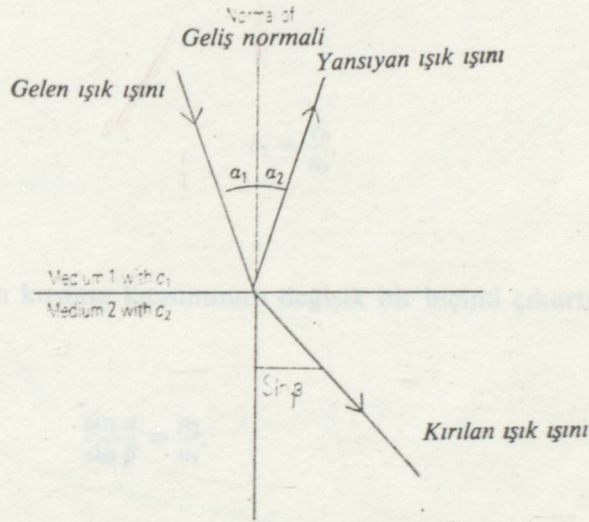
$$f = 3 \times 10^{14} \text{ 1/s} = 300 \times 10^{12} \text{ Hz} = 300 \text{ THz}.$$

olarak bulunur.

2.3. Işığın Yansımaları

Işık iki farklı ortam arasındaki ayırıcı yüzeye düştüğünde bu ışığın belirli bir kısmı yansıtılır. Yansıtılan ışık miktarı gelen ışık ışını ve geliş normali arasındaki a_1 açısına bağlıdır. Işık ışını burada ışık enerjisinin gittiği yönü tamamlamak için kullanılır. Yansıtılan ışın ve a_2 açısı normal geliş ve yansıtılan ışık ışını tarafından yaratıldığı için aşağıdaki pozisyonları alabilir:

- Gelen ışık ışını ve geliş normali tarafından tanımlanan geliş düzleminde kalır.
- Geliş normalinin zıt kısmında gelen ışınla bağıntılı olarak uzanır.
- Geliş normaliyle aynı açıda olabilir. ($a_1 = a_2$)



Işığın yansımaları ve kırılması

2.4. Işığın Kırılması

a geliş açısı olan bir ışık ışını optik olarak daha az yoğun olan bir ortamdan (örneğin hava), optik olarak daha yoğun olan bir ortama (örneğin su) girerse bir B kırılma açısı yönünde kırılır.

İzotropik bir ortam durumunda -şöyle ki, tüm yönlerde aynı özellikleri gösteren bir materyal ya da maddede- Snell'in kırılma kanunları uygulanır.

a geliş açısının sinüsünün β kırılma açısının sinüsüne oranı sabittir ve ayrıca C_1 / C_2 oranına eşittir. (Şekil 2-5).

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

Burada, α geliş açısı β kırılma açısı, C_1 birimi ortamdaki ışığın hızı, C_2 ikinci ortamdaki ışığın hızıdır.

İki optik ortamdan, ışığın hızının daha yavaş olduğu ortam daha yoğun olarak tanımlanır.

C_0 hızındaki ışığın, C hızıyla bir vakum ortamından geçişi için aşağıdaki bağıntı uygulanır.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_0}{c} = n.$$

Birleştirilmiş grup kavramı indisi ve kırılma indisi arasındaki ilişkiyi gösteren ve kırılma indisi aşağıdaki gibi bağlantıdır.

n_1 ve n_2 kırılma indisli ve C_1 ve C_2 ışık hızı iki değişik ortam için aşağıdaki bağıntılar uygulanır.

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

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

Buradan Snell'in kırılma kanununun değişik bir biçimi çıkartılır.

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

Yani, kırılma açısının sinüsüne bağıntılı olan, geliş açısının sinüsü kırılma indisleriyle ters orantılıdır.

Örnek olarak fiber optikteki cam için genellikle varsayılan $n_1 = 1.5$ kırılma indisinde fiberdeki C_1 ışığının hızı;

$$c_1 = \frac{c_0}{n} = \frac{300\,000 \text{ km s}}{1.5}$$

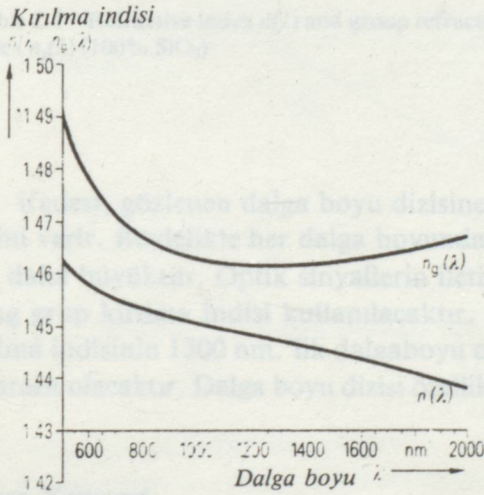
$$c_1 = 200\,000 \text{ km s} = 200 \text{ m}/\mu\text{s}$$

veya bir başka ifadeyle her fiber km'si için $5 \mu\text{s}$ ya da her fiber m'si için 5 ns 'dir.

Bir ortamın kırılma indeksi n , temelde ışığın dalga boyuna bağlıdır, erimiş silikat camda optik iletişim için önemli olan kızıl ötesi dalga uzunlukları için dalga boyu arttıkça n sürekli olarak azalır. n miktarı tek bir dalga boyunda yayılan ve sabit bir amplitüdü olan ışık dalgaları için uygulanır ve bu şekilde herhangi bir bilgiyi naklemez. Yalnızca bu dalgaların modülasyonu bilgi nakletmeyi mümkün kılar. (Nümerik) optik iletişimde, ışık şokları (pulse'lar) bu amaç için kullanılır. Bunlar değişik dalga boylu ışık dalgalarını kapsayan kısa dalga gruplarıdır.

Bu tip dalga gruplarında tek dalgalar değişik dalga boylarına bağlı olarak değişik hızlarda yayılırlar. Bu tip bir dalga grubunun yayılım hızı grup hızı olarak adlandırılır.

Birleştirilmiş grup kırılma indeksi n_g tanımlanmıştır ve kırılma indisine aşağıdaki gibi bağlantılıdır.



Şekil 2.2. $n(\lambda)$, kırılma indeksi ve $n_g(\lambda)$ (%100 SiO₂) grup kırılma indeksi.

$$n_g = n - \lambda \frac{dn}{d\lambda}$$

Dalga boyu λ 'nin bir fonksiyonu olarak saf erimiş silikat cam için n ve n_g eğrileri Şekil 2. 3 'de verilmiş ve bazı nümerik değerler Tablo 2. 1 'de gösterilmiştir.

Dalga boyu (nm)	Kırılma indisi n	Grup kırılma indisi ng
600	1.4580	1.4780
700	1.4553	1.4712
800	1.4553	1.4671
900	1.4518	1.4646
1000	1.4504	1.4630
1100	1.4492	1.4621
1200	1.4481	1.4617
1300	1.4469	1.4616
1400	1.4458	1.4618
1500	1.4446	1.4623
1600	1.4434	1.4629
1700	1.4422	1.4638
1800	1.4409	1.4648

Table 2.1 Refractive index $n(\lambda)$ and group refractive index $n_g(\lambda)$ (100% SiO₂)

$dn/d\lambda$ ifadesi, gözlenen dalga boyu dizisine ters olan $n(\lambda)$ kırılma indisi eğrisinin eğimini verir. Böylelikle her dalga boyunda n_g gruplanma indisi n kırılma indisinden daha büyüktür. Optik sinyallerin iletim sürelerinin hesaplanmalarında sadece n_g grup kırılma indisi kullanılacaktır.

Grup kırılma indisinin 1300 nm.'lik dalgaboyu civarında bir minimuma ulaştığını bilmek yararlı olacaktır. Dalga boyu dizisi özellikle optik iletim için önemlidir.

2.5. Toplam Yansıma

Bir ışık ışını (1) optik olarak yoğun ve n_1 kırılma indisli ortamı ile n_2 kırılma indisli daha az yoğun olan ortam arasındaki yüzeye öyle bir α açısıyla gelir ki gelen ışın geliş normalinin zıt yönünde tamamen yansır. Eğer ışık ışını (2) iki ortamın ayırıcı yüzeyine öyle bir α_0 açısıyla gelir ve kırılma açısı $B = 90^\circ$ olursa bu α_0 açısına kritik açı denir. Kritik açı için aşağıdaki orantı uygulanır.

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

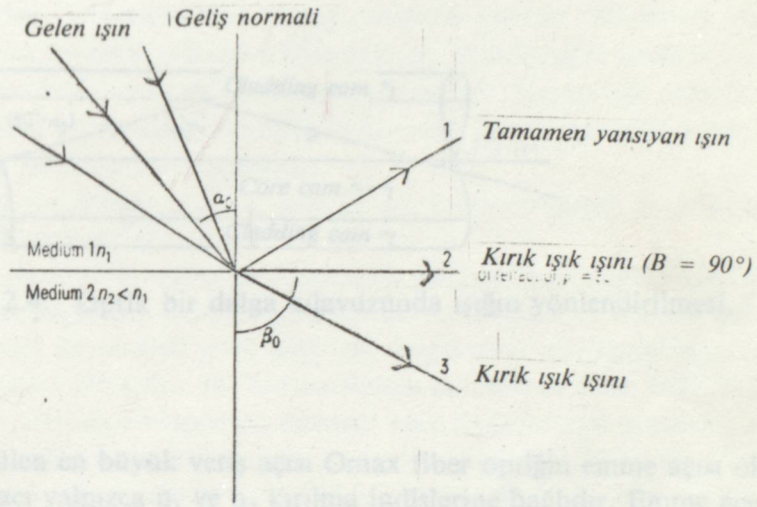
Kritik açı iki ortamın n_1 ve n_2 kırılma indislerinin oranına bağlıdır. Örnek olarak $n_1 = 1.333$ kırılma indisli su ve $n_2 = 1$ kırılma indisli hava arasındaki kritik açı;

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{1.333} \approx 0.75$$

$$\alpha_0 \approx 49^\circ$$

a geliş açısı α_0 kritik açıysından daha büyük olan tüm ışıklardan optik olarak uygun ölçüde kırılmış hiçbir ışık yoktur. Bu ışık ışınları daha yoğun bir ortamın gerisindeki ayırıcı yüzeye yansıtılır.

Bu olay toplam iç yansıma olarak adlandırılır. (ışık ışını 3)



Şekil 2.3. Işığın toplam yansıması.

Toplam iç yansıma, yalnızca bir ışık ışınının optik olarak daha yoğun bir ortamdan optik olarak daha az yoğun olan bir ortama ters yönde değil, aksine, yayıldığı bir ayırıcı yüzeyde oluşabilir.

2.6. Nümerik Açıklık

Toplam yansımanın etkisi, n_1 kırılma indisli silindirik "corecam"ın etrafına n_2 kırılma indisli "cladding cam"ın konulmasıyla elde edilen optik dalga kılavuzlarında kullanılır. Ki burada $n_1 > n_2$ 'dir.

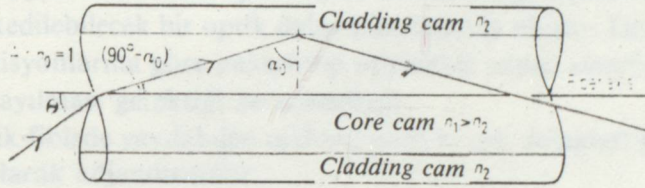
$\sin \alpha_0 = n_2 / n_1$ gerekliliğinden ($90^\circ - \alpha_0$) açısından daha fazla olan ve fiber ekseninden uzaklaşmayan tüm ışınlar "core" camına yönlenecektir.

Core camına ışık vermek için, ışık ışını ve fiber eksenindeki veri açısı kırılma kanununa göre belirlenebilir.

$$\frac{\sin \theta}{\sin (90^\circ - \alpha_0)} = \frac{n_1}{n_0}$$

$$\sin \alpha_0 = n_2 n_1$$

$$\sin \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$



Şekil 2.4. Optik bir dalga kılavuzunda ışığın yönlendirilmesi.

Burada görülen en büyük veriş açısı θ_{\max} fiber optiğin emme açısı olarak adlandırılır. Bu açı yalnızca n_1 ve n_2 kırılma indislerine bağlıdır. Emme açısının sinüsü fiber optiğin "NA" nümerik açıklığı olarak adlandırılır.

$$NA = \sin \theta_{\max}$$

Bu miktar ışığın optik fibere verilisinde büyük önem taşımaktadır.

2.7. Optik Bir Dalga Kılavuzunda Işığın Yayılması

Optik kanunlar, bir optik fiberin core ve cladding cam tabakaları arasındaki ayırıcı yüzeyinde ışığın toplam iç yansımalarını tanımlamayı mümkün kılar. Işığın ışın modlarının boylamasına lineer propagasyonu temel esastır. Core cam içindeki ışığın propagasyonuna ait çeşitli olasılıkları daha yakından incelemek için, dalga optiklerinin fenomen tipini dikkate almak gereklidir.

Özel olarak fiber cor'unun çapı $10 \mu\text{m}$ civarındayken ve böylelikle $1 \mu\text{m}$ kadarlık core'da yönltilen ışığın dalga boyundan sadece biraz daha büyük olduğunda bu durum gerekli görülür. Böylece dalga optiklerinin yardımıyla açıklanabilecek girişim belirtisi oluşur.

İki ya da daha fazla dalganın süperpozisyonu ve bunların tek bir dalgaya birleştirilmeleri genellikle iterferens olarak adlandırılır.

İki dalganın açık bir girişim belirtisi, yalnızca iki dalga da aynı dalga boyunda olduklarında ve birbirlerine karşı sürekli bir faz farklılığına sahip olduklarında elde edilebilir. Bu tip dalgalar yapışık (coherent) dalgalar olarak adlandırılır. Eğer iki dalga, dalga boyları λ 'nın tam sayı bir çarpanıyla uzayda belli bir noktada faz olarak farklılaşırlarsa o zaman amplitüdün eklenmesi gerçekleşir. Öte yandan, dalga boyunun yarısının bir çarpanının faz farklılığı durumunda $\lambda / 2$ çıkartım gerçekleşir ve eş amplitüdü iki dalga durumunda, dalgalar o noktada sıfırlanır iptal edilirler. (yıkıcı interferens).

Optik dalga kılavuzlarında ışığı nakletme için, yüksek olarak yapışık ışığın bir kaynağını bulmak gereklidir. Nakledicinin spektrum genişliği olabildiğince küçük olmalıdır. 40 nm.'lik bir spektrum genişliği olan yaygın diyotları ışıklandırmanın aksine, teskin edici (stimulated) ışık yayımlı lazer diyotları tek dalga boyunda sürekli bir faz farkını elde etmeyi mümkün kılarlar. Böylelikle interferens olayı, yalnızca hassas ayarlı açılar altındaki cor camda ışığın yayılması gerçeğiyle farkedilebilecek bir optik dalga kılavuzunda oluşur: Hassas ışık dalgalarının, sepürpozisyonlarına göre yükseltilip böylelikle yapıcı interferens gösterdiği; yönlerinde yayılması gerektiği anlamındadır.

