1. OPTİK İLETİME GİRİŞ

1.1. FİBER OPTİK KABLO NEDİR?

Son on yılda,elektronik iletişim endüstrisinde çok sayıda önemli ve dikkate değer değişim meydana geldi. Ses,veri ve görüntü iletişimindeki olağanüstü artış,daha ekonomik ve daha geniş kapasiteli iletişim sistemlerine olan talebin de aynı şekilde artmasına neden oldu. Bu da elektronik iletişim endüstrisinde teknik bir devrime yol açtı.Yeryüzü mikrodalga sistemleri çoktan maksimum kapasitelerine ulaşmış bulunmaktadır;uydu sistemleri de her geçen gün artan talebe ancak geçici bir rahatlama getirebilmektedir. Geniş kapasitelere cevap verebilecek ve yüksek kalitede hizmet sağlayabilecek ekonomik iletişim sistemlerinin gerekli olduğu açıkça ortadadır.

Bilgi taşıyıcısı olarak ışığın kullanıldığı iletişim sistemleri,son zamanlarda oldukça ilgi görmektedir. Bu bölümde daha ileride göreceğimiz gibi,ışık dalgalarını yeryüzü atmosferinde yaymak zor ve elverişsizdir. Dolayısıyla,günümüzün önde gelen çeşitli ve geliştirme laboratuarlarında,bir ışık dalgasını "içermek" ve bu dalgayı bir kaynaktan bir varış yerine göndermek üzere cam ya da plastik fiber kabloların kullanıldığı sistemlerle ilgili araştırmalar yapılmaktadır. Güdümlü bir fiber optik aracılığıyla bilgi taşıyan iletişim sistemlerine fiber optik sistemler denmektedir.

1.2. FİBER OPTİK KABLONUN AVANTAJLARI:

- geniş band aralığı
- elektromagnetik bağışıklık
- karışma olmaması
- çevre koşullarına karşı direnç
- tesis kolaylığı
- güvenilirlik
- maliyet

ORTAM	BİT ORANI (Mbps)	SES KANALI	TEKRARLAYICI BOŞLUĞU (km)
KOAKSİYEL	1,5 3,1 6,3 45 90	24 48 96 672 1344	1 - 2
FİBER OPTİK	45 90 180 405 – 435 565 1700	672 1344 2688 6048 8064 24192	6-15 ÇOK MODLU 30 –40 TEK MODLU

Tablo.1 - Fiber optik ve koaksiyel kablolar arasındaki band aralığı farkı

1.2.1. Geniş Band Aralığı

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

1.2.2. Elektromagnetik Bağışıklık

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

1.2.3. Karışma (Diyafoni) Olmaması

Fiber kablolar, yıldırımın, elektrik motorlarının, floresan ışığın ve diğer elektriksel gürültü kaynaklarının neden olduğu statik karışmadan etkilenmezler; bunun bir nedeni de, fiber optiklerin elektrik iletmeme özelliğidir. Ayrıca, fiber kablolar enerji yaymazlar; dolayısıyla, diğer iletişim sistemleriyle girişime yol açmaları

mümkün değildir. Bu özellik, fiber sistemleri askeri uygulamalara çok uygun hale getirir; askeri uygulamalarda, nükleer silahların etkileri (EMP, elektromanyetik darbe girişimi), klasik iletişim sistemleri üzerinde çok kötü sonuçlar yaratır.

1.2.4. Çevre Koşullarına Karşı Direnç

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

1.2.5. Tesis Kolaylığı

Fiber kabloların monte edilmesi ve bakımı daha kolay ve daha güvenlidir. Cam ve plastik fiberler iletken olmadıkları için, fiberler kullanıldığında elektrik akımları ya da gerilimlerinin yarattığı tehlikeler yoktur. Fiberler, hiçbir patlama ya da yangın tehlikesi oluşturmaksızın, uçucu sıvıların ya da gazların çevresinde kullanılabilirler.

Fiberler, metalik kablolardan daha küçük ve çok daha hafiftir. Dolayısıyla, fiber kablolarla çalışmak daha kolaydır. Ayrıca, fiber kablolar daha az saklama alanı gerektirir ve daha ucuza nakledilebilir.

1.2.6. Güvenilirlik

Fiber kablolar bakır kablolara oranla daha emniyetlidir. Kullanıcının haberi olmaksızın fiber kablonun içine kaçak veya gizli bir bağlantı yapmak imkansızdır. Bu da fiberi, askeri uygulamalar açısından cazip kılan bir başka niteliğidir.
Henüz kanıtlanmamış olmasına rağmen, fiber sistemlerin metalik malzemede daha uzun süre dayanacağı varsayılmaktadır. Bu varsayımın dayanak noktası, fiber kabloların çevre koşullarındaki değişikliklere daha dayanıklı olmasıdır.

1.2.7. Maliyet

Fiber optik bir sistemin uzun vadeli maliyetinin, metalik bir sistemin uzun vadeli maliyetinden daha az olacağı düşünülmektedir.

1.3. FİBER OPTİK KABLONUN DEZAVANTAJLARI

- Mevcut şebekeye ayarlanmasında zorluklar çıkmaktadır. (bakır devre ve fiberin uyuşmaması)
- Digital ve analog sistemlerin uyuşmaması
- Fiber fiyatlarının yeteri kadar ucuz olmaması. Ancak kısa zamanda ucuzlaması muhtemeldir. tlk fiber kablodan buyana (sistem + kablo) ıso ucuzlamış durumdadır. Uzun mesafe irtibatlarında ise fiber optik sistemler konvansiyonel fiber ve bakır kabloların ekonomik karşılaştırılmasında bant genişliği veya kanal maliyeti de dikkate alınmalıdır.
- Local şebekelerde fiber optik kabloya olan ihtiyaç fazla olmadığından local şebekede kullanılacak teçhizat geliştirme çalışmaları yavaş yavaş yürütülmektedir. Mevcut teçhizatlar ise çok pahalıdır.
- Fiber optik kabloların pratikte 5 km den kısa mesafelere çekilmesi ekonomik değildir.



1.4. OPTİK FİBERLERİN KULLANIM ALANLARI

Optik iletişim sistemleri; büyük olanaklar sağlaması nedeniyle kısa sürede çok geniş kullanım alanları bulmuştur. Bu sistemin kullanıldığı çeşitli alanlar aşağıda sıralanmıştır.

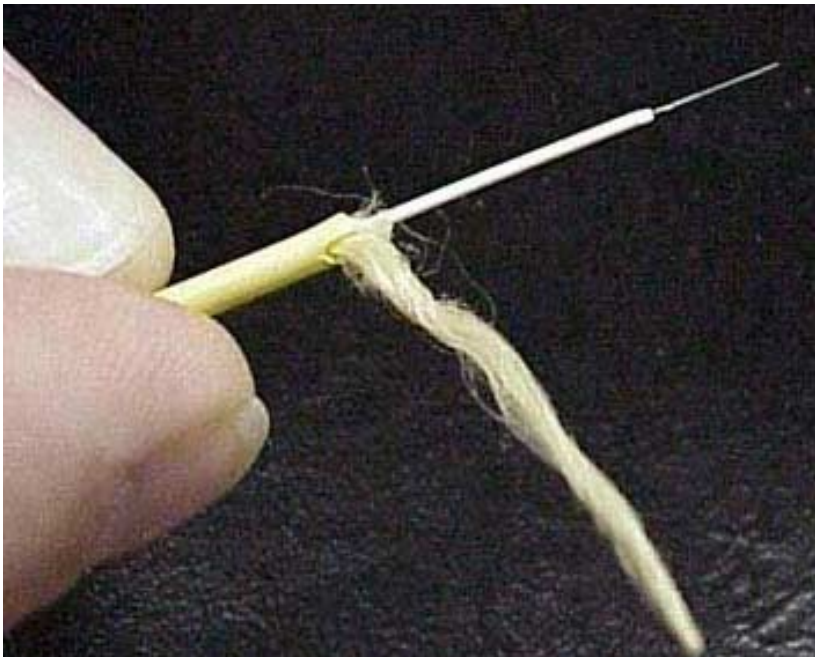
- Zayıflamanın az, bant genişliğinin büyük, kanal başına düşen

maliyetin düşük olması nedeni ile, uzun mesafeli büyük kapasiteli haberleşme sistemlerinde ve orta mesafeli küçük kapasiteli sistemlerde,

- Hem örneksel hem sayısal iletime olanak sağlaması ve geniş bantlı servis verebildiğinden özellikle santraller arası (jonksiyonlu) bağlantıda,
- Düşük kayıp, yüksek hız nedeni *ile* bina içlerindeki iletim sistemlerinde (plastik fiberlerle),
- Kapalı devre televizyon sistemlerinde,
- Veri (data) iletiminde,
- Elektronik aygıtların birbirleriyle bağlantısında,
- Havacılık alanında (radar), yüksek hız gerektiren aygıtlar arası ve uçak iç donanımlarında,
- Demiryolu elektrifikasyon ve sinyalizasyon uygulamalarında,
- Yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber damarlar yerleştirilerek iletkenlerin, enerji taşırken aynı anda haberleşmeyi de sağlamasında,
- Trafik kontrol sistemlerinde,
- Reklam panolarında,
- Tıp alanında kullanılan aygıtlarda,
- Nükleer enerji santrallerin ve radyo aktif ışınların iletişimi bozduğu yerlerde kullanılırlar.

1.5. FİBER TÜRLERİ

- Plastik çekirdekli, plastik koruyucu zarflı
- Cam çekirdekli, plastik koruyucu zarflı(çoğunlukla PCS fiber denir:plastik koruyucu zarflı silika.)
- Cam çekirdekli, cam koruyucu zarflı(çoğunlukla SCS denir:silika koruyucu zarflı silika.)



Şekil.1

Plastik fiberlerin cam fiberlere oranla çeşitli avantajları vardır. Birincisi, plastik fiber daha esnektir ve bu nedenle camdan daha dayanıklıdır. Monte edilmeleri kolaydır, basıca daha dayanıklı ve daha ucuzdurlar; üstelik cama oranla %60 daha hafiftirler. Plastik fiberin dezavantajı, yüksek zayıflama özelikleridir; ışığı cam kadar verili yayamazlar. Dolayısıyla, plastik fiberlerin kullanımı nispeten kısa mesafelerle (örneğin,tek bir bina ya da bir bina kompleksi dahili) sınırlıdır.

Cam çekirdekli fiberler düşük zayıflama özellikleri sergilerler. Ancak, PCS fiberler SCS fiberlerden biraz daha iyiyidir. Ayrıca, PCS fiberler yayılımdan daha az etkilenirler; dolayısıyla, askeri uygulamalar açısından daha caziptirler. SCS fiberler en iyi yayılım özelliklerine sahiptir ve sonlandırılmaları. PCS fiberlere oranla daha kolaydır. Ne yazık ki, SCS kablolar en dayanıksız kablolardır ve yayılıma maruz kaldıklarından en fazla zayıflama bu kablolarda meydana gelir.



