



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

UZAK İLETİŞİM AĞI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

CİHAN EKEBAŞ

Şubat 2015



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

UZAK İLETİŞİM AĞI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

CİHAN EKEBAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Bekir Sami TEZEKİCİ

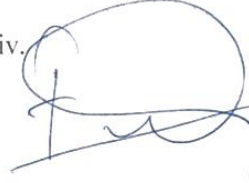
Şubat 2015

Cihan EKEBAŞ tarafından Yrd. Doç. Dr. Bekir Sami TEZEKİCİ danışmanlığında hazırlanan “**Uzak İletişim Ağı Teknolojilerinin Karşılaştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Nurettin ACIR, Bursa Teknik Üniv.



Üye : Yrd. Doç. Dr. Fuat KARAKAYA, Niğde Üniv.



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bekir Sami TEZEKİCİ, Niğde Üniv.



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

CİHAN EKEBAŞ

ÖZET

UZAK İLETİŞİM AĞI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

EKEBAŞ, Cihan

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Bekir Sami TEZEKİCİ

Şubat 2015, 135 sayfa

Bu tez çalışmasında, telekomünikasyon sistemleri unsurlarından uzak ara iletim sistemleri öncelikli olarak, özellikleri ve network ağı içerisindeki görevleri açıklanıp, ağ içerisinde trafik taşıma kapasiteleri, iletim mesafeleri, iletim hattı bit hata oranları, kurulum maliyetleri ve işletme kolaylıkları araştırılmış ve karşılaştırılmıştır.

Çalışmada; telekomünikasyonun tarihçesi, iletim ortamı unsurları, ve uzak ara iletim sistemlerinin taşıdığı unsurlar hakkında da bilgilendirme yapılmıştır. Sistemlere ait katalog bilgileri ve uzak iletim sistemlerine ait eğitim materyalleri kullanılmıştır, Ayrıca uzak ara iletim sistemleri kullanıcı ara yüzleri ile yönetim sistemleri üzerinden ihtiyaç duyulan bilgiler elde edilmiştir. Optik ölçüm testlerinde optik ölçü aleti JDSU MTS 5800 kullanılmış ve uzak ara iletim sistemlerinin iletim mesafeleri testleri yapılmıştır. Yatırım maliyeti hizmet sağlayıcı firmanın katalog değerlerinden faydalanarak kdv ve ötv hariç ücretleri değerlendirilmiştir.

Bu sonuçlardan hareketle hızla artan bilgi alış verişini karşılayabilmek adına istenilen iletim kapasitesine sahip, yatırım maliyeti ve ağ verimliliğini sağlayabilecek uzak ara iletişim sistemlerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Uzak ara iletişim, telekomünikasyon, transmisyon, ağ verimliliği

SUMMARY

COMPARISON OF REMOTE COMMUNICATION NETWORK TECHNOLOGY

EKEBAŞ, Cihan

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Supervisor : Assistant Professor Bekir Sami TEZEKİCİ

Şubat 2015, 135 pages

In this thesis, Telecommunication systems of the elements break away from the transmission system properties and network within the network the task described and within the network traffic carrying capacity, transmission distance, transmission line bit error rates, the cost of installation and ease of operation are investigated and compared.

In research; The history of telecommunications, transmission media elements, and by far the transmission system carries information about the elements were made. In this study, the catalog information systems and remote transmission system belonging to the training materials were used, also by far the transmission system through a user interface management system with the information needed was obtained. Optical measurement tests used in the optical measuring instrument JDSU MTS 5800 and by far the transmission system transmission distance of tests were performed. Investment cost value of the service provider utilizing the company's catalog, excluding KDV fees and excise tax was assessed

In the light of these results in order to meet the rapidly increasing information exchange with the required transmission capacity, investment costs and break away from the communications system can provide network efficiency were studied to determine.

Keywords: Search distant communication, telecommunication, transmission, network efficiency

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinin her aşamasında bana yön veren, yardım ve ilgisini yakından gördüğüm tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. B. Sami TEZEKİCİ' ye ve her şeyimi borçlu olduğum aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
FOTOĞRAF VB. MALZEMELER DİZİNİ	xvi
SİMGE VE KISALTMALAR	xvii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1. Telekomünikasyon	1
1.2. Telekomünikasyonun Tarihçesi	2
1.3- Telekomünikasyonda İletim Sistemleri Unsurları.....	5
1.4 Kalite.....	6
1.4.1 Uzak ara iletim sistemlerinde kalite	8
1.5 Band Genişliği	8
1.5.1 Ses, sesin ve datanın band genişliği	9
1.6 İletim Ortamı Çeşitleri	11
1.6.1 Kablosuz erişim.....	12
1.6.2 Bakır erişim	16
1.6.2.1 Çift bükümlü kablo.....	17
1.6.2.1.1.Korumalı çift bükümlü kablo	18
1.6.2.1.2 Korumasız çift bükümlü kablo	19
1.6.2.2 Koaksiyel kablo.....	20
1.6.3 Fiber erişim	23
1.6.3.1 Çok modlu / multi mode fiber optik kablo	25

1.6.3.2 Tek modlu / single mode fiber optik kablo	26
1.7 Haberleşmede Optik Sistemlerin Kullanım Gereksinimleri	26
1.7.1 Optik (Işıksal) iletimin tarihçesi.....	27
1.7.2 Optik (Işıksal) iletimin diğer iletim sistemleri ile karşılaştırılması.....	27
1.8 Uzak Ara İletim Sistemlerinin Taşıdığı Unsurlar	32
BÖLÜM II UZAK ARA İLETİM SİSTEMLERİ	38
2.1 Transmisyon Sistemleri Ana Unsurları.....	38
2.2 Uzak Ara İletim Sistemleri	41
2.3 PDH Sistemleri (Plesiochronous Digital Hierarchy)	42
2.3.1 PDH çerçeve yapısı	47
2.4 SDH Sistemleri (Synchronous digital hierarchy)	48
2.4.1 SDH çerçeve yapısı	49
2.4.2 SDH katmanları.....	52
2.4.3 SDH ağı	55
2.4.3.1 Uçtan uca ağı.....	56
2.4.3.2 Yıldız ağı	56
2.4.3.3 Ağaç ağı.....	57
2.4.3.4 Halka ağı.....	57
2.4.3.5 Örgü (Mesh) ağı	57
2.4.3.6 Diğer olası ağı kombinasyonları.....	58
2.4.4. SDH yönetimi.....	59
2.4.5 SDH koruma yapısı	60
2.4.5.1 SDH koruma türleri	61
2.4.5.1.1 Hat koruması	62
2.4.5.1.2 Halka koruma	64
2.4.5.1.3 Düğüm koruma.....	68
2.5 WDM Sistemleri (Wavelength Division Multiplexing)	69

2.5.1 WDM sistem yapısı.....	73
2.5.2 WDM uygulama modları	74
2.5.3 WDM sistemi ana teknolojileri	75
2.5.3.1 Optik kaynak gereksinimleri	75
2.5.3.2 Optik yükselteçler	76
2.5.3.2.1 Erbium katkılı fiber yükselteci	76
2.5.3.2.2 Raman fiber yükselteci.....	77
2.5.3.3 Denetim teknolojileri.....	77
2.5.3.4 Optik multiplexer ve demultiplexer	77
BÖLÜM III UZAK İLETİŞİM AĞI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	79
3.1 Uzak Ara İletim Sistemleri Performans Kriterleri	79
3.2 Trafik Taşıma Kapasiteleri	80
3.2.1 PDH trafik taşıma kapasitesi	80
3.2.2 SDH trafik taşıma kapasitesi	82
3.2.3 DWDM trafik taşıma kapasitesi	83
3.3.İletim Mesafeleri.....	84
3.3.1 PDH iletim mesafesi	84
3.3.2 SDH iletim mesafesi	86
3.3.3 DWDM iletim mesafesi	94
3.4 Bit Hata Oranları.....	95
3.5 Kurulum Maliyetleri ve İşletme Kolaylıkları	97
3.5.1 Kurulum maliyetleri	97
3.5.2 İşletme kolaylıkları.....	98
3.5.2.1 Yönetilebilirlik	98
3.5.2.2 Trafik koruma.....	101
3.6 Uzak İletişim Ağı Teknolojilerinin Karşılaştırılması	101
BÖLÜM IV SONUÇLAR	106

KAYNAKLAR	111
ÖZGEÇMİŞ	116

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Bilgi band genişliği ilişkisi	10
Çizelge 1.2 İletim ortamlarının taşıyabilecekleri bant genişlikleri.....	22
Çizelge 1.3 F/O Kablo çap değerleri	25
Çizelge 2.1 Çoklayıcı sistemlerin kapasite mertebeleri (a) - (b)	54
Çizelge 2.2 Dalga boyu renk ilişkisi	72
Çizelge 2.3 Modülatör karşılaştırılması.....	76
Çizelge 3.1 PDH sistem seviye isimleri.....	81
Çizelge 3.2 SDH trafik taşıma kapasiteleri.....	82
Çizelge 3.3 DWDM trafik taşıma kapasitesi	83
Çizelge 3.4 OLTS birimi optik seviyeler.....	84
Çizelge 3.5 Transmisyon mertebesine göre PDH iletim mesafesi.....	86
Çizelge 3.6 STM- 1 ölçümü sorunsuz değerleri	87
Çizelge 3.7 STM- 1 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye.....	87
Çizelge 3.8 STM- 1 mertebesinde iletişim kopuk	88
Çizelge 3.9 STM- 4 ölçümü sorunsuz değerleri örneği	88
Çizelge 3.10 STM- 4 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye.....	89
Çizelge 3.11 STM- 16 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye.....	89
Çizelge 3.12 STM- 64 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye.....	90
Çizelge 3.13 Yön kartları optik çıkış güç değerleri (dB).....	91
Çizelge 3.14 Transmisyon mertebesine göre maksimum ve minimum optik çıkış gücü	92
Çizelge 3.15 Transmisyon mertebesine göre minimum optik kabul gücü (dB)	92
Çizelge 3.16 Transmisyon mertebesine göre SDH iletim mesafesi grafiği.....	93
Çizelge 3.17 Transmisyon mertebesine göre SDH iletim mesafesi.....	93
Çizelge 3.18 SDH teçhizatları temel özellikleri	97

Çizelge 3.19 SDH teçhizat ücretleri	98
Çizelge 3.20 DWDM teçhizatları temel özellikleri	98
Çizelge 3.21 Uzak ara iletişim sistemlerinin trafik taşıma kapasiteleri.....	102
Çizelge 3.22 Uzak ara iletişim sistemlerinin iletim mesafeleri	103
Çizelge 4.1 Uzak ara iletişim sistemleri PDH,SDH,DWDM karşılaştırması.....	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Telekomünikasyon sistemleri unsurları	6
Şekil 1.2 Kalite yönetimi sistemi	7
Şekil 1.3 İnsan sesi.....	9
Şekil 1.4 Konuşma sinyali	10
Şekil 1.5 Konuşma frekans bandı	10
Şekil 1.6 Telefon devresinde taşınan sinyallerin band genişlikleri	11
Şekil 1.7 İletim ortamı teknikleri	12
Şekil 1.8 R/L optik görüş var (a), R/L optik görüş yok (b)	13
Şekil 1.9 Anten kapsama alanları	13
Şekil 1.10 R/L repeatör yapısı	14
Şekil 1.11 R/L GSM mimarisi	15
Şekil 1.12 Uydu yayıncılığı	16
Şekil 1.13 Bakır erişim	16
Şekil 1.14 Çift bükümlü kablo.....	18
Şekil 1.15 UTP CAT5 kablo.....	20
Şekil 1.16 Koaksiyel kablo	21
Şekil 1.17 F/O kablo yapısı.....	23
Şekil 1.18 Basamak indisli çok modlu fiber optik kablo.....	25
Şekil 1.19 Dereceli indisli çok modlu Fiber optik kablo	26
Şekil 1.20 Tek modlu (Single mode) / basamak indisli fiber optik kablo	26
Şekil 1.21 Band genişliği x uzaklık çarpanı	28
Şekil 1.22 Optik pencereler	29
Şekil 2.1 Telekomünikasyon sistemleri örnek blok şeması	38
Şekil 2.2 Transmisyon unsurları	38

Şekil 2.3 Bilgi işaretinin modülasyonu.....	40
Şekil 2.4 Telekomünikasyon ağı.....	41
Şekil 2.5 Darbe kod modülasyonu.....	42
Şekil 2.6 PCM aşamaları	44
Şekil 2.7 Örnek darbe	44
Şekil 2.8 a) Birinci mertebe PCM sistemi b) PCM PDH çoğullama hiyerarşisi	46
Şekil 2.9 PCM PDH çoğullama hiyerarşisi	46
Şekil 2.10 Çoklu çerçeve yapısı.....	47
Şekil 2.11 STM-N çoklama Yapısı	49
Şekil 2.12 Sanal taşıyıcı yapısı	50
Şekil 2.13 Tributary unit group tu (a) - tug (b).....	51
Şekil 2.14 SDH çerçeve yapısı	51
Şekil 2.15 SDH transmisyon katmanı.....	52
Şekil 2.16 SDH uç noktası.....	52
Şekil. 2.17 SDH düğüm (Bir çoklayıcı).....	53
Şekil 2.18 SDH düğüm (Çeşitli çoklama)	53
Şekil 2.19 ADM toplama çıkarma merkezi	54
Şekil 2.20 SDH yenileyici veya tekrarlayıcı merkez.....	55
Şekil 2.21 SDH topolojisi	55
Şekil 2.22 SDH topolojileri	56
Şekil 2.23 Tümlşik SDH şebeke topolojisi	58
Şekil 2.24 SDH taşıma yapısı	59
Şekil 2.25 SDH şebekesinde yönetim.....	60
Şekil 2.26 Hat koruması.....	62
Şekil 2.27 1+1 Koruma.....	63
Şekil 2.28 SDH M:N koruma	63
Şekil 2.29 2 Fiber çift yönlü MSP koruma	65

Şekil 2.30 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımlı koruma halkası.....	66
Şekil 2.31 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımlı koruma halkası (Trafik akışı-a)	67
Şekil 2.32 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımlı koruma halkası (Trafik akışı-b)	67
Şekil.2.33 SNCP halka.....	68
Şekil 2.34 Işığın dalga boyları	70
Şekil 2.35 WDM ilişkileri.....	71
Şekil 2.36 WDM yapısı	71
Şekil 2.37 WDM farklı dalga boylarının taşınması	72
Şekil 2.38 WDM fiber çoğullaması	73
Şekil: 2.39 DWDM sistem yapısı	73
Şekil 2.40 Dört kanal yükselteçli WDM sistemi	74
Şekil 2.41 Optik multiplexer ve demultiplexer.....	77
Şekil 3.1 Dünyada kullanılan PCM PDH çoğullama mertebeleri	81
Şekil 3.2 DWDM trafik akış diyagramı	83
Şekil 3.3 Huawei 8800 DWDM hat elemanları şeması	94
Şekil 3.4 Ölçüm yapılan DWDM linki	94
Şekil 3.5 DWDM alışı optik güç ölçüm değerleri	95
Şekil 3.6 DWDM çıkışı optik güç ölçüm değerleri	95
Şekil 3.7 Netaş SDH yönetim programı EC-1 şebeke elemanı erişim penceresi	99
Şekil 3.8 Huawei SDH ve DWDM yönetim programı U2000 pencere görünümü	100
Şekil 3.9 Netaş SDH yönetim programı EC-1 bağlantı yöneticisi	100

FOTOĞRAF VB. MALZEMELER DİZİNİ

Fotoğraf 1.1 Radio link sistemleri	14
Fotoğraf 1.2 STP CAT7 kablo.....	19
Fotoğraf 1.3 Koaksiyel kablo.....	21
Fotoğraf 1.4 Fiber optik kablo	24

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

μ	Mikron
k	Kilo
m	Mili
M	Mega
G	Giga
Km	Kilo Metre
λ	Lamda Dalga boyu
f	Frekans
dB	Desibel

Açıklama

Kısaltmalar

AB	Avrupa birliği
ADM	Ekle çıkart çoğullayıcı
ADSL	Simetrik olmayan sayısal abone hattı
APS	Otomatik koruma anahtarlaması
ATM	Eşzamansız Aktarım Modu
AT&T	Amerikan telefon ve telgraf şirketi
AU	Üst yönetim birimi
BER	Bit Hata Oranı
BPS	Saniyedeki bit sayısı
BSC	Baz istasyonu denetçisi
BTS	Baz istasyonu
C	Taşıyıcı
CATV	Kablolu TV
CCITT	Uluslararası Telgraf ve Telefon Danışma Komitesi
CLIP	Kullanıcı hat kimlik sunumu
CLIR	Kullanıcı hat kimlik kısıtlaması

Açıklama

DWDM	Yoğun dalga boyu bölmeli çoğullama
EA	Elektronik soğurma modülatörü
EDF	Erbiumdoped fiber
EDGE	GSM teknolojisi için gelişmiş teknoloji hızı
EMOS	Enerji piyasası gözlem sistemi
FIU	DWDM yön kartı
FO	Fiber optik
FTA	Fiber toplama anahtarı
FTTH	Eve kadar fiber
FTTN	Mahalleye kadar fiber
FTTX	x'e kadar fiber
Gbps	Saniyedeki gigabitsayısı
GI	Derece indisli
GPON	Gıgabitpasif optik ağ
GPRS	Kablosuz mobil konumlandırma sistemi
GPS	Global konumlandırma sistemi
G.SHDSL	Simetrik Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı
GSM	Mobil İletişim İçin Küresel Sistem
HZ	Hertz
İLSİS	İl ve İlçe Milli Eğitim Müdürlükleri Yönetim Bilgi Sistem
İTU	Uluslar arası iletişim standarttı
KAFOS	Karadeniz Fiber Optik Sistemi
KÇF	Küçük Çaplı Fiber
KDV	Katma Değer Vergisi
KİT	Kamu İktisadi Teşebbüsü
KKF	Kullanıcıya Kadar Fiber
KTA	Kat toplama anahtarı
KTS	Kablosuz Telefon Sistemi
MEDTÜRK	Denizaltı Fiber Optik Kablo Sistemi
MERNİS	Merkezî Nüfus İdare Sistemi
MPLS	Çoklu protokol etiket anahtarlaması
MSAN	Çoklu Servis Erişim Düğümü
MSC	Mobil anahtarlama merkezi
MSP	Çoklayıcı Bölmeli Koruma