Optik fiberde yayılabilen makbul mod'lu ışık dalgaları gerçek dalgalar (eigen waves) olarak adlandırılırlar.

bu mod'lar Maxwell'in eşitlikleri vasıtasıyla matematiksel doğrulukla belirlenebilirler. Elektromagnetik dalgalar için olan bu genel eşitlikler sistemi, yalnızca optik fiber'de zayıf bir şekilde yöneltilen ışık dalgalarına uyarlandıklarında büyük oranda basitleştirilebilirler. Bu hemen hemen tam olarak fiber ekseninde yayılan ve eksen boyuna alan bileşenleri önemsiz olan dalgalar için uygulanır. Core camın n_1 kırılma indisi ve cladding camın n_2 kırılma indisi hafif bir şekilde farklılaştığında oluşurlar. Kırılmadaki bu farklılık için bir ölçüm, normalleştirilmiş kırılma indisi farklılığı Δ 'dır.

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

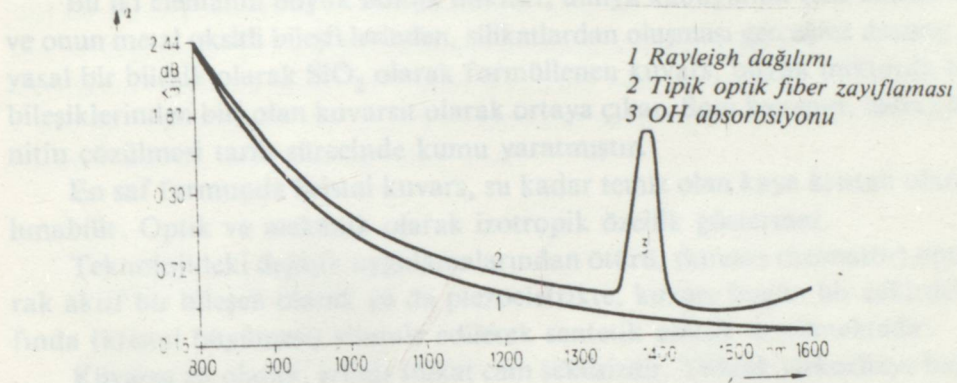
Bir optik fiberde normalleştirilmiş kırılma indisi farklılığı Δ diğer eleman indisleriyle karşılaştırıldığında çok küçüktür ve böylece ışık dalgaları buna uygun olarak zayıf şekilde core cama yöneltilirler.

Basitleştirilmiş dalga eşitliklerinin çözümleri fiber optikte yayılabilir modler için çok iyi sonuçlar verir. Örnek olarak Şekil 2-9'da ilk on mode için optik bir elyafın kesiti üzerinde ışık yoğunluğunun dağılımını gösterir. Gerçek dalgaların (eigenwaves) düzlem dalga yüzeyleri vardır ve boyuna olarak kutuplaşmışlardır. Böylece iki mode sayıları " v " ve " μ ."lu $LP_{v,\mu}$ ile terimlendirilmişlerdir.

V miktarı azimantal (açık) mode sayısıdır. Her konsantrik ışık halkasında ışık noktalarının yarı sayısını vermek için kullanılır. V'nin değerleri 0,1,2,3... olabilir, ki burada $V = 0$ 'dır, her ışık dalgası ara bölüntü olmadan görünür.

μ miktarı radyal mode sayısıdır, mode'un konsantrik ışık sayısını vermek için kullanılır. 1,2,3.... değerlerini alabilir.

Temel mode LP_{01} ikinci daha yüksek mode LP_{11} olarak adlandırılır.



Şekil 2.5. Rayleigh dağılımı ve optik fiberin tipik zayıflama eğrisi

ve sonuna kadar devam eder. Bu nedenle büyük bir ölçekte düz bir çizgiye göre hareket eder ve onun için belirli bir ölçekte, sınırlardan yasal bir ölçekte SiO_2 olarak tanımlanabilir. Bileşiklerin bir küresel olarak ortaya çıkan çözümlerini tanımlar. Küre yaratır. En son çözümlerini küre, su kadar tanımlar. Optik ve son çözümlerini tanımlar. Teknolojiyi tanımlar. Rakabın bir ölçekte tanımlar. Küre yaratır.

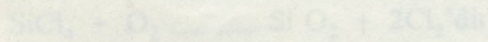
1 decipascal-second [d Pa.s] = 1 g / cm.s'ya.

Erişim sıklıkla camda viskozite miktarı T ile orantılıdır. Bir şekilde etkilenebilir.

3.1.1. Üretim

Ultra saf erimis silikal cam genellikle, klor gazı veya oksijenli yavaş yavaş silisyum tetraklorit bileşiğinin buhar fazında çevrilerek SiO_2 'in çözülmesiyle üretilir.

$SiCl_4$ baz seçilmiştir, çünkü SiO_2 'in aksine bu bileşik damıtma yoluyla çok saf bir formda üretilir. Bu reaksiyon eşitliği



Optik dalga kılavuzları bugün optik iletişim için kullanılmak üzere bir süreçte yapılmıştır. Çeşitli türde ışık için optik dalga kılavuzları için yapılmıştır. En önemli bir teknoloji olarak çok iyi bilinmektedir. Buhar fazında üretiminde uygun koşullarla üretilen düşük kırılma indisi için F ya da B $_2$ O $_3$ yüksek kırılma indisi için GeO $_2$ ya da P $_2$ O $_5$ ilave edilir. Buhar fazında üretilen

* Zayıflama : Bir optik fiberin iki enine kesiti arasındaki optik kuvvet azalmasıdır.

3. OPTİK DALGA KILAVUZLARININ KİMYASI

3.1. Erimiş Silikat Cam

Ağırlık terimleriyle dünyanın dış katı kabuğunun yanıcı oksijen, dörtte biri silikondan oluşmuştur.

Bu iki elemanın büyük bolluk miktarı; dünya kabuğunun esas olarak kuvars ve onun metal oksitli bileşiklerinden, silikatlardan oluşması gerçeğine dayanır. Kimyasal bir bileşik olarak SiO_2 olarak formüllenen kuvars, büyük miktarda kumun bileşiklerinden biri olan kuvarsit olarak ortaya çıkar. Som kayanın, daha çok granit in çözülmesi tarih sürecinde kumu yaratmıştır.

En saf formunda kristal kuvars, su kadar temiz olan kaya kristali olarak bulunabilir. Optik ve mekanik olarak izotropik özellik göstermez.

Teknolojideki değişik uygulamalarından ötürü, (kuvars rezonatör) optik olarak aktif bir bileşen olarak ya da piezoelektrikte, kuvars bugün bir çekirdek etrafında (kristal büyümesi) stimule edilerek sentetik olarak üretilmektedir.

Kuvarsa zıt olarak, erimiş silikat cam şekilsizdir. Yüksek vizkoziteye bağlı olarak, yalnızca bir katı olarak görünen SiO_2 'in camısı donmuş eriyiğinin ergime noktası yoktur. Aksine, daha yüksek sıcaklıklarda, sadece gitgide artan şekilde yumuşar ve sıvı durumuna gelmeden direkt olarak buharlaşır.

Vizkozite tüm üretim ve camın oluşma prosesi için gerekli bir özelliktir. Bu erimiş silikat camdaki iç sürtünmeyle tanımlanmaktadır, n olarak adlandırılır ve "decipascalsecond" üniteleri halinde verilebilir. Burada;

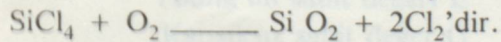
$$1 \text{ decipascalsecond [d Pa.s]} = 1 \text{ g / cm.s'dir.}$$

Erimiş silikat camda vizkozite sıcaklık T ile monoton bir şekilde azalır.

3.1.1. Üretim

Ultra saf erimiş silikat cam genellikle, klor gazı veren oksijenli yüksek uçucu silisyim tetraklorit bileşiğinin buhar fazında çevrilerek SiO_2 'in çökeltilmesiyle üretilir.

SiCl_4 baz seçilmiştir, çünkü SiO_2 'in aksine bu bileşik damıtma yoluyla çok saf bir formda üretilebilir. Bu reaksiyon eşitliği



Optik dalga kılavuzları bugün optik iletişimlerde kullanılmak üzere bu prosese göre üretilmektedirler. Camın kırılma indisinin optik dalga kılavuzunda ışığın yayılımı için önemli bir faktör olduğu çok iyi bilinmektedir. Buhar karıştırma prosesinde uygunkarıştırmayla (örneğin düşük kırılma indisi için F ya da B_2O_3 , yüksek kırılma indisi için GeO_2 ya da P_2O_5 ilave edilir). İstenen kırılma indisleri relatif

olarak sınırlandırılabilir. Ancak yabancı moleküllerin birleştirilmesiyle ışık dağılımı ve böylece yayılan ışığın zayıflamasının artması özellikle önemlidir.

Işığın erimiş silikat camdan geçerken zayıflamasının daha ileri bir nedeni, geçiş materyalleri Fe, Cu, CO, Cr, Ni, Mn ve OH iyonları formundaki su tarafından emilmesidir. Camın bu metaller ve OH iyonları tarafından kirletilmesiyle yüksek ışık kaybı oluşur.

Bu kirliliğin yoğunlaşması ppm (part per million) ya da ppb (parts per billion)'da ölçülür. Şöyle ki, temel maddenin kirli her milyon ya da milyarının (billion) bir kısmı, örneğin, 1 ppm Cu 80 nm dizisinde kilometre başına yüzlerce kilometre zayıflama meydana getirir ve 1 ppm'lik ve OH konsantrasyonu 880 nm'de 0,1 dB / km'lik, 950 nm'de 1dB / km'lik, 1240 nm'de 1.7 dB / km.'lik ve 1390 nm'de 35 db / km'lik zayıflamaya sebep olur.

3.1.2 Materyal Özellikleri

Erimiş silikat cam bir izotropik ortamdır, şöyle ki, yönden bağımsız olarak fiziksel özellikleri birbirine eşittir. Sıcaklıklar hızla değiştiğinde davranışı çok iyi bilinebilir. Çok küçük lineer termal genleşme ile birlikte, α katsayısına bağlı olarak olağanüstü şekilde sıcaklık değişikliklerine dirençlidir.

Buna örnek olarak aşağıdaki deneysel sonuçları değerlendirelim. Deney uzunluğu : $L = 1$ km, sıcaklık değişimi 20°C 'den 40°C 'a kadar;

$$\Delta T = 20 \text{ K.}$$

ΔL uzunluğundaki değişik miktarını hesaplayacak olursak;

$$\Delta L = \alpha T L$$

$$\Delta L = 5.5 \times 10^{-7} / \text{K} \times 20 \text{ K} \times 1 \text{ km} = 110 \times 10^{-7} \times 10^5 \text{ cm}$$

$$\Delta L = 1.1 \text{ cm.}$$

Özellik	Ünite	Değer
Y yoğunluğu	$\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	2.20
Young'un sabit değeri E	N / mm ²	72.500
Katıksız sabit değer G	N / mm ²	30.000
Lineer termal genleşme katsayısı	K ⁻¹	5.5×10^{-7}

Bu özellikleri daha açık hale getirmek için aşağıdaki örnek hesaplamaları yapalım:

* Çapı $d = 125 \mu\text{m}$., uzunluğu 1 km olan kaplamasız erimiş silikat optik fiberin ağırlığı:

Camın enine kesit yüzeyi;

olarak hesaplanırsa; kilometre başına G ağırlığı:

$$A = \pi \frac{d^2}{4} \approx 3.14 \frac{0.125^2 \text{ mm}^2}{4} \approx 0.0123 \text{ mm}^2 = 1.23 \times 10^{-4} \text{ cm}^2.$$

$$G = \gamma A \times 1 \text{ km} = 2.20 \text{ g/cm}^3 \times 1.23 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \times 10^5 \text{ cm} \approx 27 \text{ g}.$$

* $\sigma \approx 345 \text{ N/mm}^2$ 'lik gerilimle yapılan bir ispat deneyinde $125 \mu\text{m}$ 'lik d çaplı bir silikat camın uygun gerilme gücü ve boylamasına germinin hesaplanması için Hooke kanunundan hareketler:

$$\sigma = E\varepsilon. \quad (\text{Hooke kanunu})$$

kuvveti boyuna gerilim $\varepsilon = \Delta L/L$ ile orantılıdır ve Young'un E sabiti orantılılık sabittir.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{50 \times 6.8948 \text{ N/mm}^2}{72\,500 \text{ N/mm}^2} \approx 4.755 \times 10^{-3} \approx 0.5\%.$$

hesaplanır.

Poisson'un M sabiti basınç altındaki bir cisimdeki evine kesit sıkıştırmasının (enine germe) boyuna germe ile olan ilişkisini verir:

$$\mu = \frac{\Delta d}{d} \div \frac{\Delta L}{L}.$$

Young sabiti E ve katıksız sabit değer G vasıtasıyla;

$$\mu = \frac{E}{2G} - 1.$$

Böylece silikat cam fiberler için;

$$\mu = \frac{72\,500 \text{ N/mm}^2}{2 \times 30\,000 \text{ N/mm}^2} - 1 \approx 0.21.$$

Dolayısıyla, aşağı yukarı % 0,5'lik bir boyuna sıkıştırmalı deneyde çap düşüşü;

4. OPTİK DALGA KILAVUZLARININ PROFİLLERİ

Eğer bir optik $\frac{\Delta d}{d} = \mu \frac{\Delta L}{L} \approx 0,21 \times 0,5 = 0,105\%$ yarıçap r 'nin bir fonksiyonu olarak ele alırsak, "kırılma indisi profili" terimi kullanılır. Cladding çapı doğru, core çapındaki fiberin dışındaki kırılma indisinden daha doğru, kırılma indisi değeri tanımlanır.

$$n = n(r)$$

Bir optik dalga kılavuzundaki modların yayılması bu kırılma indisi profilinin şekline bağlıdır. (Şekil 4.1)

"Çok katlı indeks profilleri" pratik uygulamalarda önemlidir. Eğimi yarıçapın zıkkınunu fonksiyonu olarak tanımlanan, kırılma indisi profilleri olarak anlaşırlar.

$$n(r) = n_1 \left[1 - 2\Delta \left(\frac{r}{a} \right)^g \right]$$

- n_1 , fiber eksenindeki kırılma indisi.
- Δ normalleştirilmiş kırılma indisi farkı.
- r mes. olarak core yarıçapı.
- g profil mesu.
- n_2 cladding'in kırılma indisi.

Normalleştirilmiş kırılma indisi farkı nispeten küçük $\Delta \ll 1$ ya da aşağıdaki gibi n_1 ve n_2 kırılma indilerine bağlıdır.

Core kırılma indisi



Cladding kırılma indisi

Şekil 4.1. Bir optik dalga kılavuzunun kırılma indisi profili

4- OPTİK DALGA KILAVUZLARININ PROFİLLERİ

Eğer bir optik dalga kılavuzunun kırılma indisi n , yarıçap r 'nin bir fonksiyonu olarak ele alınırsa, "kırılma indisi profili" terimi kullanılır. Cladding cama doğru, core camdaki fiberin eksenindeki kırılma endisinden dışa doğru, kırılma indisinin değişimi tanımlanır.

$$n = n(r)$$

Bir optik dalga kılavuzundaki modların yayılması bu kırılma indisi profilinin şekline bağlıdır. (Şekil).

"Güç kanunu indeks profilleri" pratik uygulamalarda önemlidir. Eğimi yarıçapın güçkanunu fonksiyonu olarak tanımlanan, kırılma indisi profilleri olarak anlaşılırlar.

$$n^2(r) = n_1^2 \left[1 - 2\Delta \left(\frac{r}{a} \right)^g \right] \quad r < a$$

n_1 fiber eksenindeki kırılma indisi.

