

FİBEROPTİK HABERLEŞMESİ



ÖĐR. GÖR. A. TURAN ALPER

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ MERSİN MESLEK YÜKSEKOKULU**

TEKNİK PROGRAMLAR BÖLÜMÜ
ELEKTRONİK HABERLEŞME PROGRAMI
ÖRGÜN VE İKİNCİ ÖĞRETİM

FİBEROPTİK HABERLEŞMESİ DERSİ IV.YARIYIL DERS PLANI

YARIYIL	DERS KODU	DERS ADI	TEORİ	PRATİK	KREDİ
IV	HAB244	Fiberoptik Haberleşmesi	2	1	3

Hafta	Teorik Konular	Pratik Konular
1	Fiberoptik haberleşme sisteminin temel elemanları ve ışık kanunları	Snell Kanunu ile ilgili örnekler
2	Fiberoptik Kablo içerisinde ışığın yayılması ve F/O kablunun çalışması	F/O Kablonun incelenmesi
3	Fiberoptik Kabloyu oluşturan 3 katmanın (Nüve-core,Clad-yelek,Jacket-kaplama) incelenmesi ,Step indisli ve derece indisli kabloların çalışması	Kabul açısı ve nümerik açıklık hesapları
4	Fiberoptik Kablo da zayıflama ve dispersiyon (yayılma) etkileri	dB ve zayıflama hesapları
5	Optik Göndericiler (Led ve Lazer diyot ,infrared led özellikleri)	Led ve foto-dedektör uygulamaları
6	Optik alıcılar (Foto-diyot , foto-transistör , akım/voltaj dönüştürücü ve karşılaştırıcı işlemsel yükselteçler)	Foto-diyot uygulamalarında devre şeması takibi
7	Fiber bağlantıları ve veri aktarımı	Fiber-optik deney setinin çalıştırılması
8	VİZE HAFTASI	VİZE HAFTASI
9	Fiberoptik Kablo sistemleri ve telemetre uygulaması	Devre şema takibi ve elemanların görevleri
10	Fiberoptik sistemlerde arızacılık ve TDR -OTDR cihazlarının çalışması	Eleman ve ölçü aleti kataloglarının incelenmesi
11	Fiberoptik sistem için optik güç bütçe gereksinimleri	Güç bütçesi hesapları
12	Opto-coupler devreler	Protoboard' da Opto-coupler uygulamaları
13	Uygulama veya Proje-Ödev Sınavı	Uygulama sınavı
14	Uygulama veya Proje-Ödev Sınavı	Uygulama sınavı



MERSİN ÜNİVERSİTESİ MERSİN MESLEK YÜKSEKOKULU.....	1
Ders notu ile ilgili eklemeler ayrıca yayınlanacaktır.	3
BÖLÜM 1.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
FİBEROPTİK GİRİŞ KONULARI	4
1 Temel Kavramlar	4
1.1 Işık Dalgası	4
1.2 Işık Dalga Sistemleri (Fiber optik) Teknolojisi.....	4
1.3 Optik Spektrumda fiberoptik haberleşmesinin yeri	4
1.4 Işığın dalga boyu.....	5
1.5 Işık kanunları	6
1.5.1 Yansıma kanunu	6
1.5.2 Kırılma kanunu	7
1.5.3 Kritik açı	8
1.5.4 Tam yansıma	8
1.5.5 F/O Kabloda ışığın yayılması	9
2 Fiberoptik kablo	10
2.1 Fiberoptik kablonun yapısı	10
2.1.1 Core (Nüve).....	10
2.1.2 Clad (Yelek)	10
2.2 Fiberoptik Kablonun Geleneksel (Bakır) Kablolara Olan Üstünlükleri.....	12
2.3 Fiberoptik Kablonun Kullanılma Alanları.....	14
2.4 Fiberoptik Kabloda Dispersiyon.....	14
2.5 Kabul konisi ve nümerik açıklık	15
2.6 Fiberoptik Kabloların Sınıflandırılması.....	17
2.6.1 İndise Göre F/O Kablo Çeşitleri.....	17
2.6.2 Işık Moduna Göre F/O Kablo.....	18



Ders notu ile ilgili eklemeler ayrıca yayınlanacaktır.

FİBEROPTİK GİRİŞ KONULARI

1 TEMEL KAVRAMLAR

1.1 Işık Dalgası

Işık dalgası çok yüksek frekanslı bir elektromagnetik sinyaldir.

1.2 Işık Dalga Sistemleri (Fiber optik) Teknolojisi

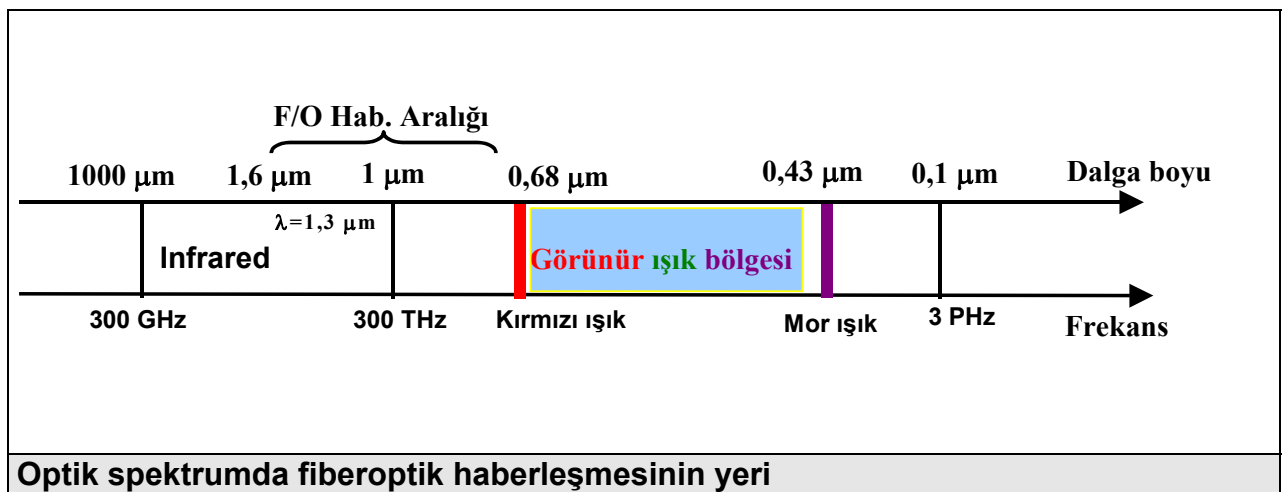
Işık dalga sistemlerinde ışık frekansındaki elektromagnetik dalgalar fiberoptik kablo içerisinde bilgi taşırlar.

