

FİBER OPTİK TEKNOLOJİSİ VE KARMAŞIK YAPILARDA FİBER UYGULAMALARI

Harun ÇAKIN

Tyco Elektronik AMP Tic.Ltd.Sti.

h.cakin@te.com

GİRİŞ

Günümüzde özellikle büyük şehirlerin hemen her bir bölgesinde, insanların kısıtlı zamanlarında farklı ihtiyaçlarını tek bir merkezde giderebildikleri karmaşık bina komplekslerinin yükseldiğini görmekteyiz. Ofis, rezidans, alışveriş ve gösteri merkezlerinin tek bir komplekste toplanması, bu farklı fonksiyonları destekleyecek bina altyapı sistemlerinin de eskisine göre daha karmaşık ve bütünleştirici şekilde tasarlanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Son yıllarda, ses ve datanın yanı sıra yangın algılama, alarm, kartlı geçiş, kamera, bina yönetim sistemleri gibi pek çok altyapı sistemlerinin IP tabanlı sistemleri kullanmaya başlaması nedeniyle, IT altyapısı bu tarz binaların en kritik sistemi haline gelmiştir ve IT kablolama altyapısı bu tip binaların ya da kuruluşun tüm ticari süreçlerinde oldukça önemli bir rol oynaması sonucunu doğurmuştur.

Farklı fonksiyonlardaki IP tabanlı iletişimin tek bir ağ sistemi üzerinden bütünleştirilmesi ise fiber optik omurga üzerinden gerçekleştirilmektedir. Fiber optik sistemler sağlamış oldukları yüksek bant genişliği ve yüksek hız desteğinin yanı sıra uzak mesafelere kadar iletişime imkan tanınması açısından bina içi omurga kablolaması için en ideal iletişim aracı olmuştur.

Tarihçe

Albert Einstein'ın kuantum mekaniği ve Theodore Maiman'ın optik frekansta lazer hareketini gerçekleştirmesi ile lazer ışınının endüstriyel süreçlerde kullanılmaya başlanmasına ve bunun sonucunda fiber optik iletişimin gerçekleşmesini sağlamıştır.

1960'larda cam fiberlerin kısa mesafelerde ışığı taşıyabildiği ispatlanmış ve 1970'lerin ortalarından itibaren de İngiltere ve Amerika Birleşik Devletlerinde ticari olarak fiber optik sistemler kurulmaya başlanmıştır. O tarihlerde yalnızca bir veya iki kilometreye kadar sinyal iletebilen fiber optik sistemler, gelişen teknoloji ile birlikte mesafe limitlerini giderek arttırmıştır.

1988 yılında Tyco Telecommunication 6000km uzunluğundaki ilk transatlantik fiber optik kabloyu okyanus altından döşeyerek Avrupa ve Amerika kıtasını birbirine bağlamıştır.

1980'li yıllar ise fiber optik iletişimin, telekom ağlarında bakır, mikrodalga ve uydu iletişimin yerini aldığı yeni bir alternatif iletişim haline gelişmesine tanık olmuştur. 1990'lara gelindiğinde ise artık CATV sistemleri bile fiber üzerinden taşınmaya başlanmıştı. Ses ve internet servislerinin her ikisinin tek bir kıldan sağlanması ise artık bu servislerin fiber üzerinden evlerimize kadar ulaşmasının önünü açmıştır. Aynı zamanlarda, uzun mesafe desteği ve

parazitlenmeden etkilenmeme özellikleriyle, fiber optik iletişim telekom servislerinin yanı sıra bilgisayar ağları ve yerel alan ağlarında da kullanılmaya başlandı.

Günümüzde fiber optik teknolojisi artık sadece telekom ve yerel alan ağlarında değil, havacılık, otomotiv sektöründen, güvenlik ve zayıf akım sistemlerine kadar bina içi zayıf akım sistemlerinin tamamında uygulanabilen yaygın bir teknoloji haline gelmiştir.

Fiber Nedir ve Nasıl Çalışır?

Fiber, ışık kaynağından gelen sinyallerin (ışık) hedefteki kaynağa iletilmesidir. Bu ışık sinyaliyle modüle edilmiş bilgiler cam yüzey üzerinde taşınırlar. Fiber'i kaplayan kablolar ise ışığı taşıyan camın kırılmasına ve sinyal kaybına karşı bir koruma görevi üstlenirler. Fiber'ler ortalama insan saç boyutlarındadır. Buna rağmen Kırılma ve Sinyal kayıplarına karşı çok iyi korunmuş ve yapılandırılmışlardır.