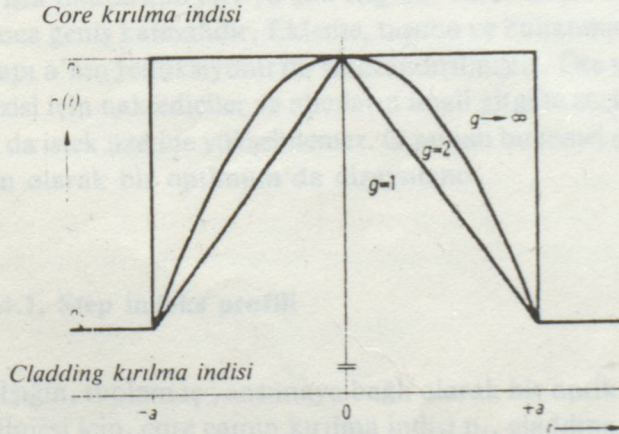
Δ normalleştirilmiş kırılma indisi farkı.

r mm olarak core yarıçapı

g profil nissü

n_2 cladding'in kırılma indisi

Normalleştirilmiş kırılma indisi farkı nümerik açıklık NA'ya ya da aşağıdaki gibi n_1 ve n_2 kırılma indislerine bağlıdır.



Şekil 4.1. Bir optik dalga kılavuzunun kırılma indisi profili

Yalnızca son kademede -step profiliyle birlikte- kırılma indisi core counda sabit kalır. $n(r) = n$. Tüm diğer profillerde core camdaki kırılma indisi $n(r)$, cladding camın n_2 değerinden fiber ekseninin n_1 değerine doğru kademeli olarak yükselir. Bu profiller böylece kademeli indeks ya da graded indeks profiller olarak adlandırılır. Bu tip profilli optik fiber'ler, teknik açıdan çok iyi ışık iletici özelliklere sahiptir.

Bir optik fiberin tanımı için daha önemli bir parametre N sayısı ya da normalleştirilmiş V sıklığıdır. Ölçüsüz bir parametre olan V şöyle tanımlanır;

$$V = 2\pi \frac{a}{\lambda} NA = k a NA.$$

Burada;

a core yarıçapı

v dalgaboyu

NA nümerik açıklık

k dalga sayısıdır.

Core camda iletilen modların sayısı (N), bu parametreye bağlıdır ve yaklaşık olarak;

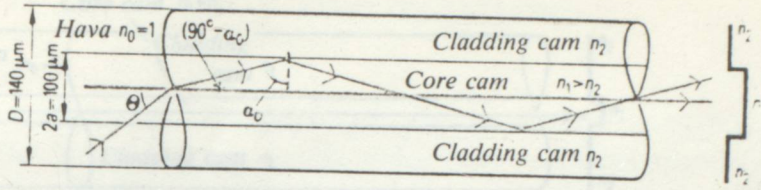
$$N \approx \frac{V^2}{2} \frac{g}{g+2}$$

Bir step indeks profilinde $g \rightarrow \infty$, Graded indeks profilinde $g = 2$ 'dir.

Eğer modların sayısı azaltılacaksa, V sayısı küçültülmüş olur, ya core çapı $2a$, ya da NA azaltılmalıdır veya dalga boyu artırılmalıdır. Bir optik fiber'e bağlanabilen ışık miktarının NA'ya çok bağımlı olmasından dolayı bu değer mümkün olduğunca geniş kalmalıdır. Ekleme, taşıma ve kullanma zorluklarından dolayı core yarıçapı a'nın redüksiyonu da sınırlandırılmıştır. Öte yandan daha uzun dalgaboyu dizisi için naklediciler ve alıcıların imali gitgide zorlaşmaktadır. Böylece dalgaboyu da istek üzerine yükseltilemez. O zaman bu temel parametreler müşteri isteğine uygun olarak bir optimum'da dizaynlanır.

4.1. Step indeks profili

Işığın, toplam iç yansımaya bağlı olarak bir optik fiberin core camından geçirebilmesi için, core camın kırılma indisi n_1 , cladding camın kırılma indisi n_2 'den büyük olmalıdır. Eğer kırılma indisi n_1 , core'nın tüm enine kesiti üzerinde aynı değeri elde ederse, kırılma endüstrinin bir step profili olduğu söylenir. Çünkü cladding camla olan ayırma alanındaki kırılma indisi, core camla birlikte yükselir ve



Şekil 4.2. Step indeks profilli fiber

değişmeden kalır. Böyle bir optik dalga kılavuzu step indeks profilli bir fiber ya da step indeks fiber olarak adlandırılır.

Bir step indeks fiberde tipik ebatlar; core çapı $2a = 100 \mu\text{m}$ Cladding çapı $D = 140 \mu\text{m}$, $n_1 = 1.48$, $n_2 = 1.46$ olarak verilebilir.

Bu durumda;

$$NA = \sin \theta \approx 0.242.$$

$$\lambda = 850 \text{ nm}$$

$$V = \pi \frac{2a}{\lambda} NA = \pi \frac{100 \mu\text{m}}{0.85 \mu\text{m}} \times 0.242 \approx 89.4.$$

Bu tip bir optik fiber için N mod sayısı;

$$N \approx \frac{V^2}{2} = \frac{89.4^2}{2} \approx 4000.$$

Böyle bir optik fiber çok mod'ludur. İçinde yayılan bir ışık titreşimi fiberin bireysel modlarında iletilen birçok kısmî ışık titreşimlerinden oluşmuştur.

Bu modal dağılımda step indeks fiber, tek bir mod'un özellikle temel mod LP_{01} 'nin yöneltileceği şekilde imal edilebilir. Bununla beraber temel mod böyle bir fiberden geçerken zamanla genişler. Bu etki kromatik dağılım olarak adlandırılır. Bu materyalin bir özelliği olduğundan genellikle her fiber'de oluşur. Modal dağılımla karşılaştırıldığında kromatik dağılım göreceli olarak, 1200'den 1600 nm'ye kadar olan dalgaboyu dizisinde çok az ya da sıfırdır.

1200 nm'nin üzerindeki dalgaboyu dizisinde temel moda rehberlik eden düşük zayıflamalı bir step indeks fiber imali için mode olan çapı $2w_0$, $10 \mu\text{m}$ 'a kadar büyütülmelidir. Böyle bir step indeks fiber TEK MODLU ya da MONOMOD fiber olarak adlandırılır.

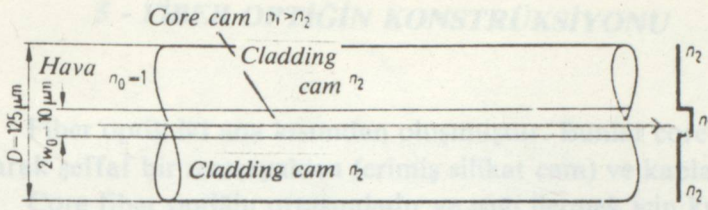
Tek modlu fiberin tipik ebatları;

Mod alan çapı $2w_0$ $10 \mu\text{m}$

Cladding çapı D $125 \mu\text{m}$

Core kırılma indisi n_1 1.46

Kırılma indisi farkı Δ $0,3 \%$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Tek modlu (Single-mode) fiber

4.2. Kademeli (Graded) İndeks Profili

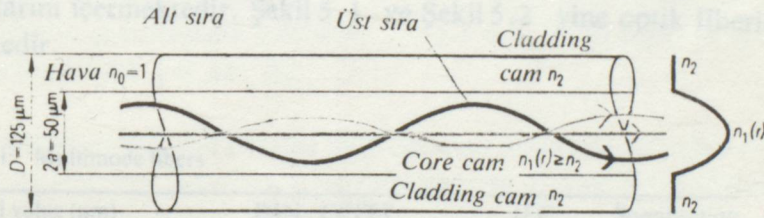
Çok modlu bir step indeks fiberde modler değişen uzunluktaki yollar boyunca yayılırlar ve bundan dolayı fiberin ucuna değişik zamanla da ulaşırlar. Bu istenmeyen modal dağılım büyük ölçüde azaltılabilir. Bunun için kademeli indeks fiberler üretilmiştir.

Böyle bir kademeli indeks profili ya da $g = 2$ profil üslü güç kanunu profili;

$$n^2(r) = n_1^2 - NA^2 \left(\frac{r}{a} \right)^2 \quad r < a$$

$$n^2(r) = n_2^2 \quad r \geq a$$

olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.4. Kademeli (Graded) indeks profilli fiber

Bu şekilde kademeli indeks profili olan bir optik dalga kılavuzu Graded indeks fiber olarak adlandırılmıştır. Böyle bir optik dalga kılavuzunda, ışık ışınları vida benzeri helezonik yollardan geçerler. Step indeks profilin aksine, a ritik zikzaklar halinde yayılmazlar. Core camdeki kırılma endisi $n(r)$ 'deki sürekli değişime bağlı olarak, ışınlar sürekli olarak kırılırlar ve böylece yayılma yönleri değişik dalga yollarında yayılırlar ve bu çeşitli ışınlar arasındaki gecikme zamanı farkı yapıya bağlı olarak tamamen yok olur.

En çok ve yaygın olarak kullanılan bu optik fiber profillerine ek olarak dalga boyuna bağlı kırılma indisli, Multistep indeks profilli fiberler de imal edilmektedir.

5 - FİBER OPTİĞİN KONSTRÜKSİYONU

Fiber optik iki ana kısımdan oluşmuştur. Bunlar core ve cladding olup, optik olarak şeffaf bir materyalden (erimiş silikat cam) ve kaplamadan yapılmışlardır.

Core fiber optiğin ortasındadır ve ışığı iletmek için kullanılır. Bu dalga kılavuzluğu yalnızca core'da mümkündür, çünkü core'un kırılma indisi n_1 , eladding'in kırılma indisi n_2 'den daha büyüktür. Ayrıca yüzeylerde (core / eladding) modlar, optik fiberin core'unda sürekli "toplam yansımayla" tutulurlar.

Kaplama, üretim esnasında cladding yüzeyine direkt olarak uyarlanan tabaka olarak anlaşılmalıdır. Fiberin içine ve dışına ışık indirmek için ya da ekleme fiberler için sökülebilir olmalıdır. Birçok tabaka plastikten oluşabilir ve açık noktalar ya da kalınlıkta farklılıklar olmaksızın tüm uzunluğa eşit olarak uygulanmalıdır. Kaplamalar senkli olabildiği gibi değişik optik terimler için kodlama renklerini de içerebilir.

Bir optik fiberde örnek olarak, core : 1.48, eladding: 1.46 kaplama: 1.52 olmak üzere bir kırılma indisi tablosu verilebilir.

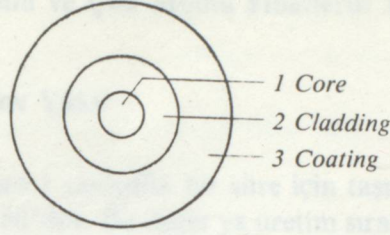
Kaplama, mekanik olarak optik fiberi dış etkenlerden korumak ve fiberi mikro dizide bükebilecek ve böylelikle ek bir zayıflamaya sebep olabilecek kuvvetleri emmelidir.

5.1. Çok Modlu Optik Fiber

Tablo 5.1 çok modlu bir fiberin değişik ebadlarına karşılık gelen uluslararası standartlarını içermektedir. Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 yine optik fiberin yapısını göstermektedir.

Table 5.1 Multimode fibers

Nominal value (μm)	DIN VDE 0888 Part 2	CCITT Recommendation G.651	IEC Standard 793-1	Specification by producer
Core diameter	50	x	x	x
Permissible tolerance	± 3			
Circularity tolerance of the cladding	≤ 3	x	x	x
Cladding diameter	125	x	x	x
Permissible tolerance	± 3			
Circularity tolerance of the cladding	≤ 2.5	x	x	x
Permissible concentricity tolerance between core and cladding	≤ 3	x	x	x
Coated fiber diameter, 250 and 500 usual values at present				x



Şekil 5.1. Çok modlu fiber

Buradan da görüleceği gibi çok modlu bir fiber core'unda insan saçı ebatlarında değerler görülmektedir.

5.2. Tek Modlu Fiber - Optik

Çok modlu fiberin tersine, tek modlu bir fiber için core çapı yerine dalga boyuna bağlı $2w_0$ 'n bildirmek yeterlidir. 1300 nm'lik dalga boyunda mod alan çapı, core çapından % 10 ila % 12 daha büyüktür.

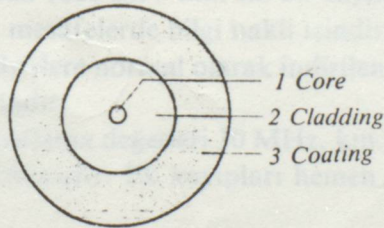
Dalga boyundaki bu bağımlılık elyaf eklemesinde özellikle önemlidir. birleştirirmenin kalitesi -optik fiberde sadece tek bir mod yayıldığından dolayı- ışık teknikli uygulamalardan, cam teknikli uygulamalara göre daha fazla etkilenir.

Çok modlu fiberlere analogik ek değerler olarak, çembersizlik ve konsantriklik toleransları da ilave edilmiştir.

Cladding'in çembersizlik toleransı $2.5 \mu\text{m}$, Mod alanı ve cladding arasındaki konsantriklik $1.0 \mu\text{m}$ 'dir.

Hem milletlere özgü ve hem de milletlerarası olarak standartlaştırılmış tek ve çok modlu fiberler için belirtilen konstrüksiyona ek olarak, özellikle özel uyarımları karşılamak üzere birçok standart dışı imalat da mevcuttur.

Bunlara 62,5 / 125, $f_2/125$, 100 / 140 örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 5.2. Tek modlu (single - mode) fiber

5.3 Tek Modlu ve Çok Modlu Fiberlerin Teknik Özellikleri

5.3.1. Gerilme Yüğü

Hemen hemen 1 saniyelik bir süre için taşınabilecek maksimum gerilme yüğü, en azından 5 Nt'dur. Bu değer ya üretim sırasında ve üretimden sonra test edilmiştir.

5.3.2. Renkli Kodlama

Bireysel fiberlerin kablo içinde tanımlanması için, renk kodları ve eğer gerekiyse halka işaretleri basılır. Bu renkler öyle seçilmelidir ki fiberlerin optik özellikleri üzerinde herhangi bir etkileri olmamalıdır.

5.3.3. Sıcaklık Dizileri

Normal şartlarda, normal uygulamalar için fiber optik kabloların;

Nakil ve depolama sıcaklıkları $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Donanım sıcaklığı $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Çalıştırma sıcaklığı $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

değerlerinde olup, özel uygulamalar için bu sıcaklık dizilerinin sınırları değiştirilebilir. Bu değerleri dikkate alarak değişik uluslararası ve ulusal standartlar çok sayıda mekanik, nakil ve optik testi şartlara bağlar. (Örnek olarak DIN VDE 0888 - 2)

5.4. Plastik Materyalden Optik Fiber

Şeffaf plastik materyallerden imal edilen optik fiberler kısıdan orta uzaklıklara kadar bilgi nakli için özellikle uygundur. 1980'lerde, Amerikan Du Pont Corporation, Optik fiberleri ilk olarak plastik materyallerden imal etmişlerdir. 600 nm'lik bir dalga boyunda 1000 dB / km.'lik bir zayıflamaları vardır. Bu yalnızca birkaç metreden ibaret mesafelerde bilgi nakli içindir. Ama bu optik fiberler klasik erimiş silikat cam fiberlere normal olarak indirilen ışık gücünü üç katına çıkarmayı mümkün kılmaktadır.