Şekil.2

Fiber optik kablolarla normal kabloları kıyasladığımızda işin teknik yönü ve sağladığı avantajlar dışında maliyet açısından fiberlerin çok daha pahalı olduğunu görürüz ancak kısa mesafeler için (1-5 km) ya da bilgi taşıma kapasitesi bakımından fiberlerde kullanılan malzemeyle oynamak suretiyle hem fiyat uygunluğu hem de ihtiyaca cevap vermek mümkün olmuştur.

Fiberleri sınıflandırılırken ilk önce 2'ye ayrılırlar; kapasitesine göre ve yapısına göre; yapısına göre 3'e ayrılırlar:

1.5.1. Cam Fiberler

Nüvesi ve kılıfı camdan imal edilir. Veri iletimi açısından en iyi performansı gösterir. Yapımında kullanılan cam ultra saf silikon dioksit veya kuartz kristalidir. malat aşamasında indisi azaltmak için, flor veya bor, indisi artırmak için, germanyum veya fosfor ile katkılanır.

1.5.2. Plastik Kaplı Silisyum Fiber

Cam nüveye plastik kılıfa sahiptirler. Fiyat olarak cam fiberlere göre daha ucuz ama performans açısından daha verimsizdir.

1.5.3. Plastik Fiberler

En ucuz fiber tipidir. Nüvesi de kılıfı da plastiktir. Performansı en zayıf fiyatı en uygun fiberdir genelde kaplamaları yoktur. Kısa mesafe iletişimi için uygundur.



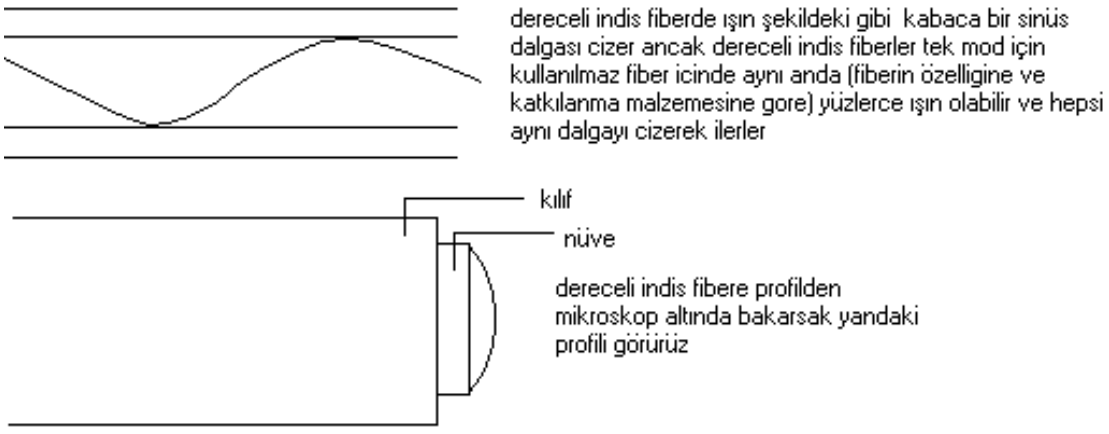


Şekil.3 - Fiber Türleri

Fiber optik kabloların nüve tipine göre sınıflandırılmasından ve fiber karakteristiklerinden bahsedecek olursak önce yapılacak sınıflandırma kırılma indis profiline göre yapılacağı için kırılma indis profiline değinmek gerekir. Kırılma indis profili nüve kılıf indisleri arasındaki ilişkiyi tanımlar. İki tip kırılma indisi vardır. Kademeli indis ve dereceli indis. Bunu şöyle açıklayabiliriz; Bir kademeli indis fiberin uç kesitine baktığımızda düz bir kesit görürüz. Bunun yorumu fiber nüvesinin her noktasında aynı indis değerinin olduğudur. Yani enjekte edilen ışık nüvenin her yerinde aynı dirençle karşılaşır. Dolayısıyla bildiğimiz sıradan yansıma kurallarına göre nüve içerisinde yansıyarak ilerler. Buna göre nüve tipine göre ikiye ayırabilir fiber optik kabloları:

1.5.4. Dereceli İndis Fiber

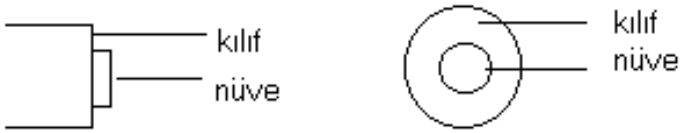
Aynı kesit dereceli indis fiberden alınacak olursa nüvenin dışa doğru tıpkı bir dış bükey mercek gibi yay çizdiği görülür. Bunun anlamı ise nüvenin çok sayıda farklı yoğunluklarda cam tabakadan oluştuğudur. Bu durumda ışık nüve içerisinde kabaca bir sinüs dalgası çizerek ilerler.



Şekil - 4

1.5.5. Kademeli İndis Fiber

Çok modlu kademeli indis fiber en basit fiber tiplerinden biridir 100 – 970µm arasında bir nüve çapına sahiptir. Nüve çapının daha fazla olması daha fazla mod taşınması açısından faydalıdır. Ancak modal yayılma en çok bu tip fiberde olur. Yayılma km başına 15-30 nano saniye olur. Rakam saniyenin milyarda 15- 30 u gibi görünebilir ama bütün kodlama sistemlerinde hataya sebep olacak düzeydedir. Kabul edilebilir yayılma miktarı km de 1 ns dir. Işık nüve içinde dereceli indis fiber gibi sinüs dalgaları çizmek yerine tam yansıma kurallarına bağlı zig zaglar çizerek ilerler.

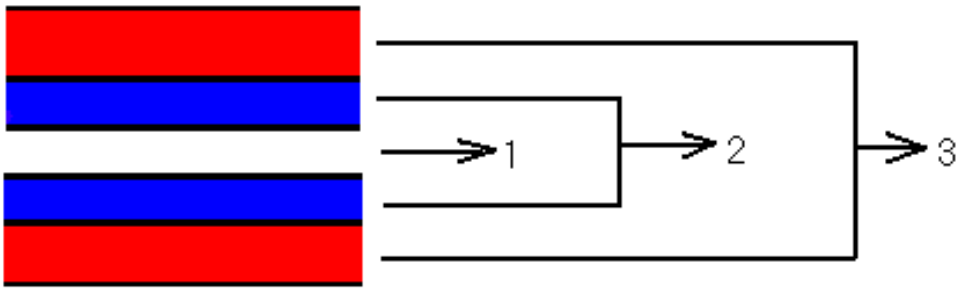


Şekil.5

2. FİBER OPTİK KABLONUN ÇALIŞMASI

Fiberin çalışma prensibi temel optik kurallarına dayanır. Bir ışın demeti az yoğun bir ortamdan daha yoğun bir ortama geçerken geliş açısına bağlı olarak yansıması (tam yansıma) yada kırılarak ortam dışına çıkması (bu istenmeyen durumdur) mantığına dayanır.

Öncelikle fiber optik kablonun yapısına bir göz atalım. Kablo 3 kısımdan oluşur.



yukarıdaki şekil bir fiber kablonun yapısını gösterir 1 numaralı bölüm (beyaz) nuve 2 numaralı bolum (mavi) kılıf 3 numaralı bölüm (kırmızı) kaplamadır ve genelde plastiktir

Şekil-6

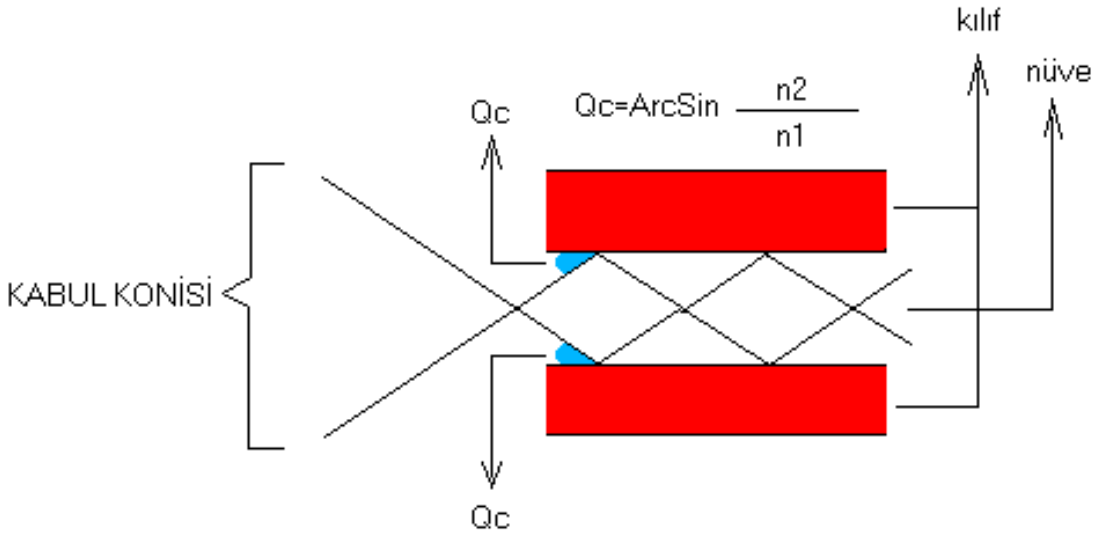
Nüve: Işığın içerisinde ilerlediği ve kablonun merkezindeki kısımdır. Çok saf camdan yapılmıştır ve esnektir. Yani belirli sınırlar dahilinde eğilebilir cinsine göre çapı tek modlu veya çok modlu oluşuna göre 8 mikrometre ile 100 mikrometre arasında değişir (not: insan saçı 100 mikro metre civarındadır).

Kılıf: Tipik olarak 125 mikrometre çapında nüveyi saran ve fibere enjekte edilen ışının nüveden çıkmasını engelleyen kısımdır aynı nüve gibi camdan yapılmıştır ancak indis farkı olarak yaklaşık %1 oranında daha azdır bu indis farkından dolayı ışık ışını nüveye enjekte edildikten sonra kılıfa geçmez (aşırı bir katlanma ya da ezilme yoksa) ışın kılıf nüve sınırından tekrar nüveye döner ve böyle yansımalar dizisi halinde nüve içerisinde ilerler.

Kaplama: Optik bir özelliği olmayan kaplama polimer veya plastik olabilir bir veya birden fazla katmanı olabilir. Optik bir özelliği yoktur sadece fiberi darbe ve şoklardan korur.