MUX	Çoğullayıcı
NE	Ağ elemanı
OA	Optik yükseltici
OLTS	Optik Hat Teçhizatı
OM	Optik çoğullayıcı
ONU	Optik ağ ünitesi
OSC	Denetim kanalları
OSI	Açık sistemler bağlantısı
OTU	Optik transfer ünitesi
ÖİV	Özel İletişim Vergisi
PABX	Özel otomatik santral
PAM	Darbe genlik modülasyonu
PCM	Darbe kod modülasyonu
PDH	Eş zamanlı olmayansayısalHiyerarşi
PP	Yol koruması
PSTN	Anahtarlama telefon hattı
RL	Radyo Hattı
SCADA	Denetleme Kontrol ve Veri Toplama
SDH	Eşzamanlı Sayısal Hiyerarşi
SFP	Küçük optik-elektriksel faktörlü soket
SM	Tek Modlu
SNCP	Alt-ağ bağlantısı koruması
SONET	Eşzamanlı Optik Ağ
STP	Korumalı çift bükümlü
TBL	Transbalkan Linki Karasal Fiber Optik Sistemi
TDM	Zaman bölmeli çoklama
TP	Çift bükümlü
TU	Tributary birimi
TUG	Tributary grubu
TURCYOS	Türkiye-Kuzey Kıbrıs Denizaltı Fiber Optik Kablosu
TURMEOS	Türkiye Marmara Ege Optik Sistemi
TURNET	Türkiye Ulusal İnternet Altyapı Ağı
TURPAK	Türkiye Paket Anahtarlama Data Şebekesi
ULAKNET	Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi

Um MS	Mobil istasyon
UMTH	Uzak Mesafe Telefon Haberleşmesi
UTP	Korumasız çift bükümlü kablo
VAD	Fiber üretim tekniği
VC	Sanal taşıyıcı
VDSL	Yüksek bit oranlı sayısal abone hattı
XCS	DWDM çapraz bağlantı kartı
WAN	Geniş alan ağı
WiMAX	Mikrodalga Erişim için Dünya Çapında Birliktelik
WTR	Bekle-yeniden kur

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bilgi çağını yaşadığımız bu dönemde, ihtiyaç duyulan bilgi dünyanın her neresinde olursa olsun; ulaşmak / ulaştırmak büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple Telekomünikasyon endüstrisi bilgi çağına yön veren öncülerdendir. Telekomünikasyon Ses, Yazı, Resim, Görüntü ve benzeri her türlü bilginin bakır tel, radyo, optik veya başka elektro manyetik sistemlerle iletilmesi yayımı veya alımı olarak tanımlanabilir (Koyuncu, 2009). Bakır kablo üzerinden ses iletimi ile başlayan teknoloji, bugün yüksek hızlarda data trafiğinin yönetildiği Network ağlarını dönüşmüş ve bu ağlar üzerinde uzak noktalara data alış verişi sağlanmıştır. Hızla artan bilgi alış verişini karşılayabilmek adına yüksek kapasiteye sahip, daha ucuz, arıza ve yönetilebilir yönüyle daha verimli uzak ara iletişim teknolojileri geliştirilmiştir.

Bu bölüm içerisinde telekomünikasyonun tanımı incelenip tarihsel gelişimine bakılmıştır Telekomünikasyon ağı içerisinde yer alan iletim sistemleri incelenmiş ve iletim ortamı çeşitleri açıklanmıştır. İletişimin kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan band genişliği ile beraber iletim sistemlerinde taşınan bilgilerin band genişlikleri de incelenmiştir.

1.1 Telekomünikasyon

Tele+Communication kelimelerinin birleşiminden ortaya çıkarak dilimize Telekomünikasyon olarak girmiş evrensel bir terimdir. Uzak ile bilgi alışverişi (Uziletişim) gibi genel bir anlamı vardır. TELE= normal duyu yoluyla algılanamayacak uzaklık, Communication= Bilgi alış-verişi (iletişim) anlamına gelmektedir. konuşma sesinin duyulmadığı ve görme sınırlarımız içinde olmayan her yer bizim için Tele demektir. Çünkü normal yollarla duyamayız ve göremeyiz. Konuşabilmek için artık Telefon'a (tele + phone) görebilmek için de televizyona (tele+vision) ihtiyacımız vardır (İçöz, 2003).

Telekomünikasyonun tarihi 15 Şubat 1880 da telefonun Alexander Graham Bell tarafından telefonun icadıyla başlar. Telefon, ilk olarak telgraf sistemine benzer iki

bağlantı üzerinden konuşulacak şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Çoğu defa bir bağlantı demir tel, diğer bağlantı toprak olduğu için yitimler fazla ve sesler karışık olarak işitiliyordu. Bakır alaşımlarının gelişmesiyle tel sayısı arttırıldı. Konuşma adetleri arttıkça hat sayısı yetmemeye başlamıştır. 1886 yılında tek devreden değişik frekanslarla ses gönderen bir aygıt (multiplex) yapıldı. Uzun hatlara konulan yükselticilerle kayıplar giderildi. Hay bağlantısında insan operatöründen uzak otomatik santrallerin kullanılmasından sonra 1960'lı yılların başında data trafiklerinin ve 1969 da internetin kullanımı ile günümüze gelinmiştir (İçöz, 2003).

1.2 Telekomünikasyonun Tarihçesi

Telekomünikasyonun Türkiye'deki tarihi 23 Ekim 1840 da Bugünkü Türk Telekom'un Postahane-i Amirane adıyla Sultan Abdülmecit tarafından başlamıştır. 9 Ağustos 1847da İlk telgraf alma-çekme işleminin başarıyla gerçekleştirilmesi üzerine ilk telgraf hattının İstanbul-Edirne arasında döşenmesine başlanmıştır. Temmuz 1881 de İstanbul Soğukçeşme' deki Posta ve Telgraf Nezareti binasıyla Yeni Cami'deki postane arasında tek telli bir telefon çekilmiştir. 3 Mayıs 1909 da İlk manuel telefon santrali, İstanbul Büyük Postane binasında 50 hatlık olarak tesis edilmiştir. 4 Şubat 1924 de 406 sayılı Telefon ve Telgraf Kanunu ile yurdun her tarafında telefon tesis etme ve işletme görevi PTT Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir. 11 Eylül 1926 da Türkiye'nin ilk otomatik telefon santrali, 2000 hatlık kapasiteyle Ankara'da hizmete verilmiştir. 1 Eylül 1929 da Tek devreli ilk şehirlerarası haberleşmesi Ankara-İstanbul arasında gerçekleştirilmiştir. 1940 da Ankara-İstanbul arasında tesis edilen 2 adet tek kanallı havai hat çoklayıcı sistemi haberleşmede eskiye göre büyük kolaylık sağlanmıştır. Kasım 1973 de İlk otomatik teleks santrali kurulmuştur. 6 Nisan 1976 da Antalya-Catania arasında toplam 480 kanallı ilk denizaltı koaksiyel kablosunun hizmete verilmesiyle, çok kanallı yurtdışı haberleşmesi sağlanmıştır(Elektrik mühendisliği, 2007).

23 Nisan 1979: İlk uydu haberleşme yer istasyonunun hizmete verilmesiyle INTELSAT üzerinden Atlantik bölgesi uyduları kullanılarak 13 ülke ile haberleşme sağlanmıştır. Mart 1982: Şehirlerarası ve milletlerarasına açık ankesörler kurulmaya başlanmıştır. 28 Haziran 1984 de Ankara, İstanbul, İzmir ve Adana illeri arasında elektronik mektup hizmeti vermeye başlanmıştır. 5 Temmuz 1984: Bir sistem üzerinden çok sayıda köyü otomatik telefon şebekesine bağlayacak multi access özel radyo link sistemi tesis

edilmiştir. 18 Aralık 1984 de Türkiye'nin ilk sayısal telefon santrali, Ankara Kavaklıdere'de hizmete verilmiştir. 10 Nisan 1985 de Haberleşmede kanal kapasitesini artıran fiber optik kablo, ilk kez Ankara(Ulus)-Gölbaşı Uydu yer merkezi arasında yeraltında döşenerek 1310 nm dalga boyunda 140 Mb/s'lik sistem hizmete verildi. Kasım 1985de İlk sayısal radyolink sistemi Ankara-İstanbul arasında hizmete verilmiştir (Elektrik mühendisliği, 2007).

23 Ekim 1986 da Mobil telefon, Ankara ve İstanbul'da çağrı cihazları da Ankara, İstanbul ve İzmir'de hizmete verildi. 4 Mart 1987de Avrupa'da ilk olarak uydu sistemi üzerinden video konferans ülkemizde gerçekleştirilmiştir. 15 Temmuz 1987 de İller arasına fiber optik kablo, ilk kez Aydın-Denizli arasında havai olarak döşendi. Aralık 1988 de İlk olarak Ankara, Çankaya'da Kablo TV hizmeti verilmiştir.1989 da ilk Paket Anahtarlama Data Şebekesi olan TURPAK kurulmuştur. Şebeke üzerinden X.25, ITI, SNA servisleri verilmeye başlanmıştır. 21 Aralık 1990 da Fransız Aerospatiale firması ile "TÜRKSAT Milli Haberleşme Uyduları" sözleşmesi imzalanmıştır. 24 Aralık 1990 da EMOS 1 (Energy market observation system) projesiyle, İtalya-Yunanistan-Türkiye-Ortadoğu arasında fiber optik denizaltı kablosu üzerinden Haberleşme sağlanmıştır. 1991 de Kırsal alan santrallerinin transmisyonunu sağlamak üzere düşük kapasiteli sayısal radyolink sistemleri servise verilmiştir. 23 Şubat 1994 de Türkiye GSM (Global System for Mobile Communications) teknolojisiyle tanıştı. Haberleşmede sınır tanımayan GSM ilk kez Ankara, İstanbul ve İzmir'deki abonelerine hizmet vermeye başladı. Nisan 1994 de Özel bir santral PABX (Private automatic branch exchange) sağladığı tüm özellikleri Ulusal Telefon Şebekemiz üzerinden sağlayan Centrex telefon hizmeti verilmeye başlanmıştır. 11 Ağustos 1994 de Türkiye'nin ilk uydusu TÜRKSAT uzaya fırlatıldı. 1994 de TURMEOS-1 ve TURCYOS verilmiştir.

24 Nisan 1995 de PTT'deki telekomünikasyon ve posta hizmetlerinin birbirinden ayrılmasıyla Türk Telekomünikasyon A.Ş. kurulmuştur. 1996 da Türkiye-İtalya-Ukrayna-Rusya'yı kapsayan ITUR Denizaltı Fiber Optik Kablo Sistemi servise verilmiştir. 1996 da Türk Telekom abonelerinin ödemelerini anlaşmalı bankalar, PTT merkezleri ve Türk Telekom tahsilat merkezlerinden, on-line olarak yapmalarına imkan sağlayan Merkezi Tahsilat Sistemi hizmete verilmiştir. 1996 de Passport modüllerinin ilavesiyle TURPAK şebekesi üzerinden yüksek hızlı veri iletimi sağlayabilen ATM (Asynchronous Transfer Mode) servisleri devreye verilmiştir. Santraller arası bir

işaretleşme sistemi olan NO 7 Türkiye'ye merhaba demiştir. 10 Temmuz 1996: Türkiye'nin ikinci uydusu TÜRKSAT 1C uzaya fırlatılmıştır. 1996 da TURNET hizmete verilmiştir. 7 Kasım 1996 da Türksat uydularını üreten Aeorspatiale ve Türk Telekom ortaklığıyla kurulan Eurasiasat'ın kuruluş anlaşması imzalanmıştır. Kasım 1996 da Yüksek hızlı veri iletimine olanak sağlayan Frame Relay hizmeti devreye sokulmuştur. 1997de Türkiye'deki tüm üniversiteleri TURPAK şebekesi üzerinden birbirine bağlayan ULAKNET projesi hayata geçirilmiştir. Nisan 1997de Ses frekans kablosu şebekesinin daha optimum bir şekilde kullanılması amacıyla sayısal hat çoklayıcı sistemlerin kullanımına başlanmıştır. 1997de KAFOS ve TBL hizmete verilmiştir. 1998 de Peşin ödemeli kart, ülkemizde Küresel Kart adıyla hizmete verilmiştir(Elektrik mühendisliği, 2007).

27 Nisan 1998 de GSM lisansı, 25 yılına Turkcell ve Telsim şirketlerine devredilmiştir. 28 Ağustos 1998 de İnternet erişimini Türkiye geneline yaymak, hızlı ve kaliteli hizmet sunabilmek amacıyla yeni adıyla TTNetwork eski adıyla TTNNet ulusal internet altyapı ağına ilişkin sözleşme imzalanmıştır. Şubat 1999 da Klasik telefon ve diğer dar bantlı servislerin verilmesi için, santralden MSAN (Multi Service Access Node) saha dolabına kadar tesis edilen Fiber Optik kablo üzerinden çalışan erişim çoklayıcı sistemlerin kullanımına başlanmıştır. Temmuz 1999 da Lokal santrala kablosuz erişim sağlayan KTS sistemleri servise vermeye başlamıştır. 2000 de Türk Telekom operatör aracılığı ile verilmekte olan 115, 121, 122, 123,126, 131, 163 v.b. hizmetleri Sesli Yanıt Sistemi üzerinden vermeye başlanmıştır. 2000 de Kablo TV üzerinden Kablo İnternet uygulamaları başlatılmıştır. 29 Ocak 2000 de Türk Telekom, 23948 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 4502 sayılı Kanun ile KİT statüsünden çıkarılarak özel hukuk hükümlerine tabi anonim şirket olmuştur.

11 Ocak 2001 de Türk Telekom ve Alcatel ortaklığı ile kurulan EURASIASAT şirketi tarafından yaptırılan TÜRKSAT 2A uydusu Güney Amerika'daki Kourou Üssü'nden uzaya fırlatılmıştır. Mayıs 2001 de Sabit telefonlardan CLIP (Arayan Numaranın Görülmesi) ve CLIR (Arayan Numaranın Görülmemesi) özelliği hizmete verilmiştir. Haziran 2001 de İl Milli Eğitim Müdürlüklerinin çalışmalarının bilgisayar ortamında yapılması ve İnternet erişimlerinin sağlanması için İLSİS (İl ve İlçe Milli Eğitim Müdürlükleri Yönetim Bilgi Sistem) Projesi hayata geçirilmiştir. Mart 2002: de Altyapısı Türk Telekom'ca sağlanan nüfus işlemlerinin bilgisayar ortamında yapılması

için oluşturulan MERNİS Projesi uygulamaya konmuştur. Nisan 2003 de SDH tabanlı sayısal radyo istemleri servise verilmeye başlanmıştır. Ekim 2003 de deneme amaçlı ilk Metro Ethernet uygulamalarına başlanmıştır. 17 Mayıs 2004 Telekomünikasyon Kurumu tarafından UMTH'ye yönelik 2. tip telekomünikasyon lisansları verilmeye başlanmıştır. 18 Mayıs 2004 de İstanbul Türkiye ve Katanya (İtalya) arasındaki MEDTRK hizmete verilmiştir. 2004 de Bilinmeyen Numaralar Hizmetinin yanı sıra Danışma ve Katma Değerli Hizmetlerin verilmesi planlanan Operatörlü ağrı Merkezi hizmete sunulmuştur(Elektrik mühendisliği, 2007).

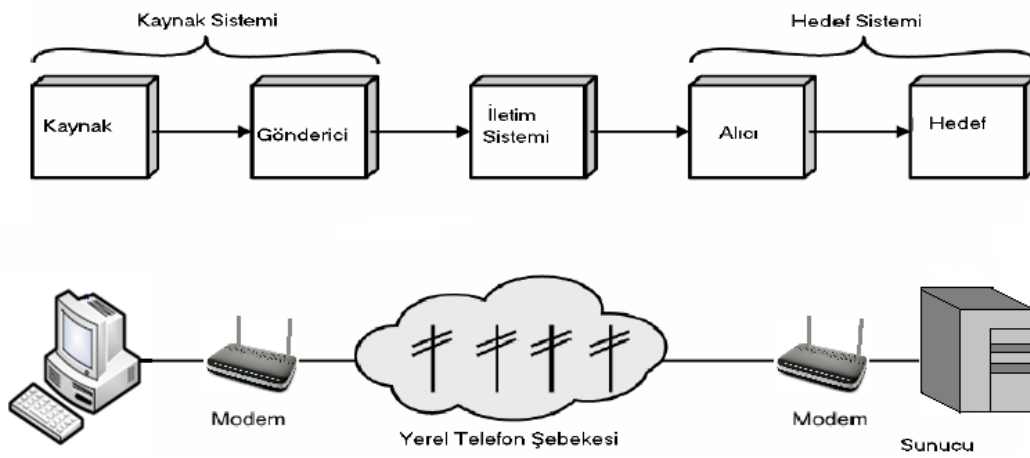
22 Temmuz 2004: Türksat Uydu Haberleşme ve İşletme Anonim şirketi (Türksat A.ř.) kurulmuştur. Türk Telekom'dan ayrı bir şirket olarak faaliyetine başlanmıştır. 2004 de Kamu ve özel kuruluşların İnternet Veri Merkezi ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, Web Hosting, Mail Hosting ve Co-location gibi katma değerli IDC hizmetlerinin verilebileceği TTIDC kurulmuştur. 2004 Resmi kurum ve kuruluşlar ile kurumsal müşterilerin yurt çapındaki birimlerinin noktadan noktaya data transferlerini sağlamak için noktadan noktaya DSL hizmetleri verilmeye başlanmıştır. 2004 de TURPAK şebekesinden yüksek hızlı Frame Relay ve ATM hizmetleri tüm illerde verilir hale getirilmiştir. şubat 2005 de TTwinet-Kablosuz İnternet Servisi hotspot olarak isimlendirilen (oteller, havaalanları, alışveriş merkezleri, kafeler, restoranlar, fuar merkezleri, niversiteler v.b.) 160 yerde hizmete verilmiştir (Elektrik mühendisliği, 2007).