Aynı zamanda, zayıflama değerleri 30 MHz. km.'lik bir bant genişliğinde 100 dB / km değerine indirilmiştir. Ek kayıpları hemen hemen 15 dB'lik bir değere sahiptir.

Şimdiye kadar bilinen, plastik materyalden fiber optikler, polistren ya da polimetakrilat'dan yapılmışlardır. Yüksek oranda düşük kırılma indisli hafif, şeffaf plastik materyalden bir cladding, core ve cladding arasındaki ayırma ala-

nında iletilen ışığın toplam iç yansımaya sebep olur.

Cladding çapı, core çapından yaklaşık % 1 oranında daha büyüktür. 600 nm civarındaki dalga boyları, çalışma için uygundur. Diğer dalga boyu dizilerinde za-
yıflama adı yükselir.

Pratik kullanımdaki bir plastik fiber 1000 μm 1022 μm . arası ebatlara sa-
hiptir.

Bu yüzden tüm cam fiberler özel uygulamalarla korunmalıdır. Bazı extra koruma ve izolatör katmanları ile koruma kaplaması ilâve edilir. Fiberler bu katmanlar kaplamalar uçlardan çıkarılır.

Camdan yapılmış fiberler mekanik açıdan oldukça dayanıklıdır. Ancak fiber optik kabloları bakım kablolara göre dayanıklıdır, ama yavaş yavaş yıpranması gerekmektedir. Bu nedenle mekanik olarak fazla dayanıklı olmayan to-
berlere mekanik yük bindirilmeyen plastik fiberler kullanılmaktadır. Desteklenmiş fiber, bu nedenle dayanıklıdır. Bu nedenle dayanıklı plastik fiberler loose buffer (gevçek katmanı) ve tight buffer (sert katman) yapılmıştır.

Loose buffer yapılmış fiber plastik katmanlar ile kaplanmıştır. Bu katman hareket edebilir. Bu yapıda kabloların mekanik dayanıklılığı artırılır. Bu yapıda kabloların mekanik dayanıklılığı artırılır. Bu yapıda kabloların mekanik dayanıklılığı artırılır.



Sekil 6.1. Tek fiber gevçek katmanlı yapıda kablolar

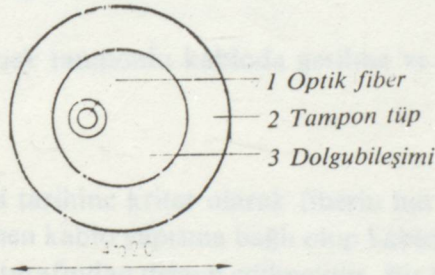
bu yapıda kabloların mekanik dayanıklılığı artırılır. Bu yapıda kabloların mekanik dayanıklılığı artırılır. Bu yapıda kabloların mekanik dayanıklılığı artırılır.

6. OPTİK FİBER KORUYUCULARI

Cam fiberler oldukça güçlü olmalarına karşın yüzey çatlaklarının ilerlemesiyle zayıflayabilirler. Yüzey çatlakları daha çok yıpranma ve kimyasal aşınmadan kaynaklanır. Bu yüzden tüm cam fiberler imal edildikten hemen sonra tampon kaplamayla korunmalıdırlar. Bazen extra koruma ve renk kodlama için ikinci bir tampon kaplama ilâve edilir. Fiberleri birleştirirken veya eklerken bu tampon kaplamalar uçlardan kaldırılır.

Camdan imal edilmiş fiberler mekanik açıdan oldukça hassastırlar. Ancak fiber optik kabloların bakır kablolar gibi dayanıklı olup, uzun yıllar hizmet verebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle mekanik olarak fazla dayanıklı olmayan fiberlere mekanik yük bindirmeyecek şekilde dizayn edilmeleri gerekmektedir. Desteklenmemiş fiber, bükülmelerden dolayı optiksel güç kaybına neden olduğundan ve fiberi çevre şartlarından korumak için, iki koruma durumu geliştirilmiştir. Bunlar, loose buffer (gevşek tampon) ve tight buffer (sıkı tampon) yapılarıdır.

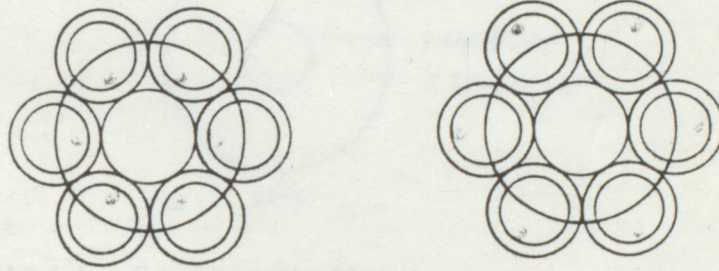
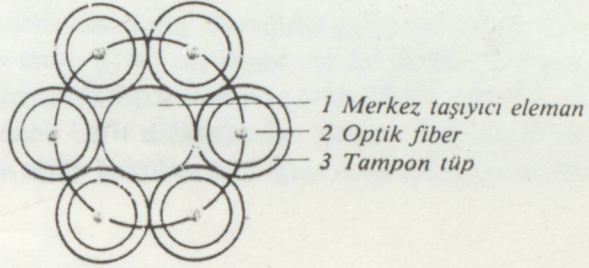
Loose buffer sisteminde, fiber plastik koruyucu bir tüp içindedir ve rahatça hareket edebilmektedir. Bu koruyucu kılıf içerisinde serbestçe hareket eden fiberler kablonun merkezinde bulunan bir destek elemanı etrafına eğirilmektedir. Fiber boyları kablo boyundan daha uzun olmakta, dolayısıyla fiberlerin mekanik olarak zorlanmaları da önlenmiş olmaktadır. (Şekil 8.3)



Şekil 6.1. Tek fiber gevşek tampon ve dolgu bileşim

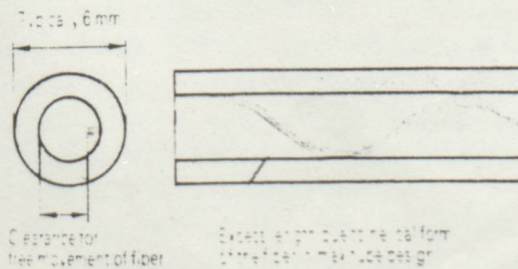
Şekil 8. 2 'de merkezi destek elemanı etrafında eğrilmiş 6 damar görülmektedir. Resmin ortasındaki şekilde, kabloya herhangi bir kuvvet uygulanmadığı durum gösterilmiştir. Kabloya boylamasına bir kuvvet uygulandığında (örneğin, çimento borular içinde çekme sırasında) kablo bir miktar uzayacaktır. Bu durumda kablonun merkezindeki destek elemanının etrafına helezonik bir şekilde sarılmış olan damarlar kablo merkezine doğru hareket edeceklerdir. Dolayısıyla fiberler, kendileri herhangi bir mekanik zorlanmaya maruz kalmadan çekme esnasında uzayan kabloya adapte olabilmektedir. Kablonun uzama olayının tersi ise büzülmesidir ki bu da ortam sıcaklığının azalması durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda kılıfların içerisinde serbestçe hareket edebilen fiberler dışa doğru hareket edeceklerdir. Dolayısıyla fiberlerin kendileri büzülmeye maruz kalmayacaklardır.

Bununla birlikte fiberlerin serbestçe hareket edebilmeleri belirli sınırlar içinde olabilmektedir. Bu sınırlar da damar kılıf çapına, tabloların ekseninde bulunan destek elemanlarının boyutlarına ve eğirme çapına bağlıdır. Mümkün olan en fazla çekme kuvveti ve en düşük çalışma sıcaklığıyla sınırlanan alan "çalışma bölgesi" olarak adlandırılır.



Şekil 6.2. Gevşek tamponlu kabloda gerilme ve büzölmeye göre fiberlerin hareketi

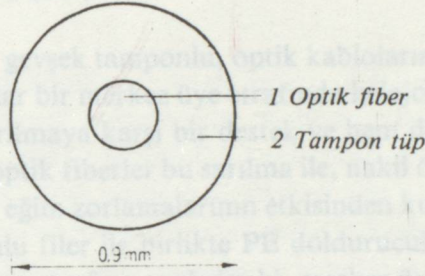
Çalışma bölgesi tarihine kriter olarak fiberin hat zayıflaması alınmıştır. Bu çalışma alanı tamamen kablo yapısına bağlı olup kablonun kullanma amacına uygun olarak imalatçı tarafından dizayn edilmelidir. Bir fiber optik kablonun yapısının tamamlanması için uygun bir dış kılıf gerekmektedir. Kablo kılıfı genellikle polietilenden oluşturulmakta ve çekme kuvvetlerinin aktarıldığı tabakaları da ihtiva etmektedir. Kablonun kullanılacağı yerlere göre kablo dış kılıfı genellikle alüminyum / polietilen tabaka yapısında olmakta ve bazı yerlerde kablo kemiricilerden koruyabilmek için çelik bantların sarılması ile oluşan bir zırh tabakası da ilave edilmektedir. Kablo işlemleri sırasında dış ortam değişimlerinden kaynaklanan çekme payı derecesi (büzüşme) kontrol edilebilir. Dolayısıyla sıcaklık nedeniyle oluşacak zayıflama minimuma indirilebilir.



Şekil 6.3. Fiberin serbest hareketi için tolerans

Tight buffer (sıkı tampon) sistemi diğer fiber koruma tekniğidir. Burada esas olarak fiber mantosu üzerine doğrudan plastik kaplama yapılır. Bu kaplamada kullanılan plastik çeşitleri Nylon, Hytrel veya diğer termoplastik esnek maddelerdir. Sıkı tampon yapısı fiberi kırılmalarda ve fazla yük binmesinden korur. Ayrıca sıcaklık değişimlerinin etkilerinden korumak için basit izolasyon görevi de görür. Her iki yapının kendine özgü avantajları vardır. Loose buffer (Gevşek tampon) sisteminde, fiber bükülmelerinden dolayı meydana gelen zayıflama daha azdır ve ayrıca dış kuvvetlere karşı daha iyi bir izolasyon vardır. Sürekli mekanik baskı altında gevşek tüp daha iyi özellikle iletim karakterlerine sahiptir. Sıkı tampon (Tight buffer) yapısı ise daha hafif dizaynlardır. Benzer fiber konfigürasyonları için ve genellikle daha fazla eğilip bükülme özelliğine ve kırılma resistansına sahiptir.

7.1. Kablo Core'u (Kor)



Şekil 6.4. Sıkı tamponlu fiber

Kablo core'u, sıkı tamponlu optik kabloların mekanik kuvvetlere dayanmak için, bu taraftan bir tampon tüpü olarak düşünülür. Ancak da merkez üye, hem kabloların mekanik dayanıklılığını artırarak, gerilim hizmet verir. Başında optik fiberler bu şekilde, daha özellikleri artırarak, gerilim, kırılma, basınç ve eğilme kuvvetlerine etkisinden uzaklaşarak bu boşluğa sahip olurlar. Bu tamponlu fiberler genellikle PE dolunurcular, çift ya da dört katlı bükülme teler de merkez üye etrafına sarılarak, merkez üye ile birlikte, sarılan bu tüp bu şekilde yapılır.

İkinci çapın alanı arasında kablo core'undaki bükülen elemanları koruyacak ve aralıklardan güç üyeleri ve kılıf materyalini uzak tutmak için kablo core'una üzerine bir ya da daha çok ince plastik lif sarılır.

7.2. Kablo kılıfı

Kablo kılıfı, optik kablo core'una mekanik, termik ve kimyasal etkilere ve ek olarak dışarıya gelen nemli korozyon korumasıdır. Klasik kablolarındaki gibi optik fiber bir kabloların amaçları göre bir dış kılıf tipi var olmakla birlikte, kullanılan ve en çok kullanılan polietilen (alüminyum takviyeli ve tekbaşına) kılıf türüdür.

Üniversite kablolar için kullanılan PVC'ye ek olarak, özel uygulamalar için diğer kılıf materyalleri de elde edilmektedir. Eğer metalizasyon konstrüksiyon için doldurulmuş kablolar gerekiyorsa, o zaman Poliamid, Formoplastik yapılar gibi bir plastik engel tabakası kılıf kılıfı olarak ya da kabloların ya da plastik liflerin arasına dave edilir. Bu doldurma katmanları, kabloların kılıfına geometri sağlar. Kablo kılıfı ile kablo core'una mekanik, termik bükülme dayanıklılığını artırarak, gerilim hizmetleri için, kabloların ya da kabloların kılıfına geometri sağlar. Kablo kılıfı, bir kablo core'una mekanik, termik bükülme dayanıklılığını artırarak, gerilim hizmetleri için, kabloların ya da kabloların kılıfına geometri sağlar. Kablo kılıfı, bir kablo core'una mekanik, termik bükülme dayanıklılığını artırarak, gerilim hizmetleri için, kabloların ya da kabloların kılıfına geometri sağlar.

7 - OPTİK KABLO DİZAYNI

Optik iletim teknolojisinde, optik fiberlerin çok çeşitli uyarlamaları, kablo konstrüksiyonlarının da çeşitliliğini gerektirir.

Elyaf tübünün yapısına bağlı olarak, kablo cor'unu, kılıf, gerektiğinde zırh ve koruyucu kılıf uygun ebatlar ile uygun materyalden imal edilip, kablonun uzun bir hizmet süresinde güvenilir olarak kullanımını mümkün kılar. Bu kablolarda optik fiber'leri sıcaklık değişimleri ve mekanik zorlamalar gibi dış etkilere karşı korumaya özel önem verilmiştir.

7.1. Kablo Core'u (kor)

Tek ve çok fiber'li, gevşek tamponlu, optik kabloların mekanik kuvvetini arttırmak için, bu tamponlar bir merkez üye etrafında helejonik olarak sarılır. Burada merkez üye, hem kırılmaya karşı bir destek ve hem de gerilim azaltıcı olarak hizmet verir. Esasında optik fiberler bu sarılma ile, nakil özellikleri üzerinde, gerilim, kıvrılma, basınç ve eğim zorlamalarının etkisinden kurtulacak bir boşluğa sahip olurlar. Bu tamponlu filer ile birlikte PE doldurucular, çift ya da dört katlı bakır teller de merkez üye etrafına sarılırlar ki, merkez üye ile birlikte, sarılan bütün bu elemanlar kablo core'nı olarak adlandırılır.

Kablo core'nı içine suyun nüfuzunu önlemek için, core'daki boş aralıklara çok yüksek basınçta (15 Bar kadar) bir karışım doldurulur. Bu karışım diğer kablo elemanlarının özelliklerine zarar vermeyecek şekilde terki edilmelidir. Bileşimin PE lülif üzerinde ihmal edilebilir bir şişlik etkisi ve izafi olarak düşük bir termik genleşme etkisi vardır.

İkinci üretim adımı sırasında kablo core'undaki bükülen elemanları korumak ve aralıklardan güç üyeleri ve kılıf materyalini uzak tutmak için kablo core'unun üzerine bir ya da daha çok ince plastik lif sarılır.