2.1. Işın Demetinin Fibere Enjekte Edilmesi

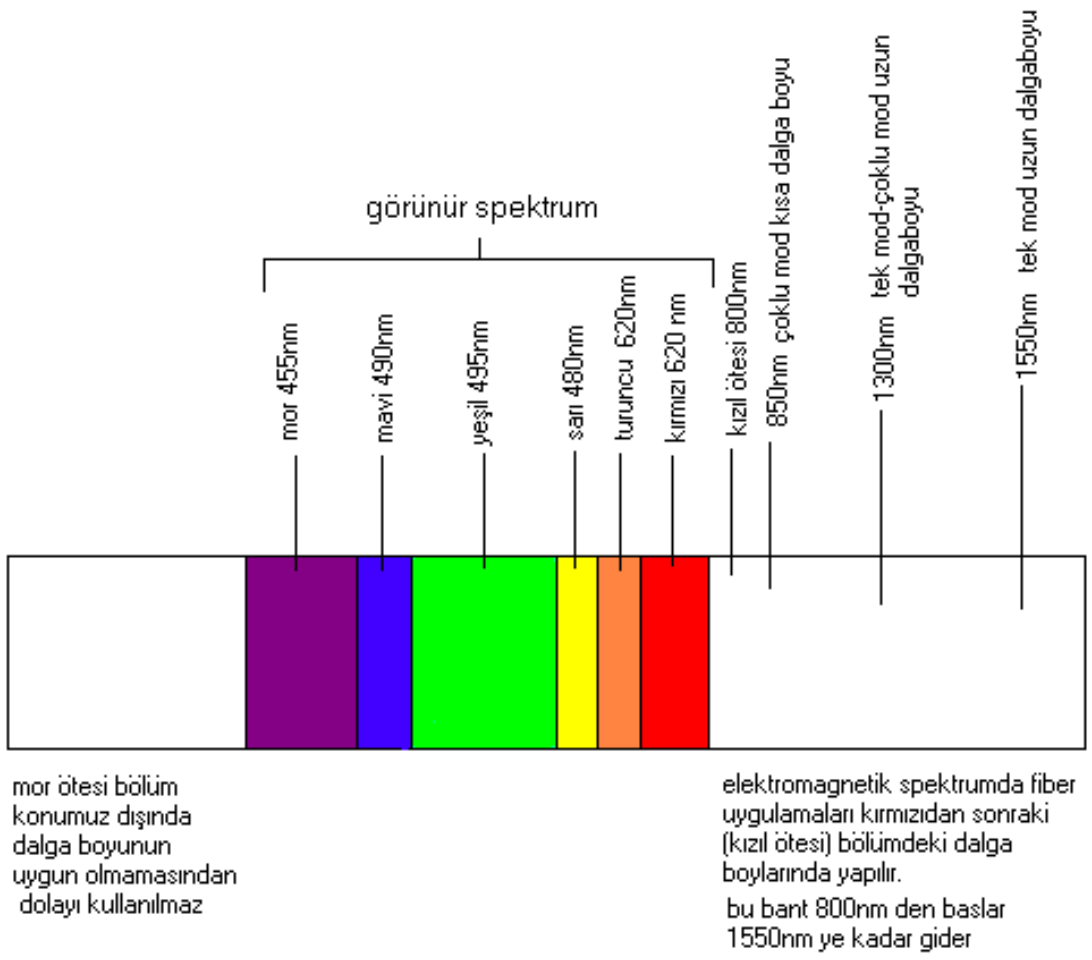
Gönderilecek ışın yada sinyal fiberin nüvesine enjekte edilir. Ancak fiber içerisinde kılıfa geçmemesi için belirli bir açı dahilinde nüveye girmeli ki nüve kılıf sınırından tam yansıma yapabilsin bu açıya kritik açı denir. Hesaplanması aşağıdaki gibidir.



Şekil.8 – Kırılma

Şekildeki kabul konisi olarak görülen bölüm kritik açının oluşturduğu ve tamamen fiber kablonun parametrelerine göre değişebilen bir konidir. Bu açılardan küçük gelen her ışın demeti fibere girer. Formüldeki n1 nüve n2 kılıf indisleridir.

2.2.IŞIĞIN DALGA BOYLARI VE SPEKTRAL GENİŞLİK



Şekil.9 – Elektromagnetik spektrum

Her ışının bir dalga boyu vardır. Bu dalga boyu ışığın görünür-görünmez yada elektromagnetik spektrumda nerede ve ne özellikte olduğunu belirler. Örneğin infrared (kızıl ötesi) ışınlar insan gözünün algılayabileceği sınırın altındadır.

Bir ışın demetinin nüve içerisinde ilerleme hızı dalga boyuna bağlıdır. Örneğin mor olan yani mor renkli ışığın dalga boyu 455 nm, kırmızı ışığın dalga boyu 620 nm. Bunun anlamı bu iki ışın fiber içinde aynı hızla ilerlemez. Kırmızı ışın aralarındaki dalga boyu farkı kadar daha hızlı ilerler (her saykılda). Işığın bu özelliği fiber optik iletimde bir dezavantaj olarak geri döner(modal yayılma olarak).

2.3. MOD

Mod genel olarak bir fibere enjekte edilen her ışın şeklinde tanımlanabilir ve kısmen fiberin bilgi taşıma kapasitesini ifade eder. Her fiberin taşıyabileceği mod sayısı nüvenin çapına ve yapısına bağlıdır. Fiberin iletebileceği mod sayısı için ilk önce normalize olmuş nümerik açıklık frekansı (V) bulunur. Daha sonra iletilebilecek mod sayısı (N) bulunur.

$V=(2\pi d/\lambda)NA$

V:normalize olmus nümerik açıklık frekansı

λ :ışığın dalga boyu

d:nüve çapı

NA:nümerik açıklık (birimsiz)

$N=\frac{V^2}{2}$ basit kademeli indis fiber için

$N=\frac{V^2}{4}$ dereceli indis fiber için

Şekil.10

2.4. MODAL YAYILMA

Aynı anda fibere enjekte edilen ışınlar fiber sonuna farklı zamanlarda ulaşırlar buna modal yayılma denir ve sadece çok modlu fiberlerde meydana gelir. Modal yayılmayı azaltmanın 3 yolu vardır:

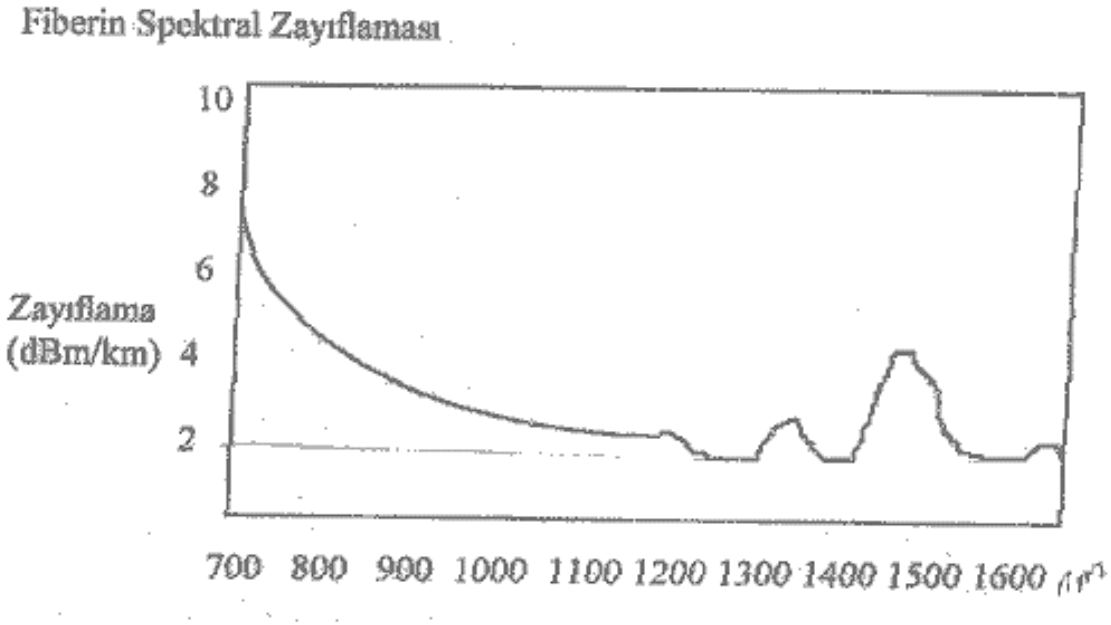
- Kullanılacak fiberi daha az moda izin verecek şekilde seçmek, dolayısıyla daha dar bant genişliğine katlanmak
- Dereceli indis fiber kullanmak: dereceli indis fiber kullanıldığında bütün ışınlar dalga boyu ne olursa olsun nüvenin yapısından dolayı aynı yolu izleyeceklerdir. Bu en etkili yöntemdir. Bant genişliği açısından da kısıtlama getirmez.
- Tek modlu fiber kullanmak bu tip fiberde yalnız tek mod bulunduğundan bir gecikme söz konusu olmaz.

2.5. MALZEME YAYILMASI

Farklı dalga boyları (renkler) fiber nüvesi içerisinde farklı hızlarda hareket eder. Ancak farklı ortamlarda da ortama göre de farklı hızlarda hareket eder. Işık hızının malzeme (nüve) içerisindeki hızı hem nüve malzemesine hem de ışığın dalga boyuna bağlıdır. Malzeme özelliğinden kaynaklanan yayılmaya bu nedenle malzeme yayılması denir. Bir kaynak normalde tek bir dalga boyunda ışık yaymaz. Bir çok dalga boyundan ışık yayabilir. Bu dalga boyları aralığı spektral genişlik olarak tanımlanabilir. Spektral genişlik ledler için 35nm lazer için 2-3 nm dir. Örnekten de anlaşılacağı gibi kullanılan kaynak lazer ise malzeme yayılması çok daha az olur. Örneğin lazer kaynağımızın 850nm de çalışmasını istiyoruz. Kaynak 848 nm ile 851 nm arasında bir spektral çerçevede çalısır. 848nm deki sinyaller (kırmızımsı) 851 nm deki sinyallerden daha hızlı hareket edecektir. Ancak lede göre çok daha az bir yayılma ortaya çıkar.

2.6. ZAYIFLAMA, SAÇILMA VE ABSORBLAMA

Zayıflama ışık fiber içerisinde yol alırken meydana gelen güç kaybıdır dB/km olarak ölçülür. Plastik fiberler için 300dB/km tek modlu cam fiberler için 0,21dB/km civarındadır. Ancak ışının dalga boyu ile de ilgilidir aşağıdaki grafik bu durumu gösterir.



Şekil-10





Şekil-11

Zayıflamanın en fazla olduğu bölgeler 730-950 nm ve 1250-1380nm bölgeleridir. Bu bölgelerde çalışmamak daha avantajlı olur. Zayıflama iki sebepten dolayı olur; saçılma ve absorblama.

2.6.1. Saçılma

Gelen ışının yabancı bir maddeye çapmasıyla oluşan dağılma ve ışık kaybıdır Saçılma uzun dalga boyundaki ışınlarda çok daha küçük bir etkiye sahiptir. Matematiksel olarak saçılma dalga boyunun 4.kuvvetinin tersi ile orantılı olduğundan kısa dalga

boyundan uzun dalga boylarına geçildikçe hızla azalır, ama asla sıfır olmaz.

Saçılma;
820nm de :2,5db
1300nm de :0,24db
1550nm de :0,012db gibi değerlerde seyreder.