1.3 Optik Spektrumda fiberoptik haberleşmesinin yeri

Optik spektrumda F/O haberleşme aralığı {1,6 μm -0,6 μm } dalga boyları arasındadır. En fazla kullanılan F/O dalga boyu 1,3 μm 'dir. Görünür ışık dalga boyu aralığı {700 nanometre – 400 nanometre} dalga boyları arasındadır.

Frekans ve dalga boyu grupları:

Üslü İfade	Frekans	Kısaltma	Üslü İfade	Dalga boyu	Kısaltma
10^0	Hertz	Hz	10^0	Metre	m
10^3	KiloHertz	KHz	10^{-3}	Milimetre	mm
10^6	MegaHertz	MHz	10^{-6}	Mikrometre	μm
10^9	GigaHertz	GHz	10^{-9}	Nanometre	nm
10^{12}	TeraHertz	THz	10^{-10}	Angstrom	Å^0
10^{15}	PetaHertz	PHz	10^{-12}	Pikometre	pm
10^{18}	ExaHertz	EHz			



1.4 Işığın dalga boyu

Bir hertzlik ışaretin aldığı yola dalga boyu denir. Birimi metredir. Işık renklerine ait frekans değerleri λ dalga boyu formülünde yerine konarak o renge ait dalga boyu bulunur.

$$\lambda = \frac{\text{ışık hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \text{ m/sn}}{\text{Hertz}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/sn}}{\text{Hertz}} \text{ [m]}$$

$$\lambda = \frac{300}{f(\text{MegaHertz})} \text{ [m]}$$

$$\lambda = \frac{30}{f(\text{GigaHertz})} \text{ [cm]}$$

$$\lambda = \frac{300}{f(\text{TeraHertz})} \text{ [\mu m]}$$

ÖRNEK: $f = 1 \cdot 10^{14}$ Hz ise $\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/sn}}{10^{14} \text{ Hertz}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 3 \mu \text{m}$$

ÖRNEK: Mor ışığın dalga boyu $f = 7,5 \cdot 10^{14}$ Hz ise , mor ışığın dalga boyunu hesaplayınız

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3}{7,5} = 0,4 \mu \text{m}$$

$$0,4 \mu \text{m} = 400 \text{ nm} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4000 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 4000 \text{ \AA} = 4000 \text{ Angstrom}$$

ÖRNEK: $f = 300 \cdot 10^{12} \text{ Hz} = 300 \text{ THz}$ ise $\lambda = ?$

$$f = 300 \cdot 10^{12} \text{ Hz} = 3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/sn}}{3 \cdot 10^{14} \text{ Hertz}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$$

2.yol

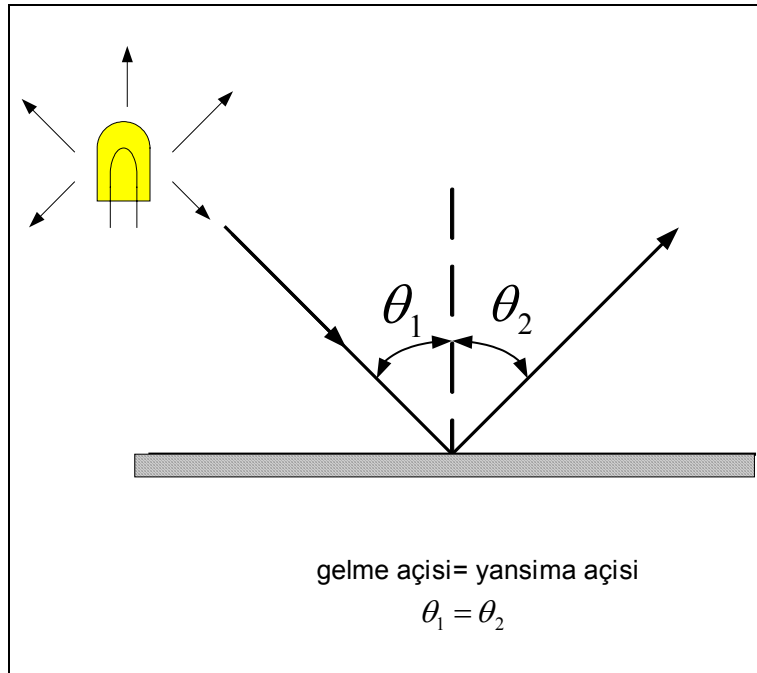
$$\lambda = \frac{300}{f(\text{TeraHertz})} [\mu\text{m}]$$

$$\lambda = \frac{300}{300} = 1 \mu\text{m}$$

1.5 IŞIK KANUNLARI

1.5.1 Yansımaya kanunu

Yansıtıcı parlak bir yüzeyde ışığın gelme açısı, yansımaya açısına eşittir.



1.5.2 Kırılma kanunu

Işık çok yoğun (kırılma indisi daha büyük olan) bir ortamdan az yoğun (kırılma indisi daha küçük olan) bir ortama geçerken , normal çizgisi denilen düzleme dik çizgiden uzaklaşarak yoluna devam eder.