7.2. Kablo kılıfı

Kablo kılıfı, optik kablo core'nunu mekanik, termik ve kimyasal etkilerden ve ek olarak dıştan gelen neme karşı korumalıdır. Klasik kablolardaki gibi, optik fiber'in kullanım amacına göre bir dizi kılıf tipi var olmakla birlikte, ispatlanmış ve en çok kullanılan polietilen (aliminyum takviyeli ne tekbaşına) kılıf'tır.

Dahili kablolar için kullanılan PVC'ye ek olarak, özel uygulamalar için diğer kılıf materyalleri de elde edilebilir. Eğer metalsiz bir konstrüksiyon için doldurulmuş kablolar gerekiyorsa, o zaman Polyamid, Fermoplastik yapışkan gibi bir plastik engel tabakası kablo kılıfı ve doldurma karışımı ya da plastik liflerin arasına ilave edilir. Bu doldurma karışımının core'dan kablo kılıfına geçmesini engeller. Kablo kılıfı ile kablo core'nı arasına ve genellikle büküm elemanlarının üzerine imalatçının özel işaretleri (Örn. siemens için Yeşil-Beyaz-Kırmızı-Beyaz) ve müşteri tarafından istenirse bir ölçme şeridi, kablo eksenine paralel olarak uyarlanır.

7.3. Koruyucu Kaplama:

PE ve PVC koruyucu kaplar hanzı ve özel kablolarda, kılıfın üzerindeki zırhı horozyon ne dış etkilerden korumak için uygulanırlar. (Örneğin, kablonun yeraltı güzergahından çekimi esnasında).

Koruyucu kaplar genellikle 200 °C civarındaki bir sıcaklıkta tüp kalıptan çekme metoduyla PE'den üretilirler ne ziftli horozyon koruyucularına uygulanırlar.

Yağ direnci istendiğinde ya da kablo kılıfları renkli PVC'den yapıldıklarında, uygun kalınlıktaki koruyucu kaplar PE kılıfları üzerine preslenirler. Diğer tüm uygulamalarda siyah PE koruyucu kaplama olarak kullanılır.

7.4. Zırhlama

Optik kablolar sık sık gömülerek ya da yeraltı güzergahlarındaki beton veya PVC borulardan zırhsız olarak tesis edilirler. Kablonun kıvrılmayan elemanlarıyla birlikte termoplastlı yapışkan tarafından kablo kılıfına sıkıca bağlanan plastik liflerden direnç elemanları tipik gerilme kuvvetleri için yeterlidirler.

Ancak denizaltı ne maden kabloları gibi özel uygulamalarda, kabloları kemirgenlerden korumak için, havai kabloların kendi kendini taşıyabilmesi için ne olağandışı fazladan basınç değerlerinin denkleştirilmesi için, optik kablo core'unu ne kablo kılıfını korumaya yönelik ilave bir zırhlama kullanılır.

Bu zırhlama işlemi; kablo ağırlığını fazla arttırmayacak, esnekliği azaltmayacak ve genleşmesi diğer kablo elemanlarını etkilemeyecek şekilde zırhlama elemanlarıyla yapılır.

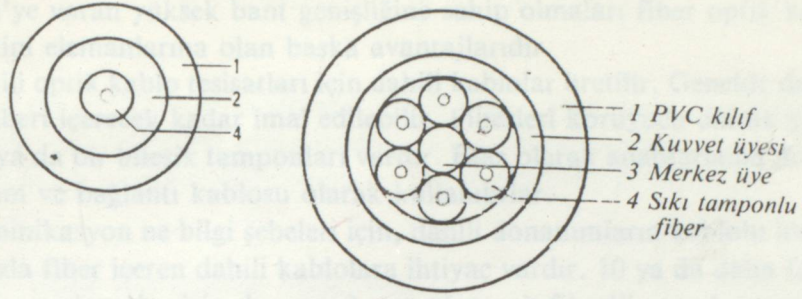
Takviye lifler çeşitli kılıf materyalleri altında gerilme direnç elemanı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. (Havai fiber optik kablolardaki gibi) Kemirgenlerden korunacak kablolarda en az 0,2 mm. kalınlığında galvanizli çelik şeritten bir sarma oldukça başarılı olmuştur.

7.5. Konstrüksiyon Tipleri

Optik kablo dizaynları belirli özelliklere göre seçilir ve aşağıdaki konstrüksiyon tiplerinde gruplandırılırlar:

- Harici kablolar
- Dahili kablolar
- Özel kablolar

Tüm konstrüksiyon tiplerinde; kablo üretimi ve de kombine izin verilebilir etkiler esnasında, optik fiberlerin nakil özelliklerinin sürekli olarak istenen değerlerde kalmasını garanti etmek asıl amaçtır. İnşa edilen fiber optik kablolar genel olarak gömülü ya da yeraltı boru güzergahından tesis edilecek olsun tüm talepleri karşılayacak şekilde düşünülmelidirler.



Şekil 7.1. Bir ve altı optik fiberli dahili kablo

Halen havai tip optik fiber kablolar, 1000 m ve 2000 m'lik standart uzunluklarda imal edilirler. Çap, ağırlık ve uygulamaya bağlı olarak 5000 m ve daha uzun üretimler de mümkündür.

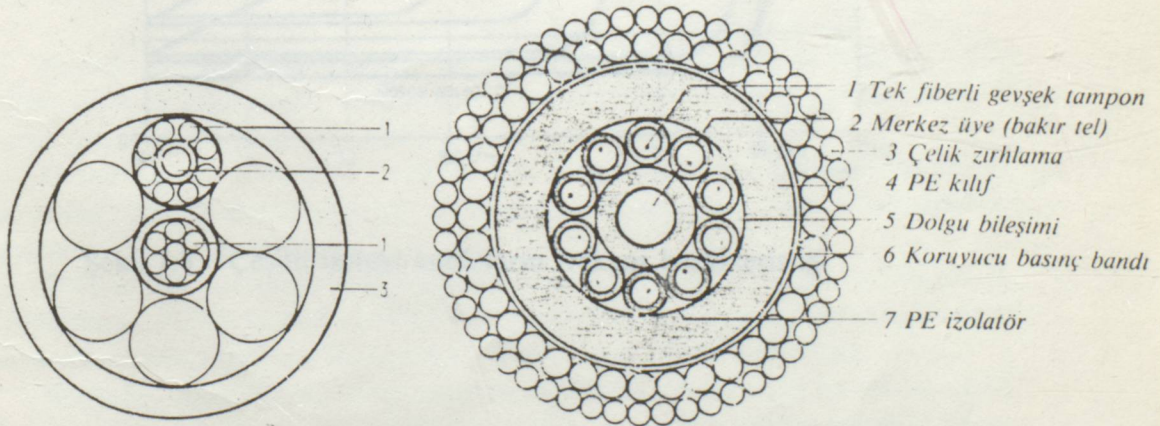
Yani kısaca, klasik kablo teknolojisinin tüm uyarlamaları için elverişli optik kablolar üretilebilir:

- Daha küçük kablo çkayı,
- Daha düşük ağırlık,
- Daha fazla teslim - çıkış uzunluğu

fiber optik kablonun sadece bu açıdan üstünlüğüdür.

Uygun materyalli bir tam yalıtkan kabloyu dizaynlama olasılığına bağlı olarak, yıldırım, yüksek gerilim hatları, elektrikli tren hatları vs. gerilim ve topraklamadan kaynaklanan tesis sorunu yoktur.

Step-indeks, çok modlu fiber'lerde,
 2,5 - 3,5 dB / km arasında 850 nm'de
 0,7 - 1,5 dB / km arasında 1300 nm'de
 Tek mod'lu fiber'lerde,
 0,4 — 0,5 dB / km arasında 1300 nm'de
 düşük zayıflama değerlerine sahiptirler.



Şekil 7.2.
Havacılıkta kullanılan fiber optik kablo

Uzak mesafeler için denizaltı
(fiber optik) kablosu

Ayrıca çok modlu fiberlerde 1,2 GHz / km'ye, tek modlu fiberlerde 10 GHz / km'ye varan yüksek bant genişliğine sahip olmaları fiber optik kabloların diğer iletim elemanlarına olan başka avantajlarıdır.

Dahili optik kablo tesisatları için dahili kablolar üretilir. Genelde dahili kablolar 6 fiberi içerecek kadar imal edilebilir. Fiberleri koruyucu olarak ya bir sıkı tampon ya da bir bileşik tamponları vardır. Esas olarak anahtarlama noktalarında dağıtım ve bağlantı kablosu olarak kullanılırlar.

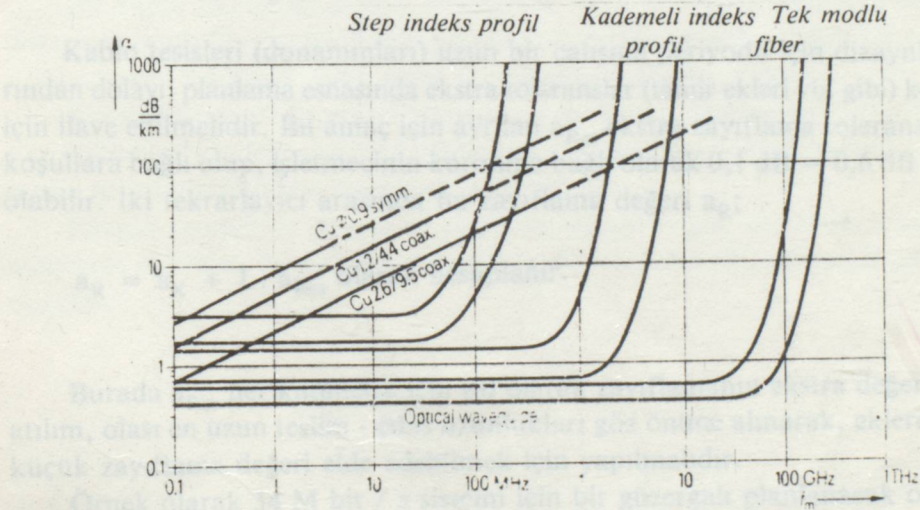
Komünikasyon ne bilgi şebeleri için, dahili donanımların kablolu irtibatı için 6'dan fazla fiber içeren dahili kablolarla ihtiyaç vardır. 10 ya da daha fazla fiber içeren bu uyarlamalar için dış çapı 3 mm olan çok fiber'li gevşek tamponlardan yararlanılabilir.

Dahili kablolar için belirlenmiş standart dizaynlara ilaveten özel spesifikasyonları karşılamak da mümkündür.

Optik fiber kablolar özel donanımlara uyarlanmaya çok elverişlidirler. Güç üretim merkezlerinde, bakır kablolar yüksek voltajdan çok etkilendiklerinden, optik kablolarla rahatlıkla yararlanılabilir.

Endüstride kompüter uyarlamalarında, elektrik bilgi işleminde ne proses kontrol sistemlerinde kullanılmaları mümkündür.

Ayrıca bu kablolar; çok hafif, mekanik olarak dayanıklı, titreşime duyarsız, aşırı sıcaklıklara dirençli olarak imal edilip gemi ve uçak konstrüksiyonlarında kullanılabilir. Bununla birlikte askeri haberleşme sistemlerinde gayet emniyetli ve güvenilir olarak kullanılmaları mümkündür.



Şekil 7.3. Çeşitli tipteki kabloların frekans karakteristiği

8 - KABLO TESİS PLANLAMASI

Bir optik kablo tesisi esnasında, belirli uzunluktaki kablolar birbirlerine ve her iki uçta transdüser'lere irtibatlanarak iletim yolunu tamamlarlar. Bu bölümde kablunun tesisi sırasında bazı planlama parametreleri anlatılacaktır.

8.1. Nakil Özelliklerini Planlamak:

Kullanılan optik fiber'lerin kilometrik zayıflamaları, ekleme kayıpları ve bant genişliği kablo donanımlarını planlamada en önemli parametrelerdir.

Bir kablo donanımının zayıflama değeri a_k , zayıflama katsayısı a_F ve ekleme kayıpları a_s (n kadar ek) n kadarı ile L kablo uzunluğu hesaplanır.k

$$a_k = L \cdot a_F + n a_{sp}$$

- a_k dB olarak toplam zayıflama
- L km. olarak kablo uzunluğu
- a_F db / km olarak zayıflama katsayısı
- n ek sayısı
- a_{sp} dB olarak ek kaybı

Kablo tesisleri (donanımları) uzun bir çalışma periyodu için dizaynlandıklarından dolayı, planlama esnasında ekstra toleranslar (tamir ekleri vb. gibi) kompanze için ilave edilmelidir. Bu amaç için ayrılan a_{Res} ekstra zayıflama toleransı yöresel koşullara bağlı olup, işletmecinin koronma bağı olarak 0,1 dB — 0,6 dB arasında olabilir. İki tekrarlayıcı arasında bu zayıflama değeri a_R ;

$$a_R = a_k + L \cdot a_{Res} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Burada a_{Res} her kilometre için dB olarak zayıflamanın ekstra değeridir. Her atılım, olası en uzun teslim - çıkış uzunlukları göz önüne alınarak, eklere bağlı en küçük zayıflama değeri elde edebilmek için yapılmalıdır.

Örnek olarak 34 M bit / s sistemi için bir güzergah planlanacak olursa; bu durumda 1300 nm dalga boyunda bir (repetör) tekrarlayıcı aralığı için maximum zayıflama 35 dB olacaktır.

2000 m.'lik kabloların kullanılacağı ve 25 km'lik bir güzergahta çalışılacağı düşünülürse; 0,2 dB kayıplı 12 ek'e ihtiyaç duyulacaktır. Ekstra tolerans güzergah boyunca verilen koşullara dayanarak 0,3 dB / km olarak tasarlanır.

Seçilecek optik fiberlerin maksimum zayıflama katsayısının ne olacağına ve güzergah boyunca kablunun repetörsüz olarak tesis edilip edilemeyeceğine karar verilecektir. Daha önce verilen eşitliklerden:

8.3 Terminasyon Ünitesi

$$a_R = L a_F + n a_{sp} + L a_{R,c};$$

$$a_F = \frac{a_R - n a_{sp} - L a_{R,c}}{L};$$

$$a_F = \frac{35 \text{ dB} - (12 \times 0.2 \text{ dB}) - (25 \text{ km} \times 0.3 \text{ dB/km})}{25 \text{ km}}$$

$$\approx 1 \text{ dB/km.}$$

Bu sonuç talep edilecek kablo'nun 1 dB / km.'den daha az bir zayıflama katsayısına sahip olması halinde tekrarlayıcıya gerek olmayacağı anlamındadır.

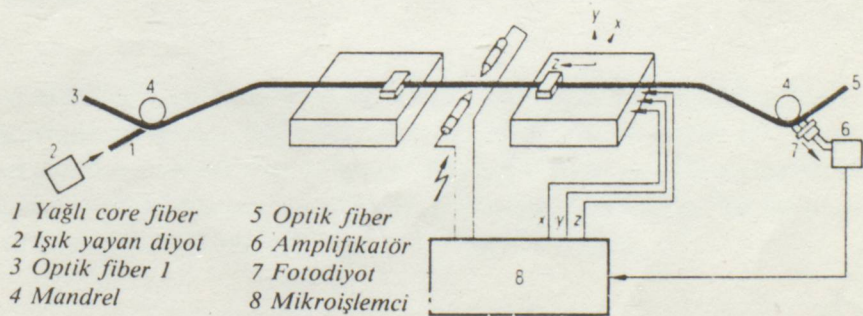
Lazerlerin harici olarak kullanılacağı 140 Mbit / s'ye kadar olan sayısal sistemler için kablo donanımlarının planlanmasında, tek modlu fiberlerin bant genişliği gözönüne alınmaksızın, tekrarlayıcı aralığını zayıflama değerleri belirler. Ancak çok modlu step-indeks fiberlerdeki kablo donanım planlarında bant genişliği etkili bir parametredir.