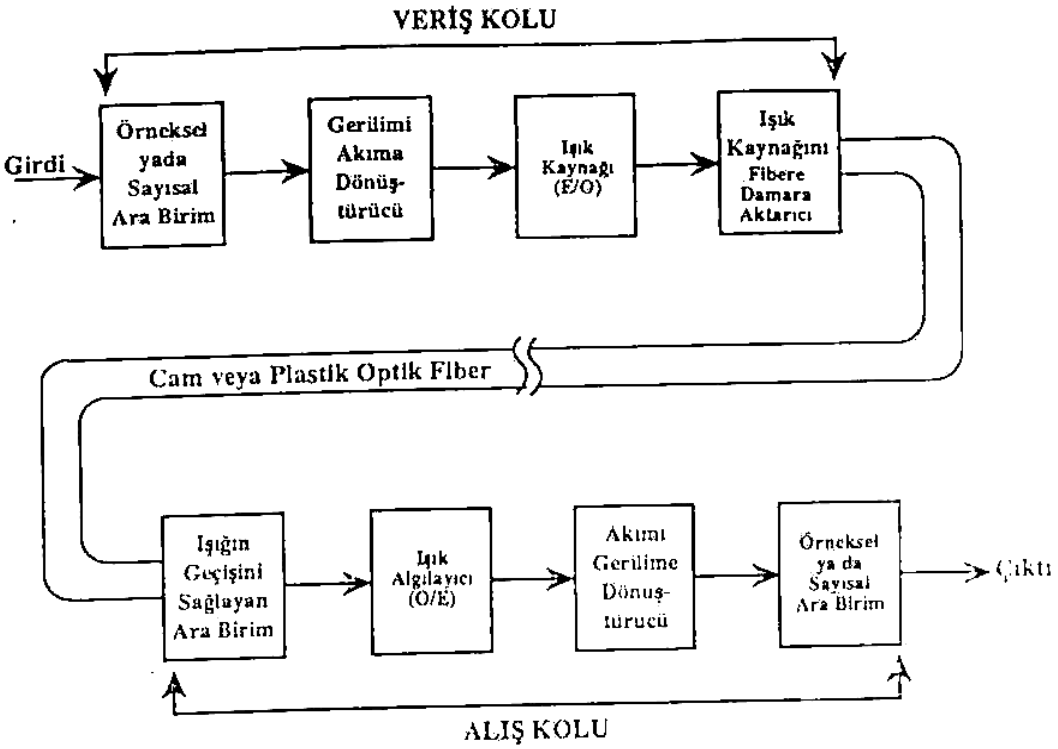
2.6.2. Absorblama

Saçılmayla aynı nedenden oluşur. Temel farklılık saçılma, ışığın dağılması şeklinde bir bozuklukken, bu olayda ışığın sönümlenmesi söz konusudur. Fiber içindeki yabancı maddeler (örn: kobalt,bakır krom) absorblamaya neden olur. Kayıpların düşük olması için bu maddelerin fiberde milyarda bir düzeyinde olmalıdır.

2.7. MİKROBENT KAYIPLARI

Mikrobent kayıpları kablonun çeşitli sebeplerden bükülmesinden dolayı oluşur. Eğer ciddi boyutlarda bir bükülme varsa ışının tamamen yok olması söz konusu olabilir. Bu nedenle fiber kablolar genelde çok katmanlı korumalı imal edilir.

3. FİBER OPTİK İLETİŞİM SİSTEMİ



Şekil-12

Şekil 12’de optik bir iletişim hattının basitleştirilmiş blok diyagramı gösterilmektedir. Hattın üç asal öğesi, verici,alıcı ve kılavuzdur.

Verici şunlardan oluşur: analog ya da sayısal bir arabirim, bir gerilim- akım dönüştürücüsü, bir ışık kaynağı ve bir kaynaktan-fibere ışık bağlayıcı.

Fiber kılavuz, ya aşırı saf cam ya da plastik bir kablodur.
Alıcı ise şunları içerir: bir fiberden ışık dedektörüne bağlaşım aygıtı, bir fotodedektör, bir akım- gerilim dönüştürücüsü, bir yükselteç ve analog ya da sayısal bir arabirim.

Fiber optik bir vericide, ışık kaynağı sayısal ya da analog bir sinyal tarafından modüle edilebilir. Analog modülasyonda, giriş arabirimi empedansları eşler ve giriş sinyal genliğini sınırlar. Sayısal modülasyonda, başlangıçtaki kaynak zaten sayısal biçimde olabilir; eğer kaynak bilgi sayısal değil de analog biçimde ise, sayısal darbe akışına dönüştürülmesi gerekir. Kaynak bilgi analog olduğunda, arabirimde ek olarak bir analog/sayısal dönüştürücü bulunmalıdır.

Gerilim- akım dönüştürücüsü, giriş devreleriyle ışık kaynağı arasında elektriksel bir arabirim vazifesi görür. Işık kaynağı, ya ışık yayan bir diyod (LED) ya da enjeksiyon lazer diyodudur (ILD). Bir LED ya da bir ILD tarafından yayılan ışık miktarı, sürme akımının miktarına eşittir. Gerilim- akım dönüştürücüsü, bir giriş sinyal gerilimini, ışık kaynağını sürmede kullanılan bir akıma dönüştürür.
Kaynaktan fibere bağlayıcı, mekanik bir arabirimdir. İşlevi, kaynaktan yayılan ışığı fiber optik kabloya bağlamaktır.

Fiber optik, cam ya da plastik fiber çekirdekten, bir koruyucu zarftan ve bir koruyucu kılıftan oluşmaktadır. Fiberden ışık dedektörüne bağlaşım aygıtı da mekanik bir bağlayıcıdır. Bu aygıtın işlevi, fiber kablodan mümkün olduğunca çok ışığı ışık dedektörüne bağlamaktır.

Işık dedektörü çoğunlukla ya bir PIN (pozitif - saf - negatif) diyod ya da bir APD'dir (çığ fotodiyodu). Gerek APD gerekse PIN diyod, ışık enerjisini akıma dönüştürür. Dolayısıyla, bir akım- gerilim dönüştürücüsü gereklidir.

Akım-gerilim dönüştürücüsü, dedektör akımındaki değişiklikleri çıkış sinyal gerilimindeki değişikliklere dönüştürür.

Alıcı çıkışındaki analog ya da sayısal arabirim de elektriksel bir arabirimdir. Eğer analog modülasyon kullanılıyorsa, arabirim

empedansları ve sinyal düzeylerini çıkış devreleriyle eşler. Eğer sayısal modülasyon kullanılıyorsa, arabirimde bir de sayısal- analog dönüştürücü bulunmalıdır.

3.1 IŞIK KAYNAKLARI

Temel olarak, fiber optik iletişim sistemlerinde ışık üretmede yaygın olarak kullanılan iki aygıt vardır : ışık yayan diyodlar (LED'ler) ve enjeksiyon lazerli diyodlar (ILD'ler). Her iki aygıtın da avantajları ve dezavantajları vardır ve birine oranla öteki aygıtın seçilmesi, sistem gerekliliklerini bağlı olarak yapılır.

3.1.1. Işık Yayan Diyodlar

Temel olarak, ışık yayan diyod (LED) yalnızca bir P-N eklem diyodudur. Çoğunlukla, alüminyum galyum arsenit (AlGaAs) veya galyum arsenit fosfit (GaAsP) gibi yarı iletken bir malzemeden yapılır. Ledler ışığın doğal emisyonla yayarlar; ışık, elektronlar ile deliklerin yeniden birleşiminin bir sonucu olarak yayılır. Diyod ileri ön gerilimli olduğunda, P-N eklemi üzerinde azınlık taşıyıcıları meydana gelir. Azınlık taşıyıcıları eklemde, çoğunluk taşıyıcıları ile yeniden birleşip, enerjiyi ışık şeklinde verirler. Bu süreç, temel olarak klasik bir diyottaki süreç ile aynıdır; aradaki fark şudur: LED'lerde belli yarı iletken malzemeler ve katkılama maddeleri, süreç ışıma yapacak (foton üretecek) şekilde seçilir. Foton, elektromanyetik dalga enerjisinin bir nicesidir. Fotonlar ışık hızında ilerleyen parçalardır, ancak durağan halde iken kütleleri yoktur. Klasik yarı iletken diyotlarda (sözgelimi, germanyum ve silisyum), süreç temel olarak ışıma yapmaz ve foton üretimi olmaz. Bir LED imal etmek için kullanılan malzemenin enerji aralığı, LED'den yayılan ışığın görünür ışık olup olmadığını ve ışığın rengini belirler.

En basit LED yapıları, sade eklemli, epitaksiyel olarak büyütülmüş veya tek dağılmış aygıtlardır. Epitaksiyel olarak büyütülmüş LED'ler, genellikle silisyum katkılı galyum arsenitle yapılırlar. Bu tür LED'den yayılan tipik bir dalga boyu 940 nm'dir; 100 mA'lik ileri yönde akımda tipik çıkış gücü ise 3 mW'tır. Düzlemsel dağılmış (sade eklemli) LED'ler 900 nm'lik bir dalga boyunda yaklaşık 500 mW çıkış yaparlar. Sade eklemli LED'lerin önde gelen dezavantajı, ışık emisyonlarının yönlü olmayışıdır; bu da

bu tür diyotları fiber optik sistemler açısından kötü bir seçenek haline getirir.

Düzlemsel karışık eklemli LED, epitaksiyel olarak büyütülmüş LED'e oldukça benzer; aradaki fark, düzlemsel karışık eklemli LED'de geometrik tasarımın, ileri yönde akımı aktif katmanın çok küçük bir alanına yoğunlaştıracak şekilde yapılmış olmasıdır. Bu yüzden, düzlemsel karışık eklemli LED'lere oranla çeşitli avantajları vardır.

Bu avantajlar şunlardır:

- Akım yoğunluğundaki artış, daha parlak bir ışık spotu oluşturur.
- Emisyon yapan alanın daha küçük, yayılan ışığı bir fibere bağlamayı kolaylaştırır
- Etkili küçük alanın kapasitansı daha düşüktür; bu da düzlemsel karışık eklemli LED'lerin daha yüksek hızlarda kullanılmasını sağlar

4. FİBER OPTİK KABLOLARDA KAYIPLAR

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

- Soğurma kayıpları
- Malzeme ya da Rayleigh saçınım kayıpları
- Renk ya da dalga boyu ayrılması
- Yayılım kayıpları
- Modal yayılma
- Bağlaşım kayıpları

4.1. SOĞURMA KAYIPLARI

Fiber optikteki soğurma (yutma) kaybı, bakır kablolardaki güç kaybına benzer; fiberin saf olmaması nedeniyle fiberde bulunan maddeler, ışığı soğurur ve ısıya dönüştürür. Fiber optikleri imal etmede kullanılan aşırı saf cam, yaklaşık %99.9999 saftır. Gene de, 1 dB/km arasındaki soğurma kayıpları tipik değerlerdir.

Fiber optikteki soğurma kayıplarına yol açan üç faktör vardır: morötesi soğurma, kızılaltı soğurma ve iyon rezonans soğurması.

4.1.1. Morötesi soğurma

Morötesi soğurmaya, fiberin imal edildiği silika malzemesindeki valans elektronları neden olur. Işık, valans elektronlarını iyonize ederek iletkenlik yaratır. İyonizasyon, toplam ışık alanındaki bir kayba eşdeğerdir ve bu nedenle fiberin iletim kayıplarından birini oluşturur.

4.1.2. Kızılaltı soğurma

Kızılaltı soğurmaya, cam çekirdek moleküllerinin atomları tarafından soğurulan ışık fotonları neden olur. Soğurulan fotonlar, ısınmaya özgü rastgele mekanik titreşimlere dönüştürülür.