Günümüzde Adsl – Vdsl – G.Shdsl – Wimax – GSM – Mpls – Atm – Metro İnternet – Metro Ethernet – Gpon – Aktif Ethernet – Msan – Ftth – Fttx vb. rnler ile geniş trafik bantları ile iletişim gerçekleştirilmektedir.

1.3 Telekomünikasyonda İletim Sistemleri Unsurları

Telekomünikasyon sistemleri iletilmek istenilen bilgiyi bir noktadan alarak iletilmek istenilen noktaya taşıyabilmek için Verici-Alıcı-İletim ortamı olmak üzere üç ana unsurdan oluşmaktadır. İletilmek istenilen bilginin iletilmek istenilen alıcı noktaya taşınmasında duyu organlarının yetersiz kalması sebebiyle iletim sistemleri devreye girmiş ve iletilmek istenilen bilginin çeşitliliği ve kapasitesi her geçen gün daha da artması sebebiyle iletim sistemleri unsurları hızla gelişmiştir.

İletilmek istenilen bilgi daha uzak mesafelere taşınması için iletim sistemleri unsurları kullanılmış ve iletmek istenilen bilgi iletim sistemlerinin taşıyabileceği şekle dönüştürülmüştür. Alıcı noktada iletim sisteminin taşıdığı bilgi tekrar alıcının anlayabileceği şekle dönüştürmüştür. Alıcı nokta çok daha uzak mesafelerde ise birden fazla iletim sistemi devreye girmekte ve bu iletim sistemleri arasında ki geçişlerde bilgi taşıyıcı unsurların bilgiyi taşıyabildiği şekilde bilgi sürekli değişime uğramıştır. Şekil 1.1 de İletim ortamı içerisinde yer alan Telekomünikasyon sistemleri unsurları belirtilmiştir.



Şekil 1.1 Telekomünikasyon sistemleri unsurları

Kaynak Sistemi: İletilmek istenilen bilginin hedef sisteme iletmek üzere üretildiği kaynak ve göndericiden oluşan sistemdir.

Kaynak: Bilginin iletilebilir şeklinin üretildiği yerdir.

Gönderici: kaynaktan gelen bilginin iletim ortamına uyumlu bir şekilde gönderilmesini sağlayan sistemdir.

İletim sistemi: Kaynak ve hedef sistemleri arasında bilgi iletişimini sağlayan taşıyıcı unsurlardır.

Hedef sistemi: Bilginin değerlendirileceği ve ulaşmak istediği son noktadır.

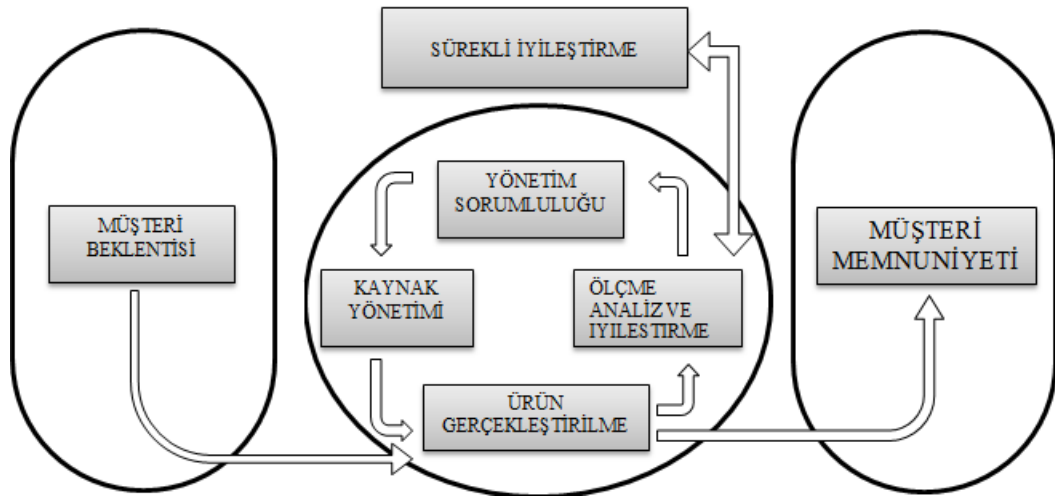
1.4 Kalite

Bir ürününü iyi veya kötü olma özelliğidir. Ürüne değer verdiren ona ait özelliklerin hepsine kalite denir. Burada esas olan, herhangi bir bakımdan, üstünlük ve eksiklikler. Başka bir deyişle, bir ürün veya hizmetin, belirli ihtiyacı karşılayabilme kabiliyetini

ortaya koyan özelliklerin hepsidir. Sanayi içindeki manası ise bir firmanın ürettiği ürünü, aynı gaye ile ürettiği benzer olanlardan veya başka firmalarca üretilenlerden ayıran özelliklerin toplamıdır. Kalite genel anlamıyla, ürün ya da hizmetin, beklenen ihtiyaçları karşılayabilme derecesi olarak ifade edilebilir.

Üreticinin kalitede aradığı özellikler çeşitli proje çalışmaları yapılarak belirlenir. Bununla paralel ihtiyaç duyulan ürün üretme teknikleri belirlenir. Böylece kaliteli ürün üretimi için ihtiyaç olan tedbirler önceden alınabilir. Bazı ürünlerin kalite durumları milli veya milletlerarası standartlara göre belirlenir. Bunlara uyulması gerekir. Telekomünikasyon sistemlerinde bu standartlara uyulmadığı zaman sistemler arası senkronizasyonsuzluğa ve entegrasyon sıkıntısına sebebiyet verecektir.

Bazen daha fazla masrafla bir ürünü daha kaliteli yapmak mümkün olmayabilir. Önemli olan hem kalite hem de alım gücünün beraberce düşünülmesidir. Bu bakımdan herkes tarafından benimsenecek mutlak kaliteden söz edilemez. Şekil 1.2 de müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için uygulanabilecek kalite yönetim sistemi yapıları belirtilmiştir (Ardıç ve Baş, 2000).



Şekil 1.2 Kalite yönetimi sistemi (Ardıç ve Baş, 2000)

1.4.1 Uzak ara iletim sistemlerinde kalite

Dünyanın gelişmiş teknolojilerinde geniş bant hizmetlerin yaygın şekilde kullanıldığı görülmektedir. AB 25 ülkelerinin ortalamasına bakıldığında internete bağlanan toplam hane halkının %35'i geniş bant servisi kullanmaktadır (Çağlayan ve Bener, 2006). Geniş bant servisi kullananlar gün geçtikçe daha hızlı servis talep etmektedirler ve geniş bant hizmetlerinin fiyatı da giderek düşmektedir. Fiyatların düşmesi, yaygın kullanımının artmasına sebep olmakta ve artan kullanıcı oranı ve gelişen yeni hizmetler Network ağının kapasite yoğunluğunu ve ağın genişliğini artırmıştır.

Bu doğrultuda Network ağının yapısını oluşturan uzak ara iletişim sistemlerinin rekabetçi bir yapı içerisinde, ucuza, kaliteli ve yaygın olarak sunulması sağlanmalıdır. Hizmeti verilen geniş band ürünlerinin Network ağında iletimini sağlayabilecek geniş band genişliği kapasitesine sahip, uluslar arası iletişim standartlarına (ITU- İternational Telegraph Union) uygun ve geleceğe yönelik network ağının genişlemesine imkan tanıyan, yönetimi karmaşık olmayıp, kolay yapılabilen teknolojilere ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, yüksek band genişlemesine imkan tanıyan iletim sistemlerinin port ara yüzlerinin bakır kablo network ağından Fiber Optik kablo ağına dönüşümü de iletimin alt yapı maliyetini düşürmüştür. Bu hususlar birleşince iletim sistemlerinde beklenen kalite değerlerini belirlemektedir.

Sayısal iletişim ekipmanlarının fiziksel katmanındaki hata performansı, iletim kalitesini belirleme konusunda önemli bir etkidir. Hata performansı sayısal ağlarda iletim kalitesinin kritik bileşenlerinden birisi olduğu için, ITU hata performans parametre ve hedeflerini belirlemek için G.826 standardını yayınlamıştır. G.826 2Mb/s ve üzerindeki sayısal ortamlarda hata performans parametrelerini ve hedeflerini belirten bir tavsiyedir (Alpert, 2006).

1.5 Band Genişliği (Band Width)

Bant genişliği, bir iletim ortamının ya da haberleşme kanalının kapasitesini ifade etmek için kullanılmaktadır. Bir kanal üzerinde taşınabilecek en fazla frekansa sahip sinyal, kanalın band genişliğini oluşturmaktadır. Bir bilgi elektriksel sinyale dönüştürüldüğünde elde edilen bu sinyal sonsuz değişik frekans bileşeninden oluşmakta

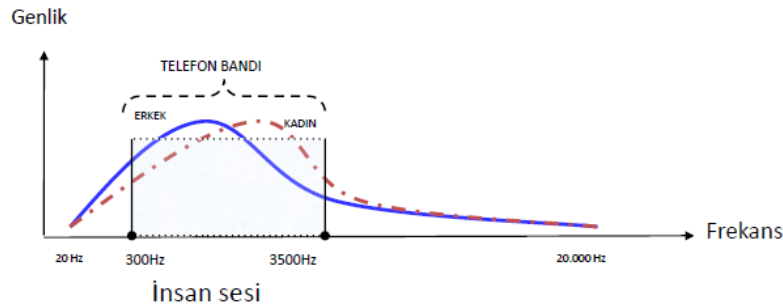
ve bu frekans ekseninde kapladığı alana o bilginin “band genişliği” denmektedir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Bant_genişliği, 29 Ekim 2014).

Başka bir değişle band genişliği; sinyalin en yüksek ve en düşük frekans bileşenleri arasındaki fark olarak da tanımlanmaktadır. Bant genişliği ne kadar büyükse, belli bir süre içinde aktarılabilecek verinin hacmi de o kadar büyük olmaktadır. Bilgisayar bilimlerinde; bant genişliği veya dijital bant genişliği kullanılan veya kullanılabilen veri iletişim kaynaklarındaki veri oranının bit/saniye cinsinden ölçülmesine denmektedir.

Haberleşme kanalının kapasitesi, analog sinyal kullanılıyorsa Hertz(Hz), sayısal sinyal kullanılıyorsa bps (bit per second) ile ifade edilir. Ayrıca veri aktarımı, dijital haberleşme ve kablosuz haberleşme, elektronik vs. kitaplarında bant genişliği analog sinyalin hertz cinsinden ölçümüne de denmektedir. Genellikle en yüksek frekanslı bileşenin değeriyle ifade edilmektedir.

1.5.1 Ses, sesin ve datanın bant genişliği

Ses: Hava moleküllerinde oluşan titreşimlerin insan kulağına yapmış olduğu etkiye SES denilmektedir. İnsan kulağı yaradılışı gereği 20-20.000 Hz arasındaki titreşimleri duyabilmektedir. Yani insanlar için sesin bant genişliği 20.000Hz olarak kabul edilmektedir(Azaklı, 2011). İletim hatlarındaki insan sesinin genlik frekans ilişkisi Şekil 1.3 de Konuşma frekans band genişliği Şekil 1.5 de ve konuşma sinyali Şekil 1.4 de gösterilmiştir.



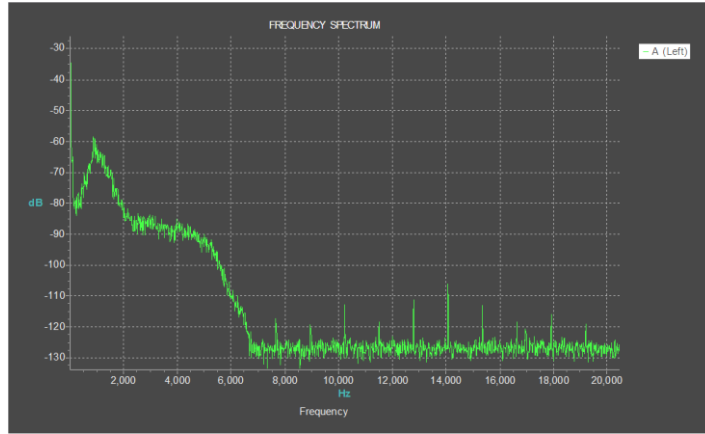
Şekil 1.3 İnsan sesi (Azaklı, 2011)

Ses için kabul edilmiş uluslararası iletim standardının 300-3400 Hz arasında olması ve örnekleme frekansı en yüksek frekansın iki katı 8 kHz olması gerekmektedir (Ronayne,

1997). İletim hatlarındaki sesin band genişlikleri aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 1.4 Konuşma sinyali(Azaklı, 2011)



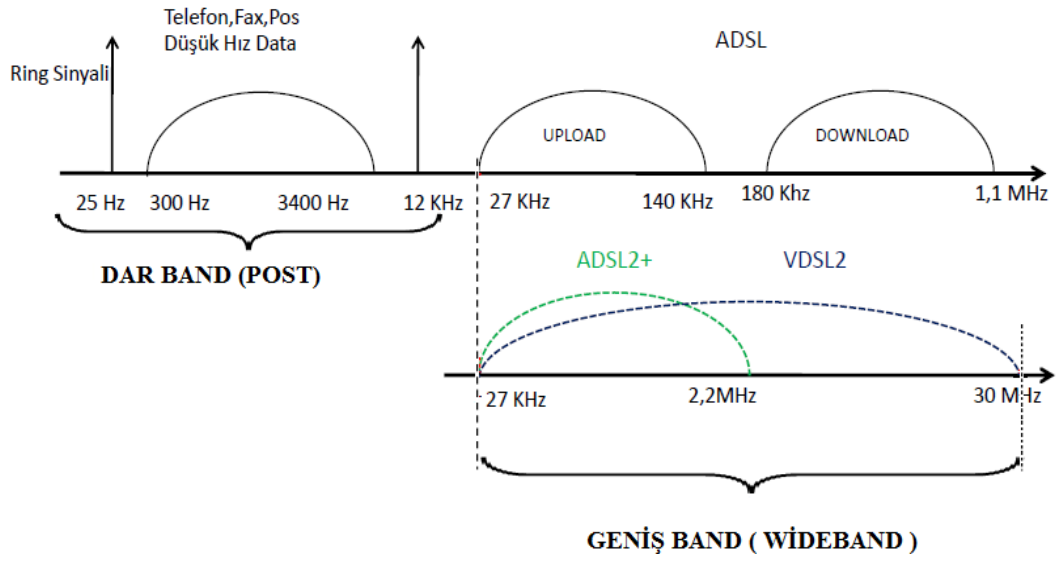
Şekil 1.5 Konuşma frekans bandı(Azaklı, 2011)

Çizelge 1.1 de iletim ortamında taşınan bilgilerin ihtiyaç duyduğu band genişlikleri verilmiştir(Azaklı, 2011).

Çizelge 1.1 Bilgi band genişliği ilişkisi (Azaklı 2011)

BİLGİ	BAND GENİŞLİĞİ
Ses (konuşma+müzik)	20 kHz (200.000 Hz)
Konuşma (telefon)	4 kHz (4000 Hz)
Radyo AM	10 kHz (10.000 Hz)
Radio FM	15-25 kHz
TV (ses+harekeli görüntü)	6,5 MHz (6.500.000 Hz)
İnternet TV (normal kalite)	3 Mbps
HDTV (yüksek kaliteli tv)	12 Mbps

Telefon devresinde taşınan PSTN, Fax, Pos cihazları gibi düşük hızlı data bilgileri ve ADSL, ADSL2+ ve VDSL2 hizmetlerine ait band genişlikleri Şekil 1.6 da sunulmuştur.



