T.C.
OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİBER OPTİK KABLOLAR İLE İLETİŞİM VE FİBER OPTİK DALGAKILAVUZLARI

MEHMET ÖZKAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. M. SELAMİ KILIÇKAYA

ESKİŞEHİR –1998

FİBER OPTİK KABLOLAR İLE İLETİŞİM VE FİBER OPTİK DALGAKILAVUZLARI

Mehmet ÖZKAN

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Genel Fizik Bilim Dalı

1998

ESKİŞEHİR

FİBER OPTİK KABLOLAR İLE İLETİŞİM VE FİBER OPTİK DALGAKILAVUZLARI

Mehmet ÖZKAN

Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Fizik Anabilim Dalı
GenelFizik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. M. Selami KILIÇKAYA

Haziran 1998

OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANESİ
Tez Demirbaş No: 002974

ÖZET IV

SUMMARY V

TEŞEKKÜR VI

SİMGELER DİZİNİ VII

1. TARİHSEL GELİŞME 1

2. OPTİKSEL DALGA KILAVUZLARININ FİZİĞİ 3

2.1 E.M Spektrum 3
2.2 Dalga Teorisinin Temel Kavramları 4
2.3 Işığın Yansıması 6
2.4 Işığın Kırınımı 7
2.5 Toplam İç Yansıma 9
2.6 Sayısal Açıklık 11
2.7 Bir Optiksel Dalga Kılavuzunda Işığın Yayılması 12

3. OPTİKSEL DALGAKILAVUZU PROFİLLERİ 15

3.1 Basamak İndis Profil 20
3.2 Dereceli İndis Profil 24
3.3 Çokbasamaklı İndis Profil 27

4. AĞ KONFİGÜRASYONLARI 30

4.1 Bir Posta Yönetimi Kavramı 30
4.1.1 Yerel Ağ 31
4.1.2 Şehirlerarası Ağ 31
4.2 ISDN 33
4.2.1 Geniş Bant ISDN 34
4.3 FITL 36
4.3.1 Pasif Optik Ağ (PON) 38
4.4 LAN 39
4.5 Yıldız Ağları 41
4.6 Halka Ağları 43
4.7 Dağıtıcı ("bus") Ağlar 43
4.8 Kablo Çekme Kavramları 44
4.9 LAN İçin Aktif Elemanlar 46
4.9.1 LAN Yoğunlaştırıcıları 46
4.9.2 Ağları Birbirine Bağlama 47
4.9.3 Ağ İşletimi 47
4.9.4 Aktif LAN Elemanları İçin Kontrol Listesi 48
4.10 FDDI 48

4.11 MAN ve Görünüm 50

5. ELEKTROPTİK SİNYAL ÇEVİRİCİ 53

5.1 Vericiler 55
5.2 LED 55
5.2.1. Yapı ve Özellikler 56
5.2.2. GaAs Diyodu 56
5.2.3. Yüksek Işınımlı AlGaAs/GaAs Diyodu 57
5.2.4. Yüksek Işınımlı InGaAsP/InP Diyotları 59
5.3 Lazer Diyotu 59
5.3.1. Yapı ve Özellikler 60
5.3.2. DFB Lazeri 63
5.3.3. Lazer Modülü 64
5.4 Dedektörler 65
5.5 PİN Fotodiyot 66
5.5.1 Silikon Fotodiyotlar 67
5.6 Çığ Fotodiyotları 67
5.6.1 Silikon Çığ Fotodiyodu 68
5.6.2 InGaAs/InP Çığ Fotodiyotları 68
5.7 Optik Fiber Güçlendiriciler 69

6. FİBER OPTİK BİLEŞENLER 71

6.1 Dalga Boyundan Bağımsız Birleştiriciler 71
6.2 Dalga Boyu – Seçici Birleştiriciler 73

7. OPTİK İLETİM İÇİN SİSTEMLER 76
7.1 Digital İletim Teknolojisi 77
7.2 Alman Federal Posta Yönetimi Telekom Tarafından Kullanılan PDH Sistemleri 79
7.2.1 Yerel Ağ 79
7.2.2 Uzun Mesafe Ağları 79
7.3 Alman Federal Posta Yönetimi Telekom Tarafından Kullanılan SDH Sistemleri 80
7.4 SLA 4veSLA 16'lı Sistemlere Örnekler 80
7.5 Optik Fiber Sistemlerinde Uluslararası Eğilimler 81
7.6 Analog İletim Teknolojisi 82

8. SONUÇ ve ÖNERİLER 83

9. KAYNAKLAR DİZİNİ 84

ÖZET

Fiber optik iletişim sisteminde, ışık dalgaları ile bilgi iletilir. Günümüzde televizyon, ses ve bilgi sinyalleri iletiminde bu sistem kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, dalga teorisinin temel kavramları ve yansıma, toplam iç yansıma, sayısal açıklık gibi geometrik optik kavramları tanımlanmıştır. Optiksel bir dalgakılavuzundaki ışık hareketi incelenmiştir. Optiksel dalgakılavuzları kırılma indisi profillerine göre sınıflandırılmıştır. Son olarak yerel bölge iletişim ağlarında, fiber optik kablolarla veri iletimi ile ilgili araştırmalar incelenmiştir.

SUMMARY

Knowledge is transfered by light waves in fiber optic communication systems. In our days fiber optics is used to transmit signals in television, voice and data communications efficiently.

In this study, fundemental concepts of wave refraction, total internal reflection, numerical aperture were defined. Behaviour of light in a optical waveguide was investigated. Optical waveguides were classified with respect to refractive index profiles. Finally, the research associated with data transmission by fiber optic cables were investigated in local area networks (LAN).

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
n_o, n_1, n_2	Kırılma indisleri
θ_i, θ_t, θ_r	Gelen, geçen ve yansıyan ışının yüzey normaliyle yaptıkları açılar
θ_c	Kritik açı
θ_{maks}	Fiber optiğin maksimum kabul açısı
NA	Sayısal açıklık
Δ	Bağıl kırılma indisi farkı
θ_s	Sarmal ışının fiber optiğe giriş açısı
θ_{as}	Sarmal ışın için maksimum kabul açısı
γ	Sarmal ışının fiber optik içindeki yansıma açısı
$\vec{\nabla}$	Nabla operatörü
$\vec{E}$	Elektrik alan
$\vec{H}$	Magnetik alan
$\vec{D}$	Elektriksel akı yoğunluğu
$\vec{B}$	Magnetik akı yoğunluğu
$\vec{A}$	Herhangi bir vektör
ε	Dielektrik sabiti
μ	Magnetik geçirgenlik
ψ	Dalga fonksiyonu
υ_p	Faz hızı
c	Işık hızı
$\vec{r}$	Konum vektörü
ω	Açısal frekans
t	Zaman
$\vec{k}$	Yayılma vektörü
k, β	Yayınım sabitleri
λ	Dalgaboyu

1.TARİHSEL GELİŞME

Işık en eski zamanlarda iletişim aktarımı için bir ortam olarak zaten kullanılıyordu, örneğin sinyal ateşleri biçiminde . Bu tip iletişimi hatırlatacak iletişim şekilleri, örneğin donanmanın bayrak ile işaretlerinde, deniz fenerlerinde, trafik ışıklarında ve makinalar üzerindeki kontrol ışıklarında hala bulunabilmektedir. Yaklaşık 200 yıl önce uzun mesafeler üzerinden ışığı kullanarak bilgi aktarımı için yöntemler düşünülmüştür. Örneğin Fransa'da yaklaşık 1792' de Claude Chappe optik bir telgraf sistemi meydana getirmiştir (Tai,1996). Hareket edebilen sinyalleme kollarıyla bir kuleler zinciri içeriyordu. Bilgi bunun vasıtasıyla 15 dakika içinde 200km ye aktarılabiliyordu. Bu sistemin elektrikli telgrafın keşfine kadar modası geçmedi (Özsoy,1997).

Amerikalı Alexander Graham Bell 1880'de fotofonu geliştirdi, bununla ses sinyallerini ışık vasıtası ile iletebiliyordu. Bununla beraber, bu fikir pratik bir uygulama bulamadı, çünkü havadurumu ve görüş alanı iletimin kalitesi üzerinde çok fazla olumsuz etkiye sahipti.

İngiliz fizikçi John Tyndall 1870'de (Bell'in keşfinden hemen sonra) bu probleme bir çözüm önerdi; ışığın bir su akıntısı içinde kılavuzlanabileceğini gösterdi (Gunarya,1997). O deneyinde bugün optik fiberlerde uygulanan toplam iç yansıma ilkesini kullandı. Bell tarafından ışığın modülasyonu alanında yapılan deneyleri ve Tyndall tarafından ışık kılavuzluğu üzerine yaptıklarını takiben Amerikalı Norman R. French kendi optik telefon sistemi için bir patent alması 1934'ü buldu. Bunda ses sinyallerinin optik bir kablo ağı ile nasıl iletilebildiğini anlatır, ağda kablolar katı cam çubuklardan veya benzer materyallerden yapılmış oluyordu ve çalışma dalgaboyunda düşük bir zayıflama katsayısına sahip olmalıydı.

Ancak bu kavramın teknik olarak gerçekleştirilebilmesi 25 yıl aldı. İlk önce bir verici olarak kullanmak için uygun bir ışık kaynağı bulundu. 1958'de Nobel ödülü sahipleri Arthur Schawlow ve Charles H.Townes lazeri geliştirdi. İlk olarak 1960'da Theodor tarafından başarı ile kullanıldı.

Yarı-iletken materyallerden lazerlerin imalinin fizibilitesi 1962'de kabul edildi. Aynı zamanda alıcı elemanları yarı-iletken fotodiyotlar biçiminde geliştirildi. Şimdi kalan problem uygun bir iletim ortamının bulunması ile çözülecekti.

Başlangıçta ayna yüzeyli içiboş dalga kılavuzları içinde karmaşık mercekler sistemi yardımı ile ışığa kılavuzluk etme çabaları düşünüldü. İngiltere'de 1966'da Charles H.Kao ve George A.Hockham ışık kılavuzluğu için cam fiberlerin kullanımını ortaya attılar (Kao,1986). Bununla beraber, önemli mesafeler üzerinden kullanışlı optik iletişim sistemleri inşa etmek için bu cam fiberler 20db/km'den fazla olmayan zayıflama değerlerini göstermeliydiler. Fakat 1965'de optik dalga kılavuzları hala yaklaşık 1000db/km 'lik zayıflamalar gösteriyordu. Tıp teknolojisi alanında, bununla beraber, cam fiberler 1950'lerde çok kısa mesafeler üzerinden doğrudan görüntü iletimi için zaten biliniyordu.

Corning Glass Works1970'de basamak indis fiberlerini imal etti ve 633 nm'lik dalgaboyunda 20 db/km'den daha az zayıflama değerlerini elde etti. Dereceli indis profilli optik fiberler 1972'de 4 db/km'ye ulaştı. Bugün tek-mod fiberlerde 1550 nm 'de 0,2 db/km 'lik zayıflama değerleri elde edilmektedir. Aynı zamanda verici ve alıcı elemanları önemli derecede geliştirildi, dayanıklılığın yanında hem güç hemde duyarlılığa önem verildi. İlgili kablo teknolojisi ayrılabilir ve sabit ekleme bağlantıları ile birlikte optik fiberler için bu yeni iletim ortamının problemsiz olarak ortaya çıkmasını mümkün kılmıştır.

İlk optik kablolar, Birleşik Devletler'de 1973'de gemilerde askeri uygulamalarda telefon hizmetleri için kullanıma sokuldu. Western Elektrik, Atalanta'da 1976 'da kendi tesislerinde optik kablolu ilk sistemi test etti. Bir yıl sonra iki alan testleri Bell sistemleri tarafından Chigago'da 2,5 km üzerinden ve General Telefon tarafından Long Beach'de 9km üzerinden gerçekleştirildi Siecor Corporation- Siemens AG ve Corning Glass Works'ün bağlantı işi tek- mod fiber kabloları bir telefon şirketine Eylül 1983'de Newyork'ta ilk veren imalatçıydı.

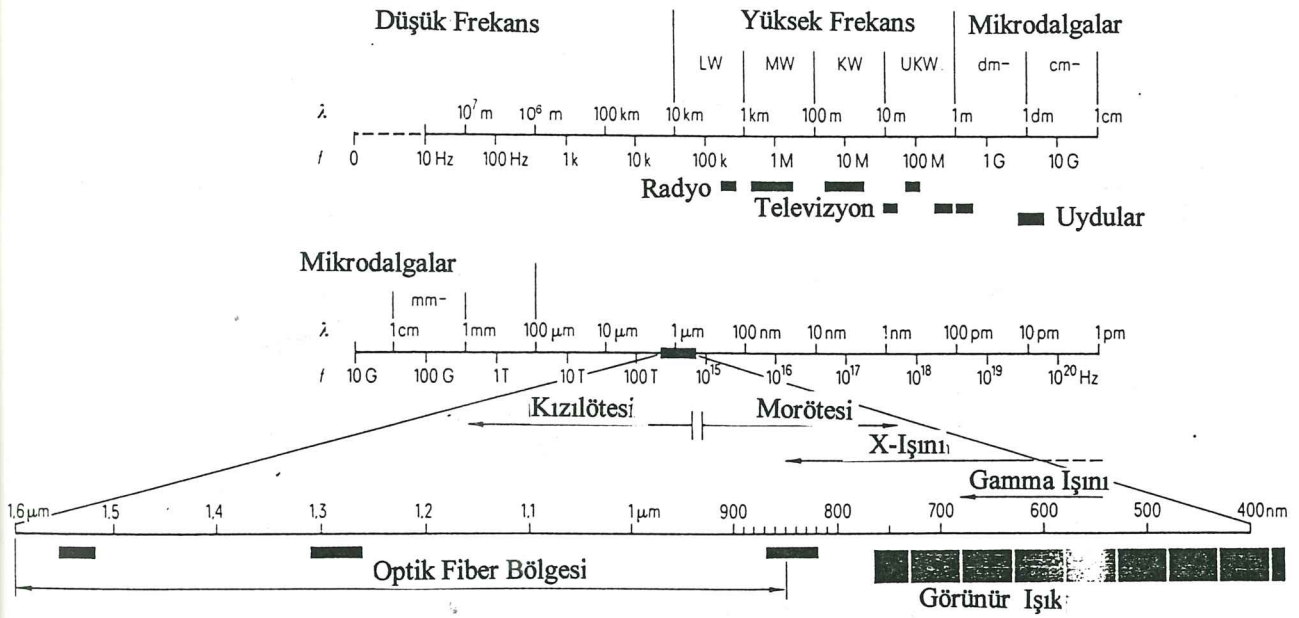
Siemens 1976'da Münih'te 2,1 km uzunluğundaki ilk test rotası ile başladı, ki bu rota telefon,televizyon ve videofon için hala faliyettedir. Alman Federal Posta Teşkilatı'nın ilk optik fiber hattı 1977'de Berlin'de Siemens tarafından döşendi. 1978'den beri yeni teknolojinin dünya çapındaki uygulamaları çoklu – mod fiberlerini kullanmaya başladı. Bu güne kadar, Siemens kablo teknolojisinde üç milyon kilometreden fazla fiber 25 ülkede döşendi, ki bunun çok büyük bir kısmı tek – mod fiberlerdi.

2. OPTİKSEL DALGA KILAVUZLARININ FİZİĞİ

2.1 Elektromagnetik spektrum

E.M dalgalar yüzyıllardan beri bilginin iletimi için faydalı olduğu doğrulanır. Metal iletkenler bunların yayınlanmasında kesinlikle uygun olmamaktadır.Tersine boşluk veya bir dielektrik ortamda bunlar yuksek hızda yayınlanabilir (yani elektriği iletmeyen bir ortamda).

Şekil 2.1 de elektromagnetik dalgaların ve uygulamaları şematik olarak gösterilmektedir. Görünür ışık bölgesi 380 nm ile 780 nm arasındaki dar bölgededir ve bu bölge küçük dalgaboylu ultraviyole radyasyonları ve yüksek dalgaboylu infrared radyasyonları ile sınırlanır.



Şekil 2.1 Elektromagnetik dalga spektrumu

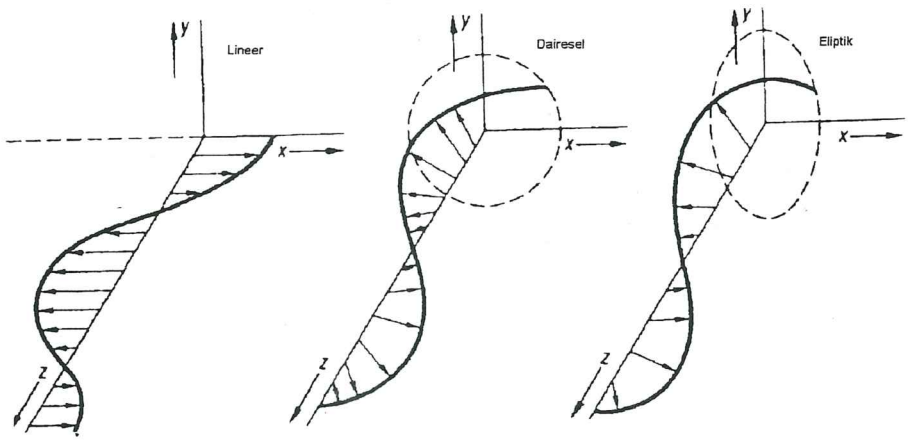
Optiksel dalgakılavuzları ile yapılan optiksel iletişimde kızıl ötesi ışınların yanında 800nm –1600nm dalgaboyu bölgesi kullanılır (850,1300 ve 1500 tercih edilir). Elektromagnetik dalgalar ışığın boşluktaki hızında yayınlanır.

c_0=299792.458 km/s. veya

yaklaşık değeri,

c_0=300000 km/s = 3×10^5 km/s = 3×10^8 m/s olarak alınır.

Sonsuz bir ortamda dağılmayan ışık dalgası elektrik ve magnetik vektörlere sahiptir, bu yüzden daha çok enine bir dalgadır. Elektrik ve magnetik alanlar yayılma doğrultusuna dik salınırlar.Eğer elektrik ve magnetik alan bir düzlem de salınırsa elektrik ve magnetik alanın gösterdiği uç, düz bir çizgiyi takip eder (yani doğrusal polarize olmuş bir dalgayı gösterir). Tanımlanan noktanın ucu, daire veya eliptikse (genellikle eliptik), dairesel veya eliptiksel polarizasyon terimleri kullanılır. Şekil 2.2'de, z – ekseninde bir ışık dalgası için farklı polarizasyon tipleri görülmektedir.



Şekil 2.2 Polarizasyon tipleri.

2.2 Dalga teorisinin Temel Kavramları

Genelde, bir ışık dalgasını sanal bir ortamda kendi kendisine iletilen bir kütle veya materyalin yayınımı olarak anlaşılabilir. Bu durumda bir ışıkdalgası, optiksel ortam olarak adlandırabilen geçirgen bir materyalde yayınlanan bir elektromagnetik dalgadır . Uzayda ve zamanda bir dalganın yayınım sinüs fonksiyonu ile tanımlanabilir. Bu yüzden z – ekseni yönünde yayınlanan bir düzlemsel dalganın yer değiştirmesine dikkatle bakılır.

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

a, düzlemsel dalganın yerdeğiştirmesi.

A, yerdeğiştirme biriminde genlik.

ω, açısal firekans.

t, zaman (s).

k, dalga sayısı (m^{-1}).

z, z ekseninde alınan mesafe (m)

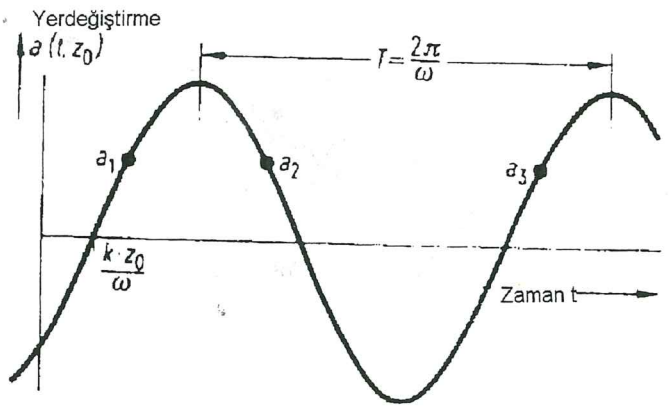
T, salınım peryodu (s).

λ, dalgaboyu (m).

Denge durumunda enine yer değiştirme farkı dalganın genliğidir (A). Parantez içindeki ifade (ωt-kz) faz açısı veya kısaca dalganın fazıdır. Faz açısı φ radyan cinsinden ölçülür

$(1rad = \frac{360^0}{2\pi} = 57.295^0)$.

Aydınlanma miktarı için Şekil 2.3 de zamanın bir fonksiyonu olarak $z = z_0$ durgun nokta da bir düzlemsel dalga görülüyor. Aynı fazda salınan a_1 ve a_3 noktaları görülebilir. Burada faz farkı 2π dir. Tersine a_2 noktası aynı yer değiştirmeye sahip olmasına rağmen farklı bir faza sahiptir. Bu yüzden,



Şekil 2.3 Durağan bir Z_0 Parçacığının harmonik dalga planı

$\omega = 2\pi f$,

Burada f Hz cinsinden veya cps (saniyedeki devir sayısı) cinsinden frekansı ifade ediyor.

T salınımın periyodunu tanımlamak için kullanılır. Yani tam bir tam salınım veya bir tam devir zamanı olarak alınır.

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

Burada T saniye cinsinden salınımın periyodudur.

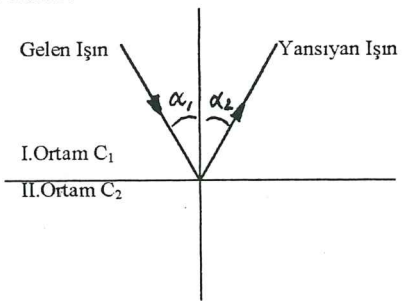
Dalga sayısını tanımlamak için k sembolü kullanılır, dalga yayınım yönündeki k vektörünün büyüklüğüne eşittir .K dalga sayısı uzunluğun her bir değerini ve dalganın faz değişimini verir ve bu yüzden λ ile ters orantılıdır. λ dalga boyu dalganın uzaysal periyodudur yani bir salınımın tamamlanmasında alınan yolun uzunluğu veya mesafesidir. Frekans (f),dalga boyu(λ) ve yayınım hızı(c) arasındaki temel bağıntı $c=f\lambda$ ile ifade edilir.

2.3 Işığın yansıması

Şekil 2.4'de gösterildiği gibi, ışık iki ortam arasındaki arayüzey üzerine düştüğü zaman bunun bir kısmı yansır. Yansıyan ışığın miktarı gelen ışık ışını ve gelenin normali arasındaki α_1 açısına bağlıdır. Işık ışını ve burada içinde ışık enerjisinin yol aldığı yolu tanımlamak için kullanılır. Yansıyan ışın ve α_2 açısı için, gelenin normali ve yansıyan ışık ışını tarafından meydana getirilmiştir ve aşağıdakiler geçerlidir. Yansıyan ışın,

i) Gelen ışık ışını ve gelenin normali tarafından tanımlanan gelen düzlemin içinde kalır.

$\alpha_1=\alpha_2$



Şekil 2.4 Işığın yansıması

ii) Gelenin normalinin gelen ışına göre zıt tarafında uzanır, ve

iii) Gelenin normali ile aynı açıdadır.

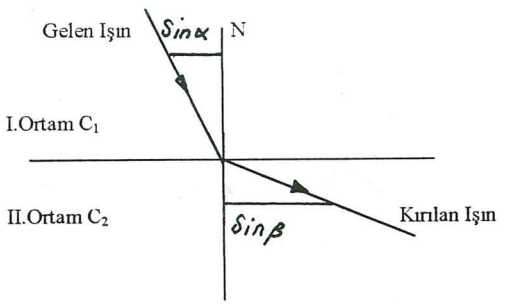
2.4 Işığın kırılması

Şekil 2.5'de verilen bir α gelme açılı ışık ışını, optik olarak daha az yoğun bir ortamdan(örneğin hava) daha yoğun bir ortama girdiği zaman (örneğin su bardağı), yönü birβ kırılma açısı ile eğrilir. Bir izotropik ortam durumunda, (bu bütün yönlerde aynı özelliklere sahip materyal veya maddedir) Snell'in yansıma kuralı geçerlidir.

Gelme açısı α'nın sinüsünün kırılma açısı β'ya oranı sabittir. Aynı zaman da ilk ortamdaki c_1 ışık hızı ile, ikinci ortamdaki c_2 ışık hızlarının c_1/c_2 oranı ile aynıdır. Yani:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_1}{c_2} \qquad (2.1)$$

İki geçirgen ortamda ışık hızının daha yavaş olduğu ortam daha yoğun olarak tanımlanır.



Şekil 2.5 Işığın kırılması.

İçinde ışığın bir c_0 hızıyla yol aldığı bir vakumdan(≈hava) c ışık hızlı bir ortama geçiş için aşağıdakiler geçerlidir:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{c_0}{c} = n \qquad (2.2)$$

Vakumdaki ışığın hızı c_0'ın ortamdaki ışığın hızı c'ye oranı ilgili ortamın kırılma indisi n olarak (daha doğru olarak faz kırılma indisi) adlandırılır. Vakumun kırılma indisi (≈ hava) n_0, 1' eşittir.