Fiber optik haberleşme sisteminde bilgi, metalik sistemlerdeki gibi elektronların hareketiyle değil, ışık dalgalarıyla (fotonlarla) taşınır. Fiberin çalışma prensibi temel optik kurallarına dayanır. Bir ışın demeti az yoğun bir ortamdan daha yoğun bir ortama geçerken geliş açısına bağlı olarak yansıması ya da kırılarak ortam dışına çıkması ile iletilir

Fiber'in Yapısı

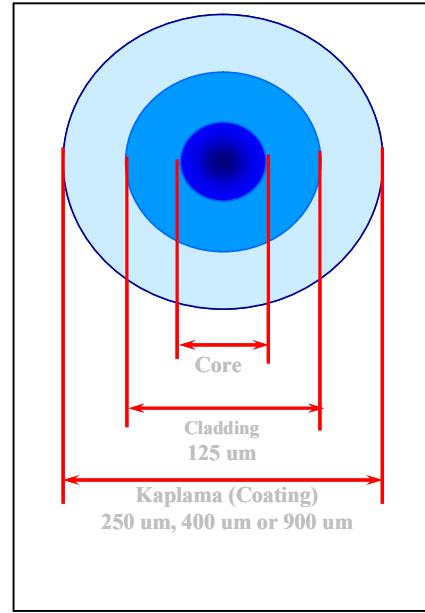
Optik Fiber temel olarak en az iki bölgeden oluşur. Ancak Günümüzde kullanılan fiber'ler üç bölgeden oluşmaktadır. Bunlar Core (Çekirdek), Clad (Kabuk) ve Coating (Kaplama)'dır. **Aşağıda Şekil -1'de** görsellerde görebilirsiniz.

1- Core (Çekirdek) : Core merkez bölgedir ve ışığın yolculuk ettiği ince cam tabakasıdır..

2- Cladding (Cam Örtü): Merkezin dışını saran optik malzemeden üretilmiş, merkezden yansıyan ışığı tekrar merkeze geri gönderen kısım.

3- Coating(Kaplama) : Coating veya bir diğer adıyla buffer coating en dış yüzeydir ve fiberi neme ve mekanik darbelere karşı koruyan en dış tabakadır.

Şekil-1



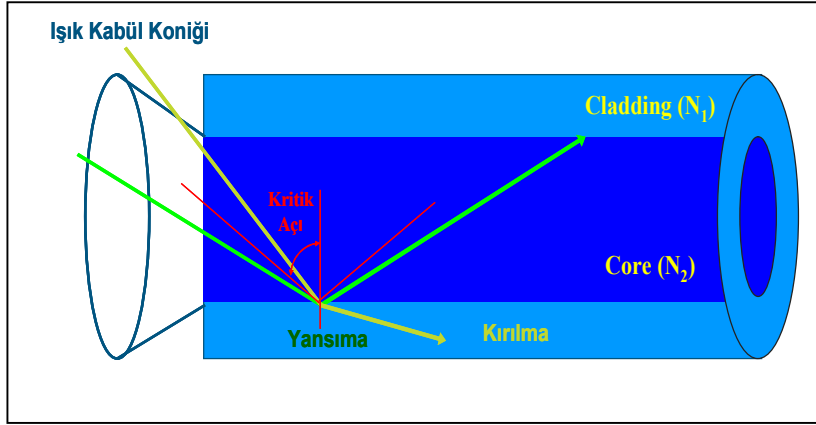
Fiber Optik İletişim

Fiberin çalışma prensibi temel optik kuralları olan yansıma ve kırılma kanunlarına dayanır. Bir ışın demeti az yoğun bir ortamdan daha yoğun bir ortama geçerken geliş açısına bağlı olarak, yansır ya da kırılarak ortam dışına çıkar. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama giden ışığın kırıldıktan sonraki yansıma açısının 90 derece olduğu gelme açısına kritik açı denir. Kritik açıdan daha büyük bir gelme açısı ile çok yoğun ortamdan az yoğun ortama giden ışık ikinci ortama geçemez. Bu durumda gelme açısı yansıma açısına eşit olur ve tam yansıma gerçekleşir.