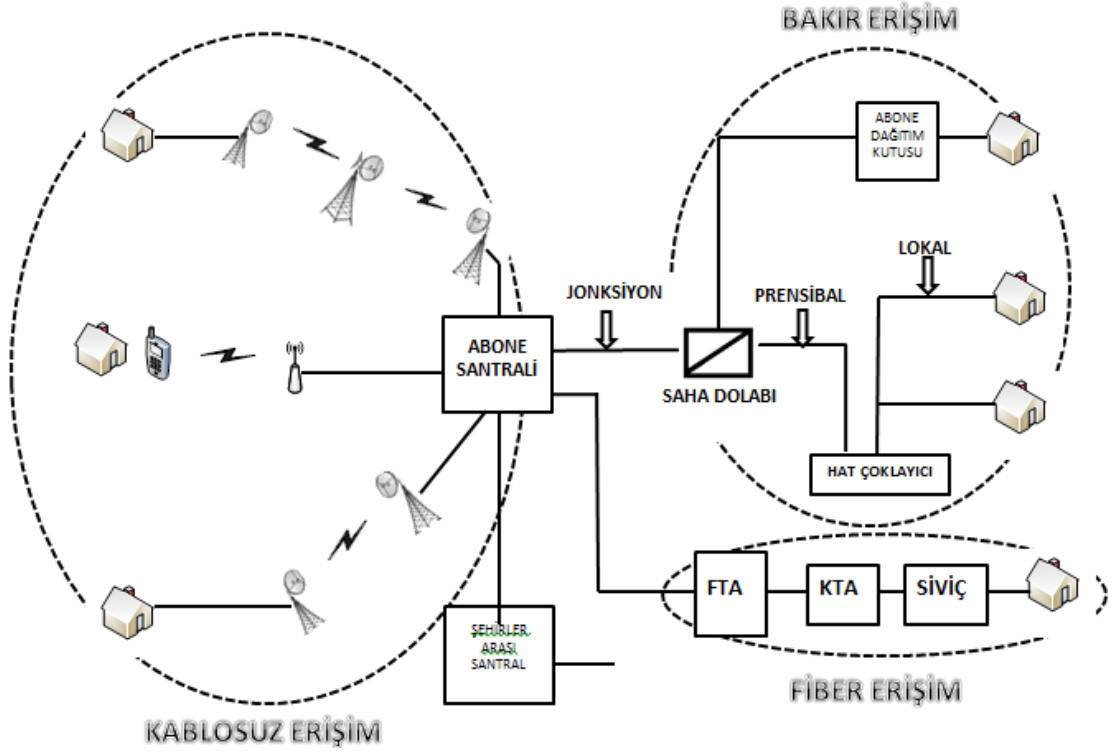
Şekil 1.6 Telefon devresinde taşınan sinyallerin band genişlikleri (Azaklı, 2011)

1.6 İletim Ortamı Çeşitleri

Günümüzde iletim ortamlarının birçok çeşitleri kullanılmaktadır. Bu iletim ortamları; kablosuz, bakır ve fiber erişim sistemlerinde kullanılmaktadır. İletim ortamı çeşitleri aşağıda maddelerde belirtilmiştir.

- 1- Kablosuz erişim
- 2- Bakır erişim
- 3- Fiber erişim

İletim ortamında kablosuz bakır ve fiber teknikleri kullanılarak iletilmek istenen bilgi kaynaktan hedefe ulaşarak haberleşme tamamlanır. Erişim tekniklerinin kablosuz, fiber ve bakır ağdaki yapıları Şekil 1.7 deki gibidir.



Şekil 1.7 İletim ortamı teknikleri

1.6.1 Kablosuz erişim

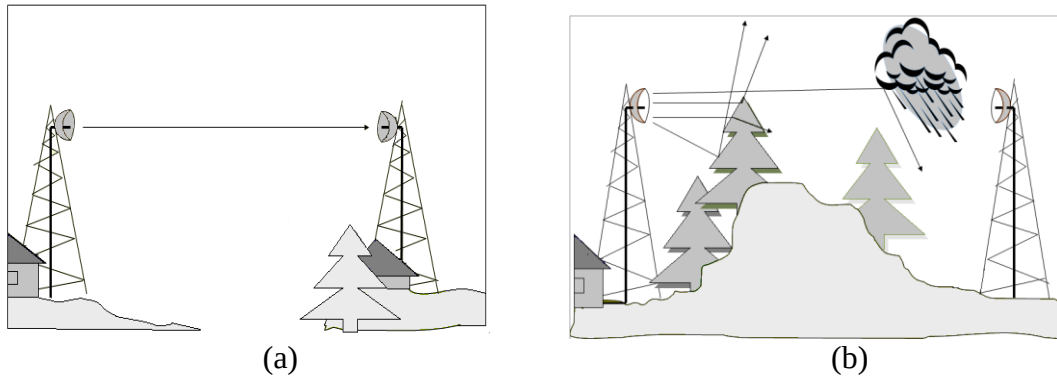
Herhangi bir kablolu iletken olmadan iki veya daha fazla nokta arasındaki bilgi aktarımıdır. Ses, görüntü, data ve benzer verilerin elektromanyetik dalgalarla havadan bir uçtan bir uca anten yardımıyla iletmektedir. Elektromanyetik dalgalar yardımı ile hava veya boşluk üzerinden haberleşme kanalı sağlayan sistemlere genel olarak Radyolink (R/L) sistemleri denilmektedir. Radyo gibi, en yaygın kablosuz iletişim teknolojileri, elektromanyetik haberleşme yöntemlerini kullanmaktadır. Radyolink sistemlerde Mikrodalga adı verilen çok yüksek frekanslı (1,7 GHz–60 GHz) taşıyıcılar kullanılmaktadır. Mikrodalga bandında yüksek güçlü vericiler kullanılmadığından yönlendirilmiş çanak antenler kullanılırlar. ([http://tr.wikipedia.org/wiki/ Kablosuz_iletişim](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kablosuz_iletişim), 25 Eylül 2014).

Radyo dalgaları ile kablosuz iletişimde mesafeleri, birkaç metre, ya da derin uzay haberleşmesi için binlerce hatta milyonlarca kilometre olabilmektedir. Telsizler, cep telefonları, kablosuz sabit telefonlar, cep bilgisayarları, kablosuz ağlar, GPS (Global Positioning System) birimleri, kablosuz bilgisayar fareleri, tuş takımları ve kulaklıklar ve dijital uydular radyo dalgaları ile çalışan uygulamalara örnektir. Kablosuz iletişim

sağlayan daha az yaygın diğer yöntemler ise elektrik alanı, ışık, manyetik ve seslerin kullanılmasıdır ([http://tr.wikipedia.org/wiki/ Kablosuz_ iletişim](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kablosuz_iletişim), 25 Eylül 2014).

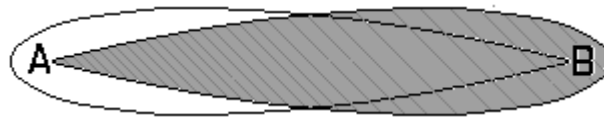
Karşılıklı antenler ile iletişim kurulabilmesi için her iki antenden yayılan elektromanyetik sinyallerin ana loblarının birbirini kapsaması gerekmektedir. Bu durum optik görüşün olması durumu olarak adlandırılır.

Bir radyolink sisteminin montaj keşif (survey) çalışmaları yapılırken optik görüşün tam olması birinci derece önem arz eder. Radio link sistemlerin çalışabilmesi için iki noktadaki radio sistemlerinin birbirini direk görmesi yani R/L Optik görüşün olması gerekmektedir. Şekil 1.8 de optik görüş varlığı ve yokluğu gösterilmiştir.



Şekil 1.8 R/L Optik görüş var (a)
R/L Optik görüş yok (b)

A ve B merkezlerinde karşılıklı kurulan iki antenin bir link oluşturabilmesi için optik görüşün yanında anten kapsama alanları birbirini görmesi gerekmektedir. Şekil 1.9 da A ve B merkezlerinde karşılıklı kurulan iki antenin bir link oluşturabilmesi için gerekli olan ana loblarının kapsama alanı şematik olarak gösterilmektedir.



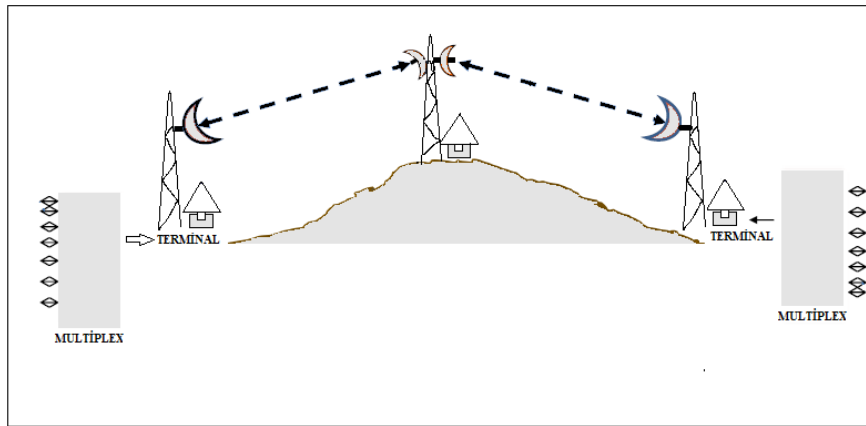
Şekil 1.9 Anten kapsama alanları

Fotograf 1.1 Saha uygulamalarına örnek olabilecek radyo link sistemlerini göstermektedir.



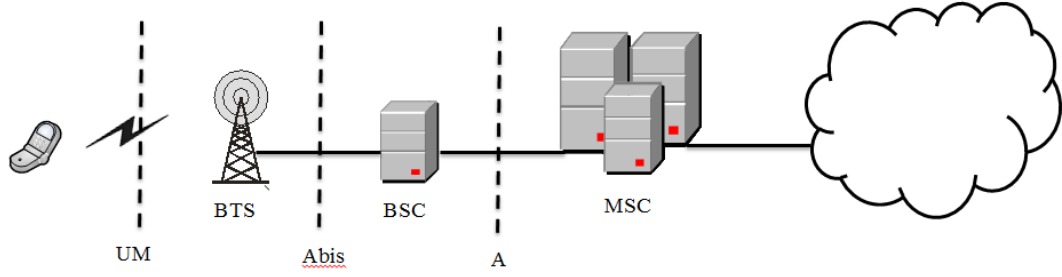
Fotoğraf 1.1 Radio link sistemleri

Yerkürenin yuvarlaklığı, dağ, tepe, bina vb engeller nedeniyle antenler birbirini optik olarak göremeyebilirler. Bu durumda R/L bağlantısını sağlayabilmek için uygun aralıklarla REPEATOR istasyonları kurulmalıdır. Şekil 1.10 da radio link repeatör yapısı şematik olarak gösterilmiştir. Şemada arazi koşulları sebebi ile bir biri arasında optik görüşü olmayan iki terminal, repeatörün kaynak radio sisteminden gelen sinyali alıcı tarafına tekrarlayarak göndermesi sayesinde haberleşmeyi sağlanmaktadır.



Şekil 1.10 R/L Repeatör yapısı

Diğer bir kablosuz iletişim tekniği GSM şebekesinin mimarisine bakılacak olunursa pek çok ara yüz ve teknik terimle karşılaşılır. GSM mimarisi Şekil 1.11.de gösterilmiştir.



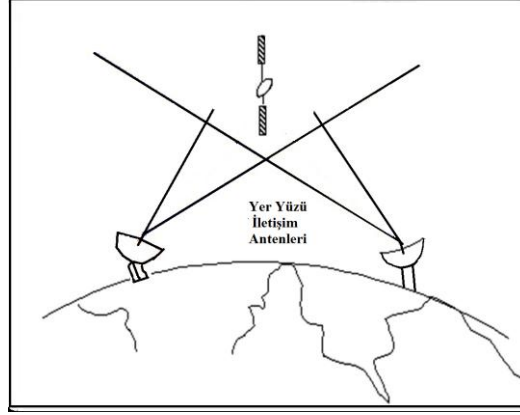
Şekil 1.11 R/L GSM mimarisi

Um mobil istasyon ile BTS (Base Tranceiver Station) arasındaki “hava” ara yüzüdür. Bu ara yüzün amacı şebekeden aboneye hücre ve paket anahtarlama veri akışını radyo haberleşmesi vasıtasıyla sağlamaktır. Abis ara yüzü BTS ile BSC (Base Station Controller) arasındaki ara yüzüdür. BTS ve BSC Abis ara yüzü üzerinden haberleşirler. A ara yüzü ise BSC’ler ile MSC (Mobile Switching Center) arasındaki haberleşmeyi sağlar. GSM şebekesinin işlevlerini yerine getirmesini sağlayan ve bu ara yüzler üzerinden haberleşen pek çok donanım bulunmaktadır. Bu donanımlar ve işlevleri şu şekildedir(Örencik, 2007).

- BTS Hücresinin alıcı-vericilerini içerir. Sistem bileşenleri arasındaki iletişimi sağlamaktadır. GSM için radyo hattı protokolleri BTS ile mobil cihaz arasında çalışmaktadır. GSM ara yüzünde TDMA radyo protokolleri kullanılmaktadır.
- BSC Radyo kaynaklarının yönetimi ile görevlidir. Ayrıca MSC (Mobile Switching Center) ile mobil cihaz arasındaki ara yüzüdür.
- MSC Sistemin merkezi kısmıdır. Anahtarlamanın yanında mobil abonenin kayıt olma, asılma, handover, çağrı yönlendirme, sabit telefon hattına (PSTN-Public Switched Telephone Network) bağlanma vs. tüm ihtiyaçlarını karşılamaktadır(Örencik, 2007).

Başka bir kablosuz iletişim tekniği Uydu iletişim tekniğidir. Uydu iletişim sistemleri; bir uydudan, uydunun yörüngesini, uzaydaki konumunu ve çalışmasını denetleyen bir yeryüzü istasyonundan, uydu üzerindeki transponder (alma frekansını, gönderme frekansına çevirici) ve iletişim trafiğinin gönderilmesini (çıkarma hattı, uplink) ve

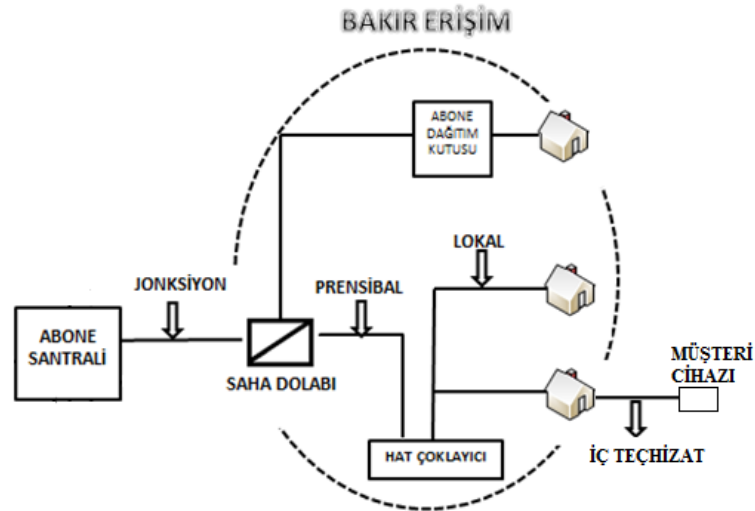
alınmasını (indirme hattı, downlink) sağlayan yer terminalleri ağından oluşmaktadır (CSCRS, 2012).



Şekil 1.12 Uydu yayıncılığı (Azaklı, 2011)

1.6.2 Bakır erişim

Abone santralinden başlayıp son nokta dağıtımına kadar; çıplak bakır kablo, koaksiyel kablo, izoleli bakır kablo kullanılarak yapılan iletişim tekniğidir. Yatırım, bakım ve işletim maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle kısıtlı kullanım alanına sahiptirler. Bakır erişim tekniği şebeke yapısı Şekil 1.13 de belirtilmiştir. Şekilde belirtilen;



Şekil 1.13 Bakır erişim

Prensibal Kablo: Saha dolabı ile repertitörü irtibatlayan kablodur.

Lokal Kablo: Saha ile dağıtım kutusu arası tesis edilen kablodur.

Saha Dolabı: Prensibal ile lokal kablonun irtibatının yapıldığı terminasyon noktasıdır.

Dağıtım Kutusu: Abone hattı ile yerel şebekenin irtibatının yapıldığı terminasyon noktasıdır.

Abone Kablosu: Dağıtım kutusu ile ankastrenin irtibatlandığı kablodur.

Ankastre: Bina içi tesisatın toplandığı terminasyon noktasıdır.

İç Tesisat Teli: Ankastre ile müşteri cihazının bağlantısını sağlayan kablodur

Müşteri Cihazı: Müşterinin hizmet aldığı cihazlardır.(telefon makinesi , modem,fax...)

Elektrik sinyali bir kablodan geçerken tıpkı bir küçük radyo istasyonu gibi kablo etrafında elektromanyetik alan oluşturur. Ayrıca söz konusu alan başka bir kabloyla karşılaştığında elektromanyetik alan, bu kablo içinde küçük bir elektrik akımı üretir. Üretilen akımın miktarı elektromanyetik alanın kuvvetine ve kablonun fiziksel durumuna bağlıdır. Bilgisayarlar normal veya kazara üretilen sinyalleri ayırt edemediğinden, oluşan akım normal iletişimi bozacak veya önleyecek kadar kuvvetli olabilir. Ağı oluşturan kablolar birbirlerine paralel olarak bulunduklarından parazit problemi oldukça önemlidir. Bilgisayar ağları için kullanılan kablolama tipi paraziti minimize etmek için iyi seçilmelidir.

Parazit sorunlarının bir sebebi de kablo ekleridir. Eklerde meydana gelebilecek korozyonlar ve hatalı yapılmış ekler zayıflamaya sebebiyet vermektedir. Fotoğraf 1.3 de ek yapılmış telefon kablosu gösterilmektedir. Daha önceki sistemlerde kullanılan çıplak telli havai hat analog sinyalin taşınmasında kullanılması, yatırım maliyetinin çok yüksek olması çok fazla parazite sebebiyet vermesi nedeniyle yeni teknolojiye kullanılmamaya başlanılmıştır(Megep, 2008).

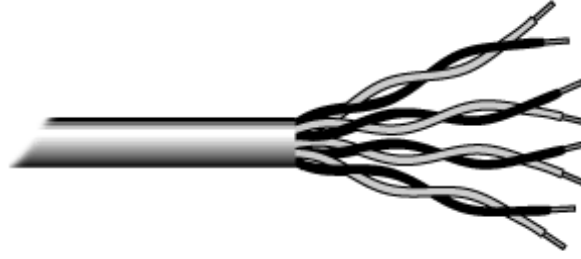
Ağlarda paraziti minimize etmek için iki esas kablo türünden biri kullanılır.