Ortamın kırılma indisi (n) ışığın ortamdaki hızı ile ters orantılıdır.

$$n = \frac{\text{Işığın havadaki hızı}}{\text{Işığın maddedeki hızı}}$$

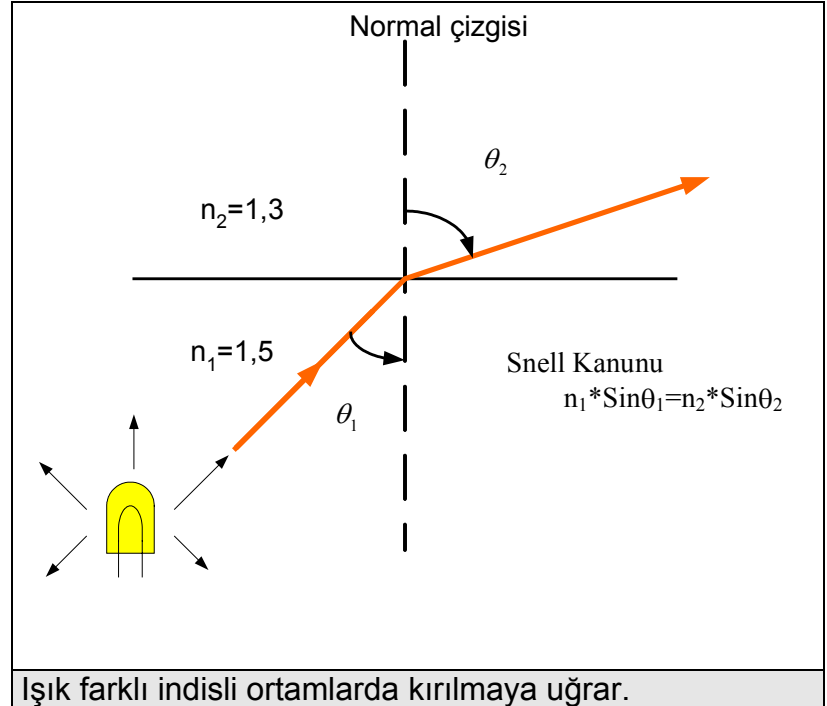
$$n = \frac{C_{\text{hava}}}{C_{\text{madde}}}$$

Snell Kanunu

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

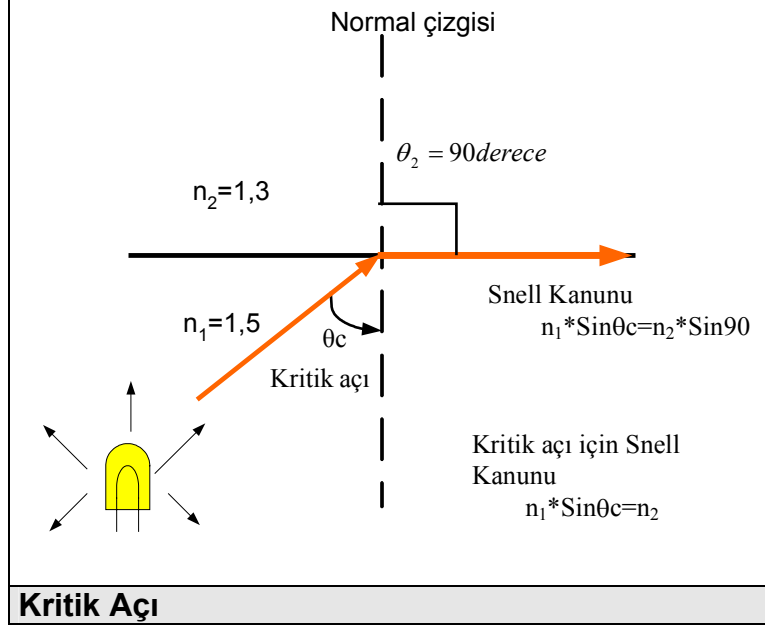
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

n_2 küçülürse θ_2 açısının büyümesi gerekir
 n_1 büyürse θ_1 açısının küçülmesi gerekir



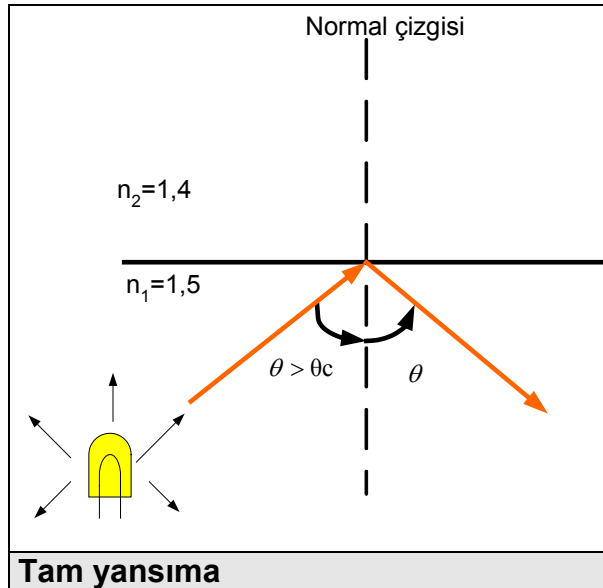
1.5.3 Kritik açı

Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama giden ışığın kırıldıktan sonraki yansıma açısının 90 derece olduğu gelme açısına kritik açı denir