Optik fiber bu temel prensipten yararlanarak, daha yüksek kırılma indisli Core (çekirdek) ve onu saran daha küçük kırılma indisli Cladding (cam örtü)'den imal edilirler. Bu sayede ışığın yüksek kırılma indisinden

düşüğe geçemeyecek açılarda gönderilerek tam yansıma yapması ve core içinde hareket etmesi sağlanır. **Fiberin çalışma prensibini Şekil -2'de aşağıda görebilirsiniz.**

Şekil-2



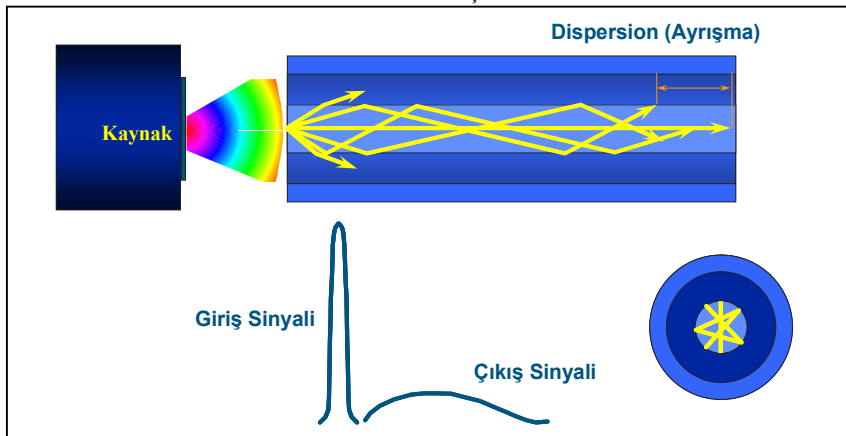
Fiber Optik Tipler Kırılma Indisine Göre

1-a: Basamak İndisli Kablo (Step Index)

Step Index fiber uniform bir kırılma indisine sahip olup, core ve cladding kırılma indisleri arasında keskin bir fark vardır. Tipik bir step index fiberde core çapı 100-milkron,

cladding çapı 140-mikrondur. Farklı açılarda gönderilen ışığın, core'daki iletim süreleri arasındaki yüksek farktan dolayı, sinyal dağılması ve dolayısıyla veri kaybı çok yüksektir. Bu yüzden step index fiberler kısa mesafe veri iletişimde ve telekom sektöründen ziyade otomotiv sektöründe kullanılmaktadır. **Şekil-3 'te görebilirsiniz.**

Şekil -3

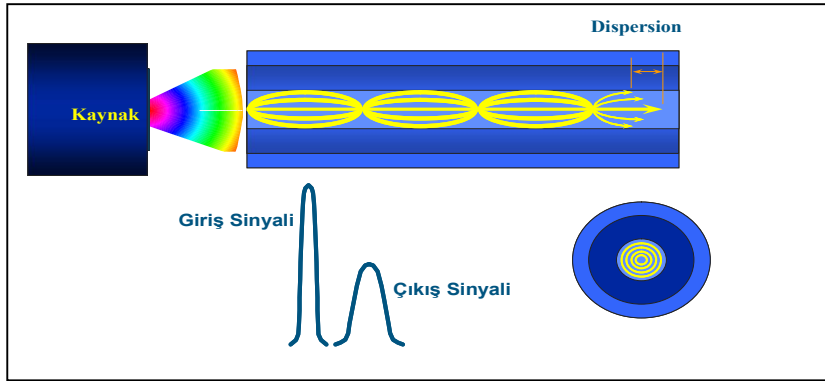


1-b: Dereceli İndisli Kablo (Graded-Index Kablo)

Graded Index fiberde, fiberin kırılma indisi core'un merkezinden, cladding'e göre dereceli olarak azalır ve bu sayede farklı açılarda gönderilen ışığın core'daki iletim

süreleri arasında fark minimize edilerek sinyal dağılması ve veri kaybı azaltılmaktadır. Fiber çapı ise core'da 50 veya 62.6-mikron, cladding'de ise 125-mikron olup, özellikle yerel alan ağlarında kullanılmaktadır. **Şekil -4 te görebilirsiniz.**

Şekil-4



Işık Moduna Göre

Multimod :

Çoklu modda (açıda) birden fazla ışık bilgi gönderilir. 50-mikron ve 62.5-mikron core çapına ve 125-mikron cladding çapına sahiptir. Fiberin iç yapısının genişliğinden dolayı link boyunca farklı modda ışık gönderilebilir. Ancak modal dağılma nedeniyle zayıflaması yüksektir ve kısa mesafelerde kullanılabilir.

Multimod fiber, yüksek core çapı sayesinde daha düşük maliyetli LED veya VCSEL (Vertical-cavity surface-emitting laser) ışık kaynaklarını kullanarak 850nm dalga boyunda iletişime imkan tanımaktadır. Bu sayede özellikle görece olarak daha kısa mesafelerin olduğu yerel alan ağlarında maliyet avantajı sağladığı için tercih edilen fiber tipidir.