- Çift Bükümlü Kablo
- Koaksiyel (Eş eksenli) Kablo

1.6.2.1 Çift bükümlü kablo

Bükümlü çift kablo telefon sistemlerinde en çok kullanılan şebeke kablosudur. Bu tür kablolarda çıplak kabloların her biri bir yalıtım malzemesi (örneğin plastik) ile

giydirilmektedir ve kablolar çiftler halinde birbirine bükülmektedir. Bu şekildeki bükümler, Çıplak kablonun ürettiği elektromanyetik alanın etkisini sınırlayıp diğer kablolarda parazit oluşumunu önleyerek, Kablo çiftini elektromanyetik alanın etkisine karşı daha az duyarlı yapıp diğer kablolardan kaynaklanan paraziti önleyerek, kabloyu ağda kullanıma uygun hale getirmektedir. İzole edilmiş bükümlü çiftlerin etrafına sarılmış metal koruyucu ile, kablo elektromanyetik alandan daha iyi korunmakta ve verilerin daha uzun mesafelere iletilmesine olanak sağlamaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan ağ kablosu tipi birbirine dolanmış çiftler halinde, telefon kablosuna benzer yapıdaki kablodur. İki tip çift bükümlü TP (Twisted Pair) kablo mevcuttur. Şekil 1.14 de çift bükümlü kablo gösterilmektedir(Megep, 2008).



Şekil 1.14 Çift bükümlü kablo (Megep, 2008)

1.6.2.1.1 Korumalı çift bükümlü kablo (STP:Shielded twisted pair)

Bu tip kablo korumalı çift bükümlü kablo özelliği sebebiyle dolanmış tel çiftleri koaksiyel kabloda olduğu gibi metal bir zırh (lifler) ile kaplanmıştır. Dışarıdan gelen her türlü gürültüye karşı korumalı bir kablo çeşididir. Ethernet ağlarında kullanılabilen bu kablo, koaksiyel kablolardan farklı olarak verinin taşındığı devrenin bir parçası olmadığı için mutlaka her iki sonda da topraklanmıştır. Aksi halde iletişime en çok zarar veren bir etken olmaktadır. Kablo, içindeki veya çevresindeki sinyalleri toplayan bir anten gibi çalışır ve ağ ortamındaki veriyi bozar. Etrafı renkli plastik kaplayıcıyla kaplanmış 4 çift tel ve dış kaptan önce korunmayı sağlayan lifler bulunmaktadır. Bu da STP kabloyu daha sert ve ağır yapmaktadır. Fotoğraf 1.4 da kablo korumalı çift bükümlü kabloya örnek CAT7 kablo gösterilmektedir(Megep, 2008).

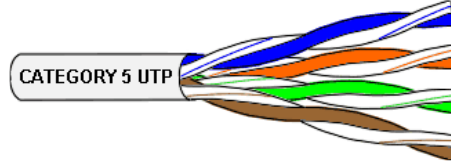


Fotoğraf 1.2 STP CAT7 kablo(Megep, 2008).

Kabloda korumayı sağlayan liflerin kablonun hiçbir noktasında zedelenmemiş olması çok önemlidir. Ayrıca bu liflerle sağlanan topraklamanın verinin geçtiği tüm noktalarda (ağ kartından duvar prizlerine ve hub'a kadar) devamlı olması da çok önemlidir. TP kablolar ilk kullanılmaya başlandığı dönemlerde (belki de koaksiyelden geçiş aşamasında) STP kablo çok güvenli kabul edilmiştir. En dıştaki metal zırh'ın elektromanyetik alanlardan geçerken kablo içindeki sinyalin bozulmasına mani olması beklenir. Ancak STP ilk dönemlerde pahalı olmasıyla yaygınlaşamamıştır. STP kablo ethernet ağları için fazla maliyetinden dolayı geçmişte tercih edilmemiştir, ancak günümüzde maliyetlerin düşmesi STP kabloları tekrar gündeme getirmektedir(Megep, 2008).

1.6.2.1.2 Korumasız çift bükümlü kablo (UTP:Unshielded twisted pair)

UTP kablo sadece bilgisayar ağlarında kullanılmaz. UTP kablo telefon hatlarında da kullanılır fakat bilgisayar ağlarındaki kullanımı bu alanın önüne geçmiştir ve UTP kablo bilgisayar ağlarıyla özdeşleşmiştir. Yapısı koaksiyel kabloya göre oldukça basit olan bakır kablo çeşitidir. İçerisinde 4 çift bakır kablo bulunur. Kabloların birbirleri üzerindeki elektromanyetik etkisini azaltmak için bakır kablolar ikişer ikişer sarılı durumdadırlar. Çevresinin küçük olmasından dolayı kablo kanallarında daha az yer kaplamakta ve büyük ağ kurulumlarında çok avantaj sağlamaktadır. UTP kablolar, STP kablonun tam tersine çevredeki gürültüden etkilenmektedir. Daha önceden daha yavaş bilgi iletimi yapabilirken yeni geliştirilen teknolojilerle UTP kablo üzerinden Gigabit hızlı iletişim sağlanabilmektedir. Bu da UTP kablonun daha yaygın kullanımını beraberinde getirmiştir. Şekil 1.15 CAT5 kablo korumasız çift bükümlü kabloya örnektir (Megep, 2008).



Şekil 1.15 UTP CAT5 kablo (Megep, 2008)

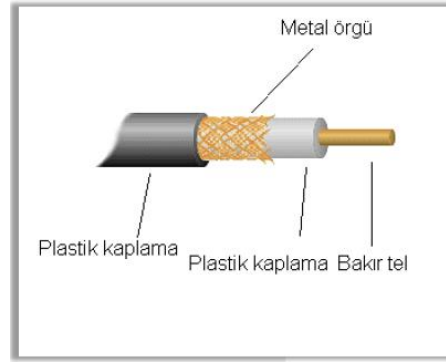
Kablo içindeki teller çiftler halinde birbirine dolanmıştır. Her çiftin bir ana rengi bir de "beyazlı" olanı vardır. Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi ana renkler turuncu, mavi, yeşil ve kahverengidir. Bunlara sarılı olan beyaz teller ise, diğerleriyle karışmasın diye, sarılı olduğu renkle aynı bir çizgiye sahiptir. Böylece 8 telin de turuncu, turuncu-beyaz, mavi, mavi-beyaz, yeşil, yeşil-beyaz, kahverengi, kahverengi-beyaz olmak üzere 8 farklı renkte ama 4 grupta toplanmış olduğunu görüyoruz. UTP kablolar, belirli bir mesafe için üzerinden geçirebilecekleri veri miktarına göre kategorilere ayrılırlar. Bu kategoriler:

- Kategori 1 (CAT 1): 1985'te ortaya çıkmıştır. Telefon hatlarında kullanılır.
- Kategori 2 (CAT 2): 4 Mbps hızında veri transferi sağlar.
- Kategori 3 (CAT 3): 10 Mbps hızında veri transferi sağlar.
- Kategori 4 (CAT 4): 16 Mbps hızında veri transferi sağlar.
- Kategori 5 (CAT5 ve CAT5e): Yerel ağ bağlantıları için kullanılır. Günümüzde neredeyse tüm yerel ağ bağlantıları Kategori 5 UTP kablolarıyla yapılmaktadır. 100 metrelik mesafe aşılmadığı müddetçe 100 Mbps'lik veri aktarım kapasitesine sahiptir. Bu nedenle 100 Mbps hızını destekleyen Ethernet kartı ile çalışabilecek en uyumlu kablodur.
- Kategori 6 (CAT 6): Kategori 5 kablosuna göre daha üstün bir üretim tekniği kullanılarak üretilmiş olması nedeniyle, 1000 Mbps hızında veri iletimine imkan tanır. Gigabit Ethernet kartlarıyla birlikte kullanılmaktadır (Megep, 2008).

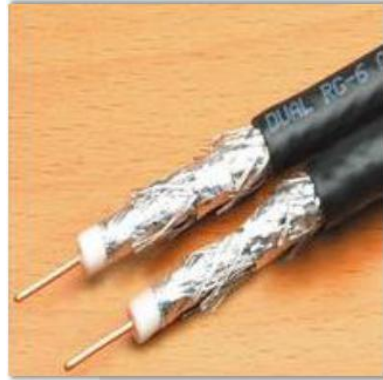
1.6.2.2 Koaksiyel kablo

Çeşitli metallerden yapılmış birçok kablo türü olmasına rağmen, ağların çoğunda bakır kullanılır; çünkü bakırın elektrik akımına karşı olan düşük direnci sinyallerin daha uzağa taşınmasına olanak verir. Bu sebepten, ağ uzmanları bazen kablo yerine bakır

terimini kullanmayı tercih etmektedirler. Koaksiyel kablo, elektriksel gürültünün yoğun olduğu çevre şartlarında kullanımı en uygun olan bakır kablo çeşididir. 1950’lerde AT&T (American Telephone and Telegraph Company) Bell Laboratuvarları’nda geliştirilmiştir. Koaksiyel kablonun elemanları şekil 1.16 da ve gerçek koaksiyel kablo fotoğraf 1.5 te gösterilmiştir.



Şekil 1.16 Koaksiyel kablo(Megep, 2008)



Fotoğraf 1.3 Koaksiyel kablo(Megep, 2008)

Koaksiyel kabloların uygulama alanları; televizyon, CATV (Community Antenna Television), telefon ağları ve yerel alan ağlarıdır. Bu kablolar uzun mesafeli telefon ağlarında uzun yıllar yaygın olarak kullanılmıştır, ancak bu alandaki yerini fiber optik kablolarla ve uydu sistemlerine bırakmıştır. Yerel alan ağlarında ise çift bükümlü kablolarla olan yarışını kaybetmek üzeredir. Günümüzde ise en yaygın olarak televizyon ve kamera sistemlerinde kullanılmaktadır(Megep, 2008).

Koaksiyel kablolar, farklı sinyal türleriyle kullanılabilmektedir. Hem analog hem de dijital sinyalleri taşıyabilmektedirler. Örneğin 50 ohm’luk kablolar genellikle dijital sinyalleri, 75 ohm’luk kablolar ise genellikle analog sinyalleri taşımaktadır. Yüksek

bant genişlikleri nedeniyle, kablolu TV yayınlarında da bu kablolar kullanılmaktadır. Koaksiyel kablo merkezde iletken bakır, bakırın dışında da yalıtkan bir tabaka, tabakanın üzerinde alüminyum ya da bakır örgülü bir zırh ve en üstte yalıtkan bir kılıftan oluşmaktadır. Koaksiyel kablonun bu yapısı, merkezdeki iletken üzerinde taşınan sinyalin, elektriksel gürültülerden etkilenmesini önlemektedir. Koaksiyel kablo içindeki elektromanyetik radyasyona karşı bir bariyer görevi yapan yoğun metal koruyucu, içteki kablonun etrafında esnek bir silindir oluşturmaktadır. Bu bariyer içteki kabloyu iki şekilde yalıtılmaktadır.

- Parazite sebep verebilen elektromanyetik alandan kabloyu korur ve içteki kablonun ürettiği elektromanyetik alandan diğer kabloların etkilenmesini önlemektedir.
- İçerdeki kablo, dıştaki koruyucu tarafından sürekli aynı biçimde ve uzaklıkta korunduğundan, paralel döşemelerde köşelerdeki kıvrımlardan veya bükülmelerden etkilenmemektedir. Koaksiyel kablo elektromanyetik kirliliğin yoğun olduğu ortamlarda düşük güçte sinyalleri iletmek için geliştirilmiş bir kablodur. Çok değişik tiplerde karşımıza çıkabilir. Bilgisayar ağlarında tekrarlayıcı gerektirmeden UTP veya STP kablolarına göre daha uzun mesafelerle iletişim sağlayabilirler.

Bakır bir transmisyon sisteminden maksimum verim alabilmek için bu kurala maksimum güç teoremi de denir. Vericinin çıkış empedansı, iletim hattının karakteristik empedansı, ve alıcının giriş empedansı birbirine eşit olmalıdır. Bu duruma empedans uygunluğu olarak da isimlendirilmektedir(MEB Bilişim Teknolojileri 2008). Çizelge 1.2 de iletim ortamları olan bakır erişim sistemleri ile diğer erişim sistemlerinin kıyaslayabilmek için iletim ortamlarının taşıyabilecekleri bant genişlikleri verilmiştir.

Çizelge 1.2 İletim ortamlarının taşıyabilecekleri bant genişlikleri

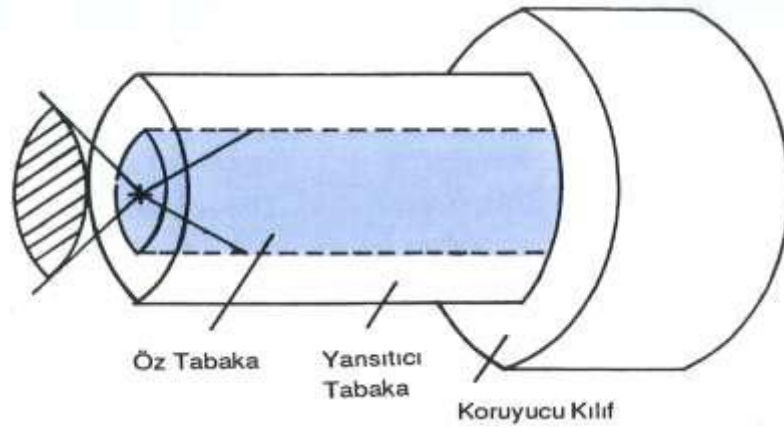
İLETİM HATTI	TAŞIYABİLECEĞİ BANT
Çıplak Tel (analog)	0 - 150 kHz
Yer Altı Havai Bakır Kablo	0 – 30 kHz
Koaksiyel Kablo	0 – 1 GHz
Fiber Optik İletken, F/O	0- 10 15Hz (Güncel 2,5 X 10 ⁹ Hz)

1.6.3 Fiber erişim

Bakır kablo, Koaksiyel kablo gibi elektrik sinyalleri ile veya R/L, Uydu Haberleşmesi gibi radyo dalgaları ile yapılan iletişim sistemlerinde var olan dinleme, karışma, gürültü, kapasite ve iletişim hızı düşüklüğü, bant genişliği x uzaklık çarpanlarının ve esnekliklerinin az olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldıran Optik İletim Sistemi, iletişimde yeni bir dönem açmaktadır.

İdeal denecek derecede saflaştırılmış silikondan (camdan) oluşan Fiber Optik iletişim ağları; kullanıcılara büyük bant genişliği, uzak mesafe iletim sağlaması ve iletim ortamına kalite getirmiştir. Fiber optiğin bu özellikleri nedeniyle bilinen iletim ortamları için oluşan anlayış kökten değişmesine neden olmaktadır.

Fiberin esnek iletim ortamı ve gelişmelere açık olması nedeniyle yalnızca iletişim altyapısı için değil çok sayıdaki değişik alanlarda da kullanılmasını ve yaygınlaşmasını olanaklı kılmıştır. Bu gelişmeler optik fiber kabloların tartışmasız üstünlüğünü sürdüreceğini göstermektedir. Enerji alanında üstün iletkenlerin getireceği öngörülen yenilikler, İletişim alanında Optik fiber kablolarca günlük yaşama sunulmuştur (Çankaya ve Ertürk, 2011). Fiber optik kablo yapısının şematik olarak Şekil 1.17'de gösterilmektedir



Şekil 1.17 F/O kablo yapısı (Çankaya ve Ertürk, 2011)

Öz (Core): Işığın kırılarak yolculuk ettiği, iletimin sağlandığı silindirik kısımdır.

Cladding (Yansıtıcı Tabaka): Özün içindeki ışığın tam yansıma prensibi ile iletilmesi ve özü korumak için gerekli olan silindirik örtü tabakasıdır.

Koruyucu Tabaka (Coating): En Üste bulunan tabaka koruyucu görevi yapmaktadır. Fiber optik kablonun uygulamadaki gerçek görsel örnekleri fotoğraf 1.6 da gösterilmektedir.



Fotoğraf 1.4 Fiber optik kablo

Fiberin başlıca çeşitleri aşağıdaki gibidir.

- 1- Çok Modlu Fiberler (Multi Mod Fiber)
 - a - Basamaklı Indisli Çok Modlu Fiberler (Step Index Multi Mod Fiber)
 - b - Dereceli Indisli Çok Modlu Fiberler (Graded Index Multi Mod Fiber)
- 2- Tek Modlu (Basamaklı Indisli)Fiberler (Step Index Single Mod Fiber)

Bu üç değişik yapıdaki fiberlerin çap değerleri Çizelge 1.2 de verilmiştir.

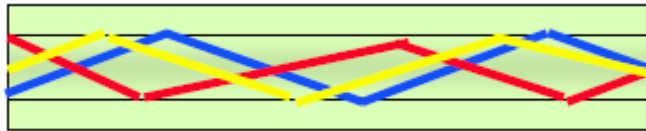
Çizelge 1.3 F/O kablo çap değerleri (Çankaya ve Ertürk, 2011)

Fiber Tipi	Çap (µm)		
	Öz	Örtü	Kılıf
Basamak İndisli Çok Modlu Fiber	85-100	125-140	250-300
Derece İndisli Çok Modlu Fiber	50	125	250
Basamak İndisli Tek modlu fiber	90	125	250

1.6.3.1 Çok modlu / multi mode fiber optik kablo

a- Basamak indisli çok modlu fiber optik kablo

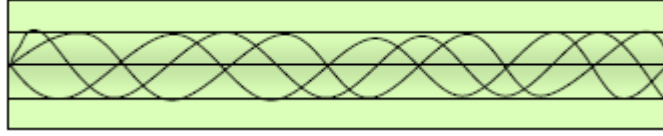
Bu fiberle de öz'ün kırılma indisi, öz kesiti (dikine) boyunca değişmez. Özün çapı kullanılan ışığın dalga boyuna göre çok büyük olduğundan mod sayısı artmakta ve zayıflamalara neden olmaktadır. Kılavuzlanan mod sayısı, fiberin fiziksel parametrelerine (bağıl kırılma indisi farkı, öz yarıçapı) ve taşınan ışığın dalga boyuna bağlıdır. Optik ışığın basamak indisli çok modlu fiber optik kablo içerisinde ilerlemesi Şekil 1.18 de gösterilmiştir.