1.5.4 Tam yansım

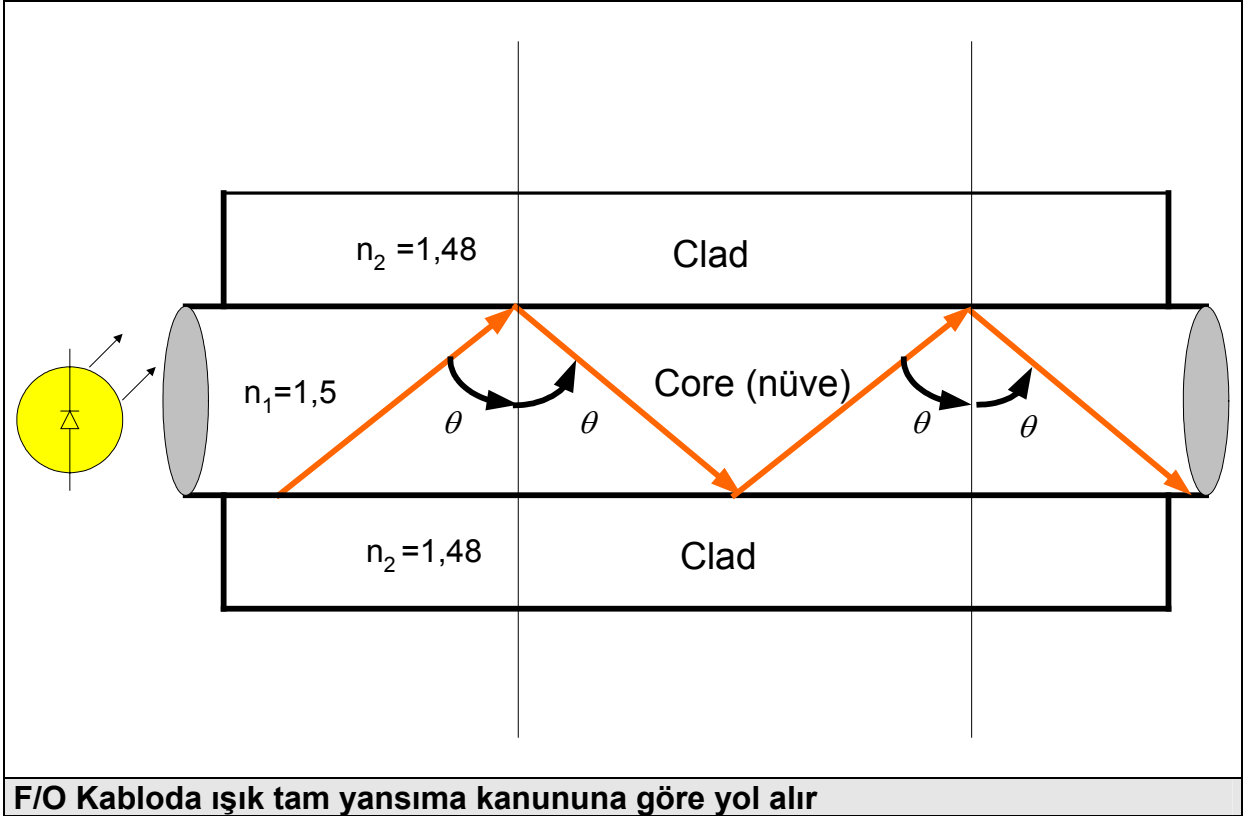
Kritik açıdan daha büyük bir gelme açısı ile çok yoğun ortamdan az yoğun ortama giden ışık ikinci ortama geçemez. Bu durumda gelme açısı yansıma açısına eşit olur ve tam yansıma gerçekleşir.



1.5.5 F/O Kabloda ışığın yayılması

F/O Kabloda ışık nüve-clad arasında tam yansıma ile yayılır.

Nüve içine kritik açıdan küçük açı ile giren ışık ışınları jacket (ceket) tarafından absorbe edilerek emilirler. Absorbe edilen ışınlar nüve içinde ilerleyemezler



2 FİBEROPTİK KABLO

Optik sistemde (10^{14} Hz ile 10^{15} Hz arasında) ışığın iletilmesini sağlayan dalga kılavuzuna fiber optik kablo denir.

Fiber optik kablolar yaklaşık 100 mikro metre çapında , nüve (core) ve kaplaması (clad) camdan yapılmış ışık borusudur. Kaplamanın (Clad) kırılma indisi nüvenin kırılma indisinden daha düşüktür.

Fiber optik nüve ve kaplaması plastikten de yapılabilir ancak bu durumda ışık zayıflaması çok daha yüksek olur