8.2 Ekleme

Bir kablo donanımı dizayn edildiğinde ekler ve bağlayıcılar için olan kayıp değerleri, optik fiberin zayıflama katsayısıyla birlikte hesaba alınır. Ek ve bağlantı kayıplarını azaltmak daha uzun tekrarlayıcı aralıkları sağlar.

Bireysel fiber eklemesi için yapıştırma ve füzyon yöntemleri kullanılır. Yapışkan metodunda indeks uyduran yapıştırıcı madde uygun tezgah üzerinde ek konumuna getirilmiş fiberlere uygulanır ve preslenir.

Füzyan (erime) ile ekleme metodunda, uygun tezgah üzerinde ek konumuna getirilmiş fiberlere, iki elektrok arasından yüksek frekanslı, alternatif gerilim arkı uygulanır.



Şekil 8.1. Mikroişlemci kontrollü evrime ile ekleme yöntemi şeması

8.3 Terminasyon Üniteleri

Kablo terminasyon cihazları esas olarak teknik ve hiyerarşik sorumluluk alanları arasında açık bir sınır sağlamalıdır. Dahası, arıza kontrolü ve hata tesbit deneylerinde ayırıcı yüzeyin belirgin noktalarıdır. Öyle dizayn edilmelidirler ki, bunlara bağlı olarak tesisteki toplam zayıflamada belirli bir artış olmamalıdır. Esasen bakır kablo teknolojisinde olduğu gibi, terminasyon ünitelerinin optik kablo teknolojisinde de yararlı olduğu aşikârdır.

Aksesuarların yerleştirilmesine bağlı olarak; bağlama dizileri, kabinetler, kablo branş kutuları, terminal branş kutuları ya da terminal başlıkları olarak kullanılabilirler.

9 . ŞEBEKE ŞEKİLLERİ

Geleneksel uzun mesafe ve lokal abone şebekelerinin optik fiberi kullanmasıyla büyük kapasite artışları kazanılacağı muhakkaktır. Bunun yanında düşünülen değişik tip bilgi iletimi şebekeleri için fiber optik, ideal bir taşıyıcı durumundadır. Şidi bu şebeke konfigürasyonlarından bazılarına değinelim.

9 . 1. ISDN

Elektrikli bilgi naklinin başlangıcından bu yana; ses, metin ve bilgi gibi bireysel kominikasyon hizmetlerini ayrı servis şebekeleri üzerinden sağlamak için çalışılmış ve sistemler bu amaca göre geliştirilmiştir. Bunlar içinde sadece telefon ve telgraf şebekeleri dünya çapında bağlantı amacı için geliştirilmişlerdi.

Telefon anahtarlama ve nakli için sayısal teknoloji bir ilk adım olarak göz önüne alınırsa, bu şebekenin bir "Birleştirilmiş Hizmetler Sayısal Şebekesi - ISDN"-ne dönüşümü için bir temel olduğu aşikârdır. Bu bağlantıyı yapmak, aynı şebeke üzerinden, daha kısa zamanda daha iyi kalite ve işlemsel uygunlukla; ses, metin, videofeks, faksimili nakline izin verir.

ISDN ve geleneksel telefon şebekeleri arasındaki ana fark, tek bir telefon hattı girişiyle, abonenin kullanılabilir. İki sayısal kanala ve ek olarak bir 16 bit / s'lik sinyalleşme kanalına sahip olacağı gerçeğine dayanmaktadır.

Günümüzde standart organizasyonları Örn. CCITT) geniş bant ISDN konusu üzerinde çalışmaktadır. Genişbant şebekeler bilgi iletimi sistemlerinin dünya üzerindeki uygunluğunu garantileyecektir.

Darbant ISDN hizmetlerinin, bir genişbant hizmetler çeşitliliğince tamamlanması planlanmıştır. Bunlar videotelefon, videokonferansları, içten aktif videoteks, hızlı bilgi nakli, TV program dağıtımı (ücretli TV), steryo TV dağıtımı ve seçimini kapsarlar. Bu genişbant hizmetlerini tamamlamak için, en azından 140 Mbit / s'lik bit oranları, uygun abone hatları ve dolayısıyla fiber optik kablolar istenir.

9 . 2 LAN

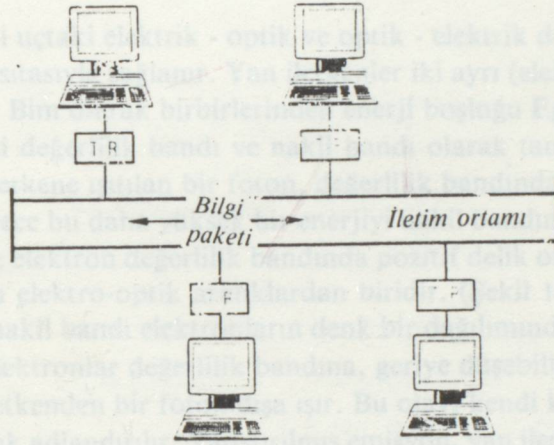
Lokal alan şebekeleri terimi (LAN), bir yanda çok kısa mesafelerdeki, çok yüksek bit oranlı prosesur linklerini, izafi olarak düşük bit oranlı ama uzun mesafeli şebekelerden ayırmak için kullanılır. Bir LAN'ın bireysel istasyonları genellikle birinden öbürüne 100 mt. ve yüzlerce kilometre arasındadır. Bit oranları 100 kbit / s ve bazı durumlarda 100 Mbit / s arasında değişir.

* ISDN : Videofon, işyeri ve stüdyo videokonferansları, videoteks, kablolu televizyon (Geniş bant ISDN), telex, teleteks, telefon gibi servis hizmetleri için birleştirilmiş hizmetler servisidir.

Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO)'nun bir çalışma grubu bunu; "Bir yöresel alan şebekesi, enterkonnekte bağımsız terminaller arasında seri bit nakli için kullanılan ve kullanıcının mülkünde ve sorumluluğunda olan şebekeler" olarak tanımlamıştır.

LAN uyarlamaları genellikle ve esas olarak, büro kominikasyonu (elektronik posta), kişisel bilgisayar (PC) ve endüstride (Örn. İşlem kontrolü için) kullanılır.

Bazı LAN şebeke konfigürasyonları aşağıdaki şekillerde görülmektedir. (Yıldız Şebekeler, Bara Şebekeler, Halkla Şebekeler).



Şekil 9.1. Bir bara sisteminin şeması

* LAN (Local Area Networks): İçten bağlantılı bağımsız terminaller arasındaki bilginin bit seri nakli için kullanılan yerel şebeke.

10 ELEKTRO - OPTİK SİNYAL ÇEVİRİMİ

Bir fiber optik kablo üzerinden ışık sinyalleriyle bilgiyi nakledebilmek için, kablonun başında ve sonunda nakledici ve alıcı elemanlara ihtiyaç vardır. (Şekil 10. 1).

Nakledici kısımda, bir elektrik sinyali bir ışık kaynağını modüle eder. Elektrik sinyalinin uyardığı ışık kaynağından çıkan optik sinyal fiber optik kabloya kuple edilir ve alıcıya ulaşır. Burada bir foto alıcı optik sinyali tekrar elektrik sinyaline çevirir.

Her iki uçtaki elektrik - optik ve optik - elektrik dönüşüm yarı iletken transdüserler vasıtasıyla sağlanır. Yan iletkenler iki ayrı (elektron dizisi) enerji dizisine sahiptirler. Bim olarak birbirlerinden enerji boşluğu Eg tarafından ayrılan bu iki enerji dizisi değerlilik bandı ve nakil bandı olarak tanımlanır. (Şekil 10. 1)

Yan iletkeni ısıtılan bir foton, değerlilik bandında enerji h 'sini serbest bırakır. Böylece bu daha yüksek bir enerjiyi nakil bandına kaldırır. Foton prosesinde yok olur ve elektron değerlilik bandında pozitif delik olarak bilinen bir boş nokta bırakır. Bu elektro-optik aralıklardan biridir. (Şekil 10. 1) -emme-.

Eğer nakil bandı elektronların denk bir dağılımından daha fazlasına sahipse, o zaman elektronlar değerlilik bandına, geriye düşebilirler. Böylece, her elektron için yarı iletkenin bir foton dışı ışır. Bu olay, kendi kendine emisyon ya da ışıldama olarak adlandırılır. Yatıştırılmış emisyon, yan iletkenindeki fotonlar fazla şarj taşıyıcıların ışıyarak tekrar birleşmesine sebep olduğunda -şöyle ki, fotonların emisyonunu harekete geçirir- oluşur. Bu durumda önemli olan, yayılan radyasyonun, bunu harekete geçiren radyasyona faz ve dalga boyunda aynı olduğu gerçeğidir.

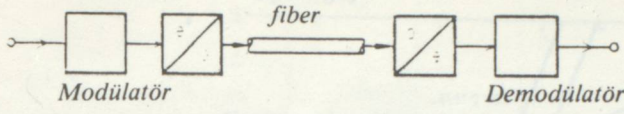
Bu üç proses, bunlardan biri üstün olduğunda ve teknik olarak kullanıma konulabildiğinde, daima eş zamanlı olarak oluşur.

Fotodiyot emmeden yararlanır, LED (ışık yayan diyot) yatıştırılmış emisyonu kullanır ve LD (Laser Diyot) yatıştırılmış emisyonundan yararlanır.

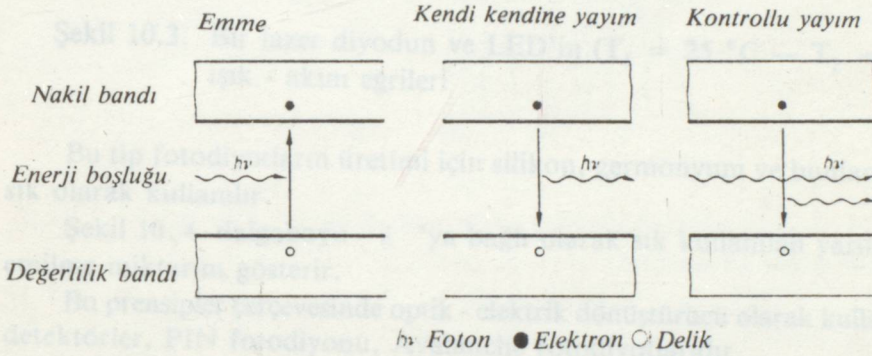
Esas olarak, elektrik akımının elektronlarca iletildiği yarı iletkenlerde, negatif olarak şarj edilmiş olan parçalar n tipi, pozitif olarak şarj edilmiş ve esas olarak deliklerin iletim sağladığı, bir kaç elektronlu yarı iletken parçalar p tipi olarak adlandırılırlar. Bir p tipi ve bir n tipi yarı iletkenli iki tabakalı bir p-n bağlantısı diyod'u oluşturur.

10.1. Naklediciler

Fotonları ısıtmak, kendi kendine ya da yatıştırılmış emisyon elde etmek için, fazla şarj taşıyıcılar yarı iletkeni verilmelidir. Bu bir p-n bağlantısına şarj taşıyıcıları enjekte ederek sağlanır. Eğer p-n bağlantısı ileri yönde çalıştırılırsa, ilave elektronlar p'ye ve ilave delikler -fotonları ısıtmak için kullanılabilir- n tabakasına enjekte edilirler. Şarj taşıyıcılarının emisyonuyla birlikte, enjeksiyon prosesi, enjeksiyon ışıldama olarak adlandırılır. Bu olay, LD ve LED gibi nakledici (yayıcı)larda uygulama bulur.



Şekil 10.2. Bir fiber optik nakil sisteminin şeması



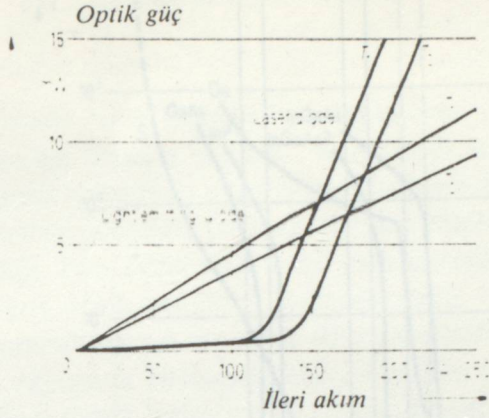
Şekil 10.1. Bir yarı iletkendeki elektrooptik iç hareket

10.2. Dedektörler

Bir fotodiyot, yarı iletkenlerdeki, ışık ışınlarının emilme özelliğinden yararlanarak çalışır. Bu etkide, enerji boşluğu E_g 'den daha yüksek bir enerji düzeyli, enerji şarjlı foton'un ışık yayması bir çift elektron deliğini serbest bırakır ve elektrik taşımak için kullanılır.

Teorik olarak yarı iletken p-n bağlantılar, sadece, ışık enjeksiyonuyla taşıyıcıları harekete geçirmek için değil, ayrıca eksiltme tabakasının elektrik alanındaki ayırmadan optik olarak harekete geçirilmiş şarj taşıyıcılarını bulmak -ışık almak için de kullanılır. Şekil 10.2 bu proses'in bir şemasını içermektedir. Hem p-n bağlantısının eksiltme tabakasında üretilen şarj taşıyıcılar, hem de "difüzyon bölgesindeki" şarj taşıyıcılar bulunabilir.

Birinci durumda eksiltme tabakasındaki elektrik alanı tarafında üretilen şarj taşıyıcıların hemen ayrılmasına karşın, ikincide azlık şarj taşıyıcılar ilk önce eksiltme tabakadan çıkartılıp ters olarak nötr yarı iletken bölgeye taşınmadan önce p-n bağlantıya yayılmalıdırlar. Bu iki oluşum ile birlikte dış halkada bir akım olacaktır.

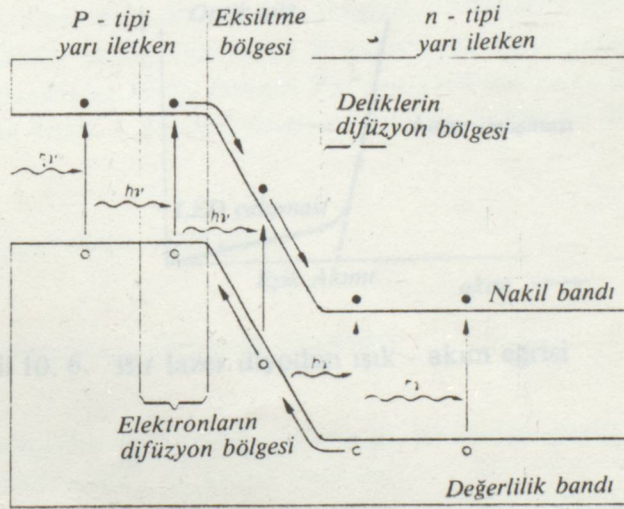


Şekil 10.3. Bir lazer diyodun ve LED'in ($T_1 = 25^\circ\text{C} - T_2 = 60^\circ\text{C}$ 'da) ışık - akım eğrileri

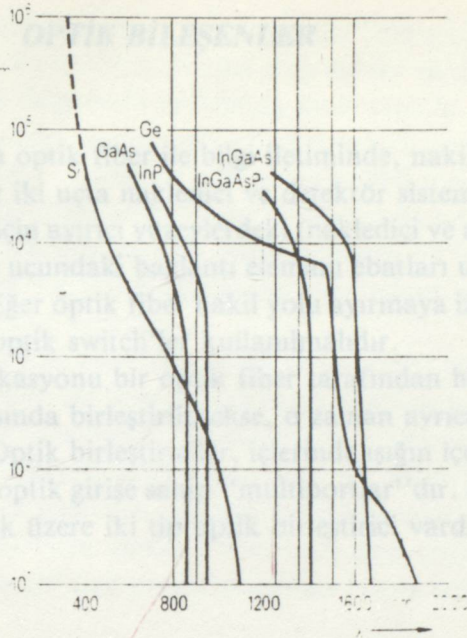
Bu tip fotodiyotların üretimi için silikon, germanyum ve bunların bileşenleri sık olarak kullanılır.