Singlemod :

Tek modda (açıda) ışık bilgisi gönderilir. 9-mikron core çapına ve 125-mikron cladding çapına sahiptir. Fiberin iç yapısının dar

olmasından dolayı sadece tek bir açıda ışık gönderilebildiği için modal dağılım söz konusu değildir. Bu sayede zayıflaması düşük, bant genişliği yüksektir ve çok uzak mesafelerde iletişim sağlanabilmektedir.

Singlemod fiberlerde, ışık kaynağı olarak lazer kullanılmaktadır ve 1300nm – 1625nm dalga boyları arasında iletişim yapılabilir. İletişim maliyeti, Multimod'a göre daha yüksektir.

Fiber Optik Standartları ve Fiber Seçimi

Multimode fiber yukarıda da belirtildiği gibi daha düşük maliyetli ışık kaynağı ile iletişim gerçekleştirebildiği için, kısa mesafeli bina içi ağ uygulamalarında daha fazla tercih edilmektedir. Ancak multimod fiberlerin kısıtlı bant genişliği, gelişen teknoloji ve artan ağ hızlarını belirli mesafelere kadar destekleyebilmektedir. Multimod fiberler üretim süreçlerinde farklı uygulamalardan geçirilerek, cam içerisindeki hava boşlukları, mikro çatlaklar minimize edilerek daha yüksek bant genişliğine sahip olabilmekte ve

günümüzde yaygın olarak kullanılan 1 ve 10 Gigabit Ethernet gibi yeni nesil uygulamaları daha yüksek mesafeleri destekleyebilmektedir. Bu amaçla uluslararası standartlar, farklı tip ağ

uygulamaları için, farklı tip bant genişliğine sahip multimod ve singlemod fiber standartları belirlemiştir. **Aşağıda Tablo 1’de** fiber tipleri ve bant genişliklerini görebilirsiniz.

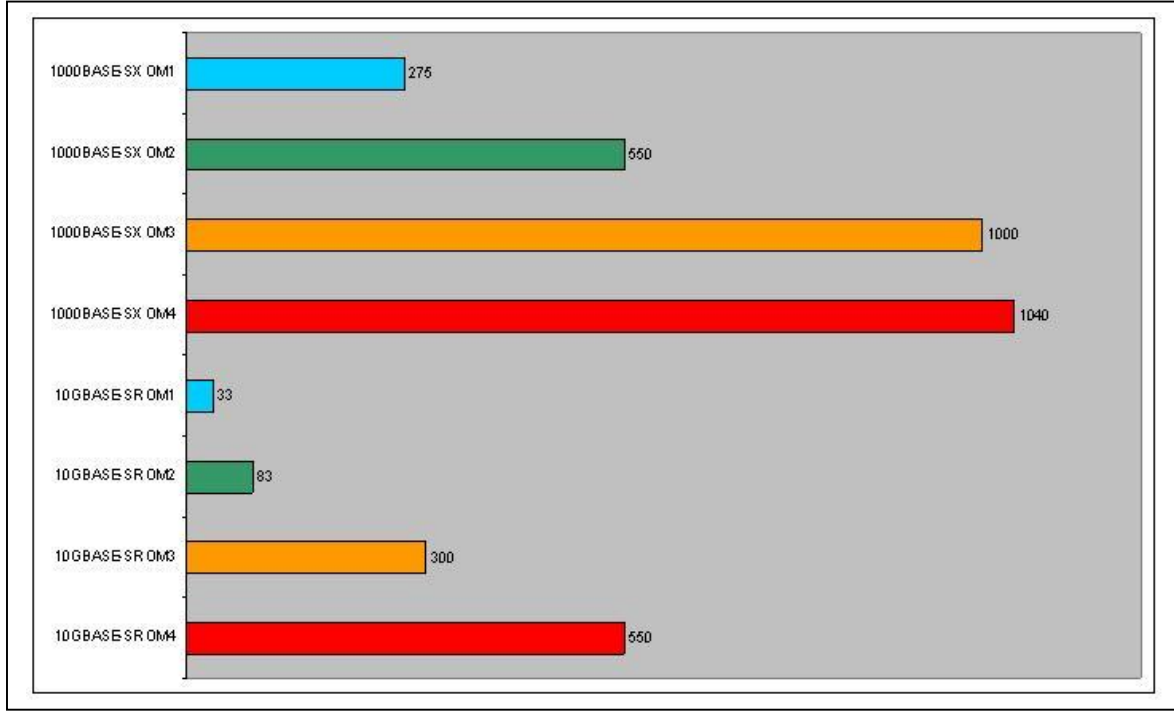
Tablo-1

		Band Genişliği	
MM Fiber Tipi	Core (mikron)	850 nm.	1300 nm.
OM1	50 / 62.5	200 MHz x km	500 MHz*km
OM2	50 / 62.5	500 MHz *km	500 MHz*km
OM3	50	1500 MHz*km	500 MHz*km
OM4	50	3500 MHz*km	500 MHz*km