Kırılma indisleri n_1 ve n_2 olan iki farklı ortam için ve bunların c_1 ve c_2 ışık hızları için aşağıdakiler geçerlidir:

$$c_1 = \frac{c_0}{n_1} \text{ ve } c_2 = \frac{c_0}{n_2} \qquad (2.3)$$

Snell'in kırılma yasasının diğer bir biçimi şundan türetilmiştir:

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (2.4)$$

Gelme açısının sinüsü kırılma açısının sinüsüne göre kırılma indisleri ile ters orantılıdır.

Örnek:

n_1=1,5 'luk bir kırılma indisinde ki genellikle bir optik fiber içindeki cam için varsayılır. Fiber içindeki ışığın hızı c_1

$$c_1 = \frac{c_0}{n} = \frac{300000 km/s}{1{,}5} = c_1 = 200000 \text{ km/s} = 200 \text{m/}\mu\text{s}$$

5μs fiberin her bir kilometresi için veya 5ns fiberin her bir metresi için.

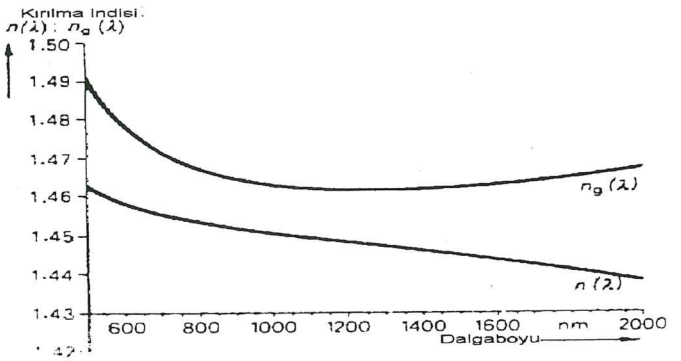
Bir ortamın n kırılma indisi temel olarak ışığın dalgaboyuna bağlıdır; eritilmiş siliko cam içindeki optik iletişim için önemli olan kızılötesi dalgaboyları için dalgaboyu arttıkça sabit olarak azalır. n niceliği sadece bir dalgaboyunda ve sabit bir genlikte yayılan ışık dalgalarına mahsustur ve bu yüzden herhangi bir bilgi iletmezler. Sadece bu dalgaların modüle edilmesi bilgi naklini mümkün kılar (dijital). Optik iletişimde , ışık darbeleri (puls) bu amaç için kullanılır. Bunlar farklı dalgaboylarında ışık dalgaları içeren kısa dalga gruplarıdır.

Böyle dalga gruplarının içlerinde tek dalgalar kendi farklı dalga boylarından dolayı farklı hızlarda yayılır. Böyle bir dalga grubunun yayılma hızı grup hızı olarak

adlandırılır. Birleşik grup kırılma indisi n_g aşağıdaki gibi tanımlanmıştır ve kırılma indisi ile bağlantılıdır.

$$n_g = n - \frac{dn}{d\lambda} \qquad (2.6)$$

Saf eritilmiş siliko cam için dalga boyu λ nın bir fonksiyonu olarak n ve n_g eğrileri, Şekil 2.6' da gösterilmektedir. Bazı sayısal değerler Tablo 2.4 'de görülebilir.



Şekil 2.6 Kırılma indisi $n(\lambda)$ ve grup kırılma indisi $n_g(\lambda)(\%100\ SiO_2)$

Burada $dn/d\lambda$ ifadesi gözlemlenen dalgaboyu aralığında indisi aşağıdoğru (negatif) olan kırılma indisi eğrisini $n(\lambda)$'nın eğimini verir. Böylece herbir dalga boyundaki grup kırılma indisi n_g kırılma indisi n'den daha büyüktür. Optik sinyallerin iletim zamanlarının hesaplanması için sadece grup kırılma indisi n_g kullanılır. Grup kırılma indisinin 1300nm dalga boyu yakının da bir minimuma ulaştığını belirtmekte fayda vardır. Bu dalgaboyu aralığı optik iletim için bilhassa çok ilginçtir.

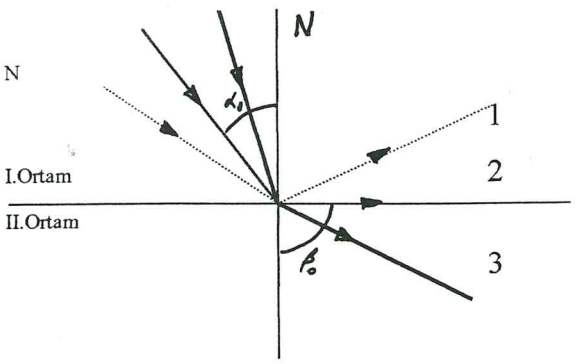
2.5 Toplam İç Yansıma

Bir ışık ışını, n_1 yüksek kırılma indisli bir ortamla daha düşük n_2 kırılma indisli ortam arasındaki ara yüzeye yüksek bir açı ile düştüğünde (Şekil 2.7) normalle $\beta = 90^0$ bir açı ile kırılır. Bu durumda 2.ışın 2.ortam yüzeyine paralel ilerler. bu durumdaki gelme açısına kritik açı denir.Kritik açı için aşağıdaki ifade kullanılır.

Tablo 2.1 Kırılma indisi n(λ) ve grup kırılma indisi $n_g(\lambda)$ (%100) SiO_2) (Mahlke ve Gössing, 1993)

Dalga boyu (λnm)	Kırılma İndisi n	Grup kırılma İndisi n_g
600	1.4580	1.4780
700	1.4553	1.47.12
800	1.4533	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

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} \qquad (2.7)$$

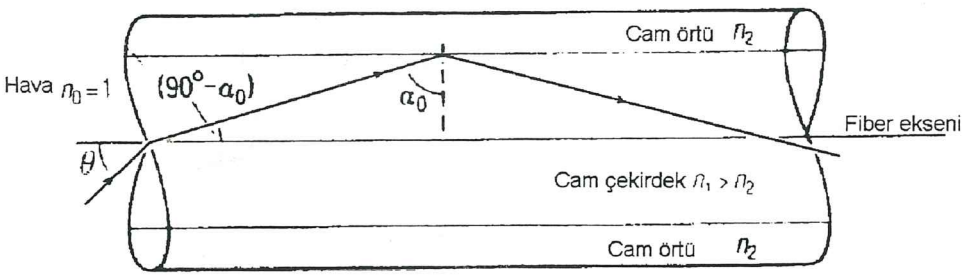


Şekil 2.7 Işığın toplam iç yansıması (1) Toplam olarak yansıyan ışın (2) Kırılma açısı $\beta_0=90^0$ (3) Kırılan ışın.

Kritik açı m_1 ve m_2 indekli iki ortamın kırılma indisleri oranına eşittir. Bütün ışınlar için α gelme açısı a_0, kritik açıya göre daha büyüktür; burada optiksel olarak çok ince ortamda kırılan ışınlara benzemez a_0 dan büyük açıyla gelen bu ışınlar kırıcı ortamdan çıkmaz tekrar geri yansır. Bu olay, toplam iç yansıma olarak tanımlanır (ışın 3) Toplam iç yansıma sadece optiksel olarak çok kırıcı (yani cam) bir ortamdan yayınlanan bir ışık ışınının optiksel olarak daha az kırıcı bir ortam olan (yani hava) ara yüzeyinde meydana gelebilir.

2.6 Sayısal Açıklık

Şekil 2.8'de belirtilen toplam iç yansımada n_1 kırılma indisli ve onu saran n_1 den çok az düşük n_2 kırılma indisine sahip cam örtüden oluşan ortam kullanılır. Bütün ışınların cam çekirdek içinde kılavuzlanabilmesi için (90-α_0)açısından daha fazla bir açı ile gelmemelidir. Dışardan (havadan) cam çekirdek içine ışığın gelmesi için ışık ışını ile fiber ekseni arasındaki geliş açısı yansıma kanunlarına göre şöyle tayin edilebilir:



Şekil 2.8 Işığın optiksel dalga klavuzunda klavuzlanması.

$$\frac{\sin\Theta}{\sin(90-\alpha_0)} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (2.8)$$

n_2=1 olarak alınırsa,

$$\sin\Theta = n_1\cos\alpha_0 = n_1\sqrt{1-\sin^2\alpha_0} \qquad (2.9)$$

İle beraber $\sin\alpha_0=n_2/n_1$

$$\sin\Theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \qquad (2.10)$$

yazılabilir.

Işığın kılavuzlanabilmesi için mümkün olan en büyük açı "kabul açısı" olarak adlandırılır.Kabul açısı sadece n_1 ve n_2 iki kırılma indisine bağlıdır. Kabul açısının sinüsü N.A. (Numerical Aperture)'yı verir. Bu ışığın fiber optik içine girebilmesi için önemli bir niceliktir.

$NA = \sin\Theta_{max}$ (Bu değer kırılma indisleri n_1=1,48 ve n_2=1,46 için yaklaşık olarak sinΘ=0,242 dir)

2.7 Bir Optik Dalgakılavuzunda Işığın Yayılması:

Optiksel yasalar, bir fiber optiğin cam örtü ve çekirdek arasındaki ara yüzeyde ışığın toplam iç yansımasının tanımı dahilinde ışığın yayınımını sağlar. Bir ışık hareketi, ışığın doğrusal yayınımının temel varsayımdır. Çekirdek camının içerisinde ışığın yayılmasının çeşitli olasılıklarını daha yakından incelemek için dalga optiği cinsinden olayları gözönüne almak gereklidir. Özellikle 10μm çapındaki fiber çekirdeği içinde yaklaşık olarak 1μm ve daha büyük dalgaboyuna sahip ışık kılavuzlanabilir. Böylece dalga optiği yardımıyla açıklanabilen girişim desenleri meydana gelir.

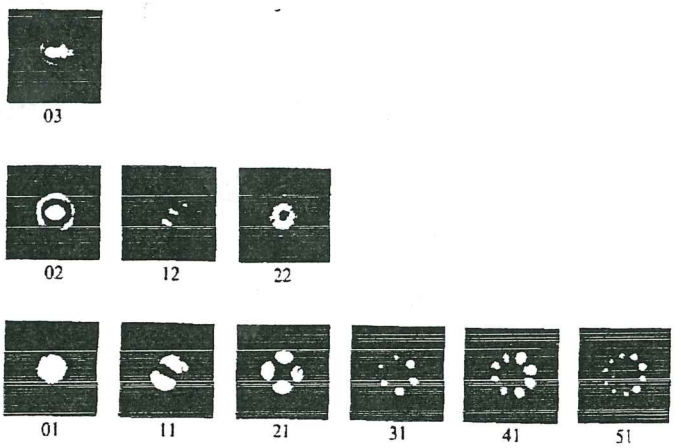
İki veya daha fazla dalganın süperpozisyonunu ve bunların tek bir dalgaya birleşmesi genellikle girişim olarak adlandırılır. İki dalganın girişiminin duru bir deseni sadece her iki dalga aynı dalgaboyunda olduğu ve birbiri ile herzaman sabit bir faz farkı olduğu zaman elde edilebilir. Böyle dalgalar koherent (eş evreli) dalgalar olarak kabul edilir. Eğer iki dalga uzayda belirli bir noktada fazda kendi dalgaboyu λ'nın bir tam katı ile farklılaşırsa genliğin toplanması sözkonusu olur. Diğer yandan, dalgaboyu yarısı $\lambda/2$ 'nin bir katı kadar faz farkı durumunda çıkarma meydana gelir ve aynı genlikli iki dalga durumunda dalgalar o noktada yok edilir (yok edici girişim).

İki normal ışık kaynağı kullanıldığında, örneğin ışık ampulleri ve bunların ışığı üst üste bindirildiğinde hiç girişim gözlenemez; çünkü bu ışık koherent değildir. Bu akkor cisim tarafından ışığın yayımlandığı yoldan dolayıdır, bu durumda cisim ampulun

içindeki filemandır. Rasgele zamanlarda kendiliğinden olan süreçler sebebi ile filemanın tek atomları ışık filaşları yayımlar, yani yaklaşık 10^{-8} sn süreli kısa dalga gruplarıdır. Işığın havadaki 3×10^{8} m/s lik hızında bu dalga grupları yaklaşık 3m uzunluğundadır. Bu uzunluk eş evre ("coherence") uzunluğu olarak adlandırılır. 3m uzunluğundaki dalga gruplarının süperpozisyonu tamamen rasgeledir ve sadece odayı aydınlatır.

Işığı optik dalga kılavuzları içinde aktarmak için oldukça koherent bir ışık kaynağı bulmak gereklidir. Vericinin spektral genişliğ (Bölüm 12.1) mümkün olduğu kadar küçük olmalıdır. 40nm 'den daha büyük veya eşit spektral genişlikli ışık yayınlayan diyotların aksine, lazerler uyarılmış ışık emisyonlarıyla bir dalgaboyunda sabit bir faz farkını korumayı mümkün kılar. Bu yüzden optik bir dalga kılavuzunda girişim olayı meydana gelirki ışığın çekirdek camı içersinde sadece kesin açılarda yayıldığı gerçeğiyle onaylanabilir; "kesin"(precise) ilgili ışık dalgalarının kendi süperpozisyonları sebebiyle güçlendirildikleri bir gerçektir.

Yönlerde yayılması gerektigi ve böylece yapıcı girişim göstermesi demektir. Bir optik fiberin içinde yayınlanabilen uygun ışık dalgaları kipler (modlar) ("eigenwaves")(özdalgalar) olarak adlandırılır.



Şekil 2.9 Bir optik dalga klavuzunun ilk on modu $LP_{\nu\mu}$.

Bu modlar Maxwell denklemleri yardımıyla matematiksel kesinlikle belirlenebilir. Elektromanyetik dalgalar için bu genel denklemler sistemi optik fiber

içinde sadece zayıf olarak kılavuzlanan ışık dalgalarına uygulandığı zaman büyük ölçüde sadeleştirilebilir. Bu hemen hemen tam olarak fiber ekseni yönünde yayılan ve eksen boyunca alan bileşenleri ihmal edilebilir olan dalgalar için uygundur. Bunlar çekirdek camının n_1 kırılma indisi kaplama camının n_2'sinden çok az farklı olduğu zaman meydana gelir. Kırılmada bu farkın bir ölçüsü normalize edilmiş kırılma indisi farkı Δ'dır. Bu şu şekilde tanımlanır:

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

Optik bir fiberde normalize edilmiş kırılma indisi farkı Δ birimle kıyaslandığında çok küçüktür ve ışık ışınları böylece çekirdek camı içinde nisbeten zayıf olarak kılavuzlanır. Sadeleştirilmiş dalga denklemlerinin çözümleri bir optik fiberde yayılmacı modlar için çok iyi yaklaşımlar gösterir. Örnek olarak Şekil 2.9 ışık şiddetinin ilk on mod için bir optik fiberin kesiti üzerinden dağılımını göstemektedir. Öz dalgalar ("eigenwaves") düzlem dalga yüzeylerine sahiptir ve doğrusal olarak kutuplanmışdır(lineer polarize). Bu yüzden bunlar iki mod numarası ν ve μ ile $LP_{\nu\mu}$ olarak telaffuz edilir. ν ve μ niceliği azimut (açıklık) ("azimuthal") mod sayısıdır. Herbir eş eksenli ışık halkasındaki ışık noktalarının sayısının yarısını verir. ν için değerler 0,1,2,3,.... olabilir; ν=0' da herbir ışık halkası alt bölümleri olmaksızın meydana çıkar. μ niceliği radyal mod sayısıdır; modun eş eksenli ışık halkalarının sayısını vermek için kullanılır; 1,2,3,.. değerlerini alabilir. Temel mod LP_{01} olarak adlandırılır; sonraki daha yüksek mod LP_{11} dir.

3. OPTİKSEL DALGAKILAVUZU PROFİLLERİ

Eğer bir optiksel dalga kılavuzunun **n** kırılma indisi **r** yarıçapının bir fonksiyonu olarak değerlendirilirse o zaman bu terim **kırılma indisli profil** olarak kullanılır. Bu terim fiberin ekseninden çekirdek içinden cam örtüye doğru radyal değişme şeklinde tanımlanır:

$$n = n(r) \qquad (3.1)$$

Modların yayınımı bu profil kırılma indisinin biçimi üzerinde bir optiksel dalga kılavuzunda bağlıdır. Güç yasaları, index profilli fiber optik uygulamalarında çok önemlidir. Bu kırılma index profili olarak bilinir ve karesi yarıçapın bir güç yasası fonksiyonu olarak tanımlanarak şu şekilde verilir (Keiser,G,1989):

$$n^2(r) = n_1^2\left[1 - 2\Delta\left(\frac{r}{a}\right)^g\right] \qquad r < a \text{ için} \qquad (3.2)$$

$$n^2(r) = n_2^2 = sabit \qquad r \geq a \text{ için} \qquad (3.3)$$

Buradan;

n_1 = Fiberin eksen boyunca kırılma indisi;
n_2 = Örtünün kırılma indisi
Δ = Normalize edilmiş kırılma indisi farkı;
r = nm cinsinden fiberin eksenden olan uzaklığı;
a = nm cinsinden çekirdek yarıçapı;
g = profil üs kuvveti

Normalize edilmiş kırılma indis farkı NA veya kırılma indisleri n_1 ve n_2 cinsinden aşağıdaki gibi bağlıdır:

$$\Delta = \frac{NA^2}{2n_1^2} = \frac{n_{11}^2 - n_2^2}{2n_1^2} \qquad (3.4)$$

g için bazı özel durumlar aşağıda verilmiştir;

Şekil 3-1'de

g =1 üçgen profil

g = 2 parabolik profil

g =sonsuz basamak indisli profil

Sadece son örnekteki basamak indis profil kırılma indisi cam çekirdek içinde sabit olarak ifade edilir:

$$n(r) = n_1 \qquad (3.5)$$

Bütün diğer profiller için cam çekirdek içinde kırılma indisi fiber ekseninde cam örtünün n_2 değerinden n_1 değerine derece derece çıkar. Bu profiller bu yüzden "graded index" profiller olarak hesaplanır. Parabolik profil için bu isim özellikle çok iyi tesis edilmeli; çünkü optiksel fiberler ışığı teknik olarak çok iyi klavuzlar.

Bir fiber optiğin tanımlanması için gelecekteki önemli bir nicelik V sayısı veya normalize frekansı (V) dir. Normalize frekansı a çekirdek yarıçapına cam çekirdek için NA ' ya ve lamda (dalga boyuna veya dalga sayısına) bağlıdır. V sayısı bir boyutsal parametredir.

$$V = 2\pi \frac{a}{\lambda} NA = kaNA \qquad (3.6)$$

Burada;

A = çekirdek yarıçapı

λ = dalgaboyu;

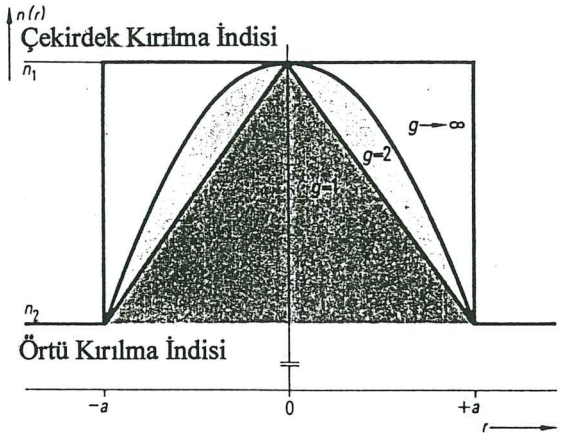
NA = Sayısal açıklık

k = Dalga sayısı;

Çekirdek içinde kılavuzlanan modların sayısı (N) bu parametreye bağlıdır ve yaklaşık olarak

$$N \approx \frac{V^2}{2}\frac{g}{g+2} \qquad (3.7)$$

ile ifade edilir



Şekil 3.1 Bir optiksel dalgakılavuzunun kırılma indis profili

Keyfi bir g profil üsteli olan güç yasası için, bir basamak indis profilde($g\to\infty$) mod sayısı yaklaşık olarak

$$N = \frac{V^2}{2} \qquad (3.8)$$

ile ve graded indis profil ($g\to 2$) için mod sayısı da

$$N = \frac{V^2}{4} \text{ dır.} \qquad (3.9)$$

ifadesiyle gösterilir.

Örnek:

Bir graded indis profilli (g=2) çekirdek çapı $2a$=50μm, sayısal açıklığı NA=02 ve dalgaboyu λ=1μm olan bir optik fiberin V sayısı

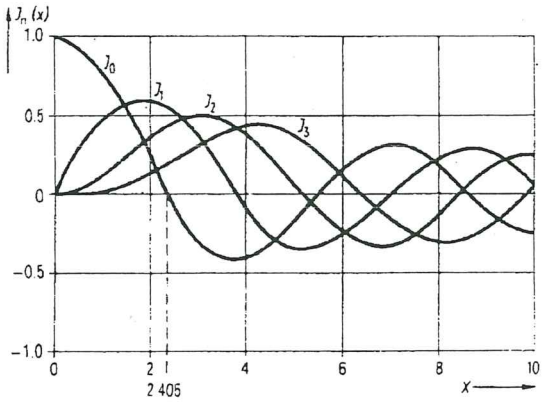
$$V = 2\pi \frac{25\mu m}{1\mu m} \times 0.2 = 2\pi \times 5 \approx 31{,}4$$

ve çekirdek içinde kılavuzlanan mod sayısı N de

$$N = \frac{V^2}{4} = \frac{(31{,}4)^2}{4} \approx 247$$

olarak bulunur.

Birkaç modlu böyle dalga kılavuzu da çoklumod *(multimod)* fiber olarak adlandırılır.



Şekil 3.2 Bessel fonksiyonları

Eğer modların sayısı azaltılacak olursa, yani V sayısı küçülürse, ya çekirdek çapı *2a* veya sayısal açıklık NA azaltılmalıdır, ya da ışığın dalgaboyu arttırılmalıdır.Bir optik fibere bağlanabilen ışığın miktarı, sayısal açıklığa çok bağlı olduğundan, bu değer mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır. Daha zor idare edildiği ve bağlandığı için çekirdek yarıçapının düşürülmesi sınırlanmıştır. Diğer yandan, daha uzun dalgaboyu aralığı için verici alıcıları kurmak giderek zorlaşır; böylece dalgaboyu istenildiği kadar artırılamaz. Bir basamak indis profilli ($g \to \infty$) bir optik fiberdeki V sayısı V_∞=2,405 sabitinden küçük olursa, sadece tek bir mod, *temel mod* LP_{01} çekirdek içinde yayılabilir. Sadece bir modlu böyle bir optik *tek-mod fiber* olarak adlandırılır. Şekil 3.2 'de görğldüğü gibi 2,405 sayısı Bessel Fonksiyonu $J_0(x)$'in birinci sıfır değerindeki x değerine eşittir .

Bessel Fonksiyonları $J_n(x)$'in eğrileri zayıflatılmış sinüssel salınımlara benzemektedir. Bunlar koaksiel kablolar, içiboş dalga kılavuzları veya optik dalga kılavuzları gibi silindirik olarak simetrik dalga kılavuzları için tipik fonksiyonlardır.

V_{∞} sabiti basamak indis profilli ($g\to\infty$) bir dalga kılavuzu için bir limit değerdir. c indisi kesim (cut – off) değeri teriminden gelmektedir. Keyfi bir g profil üsteli olan güç yasası için V_c sınır değeri;

$$V_c \approx V_{\infty}\sqrt{\frac{g+2}{g}} \qquad (3.10)$$

şeklinde yaklaştırılabilir. Ölçülü bir indis fiberi için (g=2) V_c sınırdeğeri böylece şu şekilde yuvarlanabilir,

$$V_c = 2.405\sqrt{2} = 3.4$$

Örnek:

Basmak indis profilli, $2a$=9μm çekirdek çaplı ve NA=0,11 sayısal açıklığı olan bir optiksel fiber V sayısı: $V=V_{\infty}$

$$\lambda = \pi\frac{2a}{V}NA = \pi\frac{9\mu m}{2{,}405}0{,}11 \approx 1293nm$$

dalgaboyuna ulaşmaktadır. Hesaplanan dalgaboyu uzunluğu λ, ki V_c kesim değerine karşılık gelir, kesim dalgaboyu λ_c olarak adlandırılır:

$$\lambda_c = \pi\frac{2a}{V_c}NA \qquad (3.11)$$

Bütün dalgaboylar $\geq\lambda_c$ için bu özel optik dalga kılavuzunda sadece bir mod yayılabilir. Bu, böylece λ_c dalgaboyu üzerinde bir tek-mod fiber oluşturur.

Burada şuna dikkat edilmelidir ki ışığın kutuplanması sebebi ile temel mod ve daha yüksek modlar iki mod içerir; bunların öz dalgaları (modları) birbirlerine dik olarak salınır. Bu kutuplanma modlarının etkileri optik dalga kılavuzlarının sadece özel uygulamaları için önemlidir, örneğin optik dalga kılavuzu dedektörü teknolojisi,

koherent iletim ve *"kutuplanmayı sürdüren optik dalga kılavuzları"* kullanan optik pusula için kullanılır. Bu iki moda ayrılmayla meydana gelen etkiler, bugünün iletim sistemleri için iletişim kablosu teknolojisinde önemli değildir. Bu iki kutuplama modunun varlığına rağmen, tek mod optik dalga kılavuzu teriminin kullanılması gerçeğinden de yansımaktadır.