Şekil 1.18 Basamak indisli çok modlu fiber optik kablo
(Bilgi ve iletişim teknolojileri ürün portföyü, 2010)

b-Dereceli indisli çok modlu fiber optik kablo

Basamaklı indisli Çok Modlu fiberlerde görülen sakıncalar.(büyük zayıflamalar) ortadan kaldırmak üzere geliştirilmiştir. Özün ortasından (merkezden) örtü tabakasına doğru kırılma indisi derece derece küçülür. Dolayısıyla ışığın almış olduğu toplam yol azaldığından fiber damarın boyunu daha kısa zamanda alır. Böylelikle değişik yollar izleyen ışınlar karşı uca (varışa) hemen hemen aynı sürede ulaşırlar. Optik ışığın derece indisli çok modlu fiber optik kablo içerisinde ilerlemesi Şekil 1.19 da gösterilmiştir.



Şekil 1.19 Dereceli indisli çok modlu fiber optik kablo
(Bilgi ve iletişim teknolojileri ürün portföyü, 2010)

1.6.3.2 Tek modlu / single mode (Basamak indisli) fiber optik kablo

Yeterince küçük bir merkezi çekirdeğe sahiptir ve ışığın kabloda yayılım yaparken izleyeceği tek bir yol vardır. Bütün ışık ışınları kabloda yaklaşık aynı yolu izler ve kablonun bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık olarak aynı sürede alır. Tek modlu fiberin dezavantajı; nüve çapının küçük olması ($9\ \mu\text{m}$) sebebiyle ışık yoğunluğu yüksek ve pahalı olan lazer ışık kaynağı kullanma zorunluluğu olup aynı zamanda çok daha hassas bağlantı elemanları gerektirmesidir. Optik ışığın basamak indisli tek modlu fiber optik kablo içerisinde ilerlemesi Şekil 1.20'de gösterilmiştir.



Şekil 1.20 Tek modlu (Single mode) / basamak indisli fiber optik kablo
(Bilgi ve iletişim teknolojileri ürün portföyü, 2010)

1.7 Haberleşmede Optik Sistem Kullanım Gereksinimleri

- Bakırdan daha ucuz malzemeden camdan üretilen iletkenlere gereksinim duyulması
- Geniş bantlı ve yüksek hızlı iletimin gerekmesi,
- Nükleer patlama ve elektromanyetik etkilerden etkilenmeyecek bir iletken cinsine gerek duyulması,
- Hızla artan kanal ve bant gereksinimlerini karşılayabilecek yüksek kapasiteli iletim ortamının gerekmesi

Optik iletim sistemleri yukarıdaki 4 sorunun çözümü olarak görülmüş, Lazer'in bulunmasıyla da optik sistem oldukça kısa sürede iletişimde uygulanmaya başlanmıştır. Optik iletim sistemlerinin bu kadar hızlı gelişmesinde endüstriyelleşmiş (sanayileşmiş)

Ülkelerin artan istekleri kadar, gelişmekte olan ülkelerin haberleşme isteklerindeki hızlı artışın da etkili olduğu söylenebilir. Bu sistemler şu anda geleceğin haberleşme şebekesinin temelini oluşturacak düzeye gelmiştir.

1.7.1 Optik (Işıksal) iletimin tarihçesi

Bugünkü optik fiber (cam iletken) iletim sistemi gelişimine 1960'lı yıllarda başlanmış, 1966 yılında Charles K.Kao iletim ortamı olarak cam fiber ve (modüleli) Kızılötesi ışık kullanarak işaretin uzaklara iletilebileceğini kurumsal (teorik) olarak göstermiştir.

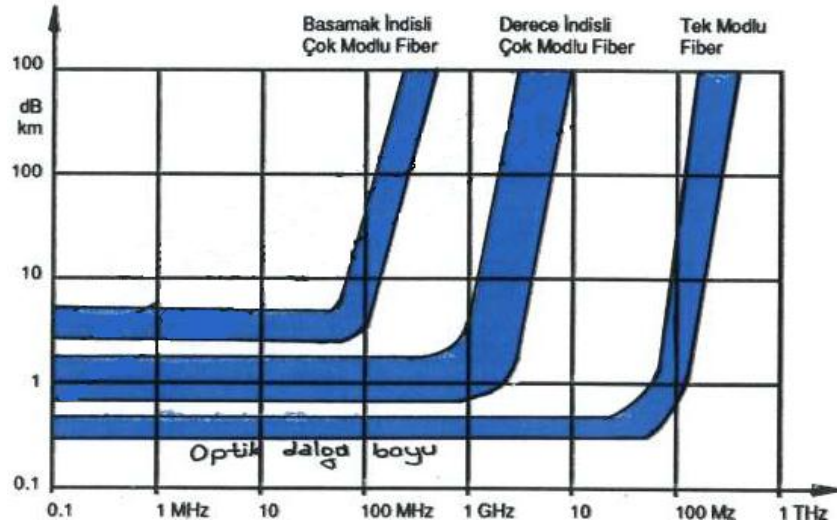
1970 yılında CBW (Corning) şirketince zayıflaması (Optik Pencere 850 nm. Dalga boyunda) 20 dB/km. olan ilk fiber üretilmiştir. bir yıl sonra da Beli şirketi oda sıcaklığında alışan Solid State Laser Diyod üretmiştir. 1972 yılında Dereceli Indisli fiber damar üretilmiş zayıf lama 4 dB/km.ye dşrlmştir.

1975 yılında 1310 nm. Penceresi'nin bulunmuş, 1979'da zayıflama' nın 0.2 dB/km.ye indirilmesi sağlanmıştır. 1983'de 400 Mb/s hızla 25 km.lik yenileyici aralığı sağlanıp, 4 yıl sonra 1550 nm. lik Saçınım Kaymalı Tek Modlu bir damar ve karmaşık yerine tek frekanslı basit bir Lazer kullanarak 400 Mb/s hızında 107 km. boyunca hatasız veri (data) iletimi gerçekleştirdiklerini Plessey Firması açıklamıştır. 1.6 Gb/s sistemi ile (23.040 kanal) yineleyici arası 40 km.ye erişilmiştir. Aynı yıl VAD retim yöntemiyle 100—500 km.lik (tek parça) fiber damarlar üretilmiştir. İki (1989) yıl sonra 1550 nm.lik iletim sistemi ve 400 Mb/s.lik sistemle 120 km.lik yenileyici aralığına ulaşılmıştır(ankaya ve Ertürk, 2011).

1.7.2 Optik (Işıksal) iletimin diğer iletim sistemleri ile karşılaştırılması

Işıksal iletimi diğer iletim sistemlerinden farklı kılan özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

a- Yüksek hızda iletim sağlanması: Optik iletim sistemlerinde taşıyıcı frekans çok yüksek olduğundan diğer sistemlerinkinden daha yüksek bant genişliklerine ve daha yüksek iletim hızlarına erişilmiştir.



Şekil 1.21 Band genişliği x uzaklık çarpanı (Çankaya ve Ertürk, 2011)

Şekil 1.21’den de görüleceği üzere iletim istemlerinin karşılaştırılması için kullanılan (bant genişliği x uzaklık) çarpanının;

- Basamak İndisli Çok Modlu Fiber 0.2 GHz x Km.
- Dereceli indisli (GI- gradient index) fiberlerde 1 GHz x Km.
- Tek Modlu (SM- single mode) fiberlerde 100 GHz x Km.

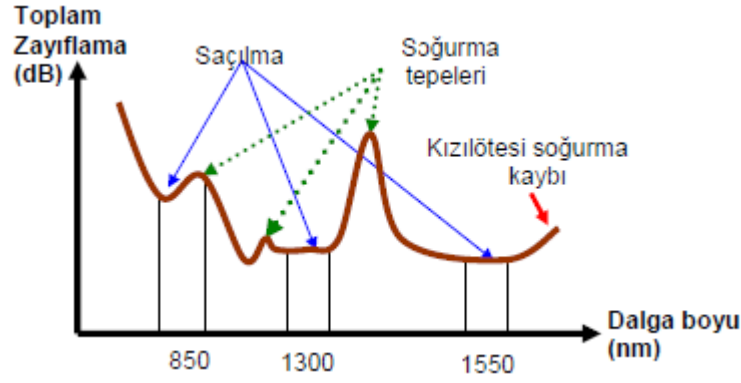
olduğu göz önüne alınırsa optik fiberlerin çok geniş iletim olanağı sağladığı görülmüştür(Çankaya ve Ertürk, 2011).

b- Uzun yineleyici (Repetör) aralığı: Bugün kullanılan teknolojiye optik fiberlerde yineleyici aralığı ;1310 nm. Dalga boyu ışık kullanarak 50- 55 km. 1550 nm. dalga boyu ışıktaki ise 100 km.ye ulaşılmış bulunmaktadır. Bilim adamları 1991 yılında 400 km.ye yineleyicisiz iletim yapabildiklerini açıklamışlardır(Çankaya ve Ertürk, 2011).

1 MHz’lik işaret için gücün yarıya düştüğü uzaklık;

Bakır iletkende 250 metre, Eşeksenli iletkende 1000 metre, Tek Modlu fiberde 10000 metre olduğu görülmüştür(Çankaya ve Ertürk, 2011).

Haberleşme kabloları için en önemli kriterlerden biri işaret zayıflamasıdır. Fiber optik sistemlerde uygun iletim için; zayıflamanın bazı minimum değerlerde bulunduğu fiziksel dalga boyları (pencere) tasarlanmıştır. Dalgaboyu – zayıflama ilişkisinde şekil 1.22 de görüldüğü gibi üç ayrı bölge meydana getirilir.



Şekil 1.22 Optik pencereler (Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010)

- **Birinci pencere :** Kızıl ötesi dalga boylarına yakın bir bölge olup, 800 nm ve 900 nm arasını kaplar. Fiber liflerinin, ilk olarak kullanıldığı yıllarda bu pencere tercih edilmişti. Çünkü o zamanki yarı iletken yarı iletken ışık üreteçleri ve alıcıları 800-900 nm dalga boylarına uygundur.
- **İkinci pencere :** 1150 nm – 1330 nm arasını kaplar, bu aralıkta maddenin kendisinin sebep olduğu madde dispersiyonu en düşük değerini almıştır.
- **Üçüncü pencere :** Yaklaşık olarak orta noktası 1600 nm olan bölgede olup 150-200 nm genişliktedir. Bu bölgede fiber zayıflaması en düşük değerindedir. Bundan dolayı uygun lazer kaynakları kullanıldığında uzun mesafe için kullanılan dalga boyu üçüncü penceredir(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

c- Kanal başına bedelin (Maliyetin) büyük olması: Kabloların hafif ve ucuz olması, bant genişliği x uzaklık çarpımının büyük, yineleyici aralıklarının uzun, hat donanımı değiştirilerek (ayrı fiberden yararlanarak) kanal sayısı çabuk ve kolay artırılabilirdiğinden maliyet oldukça düşüktür (Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

d- Bilgi çalınmasının güçlüğü: Optik fiber damardan bilgi çalabilmek için ya kabloyu (damarlı) kesip sisteme bağlayarak veya F/O kaynak makinası çalışma ilkesinden yararlanılarak çalınabilir. Birinci yöntemde anında, ikincisinde de maliyeti yüksek zaman isteyen ve aynı anda devreler üzerinde zayıflama artmak zorunda olduğundan saptanması kolaydır(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

e- Elektromanyetik etkidten bozulmama: Bakır iletkenli (Bakır tel eş eksenli kablo vb.) ve diğer iletim sistemleri (Elektromanyetik. dalga vb.) manyetik etkidten bozulurken optik iletimde bozulma olmamaktadır. Yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber damarlar yerleştirilerek üretilirler. Aynı iletkenler bir yandan enerji taşıırken diğer yandan iletken içerisine yerleştirilmiş fiberler iletişim ortamı oluşturmaktadırlar(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

f- Karışma (Diyafoni) olmaması: Optik iletimde sinyaller ışıksal olarak iletilmekte, manyetik alan veya başka bir ışıksal sinyalin dışardan girme olanağı yoktur. Kıvrımlardan dolayı sinyaller damar dışına taşarsa bile diğer damarlara girip onları etkilemediğinden fiberde karışma (diyafoni) olmamaktadır(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

g- Elektiriksel yalıtım: Optik fiberler elektiriksel bakımdan yalıtkan maddelerden yapılmış olduğundan uçlar arasında tam bir elektiriksel yalıtım sağlar. Fiberlerin bu özelliği; Scada sistemleri, enerji şalt tesisleri, elektrik santralleri, kapalı devre televizyon sistemleri, uzay ve uçak haberleşme sistemleri ile askeri haberleşme sistemleri için çok uygundur(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

h- Değişik çevre koşullarına uyum sağlaması: Fiber damarlar (+500°C' ye kadar) ısıya dayanıklı olarak üretilebilmektedir. Bunun yanı sıra fiberlerin kırılma ve kopması durumunda kıvılcım çıkarmadığından çevresel koşulların en uç noktaları ile yangın, patlayıcı alt ve üst ısısının yüksek olan ve patlayıcı maddelerin bulunduğu ortamlarda güvenlikle kullanılmaktadır(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

ı- Tesis kolaylığı: FO kabloların bakıra göre oldukça küçük ve hafif olması nedeniyle (kolay olması nedeniyle göz çoklayıcı kullanarak) aynı gözden birden çok FO kablo çekilebilmektedir. Örneğin bakır iletken (0.6 mm² Ø) 3 kg/km. fiber damar 30-50 gr/km. makara boyları ise 50 km. dir. FO kablo boyları üreticiye göre üretilmekle birlikte Telekom'da 2 km. olarak kullanılmaktadır. Bu da ek sayısını azaltmaktadır. Klasik yapılı fiber kablo çapı 4 fiberli kablo 15.30 mm Ø, 225 kg/km iken 144 fiber damarlı kablo çapı 22.90 mm Ø, 476 kg/km.dir.

Klasik yapılı FO kablo yerine aynı altyapıdan çok sayıda fiber tesis edilebilmesi amacıyla İngiliz Telekom mühendislerince yapılan araştırmada; klasik kablo yapısı terk edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Yeni geliştirilen yöntemde fiber damarların üzeri özel reçine ile kaplanıp küçük tüplü borular içerisinden hava ile üflenerek tesis edilebilmektedir. Bu tip fiberler Üflemlili Fiber olarak adlandırılmakta ve 2,4,6, 8,12 fiber damarın bir araya getirilmesi ile birlikte 3,5 mm çapındaki küçük tüplerden tesis edilebilmektedir. 12 fiberli Üflemlili Fiberin ağırlığı 3 kg/km.dir. Üflemlili Fiberler kapasitesinin yeterli olmaması üzerine Küçük Çaplı Fiber (KÇF) Kablolar geliştirilmiş, bunlar; 24,48,60,72,96 fiberli olarak yaygın olarak üretilmeye başlanmıştır. 24 fiberli KÇF kablolar 6,2 mm. Ø, 35 kg/km, 96 fiberli KÇF kablolar 7,2 mm. Ø, 40 kg/km. dir(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

i- Kullanıcıya (Müşteriye) kadar dağıtım ağında kullanılması: Müşterilerin geniş bantlı isteklerinin karşılanması aynı altyapıdan birden çok hizmetin sunulabilmesi, gelir getirici servislerin herhangi bir değişiklik yapılmadan iletilebilmesi nedeniyle özellikle gelir seviyesi yüksek bölgelerde hızla uygulanmaya başlamıştır. Özellikle gelir seviyesi orta altı grupların olduğu bölgelerde (Almanya ve Fransa'daki yerleşik Telekom işletmecileri) Saha dolabına kadar fiber uygulaması yapmaktadır. Gelir seviyesi orta üstü ve üst gelir guruplarına yönelik uygulamalarda ise fiber uçları doğrudan kullanıcıda sonlandırılmaktadır. Bu uygulamaların en yaygın uygulandığı ülkeler ise Hollanda, İsveç, Danimarka ve Norveç gösterilebilir. Dünya genelinde 2000 yılından başlayarak KKF uygulaması hız kazanmıştır. Avrupa'da KKF uygulamasının % 97'si Hollanda, İsveç, Danimarka, İtalya ve Norveç'tedir(Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

j- Optik fiberlerin kullanım alanları: Optik iletişim sistemleri; büyük olanaklar sağlaması nedeniyle kısa sürede çok geniş kullanım alanları bulmuştur. Bu sistemlerin kullanıldığı çeşitli alanlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Zayıflamanın az, bant genişliğinin büyük, kanal başına düşen maliyetlerin düşük olması nedeniyle, uzun mesafeli büyük kapasiteli haberleşme sistemlerinde ve orta mesafeli düşük kapasiteli sistemlerde,
- 2- Hem örneksel hem sayısal iletme olanak sağlaması ve geniş bantlı servis verilebildiğinden özellikle santraller arası (Jonksiyon) bağlantıda,
- 3- Düşük kayıp, yüksek hız nedeniyle bina içlerindeki iletim sistemlerinde,

- 4- Kapalı devre televizyon sistemlerinde,
 - 5- Veri (Data) iletiminde,
 - 6- Elektronik aygıtların birbiri ile bağlantısında,
 - 7- Havacılık alanında, (Radarlar) yüksek hız gerektiren aygıtlar arası ve Uçak iç donanımlarında,
 - 8- Demiryolu ve karayollarında Elektrifikasyon ve Sinyalizasyon uygulamalarında,
 - 9- Fiber Optikli Yüksek gerilim hattı iletkenlerinin (OPGW) içine fiber damarlar yerleştirilerek, enerji taşıırken aynı anda haberleşmeyi de sağlamasında.
 - 10- Trafik denetim (kontrol) sistemlerinde,
 - 11- Askeri haberleşme sistemlerinde,
 - 12- Reklam panolarında,
 - 13- Tıp alanında (Biyopsi, atraskopi, endoskopi, kolonoskopi vb) aygıtlarda,
 - 14- Özel önem gerektiren bölümlerin aydınlatılması, vitrin düzenlemeleri vb gibi görselliğin ön plana çıktığı alanlarda,
 - 15- Otomotivlerde değişik algılayıcılar ile yol bilgisayarı arasında,
 - 16- Nükleer enerji santralleri ve radyoaktif ışınların iletişimi bozduğu yerlerde,
- Optik fiberlerin kullanım alanları, iletim uzaklığı ve data (veri) arasındaki bağıntı aşağıda görülmektedir (Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü, 2010).