Her bir Multimod fiber, farklı ağ uygulamaları bant genişliği özelliklerine göre farklı mesafelerde desteklemektedirler. **AşağıdaTablo-2’de** detay görebilirsiniz.

Multimod fiberlerin günümüzde yaygın olarak kullanılan farklı tip ethernet uygulamalarını hangi mesafelere kadar desteklediğini göstermektedir

Tablo-2



Yukarıda **Tablo- 2** de görüleceği gibi, kısa dalga boyu 10 Gigabit Ethernet uygulaması (10GBASE SR), OM1 kablo ile sadece 33m’ye kadar desteklenebilmekte iken, OM4 kablo ile 550m’ye kadar desteklenebilmektedir.

Benzer şekilde singlemod fiber için de farklı tip uygulamalar için uluslararası standartlar tarafından belirlenmiş standartlar mevcuttur. Singlemod fiber için 2 temel standarttan söz edilmektedir. ITU-T-G.65x ve IEC 60793-2-50 (EN IEC 60793-2-50) standartları. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği olan ITU (International Telecommunications Union) tarafında belirlenmiş 19 farklı tip singlemod fiber standardı bulunmaktadır. Bunlar:

ITU-T G652.a,b,c ve d
ITU-T G653.a ve b

ITU-T G654.a,b ve c
ITU-T G655.a,b,c, d ve e
ITU-T G656
ITU-T G657 Category A1, A2, B1 ve B2

Her bir fiber tipi, fiber sistemlerin ilk kullanılmaya başladığı dönemlerden günümüze kadar gelişen farklı tip uygulamaları desteklemek amacıyla ITU tarafından zaman içerisinde geliştirilmiş ve tanımlanmıştır. Örneğin G.652.x fiber daha çok bina içi yerel alan ağ uygulamalarında ve FTTx uygulamalarında yaygın olarak kullanılırken, G.655.x NZD (non-zero dispersion fiber) karasal uzun mesafelerde ve yüksek veri aktarımının gerektirdiği uygulamalarda kullanılmaktadır. G.657.x fiber ise bükülmeye duyarlı fiber standardı olup, özellikle FTTX gibi erişim ağlarında en çok kayıpların yaşandığı, keskin dönüşlerin ve sıkışık kablo güzergahlarının

daha çok olduğu bina içi uygulamaları için bu kayıpları en aza indirmek için geliştirilmiştir.

Bunların yanı sıra uluslararası standard organizasyonu olan ISO ve ona bağlı olan TIA/EIA (ABD) ve Cenelec (European Norm EN) gibi bölgesel alt komiteler, fiber optik ve bakır kablolama sistemlerine yönelik komponent seçimi, uygulama kriterleri ve test prosedürleri ve dokümantasyon hakkında detaylı standartlar

yayınlanmışlardır. Bu standartların amacı kablolama altyapısı konusunda üreticiler, uygulayıcı firmalar, proje danışmanları ve kontrolörleri ve son kullanıcılar için ortak bir zemin oluşturarak, projelerin doğru kalitede ürünler ile, doğru bir şekilde tasarlanıp, uygulanması ve test edilmesini sağlamaktır.

Bakır ve Fiber Optik kablolama sistemlerine yönelik ISO, Cenelec ve TIA komitelerince yayınlanmış standart dokümanları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Standard	ISO/IEC	CENELEC	TIA/EIA
Performans / Genel Kablolama	N/A	EN 50173-1:2011	TIA 568C.0-2; 568C.3x
Ofis ve Ticari Bina Kablolaması	ISO/IEC 11801 ed. 2.2 (incl. A1 and A2)	EN 50173-2 incl. AA	TIA 568C.1-0. -1 and -2
Endüstriyel Kablolama	ISO/IEC 24702	EN 50173-3	TIA 1005A
Ev & Rezidans Kablomasi	ISO/IEC 15018	EN 50173-4	TIA 570C
Veri Merkezi Kablolaması	ISO/IEC 24764	EN 50173-5	TIA 942A
Bina Otomasyonu	ISO/IEC 15018	prEN 50173-6	TIA 862A
Ölçme ve Test	IEC 61935-1	EN 50346	N/A
Ölçme & Test (Fiber Optik)	ISO/IEC 14763-3:2012	EN 50346 incl. A1 and A2	TIA 526-7 (SM) TIA 526-14 (MM)
Dokümantasyon & Etiketleme	ISO/IEC 14763-1	EN 50174-1 incl. A1	TIA 606B
Kurulum ve Kablo Güzergahları	ISO/IEC 14763-2 and ISO/IEC 18010	EN 50174-2 incl. A1	TIA 569C
Topraklama	IEC 60364-1	EN 50310:2010	TIA J-STD 607A