2.1 Fiberoptik kablonun yapısı

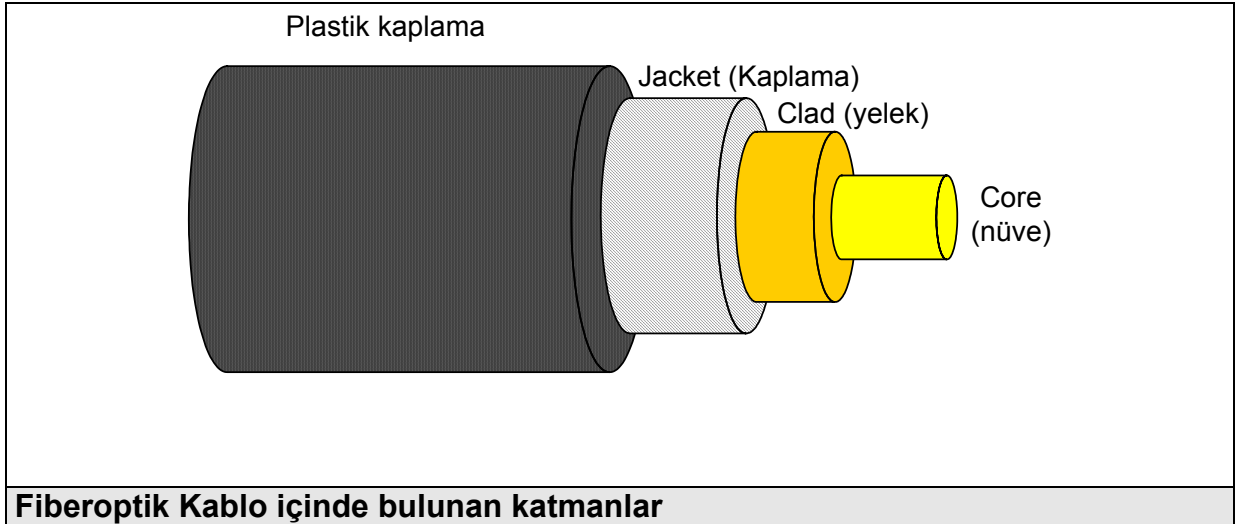
Fiberoptik kablo nüve ve cladden oluşur

2.1.1 Core (Nüve)

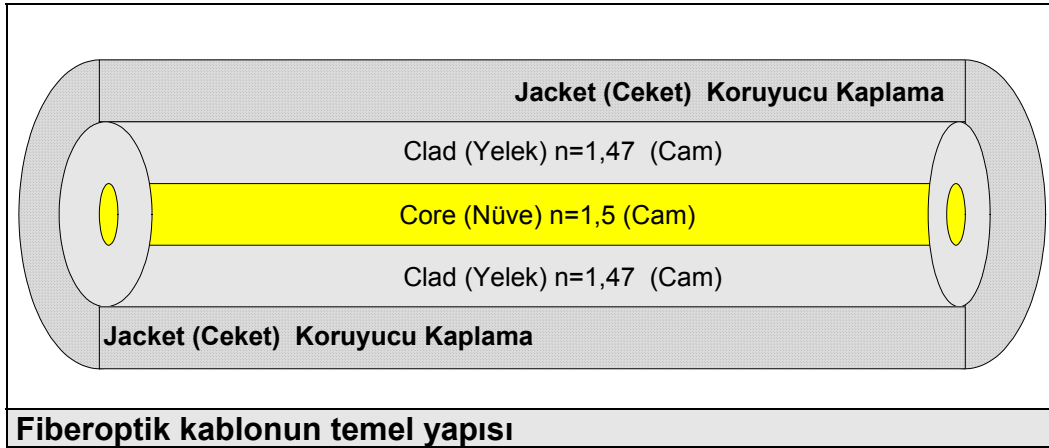
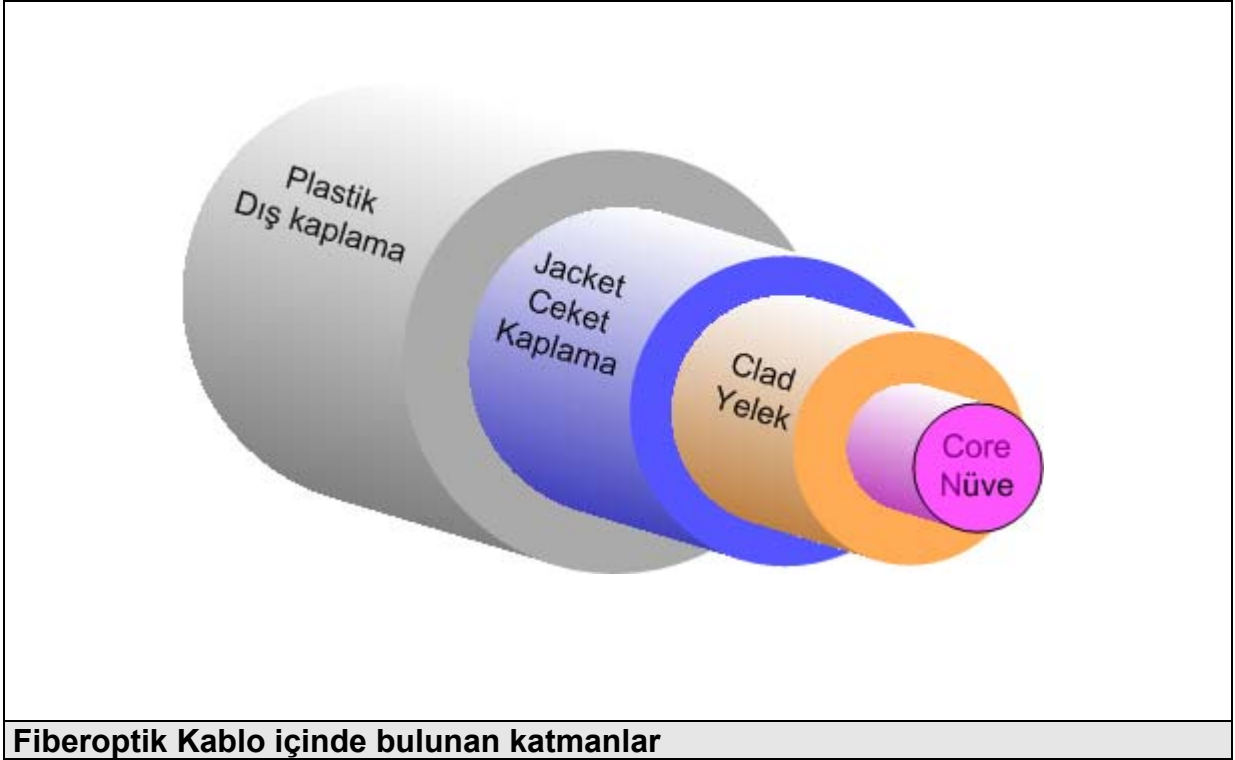
Fiber içinde en içte yer alan ve saf camdan yapılmış olan , ışığı taşıyan kısım

2.1.2 Clad (Yelek)

Nüvenin etrafını saran cam malzemedir .Işığın tam yansıma ile yansıyarak fiber içinde yol almasını sağlar



Fiberoptik Kablo içinde bulunan katmanlar



2.2 Fiberoptik Kablonun Geleneksel (Bakır) Kablo'lara Olan Üstünlükleri

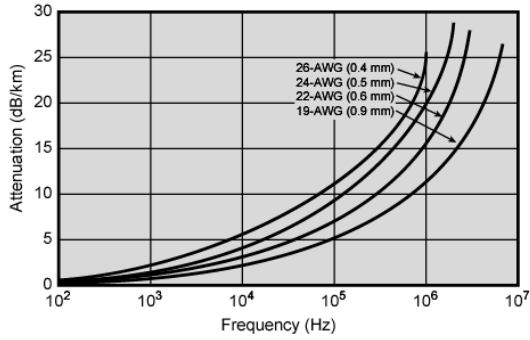
- Yüksek bant genişliği kapasitesine sahiptirler
- F/O kablolarda sinyal zayıflaması daha azdır.
- F/O kablolar hafif ağırlığa sahiptir. F/O kablonun malzemesi cam ve plastiktir. Dolayısıyla bakır kablolardan çok daha hafiftir.
- F/O kablo boyutu küçüktür. F/O kablonun çapı elektrik kablosundan kat kat küçüktür. F/O kablo çapı yaklaşık 100 mikro metredir. F/O kablo çapı, insan saç telinin çapından yaklaşık 2 kat büyüktür.
- F/O kablo bilgi iletiminde daha güvenlidir. F/O kabloda bilgi kolayca yakalanamaz,
- F/O kablo gürültüden ve elektromagnetik dalgalardan etkilenmez.
- Elektrik akımı taşımadığı için çarpılma tehlikesi yoktur.