Şekil 10.4 dalgaboyu λ 'ya bağlı olarak sık kullanılan yarıiletkenlerin a emilme miktarını gösterir.

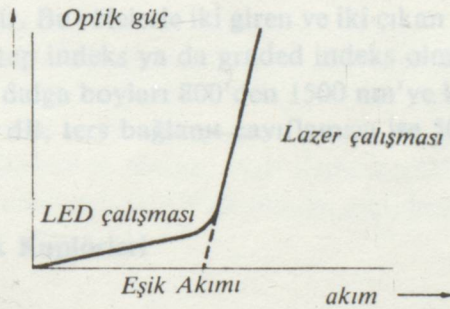
Bu prensipler çerçevesinde optik - elektrik dönüştürücü olarak kullanılan başlıca detektörler, PIN fotodiyonu, Avalanche fotodiyotlarıdır.



Şekil 10.4. Bir ters - sistematik fotodiyodun çalışması



Şekil 10.5. Yarı iletken materyallerin dalgaboyu (λ) emilme katsayısı (α) eğrileri



Şekil 10.6. Bir lazer diyodun ışık - akım eğrisi

11 OPTİK BİLEŞENLER

İki nokta arasında optik fiber ile bilgi iletiminde, nakil yolu boyunca kablo uçları eklenecek ve her iki uca nakledici ve detektör sistemlerine bağlanacaktır. Bunun sağlanabilmesi için ayırıcı yüzeylerdeki (nakledici ve alıcıdaki) bağlantı elemanı ebatlarıyla kablo ucundaki bağlantı elemanı ebatları uygun düşecek şekilde bir dizayn gereklidir. Eğer optik fiber nakil yolu ayırmaya izin verecek şekilde inşaa edilecekse uygun optik switch'ler kullanılmalıdır.

Eğer bilgi kominikasyonu bir optik fiber tarafından her iki yöne nakledilecekse ya da bara yapısında birleştirilecekse, o zaman ayrıca optik birleştiricilere ihtiyaç duyulacaktır. Optik birleştiriciler, içlerinde ışığın içe ve dışa yönlendirilebileceği en azından üç optik girişe sahip "multiportlar"dır. Dalgaboyu bağımlı ve dalgaboyu seçici olmak üzere iki tip optik birleştirici vardır.

11 1. Optik Kuplörler (Optik Birleştiriciler)

Bir mekanik röle'deki açık pozisyonda, optik fiber çiftlerinin iki uç yüzeyleri birbirine paralel ve o kadar çok zıttırlar ki, (Şekil 11. 1) bir uç yüzeyden çıkan ışık, zıt uç yüze herhangi bir belirli kayıp olmadan transfer edilebilir. Şekil 11. 2 bu işlemi yapacak bir optik anahtarın elektromagnetik röleye uyarlanmış pozisyonlarını göstermektedir. Bu rölelerle iki giren ve iki çıkan fiber anahtarlanabilir. (Bu esnada fiberlerin step indeks ya da graded indeks olmaları durumu değiştirmez). Yararlanılabilen dalga boyları 800'den 1500 nm'ye kadar sıralanabilir. Buradaki eklemeye kaybı 1 dB, ters bağlantı zayıflaması ise 50 dB'den büyüktür.

11 2. Fiber Optik Kuplörleri

11.2.1. Dalgaboyu Bağımsız Kuplörler

Dalgaboyundan bağımsız birleştiriciler, üç ve dört girişli birleştiriciler ve yıldız birleştiriciler olarak iki gruba ayrılırlar.

Üç girişli birleştirici (Şekil 11.2 ve 11.4) ışın yolunda bir aynayla sürekli bir optik fiber 1-2'yi içerir. Optik fiber 3, ayna tarafından sürekli fiber'le birleştirilir. Fiberler ya konnektörlerle ya da terminallere pikteylerle birleştirilirler.

1-2 ve 1-3 için 1:1 oranındaki giriş sinyal aralıkları, aşağıdaki kayıp değerleri hizalarındaki bağlantılarla verirler.

2 x Konnektör kaybı	3 dB
1 x Sistem kaybı	0,5 dB
1 x Kuplöre bağlı kayıp	3 dB

6.5 dB

* Pikteyl : Optik iletim elemanlarını birleştirmek için kullanılan konnektörlü optik fiber parçası.

1:1 oranındaki aralığa ek olarak, diğer ilişkiler 1:10 oranında bir maksimum'a kadar mümkündürler. Bu tip birleştiriciler step indeks ya da graded indeks fiberler için 800 - 1300 nm dalgaboyu aralığında kullanılabilir.

Dört girişli birleştiriciler, yararlandıkları teknolojinin tipine göre arası bölünmüş durumdadırlar. Şekil 13. kısmen nakledilen kesikli şuaları ve aynayla dört girişli birleştiricinin şemasını göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi, bu birleştiriciler polarizasyon etkilerinden ayrı olarak herhangi bir bağımlılık göstermezler.

Bu şekilde üç ve dört girişli birleştiriciler step indeks ve graded indeks fiberlerde eşit şekilde iyi sonuç verirler.

Şekil 13. bir kesici olan dört girişli birleştiriciyi gösterir. Ayrıca çift konik sivri uçlu birleştiriciler, iki fiber çifti yavaşça büktürürler ve enine kesit, alev'e benzer şekilde huni gibi daraltılmak için çekilir. Sonuçlanan evine kesitsel değişiklikler fiber 1'de ışığın yöneltmesine sebep olur. (Örneğin, daha dik bir açıyla fiber cladding'ine çarpmak için ve -kabul açısı arttırıldığında- cladding eama transfer edilmek için). Dalga kılavuzu modları fiber izafi olan yayılmanın yönleriyle karakterize edildiklerinden, çift sivri uçtaki birleştirme büyük oranda mod'a bağımlıdır.

Yıldız Kuplör

Yıldız kuplör, bir optik fiberden giren ışık kuvvetinin eşit olarak ve mod'lardan bağımsız olarak maximum 32 fiber arasında bölünebilmesini sağlar. Bu amaç için giren ve çıkan fiber optiklerle birleşen erimiş silikat camdan ince bir mikser tabaka mevcuttur. Transmissiv mikserlerde bu iş tabakanın dar kısmında düzenlenir

Yıldız kuplörlerin dizayn'a bağlı olarak 4'den 32'ye kadar girişleri vardır. Bugün kullanılan bütün standart fiberler bunlarla birleştirilebilir. Dalgaboyu dizisi 850'den 1300 nm'ye kadardır ve nakil kaybı 4 giriş için 8 dB, 16 giriş için 18 dB'dir.

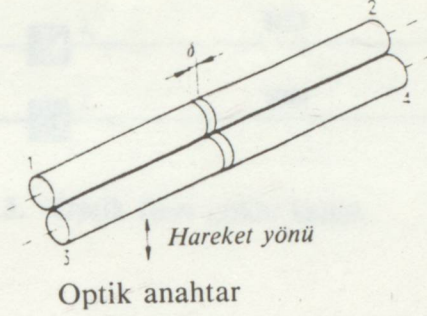
Bu pasif yıldız kuplörlere ek olarak, aktif yıldız kuplörler de vardır. Bunlar, tüm durumlarda birçok abonenin (LAN'da olduğu gibi) hızlı bir bilgi çeşidi olmaları gerektiğinde faydalı olur.

11 2.2. Dalgaboyu Seçici Kuplörler

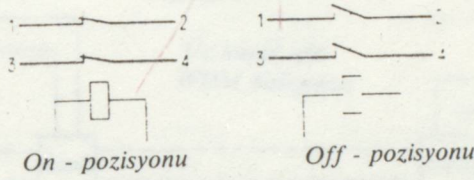
Dalgaboyu seçici kuplör özellikle kısa mesafeler ve repetörsüz güzergahlar için uygulanır. Dört değişik dalgaboylu bir elektrooptik transduser bunun için kullanır. Yayıdığı ışık kuvveti optik olarak seçici bir kuplörle birleştirilir. Nakil için bir fiber optik yeterlidir. Burada uygulanan sistem, dalgaboyu bölmeli çoklayıcı (WDM) olarak adlandırılır.

Bir ve iki yönlü WDM kuplörler vardır. Bir yönlü bir WDM birleştiriciyle, sinyaller aynı yöndeki farklı dalgaboylarında birçok optik taşıyıcıyla nakledilebilirler. İki yönlü bir WDM, ayrıca zıt yöne de nakil sağlayabilir. Dalgaboyu bölmeli Multiplexer ve Demultiplexerlerin her biri bir sürekli optik fiber içerir. Işık yolunda, nakledici bir yalıtkan tabaka vardır (girişim filtresi). Bir ya da daha fazla optik fiber, girişim filtresinin yansıtıcı branşı tarafından sürekli optik fiber ile couple edilir. Optik fiberlerin terminallere bağlantısı konnektörler ya da pikteyler

ile yapılır. WDM cuplörlerin nakil zayıflamaları dikkate alınmalıdır. (Örneğin üç girişli -iki kanal için- bir WDM için 0.8 ila 1 dB) bir güzergah için yapılacak planlamada en avantajlı değere yönelmelidir.

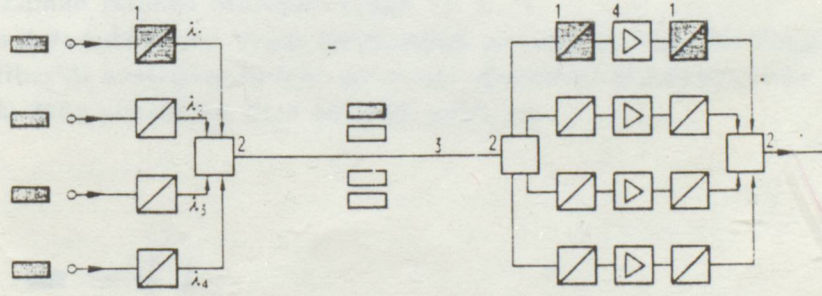


Optik anahtar



Optik fiber anahtarın temel pozisyonları
Şekil 11.1.

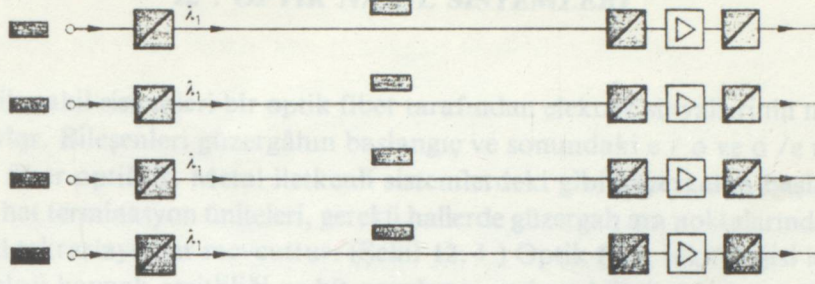
Şekil 13. WDM birleştiricilerin pratik bir örneğini vermektedir. WDM'ye ek olarak, bir istasyondan diğerine birçok elektrik sinyalini eş zamanlı olarak nakletmek için başka olasılıklar da vardır.



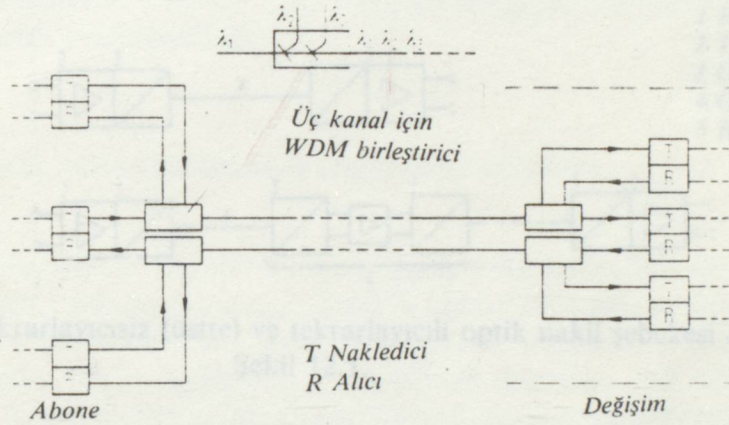
Şekil 11.2. Dalgaboyu bölmeli çoklayıcı

* Optik Fiber Multiplexi (Şekil 13.)

Bu teknikte, her sinyal bir optik fibere ve bir dalga boyuna tahsis edilmiştir.



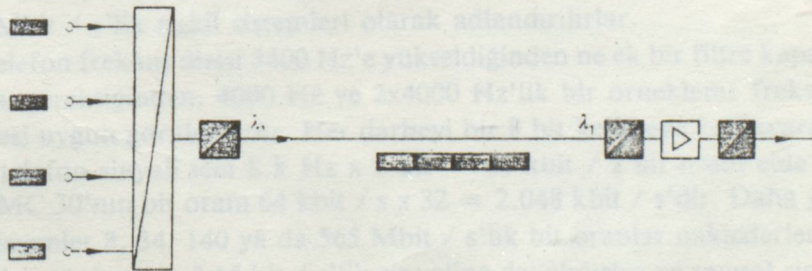
Şekil 11.3. Optik fiber çoklu kanalı



Şekil 11.4. Üç kanal için WDM birleştiricilerin uyarlanmasıyla geniş bantlı haberleşme şebekelerinde abone giriş hattı

* Zaman Bölmeli Multiplex (Şekil 11.5)

Bu durumda birçok sinyal elektrooptik çevrimden sonra, bir dalga boyunda ve bir fiber'de nakledilen birleşik bir sinyali elektrikselsel olarak ayırıcıdır. Bu optik fiber de daha yüksek bir bant genişliği gerektirir.

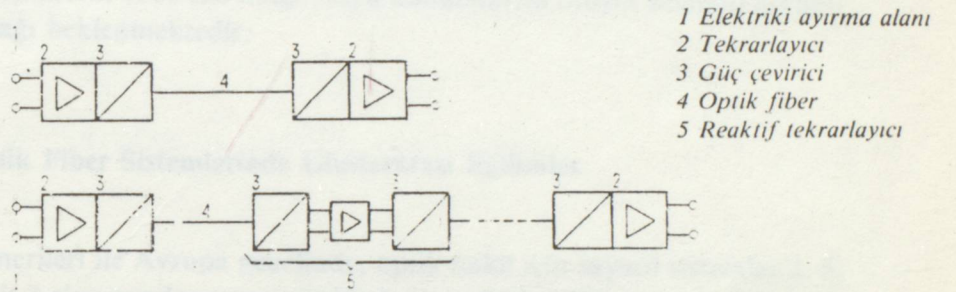


Şekil 11.5. Zaman bölmeli çoklu kanal

* Fiber Multiplex : Her nakil kanalına bir optik elyafın tahsis edildiği nakil yöntemi.