FİBER TOPOLOJİLERİ

Bina-Dışı Ağ Topolojileri

Günümüzde erişim ağ uygulamaları telekom servis sağlayıcısından binalara veya evlere farklı tip fiber topolojiler kullanılarak ulaştırılmaktadır. Genel olarak FTTX olarak tanımlanan bu uygulamalar fiberin servis sağlayıcısı tarafından ulaştırıldığı son noktaya göre farklılıklar göstermektedir. Bugün en yaygın kullanılan FTTX uygulamaları şöyledir.

FTTN: Fiber-to-the-Node- fiber, servis sağlayıcısından evlerden bir kaç kilometre

uzaklıktaki sokak kabinetlerine kadar çekilip sonlandırılır. Bu noktadan evlere bakır kablo çekilir.

FTTC: Fiber-to-the-curb – Bu topoloji FTTN ile çok benzer olup sadece sokak kabinetinin lokasyonu evlere en fazla 300m uzaklıktadır.

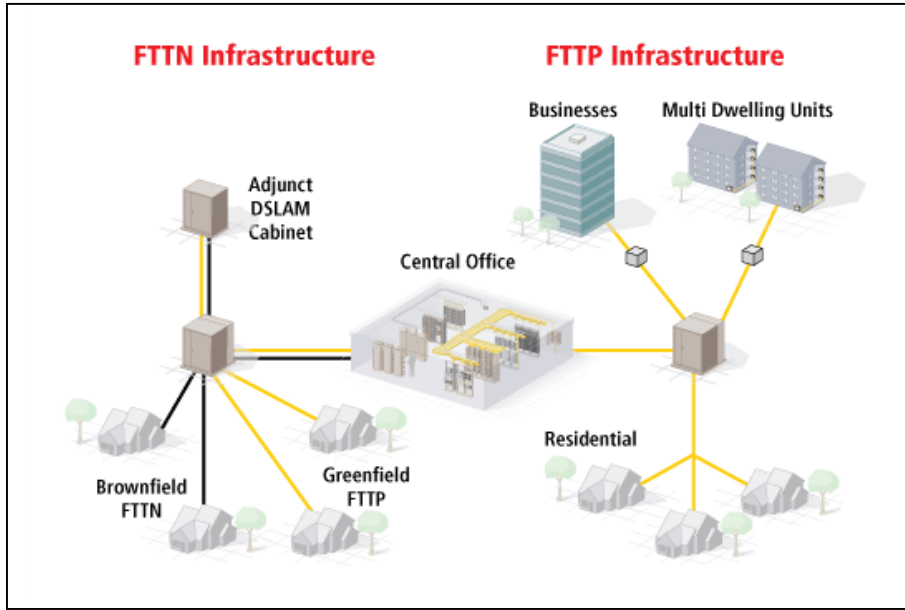
FTTB: Fiber-to-the-building veya Fiber-to-the-basement – Fiber servis sağlayıcısından çok katlı bir binanın girişine, çoğunlukla zeminine kadar getirilir. Bu noktadan katlara bakır kablo ile servis iletilir.

FTTH: Fiber-to-the-home – Fiber servis sağlayıcısından katlara veya evlerin girişine kadar getirilir.

FTTP: Fiber-to-the-premises – Bu terim hem FTTH hem de FTTB’i ortak olarak

tanımlamak amacıyla geliştirilmiş ve hem evlere hem de çok katlı binalarda ofislere kadar fiber çekildiği uygulamaları kapsamaktadır. Aşağıda Şekil 5 ‘da görebilirsiniz.