4.1.3. İyon rezonans soğurması

İyon rezonans soğurmasına, malzemedeki OH-iyonları neden olur. OH-iyonlarının kaynağı, imalat sürecinde camın içinde sıkışıp kalan su molekülleridir. İyon soğurmasına demir, bakır ve krom moleküllerideneden olabilir.

4.2.MALZEME YA DA RAYLEIGH SAÇINIM KAYIPLARI

İmalat sürecinde, cam çekilerek çok küçük çaplı uzun fiberler haline getirilir. Bu süreç esnasında, cam plastik haldedir(sıvı ya da katı halde değil). Bu süreç esnasında cama uygulanan germe kuvveti, soğuyan camda mikroskopla görülmeyecek kadar küçük düzensizliklerin oluşmasına neden olur;bu düzensizlikler fiberde kalıcı olarak oluşur. Işık ışınları, fiberde yayınım yaparken bu düzensizliklerden birine çarparsa kırınım meydana gelir. Kırınım,ışığın birçok yönde dağılmasına ya da saçılmasına yol açar. Kırınım yapan ışığın bir kısmı fiberde yoluna devam eder, bir kısmı da koruyucu zarf üzerinden dışarı kaçar. Kaçan ışık ışınları, ışık gücünde bir kayba karşılık gelirler. Buna Rayleigh saçınım kaybı denir.

4.3. RENK YA DA DALGA BOYU AYRILMASI

Daha önce de belirtildiği gibi, bir ortamın kırılma indisi dalga boyuna bağlıdır. Işık yayan diyodlar(LED'ler) çeşitli dalga boylarını içeren ışık yayarlar. Bileşik ışık sinyalindeki her dalga boyu farklı bir hızda ilerler. Dolayısıyla, bir LED'den aynı zamanda yayılan ve fiber optikte yayınım yapan ışık ışınları, fiberin en uç noktasına aynı anda ulaşmazlar. Bunun sonucu olarak, alma sinyalinde bozulma meydana gelir; buna kromatik bozulma denir.

4.4. YAYILIM KAYIPLARI

Yayınım kayıplarına, fiberdeki küçük bükümler ve burulmalar neden olur. Temel olarak, iki tür büküm vardır:mikro büküm ve sabit yarıçaplı büküm. Mikro büküm, çekirdek malzemesi ile koruyucu zarf malzemesinin ısıl büzülme oranları arasındaki farktan kaynaklanır. Mikro büküm, fiberde Rayleigh saçınımının meydana gelebileceği bir süreksizlik oluşturur. Sabit yarı çaplı bükümler, fiberin yapımı ya da monte edilmesi sırasındaki bükülmeler sonucu meydana gelir.

4.5. MODAL YAYILMA

Modal yayılmanın ya da darbe yayılmasının nedeni, bir fiberde farklı yollar izleyen ışık ışınlarının yayınım sürelerindeki farktır. Modal yayılmanın yalnızca çok modlu fiberlerde meydana gelebileceği açıktır. Dereceli indeksli fiberler kullanılmak suretiyle modal yayılma önemli ölçüde azaltılabilir; tek modlu kademe indeksli fiberler kullanıldığında ise hemen hemen bütünüyle bertaraf edilebilir.

Modal yayılma, bir fiberde yayınım yapmakta olan bir ışık enerjisi darbesinin yayılarak dağılmasına neden olabilir. Eğer darbe yayılması yeterince ciddiyse, bir darbe bir sonraki darbenin tepesine düşebilir(bu, semboller arası girişime bir örnek oluşturmaktadır). Çok modlu kademe indeksli bir fiberede, doğrudan fiber ekseni üzerinden yayınım yapan bir ışık ışını,fiberi bir ucundan diğer ucuna en kısa sürede kat eder. Kritik açıyla çekirdek/koruyucu zarf sınırına çarpan bir ışık ışını, en çok sayıda dahili yansımaya maruz kalacak. Dolayısıyla fiberi bir ucundan diğer ucuna en uzun sürede kat edecektir.

4.6. BAĞLAŞIM KAYIPLARI

Fiber kablolarda, şu üç optik eklem türünden herhangi birinde bağlaşım kayıpları meydana gelebilir:ışık kaynağı-fiber bağlantıları, fiber-fiber bağlantıları ve fiber fotodedektör bağlantıları. Eklem kayıplarına çoğunlukla şu ayar sorunlarından biri neden olur:yanal ayarsızlık, açısal ayarsızlık, aralık ayarsızlık ve kusursuz olmayan yüzey.

4.6.1. Yanal Ayarsızlık

Yanal ayarsızlık, bitişik iki fiber kablo arasındaki yanal kayma ya da eksen kaymasıdır. Kayıp miktarı, bir desibelin beş ila onda biri ile birkaç desibel arası olabilir. Eğer fiber eksenleri, küçük fiberin çapının yüzde beşi dahilinde ayarlanmışsa, bu kayıp ihmal edilebilir.

4.6.2. Açısal Ayarsızlık

Açısal ayarsızlığa bazen açısal yer değiştirmede denir. Açısal ayarsızlık ikiden az ise, kayıp 0.5 desibelden az olur.

4.6.3. Aralık Ayarsızlığı

Aralık ayarsızlığına bazen uç ayrılması da denmektedir. Fiber optiklerde ekler yapıldığında, fiberlerin birbiri ile temas etmesi gerekir. Fiberler birbirinden ne kadar ayrı olursa, ışık kaybı o kadar fazla olur. İki fiber birbirine bağlantı parçasıyla birleştirilmişse, uçlar temas etmemelidir. Bunun nedeni, iki ucun bağlantı parçasında birbiri ile sürtünmesinin fiberlerden birine ya da her ikisine birden hasara yol açabilecek olmasıdır.

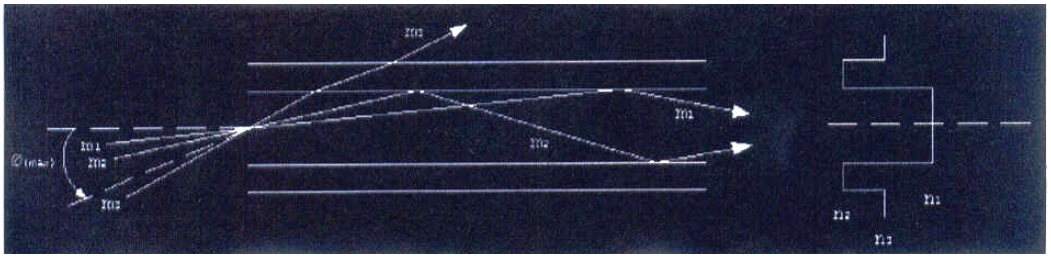
4.6.4. Kusursuz Olmayan Yüzey

İki bitişik kablonun uçlarının bütün pürüzleri giderilmeli ve iki uç birbirine tam olarak uymalıdır. Fiber uçların dikey çizgiden açıklıkları 3'den az ise, kayıpların 0.5 desibelden az olur.

5. FİBER OPTİK DÜZENLEMELERİ

5.1. ÇOK MODLU KADEME İNDEKSLİ FİBER

Çok modlu kademe indeksli düzenleme, tek modlu düzenlemeye benzer; aradaki fark, merkezi çekirdeğin çok daha geniş olmasıdır. Bu fiber türü, daha geniş bir ışık-fiber açıklığına sahiptir, dolayısıyla kabloya daha çok ışık girmesine imkan verir. Çekirdek / koruyucu zarf arasındaki sınıra kritik açıdan daha büyük bir açıyla çarpan ışık ışınları , çekirdekteki zikzak şeklinde yayınım yapar ve sürekli olarak sınırdan yansırlar. Çekirdek / koruyucu zarf sınırına kritik açıdan daha küçük bir açıyla çarpan ışık ışınları, koruyucu zarfa girer ve yok olurlar. Fiberde yayınım yaparken, bir ışık ışınının izleyebileceği çok sayıda yol olduğu görülebilir. Bunun sonucu olarak, bütün ışık ışınları aynı yolu izlemez, dolayısıyla fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi aynı zaman süresi süresi içinde kat etmezler.

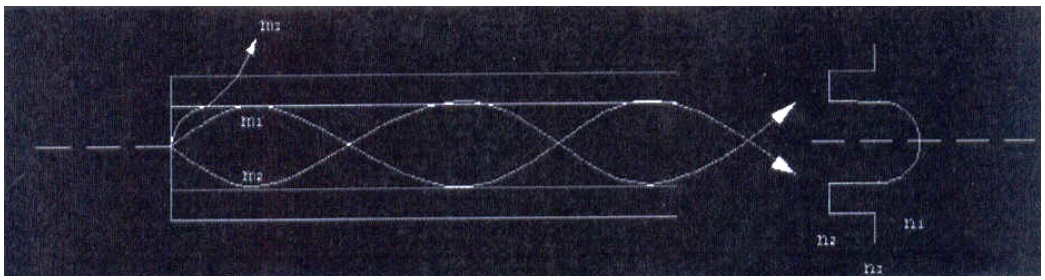


Şekil.13

5.2. ÇOK MODLU DERECELİ İNDEKSLİ FİBER

Dereceli indisli çok modlu fiberin yapısındaki çekirdeğin indisi yarı çapa bağlı olarak değişir. Yani dışarıdan bakıldığında (çok hassas ve güçlü mikroskoplarla) içten dışa doğru eşmerkezli halkalar halindedir. Bu halkaların her birinin kırılma indeksi farklıdır ve içten dışa doğru gidildikçe kırılma indisi düşer. Yani tam merkezde en büyük indeks, en dışta ise en küçük indeks bulunur. Bu katmanların sayısı imalatçı firmaya göre değişir. Genellikle bu katmanların sayısı 50-400 arasındadır. Merkezde direkt olarak giden ışık az yol alır ancak burada indeks büyüktür. Daha dış katmanlarda giden ışıkların aldıkları yol daha fazladır ancak bu katmanlarda indeks küçük

olduğundan ışığın hızı indeks profili ile ters orantılı olarak değişir. Dolayısıyla tüm ışıklar belli düğüm noktalarında birleşirler ancak alıcı uçta darbeler arasında bir gecikme olur. Buna rağmen gecikme basamak indeksli ve çok modlu fiberlerinkine göre daha azdır.



Şekil.14

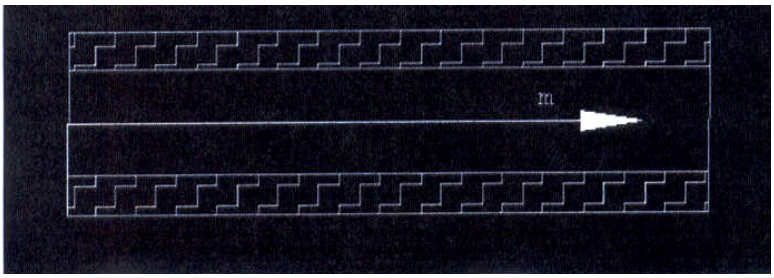
5.3. TEK MODLU KADEME İNDEKSLİ FİBER

Tek modlu kademe indeksli fiber, yeterince küçük bir merkezi çekirdeğe sahiptir; öyle ki, temel olarak ışığın kabloda yayınım yaparken izleyebileceği tek bir yol vardır. En basit tek modlu kademe indeksli fiber biçiminde, dıştaki koruyucu zarf havadır. Cam çekirdeğin kırılma indisi yaklaşık 1.5'tir,hava koruyucu zarfının kırılma indisi ise 1'dir. Kırılma indislerindeki büyük fark, cam/hava sınırında küçük bir kritik açı (yaklaşık 42 derece) oluşturur. Dolayısıyla fiber, geniş bir açıklıktan gelen ışığı kabul eder. Bu da, ışığı kaynaktan kabloya bağlamayı nispeten kolay hale getirir. Ancak bu tür fiber, tipik olarak çok zayıftır ve pratikte bu fiberin kullanımı sınırlıdır.