12 . OPTİK NAKİL SİSTEMLERİ

Optik nakil sistemleri bir optik fiber tarafından elektrik sinyallerinin nakli için kullanılırlar. Bileşenleri güzergâhın başlangıç ve sonundaki e / o ve o / e transdüserler ve fiber optiktir. Metal iletkenli sistemlerdeki gibi güzergâhın başlangıç ve sonunda hat terminasyon üniteleri, gerekli hallerde güzergâh ara noktalarında analog ve sayısal tekrarlayıcılar mevcuttur. (Şekil 12. 1) Optik fiber teknolojisi için sayısal teknoloji kaynak çeşitliliği ve bit oranlarını serbest bileşimi bakımından daha avantajlıdır. Analog sinyal naklinin optik fiber'deki uygulamaları özel uyarlamalarda kullanılır.



Tekrarlayıcısız (üstte) ve tekrarlayıcılı optik nakil şebekesi için temel bileşenler
Şekil 12.1.

12.1. Dijital (Sayısal) Nakil Teknolojisi:

Optik fiber teknolojisinde, sayısal teknolojinin başlıca işlevleri, analog sinyallerin sayısallaştırılması, standartlaştırılmış sayısal sinyallerin çoklanarak naklini temindir. Sayısal teknoloji özellikle PCM Pulse code modulation - ile çoklamaya ve bu yolla telefon, telex ve telefax gibi hizmetler için uygundur. CCITT / CEPT özel bit oranlı nakil sistemleri için -Tablo 12. 1 'deki standartları belirlemiştir. Bu hiyerarşinin en düşük düzeyi 30 kanallı PCM sistemidir. Bunda 30 kanalı 64 kbit / s hızda, 2.048 kbit / s'lik bir bit oranı için birleşmişlerdir. Bir kısaltma olarak 2 Mbit / s'lik nakil sistemleri olarak adlandırılırlar.

Telefon frekans dizisi 3400 Hz'e yükseldiğinden ne ek bir filtre kapasitesi saklanması gerektiğinden, 4000 Hz ve 2x4000 Hz'lik bir örnekleme frekansına izin verilmesi uygun görülmüştür. Her darbeyi bir 8 bit kelimeye kodlayarak, her bireysel telefon sinyali için $8 \text{ k Hz} \times 8 \text{ bit} = 64 \text{ kbit / s}$ bit oranı elde edilir.

PMC 30'nın bit oranı $64 \text{ kbit / s} \times 32 = 2.048 \text{ kbit / s}$ 'dir. Daha yüksek kanallı sistemler 8, 34, 140 ya da 565 Mbit / s'lik bit oranlar naklederler; PCM 30 multipleks ünitesinin 2 M bit / s'lik sinyaline dayalıdır ve sayısal sinyal çoklayan üniteler ile oluşturulurlar. Liste olarak verilen tüm PCM hiyerarşi düzeyleri için, standart dalga boylarında optik fiber şebeke bağlantısına uygun hat terminasyon üniteleri mevcuttur.

* Bit : Sayısal nakil sistemlerinde bilginin temel birimidir. Bir "bit" binari sinyallerini saymak için rakamsaldır. Genellikle 0 ya da 1 olarak tanımlanır. Sekiz (8) bit'lik bir grup genellikle 1 byte olarak adlandırılır.

Gelecekte 34 ve 140 Mbit / s sistemleri lokal şebekelerde kullanılmaya başlanacaktır. Optik lokal içten değişimli kablolar, besleyici kablolarla içten bağlantılıdır. Bunlar yalnızca birkaç km. güzergah uzunlukta irtibatlar olduklarından, daha kullanışlı ve daha az karmaşıktırlar. Örneğin, tekrarlayıcılara ihtiyaç olmaz. Bu tip uygulamalar için 1300 nm dalga boyunda step indeks fiberler de kullanılmış olup, günümüzde eğilim tek modlu fiberler üzerindedir.

Uzak mesafe trunk şebekelerinde, lokal şebekelerin aksine ihtiyaç duyulan kontrol ünitelerine ve tekrarlayıcılara bağlantı için uygun teknik ebatlar dizayn edilmiştir. Bu alanda genellikle 1300 nm dalgaboyu ve tek modlu fiberler kullanılır. Şu anda yurdumuzda trunk bağlantısı için tesis edilmiş fiber optik şebekeleri genellikle 140 Mbit / s sistemleri ile çalışmaktadır. Gelecekte 565 Mbit / s sistemlerinin kullanılmasına başlanacağı gibi, 565 Mbit / s'den daha yüksek hızda — GHz seviyesinde- sistemlerin 1500 nm dalga boyu kullanımıyla otoyol kominikasyonu için kullanılacağı beklenmektedir.

12.2. Optik Fiber Sistemlerinde Uluslararası Eğilimler

CCITT önerileri ile Avrupa genelinde, optik nakil için sayısal sistemler 2, 8, 34, ve 140 Mbit / s'ye uyarlanmıştır. Sistemler genellikle 1300 nm dalgaboyunda çalışırlar. Özel şebekelere (lokal ya da trunk) bireysel sistemlerin uyarlanması bazı ülkelerde değişse bile bu optik fiber teknolojisiyle doğrudan ilgili değildir.

Avrupa dışındaki ve özellikle kuzey Amerika ve Jpanoya'daki gelişmeleri de gözönüne almak gerekir. Optik sinyal nakli için bu ülkelerde de benzer teknoloji kullanılmakla birlikte hiyerarşi düzeyleri Avrupa'da sık olarak kullanılanlardan farklıdır.

Ek olarak 1.6 ya da 1.7 G bit / s'lik optik fiber sistemleri de planlanmaktadır. Bunlar için kullanılacak dalgaboyununun 1550 nm olması yüksek ihtimaldir.

12.3. Analog Nakil Teknolojisi:

Optik dalga kılavuzu sistemleri genel olarak sayısal sinyaller için dizayn edilirler. Buna karşılık analog naklin uyarlanabileceği birçok durum vardır. Aynı alan içinde video nakli buna bir örnektir.

Bir analog optik fiber sistemi seçildiğinde, modülasyon yöntemi özellikle önem kazanır. Bu durumdaki en önemli kriterler —zayıflamaya ve optik fiberin kullanılabilir bant genişliğine ek olarak— optik nakledici ve optik alıcının gürültü düzeyleri ve nakledici diyod'ların karakteristik eğrisindeki kıvrıma bağlı lineer olmayan distorsiyondur.

Işığın genlik modülasyonu, ışık kuvvetinin zaman eğrisi, direkt olarak elektrik sinyalinin zaman eğrisiyle orantılıdır. İyi bir gürültü seviyesi ve diğer bazı doğ-

13. FİBER OPTİK KABLO TEKNOLOJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ

ve

UYGULAMA ALANLARI

Fiber optik teknolojisi, metalik kablo tekniği kullanan sistemlere göre dört temel avantaja sahiptir.

- Performans, çalışma mükemmelliği.
- Elektriksel uyumluluk.
- Uygun boyut ve ağırlık
- İletimde gizlilik.

Optik fiber, daha mükemmel band genişliği çalışmasını sağlar. Bu özellikli yüksek hacimde ve yüksek hızda bilgi transferine imkân verir. Monomod fiberli kablolar günümüzde teknik olarak çok gelişmiş olup, PTT idarelerinde özellikle uzak mesafe haberleşme sistemlerinde 140 M bit / s ve 565 M bit / s sistemleriyle kullanılırlar. Fiberler özellikle uzun mesafe uygulamalarında sinyallerin amplifikasyon ihtiyacına minimum'a indiren az kayıplı taşıyıcılar olarak oldukça avantajlıdır.

Optik fiber metalik olmayan bir taşıyıcıdır. Bundan dolayı elektromagnetik veya radyo frekans girişimlerini toplamayacak ve yaymayacaktır. Ses karışımı ve parazit problemi önlenmiştir. Bugün artık optik fiber telekominikasyonda yaygınlaştığı gibi, bilgisayar yapımcıları da artık fiber optik sisteme geçmektedirler. Optik fiber ile topraklama ve kısa devre problemleriyle karşılaşmamaktadır. Fiber optik kablunun herhangi bir nedenle kırılması durumunda patlama ya da yangına neden olacak bir kıvılcım meydana gelmez. Bu özelliklerinden dolayı fiber optik kablolar patlamaya yatkın ortamlarda (madencilik, petrokimya ve rafinerilerde) kullanılmaktadır.

Bunun yanında fiber optik kablolar, konvansiyonel kablolarla oranla, küçük ebatlı ve hafif oldukları gibi kanal kapasiteleri oldukça fazladır. Bu durum haberleşme altyapısı gelişmemiş ya da sıkışık ortamlarda büyük yer avantajı, tesis kolaylığı sağlar.

Bilindiği gibi, elektronik dinleme sistemleri, elektromagnetik monitörüne dayalıdır. Elektronik sinyallerin metallerde voltaj olarak taşınması sırasında oluşan elektromagnetik alanlar, uygun cihazlarla kolayca algılanıp düşlenebilir. Halbuki optik fiberlerde sinyaller ışık puls'larıyla taşındığından bu tip alanlar olumsuz ve gizli dinleme imkânları oldukça azalır.

Tüm faydaları yanında, fiberoptik iletişim sistemlerinin ilk uygulama alanları şöyle sıralanabilir.

- Telefon ana hattı (fonksiyon irtibatı)
- Yerel şebeke
- Kapalı devre televizyon
- Kablolu televizyon yayını
- Elektronik haberleşme

Bunların yanında askeri amaçlı olarak;

- Kumanda, kontrol ve haberleşme
- Alan taktiği haberleşme sistemleri

için üstün servis kalitesi ve emniyetle kullanılabilir.

Yurdumuzda fiber optik kablo tesisi uygulamalarına 1985 yılı başlarında LM Ericsson firması tarafından başlanmış ve bugün genellikle santraller arası fonksiyon irtibatı olarak ülke genelinde yaygınlaşmıştır. Fiber optik kablo uygulamaları yurdumuzda geç başlamış olmasına rağmen kullanma single-mode fiber ile başlanması büyük bir teknolojik avantaj sağlamıştır.

Bugün İstanbul'da toplam 44 güzergahta 251,6 km'lik (212,1 km'si 10'luk, 39,5 km'si 20'lik) fiber optik kablo ve 96 at teçhizatı tesis edilmiştir. Bu oran Ankara'da 159,8 km kablo - 94 hat teçhizatı, İzmir'de 69 km. kablo 44 hat teçhizatı, Adana'da 7,5) km kablo -8 Hat teçhizatı, Bursa'da 16,7 km kablo - 8 hat teçhizatı, Kayseri'de 10,5 km kablo - 6 hat teçhizatı olarak siemens ve Ericsson firmalarınca tesis edilmiş olup, Türkiye genelinde planlama ihale ve tesis çalışmaları (PTT idaresi tarafınadn) hızlı bir şekilde devam etmektedir.

Yine Ankara - İstanbul şehirlerarası fiber optik kabloları döşenmiş olup, 140 Mbit / s hızına kadar çalışmaya başlamıştır. Gelecekte yıl bu hızın 565 Mbit / s'ye ulaşacağı belirtilmektedir. Amerika'yı Avrupa'ya bağlayan denizaltı kablo projesine girilmiş ve İtalya - Yunanistan - Türkiye - İsrail denizaltı fiber optik kablo projesinde aktif rol alınmıştır. Fiber optik kabloların ve hat teçhizatlarının yabancı ülke patentiyle yurdumuzda üretilmeye başlanması bu konudaki gelişmelerin bir göstergesidir.

Günümüzde Avrupa, Amerika ve Japonya'da fiber optiğin daha ileri uygulamaları izlenmektedir.

Kanada'da, hükümet ve özel firmaların katılımıyla fiber optikten geniş çaplı bir yararlanma projesi başlatılmıştır. Özellikle kırsal kesimde, aralarında bilgisayarlaştırılmış tıbbi ve polis sinyali verme otomatik hırsız alarm sistemi, uzaktan havagazı su ve elektrik sayaçlarının okunması, enerji tüketimi koordinasyonu, danışma hizmetleri, çok kanallı televizyon hizmetlerin gelişimini gösteren örnekler arasındadır. ABD'lerinde demir yolları boyunca bütün ülke fiber optikle kaplanmakta ve şehirlerarası bilgi alış-veriş kapasitesi gün geçtikçe artmaktadır.

Radyo-Link'lerinde kanal kapasitesinin sınırlı olması, uyduların tesis zorlukları ve kısa ömürleri fiber optiğin önemini bir kat daha arttırmaktadır. Planlamalar bütün dünyada ülkeler arası bir fiber optik ağıyla kaliteli ve emniyetli bir haberleşme ve iletme yöneliktir. Ayrıca bilgisayar üreticilerinin de fiber optik tekniğine göre yeni dizaynlar üzerinde büyük bir hızla çalıştıkları bilinmektedir.

Bu örnekler teknolojinin önemini ve gelişmeleri ile servis imkânlarını gözönüne getirmeye yönelik anahatlardır.

KAYNAKLAR

1. Mahlke / Gössing : Fiber Optic Cables. John Wiley. & Sons 1987
2. Prof.Dr.C.Toker : “Haberleşme konusundaki Son Gelişmeler ve Türkiye”
8. Ulaştırma Şurası Tebliği 19. 3. 1987.
3. N.Özaydın : “Bilgi İletişim Sisteminde Yeni Bir Boyut Fiber Optik Kablo”, TRT Haberleşme ve Yayıncılık Dergisi.
Kasım / Aralık 1986
4. FUJITSU : Optical Fiber Communications Systems.
5. Hands Eklund : Fiber Optic Components, Ericsson Review, V: 61, 1984.
6. Sune Edman : Installatio of Optical FKibre Cables, Ericsson Review, V.
61 1984.
7. Alpman / Güven : Fiber Optik İletişimine Genel Bir Bakış, Elektrik Mühendisliği 1986 / 11.
8. A. Altıneşik : Fiber Optik, PTT dergisi, Eylül 1987, s.58.

ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında Gönen'in Babayaka köyünde doğdu. İlköğrenimini Babayaka İlkokulunda, ortaöğrenimini Balıkesir Lisesi'nde tamamladı.

1980 yılında İDMMA'de Elektrik Mühendisliği öğrenimine başladı. Yüksek öğrenimini PTT bursuyla tamamladı ve mezuniyetinin akabinde Ankara Telefon Başmüdürlüğü'nde İhale Kontrol Mühendisi olarak göreve başladı.

Aynı yıl Y.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans sınavını kazanarak Elektrik Yüksek Mühendisliği öğrenimine başladı.

1986 yılında İstanbul Telefon Başmüdürlüğü'ne naklen tayin edilerek, Anadolu Yakası Şebeke Bakım ve İşletme Amirliği görevine getirildi.

Halen İstanbul Anadolu Yakası Telefon Başmüdürlüğü'nde, Üsküdar Şebeke Bakım ve İşletme Amiri olarak görev yapmaktadır.

Mehmet Necmi ÇETİN

M. Necmi Çetin