Şekil-5



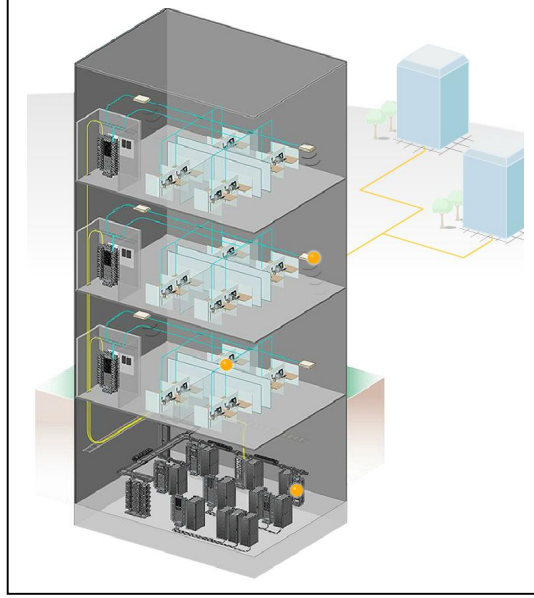
BİNA İÇİ AĞ TOPOLOJİLERİ:

Bina içi erişim ağ topolojileri de temel olarak aktif yıldız bağlantılı ve pasif optik ağlar olarak ikiye ayrılırlar.

1. Aktif Yıldız Bağlantılı Ağlar

Çok katlı binalarda bütün ağ trafiğinin bina girişinden veya ana sistem odasından bina omurgası boyunca çekilen bağımsız fiber hatların her katta yer alan bir kabine bağlandığı modeldir. Aşağıda Şekil-6 ‘da görebilirsiniz.

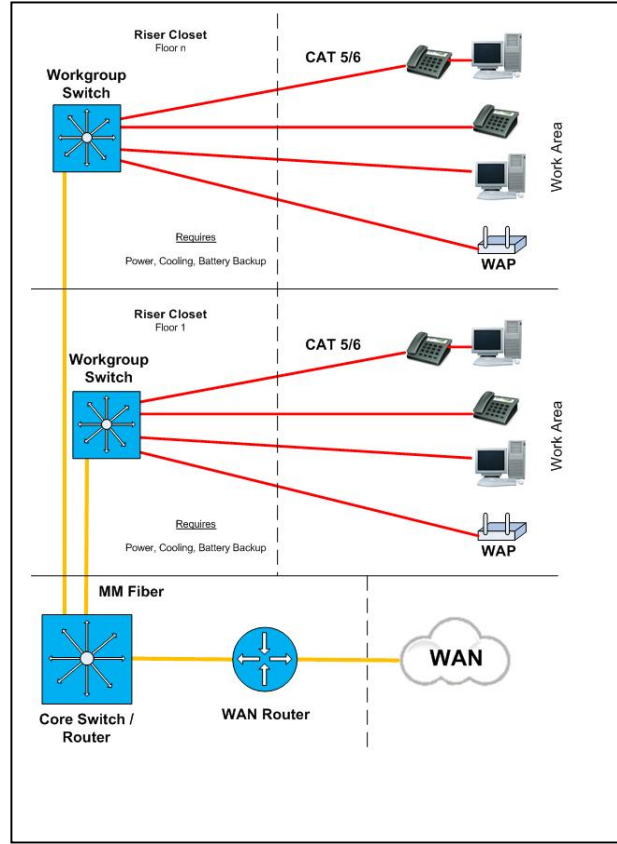
Şekil-6



Her bir kat dağıtım noktasında yer alan kabinlerde yer alan aktif switch'ler aracılığı ile fiber bağlantı, bakır bağlantıya çevrilerek kullanıcı noktalarına bakır kablo ile servis sağlanır. Bina içi ağ topolojisindeki

mesafeler genellikle 500m'yi aşmadığı için, aktif yıldız topolojisinde kullanılan fiberler çoğunlukla multimoddur. Aşağıda **Şekil 7'de** görebilirsiniz

Şekil-7



Daha yüksek bant genişliği ve data hızı gerektiren uygulamalarda, kat dağıtım noktasından, kullanıcı noktalarına kadar fiber ile servis sağlanmaktadır. Bu tip uygulamalara Fiber-to-the-Desk (masaya kadar fiber) denilmektedir. Ancak bu tip uygulamada kullanılan aktif cihazların ve optoelektronik çeviricilerin yüksek maliyetlerinden, toplam sistem maliyeti çok yüksek olmaktadır.