Tek modlu kademe indeksli fiberin daha kullanışlı türü, koruyucu zarf olarak hava yerine başka bir malzemenin kullanıldığı türdür .Koruyucu zarfın kırılma indisi merkezi çekirdeğin kırılma indisinden biraz daha azdır ve koruyucu zarf boyunca sabittir. Bu tür kablo, fiziksel olarak hava koruyucu zarflı kablodan daha güçlüdür, ancak kritik açısı da çok daha yüksektir(yaklaşık 77 derece). Kritik açının bu kadar yüksek olması, kabul açısının küçük, kaynak-fiber açıklığının ise dar olmasına yol açarak ışığı ışık kaynağından fibere bağlamayı güçleştirir.

Her iki tür tek modlu kademe indeksli fiberde de, ışık fiberede yansıma yoluyla yayınım yapar. Fibere giren ışık ışınları, çekirdekte doğrudan yayınım yaparlar ya da belki bir kez yansırlar. Dolayısıyla, bütün ışık ışınları kabloda yaklaşık aynı yolu izler ve kablonun bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat

ederler. Bu, tek modlu kademe indeksli fiberlerin çok önemli avantajlarından biridir.



Şekil.15

6. FİBERLERDE ARA BAĞLANTI KABLOSU VE KONNEKTÖRLER

6.1. Ara Bağlantı Kablosu (pig-tail)

Fiber damardaki optik sinyalin damardan sisteme veya sistemden damara geçiş yapılabilmesi için kullanılan ve bir ucunda birleştirici yani konnektör bulunan, sıkı tüplü olarak üretilmiş içinde yalnız tek bir fiber damar bulunan özel kablolardır. 3-10 m uzunluğunda üretilmektedir.

6.2. Konnektör



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

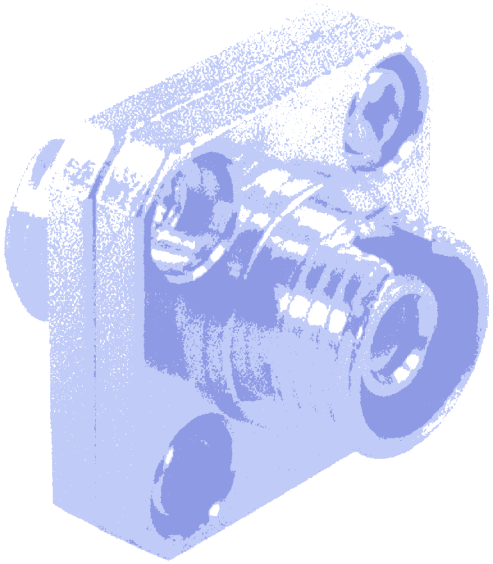
6.3. Çıplak Fiber Adaptörü



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

6.4. U Link

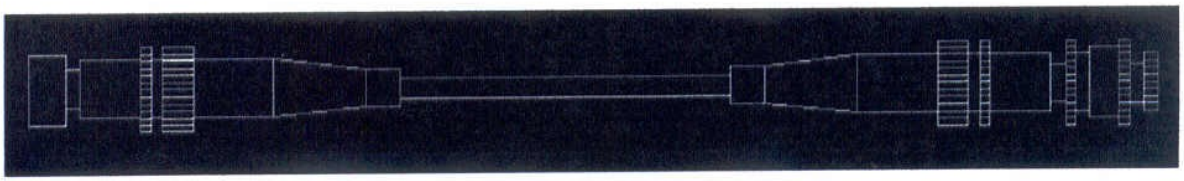
Konnektörleri veya çıplak fiber adaptörlerini (fiziksel olarak) karşı karşıya getirerek ışıksal sinyalin bir noktadan diğer bir noktaya geçişini sağlayan malzemedir.



Bu geçiş, bir damardan diğer bir damara, damar ile sistem arasında veya ayrı iki sistyem arasında oalbilir. Sabit ve esnek olarak kullanılabilen değişik yapıda olanları bulunmaktadır.

6.5. Zayıflatıcılar (optik potlar)

Optik zayıflatıcı; sistemin çalışma sınırından daha çok, gelen optik gücünü düşürmek için kullanılır. Zayıflatıcılar sinyali 0-25 dB' ye kadar zayıflatabilir.



Zayıflatma gelen ışık ile giden ışık arasındaki geçiş aralığını azaltarak veya çoğaltarak geçen ışığın miktarını ayarlama ilkesine dayanır. İstenilen zayıflatma değeri (sistemin çalışma sınırları) elde

edilince zayıflatıcı üzerindeki ayar vidası ile sabitlenir. Yapısı çift konnektörlü olup optik ara bağlantı kablosu(pig-tail) gibidir.

7. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE FİBER VE BAKIR

Dünyadaki bakır rezervlerinin gün geçtikçe eksilmesi ve bant genişliği ihtiyacının her geçen yıl akıl almaz hızla artması, kullanıcıları hız bağımsız fiber optik kablo kullanmaya yöneltmesi bekleniyor.

Çok değil beş yıl öncesine kadar Türkiye'de kurulan birçok network altyapısı herhangi bir standarda sahip olmayan kablolar kullanılarak yapılırdı. Tabi bu kablolamanın herhangi bir testi de olamazdı. Nerden nereye geldik, evrensel kablolamadan bahsettiğimiz günümüzde, birçok yeni yatırım ve yeni teknoloji gelecekte bizleri bekliyor.

1995 yıllarının başında Kategori3 ve 4'lerden vazgeçildi. Gerçek data kablosu olarak üretilen ve birçok kuruluşun belirlemiş olduğu standartlara uygun kablolar kullanılarak network altyapıları yapılmaya başlandı. Genelde Avrupa'da geçerli sertifikaları veren ISO, bu üretilen kabloya Kategori5 adını verdi ve standardını da ClassD95 ile ifade etti. ISO/IEC 11801 standardı ile üretilen bu kablolama altyapısında, uygulamalardan bağımsız hem ses hem de datanın kolaylıkla geçebileceği bant genişliğine ulaşılabildi. Spesifikasyonları belirli olan bu kabloda artık testler yapıp uygunluğu da üretici firmalar tarafından onaylanabilecek bir mekanizma otomatikman oluşmuş oldu. Sistemlere onbeş yıllık sistem-performans garantisi verilebildi. Sistem- performans garantisi testlerini ve altyapı hizmetlerini verebilen kuruluşlara da yetkili kurucu sertifikaları verildi.

Bilgisayar sistemlerinin gelişmesi ve bant genişliği ihtiyacının hızla artması ile ClassD95 standartları artık bu ihtiyaçlara cevap veremez duruma geldi. 99 yıllarının başında ISO yeni bir standart olan Kategori5E (Enhanced) ClassD99'un duyurusunu yaptı. Bu standart ile artık ClassD95'te kullanılamayan Full-duplex uygulamalar iki kat hız ile kullanılmaya başlandı. Artık verilecek olan onbeş yıl sistem-performans garantisi ClassD99 testleri yapıldıktan sonra verilebiliyordu.

2000'li yılların başında ise aktif cihaz üreticileri teknolojilerini hızla geliştirdiler. Uygulamalarda Gigabit altyapısına geçildi, Internet-intranet, VoIP, Videokonferans uygulamaları aynı altyapı

üzerinde koşturulması isteği ortaya çıktı. Standartları belirli olan ClassD99 bu ihtiyaçlara cevap veremez duruma geldi. Dünyada büyük kablo üreticileri yeni bir teknoloji geliştirerek bu ihtiyaçları karşılama yolunda çalışmalara başladı. Category6 olarak adlandırılan bu kablo ile ClassE serisine geçilmiş oldu. Artık kurulacak olan omurga, gigabit altyapısıyla hızlandı ve 1000BaseT uygulamalar bu kablo üzerinde koşturulabiliyor duruma geldi. Büyük sistem kullanıcıları yüksek bant genişliği isteyen uygulamalarda bu kabloyu kullanmak zorunda olduklarından Türkiye'de ve dünyada kullanım payı hızla gelişmektedir. Ancak Category6 kablonun standartları henüz ISO tarafından belirlenmiş değil. 2001 yılı sonlarına doğru standartlarının belirlenmesi bekleniyor.

Evrensel kablolamada yüksek bant genişliği ihtiyacı her geçen gün hızla artıyor ve kullanıcılar hızla altyapılarını yenileme yoluna gidiyorlar. Önümüzdeki üç yıl içerisinde artık masaya kadar Gigabit koşturulacağı gerçeği, üreticileri heyecanlandırıyor. Bu yüzden ClassF çözümleri olan Kategori7 birçok büyük üretici tarafından tasarlandı hatta üretime geçildi.

Önümüzdeki beş yıl içerisinde yapısal kablolama bakır çözümleri ile fiber optik ürünlerinin büyük bir rekabete gireceği gerçeği günümüzde oldukça taraftar buluyor. Dünyadaki bakır rezervlerinin gün geçtikçe eksilmesi ve bant genişliği ihtiyacının her geçen yıl akıl almaz hızla artması, kullanıcıları hız bağımsız fiber optik kablo kullanmaya yönelteceği bekleniyor. Fiber to Desk çözümlerinin şu an bile çok konuşulan bir konu olduğu bir gerçek.