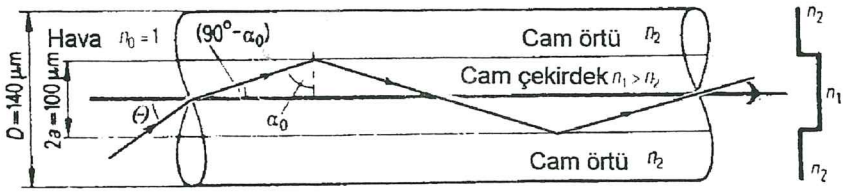
3.1 Basamak İndis Profili

Toplam iç yansımadan dolayı basamak indis profili bir optiksel fiberin cam çekirdek içinde ışığın kılavuzlanabilmesi için cam örtünün n_2 kırılma indisi cam çekirdeğin n_1 kırılma indisinden az olmalıdır. Eğer cam cekirdeğin bütün arabölümü üzerinde n_1 kırılma indisi aynı değerde olursa kırılma indisi bir basamak indisli profile sahip olduğunu gösterir; çünkü cam örtü ile arayüzeyde değişmeden kalan yer ve cam çekirdek ile bir basamakta kırılma indisi artar.

Şekil 3-3' de basamak indisli bir fiber optiğin kırılma indis profili ve aynı zamanda bir ışık ışınının uygun açıyla yayınımı görülmektedir.

Tablo 3.1 Basamak indisli çok modlu bir fiber için tipik değerler,

Çekirdek çapı	$2a$	100μm
Örtü çapı	D	140μm
Çekirdeğin kırılma indisi	n_1	1,48
Örtünün kırılma indisi	n_2	1,46



Şekil 3.3 Basamak indis profilli fiber

Bu çerçevede toplam iç yansımanın kritik açısı α_0, yani normalle düşüş açısı arasındaki küçük açı ki bu açı cam örtü içinde kırılmayan cam çekirdek içinde kılavuzlanan bir ışık ışınının yaptığı açıdır:

$$\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1,46}{1,48} \approx 0,9865 \text{ ve } \alpha_0 = 80,6^0$$

Bütün ışık ışınları $(90\text{-}\alpha_0) = 9.4^0$ ye eşit veya daha küçük bir açı da fiber eksenine gelirse, cam kor içinde kılavuzlanabilir. Işık dışarıda cam kor içine düştüğünde yansıma kanunları içinde incelenmeli çünkü sadece belirli bir kabul açısı Θ ile fiber içerisine girebilir. Bu durumda açı,

$$\sin\Theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1,48^2 - 1,46^2} \approx 0,242; \qquad \Theta \approx 14,0^0$$

olur. Çünki kabul açısını sinüsü NA'yı verir . Sonuç olarak NA için ;

$NA = \sin\Theta \approx 0,242$ olarak bulunur.

Basamak indis profili bu fiber için normalize edilmiş kırılma indis farkı,

$$\Delta = \frac{NA^2}{n_1^2} \approx \frac{0,242^2}{2 \times 1,48^2} \approx 0,0134 = \%1,34 \text{ olur.}$$

Dalgaboyu 850 nm , çekirdek çapı $2a$ = 100nm olan basamak indesli bir fiber için V parametresi,

$$V = \pi \frac{2a}{\lambda} NA = \pi \frac{100\mu m}{0,85\mu m} \times 0,242 \approx 89,4 \text{ olara hesaplanır.}$$

Bir optiksel fiber için mod sayısı N yaklaşık olarak

$$N \approx \frac{V^2}{2} = \frac{89,4^2}{2} \approx 4000 \text{ bulunur.}$$

Böyle bir optik fiber ,bir çok-mod fiberdir. İçinde yayılan bir ışık atımı fiberin tekil modlarının içinde kılavuzlanan bir çok kısmi atımlardan meydana gelmiştir. Bu modların herbiri fiberin başlangıcında farklı bir başlama açısı ile uyarılır ve fiber boyunca nisbeten farklı ışın yolunda kılavuzlanır. Herbir mod süreç içinde farklı bir mesafe kateder ve böylece fiberin sonuna farklı zamanlarda varır. En uzun geçiş zamanı çekirdek ve kaplama camlarının kırılma indisinin oranıyla kıyaslanabilen enkısa geçiş zamanı ile bağlantılıdır ve böylece kabaca %1 den daha büyük olan kırılma indis farkı Δ boyutuna ulaşır.

Örnek:

Işık 1km uzunluğundaki basamak indis profilli bir fiberden yaklaşık 5μs' de geçmektedir. Gecikme zamanı (geçiş zaman farkı) Δt böylece yaklaşık olarak

$\Delta t \approx 5\mu s \times \%1 = 50ns$ olarak bulunur.

Tekil modların gecikme zamanı distorsiyonu modsal saçılma (*"modsaldispersiyon"*) olarak adlandırılır. Kısa bir ışık atımının bir basamak indis fiberinden geçmesi zaman içinde genişlemesine sebep olur. Bu optik iletim için dezavantajdır; çünkü bu iletim hızını (bit oranı) ve iletim bant genişliğini azaltır.

Bununla beraber temel mod aynı zamanda böyle bir fiber boyunca geçer gibi zamanda genişler. Bu etki, "Renksel dağılım " olarak hesaplanır. Çünki bu, materyallerin bir özelliğidir. Genel olarak her fiberde meydana gelir. Renk dağılımının model dağılımındaki karşılaştırılması, 1200 – 1600nm dalgaboyu bölgesinde nisbeten önemsiz veya sıfırdır.

Mod alan çapı ($2w_0$) terimi temel modun büyüklüğünü (yarıçap alan genişliği) belirtmekte kullanılır. 1200 nm dalgaboyu bölgesinde kılavuzlanan temel modlu düşük kayıplı bir basamak indis fiber imalatında mod alan çapı $2w_0$ yaklaşık olarak 10μm azaltılmalı.Bu şekilde imal edilen bir basamak indis fiber bir tek mod fiber veya mono mod fiber olarak adlandırılırlar.

Bir tek modlu fiber için tipik değerler şunlardır:

Mod alan çapı	$2w_0$	10μm
Örtü çapı	D	125μm
Çekirdek kırılma indisi	n_1	1,46
Kırılma indis farkı	Δ	0,003=%0.3

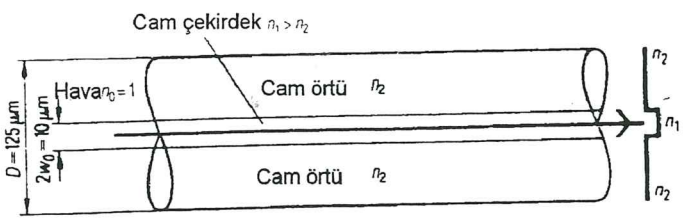
Şekil 3.4 'de tek modlu bir fiberin kırılma indis profilinde ışığın izlediği yol görülmektedir. Tek modlu bir fiberin tipik NA'sı;

$$NA = n_1\sqrt{2\Delta} \approx 1{,}41\sqrt{2\times 0{,}003} \approx 0{,}113$$

ve kabul açısı Θ;

$\sin\Theta = NA = 0{,}113$; $\Theta \approx 6{,}5^0$ olarak bulunur.

Burada dikkat edilmesi gereken bu sadece çekirdek çapında faydalı değildir. Fakat NA dan ziyade bu yüzden tek mod fiber içinde ilerleyen ışığa oranla daha güç olan çok modlu basamak indis fiberle karşılaştırmada NA çok daha küçüktür.



Şekil 3.4 Tek modlu fiber

3.2 Dereceli İndis Profil

Basamak indisli bir fiberde mod sayısı, bu modların değişen yol boyunca uzunluk ve bu yüzden fiberin sonunda bir zaman farkı meydana gelir.Model dağılımındaki bu istenilmeyen durum cam çekirdeğin kırılma indisi n_1 bir maximum değerden parabolik olarak n_2 kırlma indisli örtüye azaltıldığı zaman engellenebilir.Şöyleki bir dereceli indis profil veya güç yasası profili ki bu profil $g=2$ şeklinde tanımlanır.

Dereceli indis profili bir dalga klavuzu aynı zamanda dereceli indis bir fiberdir.Bir dereceli indisli fiber indis için tipik değerler.

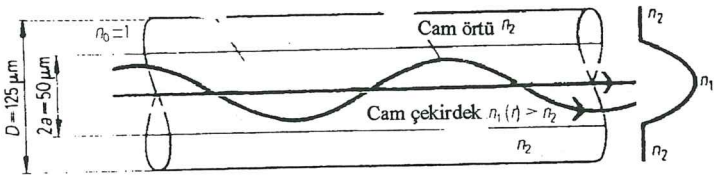
Çekirdek yarıçapı	2a	50μm
Örtü yarıçapı	D	124μm
Maksimum çekirdek kırılma indisi	n_1	1,46
Kırılma indis farkı	Δ	0,010

Şekil 3.4 de dereceli indisli bir fiberin kırılma indis profili ve bir ışık dalgasının aldığı yol görülmektedir.Işık ışınları optiksel fiber içinde dalga üzerinde eğrisel veya helikal bir yol izler.Basamak indis profil ile ayrılan yönü onlar zigzag şeklinde uzun yayınlanmaz. Cam çekirdekte kırılma indisindeki sürekli değişmeden dolayı ışınlar devamlı olarak yansır ve böylece onların dalga yolunda yayınlanmasından dolayı yayınım yönü değişir.Işıklar fiber ekseni etrafında fiber ekseni boyunca ışık ışını uzun bir yolda salınım hareketi yapar; bununla beraber fiber eksenlerinin dışının düşük kırılma indisdlerinden dolayı bu ışınlar uzun yol için gecikme zamanını denk olan hızlanmaya mukabil olarak bu ışınlar yol alır.Hemen hemen tamamen gözden kaybolan farklı ışınların gecikme zaman farkının sonucudur.Kırılma indisinin parabolik şekli birer derecede indisli fiberde çok dikkatli üretildiği zaman gecikme zaman farkı sadece 1 km de 3 μs bir geçiş zamanı için 0.1 ns den daha az olur. Materyal dağılımına ilavede profil dağılımından dolayı dereceli indisli bir fiberde minımal gecikme zaman farkı meydana gelir.Örtü ve çekirdeğin kırılma indislerindeki bu değişmeden dolayı dalga

boyları λ değişir ve bu yüzden kırılma indis farkı ve profil kuvveti g dalga boyuna bağlıdır.Bir parabolik dereceli indisinin optimal profil kuvveti ;

$$g=2-2P-\Delta(2-P) \qquad (3.12)$$

ifadesinden teorik bir temel üzerine hesaplanabilir(Mahlke ve Gössing, 1993). Yukarıdaki formülden dolayı g profil kuvveti P<<1 ve kırılma indisi farkı Δ dalga boyuna bağlıdır.



Şekil 3.5 Dereceli indis profilli fber

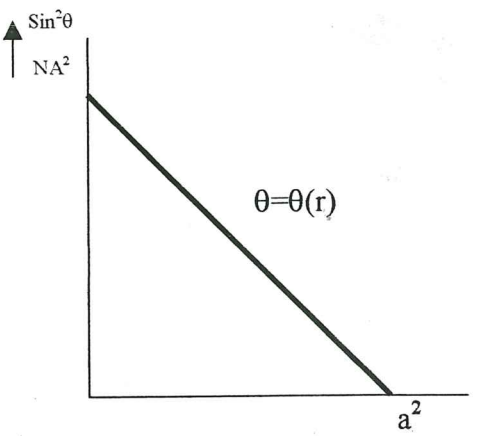
Hemen hemen aynı gecikme zamanına sahip bütün kılavuz modları için mümkün olan g=2 profil kuvvetine sahip bir dereceli indis profiline sahip bir optiksel fiberin kırılma indisi profili sınırlı bir dalga boyu bölgesindedir. Çünkü n(r) kırılma indisine sahip bir optiksel fiberdeki bu değerli indis profilidir.Fiber ekseninden r uzaklığına bağlı olup kabul açısı θ (çekirdek içersine ışığın girişi için önemli olan bir açı) r nin bir fonksyonodur.

Kabul açısı r=0 için fiber ekseninde büyür; NA değerine kesinlikle eşit olmalıdır. Örtü ara yüzünde ve r=a içinde kabul açısı 0 a eşittir.Dereceli indis profili tipik bir optiksel fiber için

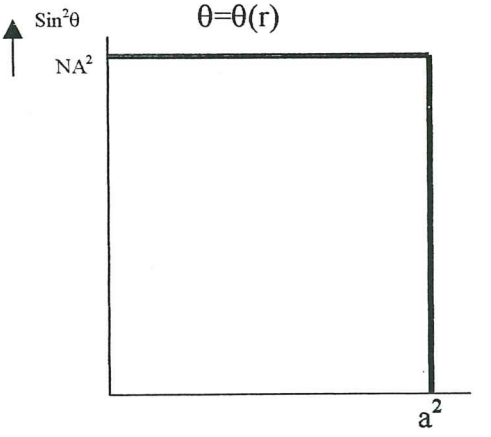
$NA = n_1\sqrt{2\Delta} \approx 1{,}46\sqrt{2\times 0{,}01} \approx 0{,}206$ ve maksimum kabul açısı θ_{max} fiberin eksenindedir.

$\sin\Theta_{max} = NA \approx 0{,}206$; olmalıdır.

Optiksel fiberin ekseninde r mesafesinin bir fonksyonu olarak kabul açısının planı için $Sin^2\theta$ ve r^2 koordinatlarını anlamak çok faydalı olur.Bu koordinat sistemi bir faz boşluk diyagramı olarak hesaplanır. Şekil 3.6 ve 3.7 da basamak indisli ve derece indisli optiksel fiberler için diagramlar görülmektedir (Karşılaştırmak maksadıyla). Çekirdek içersinde ilerleyen ışığın gücüne maximum kabul açısının eğriliği tarafından sınırlanan alan oranlanır. Çekirdekteki kılavuz modlarının sayısı N aynı zamanda bu alanla orantılıdır. Modlardan bir tanesi bu alan içersinde lokalize olabilir. Örnek olarak düşük $LP_{\nu\mu}$ modları (mod sayıları yaklaşık olarak ν=0,1,2 ve μ=1,2)ki bunlar fiber eksenine hemen hemen paralel olarak yayınlanır.Orijine kapalıdır.Yüksek $LP_{\nu\mu}$ modları ($\nu\mu$>>1) bölüm 2.7 de ayrıca anlatılmıştır. Bu alan dışında klavuzlanmayan modlar yanıltır; yani bunlar yüksek kayıplara sahiptir. Bazı iyi yayımlara sahip durgun sınırlı eğri hakkında modlar yanıltır, fakat azalmada yükselme görülür. Şöyle ki sızıntılı modlar hesaplanır; bunlar kısmen kılavuzlanır ve kısmen ışın yayar. Örrnek olarak boşluk faz diyagramının vasıtası ile diğer optiksel fiber malzemeler tanımlanabilir.



Şekil 3.6 Dereceli indis profiili Fiber için faz boşluk diyagramı



Şekil 3.7 Basamak indis profilli bir diberiçin faz boşluk diyagramı

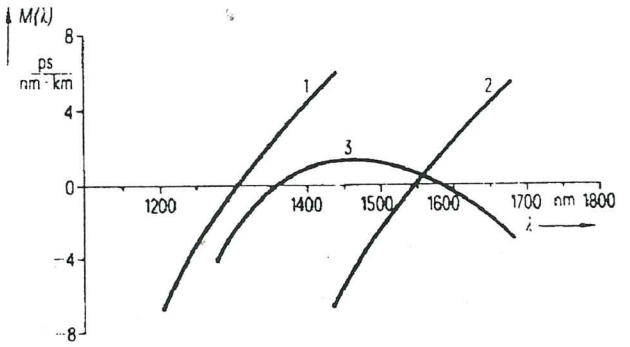
3.3 Çok basamaklı İndis Profil

Dağılımın iki tipi bir tek modda oluşturulur. Bir yandan burada, kırılma indisine $(n=n(\lambda))$ ve ışığın hızı $(c=c(\lambda))$ bağlılı dalgaboyu ile materyal dağılımı sebep olur. Bir diğer yandan da buradaki dalga boyu dağılımı, çekirdeği örten cam örtü üzerindeki LP_{01} temel modunun ışık dağılımının dalgaboyuna bağlılığından kaynaklanır ve bu yüzden kırılma indis farkı $\Delta=\Delta(\lambda)$ dağılımın her iki tipi ile birlikte alınarak renksel dağılım hesaplanır.1300 nm den daha yüksek dalgaboyu bölgesinde silika cam karışımında iki dağılım ters işarete sahiptir Başka cam karışımlarının kullanılması durumunda sadece materyal dağılımı değişebilir. Işık ayarıyla dalga kılavuzu dağılımı kırılma indisinin başka profil yapılarında kullanılması ile fazlaca tesir edebilir. Tipik tek modlu bir fiberin kırılma indis profili (kesiti), kırılma indis farkı Δ olan bir basamak indis profildir. Basit profil yapıları için bu toplam materyal ve dalga kılavuzu dağılımı 1300nm dalgaboyu yakının da sıfırdır.

Eğer farklı dalgaboylarına doğru bu sıfır dalgaboyu dağılımı taşınmak istenirse, o zaman optiksel fiberin yapısı ve dalga kılavuzu dağılımı çok fazla değişebilir. Çok basamaklı veya kesilen indis profile bu başlık teşkil eder.

Bu profillerin kullanılması ile 1500nm veya 1550, 1300 nm dalgaboyu bölgesine giriş için çok düşük değerdeki dağılım değerleri olan fiber optiklerin imalatına imkan sunar.

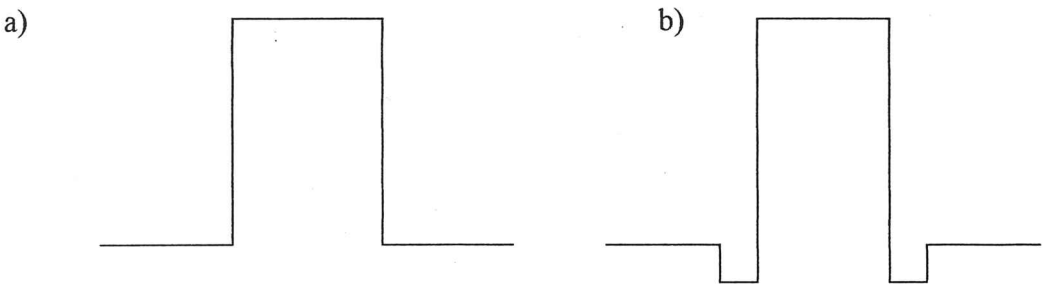
Şekil 3.8'de bir tek modlu fiberin için λ dalgaboyunun bir fonksiyonu olarak renk dağılımı görülmektedir. Farklı profil dizaynları için tek modlu fiberler imal edilebilir. Aşağıda bu profillerin bir bölümü bulunmaktadır



Şekil 3.8 Dalgaboyunun bir fonksiyonu olarak renk dağılımı.

Tip-1 Değişen dağılım yokken.

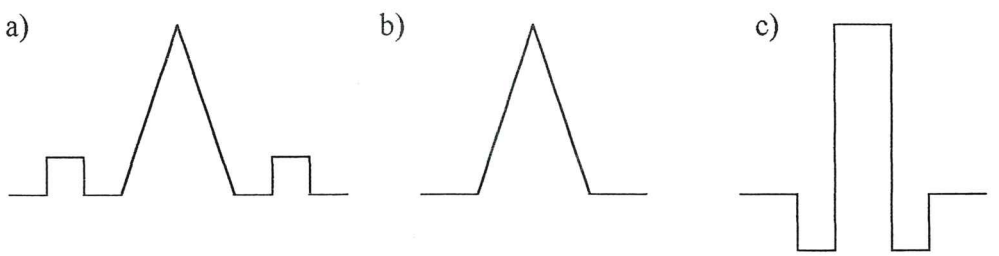
Standart basamakindis profil(Basit basamak indis veya örtüye benzer)Şekil 3.9a ve düşük kırılma indisli örtüye(Bastırılmış örtü) sahip basamak indis profil, Şekil 3.9b' de verilmiştir.



Şekil 3.9 Değişen dağılım yokken optiksel fiberin dizaynı

Tip-2 Değişen dağılım varken

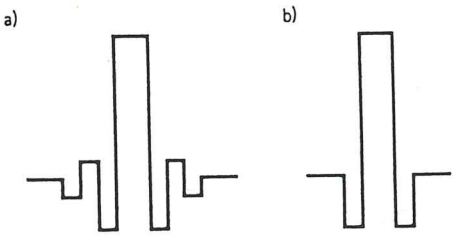
Üçgen kesilmiş çekirdek(kesilmiş çekirdek parça)profil Şekil 3.10a ve çift basamaklı kırılma indisli kesilmiş profil (çift örtü)Şekil 3.10b ' de görülmektedir.



Şekil 3.10 Değişen dağılım varken optiksel fiberin dağılımı

Tip-3 Düzeltilmiş dağılım

Örtünün kırılma indisinde dört bükümlü bir basamaklı kesilmiş profil Şekil 3.11a' da ve W profil (çift örtü) Şekil 3.11b' de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Düzeltilmiş dağılıma sahip Optiksel fiberin dizaynı.

4.AĞ KONFİGÜRASYONLARI

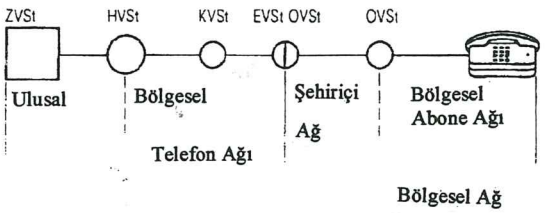
Bu bölümde ISDN, FITL ve LAN' ı içeren genel ve kişisel telekominikasyon ağlarından bahsedilecektir.

4.1 Bir Posta Yönetimi Kavramı

Alman Federal Posta Yönetimi Telekom' un (DBP Telekom) telefon ağı yerel ve şehirlerarası ağlara ayrılır (Şekil 4.1). Şehiriçi ağı ve yerel abone ağını içeren yerel ağda bakır teknolojisi kullanan iletim için, simetrik plastik izolasyonlu burulmuş çift kablolar kullanımdadır; bölgesel ve ulusal şehirlerarası ağlarda dengelenmiş taşıyıcı frekans ve koaksiyel (eşeksenli) kablolar yaygındır.

Fiber optik teknolojisindeki hızlı gelişme ve dijital teknolojisinin tanınması alışılmış ağ kavramının tekrar düşünülmesini sağlamıştır. Bu amaç için, fiber optik kablo teknolojisinin uygulamalı testleri telefon ağının bütün seviyelerinde yapılmıştır. Deneysel testler DBP Telekom' un himayesi altında çeşitli firmalar arasında rekabet biçimini almıştır.

Aşağıda bazı göze çarpıcı veriler verilmiştir, ki DBP Telekom' un çeşitli ağ seviyelerinde optik fiber teknolojisinin tanıtımı için önemlidir.



EVSt Bölgesel Hat Değişimi
HVSt Ana Hat Değişimi
KVSt Tali Hat Değişimi
OVSt Bölgesel Değişim
ZVSt Merkezi Hat Değişimi

Şekil 4.1

Alman Federal Posta Yönetimi Telekom' un telefon ağı yapısı.

4.1.1 Yerel Ağ

1 Eylül 1997' de Berlin' de Berlin I isimli proje dahilinde, telefon ağında ilk fiber optik yerel uzun mesafe kablosu çekilmiştir. 4.3 km uzunluğunda sekiz dereceli kılavuz fiberi yerleştirilmişti; o zamanda çekirdek/kaplama çapı 62.5/125 μm idi, mukavemet elemanları olarak aramit sicimi ve kablo çekirdeğini korumak için plastik bir kılıf vardı. Mart 1978' de 850 nm dalgaboyunda 34 Mbit' lik sistemiyle bütün tesis ölçüm ve test amaçları için faaliyete geçirilmiştir.

1982 ve 1983' te sırasıyla Berlin II ve BIGFON isimli projelerde, ilk defa olarak optik fiberler yerel abone ağında abonelerin evine olan bütün yollarda kullanılmıştır. Her iki projede her bir abone terminali, iki dereceli kılavuz optik fiberi yoluyla telefon merkez hattına bağlanmıştı.

1990' da eski Doğu Alman eyaletlerinde telekomünikasyon altyapısının tamamen yeniden inşası için abone ağında fiber optik teknolojisini test etmek için eşsiz bir fırsat kendini gösterdi. OPAL (Optical Access Line) isimli bu projenin parçası olarak, Leipzig' de 204 telefon hattı ve 37 kablolu televizyon hattı optik fiberler kullanılarak döşenmişti. 1991 Kasım' ında açılış töreni sırasında, DBP Telekom' un bir yetkilisi 1993' te eski Doğu Alman eyaletlerinin yerel ağında optik fiber teknolojisinde 200 000 hatta ulaşmayı hedeflediklerini bildirmiştir.

4.1.2 Şehirlerarası Ağ

1980' de 15.4 km uzunluğundaki Frankfurt' tan Oberursel' e olan ilk optik hat üzerinden aynı anda 480' e kadar uzun mesafe konuşma yapılıyordu. Ulusal şehirlerarası ağda optik fiber teknolojisinin bir testi olarak, Aralık 1982' de Berlin III projesi 9 km uzunluğunda bir kablo hattını çalışmaya açtı. Kablonun içindeki dört dereceli kılavuz fiberi bir uç noktada çiftler halinde düğümleyerek (papatya zincirlemesi), toplam uzunluğu 18 km olan 140 Mbit/s sinyallerin iletimi için bir spiral meydana getirilmiştir. Bu hat uzunluğuyla yükseltici aralığı mesafesi şehirlerarası ağ için bakır kablolarla varolan taşıyıcı frekans hattına uygundur.