1.8 Uzak Ara İletim Sistemlerinin Taşıdığı Unsurlar

Telekomünikasyon endüstrisinin toplum ve ekonominin geneli açısından artan önemi bugün herkes tarafından kabul görmektedir. Gelişen teknoloji ve bu durumun endüstriye yansımaları bakımında en önemli değişimin telekomünikasyon şebekelerinin yapısında görüldüğünü söylemek mümkündür. Günümüzde ses, veri, video gibi farklı hizmetler, ortak ve entegre edilmiş şebekeler üzerinden verilebiliyor. Geniş bant ve kablosuz teknolojilerdeki gelişme, geleneksel şebeke yapılanmasını ve pazarlama stratejilerini değişime zorluyor. Bu gelişmeler bir yandan sermaye harcamaları ve faaliyet giderleri bakımından ölçek ve kapsam ekonomilerinin elde edilmesine imkân sağlarken, diğer yandan da farklı iletişim araçlarının bir bütün içerisinde sunulması fırsatı vermektedir.

Mobil iletişim ve internetin gelişimi ile birlikte, şebeke ve hizmetlerin birbirine oldukça yakınsadığı ve kullanıcıların çoklu hizmetleri bir arada elde etmesine olanak sağlayan teknolojilerin gelişiminde önemli ilerlemeler sağlandığı görülmektedir. Yaşanan bu süreç

bir yandan sektörün dikkatli bir biçimde takip edilmesini gerekli kılarken bir yandan da düzenlemelerin sektörün gelişimine odaklanmasını zorunlu hale getirmektedir.

Pstn hizmetinin yanı sıra ileri ICT (Bilgi ve İletişim Teknolojileri) ürünleri olan Adsl - Vdsl - G.Shdsl - Wimax - Gsm - Mpls - Atm – Tdm- Gpon –Fttx ürünler ortaya çıkmıştır.

a- PSTN: (Public Switched Telephone Network) Türkçe karşılığı, "genel aktarmalı telefon şebekesi"dir. PSTN, dünya genelinde kullanılan devre aktarmalı telefon ağıdır. Başlangıçta sabit analog telefon şebekesi olarak kurulan bu ağ günümüzde neredeyse tamamen sayısal(dijital)dır ve sabit telefonların yanı sıra mobil telefon hatlarını da içerir. PSTN genellikle ITU-T tarafından hazırlanmış olan standartlara göre hizmet vermektedir ve adres olarak da telefon numaraları olarak bildiğimiz, E.163-E.164 adreslerini kullanır. PSTN ağına bağlı olmayan bazı özel telefon hatları da vardır ve genellikle, askeri telefon hatları bu şekildedir. Bunun yanı sıra, bazı özel şirketler de PSTN'e sadece sınırlı kapılardan bağlı olan (örn;PBX) özel telefon ağlarına sahiptir. Bu şebeke başlangıçta, elle anahtarlamalı analog ses iletişimi için kullanılıyordu. Ancak zamanla, otomatik telefon iletişimi sağlandı ve sonra da dijital anahtarlama sistemine geçildi. Bu dünya çapındaki telekomünikasyon şebekesi günümüzde mobil telefon ağlarını da içerecek şekilde genişlemiş ve geliştirilmiştir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/PSTN>, 12 Mart 2013).

b- ADSL: (Asymmetric Digital Subscriber Line) Simetrik olmayan sayısal abone hattı, günümüzde internet bağlantısı için en çok kullanılan bağlantı tekniğidir. Bir dağıtıcı (Splitter), tek bir telefon bağlantısı ile hem ADSL hattına hem de gelen çağrılara izin verir. ADSL genellikle merkez ofisten 4 kilometreden uzakta olmayan mesafelere dağıtılabilir. Fakat kablo bağlantısının izin verdiği ölçüde 8 kilometreye kadar ulaşabilir.

Telefon santralinde geleneksel telefon ağı için hat genellikle başka bir frekans dağıtıcısının ses bandı sinyalini ayırdığı yer olan Digital Abone Hattı Erişim Çoklayıcısı/Paylaştıracısında sona ermektedir. ADSL tarafından taşınan veriler genellikle telefon şirketinin veri ağı üzerinden yönlendirilir ve sonunda internet protokol ağına ulaşmaktadır. Asimetrik kelimesi, veri transfer hızının, gönderim ve alım için eşit olmadığını belirtmektedir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Adsl>, 3 Mayıs 2014).

c- VDSL: (Very High-bit-rate Digital Subscriber Line) ADSL e çok benzeyen bu DSL teknolojisi, Telefon ve ISDN servislerinin yanında geliş yönünde 55.2 Mbps, gidiş yönünde 19.2 kbps-2.3 Mbps arası hızlarda çoğul ortam trafiği geçirebilmektedir. VDSL, ADSL'de olduğu gibi frekans bölmeli çoğullama uygulamakta, transmisyon hızları aynı ise simetrik olarak da çalışabilmektedir. VDSL'in ADSL den en belirgin farkı iletim mesafesinin azlığındadır. 13 Mbps hız için 1.5 km, 55.2 Mbps için 300 m lik mesafelerden daha öteye erişememektedir. VDSL'in temel bir kullanım alanı, FTTN (Fiber to The Neighborhood) uygulamalarında görülmektedir. Santraldan gelen fiber hattının sonlandığı bir optik ağ ünitesi (ONU-Optik network unit) ile ev ya da işyerine bağlı olan tek bir bakır hat arasında uygulanan VDSL, binanın yakınlarına kadar gelen fiber hattını, evlere eski ya da yeni döşenen bakır hatlar üzerinden bağlamaktadır. Ya da bir gökdelenin bütün katlarına VDSL ile katlararası kısa mesafeli hatlarla ulaşılabilir (http://tr.wikipedia.org/wiki/VDSL, 8 Mart 2013).

d- G.SHDSL: (Symmetric high-bit-rate digital subscriber line) Download (alma) ve Upload (gönderme) hızları birbirine eşit DSL teknolojisidir. G.SHDSL 2 tel (1 çift bakır tel) üzerinden çalışır ve firmaya ayrı bir hat çekilir. Simetrik bant genişliği ve güvenli erişim imkanı sağlayan G.SHDSL, uzak ofisleri bulunan ve bu noktalarla veri iletişimi yapmak isteyen tüm firmaların kullanabileceği bir hizmettir. Teçhizat ve aylık kullanım ücretleri bakımından benzer hizmetlere göre daha avantajlı olup, 128 Kbps-2 Mbps arasında bant genişliği seçenekleri mevcuttur. Uzak ofisler arasında hızlı, güvenli, görüntü ve veri iletimi için uygun bir teknolojidir. G.SHDSL, günümüzde Internet erişimi, uzaktan eğitim (E-Learning), uzak alan ağlarının (WAN- - Wide Area Network) birbirine bağlanması ve IP Telephony gibi yüksek bant genişliği gerektiren uygulamaları desteklemektedir (www.turktelekom.com.tr, 3 Şubat2014).

e- WiMAX: (Worldwide Interoperability for Microwave Access) Taşınabilir ve mobil erişimleri destekleyen bir geniş bant kablosuz erişim teknolojisidir. Görüş hattında olan veya olmayan, noktadan noktaya, noktadan çok noktaya ve çok noktadan çok noktaya uygulamaları desteklemektedir. İdeal şartlarda 50 km'lik kapsama alanı içerisinde 75 Mb/s hızlarda ses, veri ve görüntüyü hizmet kalitesi ve güvenlik gerekliliklerinde taşıyıp dağıtabilmektedir. (www.turktelekom.com.tr, 3 Şubat 2014).

f- GSM : (Global System for Mobile Communications) Bir cep telefonu iletişim protokolüdür. Önceleri Avrupa Telekomünikasyon Standartlar Komitesi'nin Groupe Speciale Mobile isimli alt kuruluşunun ismini taşıyan GSM, daha sonraları sistemin küresel bir çapa ulaşmasıyla yeni adıyla anılmaya başlandı. En yaygın olan cep telefonu standardı olarak 212 ülkede 2 milyardan fazla insan tarafından kullanılmaktadır. En kullanışlı özelliklerinden birisi kullanıcıların aynı hat ile değişik ülkelerden görüşme (roaming) yapabilmeleridir. Tüm GSM standartları, hücresel ağ kullanır ve dolaşım sırasında bile hücreler arası geçiş yapma kabiliyetine sahiptir. Dolayısıyla teoride, eğer kapsama alanından çıkmazsanız, cep telefonu ile tüm dünyayı telefon konuşmasını kesmeden dolaşmak mümkündür.

Mobil Telefon Sistemlerinin aşağıdaki nesilleri vardır:

- 0G olarak adlandırılan ilk nesil sistemlerde, analog veri akışı kullanılır.
- 1G olarak adlandırılan ilk nesil sistemlerde, analog veri akışı kullanılır.
- 2G olarak adlandırılan ikinci nesil sistemlerde sayısal veri akışı kullanılır.
- 2.5G olarak adlandırılan ikinci nesil sistemlerde devre anahtarlamalı sistemlere ilave olarak paket bazlı veri iletişimin eklenmesini (GPRS 'General Packet Radio Service', EDGE 'Enhanced Data rates for GSM Evolution') içeren şebekeleri ifade eder. GSM [[2G] ve [2.5G]] kategorisine giren ikinci nesil bir sistemdir
- 3G olarak adlandırılan üçüncü nesil sistem ile daha hızlı veri transferi ve bant genişliğinin daha verimli kullanımı mümkün olmuştur.
- 4G olarak adlandırılan dördüncü nesil sistem ile kapsama alanı başta olmak üzere 3G ile çözilememiş olan sorunların çözülmesi beklenmektedir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Gsm>, 20 Aralık 2014).

g- MPLS : (Multi Protocol Label Switching) Teknolojisi en basit olarak OSI (Open Systems Interconnection) 2. katmanındaki anahtarlama (switching) ve OSI 3. katmanındaki yönlendirme (routing) işlemlerinin entegre edilmesi olarak açıklana bilinir. 2. katmandaki anahtarlama işlemi yüksek hızlarda yapılabilirken 3. katmandaki yönlendirme işlemi nispeten daha yavaş yapılabilmektedir. MPLS teknolojisi bu iki ayrı işlemi kontrollü bir şekilde entegre ederek daha hızlı ve gelişmiş hizmetler verebilen

data ağı oluşturmaktadır. MPLS'in temel mantığı yavaş yapılabilen yönlendirme işlemini ağı giriş noktalarında, gereken çıkış noktasını belirleyerek bir kez yapmak ve ağı içinde hızlı bir şekilde anahtarlama yapmaktır. Ağı giriş noktalarında yapılan yönlendirme işlemi sırasında data paketlerine atanan MPLS etiketleri ile ağı içinde bu etiketlere göre hızlı bir şekilde anahtarlama yapılması yeterli görülmektedir (www.turktelekom.com.tr, 3 Şubat 2014).

h- ATM : (Asynchronous Transfer Mode) Tarihçesi 70 ve 80'lerde broadband ISDN'in geliştirilmesiyle başlayan bir teknolojidir. Verileri 53 byte sabit büyüklükte hücreler halinde ileten bir ağı tekniğidir. Bağlantı temelli bir teknolojidir. Veri iletimi için paket anahtarlamanın bir türü sayılabilecek bir yöntem olan hücre aktarımı (cell relay) tekniğini kullanır. Bu teknik sanal devreler oluşturarak devre anahtarlamanın avantajlarından da faydalanır. Paket anahtarlama da olduğu gibi (Örneğin, X. 25, Frame Relay, TCP/IP), ATM çoğullama ve anahtarlama işlevlerini bütünleştirir, patlamalı trafik için uygundur (Devre anahtarlamanın aksine), ve farklı hızlarda çalışan cihazların haberleşmesine müsaade verir. Yalnız paket anahtarlamanın aksine, ATM yüksek performanslı çoklu ortam ağı için tasarlanmıştır. Beklenilenin aksine yerel ağlarda kullanımı kısıtlı kalmış, günümüzde daha çok iletişim ve bilgisayar ağı arasında hızlı omurga (backbone) yapıları oluşturmak için kullanılmaktadır (http://tr.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode, 5 Mayıs 2014).

i- TDM: (Time-division multiplexing) Digital veya analog (fazla rastlanmayan) multiplexing tiplerinden biridir. Bu tip multiplexing de birden fazla sinyaller veya bit stream'ler aynı kanal üzerinden birden fazla sinyalin gönderilmesiyle olur fakat fiziksel kısımda bu işlem her kanala belirli bir zaman parçası (timeslot) ayırmakla meydana gelir. Bu kanallar aktarımı yapan kanal (transfer channel) üzerinden sırayla verileri gönderir. TDM genellikle SDH ve SONET (Synchronous Optical Networking), kiralık devrelerde ve network transmission standartlarında kullanılır. TDM multiplexing 2 şekilde elde edilebilir eşzamanlı (synchronous) ve eş-zamansız (asynchronous).

- **Synchronous TDM:** Synchronous TDM'de multiplexer aynı zaman birimini, kanalı kullanan cihazlara ayırır, bu ayırım olayı cihazın kanalı kullanıp kullanmadığına bağlı değildir, örneğin eğer TimeSlot-1 X cihazı için ayrılmışsa ve X cihazının kanalı kullanma ihtiyacı olmasa bile herhangi bir cihaz bu kanalı kullanamaz.

- **Asynchronous TDM:** Asynchronous TDM'de TimeSlot'ları cihaza göre ayrılmamıştır . Her birim/boşluk (slot) sinyalin gönderileceği cihazın detaylarını (index) ve mesajın kendisini tutar. Böylelikle her bir frame de slot sayısı mesajı gönderen cihazların sayısına eşit olmak zorunda değildir. Asynchronous TDM transfer kanalının maximum bir şekilde kullanılmasına yardımcı olur ve aynı zamanda birden fazla yavaş input kanalının hızlı bir kanala dönüştürülmesine yardımcı olur.

j- GPON: (Gigabit Passive Optic Network) İletim büyük oranda fiber optik üzerinden yapılır. Abonelere dağıtım yapılırken de, bölücüler (splitter) kullanılır. Splitter'ler koaksiyel kablolarda olduğu gibi bir kabloda gelen sinyali belirli sayıda kabloya böler. Böylece örneğin, bir binaya gelen tek bir fiber 2...64 arası aboneye kadar bölünerek tüm dairelerin fiber optik altyapıyı kullanmasına olanak sağlar. Veri hızı çok yüksek olduğu için (+/- 1Gb mertebesi) çok hızlı internet erişiminin yanı sıra tv yayını, video konferans, telefon, faks gibi her türlü iletim sorunsuz olarak kullanılabilir.

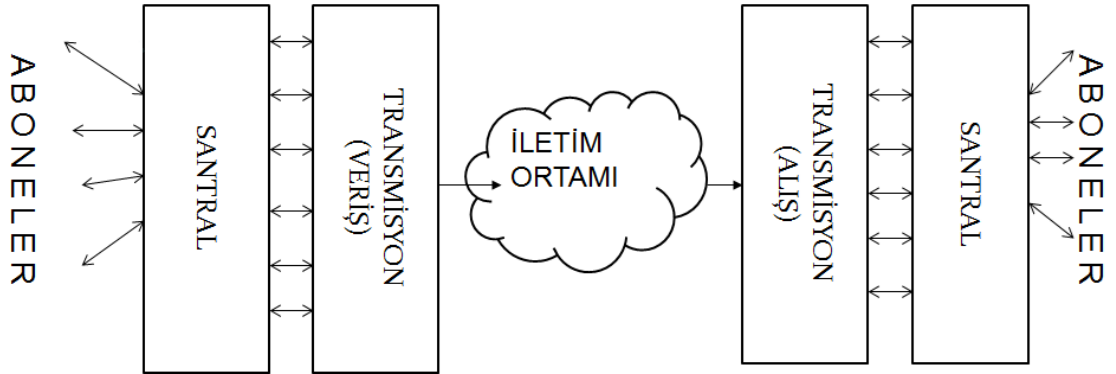
BÖLÜM II

UZAK ARA İLETİM SİSTEMLERİ

Belirli bir noktaya doğru iletilmek istenilen bilgi sinyallerinin çoğullanıp, yüksek frekanslı taşıyıcılar veya kablolar vasıtasıyla uzak mesafelere iletimini sağlayan sistemlere uzak ara iletişim sistemleri (Transmisyon Sistemleri) denir.