8. FİBER KABLO ÖRNEKLERİ













9. EKLER

9.1. TÜRKİYE'DE ÜNİTELER İTİBARİYLE FİBER OPTİK KABLO SİSTEMLERİ

	Fiber Kablo	Fiber Hat Teçhizatı		Fiber Kablo	Fiber Hat Teçhizatı
ÜNİTELER	Miktarı (Km)	Sayısı	ÜNİTELER	Miktarı (Km)	Sayısı
ADANA	1917,370	290	K.MARAŞ	703,875	184
ADIYAMAN	581,240	122	KARABÜK	457,490	56
AFYON	1157,965	260	KARAMAN	537,520	109
AĞRI	533,482	107	KARS	855,369	98
AKSARAY	554,268	108	KASTAMONU	941,773	206
AMASYA	771,080	187	KAYSERİ	1703,763	293
ANKARA	3991,878	786	KİLİS	74,570	16
ANTALYA	2136,955	655	KIRIKKALE	577,480	125
ARDAHAN	274,320	56	KIRKLARELİ	668,568	140
ARTVİN	409,070	84	KIRŞEHİR	362,105	80
AYDIN	1197,908	285	KOCAELİ	566,360	204
BALIKESİR	1706,482	374	KONYA	2600,704	502
BARTIN	663,118	116	KÜTAHYA	750,588	138
BATMAN	398,639	38	MALATYA	1175,651	182
BAYBURT	214,795	32	MANİSA	1329,523	212
BİLECİK	439,807	92	MARDİN	667,840	136
BİNGÖL	442,574	50	MERSİN	1901,010	414

BİTLİS		544,300		88	MUĞLA		1621,035		423
BOLU		652,440		178	MUŞ		412,268		66
BURDUR		953,117		170	NEVŞEHİR		762,210		125
BURSA		1998,603		467	NİĞDE		932,548		207
ÇANAKKALE		1356,387		255	ORDU		849,375		140
ÇANKIRI		916,563		138	OSMANİYE		258,270		16
ÇORUM		1060,906		150	RİZE		612,420		178
DENİZLİ		1638,118		274	SAKARYA		723,823		132
DİYARBAKIR		1231,677		229	SAMSUN		1537,014		358
DÜZCE		378,680		20	Ş.URFA		789,004		144
EDİRNE		630,100		176	SİİRT		114,090		24
ELAZIĞ		935,315		146	SİNOP		803,357		142
ERZİNCAN		960,363		144	ŞIRNAK		374,860		64
ERZURUM		1049,315		199	SİVAS		1711,432		280
ESKİŞEHİR		1544,034		170	TEKİRDAĞ		997,201		242
GAZİANTEP		660,730		213	TOKAT		1093,055		192
GİRESUN		910,630		228	TRABZON		1070,370		230
GÜMÜŞHANE		561,195		102	TUNCELİ		377,817		42
HAKKARİ		227,315		32	UŞAK		611,460		109
HATAY		748,048		263	VAN		786,817		102
IĞDIR		287,360		34	YALOVA		214,470		41
ISPARTA		1300,970		209	YOZGAT		1045,172		160
İST.AND.YAK.		1415,950		376	ZONGULDAK		711,427		246
İST.YAK.		1823,158		643					
İZMİR		1880,464		687	**TOPLAM**		**77340,373**		**15991**
					Total				

9.2. ISO/IEC 11801'DE BELİRTİLEN OPTİK FİBER TİPLERİ

Belden standart fiber	**Fiber tipi**	**1 GbE performansı ((metre) 850/1300 nm**	**Geliştirilmiş 1 GbE performansı (metre*) 850/1300 nm**
50/125 (600/1200 MHz x km)	OM 2	550/550	750/2000
50/125	OM 3*	300 m 10 GbE @ 850 nm	
62.5/125 (200/600 MHz x km)	OM 1	275/550	500/1000

*ITU-G.655*ya Göre (kablolu) Single-Mode Optik Fiberlerin Özellikleri**

Fiber tipi	**Boyut (µm)**	**Dalga boyu (nm)**	**Zayıflama (db/km) ortalama/max**	**Non-zero dispersion range 1530 - 1565 nm (ps/(nm x km))**	**PMD Link design value (ps/km)**	**Refractive Index**
9/125	8.4 ±	1550	0.25/0.28	3.5 D 8.5	0.1	1.470

	0.6 125 ± 1		**OM 1**	50 or 62.5		200/500		1 GbE	250/550

**isteğe bağlı alınabilir*

OM 2	50 or 62.5	500/500	1 GbE	550/550
Fiber tipi	**Core çapı (µm)**	**Bant genişliği (MHz x km) 850/1300 nm**	**Gigabit Ethernet**	**1 GbE performansı (metre) 850/1300 nm**
OM 3	50	1500/500	10 GbE (seriel)	300/belirtilmedi
OS 1	ITU-G.652'ye uygun Single-Mode fiber			

9.3. FİBER OPTİK TERİMLER SÖZLÜĞÜ

- A -

Attenuation/Zayıflama Bir sinyali bir kablo veya devrede ilerlediğinde genliğinde oluşan azalmadır. Bir oranın logaritması olarak ölçülür. Desibel (dB) olarak ifade edilir.

Attenuator/Zayıflatıcı Bir fiberdeki optiksel güç artırımını azaltan pasif bir optikal komponenttir.

- B -

Backreflection, optical ...loss /Geri yansıma, optikal dönüş kaybı. Hava ve cam arasındaki yığın yansıma miktarı farkından dolayı bir fiberin sonundaki çatlaklık veya parlaklıktan dolayı yansıyan ışık. Genellikle düşen ışığın %4'ününü düşen ışığa oranı dB olarak ifade edilir.

Bağlantı Elektronik devrelerde (veri) alışverişini sağlayan komponentler ve teknoloji.

Balun Dengelenmemiş bir koaksiyel iletim hattını dengeli bir hat ile işleştiren bir devre. Aynı zamanda 300 ohm dengelenmiş empedans, 75 ohm dengesiz empedansa çevrilebilir. Yani bir tranformatör görevi de yapar.

Bant Saniyedeki veri iletim hızının ortalama birimidir (500 bant = 500 bit/saniye).

Bant genişliği Sinyal frekanslarının oranı veya fiber optik komponent, bağlantı veya networkün bit oranında çalışacağı oran.

Bend loss/Bükülme kaybı a) Fiberin sınırlı ya ..... bir eğilimle kıvrılması ya da b) Fibere dışarıdan gelen fiziksel darbelerden dolayı oluşan zayıflama şekli.

Binder/Bağlayıcı Birleştirilmiş kablo komponentlerini bir arada tutan bant veya tel.

Bozulma Bir dalga formu veya sinyaldeki istenmeyen değişimler.

BPS Saniyedeki bit sayısı. Saniyede iletilen ikili bitlerin sayısıdır: (mbps), (gbps).

Brandwidth/Bant genişliği Belirli bir frekans bandının alt ve üst limitleri arasındaki farktır (Hz cinsinden).

Breakdown voltage/Arıza voltajı İki iletken arasındaki izolasyonun bozulup elektrik arkının oluştuğu voltaj, gerilim değeri.

Breakout Bir veya birden fazla iletkenin çoklu bir iletkenden ayrılarak ama hatta bağlı devrelere bağlandığı nokta veya noktalardır.

Buffer Bir optikal fiber üzerindeki koruyucu tabaka.

Bükülme çapı Düz, yuvarlak, fiber optik veya metalik kablonun herhangi zıt bir etki olmaksızın bükülebildiği yarıçap.

Bükümlü per Bir arada bükülmüş aynı uzunluktaki iki ayrı uzunluktaki izole iletkenlerin oluşturduğu çift, bükümlü per.

Bükümlü per kablo Bir veya daha fazla bükümlü perden yapılmış olan kablo.

Byte Bir grup bitişik ikili rakam (8 bit).

- C -

Cladding Bir optikal core'u saran ve ışık yansımasına izin veren bir materyal. Core'u sararak iletilen ışığın yüzeyde dağılmasına engel olur. Bir başkasının üzerine uygulanan bir metal katmanı.Cladding, genellikle iletkenliği artırmak ve paslanmayı azaltmak için tercih edilir.

Core Bir optikal fiberin ışık taşıyan ortadaki parçası, ışığı yansıtması cladding'den fazla olan kısım. Bir kablonun ortasındaki bölüm. Uygulamada en çok bir koaksiyel kabloda görülür. Core, merkezi iletkendir ve dielektrik materyal, core üzerine uygulanır.

Corona Potansiyel eğimi kesin bir değere ulaştığında sonuçlanan bir iletkendeki gazların iyonlaşması.

Coupler Işığı birden fazla fibere bölen veya toplayan optikal devre.

Coupling Direk elektriksel bağlantı olmaksızın bir devrenin iki veya daha fazla kablosu veya komponenti arasında enerji transferi gerçekleşmesi.

Coverage Bir metal koruyucunun ana yüzeyi ne derece kapladığının göstergesidir. % olarak ifade edilir.

CPS Cycle per second'un (frekans) kısaltmasıdır (Hz).

Cut-off wavelength Dalga uzunluğu ötesinde sadece singlemode fiberin yayılma propagationın bir modunu sağlar.

- D -

dB (mm) odBm'nin 1 mikrowatt'a eşit olduğu sinyal gücünün kesin ölçümüdür. dB ile karşılaştır.

Desibel Bir desibel bir belin on katıdır ve güç oranının 10 kez logaritmasına, voltaj oranının 20 kez logaritmasına veya akım oranının 20 kez logaritmasına eşittir. Desibeller aynı zamanda akustik gücü ifade etmek için kullanılır. Sesin görünür seviyesi gibi, desibel sıfır dB olarak kabul edilen referans ile karşılaştırma yapıldığında gerçek bir seviyeyi ifade eder.

- E -

Emilme Optikal gücün ısıya dönüşmesi sonucu fiber optikteki zayıflamanın miktarı.

- F -

Fiber distributed data (FDDI) 100 Mbps'e kadar değişen verilerle birlikte fiber optik linkler için ANSI standardı. Saniyede 100 megabit interface yerel alan ağı için standart.

Fiber kanalı Tartılabilir, yüksek hızlı, seri data transferi arayüzü standardı.

Fiber optik İletişim ve sinyal için optik fiberlerden ışık geçişi.

Fider kablosu Bir CATV sisteminde ana amplifikatörlere giden ana iletim kablosu. Ana kablo olarak adlandırılır.

Fresnel yansıması Geri yansıma, optik return loss, hava ve camın refraktif indislerinin farkı nedeniyle oluşmuş fiberin parlak ucundan yansıyan ışık. Tipik olarak %4 ışık olayı.

Full duplex (FDX)/Tam dubleks Eş zamanlı, iki yollu, her iki yönde bağımsız transmisyon.

Fusion splicer/Füzyon ekleme Fiberleri kullanarak veya ağırlandırarak fiberleri ekleme.

- G -

GigaHertz (GHz) 1 milyar hertz'e eşit frekans birimi.

Graded-index fiber Core'un refraktif indeksinde cladding'i azaltmaya yönelik, parabolik eğri şeklinde multi-mode optik fiber çeşidi.

Gürültü Bir kablo veya devrede, sistemden normal olarak geçen sinyali engelleyen herhangi bir dış sinyal.

- H -

Half-dublex Her iki yönde de transmisyon -eş zamanlı olmadan- paketlerin gönderilip alınmasına değişik zaman aralıklarında izin verir. Full dubleks ile kıyaslayınız.
gibi dış etkilere dayanıklı, metalden metale veya kaynak satışlı paketleri anlatmak için kullanılır.

Hertz (HZ) 1 saniyede bir sinyalin yaptığı kutuplaşmadaki değişim sayısı. Frekans belirtisi, saniyedeki döngülerin yerini alır.

Hibrid kablo İki veya daha fazla fiber çeşidini içeren fiber optik kablo; 62,5 µm multi-mode ve single-mode gibi.

High speed serial dataconnector (HSSDC) Yüksek hızlı seri veri konnektörü. Yüksek hız seri data konnektörü ve kablo tüm korumadır, kontrollü empedans fiber kanalı, 55A uygulamaları ve diğer öteki standartlar için düşünce aşamasında olanlar için sistemin bağlantısını kurar.

- I -

Insertion loss/Ekleme kaybı Sistemin çıktısını önceden tanımlayarak ve cihazın sisteme eklenmesinden sonra bir kablo veya komponentin zayıflama ölçüsü.