3. Pasif Optik Erişim Ağları

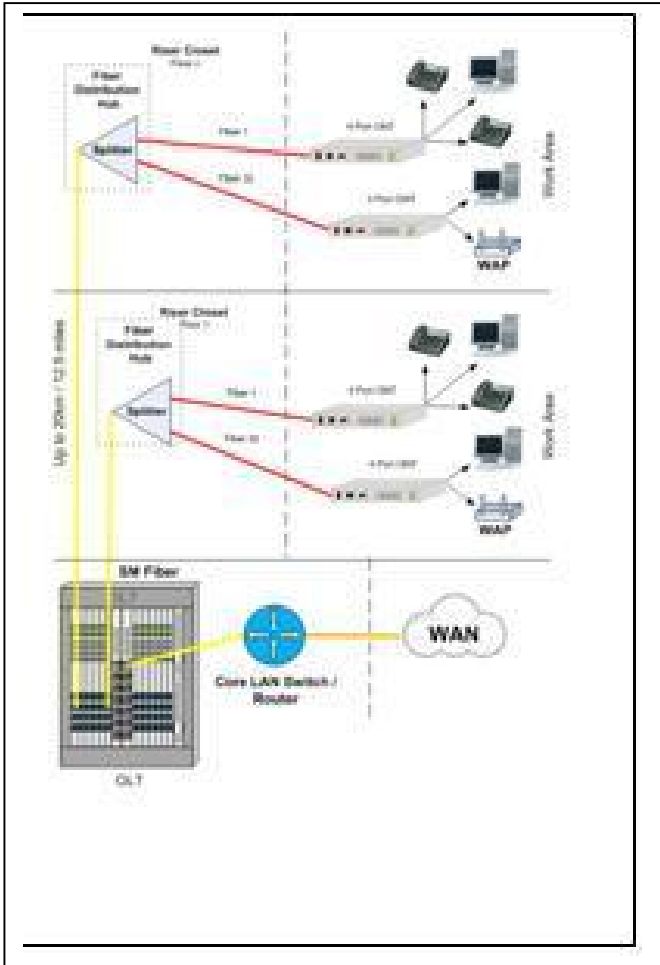
Uzun bir zamandır uzak alan erişimlerinde kullanılmakta olan Pasif Optik Erişim, son yıllarda bina içi erişimlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede hem masaya kadar fiber uygulamalarındaki benzer yüksek iletim kapasitesi sağlanmakta hem de fiber

artı bakır aktif yıldız bağlantı topolojisine yakın toplam sahip olma maliyeti sağlamaktadır.

Bir PON sistemi Şekil 8’de görüldüğü gibi Optik Hat Sonlandırıcı (Optical Line Termination-OLT), Optik Ağ Ünitesi (Optical Network Unit – ONU), OLT ve ONU’lar arasındaki bilgi akışını sağlayan optik çoklayıcı (splitter) ve fiber kablolardan meydana gelmektedir. PON sistemlerde veri iletimi OLT’den çıkan optik bilgi, pasif optik çoklayıcı ile tüm ONU’lara dağıtılması ile sağlanmaktadır.

Aktif yıldız topolojisinin aksine, Pasif Optik sistemlerde singlemode kablo kullanılır ve tek bir damar üzerinden çift yönlü iletişim gerçekleştirilir.

Şekil -8



Günümüzde bina içi uygulamalarda aktif yıldız bağlantı topolojisi çok daha yaygın kullanılmakla birlikte, pasif erişim topolojisi de özellikle kat dağıtım noktalarında kullanılan kabinet, aktif switchler ve bu switchler için gerekli enerji, UPS, havalandırma gibi kurulum ve operasyonel maliyetleri ve tüm bu sistemler için uygun bir yer ayrılması gibi zorunlulukları ortadan kaldırması açısından giderek yaygınlaşmakta ve bina içi network sistemleri için iyi bir alternatif oluşturmaktadır.

Bireylerin ve kurumların gelir seviyelerinin yükselmesine paralel olarak teknolojik

çözüm ve ürünlerde değişim ve farklılaşma, arge çalışmaları ve üretim faaliyetleri hızlıca gerçekleşmesi kaçınılmazdır. Yeni ürünlerin ve çözümlerin geliştirilmesinde amaç kullanıcılara daha fazla konfor ve faydanın sağlanmasıdır. Fiberin maliyeti yüksek olmasına karşın, sağladığı avantajlar (yüksek hız, bant genişliği, mesafe kısıtı olmaması, bilgi güvenliği ve daha az alan kaplaması) nedeniyle tüm sektörlerde Telekom, yerel alan ağlarında (Ofis, Banka, AVM, Otel), havacılık, otomotiv sektöründe, savunma sanayinde, güvenlik ve zayıf akım sistemlerinde başarıyla kullanılan yaygın bir teknolojidir.