Şehirlerarası ağ için bir sonraki önemli adım Berlin IV projesiyle 1988' de atılmıştır. O zamanlarda 140 ve 565 Mbit/s sinyallerin tek-modlu fiberler yoluyla iletimi için teknik çözümler ortaya konmuştu. Bu 36 km' lik uzun kablo tesisinde, dalgaboyu bölümü düzeyleme (WDM) yardımıyla, iki 140 Mbit/s ve 565 Mbit/s' lik sinyal aynı anda reaktif tekrarlayıcılar olmaksızın sadece bir tane tek-modlu fiber üzerinden iletilmiştir. WDM sistemi 1300 ve 1550 nm' lik dalgaboyları için tasarlanmıştı. Bu 1550 nm' de iletim için ilk testi sağlamıştır.

10 BIGFON ada ağlarının Almanya' da 7 şehirde toplam 350 abonesiyle test çalışmasından sonra, DBP Telekom, birbirine bağlı bir optik fiber şehirlerarası ağ inşa etmeye başladılar. 1987' den beri bütün yeni şehirlerarası kablo hatları fiber optik teknolojisiyle gerçekleştirilmektedir.

Kasım 1987' de DBP Telekom, Constance Gölü' nde ilk ilk sualtı fiber optik kabloyu döşedi. 16 tek-modlu fiberlerle iki fiber optik sualtı kablosu en kısa rotayla herbiri Friedrichshafen ve Konstanz' daki (21.3 km uzunluğunda) ve Konstanz ve Meersburg' daki (5.9 km uzunluğunda) şehirlerarası telefon merkez hattına bağlamaktadır.

1988' in sonbaharına kadar 9.6 km uzunluğunda korumalı bir fiber optik kablo Föhr adası ile Schleswig Holstein anakarası arasındaki bölgeye yerleştirilmiştir. Bu başlangıçtaki fiber optik kablo şimdi hiç reaktif tekrarlayıcı olmayan Niebüll ile Wyk arasındaki 32 km uzunluğundaki fiber optik şehirlerarası bir kablonun orta bölümüdür. Bu rotayla, modern fiber optik kabloların çok yönlülüğü ve daha da önemlisi bunların alışılmış bakır kablo teknolojisine oranla maliyet verimleri ispatlanmış oldu.

Alman Federal Posta Yönetimi Telekom, fiber optik kablolar için dizayn ve performans standartları için şartlarını Teknik Dağıtım Terimleri' nde 6015-3003 (şehirlerarası kablolar), 6015-3004 (dahili kablolar), 6015-3005 (yerel şehirlerarası kablolar, dielektrik mukavemet elemanları), 6015-3006 (çelik tel korumalı yerel şehirlerarası kablolar) olarak belirlemiştir. Bu kabloların genel tanıtımı için bu önemli bir kaynak olarak görülmektedir. DBP Telekom için fiber optik kablo dizaynları Bölüm 9.5' te detaylı olarak anlatılmaktadır. Yapısına bağlı olarak herbir kablo 2 veya 4 çift sıralı bakır tellere sahiptir.

İletişim teknolojisine bağlı olarak, alışılmış kablo dizaynının aksine, ağın belirli seviyelerine dengelenmiş düşük frekans, taşıyıcı frekansı veya koaksiyel çiftleri (yapısal elemanlar) gerektirirken, bu optik kablo teknolojisinde gerekli değildir.

Tekli-mod veya çoklu-mod fiberleri ile tekli-fiber ve çoklu-fiber gevşek tamponları uygun kablo dizaynlarıyla bütün yerel ve şehirlerarası ağlarda kullanılabilir. Böyle tesisleri dizayn etmede en önemli faktör düşünülen iletişim kapasitesidir. Daha büyük yükseltici aralıklarına ve hatların daha yüksek bir iletişim kapasitesine bağlı olarak, tek-modlu fiberler Alman ağının bütün düzeylerinde çok-modlu fiberlerin yerini artarak almaktadır.

4.2 ISDN

Elektriksel haberleşme iletişiminin başlangıcından itibaren ayrı ağlar oluşturulmuş ve teknolojinin imkanlarına bağlı olarak, ses, metin veya veri gibi haberleşmenin ayrı yöntemlerini sağlamanın özel amaçları için mükemmelleşmiştir. Bunlardan, sadece telefon ve telgraf ağları dünya çapında bağlantı amacı için kendini geliştirmiştir. Sadece bütün alışılmış servislerin değil, fakat aynı zamanda uyum problemleri olmaksızın haberleşmenin bütün yeni çeşitlerinin tek bir ağda iletimini sağlayan işlemler ve donanımla bir tümleşik ağ inşa etmek için uluslararası bir hedef ortaya konmuştur.

Telefon anahtarlama ve iletim için dijital teknolojinin uygulanması bir ilk adımdır. Bu ağın bir "tümleşik servisler dijital ağı" na (ISDN) genişlemesi için bir temel oluşturmaktadır. Bu sesin, metnin, verinin, sabit ve hareketli resimlerin (videotext, facsimile) bağlantı, daha iyi kalite ve daha büyük işlemsel uygunluk için daha kısa sürelerle iletimine izin verir.

Analog teknolojide düşük frekans iletimi için, sadece 0.3' ten 3.4 kHz' e kadar bir bant genişliği elverişlidir. Bu dijital teknolojide kanal başına 64 kbit/s' lik bir bit oranına karşılık gelir. Bu iletim için ISDN abone hattı 144 kbit/s' lik bir oranı sunmaktadır. Bu ses, metin ve/veya veri için 2 x 64 kbit/s (B kanalları) ve üç olası uygulama için (sinyalleme, "yavaş" paketlenmiş verinin iletimi ve gelecekte belki telemetri servisleri için) 1 x 16 kbit/s (D kanalı) olarak alt bölümlere ayrılır.

Başlangıç olarak, iletim varolan dengelenmiş bakır (koaksiyel) kablolar üzerinden gerçekleştirilir, ki bu umumi ağlara ulaşmayı çok kolay kılmaktadır.

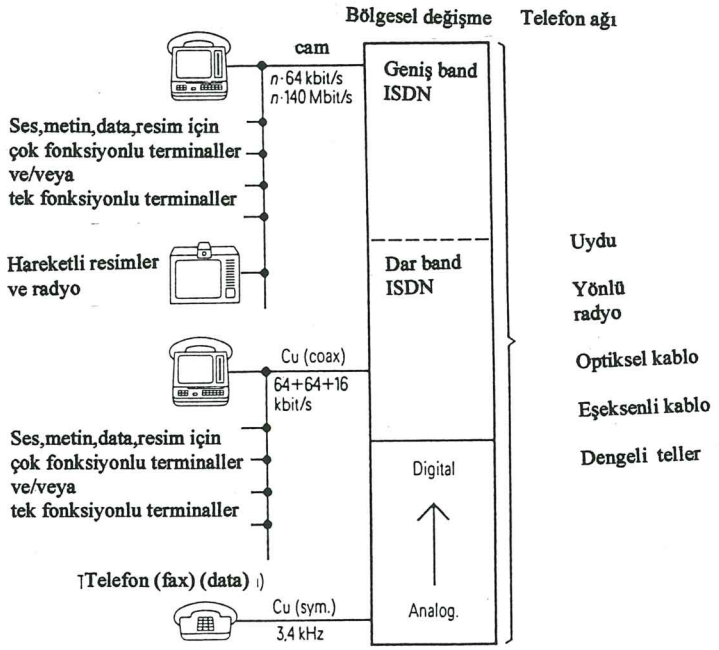
Alışılmış telefon ağları ile ISDN arasındaki temel fark, tek bir telefon hattı yoluyla, abonenin elverişli iki dijital kanala ve ilaveten sinyalleme için ayrı bir 16 kbit/s' lik kanala sahip olması gerçeğinde yatmaktadır. Umumi dijital anahtarlama sistemi EWSD, ISDN' nin bir parçası olarak çalışması ve özellikle abone hattına geçiş için, çok az bir değişikliğe ihtiyaç gösterecek şekilde geliştirilmiştir. Halihazırdaki dengelenmiş bakır telli iletim ağı değişiklik yapmadan bu iş için kullanılabilir.

Standardizasyon için uluslararası çabalar öylesine arttırıldı ki, 1984-88 CCITT çalışma dönemi sırasında, önemli ISDN standartlarından büyük çoğunluğu üzerinde uzlaşma sağlanmıştır. Ek olarak ETSI Avrupa telekominikasyon standartları hazırlanarak Avrupa ülkeleri için 1992/93' ten başlayarak zorunlu olmuştur

4.2.1 Geniş Bant ISDN

Alman Federal Posta Yönetimi Telekom' un tümleşik servisler haberleşme ağı üzerinden geniş bant servisleri için telekomünikasyon altyapı konuşmalarının daha ileri gelişimi için düşünceleri 1990' da başlamıştır. Standart organizasyonlar (örneğin CCITT), geniş bant ISDN konusuyla uğraşmaktadır. Geniş bant ağlarının ve servislerinin dünya çapındaki uyumluluğunu sağlayacaktır.

Dar bant ISDN servislerinin bir dizi geniş bant servisleriyle desteklenmiş olması planlanmıştır. Bunlar şunları içermektedir: video telefonculuğu, video konferansları, interaktif video-metin, hızlı veri iletimi, TV program dağıtımı (ücretli TV, yüksek tanımlı TV), stereo TV dağıtımı ve seçimi. Bu geniş bant servislerini entegre edebilmek için, abone hatları da 140 Mbit/s' ye kadar bit oranları gerekmektedir bunun için optik kablolar gereklidir.



Şekil 4.2 Analog ağdan geniş bant ISDN' ye

Geniş bant ISDN' lere abone olanlar, belirli derecelerde, ISDN servislerinin bütün seçimlerine ve performans seviyelerine ulaşmak için sadece tek bir geniş banda ihtiyaç duyacaklardır. Bu amaç için temel ISDN servis erişimi (iki B servis kanalı ve bir D sinyalleme kanalı) bir geniş bant kanalı tarafından arttırılacaktır. Şekil 4.2'de Sinyallemesi D kanalı yardımıyla gerçekleştirilecektir .

Geniş bant anahtarlama teknolojisine geçiş, yeni anahtarlama sistemlerini gerektirmeyecektir. Dijital elektronik anahtar, EWSD gibi ISDN anahtarlama sistemleri geniş bant anahtarlama için uygun modüllerle genişletilebilir. Geniş bant abone erişimine ek olarak, bir geniş bant anahtarlama ağı da geliştirilmektedir, ki performansındaki çok yüksek talepleri karşılayacaktır. Şimdiden yakın gelecekte 170 Mbit/s' lik bir bit oranıyla bir modül elverişli olacaktır.

4.3 FITL

Fiber optik iletim teknolojisi, şimdi umumi telekomünikasyon operatörlerinin şehirlerarası ve şehiriçi ağları için genel kullanımdadır, yerel abone erişim alanı geliştirilecek olan son ağ seviyesi olarak kalmıştır. ABD' den gelen atılganlıkla, çeşitli ağ topolojileri düşünülmüş ve bunların teknik ve ekonomik kabiliyetlerini öğrenmeye çalışılmıştır.

Telefon merkezinde başlayan fiber optik rotanın bitiş noktasına bağlı olarak, bu "fiber-in-the-loop" (FITL) ağları, yani fiber optik abone erişim ağları, farklı isimlere sahiptir, örneğin "fiber-to-the-home" (FTTH), "fiber-to-the-curb" (FTTC) veya "fiber-to-the-pedestal" (FTTP) gibi. Son iki durumda alışılmış bakır kablolar, bu uç noktalarına bağlanacaktır. Son varyant, bir fiber optik abone erişim ağının başlangıcı için özellikle ümit vericidir; çünkü teknik donanım için maliyetler çeşitli bağlanmış abone hatları üzerine yayılmıştır (lazer ve fiber paylaşımı). Sivil işler için maliyetlere ek olarak, fiber optik tesis ve lazerli ve fotodiyotlu optoelektronik teknolojisi için maliyetler yerel ağ ile birleşmede en önemlidir.

Her ne kadar optik fiberler şimdiden geniş bant uygulamaları için bugün önemli avantajlar sunsa da, fiber optik kabloların bireysel küçük ticarethanelerin ve kişisel müşterilerin (FTTH) beklentilerine karşılık gerçekten genişlemesi, sadece telefon servisleri için kullanıldığı durumlarda bile, yalnız optik çözümün konvansiyonel bakır teknolojisinden daha ucuz olduğu zaman başlayacaktır. Bu arada geleceğin ihtiyaçlarına yönelik bir FTTC çözümü gerekmektedir. Pasif optik ağ (PON) bu amaç için geliştirilmişti. Bu optik fiber ve elektrooptik çeviriciler gibi ana elemanların birkaç abone tarafından kullanılmasına izin verir. İsminden anlaşılacağı üzere, böyle bir ağ optik bağlantı elemanları, dağıtıcılar ve birleştiriciler ve fiber optik kablolar ve ekleyicilerden, yani sadece pasif optik elemanlardan meydana gelir. Şekil 4.3'de bir veya daha çok bölümlere ayırıcı elemanlarda dağıtıcıların düzenlenmesi sebebiyle, bir PON' un yapısı bir yıldız ağını andırır.

Pasif optik elemanlarla birlikte, interaktif ve geniş bant dağıtım servisleri için merkezi birimler (CU) ve uzak birimler (DU) bir PON' un ana elemanlarını oluşturur. CU irtibat noktasında yerel telefon merkezi ve CATV baş ucuyla PON' un adaptasyonu görevini üstlenmiştir. Merkezi birimler ortak bir ana kablo yardımıyla ayrı optik fiberler içinden interaktif ve dağıtım servisleri için kablo dağıtım kutusundaki pasif optik

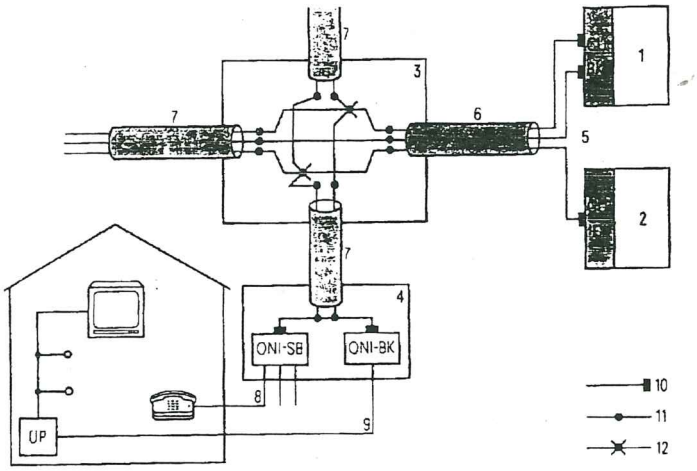
bağlantı elemanlarına sinyalleri gönderir. Bu 1 : n bağlantı elemanları gelen ışık gücünü ile doğrudan n çıkış terminaline dağıtır. Bu dağıtım kutusundan, sinyaller tekrar dağıtım kablosundaki ilgili optik fiberler yardımıyla uygun uzak birimlere gönderilir. Çok aileli bir meskenin çatı katında veya bodrum katında yerleştirilmiş olan uzak birimlerde, elektrooptik çevrim meydana gelir. Buradan sinyaller 30 aboneye kadar bakır çiftler ve koaksiyel kablolar yardımıyla ilgili abonelere dağıtılır.

Gelecekteki FTTH çözümünü PON aboneleri için kolayca ve ileri sivil çalışmalar olmaksızın yerine getirmek için, abone haberleşme kabloları hibrit kablolar (bakır çift ve optik fiber ile birlikte bir kablo kılıfı içinde) olarak dizayn edilmektedir. Uzak birim abone ucunda pasif optik ağın son noktasıdır.

4.3.1 Pasif optik ağ (PON)

İnteraktif servisler için, sinyallerin CU' dan bireysel DU' ya, yani abonelere iletimi, zaman bölüşmeli çoklu kanal tekniği (TDM) ile gerçekleştirilir. Zıt yönde bilgi iletimi daha zordur, çünkü abonelerin coğrafi yerleşiminin farklılığı gecikme zamanında farklılaşmaya yol açar. Bütün aboneler diğer yandan kablo dağıtım kutusundaki pasif optik birleştirici ile merkezi birim arasındaki ana kabloya aynı optik fiber yardımıyla erişebilmelidir. Bu yönde iletim için birden fazla erişimli "multiplex" (çok kanal), tekniği TDMA, aynı zamanda uydu teknolojisinde de kullanılmaktadır ve gereklidir. Bu herbir abonenin erişim zamanının CU' ya ulaşan sinyallerin gecikme zamanlarına bağlı olmasının temin edilmesini kontrol eder.

PON ortamı tek-modlu optik fiberdir. Maliyet düşüncelerine bağlı olarak interaktif servisler herbir optik fiberde merkeze doğru olan yönde 1300 nm kullanılarak ve aboneye doğru olan yönde 1550 nm' de, her iki yönde, yani çift yönlü olarak gerçekleştirilir. Yönleri ayırt etmek için gerekli olan optik filtre sadece düşük iletim kaybına sahiptir. Böylece mesafe sorunu, iki ayrı optik fiberli bir çözümle kıyaslandığında oldukça düşüktür. Menzil, temel olarak seçilen iletim bant genişliğine bağlıdır; yani abonelerin sayısına ve iletilecek servisin tipine bağlıdır. Bununla beraber, irtibatlayıcıların, bağlayıcıların sayısı ve optik fiberlerin zayıflatma katsayısı da zayıflatma etkisini değiştirir. TDMA yöntemiyle tolere edilecek olan gecikme farkına bağlı olarak optik TV iletimi için menzil yaklaşık olarak 9 km' dir.



CU-BK Genişbant haberleşme için merkezi birim
CU-ID Etkileşimli servisler için merkezi birim
ONI-SB Darbant servisleri için optik ağ arabirimi
ONI-BK Genişbant haberleşme için optik ağ arabirimi
ÜP Bağlantı noktası

1 BK başucu
2 Yerel değişim
3 Kablo dağıtım kutusu
4 Uzak birim (DU)
5 Merkezi birim (CU)
6 Fiber optik ana kablo
7 Fiber optik dağıtım kablosu
8 Simetrik bakır kablo
9 Eşeksenli bakır kablo
10 Fiber optik konnektör
11 Fiber optik eklem
12 Fiber optik birleştirici

Şekil 4.3

Bütün abone hatlarının büyük çoğunluğu (%90) 4.5 km' den daha kısa olduğundan her iki servisin iletimi için uygun yeterli sistem araları vardır.

DU biçimindeki aktif ağ uç cihazları ve evvelce merkez bataryasından bakır çiftler yardımıyla hizmet vermiş olan abone telefonları arızaya karşı emniyetli bir güç kaynağına (kesintisiz güç kaynağı) ihtiyaç duyar. Fiber yardımıyla aboneye iletim ve orada depolama için yeterli enerjiyi ışık biçiminde sağlayan önceden varolan bir çözüm bulunmadığından, optik yerel erişim ağlarında güç kaynağı problemi dikkate alınmalıdır.

Abone hatlarının güç kaynağı için merkezden, yerel olarak veya abone tarafından olmak üzere üç seçenek mümkündür. Merkez ile DU arasındaki mesafe kısa olduğu zaman, fiber optik kabloya paralel çalışan iletkenin çapı çok büyük olmadığında merkezin güç kaynağından uzaktan güç sağlama mümkündür.

Yerel güç kaynağının DU' ya umumi güç ağına doğrudan bağlantı ile bağlanması durumunda, önlenemez güç kesintileri sırasında kullanım için ilave bir yedek batarya gerekmektedir. Bu aynı zamanda işlemlerin abonenin kişisel güç ağı yardımıyla yapıldığı durumlar için de gereklidir. Bu bataryalar interaktif servislerin çalışmasını en az birkaç saat için sağlamalıdır. Toparlarsak, şu söylenebilir ki, bu üç seçenekten hiçbirisi güç kaynağı için ideal bir çözüm değildir; özellikle yerel ağ durumunu temel alan bir seçim yapılmalıdır.

4.4 LAN

Yerel alan ağları "local area networks" (LAN) terimi bir yanda çok kısa mesafe üzerinden çok yüksek bit oranlı işlemci hatlarıyla diğer yandan nispeten düşük bit oranlı fakat çok uzun mesafeli ağlar arasında ayrım yapmak için getirilmişti. Bir LAN' ın bireysel istasyonları genellikle birbirinden 100 m ile birkaç kilometre arasında mesafede olurken bit oranları bazen 100 Mbit/s' ye ulaşır.

Yerel alan ağları için aşağıdaki tanımlama Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu' nun TC 97 çalışma grubu tarafından ortaya konmuştur. "Bir yerel alan ağı birbirine bağlı bağımsız terminaller arasında bilginin "bit-serial?" iletimi için bir ağdır. Kullanıcı bunun için tam sorumluluğa sahiptir ve bu kişinin mülkiyetiyle sınırlıdır." Federal Almanya' da farklı arsalardaki binaların birbirine bağlantısı için DBP Telekom' dan özel izin gereklidir.

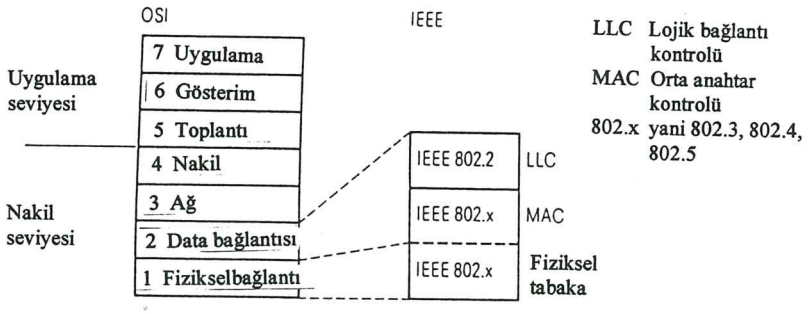
Genel LAN sistemleri iletim ortamlarının yanında, topolojilerine, uygulama kriterlerine, ara birimlerine ve erişim yöntemlerine göre farklılık gösterir. Analog ve dijital teknolojideki birçok uygulamanın tersine,bilgi genellikle bir iletim kanalının konuşma süresince sürekli olarak anahtarlandığı bir telefon bağlantısı gibi tam olarak tayin edilmiş kanallar yardımıyla değil de veri paketleri biçiminde dağıtılır.

LAN uygulamaları başlıca ofis haberleşmeleri (elektronik posta), kişisel bilgisayar (PC) ağları ve endüstri (örneğin işlem kontrol için) alanlarındadır.

Telefon ağlarının yerleşke alanı dışındaki LAN için, ayrı fiber optik kablo ağları gereklidir. Birbirine bağlanma, örneğin ISDN ve LAN haberleşme ağları arasında, kapılar yoluyla gerçekleştirilebilir, ki LAN için umumi ağlara erişim sağlar.

İletim ortamının seçimi (bakır teller ve/veya optik fiberler) başlıca sözkonusu sistemin teknik gereksinimlerine ve ekonomik verimine bağlıdır. Optik fiberler LAN uygulamaları için düşük zayıflatmalarına, yüksek bant genişliklerine, abonelerin galvanik ayrımına, kesişmeye karşı yüksek güvenliğine ve elektriksel gürültülere karşı duyarsızlığı sebebiyle özellikle avantajlıdır.

Bu özelliklerin önemine bağlı olarak, sadece optik fiber teknolojisiyle karşılanabilecek olan yüksek bit oranlı belirli uygulamalar vardır, örneğin banka ve sigorta ağları, üniversite ağları, tıbbi uygulamalar için ağlar, CAD işlemlerinde ve tehlikeli alanlardaki ağlarda, askeri ağlarda ve uygun marketler için ağlarda.



Şekil 4.4 IEEE ile kıyaslanmış OSI referans modeli

Heterojen LAN teknolojilerinin birleştirilmesi için, Şekil 4.4'de gösterilen bir dizi standartlar geliştirilmiştir. Açık sistemlerin haberleşmesi için en önemlisi yedi tabakalı açık sistemler irtibatlı referans modelidir (OSI), ki taşıma ve uygulama tabakalarına ayrılır ve birçok uygulamalar için temeldir. Yedi tabaka mantık olarak birbirinin üzerine yapılanmıştır, yani yüksekteki her bir tabaka daha düşük tabakaların servislerini kullanmak zorundadır (Şekil 4.4).

IEEE çalışma grubu 802' nin çalışma alanı içinde LAN/MAN ağ topolojileri, erişim protokolleri ve mantıksal bağlantı kontrol seviyesi, ikincil erişim protokolleri ile karşılıklı bağlantı noktası ve aynı zamanda ikincil uygulama seviyesine karşılıklı

bağlantı noktası oluşturmaktadır, standart 802' nin çerçevesi içinde bahsedilmektedir. Eğer IEEE 802' nin içindeki standartlar bir OSI tabaka modeli üzerine tutulursa, seviye 2' ye geçilmiş olur. LAN topolojilerinde (iletim yollarının bütünlüğü), yıldız, halka ve tevzi "bus" yapıları (Mahlke ve Gössing, 1993) olmak üzere üç farklılık ayırt edilmektedir.