Insulation crimp Bir telin izolasyonu etrafında oluşturulan terminal eklemesi veya temasının alanı.

ISO Uluslararası Standartlar Organizasyonu; bilgisayar standartlarını ilerleten ve ağ iletişimi için OSI modelini geliştiren kurum. Bilgisayarlar, veri iletişimi ve diğer alanlar için dünya çapında standartları geliştirme ve kurmaktan sorumlu uluslararası “Ana Kuruluş”.

- K -

Kanal Çıplak tel veya kablonun ilerlediği metal veya plastik kanal. Tel veya kabloyu koruma amaçlı kullanılır ve metal olanları kabloyu yangın tehlikesine karşı da korur.

Kapasitans İletkenler arasındaki bir dielektrik materyalin bir potansiyel farkı ile enerji depolayabilmesi özelliğidir. Ölçü birimi faraddır. Kablo kapasitansı genelde picofaradlar seviyesinde ölçülür.

Kategori TIA/EIA tarafından belirlenen ve kablonun iletim performansını gösteren bir değerdir.

Kbps Bir saniyedeki kilobit sayısı. Bir saniyedeki 1,000 bit.

Kılıf İletkenler için mekanik koruma sağlamak için izole iletkenler üzerine dış kılıf kaplama. Korumalı transmisyon hattının dış iletme yüzeyi olarak da bilinir.

Koalsiyel kablo Bir metalik tüp veya koruma içine yerleştirilmiş bir iletken (koruyucu veya tüpten dielektrik malzemeyle ayrılmış) ve izole dış kılıftan oluşan silindirik iletim hattıdır.

Konnektör Bir tel veya kablodan bir diğerine elektrik akımının geçmesine izin vermesi için dizayn edilmiş olan bir devre. Bir konnektör kablo veya telde herhangi bir bozulma, kırılma olmaksızın başka bir kablo veya devreye veri ve elektrik akımı geçişini kesebilir.

Koruma kılıfı Koruma malzemesiyle kaplanmış bir kablonun optik yüzdesi.

Kromatik dağılım Işık hızına bağlı dalga boyu uzunluğunun neden olduğu bir darbenin optikal dalga yolundaki anlık yayılmasıdır.

- L –

LAN/Yerel alan ağı Yerel alan ağı. Küçük bir alana servis yapmak için tasarlanmış herhangi bir kullanıcı sayısını birleştiren veri ağı.

Lay Tek bir tel veya iletken için bir tel veya kablo ekseni boyunca bir iletken veya kablonun ekseni etrafında tam bir tur yapabilmek için ölçülen uzunluk.

Lay direction Kablonun ekseni boyunca bakıldığında bir kabloda spiral bükümün ilerlemesinin yönü. Yayılma yönü sol veya sağ olabilir.

Lazer Dar bir ışıkla uygun ışık kaynağı ve dar bir spektral bant genişliği (2 nm kadar).

LF (Low frequency) Alçak frekans. Federal İletişim Komisyonu tarafından dizayn edilen radyo spektrumunda 30’dan 300 kHz’e kadar değişen frekans bandı.

Light emitting diode/LED kaynağı P-N birleşimiyle oluşan uygun ışık gönderen yarı iletken cihaz. Işık yoğunluğu elektriksel akıma açık bir şekilde oransaldır.

Local area network/Yerel alan ağı Yüksek veri oranlarına azaltımla (100 Kbps’den 155 Mbps’ye) sınırlı bir coğrafi alana sınırlandırılan veri iletişim sistemi (6 mile veya 10 km’ye kadar). Alan; tek bir binadan, birkaç binadan veya kampüs tipi düzenlemeyi öngörür. Ağ, bazı switchleme teknolojisi çeşıtlerini, ortak taşıyıcı devir kullanmaz, her ne kadar toplu ve özel networklere sahip olsa da kullanılmaktadır.

Loose tube Kablolanan bir fiberi çevreleyen, çoğunlukla su bloklama jeliyle doldurulmuş koruyucu tüp.

Loose tube kablo Kablo dizaynı tipi; öncelikle bina dışı kullanım için: Bir veya birden fazla fiber, sert plastik tüplerin içerisindedir. Fiberler 250 mikrona bufferlanmıştır.

- M -

Mbps Saniye başına megabit, bitlerin sayısı, bir saniyede iletilen milyon bit.

Megahertz (MHz) Bir milyon hertze eşit frekans birimi (bir saniyede bir milyon hertz).

Micron/Mikron Metrenin milyonda biri.

Microwave Uzak kızılötesi ve geleneksel radyo frekans oranı arasında olan elektromanyetik spektrum bölümü. Mikrodalga frekans oranı 1 GHz'den 300 GHz'e erişmektedir. Mikrodalgalar genellikle noktadan noktaya bağlantılarda kullanılır; çünkü ışık demetinin içine kolayca yoğunlaşabilirler.

Mikrobending Az bir mikrometrenin aynı eksende yerine geçme durumunu kapsayan fiber eğriliği ve milimetrenin uzaydaki dalgaboyu. Mikrobendler ışık kaybına ve sonuç olarak fiberin zayıflamasının artmasına neden olurlar.

Modal dispersion/Modal yayılma Bir optik fiberde değişik mesafelerde ve hızlarda giden çift ışın için yayılan atış.

Mode field diameter (MFD)/Mode alan çapı Singlemode fiberde optik enerjinin çapı. Çünkü MFD şerit çapından daha büyüktür. MFD pratik bir parametre olarak şerit çapının yerini alır.

Mode mixing/Modkarışımı Yayılma hızlarında multimode fiberin değişik modlarının değişkenlik göstermesi. Birbirlerinden bağımsız yayılmaları ne kadar uzun olursa, fiber bant genişliği multimode sapması fiber uzunluğu ile ters orantılı olarak değişir. Fiber geometrisi ve indeks profilinin homojen olmaması ve aşamalı enerjinin değişik hızlardaki modları arasında değişkenlik olması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu mod karışımına göre uzun multimode fiberler shod fiberlerdeki lineer extrapolasyonla edinilen değerden daha büyüktür.

Mode/Mod Bir optik fiberde ilerleyen tek elektromanyetik dalga.

Monokromatik Tek bir dalga boyunu kapsar. Pratikte, radyasyon monokromatik olamaz ama daha dar dalga uzunluğu bandı gösterir.

Mono-mode fiber Singlemode fibere bakınız.

MT-RJ MT-RJ Anlaşması tarafından (AMP, Siecor, HP, Fujikura, US Conec.) geliştirilmiş MT-RJ fiber optik konnektörü.

Multimode Işığın çift modunu gönderen cihaz veya taşıyan fiber.

- N -

Numerical aperture (NA) Bir fiber için açısal kabulün ölçüsü. Yaklaşık olarak kabul konisinin yarı açısının sinüsüdür.

- O –

Optical waveguide optical fiber Düşük zayıflamanın optik saydam malzemesini içeren ve bu şeritin daha düşük refraktif indeksinin optik saydam malzemenin cladding içerikle dielektrik waveguide şerit. Sinyailerin Lightwaveler ile iletimi için kullanılır ve seyrek olarak fiber olarak refere edilir. Ek olarak bazı optik komponentlerde laser diodeler -ki bunlara da optik waveguide'lar denir- düzlemsel dielektrik waveguide durumları vardır.

Optik fiber Camın ince filamenti. Işık şeklinde bilgi taşıyabilen şerit ve cladding içeren optik eleman.

Optik kayıp Fiberler, coupler'lar boyunca iletilen ışığın transfer edilirken kaybettiği optik güç miktarı.

OSI Açık sistem bağlantısı; ISO tarafından geliştirilen LAN iletişim modeli.

OTDR/Optik Zaman Alan Refraktörü Optik bir etkinin fiber boyunca ölçüldüğü yerde ve girdilere yansımalarda zamanın bir fonksiyonu olarak bir fiberi karakterize etmek için bir yöntem. Zayıflama katsayısını uzaklığın bir fonksiyonu olarak zararları ve diğer lokal kayıpları tanımlamakta, tahmin etmede yararlıdır.

- P -

Pigtail Bir uçta sonlanmış konnektörlere sahip fiber optik kablo. Kablo birleşimine de bakınız.

Plastik optik fiber Plastik optik fiber, cam optik fiberden daha ucuz olduğu için masaüstü fiberi destekleyecek şekilde dizayn edilmiştir.

Preform Optik fiber dalga boyundan cam durumu.

Primary coating/Ön kaplama Üretim sırasında alanın güvenirliğini koruyan fiberin cladding yüzeyine direk olarak uygulanan plastik kaplama.

- R -

Receiver/Alıcı Bir fiber optik sistemde ışık enerjisini elektriksel enerjiye çeviren elektronik paket.

Reflection loss/Yansıma kaybı Bir çizgi süreksizliğinde gücün yansımasına göre kaybolan sinyal parçası.

Refraktif index Bir vakumda ışık hızının transmisyon çevresindeki hızına oranı.

- S -

SC Optik fiber konnektör tipi. SC, ST gibi 2,5 mm demir kullanır, push-pull eklemeye izin veren yuvada durmaktadır ve konnektörün kaldırılması adaptörü oluşturmaktadır. Hızlı veri ağları için seçimin konnektörü olmaktadır.

Spectral bandwidth/ Spektral bant genişliği Aydınlatma gucünün en fazla ve bunun yarısı olduğu dalga boyları arasındaki fark.

- T -

Transmitter Bir fiber optik sistemde elektrik enerjisini ışık enerjisine çeviren elektronik düzen.

- U -

UHF Ultra high frekans; 300-3,000 MHZ arası.

- V –

Velocity of propagation (VP) Belirli uzunluktaki bir kablodaki elektrik
enerjisinin iletim hızının aynı mesafede boşlukta ışık hızına oranı. Genelde % olarak ifade edilir.

VHF Very-high frequency; Federal İletim Komisyonu'nca 30-300 MHz arasında standartlaştırılmıştır.

VLF Very low frequency; 10-30 kHz arası.

- W -

Wave length Bir sinyalin pozitif tepe değerleri arasındaki mesafe. Frekans arttıkça dalgalar yaklaşır ve bu mesafe de azalır.

- Z –

Zero-dispersion wave length 1) Bir single mode fiber optikte materyalin ışın dağılımıyla dalga yolu ışın dağılımının birbirini engellemediği dalga boyu veya boyları. Not: Tüm silika yapıdaki fiber optiklerde, minimum materyalışın dağılımlı yaklaşık 1.3 mikronluk dalga boyundan oluşmaktadır. Singlemode fiberler dopant içeren silika yapıdaki camdan yapılmaktadırlar; bu yüzden de materyalin ışın dağılımlı dalga boyu bir miktar değişir: Zero-dispersion wave length (sıfır ışın dağılımlı dalga boyu), yaklaşık 1.55 mikron seviyelerinde gerçekleşir. Mühendislikte en düşük zayıflama katsayısındaki küçük bir artış. 2) Kabaca bir ifadeyle multimode fiber optikte, materyal ışın dağılımının minimum, örneğin gerçekte sıfır olduğu dalga boyu. Minimum-dispersion wave length'in eş anlamlısı.