Fiber optik uygulamalarda frekans kullanımı

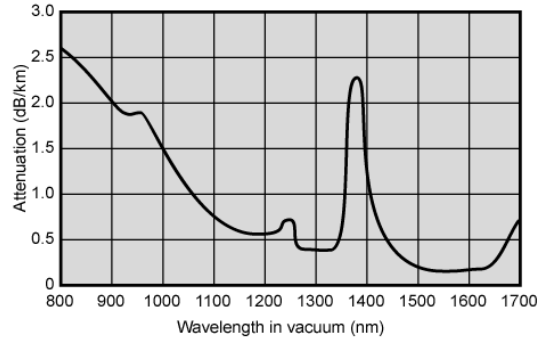
Dalga boyu (nm)	Frekans aralığı (THz)	Band Etiketleri	Fiber type	Uygulama
820 to 900	366 to 333		Multimode	LAN
1280 to 1350	234 to 222	S	Single mode	Various
1528 to 1561	196 to 192	C	Single mode	WDM
1561 to 1620	185 to 192	L	Single mode	WDM

Kablo tipi	Frekans aralığı	Tipik Zayıflama	Tipik gecikme	Tekrarlama aralığı
Twisted pair (with loading)	0 to 3.5 kHz	0.2 dB/km @ 1 kHz	50 µs/km	2 km
Twisted pairs (multi-pair cables)	0 to 1 MHz	0.7 dB/km @ 1 kHz	5 µs/km	2 km
Coaxial cable	0 to 500 MHz	7 dB/km @ 10 MHz	4 µs/km	1 to 9 km
Optical fiber	186 to 370 THz	0.2 to 0.5 dB/km	5 µs/km	40 km

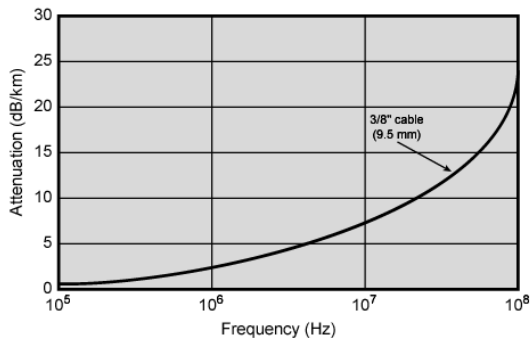
Zayıflatmaların Grafikel Karşılaştırılması



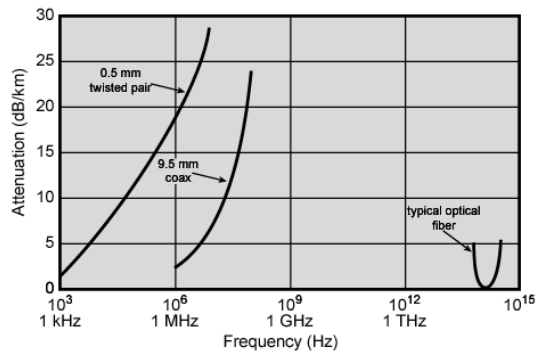
(a) Twisted pair (based on [REEV95])



(c) Optical fiber (based on [FREE02])



(b) Coaxial cable (based on [BELL90])



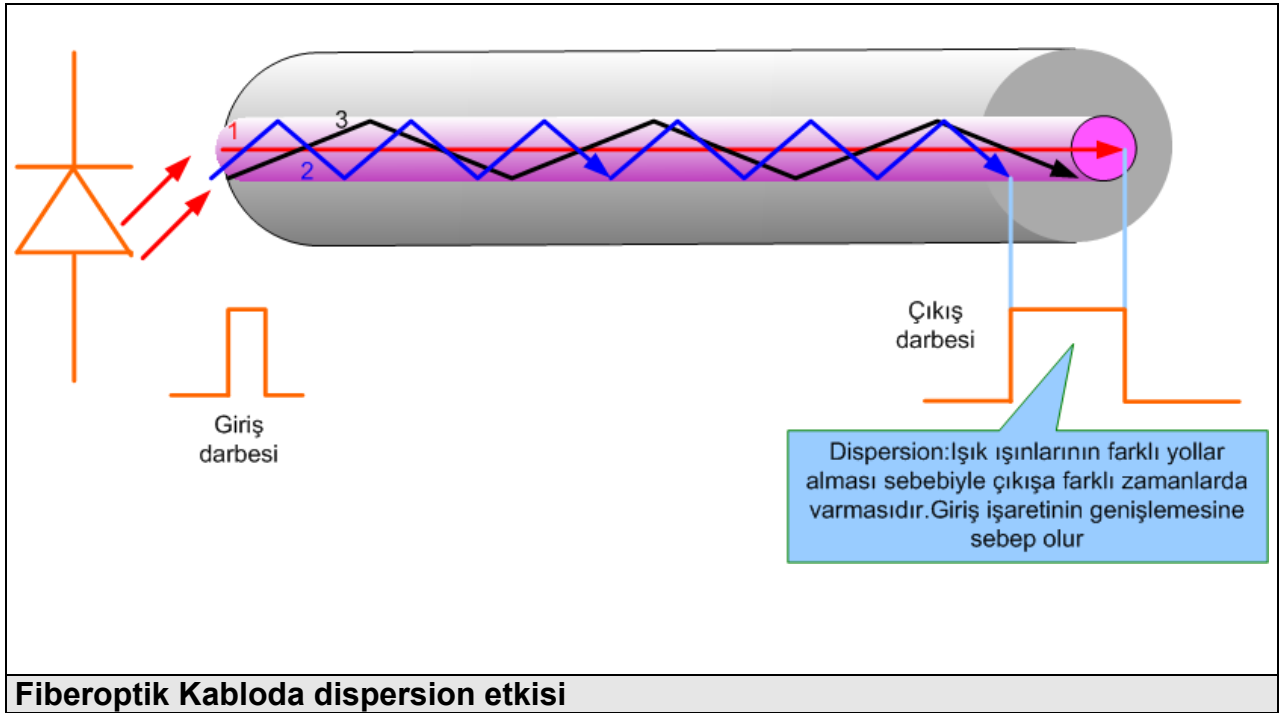
(d) Composite graph

2.3 Fiberoptik Kablonun Kullanılma Alanları

- Telefon Haberleşmesinde
- LAN ,MAN, WAN Network ağlarında
- Kablolu TV de
- Uçak ve füzelerde
- Gizli Haberleşmede