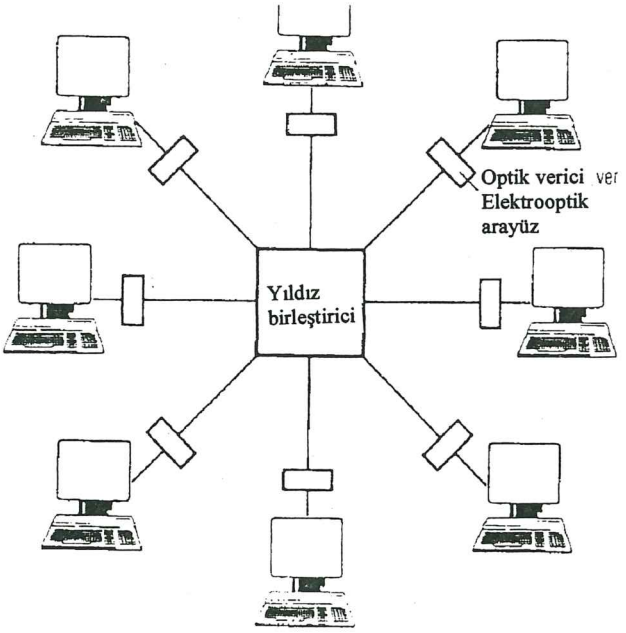
Tablo 4.1 IEEE çalışma gruplarının konuları

802.1	IEEE 802' nin bütün konularının özeti, anlatımı ve bağlantıları OSI ile bağlantılar Köprüleme fonksiyonlarının tanımı
802.2	Mantıksal bağlantıların tanımı (tabaka 2)
802.3	CSMA/CD (tabaka 2) ve fiziksel tabaka (tabaka 1)
802.4	İz geçen dağıtıcı "bus" (tabaka 2) ve fiziksel tabaka (tabaka1)
802.5	İz geçen halka (tabaka 2) ve fiziksel tabaka (tabaka1)
802.6	MAN (Metropolitan alan ağı)
802.7	Geniş bant LAN
802.8	Optik fiber yardımıyla veri iletimi
802.9	Tümleşik ses ve veri arayüzü
802.10	LAN koruma
802.11	Telsiz LAN

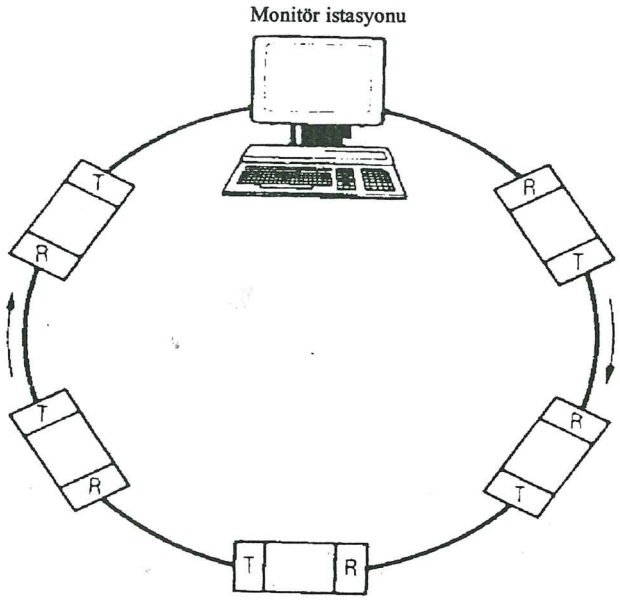
4.5 Yıldız Ağları

Yukarıda sıralanan sebeplerden dolayı Şekil 4.5'de gösterildiği gibi fiber optik kablolar yıldız ağ yapılanmaları için özellikle kullanışlıdır. Temel şart Ethernet' e göre olmaktadır. Tipik değerler CSMA/CD erişim yöntemiyle (çarpışma tespitli taşıyıcı duyarlı çoklu erişim) 10 Mbit/s' dir. Böyle ağların merkez noktalarında aktif yıldız birleştiriciler vardır; bunlardan optik kablolar ya ilgili terminallere veya sonraki yıldız birleştiriciye bağlanır. Yıldız ağları taşınan servisten bağımsız olan bir topoloji sunar ve

esnektir, çok sayıda veri hattı fonksiyonlarının kapı-ilişkili ("port") yürütülmesine izin verir.



Şekil 4.5 Bir yıldız sisteminin şeması



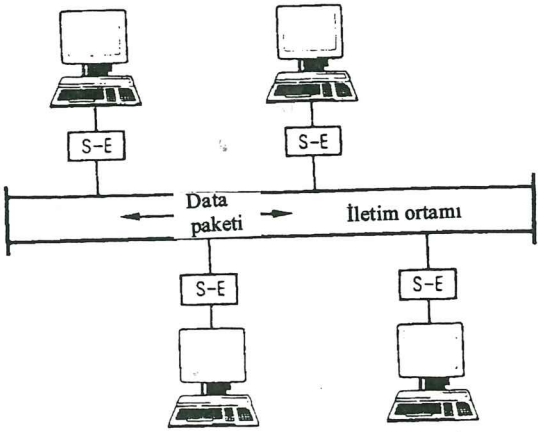
Şekil 4.6 Bir halka sisteminin şeması T Verici R Alıcı

4.6 Halka Ağları

Optik kablolar Şekil 4.6'da gösterilen halka ağlarında yaygın olarak kullanılabilir. Sinyaller, alıcı istasyona ulaşıncaya veya veri paketi ilk çıktığı yere geri dönünceye kadar istasyondan istasyona iletilir. Her seferinde sinyal iletilir, güçlendirilir. İz (işaret) erişimi iletim yetkisinin paylaşılmasının bir yöntemi olarak kendini ortaya koyar (IEEE 802.5' te standartlaştırılmış). Bir iz halka boyunca dolaşır ; izin algılanması bir haberleşme paketinin iletimi için yetki verir.

4.7 Dağıtıcı ("bus") Ağlar

Temel bant sistemleri, Ethernet' e göre belirtilmiş, ve kendilerini birçok uygulama için görevlendirir. Dağıtıcı sistemlerde Şekil 4.7'de verilen, rotayı arttırmak için, koaksiyel bakır kablolar gibi özellikle dengelenmiş fiber optik kablolar iletim ortamı olarak kullanılır. Veriler her iki yönde koaksiyel kablo üzerinde pasif bir montaj şeması yardımıyla iletilir ve her iki uçtaki yansıtmayan terminal dirençleriyle silinir. Bu veri paketleri alıcı ve verici adreslerini taşır ve adreslenmiş istasyon(lar) tarafından okunur. Ofis sistemlerindeki erişim yöntemi aşağıda anlatılan CSMA/CD sistemidir. Endüstriyel uygulamalarda, iz dağıtıcı (IEEE 802.4' te standartlaştırılmış) kullanılır.



Şekil 4.7 Bir dağıtıcı sisteminin şeması

Bir istasyon iletime başlamadan önce, halihazırda iletilmekte olan sinyalin bulunup bulunmadığını "dinler". Eğer böyleyse, o iletimin sonuna kadar bekler; değilse iletime başlar. İletim başladığında istasyon, iletim kanalını "dinler". Eğer, yaklaşık aynı zamanda iletime başlayan bir diğer istasyonun verileriyle bir çarpışma algılarsa, iletimi keser ve bir rasgele sayı üreteci tarafından belirlenen sonraki bir zamanda tekrarlar. Bu sistem bütün istasyonların iletim ortamına, coğrafi yerleşimlerinden bağımsız olarak eşit erişimini sağlayacaktır. Böyle ağların bir diğer sık karşılaşılan uygulaması kişisel bilgisayarların birleştirilmesindedir, ki bir LAN yardımıyla bunların umumi kayıtlara, yazıcılara ve işlemci birimlerine erişimi sağlanır.

4.8 Kablo Çekme Kavramları

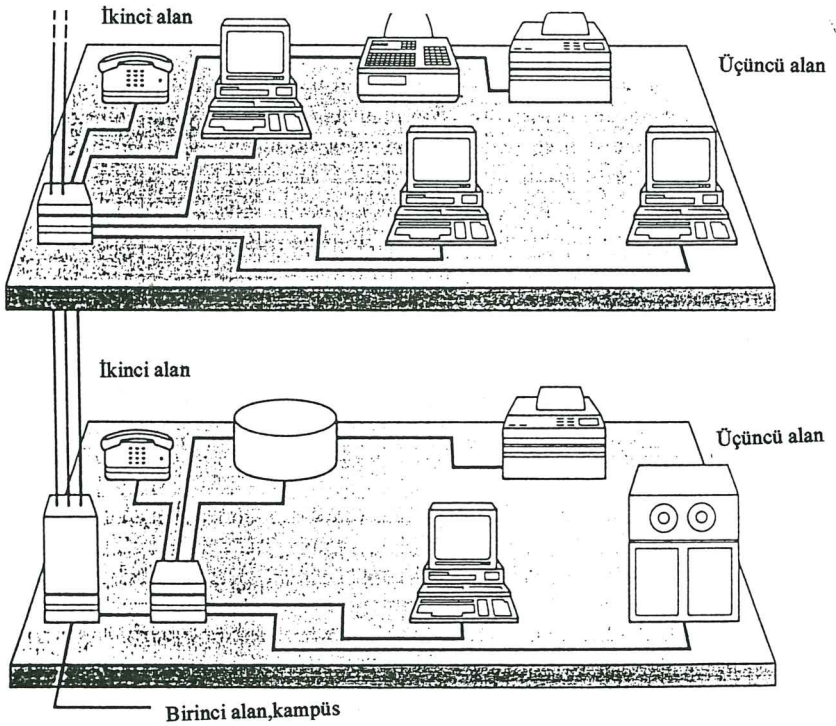
Geçmişte, binaların içine ve dışarıya kablo çekme sağlanacak servise göre (ses, veri) planlanırdı. Sonuç ta çoğu zaman özel ihtiyaçları karşılamak üzere birbirine paralel yerleştirilen birkaç tane farklı fiber optik ve bakır kablolar olurdu, ki daha sonra modern haberleşme dünyasının taleplerini karşılamadır. Materyallerin yaygın depolanmasının yüksek orta-vadeli ek maliyetlerinin düşünülmesine yeterli önem verilmemektedir, pahalı olmayan başlangıçtaki yatırımın düşünülen düşük maliyeti
hesaplanırken tesisin dokümantasyonu ve hizmet vermesinin yanında personelin ilk baştaki eğitimi ve eğitimlerinin yükseltilmesi daha zordur.

Yapılanmış kablo çekme kavramları tersine sunulan hizmetten bağımsız olarak geleceğe yönelik bir uygulama için bir çözüm sunmaktadır. Bunlar standartlara uymaktadır, esnektir ve bütün elemanlarda haberleşme teknolojisinin en yüksek standartlarını karşılamaya yeterlidir; örnek olarak, kablo, terminal teknolojisi, yerleştirme kolaylığı.

Siemens yapılanmış kablo sistemi ICCS' yi (tümleşik komünikasyonlar kablolu sistemi) geliştirmiştir. İçerisinde birincil (omurga, yerleşke), ikincil (omurga, bina ve

çoğalma alanları) ve üçüncül alan (abone, bireysel kat) arasında bir ayrım yapılmıştır. Bu sistem, Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Birincil ve ikincil alanlarda, esas olarak fiber optik kablolar kullanılmaktadır. Üçüncü alanda temel olarak dengelenmiş zırhlı bakır kablolar veya alternatif olarak fiber optik kablolar iş görmektedir, bunun anlamı sadece iki tip kablo gerekmektedir.

Optik çalışma istasyonu kablolama FTTD (fiberden masaya), planlandığı gibi, Ethernet elemanlarının haberleşme ağına doğrudan bağlanmalarına izin verir. Eğer kablo çekme dengelenmiş ICCS bakır kabloları ve ilgili uçlandırma ("termination") teknolojisi ile gerçekleştirilirse, sistemin sürekli geniş zırhlanması kablo tesisleri ile gürültü sınırlamasını ve girişimi dikkate alan şartnameleri (örneğin BMPT Alman resmi gazete şartı 243/1991) ve Avrupa standardını (örneğin EN 55 022) sağlar.

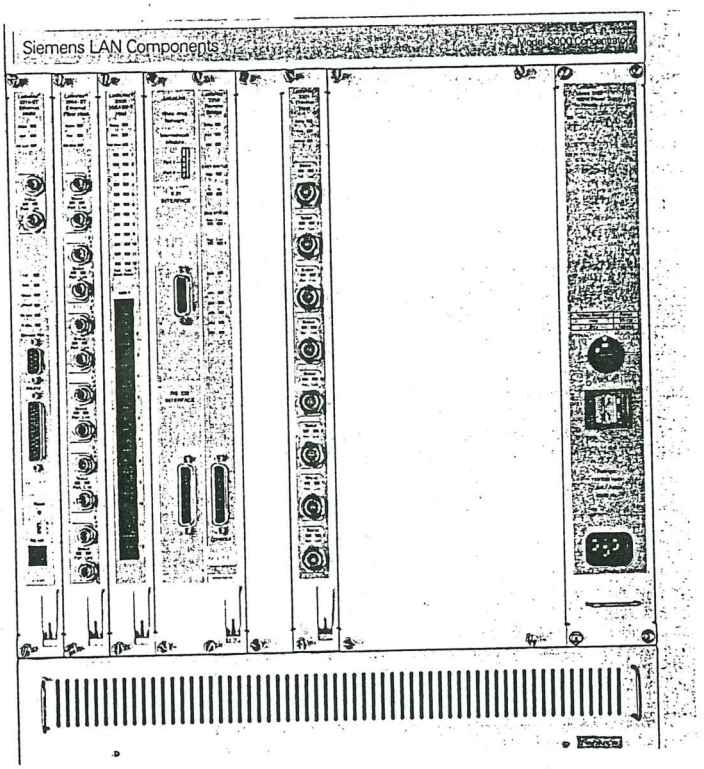


Şekil 4.8 Sadece iki kablo tipiyle yapılanmış kablolama sistemi ICCS.Birincil alan: fiber optik kablolar. İkincil alan: fiber optik kablolar ve ICCS kabloları. Üçüncül alan: ICCS kabloları

Aşağıda bahsedilen pasif ve aktif ağ elemanlarının sadece optimum seçimi yüksek verimli bir LAN' ı temin eder.

4.9 LAN için Aktif Elemanlar

Herbir LAN, örneğin Ethernet (IEEE 802.3' e göre CSMA/CD), İz Halkası (IEEE 802.5) veya FDDI (ANSI X3T9.5), belirli protokoller ve ortama erişim yöntemleri, kablo tesisi kullanır. Aktif LAN elemanları sinyali iyileştirmek ve parçalara (güçlendirici) bağlamak, sinyalleri standartlaşmış terminal arayüzlerine (verici) vermek, ağın parçalarını birbirine bağlayarak fiziksel (köprüler) veya mantıksal (rota belirleyici) ağları oluşturmak ve bütün ağı işletmekle görevlidir.



Şekil 4.9 LAN-Yoğunlaştırıcı

4.9.1 LAN Yoğunlaştırıcıları

Lan yoğunlaştırıcıları tek fonksiyonlu birimlerin yerini alır ve böylece ağın düğüm noktalarını içerir. Yoğunlaştırıcılar çeşitli kablo tiplerine (örneğin fiber optik,

koaksiyel ve dengelenmiş bakır kablolar)göre bağlanabilir ve böylece yapılanmış bir kablo sistemi ile bir LAN için önşart olur.

Şekil 4.9 da gösterilen bir LAN yoğunlaştırıcı birkaç dağıtıcı sistemin yanında sistemin belirli ihtiyaçlarını karşılamak için seçilmiş modülleri tutan bir modül askısından ve bir yedek güç kaynağından meydana gelir. Çeşitli modüller LAN için omurga arayüzünü Ethernet, İz Halkası, FDDI ile bağlamayı ve veri terminallerini kendi terminal hizmet modülleriyle tümleştirmeyi mümkün kılar.

4.9.2 Ağları Birbirine Bağlama ("Internetworking")

Yerel alan ağlarının sayısı giderek artmaktadır, bu gelişmeye paralel olarak tek birLAN' ın diğerlerine irtibatlanması ihtiyacı görünür hale gelmiştir. Ağları birbirine bağlama, ayrı kısmi ağların bir tam ağa bağlanmasını mümkün kılmaktadır.

Bu amaç için protokolden bağımsız köprüler (OSI modelinin tabaka 2'si) ve protokole bağımlı rota belirleyiciler (tabaka 3) kullanımdadır. Teknik verimlilikleri artarken, köprü ve rota belirleyici arasındaki fark azalmaktadır. Her iki birim de nakil merkezli olarak adlandırılan seviyeler içinde çalıştığından, kullanıcı bunların varlığını farketmez. Kullanıcı böylece ağlararası haberleşme için gerekli olan o veri paketlerinin bir kısmi ağdan diğerine geçmesine izin verenler sadece köprüler ve rota belirleyiciler olsa bile serbest haberleşmeye izin veren bir ağa elinin altında sahip olduğu izlenimine sahiptir (yük ayırımı).

Tersine yükselticiler ağları birbirine tam olarak herbir veri paketini ikinci bağlı bulunan kısmi ağa geçirerek bağlar. Hiçbir yük ayırımı olmamaktadır. Ağların birbirine bağlanması fonksiyonu bir modül yardımıyla yoğunlaştırıcıların içine tümleştirilebilir veya modüler olmayan bir birim yardımıyla ağ üzerine anahtarlanabilir.

4.9.3 Ağ İşletimi

Ağ işletimi, bir ağ içerisindeki bütün aktif elemanların servislerden bağımsız olarak ağdaki herhangi bir serbestçe seçilebilen noktadan işletilmesini mümkün kılar. Tek şart, denetlenecek olan bütün istasyonların aynı işletim protokolüne sahip olmalarıdır. SNMP (basit ağ işletim protokolü) kendini "de-facto?" standardı olarak göstermektedir. TCP/IP protokol ailesine aittir.

Ağ işletimini kullanarak, istasyon, yoğunlaştırıcı, modül ve port seviyeleri yönetilir ve denetlenir. Kendi görevinde ağ işleticisi çalıştırmayı ve sorun gidermeyi

çok kolaylaştıran ve komutları SNMP komutlarına çeviren bir grafik kullanıcı arayüzle desteklenir. Çabucak durumları, hataları ve aşırı yüklemeleri belirlemek ve ölçümlerle otomatik veya el idareli olarak tepki vermek mümkündür. Geniş ağlar için, dağılmış, bir merkezden yönetilmeyen ağ işletimine izin veren, birbirinden bağımsız olarak yönetilebilen bölgeler kurmak mümkündür.

4.9.4 Aktif LAN Elemanları için Kontrol Listesi

Ağ operatörü, yalnız LAN elemanları ve yapılanmış kablo sistemi koordineli olarak planlandığı ve test edildiği zaman optimum avantajı kazanır. Bir servisten bağımsız iletişimler yapısının amaçları için aşağıdaki şartlar aktif LAN elemanları tarafından karşılanmış olmalıdır:

i) Elemanlar yerel alan ağları için bütün ilgili standartları (IEEE, ANSI, OSI vb.) karşılamalıdır. Bu açık sistemlerin üreticiden bağımsız kalmasının tek garantisidir.

ii) Kablo altyapısının yıldız topolojisi iki yoldan desteklenmelidir: Bütün LAN servisleri bir yıldız topolojisi yardımıyla erişilebilir olmalıdır. Ağ işletimi herbir bağlanmış istasyonun bir konsoldan kontrolünü ve denetimini mümkün kılmalıdır.

iii) Sistem bir donanım platformunun temeli üzerinde çeşitli servisleri (örneğin Ethernet, İz Halkası, FDDI) ve fonksiyonları (örneğin köprüleme ve rota belirleme) sağlamak için modüler olmalıdır ve tümleşik bir ağ işletim sistemi olmalıdır.

iv) Ağ işletimi standartlaşmış protokolleri (örneğin SNMP) kullanmalıdır ve yeni standartları (örneğin OSI) karşılayabilmelidir.

v) Elektronik elemanların kalite ve arızaya karşı emniyet standardı oldukça yüksek olmalıdır; çünkü iletişim sistemlerinin uygunluğu büyük oranda bu elemanlara bağlıdır.

4.10 FDDI

İletişim sektörü için elektronik ürünlerdeki yeni teknolojilerin ortaya çıkması ve fiber optik teknolojisinin sürekli gelişimi, yüksek değerli uygulamalar için yerel ağlar tasarımını mümkün kılmaktadır.

FDDI (fiber dağıtımlı veri arayüzü), fiber optik iletim ortamı için tasarlanmış bir iz geçirme tekniğidir. Ethernet' in (10 Mbit/s) ve İz Halkası' nın (4 ve 16 Mbit/s) tersine 100 Mbit/s' lik iletim hızlarına ve böylece yüksek hızlı bir fiber optik ağa imkan tanır.

Aşağıdaki özellikler bu yüksek hız tekniğinin tipik özellikleridir:

i) Fiber optik teknolojisinin baştan başa kullanımı, harici iletim özelliklerinin minimum girişim hassasiyetiyle birleştirilmesi.

ii) Omurga ve ön uç uygulamaları için yeterli kapasite ile 100 Mbit/s' lik nominal veri oranı,

iii) 200 km uzunluğunda bir fiber üzerinde 1000' e kadar fiziksel bağlantı opsiyonu,

iv) yüksek yükleme ve aşırı yükleme bölgesinde mükemmel yayılma özellikleri ve İz erişim prensibinin kullanımıyla ağ erişiminin tarafsız kullanımı,

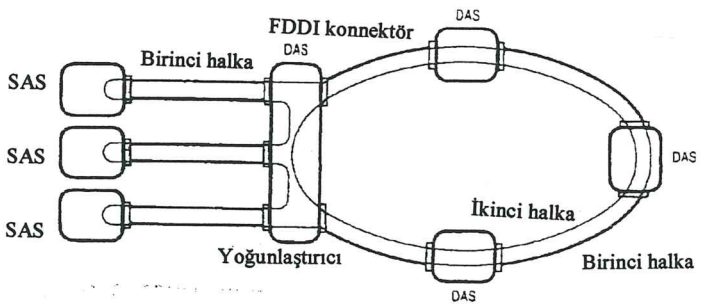
v) ters dönen fiber optik halkaları ve bunun yanında bir akıllı istasyon işletimi (SMT) içeren arıza toleranslı dizayn,

vi) abone erişim alanında opsiyonel bakır kablolama kullanımı.

Böylece FDDI, ön uç çözümleri (çalışma istasyonuna 100Mbit/s) olarak da adlandırılan, komple bir ağ yaratmak için geçmişte sık sık yerleştirilen ve Ethernet (10 Mbit/s) veya İz Halkası (4/16 Mbit/s) tabanlı ada çözümlerini birbirine bağlayabilir.

Yerleşke alanında (yani binalar arasında, birincil bölge) bir FDDI ikili halka bütün binalar üzerinden bir ağ olarak inşa edilmiştir. İkili halkadaki istasyonlar (ana çerçeveler, köprüler/rota belirleyiciler veya yoğunlaştırıcılar), ikili bağlantı istasyonları (DAS) veya A Sınıfı istasyonlar, her iki optik halkayla bağlanır ve böylece bir bağlantı kopsa bile faaliyette kalır.

Kat dağıtım istasyonlarına (ikincil seviye) ve terminal ekipmanına (üçüncül seviye) bağlantı ağaç benzeri bir yapıyla gerçekleştirilir. Bu "ağaçlara" bağlantı Şekil 4.10'da verilen tekil bağlantı istasyonları (SAS) veya B Sınıfı istasyonlar sadece birincil halkaya doğrudan erişime sahiptirler.



Şekil 4.10 FDDI topolojisi

Bu şekilde bütün ağın arıza toleransını arttırmak mümkündür; çünkü bir B Sınıfı istasyonun bozulması durumunda, ikili halka tam olarak faaliyette kalacaktır. Az sayıda A Sınıfı istasyon ve fazladan güç kaynağı veya optik bir "bypass" gibi yardımcı ekipmanla opsiyonel koruma, eğer iki DAS bozulursa FDDI halkasının iki ayrı halkaya ayrılma olasılığını azaltır.

Ayrı binalarda veya ayrı katlarda alt ağlara geçiş köprülerle veya rota belirleyicilerle gerçekleştirilir. Bunlar yerel Ethernet veya İz Halkası ağlarının birbirine bağlanmalarını mümkün kılar ve WAN (geniş alan ağları) bağlantıları için arayüzleri olarak elverişlidir.

Bir omurga ağı olarak uygulamalara ek olarak, FDDI yeni kuşak bilgisayarların ve doksanların uygulamalarının (CAD,CIM vb.) hiçbir alışılmış LAN teknolojileri tarafından karşılanamayacak veri oranları gerektirmelerinden dolayı gelecekte bir ön uç çözümü olarak ortaya konmuş olacaktır. Bugün bu uygulamalar için üçüncü seviyedeki fiber optik teknolojisine ilaveten yüksek verimli bakır kablolama (örneğin ICCs kabloları) kullanmak ta halihazırda mümkündür.

Modüler yoğunlaştırıcılar, aktif FDDI elemanları olarak gittikçe daha önemli hale gelmektedir. Bunlar sadece bir FDDI halkasına (A Sınıfı ve B Sınıfı) bağlantılara izin vermez, aynı zamanda farklı LAN teknolojilerini entegre ederek yerel alan ağlarının konfigrasyonunda ve birbirine bağlanmasında yüksek esneklik te sunar. Bir tümleşik ağ işletimi, bütün ağın bir istasyondan denetimine ve konfigürasyonuna izin verir.

4.11 MAN ve Görünüm

Eskiden yerel alan ağları, geniş bir alan üzerinden 9.6, 64 veya 2048 kbit/s' lik özel devreler veya X.25 paket bağlantıları yardımıyla bağlanırdı. Hem veri naklini hem

de ses uygulamaları iletimini gerçekleştirebilecek hızlı ve verimli baştan başa bir ağ ihtiyacı hasıl oldu. Son yıllarda MAN (metropol alan ağları) DQDB (dağılmış sıralı ikili dağıtıcı ("bus")) tekniği kullanan, ağ erişimi, iletim ve değişim için bu ihtiyaçları karşılamak üzere tasarlanmıştır.

Şekil 4.11'de gösterilen DQDB yi temel alan MAN' ın aşağıdaki özelliklere sahip olduğu söylenebilir:

i) Geniş alan (>100 km),

ii) Yüksek bit oranları (34/45/140 Mbit/s),

iii) Temel yapı: 2 bağımsız, ters dolaşımlı dağıtıcı ("bus") sistemleri,

iv) Hücre röle iletim yapısı,

v) 255' e kadar düğüm ve 4000' e kadar abone,

vi) Dinamik bant genişliği ataması,

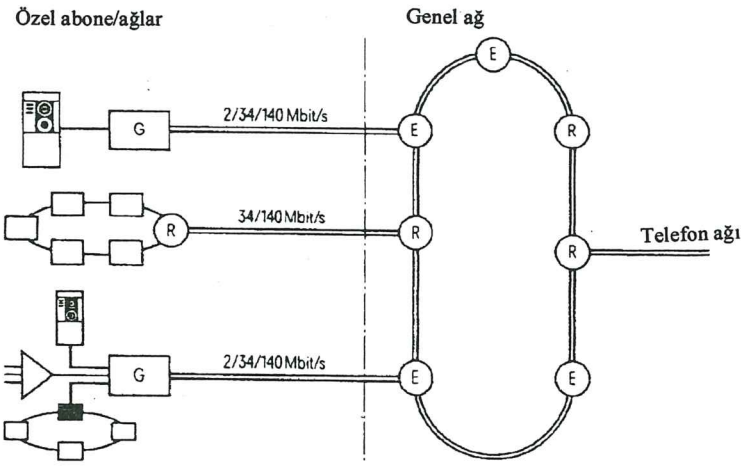
vii) Ses ve verinin eş zamanlı iletimi

viii) Geniş bant ISDN ile bağlantılı servis entegrasyonu.

Umumi bir ağ için MAN ağ topolojisi benzer iki ağ seviyesinden meydana gelmiştir, ki bir hiyerarşi içinde sıralanmıştır. Hiyerarşinin üst seviyesi bir dağıtıcıdan ("bus"), bir papatya bağlı dağıtıcıdan veya noktadan noktaya bağlantıdan ortaya çıkmıştır.

MAN' ın aktif elemanı olan bu ağa uçlar bağlıdır. Bunlar hiyerarşinin alt seviyesinin erişim noktasıdır ve içinde üst seviyedekine benzer yapılar yardımıyla CAN (müşteri erişim ağları) abone ağlarına erişim sağlar. CAN' ın düğümleri, yani müşteri kapıları, müşterinin talebi üzerine yerleştirilir. LAN, kişisel bölüm merkezleri ve çoklu kanallar bunlara bağlanabilir. Bir MAN' ın kontrolü ve denetimi FDDI' deki gibi merkezi bir işletim istasyonundan gerçekleştirilir. MAN' lar bugünün iletişimindeki önemli yerini bunların geleceğe yönelik geniş bant ISDN' ye entegrasyonuna bağlı olarak kazanmıştır. B-ISDN asenkronize transfer modu (ATM) temeline dayanmaktadır. Metropol alan ağlarında iletim sabitlenmiş bağlantılar (datagram yapısı) olmaksızın gerçekleştirilir, oysa ATM iletimi bağlantılara doğru yönelmiştir ve mantıksal kanallar yardımıyla gerçekleştirilir, yani bilginin iletiminden önce belirli bir bağlantı gerçekleştirilir. İçerisinde veri iletim için paketlenmiş hücre yapısı sebebiyle, MAN ve ATM teknikleri için aynı olarak, her iki servis bağlantısız bir servis sağlayıcı tarafından dikişsiz olarak ("seamlessly") bağlanabilir. Bu maliyet verimli olup MAN' dan DQDB'

yi taban alan gelecekteki ağ yapılarına fiziksel geçiş mümkündür. Dahası, mikroelektronik sektöründeki gelişmenin hızlı yürüyüşü Gbit/s mertebesindeki frekanslarla gelecekteki ATM sistemlerine izin verecektir ve halihazırdaki iletişim dünyasını tahmin edilemeyen boyutlara taşıyacaktır.



Şekil 4.11 MAN Yapısı (G-kapı, E-uç, R-oluk ("router")

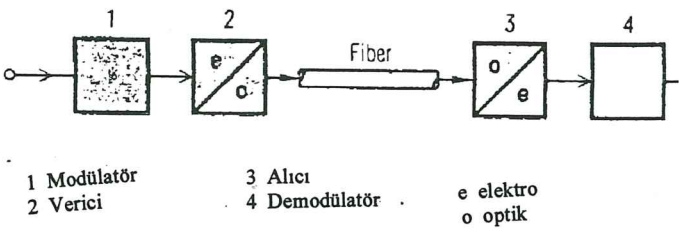
5.ELEKTROPTİK SİNYAL ÇEVİRİCİ

Işık sinyallerini bir optik fiber içinden geçirmek için, optik fiberin başlangıcında ve bitiminde elektrik sinyallerini optik pulslara olanlara ve karşılıklı olarak tersine çevirmek için uygun verici ve alıcı elemanlara ihtiyaç vardır Şekil 5.1'de gösterildiği gibi. Verici tarafında, bir elektrik sinyali, bir ışık kaynağının şiddetini modüle eder. Optik sinyal optik fibere bağlanmıştır ve alıcıya ulaşır; orada da bir fotoalıcı bunu tekrar bir elektrik sinyaline çevirir.

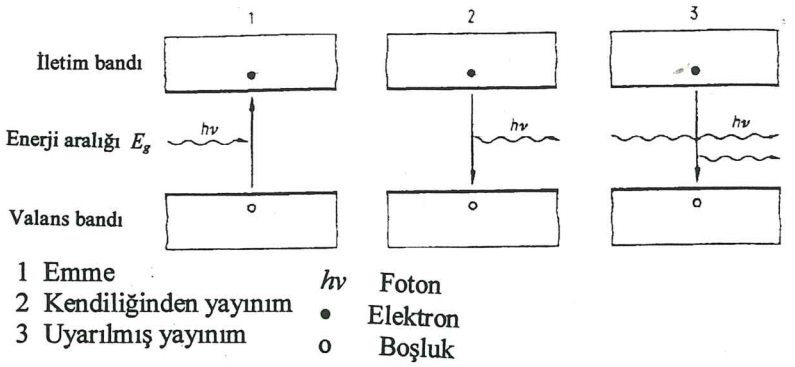
Yarı-iletken teknolojisinde kullanılan elektrooptik çeviriciler için periyodik sistemin üçüncü (Al, Ga, In), dördüncü (Si, Ge), ve beşinci (P, As) grubun kimyasal elementlerinin çok elverişlidir. Bu III, IV ve V yarı-iletkenlerinin alaşımları özellikle önemlidir ve bunlardan başlıcaları InGaAs ve GaAlAsP dörtlü bileşikleri ve InP veya GaAs altlığına örgüleri birleştirerek uygulanabilen, bunların InGaAs ve GaAlAs üçlü bileşikleridir; yani her iki kristalin aynı örgü sabitine sahip olduğu gerçeğine dayanmaktadır.

Şekil 5.2'de verilen yarı-iletkenler iki enerji bölgesine sahiptir, yani *valans bandı* ve *iletim bandı*, ki birbirlerinden E_g enerji aralığıyla ayrılmıştır.

Dahaşı, bu bileşiklerin kompozisyonu bileşenlerin fonksiyonları için gerekli olan optimum bant genişliklerini ve kırılma indislerini elde etmek üzere seçilir. Tabakaların tam kalınlıkları ve uygun homojenlik epitaksi (düzenli sıralı kristal büyütme) yöntemiyle elde edilir. Üç yöntem türetilmiştir: sıvı faz epitaksi (LPE), metal oksit buhar faz epitaksi (MOVPE) ve moleküler ışın epitaksisi (MBE/MOMBE) ki bunlardan son iki yöntem genellikle uygulanır.



Şekil 5.1 Bir optik fiber iletim sisteminin şeması



Şekil 5.2 Bir yarı-iletkenin içindeki elektrooptik etkileşmeler

Bir yarı-iletkenin içine yayınlanmış bir foton $h\nu$ enerjisini (h = 6.62608 x 10^{-34} Js Planck sabitidir ve ν ışığın frekansıdır) valans bandındaki bir elektrona verir, o suretle onu yüksek enerjili iletim bandına yükseltir. Foton işlemde kaybolur ve elektron, pozitif bir deşik (hole) olarak bilinen, valans bandında boş bir yer bırakır. Bu elektrooptik etkileşmelerden biri olan absorbsiyondur.

Eğer iletim bandı elektronların bir denge dağılımından daha fazlasına sahip ise elektronlar valans bandına kendiliğinden geri düşer. Bu suretle yarı-iletkenden herbir elektron için bir foton yayınlanır. Bu işlem fazla yük taşıyıcılarının yayılıcı tekrar birleşimi olarak bilinir; çünkü işlemde, ekstra elektronlar ve deşikler birleşir. Bu kendiliğinden emisyon veya luminesans olarak adlandırılır.

Uyarılmış emisyonlar yarı-iletkendeki fotonların fazla yük taşıyıcılarının ışın yayarak tekrar birleşmelerini sağladığı zaman, yani fotonların emisyonunu uyardığı zaman meydana gelir. Bu durumun önemi yayınlanan radyasyonun onu uyaran radyasyona fazda ve dalgaboyunda özdeş olması gerçeğindedir.

Bu üç işlem, bunlardan biri hakim olduğu zaman daima eşzamanlı olarak ortaya çıkar ve teknik olarak kullanıma konabilir. Fotodiyot absorbsiyonun kullanımını sağlar, ışık yayan diyot uyarılmış emisyonu kullanır ve lazer diyotu uyarılmış emisyondan faydalanır.

İçindeki elektrik akımının elektronlar (negatif yüklü parçacıklar) tarafından iletildiği yarı-iletkenlerin *n-tipi yarı-iletkenler* olarak adlandırıldığını belirtmek de

önemlidir. Tam tersine, içinde temel olarak hollerin (pozitif yüklü taşıyıcılar) elektriği ilettiği az elektronlu bir yarı-iletken *p-tipi yarı-iletken* olarak adlandırılır. p-tipi bir yarı-iletken ve n-tipi bir yarı-iletkenin iki tabakasının birleştirilmesi, yani bir *pn eklemi*, bir diyot meydana getirir.

5.1 Vericiler

Fotonları yayınlamak için kendiliğinden veya uyarılmış emisyon elde etmek için, fazla yük taşıyıcıları yarı-iletkenin içine yerleştirilmiş olmalıdır. Bu yük taşıyıcılarını bir pn eklemi yardımıyla içeri atarak sağlanır. Eğer pn eklemi ileri gerilimde (bias) çalıştırılırsa, ilave elektronlar p-tabakasının içine ve ilave holler n-tabakasının içine gönderilir, ki foton yayınlamak için "kullanılabilir". Yük taşıyıcılarının içeri alınmasıyla birlikte takip eden emisyon işlemi *enjeksiyon lüminesansı* olarak adlandırılır. Bu vericiler de (emitörler) LED' ler ve lazer diyotlar gibi uygulama alanı bulur.

5.2 LED

Kendiliğinden emisyon ile ışık yayınlayan yarı-iletken, diyot ışık yayan diyot (LED) ("light emitting diode") olarak adlandırılır. Elektrik akımının ışığa çevriminin kalitesi dış *kuantum verimi* ile tanımlanır, ki yarı-iletken diyottaki pn ekleminden geçen yük taşıyıcılarının sayılarına oranla birim zamanda yayınlanan fotonların sayısını tanımlar (GaAs için tipik olarak yüzde 0.5' ten 1.0' e kadardır). Sıcaklık arttıkça kuantum verimi azaldığından, tekrar birleşme bölgesinin ısınmasından kaçınılmalıdır; yani bu ısının atılması bir LED yapısı ile sağlanmalıdır. Yayılan ışığın dalgaboyu LED' in çalışması için de önemlidir. Bu temelde E_g enerji aralığı ile belirlenir, aşağıdaki bağıntı uygulanır:

$$\lambda = \frac{hc}{E_g}$$

Burada,

λ = μm olarak dalgaboyu

E_g = eV olarak enerji aralığı

hc = 1.2398

1 eV = 1.60218×10^{-19} J'dır

Galyum arsenit (GaAs) diyotlarda E_g' nin değeri, 1.43 eV olup ve böylece λ için değer 0.87 μm' dir (oda sıcaklığında). İlindiyum fosfit için (InP, E_g= 1.35 eV), karşılık gelen dalgaboyu değeri λ= 0.92 μm' dir.

Bir LED' in $\Delta\lambda$ spektral genişliği yaklaşık olarak dalgaboyu λ' nın karesiyle orantılıdır; bu yüzden uzun dalgaboylarına doğru çok artar.

Bir LED' in tepki zamanı ileri derecede önemli bir özelliktir. Bu diyodun yükseliş zamanıyla ilgilidir. Fazla yük taşıyıcılarının ortalama ömrü akım kesildikten sonraki ışık yayılımını belirleyen faktördür. Bu limitin altında diyot enjeksiyon akımındaki değişiklikleri takip edemez. Tipik minimum ömürler birkaç nanosaniyelik bir aralıkta bulunmaktadır, ki 100 MHz mertebesinde bir modülasyon bant genişliğine karşılık gelir.

Yükselme zamanı ve kuantum verimi hollerin yoğunluğuna bağlı olduğundan, bunların her ikisi de aynı zamanda optimize edilemez. Özellikle "hızlı" LED' ler, enjeksiyon akımına bağlı olarak, daha az foton yayar.

5.2.1 Yapı ve Özellikler

Aşağıda, LED' lerin üç tanesi birçok olasılık için örnek olarak düşünülmüştür. Tablo 5.1' de tipik değerler listelenmiştir. Bunların tip dalgaboyları şöyledir:

Düzlemsel GaAs diyodu $\lambda \cong 900$ nm.

Yüksek ışımalı AlGaAs/GaAs diyodu $\lambda \cong 830$ nm.

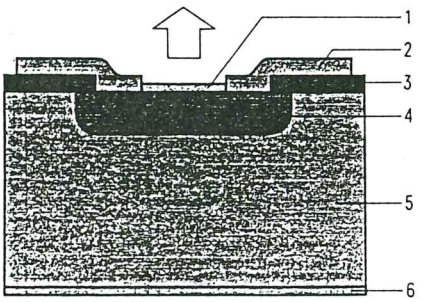
Yüksek ışımalı InGaAsP/InP diyodu $\lambda \cong 1310$ nm.

5.2.2 GaAs Diyodu

Şekil 5.3'de gösterilen GaAs diyodu verici diyotların (λ=900nm) en basit yapısına sahiptir. Diyot üst tarafında 200 μm kalınlığında bir p-alanı ile n-GaAs altlıktan meydana gelmiştir. İnfrared ışığın üretildiği kısım temelde p-alanındadır,ki p-yüzeyi üzerinden yayınlanır, optik fibere kenetlenmek için kullanılır.

Tablo 5.1 LED' lerin özellikleri

		Tip		
		LED	Yüksek ışıma LED	Yüksek ışıma LED
Dalga boyu	nm	900	830	1310
Spektral genişlik	nm	40	40	120
Yarıiletken malzeme		GaAs	AlGaAs/ GaAs	InGaAsP/ InP
Yapı		Düzeysel	Farklı yapı	Farklı yapı
Yayınım		Kendiliğinden	Kendiliğinden	Kendiliğinden
50 μm çaplı çekirdeğe sahip OWG'ye düşen ışık gücü	μW	5	20	20
Maksimum bit oranı	Mbit/s	5	60	100



1 Yansıma önleyici kaplama
2 p-eklemi
3 Al_2O_3 yalıtkan
4 p-GaAs (yayılmış)
5 n-GaAs (alttabaka)
6 n-eklemi

Şekil 5.3 Düzlemsel bir GaAs diyodun yapısının şeması

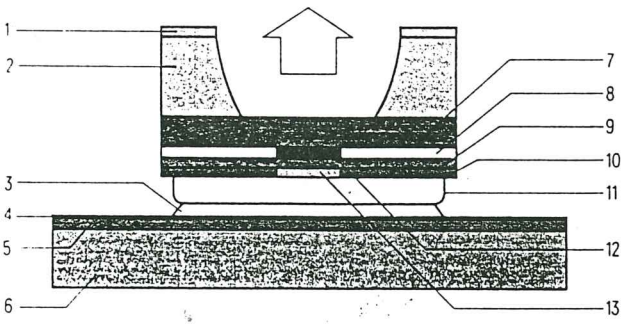
5.2.3 Yüksek Işınımlı AlGaAs/GaAs Diyotu (Burrus Tipi)

Diyot bir "küpsel" yarı-iletken kristalden meydana gelmiş (λ=830 nm). Farklı kalınlıklarda ve katkılamalarda üç AlGaAs tabakasından oluşan ikili bir hetero-yapı n-katkılı GaAs altlık üzerinde büyütülmüştür. Aşağı doğru bakan bu epitaksiyel

tabakalarla ve bir ısı dağıtma tertibatı olarak araya girmiş bir altın destekle, diyot iletken bir kontakla ve SiO_2 izolasyonla bir silikon çipe lehimlenir. Diyot kristalinin alt tarafında, bir Al_2O_3 izolasyon tabakası akımın p-kontağına akışını küçük yüzey alanıyla sınırlar.

Bunun üzerindeki AlGaAs kaplama tabakasının kalınlığı ve özellikle katkılama seviyesi akımın kayda değer bir şekilde kaybına meydan vermeyecek şekilde seçilir. Sonuç aktif AlGaAs tabakasının p-kontağınınkinden sadece çok az büyük çaplı bir alanın içinde emisyona uyarılmasıdır, böylece Şekil 5.4 de gösterilen küçük yayınlama alanı sağlanmış olur.

GaAs altlık yönünde yukarı doğru yayınlanan infrared ışığı optik fibere kenetlenmek için kullanılmaktadır. Bu radyasyon aktif tabakada sadece ihmal edilebilecek kadar absorblanır; çünkü bu tabaka çok incedir. Absorblanmadan bunun üzerindeki AlGaAs tabakasına geçer, bununla birlikte GaAs altlığı içinde sadece birkaç mikrometre içinde tamamen absorblanmış olacaktır. Bu yüzden, p-kontağı üzerinde eşmerkezli olarak yerleştirilmiş bir kuyu emisyon bölgesinin üzerinde GaAs altlığı içine oyulmuştur. Geri kalan GaAs materyaline n-kontağı uygulanmıştır. Bu yapı şu avantaja sahiptir; küçük yüzey alanlı p-kontağı yardımıyla yeterince küçük bir ışık yayan yüzey meydana getirilebilir.



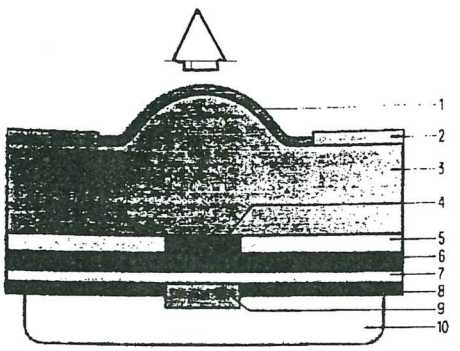
1	n-eklemi	7	$n\text{-}Al_{0.3}Ga_{0.7}As$	10	Al_2O_3 yalıtkan
2	n-GaAs (alttabaka)	8	$p\text{-}Al_{0.05}Ga_{0.95}As$ (aktif tabaka)	11	Soğutucu
3	Lehim			12	Işık yayan alan
4	İletken tel	9	$p\text{-}Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ (kaplama tabakası)	13	Küçük çaplı p-eklemi
5	SiO_2 yalıtkan				
6	Silicon chip				

Şekil 5.4 Yüksek ışınımlı AlGaAs/GaAs diyot yapısının şeması

5.2.4 Yüksek Işınımlı InGaAsP/InP Diyotları

Verici diyotlar için "ikinci pencere" (λ=1300 nm) için materyeallerde üçlü yarı-iletken AlGaAs' den dörtlü yarı-iletken InGaAsP' ye ve InP sabstrat kristaline bir değişiklik yapılmalıdır. Temelde, dörtlü yüksek ışınımlı diyotların yapısı, Şekil 5.5'de gösterilmiştir. AlGaAs/GaAs diyotlarınınkine benzemektedir.

InGaAsP' den yapılmış bir diyot 1300 nm' de ışıma yapar ve InP' ye örgü uyumludur. Bu yüzden verici diyotlar için hayli etkili olan ikili hetero-yapı tekrar gerçekleştirilebilir, ki burada InP "engel" rolü oynar. InGaAsP' nin p-katkılı bir tabakası kontak tabakası olarak iş görür. Sabstrat materyali ışığın optik fibere kenetlenmesini arttırmak için bir tümleşik mercek biçimini almıştır.



1	Yansımayı önleyici kaplama	6	P-InP
2	n-eklemi	7	p-InGaAsP
3	n-InP (alttabaka)	8	Al_2O_3-yalıtkan
4	Işık yayan alan (25-30 μmçapında)	9	p-eklemi (25-30 μm çapında)
5	In GaAsP	10	Soğutucu

Şekil 5.5 Yüksek ışınımlı InGaAsP/InP diyotunun yapı şeması

5.3 Laser Diyodu

Bir lazer diyodu bir radyasyon kaynağıdır, uyarılmış emisyonu kullanır (bkz. Şekil 5.2). Laser, radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışık güçlendirme' nin ("light amplification by stimulated emission of radiation") kısaltılmışıdır. Yüksek akım yoğunluğu sayesinde, yük taşıyıcılarının büyük bir fazlası lazerde iletim bandında üretilir öyle ki kuvvetli bir uyarılmış emisyon gerçekleşebilir. Fotonların bir çığ etkisi ("avalanche") nedeniyle bu kuvvetlendirme etkisi bir optik rezonatör (ki genellikle iki

düzlemsel paralel kısmen geçirgen aynadan meydana gelmiştir) ile arttırılır. Lazer diyodundaki bu ayna yüzeyleri yarı-iletken kristalin yarılması ile meydana getirilmiş doğal kristal yüzeyidir; ilave bir koruyucu tabaka ile önlem alınmıştır.

Bir LED ile bir lazer diyodu arasındaki fark, Şekil 5.6 tipik bir ışık akım karakteristik eğrisi ile gösterilmektedir. Diyot akımı arttırıldıkça, kristaldeki ışık kuvvetlendirmenin sönümden ve radyasyondan kaynaklanan kayıpları karşıladığı bir eşiğe ulaşılır. Bu eşiğin üzerinde, kuvvetli lazer emisyonu başlar. Geniş spektral dağılımlı LED' lerin aksine, Şekil 5.7'de gösterilen lazer çalışmada, emisyon bir veya sadece birkaç spektral çizgiye daralır.

Verici spektrumunun genişliği genellikle yarı maksimumda tam genişlik (FWHM) $\Delta\lambda$ olarak veya tam ortalama karelerin kökü genişlik (FRMS) $\Delta\lambda_{FRMS}$ olarak adlandırılır; öyle ki, bir Gauss-biçimli spektrum için aşağıdaki bağıntı uygulanır:

$$\Delta\lambda = \sqrt{\ln 4}\Delta\lambda_{FRMS} \approx 1.18 \times \Delta\lambda_{FRMS}$$

veya

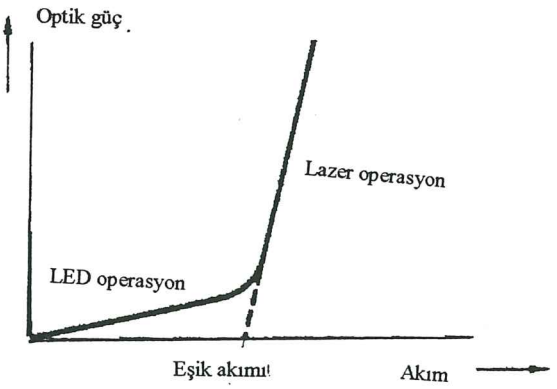
$$\Delta\lambda_{FRMS} \approx 0.85 \times \Delta\lambda$$

Bir LED' in emisyonunun tersine, bir lazer diyodunun emisyonu uyarılmış emisyon nedeniyle boyutsal olarak koherent (eşevreli) dir. Radyasyon ışını LED' inkinden farkedilir bir şekilde daha dardır; öyle ki özellikle etkili bir ışığın optik fibere kenetlenmesini kolaylaştırır LED ve lazer diyodunun boyutsal dağılımı Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

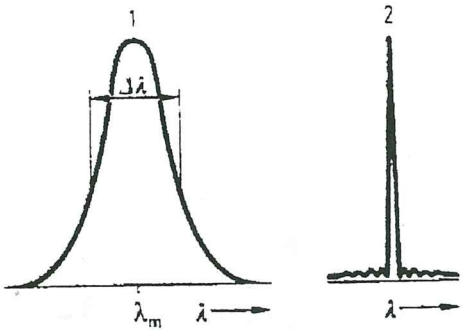
5.3.1 Yapı ve Özellikler

Lazer diyotlar, lazerdeki dalga kılavuzunun yanal sınırının tipiyle karakterize edilen yapılarına göre iki gruba ayrılabilir. Her gruptan çeşitli tiplerin bir örneği olarak bir lazer diyot anlatılacaktır.