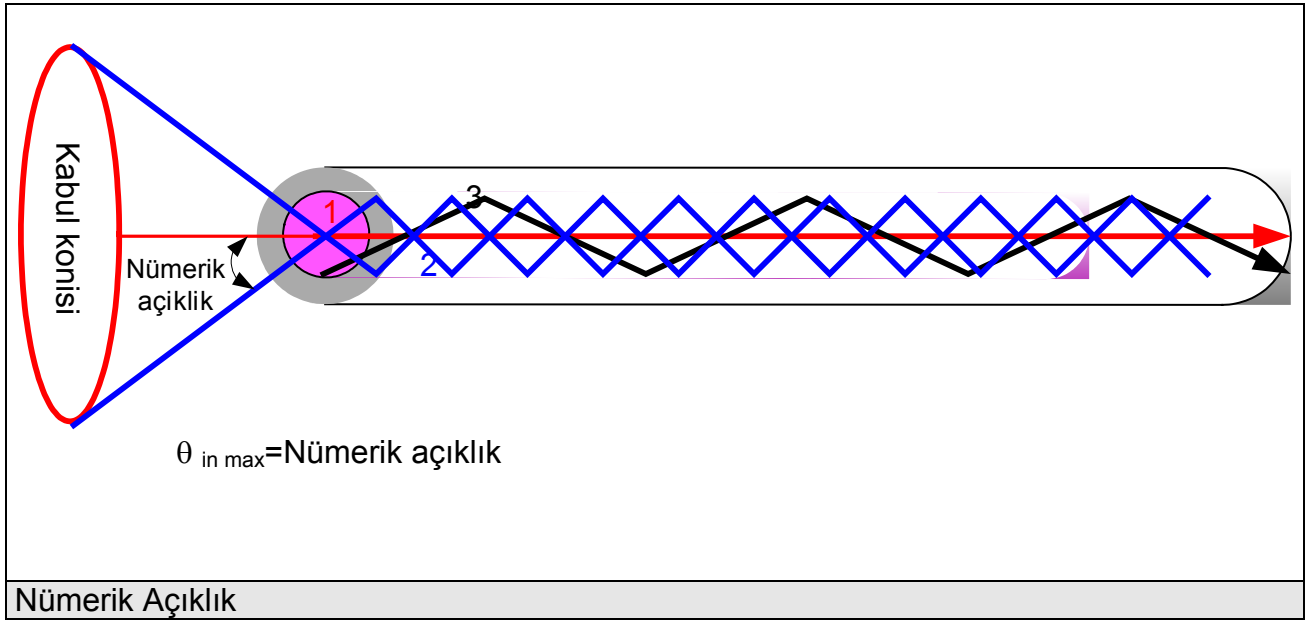
2.4 Fiberoptik Kabloda Dispersiyon

Dispersiyon:Fiberoptik kablo içinde ilerleyen ışık ışınları farklı yollar alarak çıkışa ulaşırlar . Işık ışınlarının çıkışa farklı zamanlarda varması sebebiyle giriş sinyali genişleyerek bozulur. Bu bozulmaya dispersiyon denir.



2.5 Kabul konisi ve nümerik açıklık

Nümerik açıklık: Fiberoptik kablo içine giren farklı açılardaki ışık ışınlarını yakalama özelliğine nümerik açıklık denir nümerik açı büyüdükçe daha fazla ışık ışını fiber içinde yol alır. Fiber optik kablo kabul konisi açısıyla gelen ışık ışınlarını iletebilir. Kabul konisi açısı , nümerik açıklık açısının iki katıdır. Nüve ve clad indisleri arasındaki fark büyüdükçe nümerik açıklık büyür.



$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sin \theta_{in \max}$$

Burda;

n_1 =core (nüve indisi)

n_2 =clad indisi

ÖRNEK:

$n_1 = 1,45$, $n_2 = 1,43$ ise nümerik açıklığı bulunuz.

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sin \theta_{in \max}$$

$$NA = \sqrt{1,44^2 - 1,43^2}$$

NA=0,24

$$\theta_{in \max} = \arcsin(0,24) = 13,88^\circ$$

ÖRNEK:

$n_1= 1,45$, $n_2=1,3$ ise nümerik açıklığı bulunuz ve sonucu bir önceki örnek ile karşılaştırınız

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \text{Sin}\theta_{i \max}$$

$$NA = \sqrt{1,44^2 - 1,3^2}$$

$$NA=0,619$$

$$\theta_{i \max} = \arcsin(0,619) = 38,26^0$$

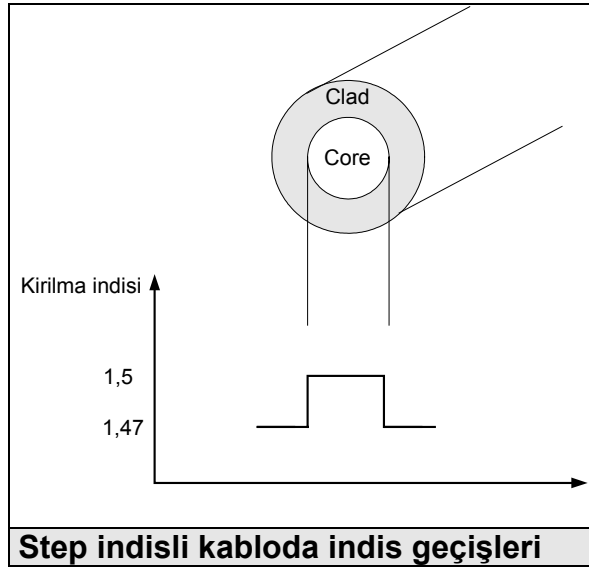
Sonuç: İndis farkı büyüdüğü için nümerik açıklık büyümüştür.