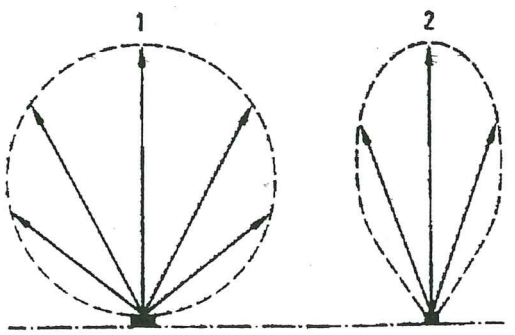
Kazanç Güdümlü Lazer Diyotları (GLD)



Şekil 5.6
Bir lazer diyodunun ışık-akım karakteristiği (Mahlke ve Gössing, 1993)



Şekil 5.7
(1) bir LED' in ve (2) bir lazer diyodunun emisyonunun spektral dağılımı



Şekil 5.8
(1) bir LED' in ve (2) bir lazer diyodunun emisyonunun boyutsal dağılımı

Örnek

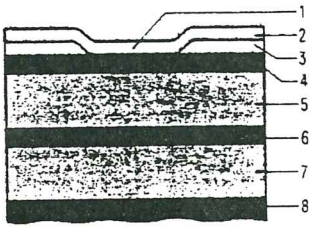
800' den 900nm' ye kadar dalgaboyu aralığı için GaAlAs/GaAs oksit-şerit lazeri, Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Aktif şeritteki içeri alınmış taşıyıcıların yoğunluğu kırılma indisinin bir yanal kesit farz edilmesine sebep olur, ki (özellikle, çok dar şerit genişlikleriyle) yanal olarak sınırlanmış temel modun sabit güdümünü sağlar. Bu kırılma indisi kesiti optik kuvvetlendirmenin bir kesitine benzemektedir ve yine kazanç olarak bilinir. Bu yüzden, bu grubun lazer diyotları kazanç güdümlü lazer diyotları olarak bilinir.

İndis Güdümlü Lazer Diyotları (ILD)

Örnek

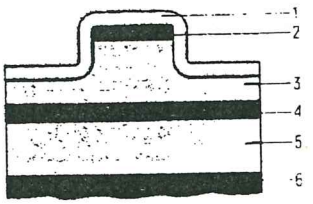
1300' den 1600 nm' ye kadar dalgaboyu aralığı için GaInAsP/InP-MCRW (metal kaplı çatı dalga kılavuzu) lazeri, Şekil 5.10'da verilmiştir.

Kendi içinden dalga kılavuzlu lazer diyotları indis güdümlü lazer diyotları (ILD) olarak adlandırılır çünkü bunlar daimi bir kırılma indis kesitine sahiptir.



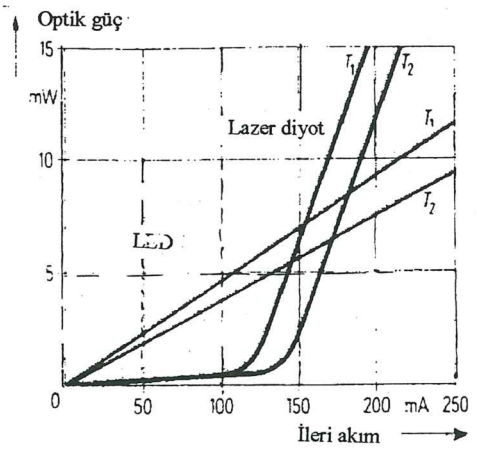
1 Eklem penceresi
2 Madenleştirme (TiPtAu)
3 Oksit maske (Al_2O_3)
4 Kaplama tabakası (p-GaAs)
5 Sınır tabakası (p-GaAlAs)
6 Aktif tabaka (GaAs)
7 Sınır tabakası (n-GaAlAs)
8 Alttabaka (n-GaAs)

Şekil 5.9 Bir oksit-şerit lazerinin yapısı



1 Madenleştirme (TiPtAu)
2 Kaplama tabakası (InP)
3 Sınır tabakası (InP)
4 Aktif tabaka (InGaAsP)
5 Sınır tabakası (n-InP)
6 Alttabaka (n-InP)

Şekil 5.10 Bir MCRW lazerinin yapısı



Şekil 5.11
Bir lazer diyotunun ve LED' in T_1=25°C' de ve T_2=60°C' de ışık-akım karakteristikleri

Şekil 5.11 bir LED' de ve bir lazer diyodunda sıcaklığın optik güç ve akım üzerindeki etkisini göstermektedir.

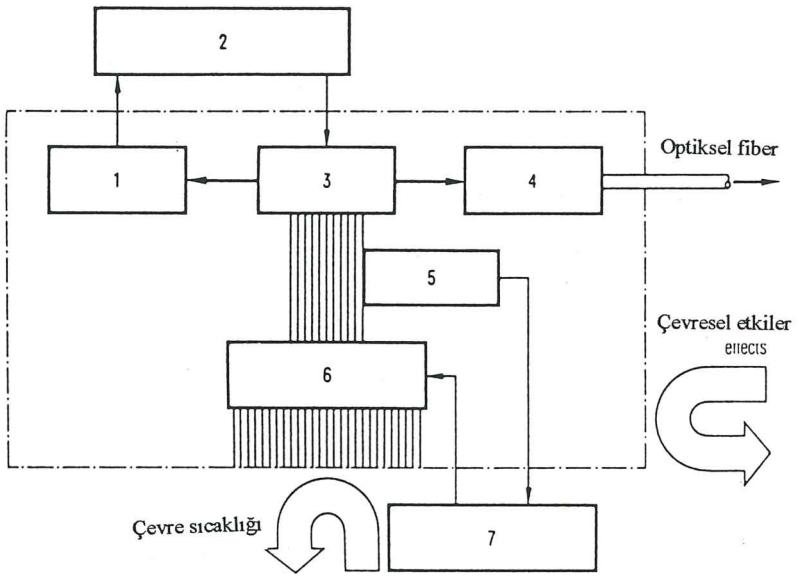
5.3.2 DFB Lazeri

Her ne kadar lazer diyotları, LED' lerinkinden çok daha dar bir dalgaboyu aralığında ışık yayıyorsa da, optik veri iletiminde özel uygulamalar da örneğin çok yüksek bit oranları ve koherent iletim veya genlik modülasyonlu televizyon sinyali iletimi için tek frekanslı lazerler gereklidir. Bu amaç için lazerin salınımının boyuna (eksenel) modlarının tam olarak kontrolü ve bu suretle dalgaboyu yayılımının sınırlanması gereklidir.

Boyuna modların sayısını azaltmanın bir yöntemi, periyodik bir yapıyı lazerin aktif tabakasına entegre etmekte lazerin radyasyon alanını dinamik olarak birleştirebilir. Lazerin iki ayna yüzeyi arasındaki bir rezonatör alanı içinde lazer ışığını ileri geri yansıtan genel kullanımdaki Fabry-Perot lazerlerinin aksine, dağıtılmış-geribeslemeli (DBF) lazerleri ışığın sadece belirli dalgaboylarını yansıtmak için yarı-iletken sabstrat içinde bir dizi dalga-benzeri tepeler kullanır ve bu suretle sadece bir rezonan ("resonating") dalgaboyunu kuvvetlendirir. Bir DFB lazerinin spektral yarı-genişliği 1 nm' den daha küçüktür.

Bir C^3 lazeri (yarılmış-birleştirilmiş-oyuk) ("cleaved-coupled-cavity laser) bir lazerin modlarını sadece boyuna modlara sınırlamayı mümkün kılmaktadır. Bu bir hava

boşluğuyla optiksel olarak birleştirilmiş ve elektronik olarak ayrı bulunan iki Fabry-Perot lazerinden meydana gelmiştir. Sadece her iki rezonatörün de ortak olarak sahip oldukları dalgaboyları güçlendirilecektir, böylece oldukça monokromatik bir ışık ışını üretilir. Teknik olarak bu C^3 lazerleri olağan bir yarı-iletken lazerinin uç yüzlerine paralel olan bir kristal yüzeyi boyunca yarılmasıyla meydana getirilir.



Şekil 5.12 Bir lazer modülünün modüler dizayn şeması

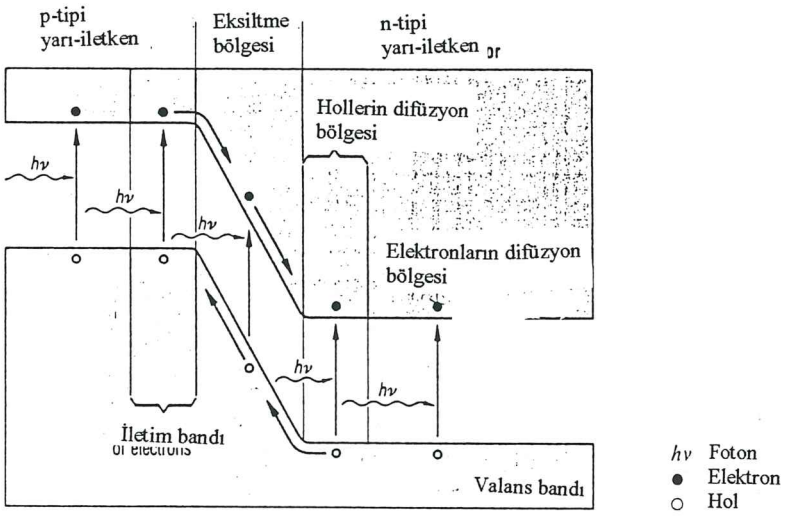
5.3.3 Lazer Modülü

Lazer diyotlarının pratik çalışması çeşitli fonksiyonel grupları gerektirmektedir. Bunlar hava geçirmeyecek şekilde kapatılmış bir kılıf içine yerleştirilmiştir. Bütün ünite bir lazer modülü olarak adlandırılır. Şekil 5.12 bir lazer modülünün şemasını vermektedir. Modüler dizayn lazer diyodunun kolayca iletim rotasına bağlanmasını sağlar. Optik bağlanma modül içinde gerçekleşir, modülün hava sızdırmazlığı korunarak, kısa örgü diyodun yayım yapan yüzeyine en uygun şekilde bağlanır (fiber ayarlama gereklidir) ve beslenir.

Sıcaklık kontrolü için fonksiyonel grup özellikle önemlidir. Bu amaç için diğerlerinin yanında Peltier soğutucuları kullanılır.

5.4 Detektörler

Bir fotodiyot, yarı-iletkenlerde ışık ışınlarının absorblanması etkisi avantajına sahiptir. Bu etkide, E_g enerji aralığınınkinden daha yüksek enerji seviyeli enerji yüklü bir fotonun ışıması bir elektron-hol çiftini serbest bırakır (ışığın üretilmesi etkisinin tersi) ve elektriği nakletmek için kullanılır.

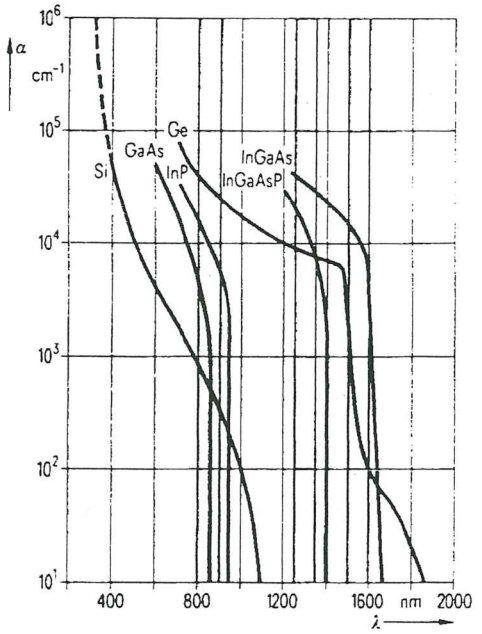


Şekil 5.13 Ters-polarizeli fotodiyodun çalışması

Teoride yarı-iletken pn-eklemleri sadece ışığın enjeksiyonu sayesinde taşıyıcıların uyarılması için kullanılmaz (Kısım 12.1.1), fakat eksiltme tabakasının elektrik alan içinde ayrılması sayesinde optik olarak uyarılmış yük taşıyıcılarının algılanması için de kullanılabilir, bu ışığın alınmasıdır. Şekil 5.13 bu işlemin bir şemasını vermektedir. Pn-ekleminin eksiltme tabakası içinde üretilmiş her iki yük taşıyıcısı ve "difüzyon bölgesi" içindeki yük taşıyıcıları algılanabilir. Her ne kadar ilk durumda iki üretilmiş yük taşıyıcısı eksiltme tabakasındaki elektrik alanla aniden ayırılsalar da, ikincisinde azınlık yük taşıyıcıları eksiltme tabakası tarafından dışarı sürüklenmeden ve zıt yöndeki nötral yarı-iletken bölgesine nakledilmeden önce ilk olarak pn-eklemine nüfuz etmiş olmalıdır. Bu iki işlem nedeniyle dıştaki çemberde bir elektrik akımı akar.

Böyle alıcıların üretimi için en çok silikon ve germanyum veya III-IV-V bileşikleri kullanılır. Şekil 5.14 sık kullanılan yarı-iletkenlerin dalgaboyu λ cinsinden α absorbsiyon katsayısını göstermektedir.

Bu şekilde Si' nin 1000 nm altındaki dalgaboyu için en çok çalışılan bölge olduğu görülebilir. Daha yüksek dalgaboyları için Ge daha avantajlıdır. 1300' den 1600 nm' ye kadar olan saha için InGaAs veya InGaAsP bir fotodiyot materyali olarak çok uygundur.



Şekil 5.14 Yarı-iletken materyallerin dalgaboyu λ' nın bir fonksiyonu olarak α absorbsiyon katsayısı

5.5 PIN Fotodiyodu

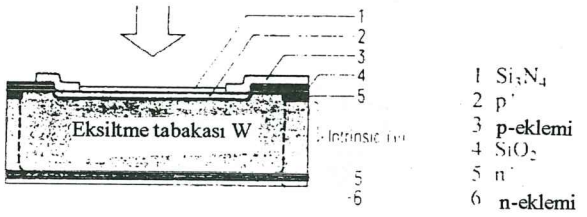
Düşük absorbsiyon katsayılı yarı-iletkenlerde, katkılanmamış bir yarı-iletken tabakanın (intirinsic-bölgesi, has-bölge) p- ve n-tipi yarı-iletken arasına yerleştirilmesi bölgeyi radyasyonun absorbsiyonu için genişletir.

5.5.1 Silikon Fotodiyotlar

Şekil 5.15, bir $p^+\nu n^+$ yapılı bir diyot dizaynının şemasını göstermektedir, burada ν, i-bölgesinin iletken olmadığını belirtmektedir. İnfrared ışık p-bölgesinden yansıma kayıplarını önlemek için Si_3N_4 kaplı bir yüzeyden girer.

Alan etkili transistörler (FET) PIN fotodiyotlarının duyarlığını arttırmak için kullanılabilir. Bu melez tasarımlı PIN-FET modülleri çok yüksek duyarlıklara ulaşabilir.

Tablo 5.3 PIN – PD ve APD fotodiyotların özelliklerini vermektedir.



Şekil 5.15 Bir PIN fotodiyodunun dizayn şeması

Tablo 5.3 Alıcı diyotların özellikleri

Tip	Dalgaboyu (nm)	Yarı-iletken materyal	Yapı	Kuvvetlendirme	Tayf hassasiyeti (A/W)
PIN-PD	500 to 1000	Si	Planar/PIN	–	0.5 to 0.8
APD	500 to 1000	Si	Planar	× 10 to × 100	
PIN-PD	1000 to 1500	Ge	Mesa/planar	–	
APD	1000 to 1500	Ge	Mesa/planar	× 10	
PIN-PD	1000 to 1600	InGaAs/InP	Mesa/planar	–	
APD	1000 to 1600	InGaAs/InP	Mesa/planar	× 10 to × 50	

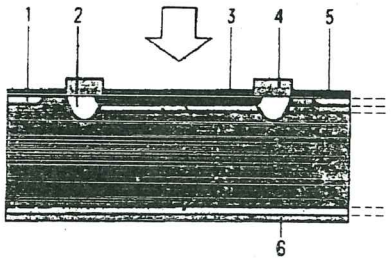
5.6 Çığ ("Avalanche") Fotodiyotları

Elektrik alandaki yük taşıyıcılarının ivmesi daha fazla yük taşıyıcılarının çarpışma iyonizasyonuyla meydana getirildiği çok yüksek hızlara ulaştığı zaman,

özellikle kuvvetli bir fotoakım meydana gelir. Bu işlem çığ yıkılması olarak adlandırılır ve ilgili fotodiyot bir APD (çığ fotodiyodu) olarak adlandırılır.

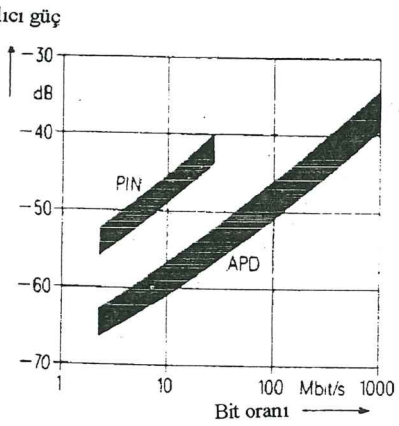
5.6.1 Silikon Çığ Fotodiyodu (APD)

Temel olarak, yukarıda bahsedilen PIN fotodiyotu bir çığ fotodiyotu olarak da çalıştırılabilir. Çığ yıkımı için gereken yüksek alan kuvvetine ulaşmak için istenen voltaj çok yüksektir. Bir APD' nin dizaynı Şekil 5.16' da gösterilmiştir. Teknik sebepler nedeniyle böyle diyotlar sadece bir $p^+\pi p$ dizaynında yapılır. Şekil 5.17, 10^{-9}Mbit/s' lik bir hata oranında bir silikon PIN fotodiyotlu ve bir APD' li alıcıların hassasiyetlerinin bir karşılaştırmasını göstermektedir.



1 p^+
2 n-koruma halkası
3 Si_3N_4
4 n-eklemi
5 SiO_2
6 p-eklemi

Şekil 5.16
Bir silikon çığ fotodiyotunun dizaynının şeması



Şekil 5.17
Bir PIN Fotodiyodunun ve bir APD2 nin duyarlılığı

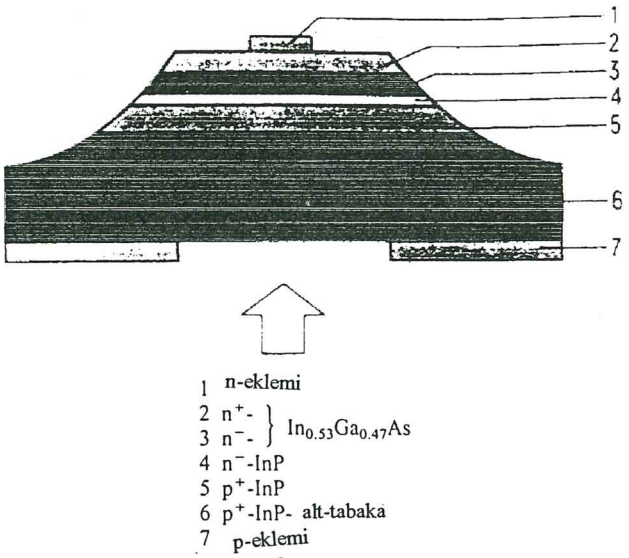
5.6.2 InGaAs/InP Çığ Fotodiyotları

Bu diyodun dizaynının bir şeması Şekil 5.18' de gösterilmektedir. Aynen PIN diyodunda olduğu gibi, aydınlanma altlığın içinde olmaktadır; bununla beraber, pn-eklemi emici, InGaAs tabakasında değil de InP tabakasında olmaktadır. Sonuç olarak, yüksek elektrik alan şiddetli bir bölge, çığ yıkımının daha kolay elde edilebileceği n^--InP tabakasında oluşturulur. Fotonlar tarafından üretilen holleri toplamak için sadece

InGaAs tabakasında düşük bir alan şiddeti oluşturmak gereklidir. Dalgaboyu λ=1300nm olan diğer diyotlar şunlardır:

i) Germanyum çığ fotodiyotları, imal edilmesi nispeten kolay olan bir APD,

ii) Bir InGaAs/InP fotodiyotunun bir GaAs-FET ile kombinasyonu.



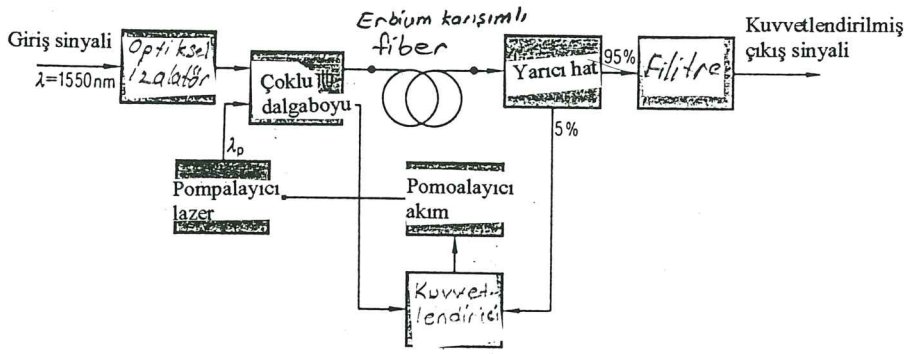
Şekil 5.18 Bir InGaAs/InP çığ fotodiyodunun dizaynının şeması

5.7 Optik Fiber Güçlendiriciler

Özellikle 1550 nm civarındaki dalgaboyu sahası içindeki optik sinyallerin erbiyum katkılı optik fiberler tarafından doğrudan kuvvetlendirilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Erbiyum, kimyasal elementlerin periyodik sisteminde 68inci element, az bulunan toprak elementlerin grubunda bir lantanit' tir. Erbiyum katkılı bir çekirdeği olan 10 m uzunluğundaki optik fiber bir EDFA (erbiyum katkılı fiber kuvvetlendirici) olarak hizmet vermek için yeterlidir.

Güçlendirilecek optik sinyaller bir optik izolatör yardımıyla bir dalgaboyu çoklu kanalına ("multiplexer") 1550 nm' de gelir ve λ_p=980 veya 1480 nm dalgaboylu pompa ışığı Şekil 5.19'dagörüldüğü gibi birleştirilir. her iki sinyal üst üste bindirilir ve

iletim sinyalinin fotonların indüklenmiş emisyonuyla güçlendirildiği erbiyum katkılı fibere girer. Bir çizgi ayırıcı kullanarak enerjinin %95' i çıkışa yönlendirilir ve %5' i geri-birleştirilir ve güçlendirmeyi regüle etmek için kullanılır. Dalgaboyu λ_p için bir filtre, pompa ışığının çıkan optik fibere girmesini önler.



Şekil 5.19 Erbiyum katkılı bir fiber güçlendiricinin şeması

10 dB' den 30dB' e kadar güçlendirmeler mümkündür. Düşük kuplaj kayıplarına ek olarak, güçlendiricinin lineer tepkisi özellikle avantajlıdır. Bu yüzden optik fiber güçlendirici, analog sinyaller için uygundur, örneğin analog TV sinyallerinin dağıtımında optik güçlendirme olmayan bir sisteme kıyasla yaklaşık 10 dB' lik bir gelişmeye ulaşılabilir. Bu mesafenin iki kat artması veya ayrışma oranında 1:10' luk bir artış demektir, yaklaşık on kat daha fazla aboneye hizmet vermek demektir. Dijital sinyal iletimi için daha da büyük avantajlar kazanılabilir, yaklaşık 20dB' lik bütün bir optik güçlendirme kullanılabilir. Dahası optik güçlendirme parçalarını arka arkaya sıralamak mümkündür.Daha başka özellikleri yüksek çıkış gücü, düşük konuşma karışması ve polarizasyondan bağımsız güçlendirmedir.

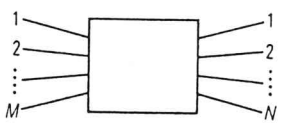
6.FİBER OPTİK BİLEŞENLER

Fiber optik kablolara ilaveten fiber optik bileşenler bir veya birkaç optik fiberi bağlamak veya terketmek için pasif elemanlar olarak optik iletim yolları için önemlidir. Pasif fiber optik bileşenlerin örnekleri birleştiriciler ve bağlayıcılardır (Bölüm 10.4).

Bilgi her iki yönde optik fiber yardımıyla verileceği zaman veya birkaç verici ve alıcı bir optik ağ yapısı içinde birleştirileceği zaman, optik birleştiriciler gerekmektedir. Birleştiriciler çoklu kapılardır, yani ışığın birleştirilebileceği veya ayrılabileceği en az üç kapısı vardır. Bunlar uygulamalarına göre dalgaboyundan-bağımsız ve dalgaboyu-seçici olarak sınıflandırılır.

6.1 Dalgaboyundan Bağımsız Birleştiriciler

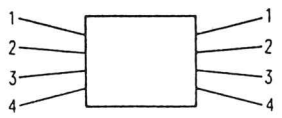
M X N birleştiriciler fiber optik bir iletim ağında M tane optik dalga kılavuzunu N tane farklı dalga kılavuzuyla bir noktada optik olarak birleştirmek için Şekil 6.1'de gösterildiği gibi kullanılır. Bu birleştiriciler belirli bir dalgaboyu aralığında optik fiberlerin hemen hemen dalgaboyundan bağımsız olarak bağlanmalarını sağlar.



Şekil 6.1 M X N birleştirici

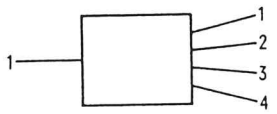
Bu genel M X N birleştiricilere ilaveten aşağıdaki özel dizaynlar da kullanılmaktadır:

Eşit giriş ve çıkış kapısı sayılı bu düzenek $M = N$ bir yıldız birleştirici veya mikser olarak adlandırılır. Örnek olarak 4X4 yıldız birleştirici Şekil 6.2'de verilmektedir.



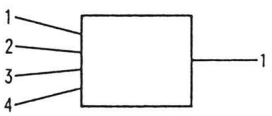
Şekil 6.2 4 X 4 yıldız birleştirici

M =*1*, *N* belirsiz ise sadece tek giriş ve birkaç çıkış kapılı bu yapılanma, ayırıcı veya ağaç veya bölümleyici birleştirici olarak bilinir, örnek olarak 1 X 4 ayırıcı Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3 1 X 4 ayırıcı

M belirsiz, *N* = *1* ise bu şekil bir önceki biçimin ayna görüntüsüdür. Birkaç giriş kapısı, bir çıkış kapısına bağlanmıştır. Bu kombinatör olarak adlandırılır, örneğin 4 X 1 kombinatör Şekil 6.4'de gösterilmiştir.

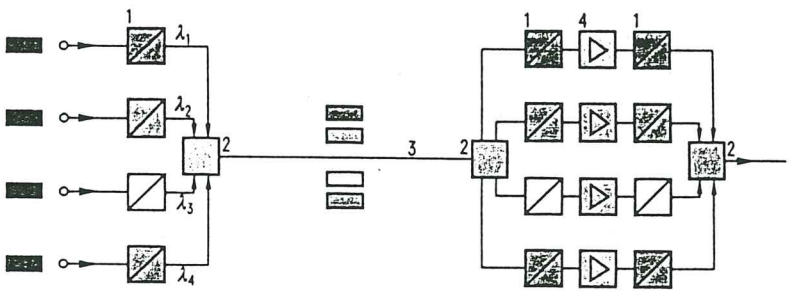


Şekil 6.4 4 X 1 kombinatör

Fiber optik birleştiricilerinin imalat tekniğini dikkate alarak, kapsüllü-konik birleştiricilerle düzlemsel dalga kılavuzu birleştiriciler arasında bir ayırım yapılmaktadır. Kapsüllü-konik fiber birleştiriciler en yaygın kullanılanlardır. Bunları imal etmek için optik fiberler kısmen eritilir ve birkaç milimetre uzatılır. Bu şekilde bir optik fiberin mod alanı diğeriyle çakışır ve ılık birleştirilir. Düzlemsel teknik birleştirme için farklı bir imkan sunar. Bu cam içinde iyon değişimi kullanılarak sağlanır, bir dalga kılavuzunda ışığın rehberliği için uygun olan kırıcı bir yapı meydana getirilir. Düzlemsel dalga kılavuzları, çokça çoğaltılabilir ve dalgaboyundan bağımsız avantajlarına sahiptir.

6.2 Dalgaboyu-Seçici Birleştiriciler

Dalgaboyu-seçici birleştiriciler, Şekil 6.5'de gösterildiği gibi kısa mesafeler için ve tekrarlayıcı olmayan rotalar için bir yapıdır. Farklı dalgaboylu bir elektrooptik çevirici bunun için kullanılır. Yayımladığı ışık gücü optik olarak seçici bir birleştirici yardımıyla birleştirilir. Bir optik fiber iletim için yeterlidir. Burada uygulanan yöntem *dalgaboyu bölme çoklu kanallama* WDM (Wave Divider Multiplexer) olarak adlandırılır.

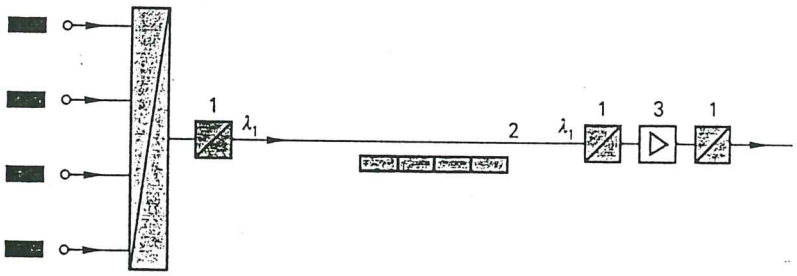


1 Elektrooptik transduzer
2 WDM kaplama
3 optiksel fiber
4 Rejeneratör

Şekil 6.5 Daldaboyu bölme çoklu kanalı (WDM)

Bir ve iki-yönlü WDM birleştiriciler vardır. Bir-yönlü WDM birleştirici ile, sinyaller farklı dalga boylarında aynı yönde bir optik fiber yardımıyla iletilir; iki-yönlü bir WDM birleştirici ile, bunlar farklı yönde de iletilir. Dalgaboyu bölme kanal çoğaltıcılar/kanal birleştiriciler herbiri bir kesintisiz optik fiber içerir. Işığın yolu üzerinde, ileten bir dielektrik tabaka (girişim filtresi) vardır. Bir veya daha çok optik fiber girişim filtresinin yansıtıcı bölümü yardımıyla kesintisiz optik fiberle birleştirilir. Optik fiberler, bağlayıcılar veya örgüler yardımıyla terminallere eriştirilebilir.

ii) Zaman bölmeli çoklu kanal, Şekil 6.8'da gösterilmiştir. Bu durumda birkaç sinyal elektrooptik çevrimden sonra bir dalgaboyunda bir optik fiber yardımıyla iletilen bir bileşik sinyal oluşturacak şekilde elektriksel olarak birleştirilir. Bu optik fiberde daha yüksek bir bant genişliği gerektirir.



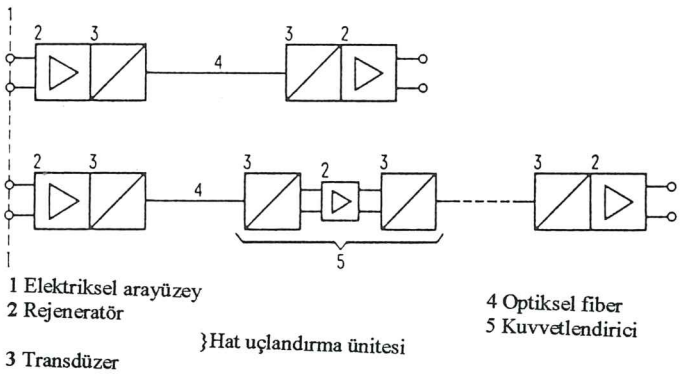
1 Elektrooptik transduzer
2 optiksel fiber
3 Rejeneratör

Şekil 6.8 Zaman bölmeli kanal çoğaltıcı

7.OPTİK İLETİM İÇİN SİSTEMLER

Optik iletim sistemleri bir optik fiber yardımıyla elektrik sinyallerinin iletimi için kullanılır. Bunların bileşenleri yolun başlangıcında ışık iletici olarak bir elektrooptik çevirici, asıl fiber optik iletim yolu ve yolun sonunda ışık alıcı olarak optoelektrik çeviricidir. Metalik iletkenli sistemlerdeki gibi, yolun başlangıcında ve sonunda hat-çıkışlı birimler vardır; bunların aralarına yerleştirilen birimler analog iletim için tekrarlayıcılar ve dijital iletim için reaktif tekrarlayıcılardır. Bu Şekil 7.1' de verilmiştir.

Optik ve elektrik iletim sistemleri *aynı* elektrik arayüzlerine sahiptir. Bu optik fiber teknolojisinin önemli hedeflerinden biri olan özellikle varolan sistemlere çok kolay entegrasyona ulaşılmış demektir. İletim yöntemi olarak, dijital teknoloji optik fiberler için de kendini göstermiştir; çünkü birçok kaynaktan (telefon - veri ağları vs.) bit oranlarının serbest kombinasyonuna olanak tanır. Analog sinyal iletimi optik fiber teknolojisinin girişinden sonra önemini kaybetmeye başlamıştır ve sadece özel uygulamalar için kullanılmaktadır.



Şekil 7.1 Reaktif tekrarlayıcı olmadan (yukarıda) ve reaktif tekrarlayıcı ile (aşağıda) optik iletim için temel bileşenler

7.1 Dijital İletim Teknolojisi

Dijital iletim teknolojisinin en önemli fonksiyonları analog sinyallerin (temelde ses) sayısallaştırılması, dijital sinyallerin kanallara ayrışması ve bu sinyallerin, örneğin optik dalga kılavuzları yardımıyla iletimidir. Dijital teknolojinin başlamasıyla, telefon, teleks, veri iletimi ve telefaks gibi hizmetlerin entegrasyonu için şartlar müsait olmuştur.

CCITT/CEPT' de, bu amaç için belirli bit oranlı iletim sistemleri Tablo 7.1'de verilmiştir ve şunlardır:

Tablo 7.1 Dijital sinyaller için iletim sistemleri

Eşzamansız Dijital Hiyerarşi	
64-Kbit/s'lik kanal sayısı	Mbit/s 'ye cinsinden bit oranı
30	2
120	8
480	34
1920	140
7680	565[2]
Eşzamanlı Dijital Hiyerarşi	
STM seviye[3]	Mbit/s 'ye cinsinden bit oranı
STM-1	155
STM-4	622
STM-16	2488

i) PDH ("plesiochronous" dijital hiyerarşi) PCM30 sistemi, bu hiyerarşinin en düşük seviyesinde iletir. İçinde 64 kbit/s' lik 30 telefon kanalı 2048 kbit/s' lik bir bit oranı için birleştirilmiştir. Kısaca bunlar 2 Mbit/s' lik sinyallerin iletimi için sistemler olarak adlandırılır. PDH, 1960' lardan beri etkili olan bir standarttır ve Alman Federal Posta Yönetimi Telekom ve dünya çapında birçok posta yönetimlerince kullanılmaktadır.

ii) SDH (senkronize dijital hiyerarşi)

STM-1 seviyesi bu hiyerarşinin temel seviyesidir. SDH seviyeleri dijital sinyaller için nakil kapasitesi sağlar, örneğin PDH hiyerarşisinden SDH nispeten yeni bir sistemdir (CCITT tarafıdan 1988' de kurulmuştur) ve bunu temel alan sistemler şimdi ağlara girmektedir. Evrensel olarak uygulanabilecekleri gerçeği nedeniyle, SDH sistemleri (Bölüm 7.1.2) büyüyen iletim ağlarında çok sık kullanımda olacaktır. Uzun vadede PDH teknolojisinin yerini alacaktır. Bit oranı aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

Orijinal analog sinyaller, örnekleme frekansı en yüksek sinyal frekansının en az iki katı kadar büyük olduğu zaman, örnekleme yoluyla meydana getirilen etkiden yeniden elde edilir. Telefon ses frekans aralığı 3400 Hz' e kadar gittiğinden ve filtreler için ilave kapasite ayrılması gerektiğinden, 4000 Hz ve 2 X 4000 Hz' lik bir örnekleme frekansı için izin verme kararlaştırıldımıştır; bu böylece 8000 Hz vermektedir. Her bir darbeyi ("impulse") 8-bitlik bir kelimeye şifreleyerek, bit oranı elde edilir. Bu her bir ayrı telefon sinyali için elverişlidir, yani 8 kHz X 8 bit = 64 kbit/s' dir. PCM30 sisteminin bit oranı 64 kbit/s X 32 = 2048 kbit/s' dir.

Daha çok sayıda kanalları olan sistemler 8, 34, 140 veya 565 Mbit/s' lik bit oranlarını iletir; bunlar PCM30 "multiplexer" biriminin 2 Mbit/s' lik sinyalini temel alır ve dijital sinyal "multiplexing" birimleri ile meydana getirilmişlerdir.

SDH için temel çatı STM-1' dir. 125 μs' lik aralıklarla tekrarlanır ve toplam 2430 oktetlik asılı kısıma ve yük kısımına (kullanılabilir bilgi kısmı) bölünür. Bunlar için bit oranı 2430 X 8 X 8000 bit/s = 155.520 Mbit/s' dir.

Yük kısmı, konteynerleri dört farklı seviyede alabilir (C1, C2, C3, C4). Bu seviyeler, hem Kuzey Amerikan hem de Avrupa hiyerarşilerinde 1.5/2, 6, 34/45 ve 140 Mbit/s' lik "plesiochronous" bit oranlarına karşılık gelir. Asılı kısım STM sinyalinin iç yönetimi için bilgi içerir ve ağ idaresi ve ağ kontrolünün iletim kapasitesini (ağ idare bilgisi) sağlar. Daha yüksek STM seviyeleri ilk seviyenin tam katları olarak tanımlanır.

Listelenmiş bütün PDH ve SDH hiyerarşi seviyeleri için uygun hat-çıkışlı birimler vardır.

7.2 Alman Federal Posta Yönetimi Telekom tarafından Kullanılan PDH Sistemleri

Dijital sinyaller, iletim için 2, 8, 34, 140 veya 565 Mbit/s' lik kademelerde birleştirilmiştir. Örneğin, 2 Mbit/s seviyesinde 30' a kadar telefon konuşması ve 34 Mbit/s seviyesinde 480' e kadar telefon konuşması zaman bölmeli "multiplex" yöntemiyle iletilebilir. Her iki ağ seviyeleri için (yerel ve uzun mesafe) belirli hiyerarşi seviyeleri saptanmıştır ki ağ seviyesine göre belirli özelliklere sahiptir.

7.2.1 Yerel Ağ

34 Mbit/s ve 140 Mbit/s sistemleri yerel ağlarda kullanımdadır. Bunlar optik yerel şehiriçi kablolar yardımıyla birbirine bağlanmıştır. Bunlar sadece birkaç kilometrelik nispeten kısa yol uzunluklarıyla noktadan noktaya bağlantılar olduklarından, uzun mesafeli ağlarla kıyaslandığında kullanılabilen sistemler daha az karmaşıktır. Örneğin reaktif tekrarlayıcılar gerekmemektedir.

7.2.2 Uzun Mesafe Ağları

Bölgesel ve ulusal olarak alt bölümlere ayrılan iletişim sistemleri (şehirlerarası ağ) için bu ağ yapısına bağlanan optik fiber sistemler kullanılmaktadır, bu uzun mesafelere ulaşmaktadır. Bu yüzden, yerel ağlar için sistemlerin aksine, bunlar reaktif tekrarlayıcıların ve gerek duydukları kontrol birimlerinin yerleştirilmesi için uygun teknik boyutlara sahiptir.

Bu optik fiber sistemlerin gerçekleştirilmesi için önemli bir önkoşul uygun optik alıcı ve vericilerin elde edilebilirliğiydi. Lazer diyotları (Kısım 12.1.2) böyle uygulamalar için genellikle optik verici modülleri olarak ve PIN-FET diyotları (Kısım 12.2.1) genellikle alıcı modülleri olarak kullanılır. Bunların çalışma dalgaboyları 1300 nm' dir. Tekli-mod optik fiberleri (9/125 μm) iletim için kullanılır.

Bölgesel uzun mesafe ağında 34 Mbit/s ve 140 Mbit/s en çok kullanılır. Çok uzun mesafeli ve çok yüksek kapasite gerektiren ulusal şehirlerarası ağda, 140 Mbit/s veya 565 Mbit/s sistemler daha çok kullanılır.

7.3 Alman Federal Posta Yönetimi Telekom tarafından Kullanılan SDH Sistemleri

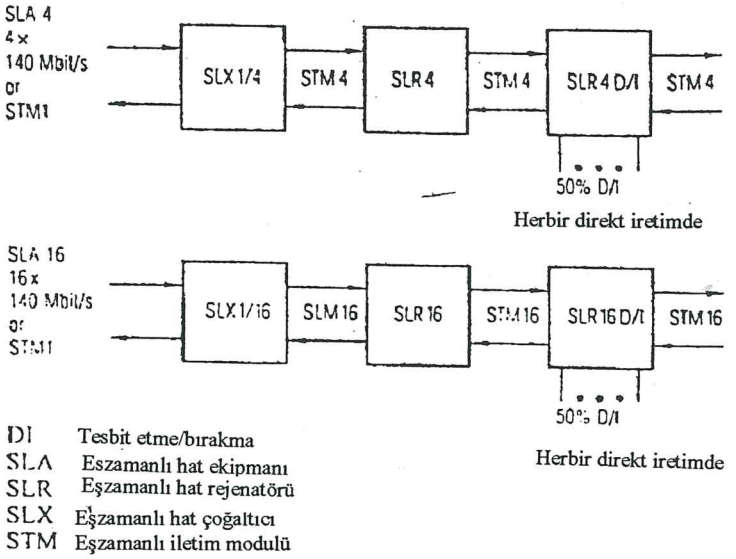
Alman Federal Posta Yönetimi Telekom 1990'da kendi ağına 622 Mbit/s (SLA 4) ve 2488 Mbit/s' lik (SLA 16) bir iletim kapasitesi ile senkronize hat ekipmanını yerleştirmektedir. Başlangıçta bunlar uzun mesafe ağında 565 Mbit/s' lik sistemlerle yer değiştirmektedir. SLA 4 ve SLA 16 her iki PDH ve SDH sinyallerini iletebildiğinden bunlar varolan bir sisteme entegre edildikleri zaman hiçbir sorun çıkmamaktadır. Senkronize arayüzlü ağ elemanları ("multiplexer" lar, çapraz bağlayıcılar, NKÜ 2000 ağ düğümleri) daha yaygın kullanıldıkça, bu senkronize hat ekipmanı bölgesel ve yerel ağlarda da kullanılabilecektir.

7.4 SLA 4 ve SLA 16' lı Sistemlere Örnekler

Her çeşit optik hat elemanına bir örnek olarak senkronize hat ekipmanı SLA 4 ve SLA 16 daha yakından düşünülür. Bu sistem ailesi aşağıdaki fonksiyonel birimleri sunmaktadır:

Senkronize hat "multiplexer" ları SLX ¼ ve SLX 1/16, senkronize hat tazeleyicileri SLR 4 ve SLR 16 yanında senkronize bölücü tazeleyiciler (SLR 4D/I ve SLR 16D/I Bu Şekil 7.2'de gösterilmiştir.

Tekli-mod optik fiberleri üzerinden kısa ve uzun bağlantılar için (ikinci ve üçüncü optik pencere) optik hat arayüzleri elverişlidir. F2 arayüzleri (akış kolları) senkronize 155 Mbit/s ve "plesiochronous" 140 Mbit/s sinyalleri için bir diğerinden bağımsız olarak anahtarlanabilir. Tak-ve-yerleştir tazeleyiciler iletilmiş ana bit akışı içinde 140 veya 155 Mbit/s sinyallere doğrudan erişim sağlar. İdare kavramı CCITT şartlarına ve yerel göstergeler için arayüzlere benzemesiyle beraber gelecekteki telekominikasyon işletme (TMN) ağını içermektedir.



Şekil 7.2 SLA 4 ve SLA 16 SDH sistemleri

7.5 Optik Fiber Sistemlerinde Uluslararası Eğilimler

Avrupa' da, dijital sistemler optik fiberlerle iletim için kendilerini yaygın olarak göstermişlerdir. Genel PDH 2, 8, 34 ve 140 Mbit/s sistemlerine ilaveten, yeni SDH sistemleri daha önemli hale gelmektedir. Bu sistemler 155 Mbit/s (STM-1), 622 Mbit/s (STM-4) ve 2488 Mbit/s (STM-16) ile bit oranlarını iletir. İletim teknik fonksiyonlarına (hat çıkışlı birimler ve tazeleyiciler) ilaveten, yeni bir senkronize, bit merkezli "multiplexing" tekniği vasıtasıyla oldukça yüksek bit oranlarında sinyaller üretmek için birinci senkronize bit oranının (155 Mbit/s, yani STM-1) dört, altı veya on sinyalinin birleştirilmesi için entegre edilmiş "multiplexing" fonksiyonları sağlar. Sistemler genellikle 1300 nm dalgaboyu aralığında çalışır. 1550 nm civarındaki dalgaboyları daha önemli hale gelmektedir, özellikle durmadan daha uzun mesafelere ulaşılan şehirlerarası ağda önemli bir maliyet faktörüdür. Optik güçlendiricilerin girişi bu şartlarda görülmelidir; çünkü bunlar tekrarlayıcı olmadan birkaç yüz kilometrelik uzunluklar sağlar.

Delikli çekirdek kabloların kullanıldığı Fransa haricinde (Bölüm 9.1), gevşek tamponla doldurulmuş fiber optik kablolar umumi telekominikasyon ağlarında

kendilerini bir iletim ortamı olarak göstermişlerdir, öyle ki tekli-mod fiberler (9/125 μm) çok yaygın kullanılmaktadır.

Avrupa dışında, Kuzey Amerikan ve Japon gelişmeleri önemlidir. Aynı Avrupa' da olduğu gibi senkronize dijital hiyerarşi yeni iletim sistemlerinin gelişiminde önemli bir etkiye sahiptir, ABD, SONET olarak adlandırılan senkronize optik ağlar için yeni bir standardın ortaya konmasını sağladı. Bu standart SDH için temel oluşturdu ve hem de 155 Mbit/s' den daha yüksek bit oranlarını tanımladı. ABD' de ilgili bit oranları için diğer isimler 45 Mbit/s' de senkronize bir hiyerarşik seviyenin (STS-1 ve OC-1) yerleştirilmesine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (STS-1 ve OC-1) (bkz. Tablo 7.2). Örneğin bir STS-3 (senkronize nakil sinyali) bir OC-3' e (optik taşıyıcı) karşılık gelmektedir.

2.5 Gbit/s' ye kadar bit oranları olan elverişli sistemler kapasite de yükseltilebilecektir. Böylece birkaç yıl içinde 10 Gbit/s için sistemler (STM-64) beklenebilecektir. ABD' de optik fiberler gevşek tamponlar içinde kablolanmaları yanında şerit ve -özel uygulamalar için- delikli çekirdek kablolar şeklinde de olabilmektedir.

7.6 Analog İletim Teknolojisi

Fiber optik sistemler öncelikle dijital sinyallerin iletimi için tasarlanmıştır, bununla beraber analog iletim için bazı uygun uygulamalar da vardır. Bu, örneğin şifre korumalı video iletimi için doğrudur. Bir analog optik fiber seçileceği zaman, modülasyon yönetimine özel bir dikkat gösterilmelidir.Bu durumda en önemli kriterler - optik fiberlerin zayıflatmalarına ve kullanılabilir bant genişliklerine ilaveten – optik alıcı ve vericilerin gürültü seviyeleri ve verici diyotların karakteristik eğrisindeki acayiplikten kaynaklanan lineer olmayan distorsiyondur.Işığın doğrudan genlik modülasyonuyla, ışık gücünün zaman eğrisi elektrik sinyalin zaman eğrisiyle doğru orantılıdır.Bu tip modülasyonla iyi gürültü ve linearite (doğrusallık) özelliklerine ulaşmak teknik olarak karmaşık olduğundan, frekans modülasyonu en çok uygulanandır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz çağı bilgi ve iletişim çağı olduğu için veri iletimi de çok önem kazanmıştır. Bu yüzden veri iletiminin çok hızlı ve eksiksiz yapılması gerektiği için optiksel iletişim çok önemli olmaktadır; çünkü optiksel iletişimde ışık kullanılmaktadır. Işığın kullanılabilmesi için en uygun ortam da fiber optiklerdir.

Veri iletimini çok hızlı ve kayıpsız iletebilen **fiber optik sistemler** artık sıkca kullanılmaktadır. Avrupa ülkelerinde 1970 lerde başlayan bu çalışmalar son yıllarda ülkemizde de uygulanmaya başlanmıştır. Fiber optik camdan yapıldığı için hammaddesi toprak olup bolca da bulunması fiber optik sistemlerin diğer sistemlere göre avantajlarından biridir. Görülüyorki önümüzdeki yıllar da haberleşmede fiber optik sistemler sıkca kullanılacaktır.

NAKLAR DİZİNİ

ahlke, G. And Gössing, P., 1993, Fiber Optic Cables, Published by Siemens tiengesellschaft, 244 p.

iser, G., 1983, Optical Fiber Communications, McGraw-Hill International Ed., 318p.

nior, J.M., 1992, Optical Fiber Communacitions, Prentice Hall., 922p.

phenson, G., 1974, An Introduction to Diferential Equations for Science Students, gman Group Ltd., 152p

tin, A., 1998, Fiber Optik Dalgakılavuzlarında Işıyan Enerji Ölçümü, Osmangazi iversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Genelfizik Bilim Dalı, ktora Tezi, 82s.

narya, M.,1997; Fiber Optics; Internet adress: htpp://www.bf.rmit.edu.gu /~gunarya html

soy, S., 1997, Fiber Optik Ders Notları, Erciyes Üniversitesi; 156s.

, C., K., 1986, Optical Fiber Systems: Technology, Design and Aplications, Graw-Hill Book Company, 204p.

, J., 1996, Optical Fiber, Internet adress: htpp://bugs. woi.edu.8080/EE535 /hist.intrahtm.

iv, A, 1991; Optical Electronics Saunders. Collage Publshing 723p.