2.6 Fiberoptik Kabloların Sınıflandırılması

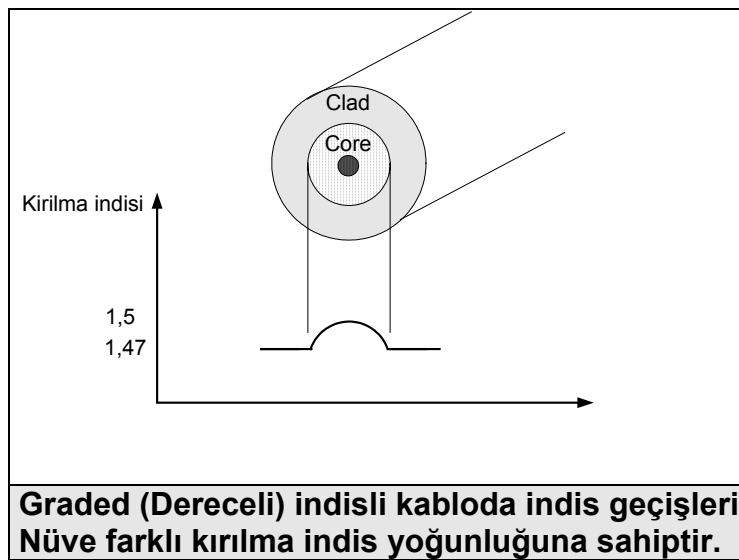
Fiber optik kablolar indis yapısına ve ışık moduna göre gruplandırılırlar

2.6.1 İndise Göre F/O Kablo Çeşitleri

1. Basamak İndisli Kablo (Step-İndex Kablo)



2. Dereceli İndisli Kablo (Graded- İndex Kablo)



2.6.2 Işık Moduna Göre F/O Kablo

1. Single mod (Tekli mod): Single modda tek bir ışık ışını ile bilgi gönderilir.
2. Multi Mod (Çoklu Mod): Multi modda birden fazla ışık bilgi gönderilir.

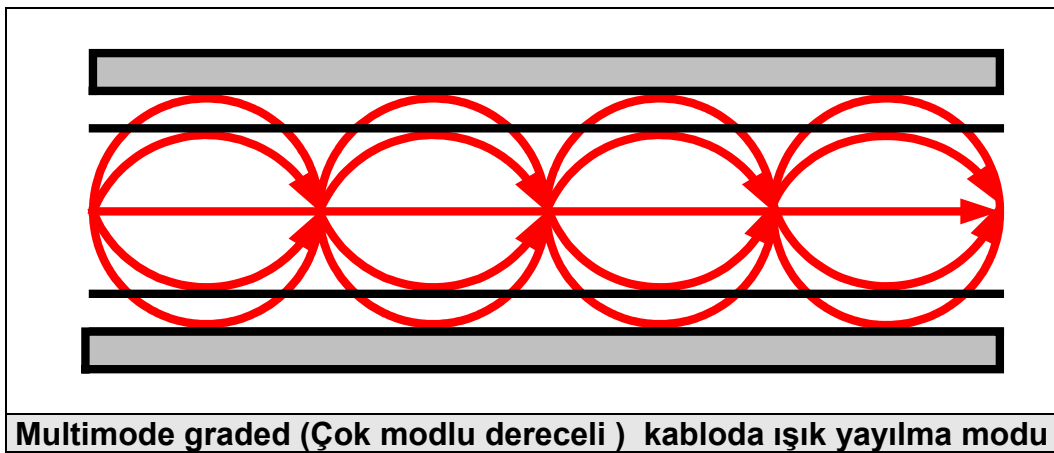
SINGLE MODE STEP İNDİSLİ KABLO

10 μ m nüve çapına ve 125 μ m yelek çapına sahiptir.Bu tip kabloyu kullanan haberleşme sistemlerinin çoğunda tekrarlama ihtiyacı duyulmadan 500 km'ye kadar 1Gbit/sn hızla bilgiler iletilebilir. SM Fiberler için ortalama zayıflatma 0,25 dB/km dir. Özelliği: Kablonun nüve çapı küçüktür.

DERECELİ İNDİSLİ ÇOK MODLU KABLolar

50 μ m nüve çapına ve 125 μ m yelek çapına sahiptir.Bu tip kabloyu kullanan haberleşme sistemlerinin çoğunda tekrarlama ihtiyacı duyulmadan 50 km'ye kadar 300 Mbit/sn hızla bilgiler iletilebilir. MM Fiberler için ortalama zayıflatma 2,5 dB/km dir.

Özelliği: Kablo çapı büyüktür, Dispersion azaltılır ve yok edilir. Gelen ışıklar ışık yolunda birleşir.



SİNGLE MOD-MULTİ MOD KARŞILAŞTIRMASI

$$V = \frac{NA * \pi * d}{\lambda}$$

Burda;

V= mod sayısı

NA:Nümerik açıklık

d=Nüve çapı (metre)

λ =Dalga uzunluğu (metre)

Eğer $V \leq 2,4$ Tekli Mod

Eğer $V > 2,4$ Çoklu Mod

ÖRNEK:

Örnek:

$n_1 = 1,45$, $n_2 = 1,43$

$d = 3\mu\text{m}$ $\lambda = 1\mu\text{m}$ verildiğine göre V=mod sayısını belirleyiniz

NA=0,24

$$V = \frac{NA * \pi * d}{\lambda} = \frac{0,24 * 3,14 * 3}{1} = 2,26$$

V '2,4 den küçük çıktığı için tekli moddur

ÖRNEK:

$n_1 = 1,45$, $n_2 = 1,43$

$d = 5\mu\text{m}$ $\lambda = 1\mu\text{m}$ verildiğine göre V=mod sayısını belirleyiniz

$$V = \frac{NA * \pi * d}{\lambda} = \frac{0,24 * 3,14 * 5}{1} = 3,768$$

V '2,4 den büyük çıktığı için çoklu moddur