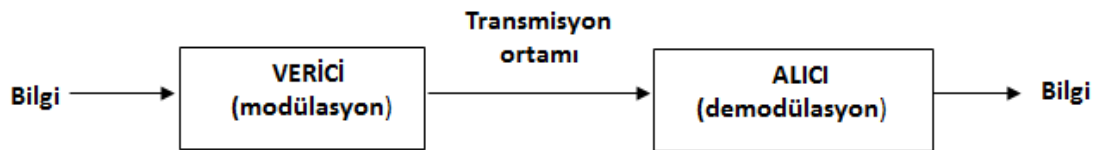
2.1 Transmisyon Sistemleri Ana Elemanları

İletilmek istenen bilgi alıcıya uzak ara iletişim sistemleri ile iletilmektedir. Telekomünikasyon sistemleri örnek blok şeması Şekil 2.1 de gösterilmektedir. Bu gösterimde bir santrale bağlı abone diğer santrale bağlı aboneye transmisyon alışı ve verişi yönleri ile iletim ortamı üzerinden haberleşmektedir.



Şekil 2.1 Telekomünikasyon sistemleri örnek blok şeması

Şekil 2.2 de bilginin transmisyon ortamı üzerinde genel olarak iletim yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Transmisyon unsurları

Bilgi: ihtiyaçlar doğrultusunda temin edilmiş teknik sanat, bilimsel ve felsefi kaynaklı olabilecek çok boyutlu ve çok yönlü varlıktır.

Verici: İletilmek istenilen bilgileri seçilen iletim ortamında yayılabilecek bir taşıyıcı sinyal üzerine bindirir. Bu işleme modülasyon denir.

Alıcı: İletim hattı üzerinden gelen modüleli sinyali ayrıştırarak tekrar bilgiye dönüştürür. Bu işleme demodülasyon denir.

Modülasyon: İki merkez arasındaki transmisyonunda bilgi işareti sayısal elektriksel işarete dönüştürülmüş olsa bile belli bir iletim ortamında (Fiberoptik , Radyolink, Koaksiyel kablo gibi) verimli bir şekilde iletilemez . Bu nedenle bilgi işaretini iletim ortamına uygun hale getirmek gereklidir. Bu işlem modülasyon diye adlandırılır . Modülasyon işleminde bir taşıyıcı sinyal vardır ve bu sinyalin çeşitli parametreleri (ör : genlik , frekans , faz) düzenli bir şekilde değiştirilir Bir taşıyıcı sinyal ile bilgi sinyalini birleştirmekten ibaret olan ve iletişim teknolojisinde kullanılan bir yöntemdir. Yöntem başlarda anten yoluyla yapılan yayınlar için öngörülmüş ise de, günümüzde kablolu, kablosuz her tür iletişimde kullanılmaktadır. Çok alçak frekanslı sinyallerin (örneğin ses) çok uzak mesafelere gönderilmesi güçtür. Bu nedenle alçak frekanslı sinyalin, yüksek frekanslı taşıyıcı bir sinyal üzerine bindirilerek uzak mesafelere taşınması sağlanabilir.

Modülasyonun gerekliliği sebeplerinden biri herhangi bir değişken elektriksel sinyali elektromanyetik dalgalarla bir antenden iletebilmek için sinyalin frekansına göre hesaplanan dalga boyunun $\frac{1}{4}$ i büyüklüğünde antene ihtiyaç duyulmasıdır.

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

λ : Dalga Boyu

C : Işık Hızı

f : Sinyalin frekansı

Örnek olarak ses sinyalini hiçbir modülasyon işlemine tabi tutmadan elektromanyetik sinyallerle iletmek gerekirse ihtiyaç duyulacak anten boyu aşağıdaki gibi hesaplanır. Bilgi işaretini göndermek için gerekli anten boyu, dalga boyunun katları olmak zorundadır. Anten boyları genellikle $\lambda/2$ ve $\lambda/4$ uzunluktadır. Bilgi işaretinin frekansı

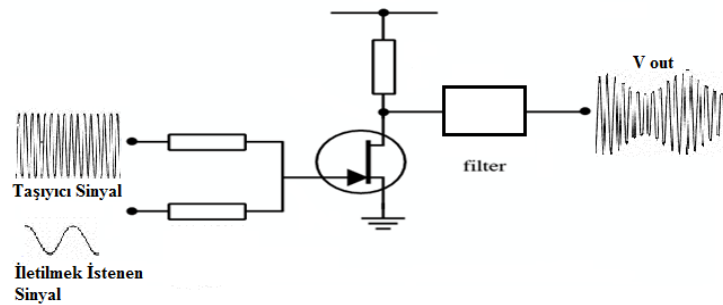
düşük olduğundan dalga boyları çok büyüktür. Dolayısıyla bilgi işaretini modülesiz olarak iletebilmek için kullanılacak anten boyları da çok büyük olmak zorundadır. Çoğu zaman bu büyüklükte anten kullanmak imkânsızdır. Hâlbuki bilgi sinyali kendinden çok yüksek frekanslı bir taşıyıcı sinyal ile modüle edildiğinde bilgi çok daha küçük boyutlu antenler vasıtasıyla gönderilebilir. Bunu şöyle bir örnekle açıklayalım: 20 KHz' lik yani

$$\lambda = \frac{300 \times 10^6}{20 \times 10^3} = 15000 \text{ Km.}$$

dalga boyuna sahip bir bilgi sinyalini modülesiz olarak göndermek istersek kullanacağımız antenin boyu $\lambda / 4 = 15000/4 = 3,75 \text{ km}$ olmalıdır.

Bu boyutlarda anten olması mümkün değildir. Bir an için bu durumun gerçekleşebileceğini düşünelim. Karşılıklı iki istasyonda da aynı frekanslarda yayılım olacağı için elektromanyetik sinyaller birbirini bastıracaktır.

Modülasyon işlemiyle anten boyutu ve elektromanyetik dalgaların girişimi sorunları çözümlenir. Modülasyonda kullanılan taşıyıcı frekansı yüksek olduğu için anten boyutu küçük olur. Karşılıklı iki istasyonda kullanılacak taşıyıcı frekanslar da birbirinden farklı seçilerek sinyallerin girişim olayı da çözümlenir (MEB EE Teknolojisi, 2007). Şekil 2.3 de iletmek istenilen düşük frekanslı bilginin, taşıyıcı yüksek frekanslı sinyal üzerine bindirilmesi ile elde edilip iletim ortamına verilen bilgi işaretini sağlayan elektriksel devrenin örnek yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Bilgi işaretinin modülasyonu

Demodülasyon: Modülasyon işleminin tersi, yani taşıyıcı sinyal ile bilgi sinyalinin birbirinden ayrılmasıdır. İletim hattı üzerinden gelen modüleli sinyali ayrıştırarak tekrar bilgiye dönüştürür.

2.2 Uzak Ara İletim Sistemleri

The diagram illustrates the structure of a telecommunications network. At the center is a large cloud labeled "UZAK ARA İLETİŞİM SİSTEMLERİ" (Long Distance Communication Systems). To the left, various access technologies connect to this central cloud:

- Top Left:** A laptop connects to a "MODEM", which connects to a "DSLAM", then to "MPLS", and finally to an "IP" cloud.
- Middle Left:** A computer and a phone connect to an "ADSL" box, which connects to an "ABONE SANTRALİ" (Subscriber Central Office). The "ABONE SANTRALİ" also connects to an "İLLER ARASI SANTRAL" (Inter-city Exchange).
- Bottom Left:** A mobile phone connects via a radio signal to a "GSM SANTRALİ" (GSM Central Office), which also connects to the "İLLER ARASI SANTRAL".
- Bottom Center:** A "PCM" box connects to an "ABONE SANTRALİ". This "ABONE SANTRALİ" connects to an "ADSL" box, which in turn connects to an "X25" box. Another "ADSL" box connects directly to the "İLLER ARASI SANTRAL". A "CENTREX SANTRAL" (Central Office) also connects to the "İLLER ARASI SANTRAL".

On the right side, an arrow points from the central cloud to two smaller clouds labeled "DİĞER İLETİŞİM NOKTALARI" (Other Communication Points).

Şekil 2.4 Telekomünikasyon ağı

Uzak ara iletişim hizmetleri uygulamaları aşağıdaki gibidir.

PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)
SDH (Synchronous Digital Hierarchy),
DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)

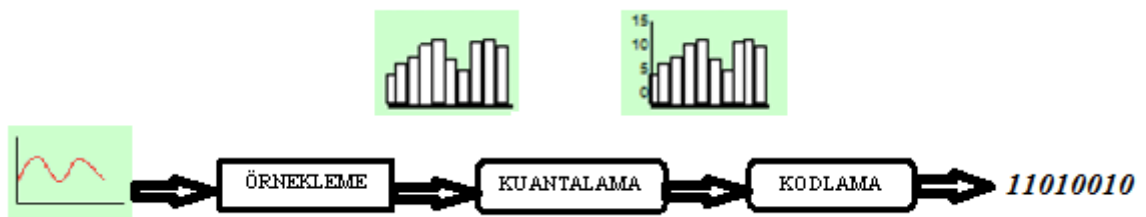
2.3 PDH Sistemleri

Sayısal çoğullama sistemleri tarihsel gelişim sırasına göre ilk çeşididir. PDH, 80'li yılların başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa ve Kuzey Amerika'da iki farklı standartta oluşmuştur. K. Amerika'da sistemin farklı seviyeleri T.1, T.2, T.3, ve T.4 diye isimlendirilmiştir. Avrupa'da ise E.1, E.2, E.3 ve E.4 diye isimlendirilmiştir(Coşkun, 2011).

Analog sistemlerde 0-4 khz bandı bir telefon konuşması için yeterlidir. Sayısal teknikte ise 0-4 Khz. banttan 2 katı bir frekans ile örnek alınırsa sinyalin taşıdığı bilgiden hiçbir kayıp olmadan örnek alma işlemi yapılmış olur. Örnekleme işlemine PAM (Pulse Amplitude Modulation) darbe genlik modülasyonu denmektedir.

PCM (Pulse Code Modulation) tekniğinde analog bilgiler sayısala dönüştürülür. Böylece sayısal bilgilerin transmisyonda hata ve bozulmaları kolaylıkla kontrol edilmiş olur. Bu nedenle sayısal teknikte kalite çok yüksektir. Örnekleme işlemi ile elde edilen PAM Darbeleri binary sayılarla ifade edilmek üzere kuantalanır (bir niceliği sayılar cinsinden göstermek) ve ardından kodlanır. Böylece analog bilgi (1) ve (0) lardan oluşan sayısal bilgiye dönüştürülmektedir.

Bir ses kanalı Darbe Kodlu Modülasyon Tekniği (PCM) kullanılarak 64 Kb/s hızında sayısal bir işarete dönüştürülmektedir. PCM tekniğinde işaret Örnekleme Kuantalama kodlama aşamalarında geçerek iletim ortamına verilir. Bu aşamaların görsel grafiği şekil 2.5 de verilmiştir. Bu işaretin katettiği iki santral arasındaki yolda ise Zaman Paylaşımlı Çoklama (Time Division Multiplex) yöntemi kullanılmaktadır. 32 kanal birleştirilerek 2 Mb/s hızında bir sayısal dizin elde edilmektedir (Coşkun, 2011).



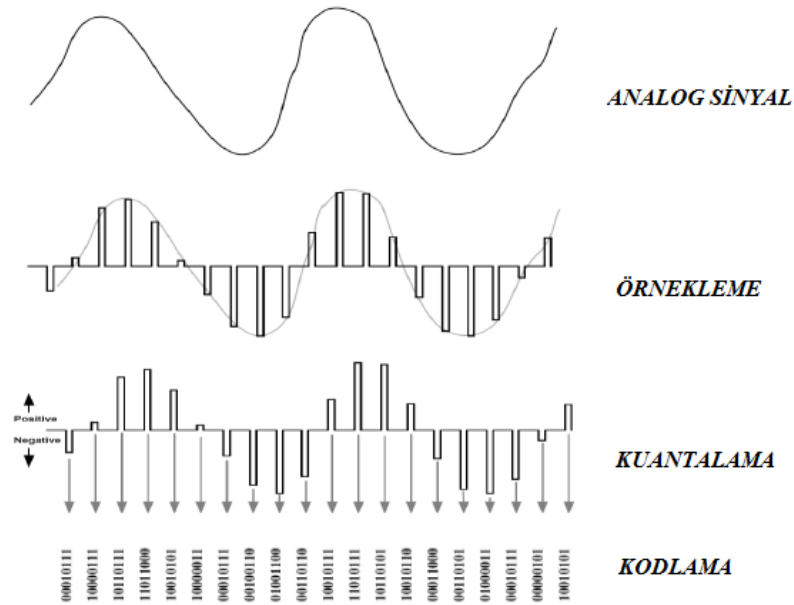
Şekil 2.5 Darbe kod modülasyonu (PCM:Pulse Code Modulation)

Kısaca aboneden analog sinyal alınıyorsa önce 2 Mb/s PCM sistemi tarafından sayısal bilgi şekline dönüştürülür. Sonra zaman paylaşmalı bu sistemin her bir zaman aralığına bir kanal bilgisi gelecek şekilde yerleştirilir. TDM sistemleri Örnekleme İlkesi NYQUIST adı verilen bir teoriye göre çalıştırılmıştır.

Nyquist tarafından 1928'de ortaya konmuş teorem. İspatı Claude Elwood Shannon tarafından 1948'de yapılmıştır. bu nedenle Nyquist - Shannon Sampling Theorem olarak da anılmaktadır.

“B” bant genişliğine sahip bir bilgiyi, bir yerden başka bir yere tüm özellikleri ile taşıyabilmek için her bir saniyede $2xB$ adet örneğin alınıp iletilmesi gerekli ve yeterli olmaktadır. Bu işleme örnekleme denmektedir. Yani senkron anahtar her bir kanala 1 saniyede en az $2xB$ kere bağlanarak o andaki gerilim örneğini alıp karşı alıcıya ulaştırmak zorundadır(John Wily ve Sons, 1982).

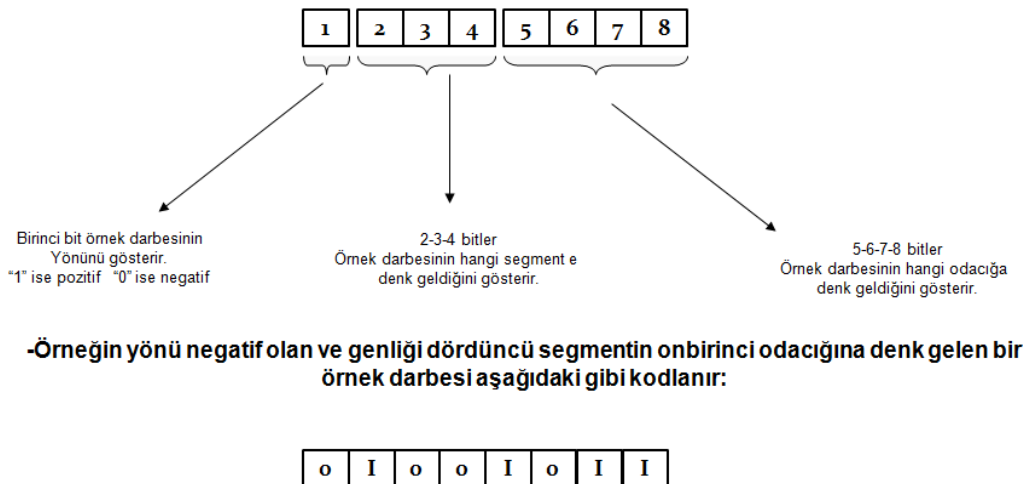
Alınan örnekler PCM tekniğinde elde edilen işaret 8 bitlik dijital işaretlerle ifade edileceği için belirli seviyelere çekilir bu işleme Kuantalama denir. Bu işaretler 2 Mb/s çerçeve bilgilerini oluşturur. Daha sonra hat kodu ile kodlanarak bir üst mertebeye 8Mb/s sayısal multiplex (TDM) sistemine verilir veya kanal kapasitesi yeterli ise hat teçhizatına verilerek karşı merkeze gönderilir. Son olarak kuantalanmış işaretten faydalanarak her bir seviye için sekiz bitlik kodlama ile sayısal işaret elde edilir(Megap, 2007). Örnekleme Kuantalama ve kuantalama aşamaları görsel olarak şekil 2.6 da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 PCM aşamaları (Ronayne, 2009).

Bir sayısal iletimin hızı; bir saniyede ürettiği, gönderdiği veya aldığı bit sayısına denir. Birimi bit/saniye = b/s dir. Bps (Bit Per Second) olarak da ifade edilir. Yüksek hızlar için kbps = 1000 b/s, Mbps = 1000.000 b/s, Gbps = 1 000.000.000 b/s birimleri kullanılır.

Kuantalama işlemiyle genliği tespit edilen her bir örnek darbesi 8 bit kullanılarak sayısal olarak kodlanır. 8 bit kullanılması sebebi şekil 2.7. örnek darbe ile anlatılmıştır.



Şekil 2.7 Örnek darbe

Bir sayısal iletim sisteminin hızı aşağıdaki genel formüle göre hesaplanır.

$$HIZ = (2 \times B) \times K \times C$$

B: İletilecek bilginin bant genişliğini

(2 x B): Bir saniyede alınacak örnek sayısını

K: Kodlama bit sayısını

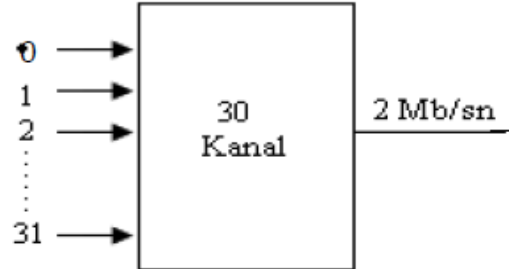
C: Aynı anda iletilecek kanal sayısını ifade eder.

TDM ve PCM iletim sisteminin temeli olan I. Mertebe PCM sistemi 0 dan 31'e toplam 32 adet 4 KHz bant genişliğindeki telefon kanalını 8 bitlik kodlama ile iletmek için tasarlanmış sistemlerdir.

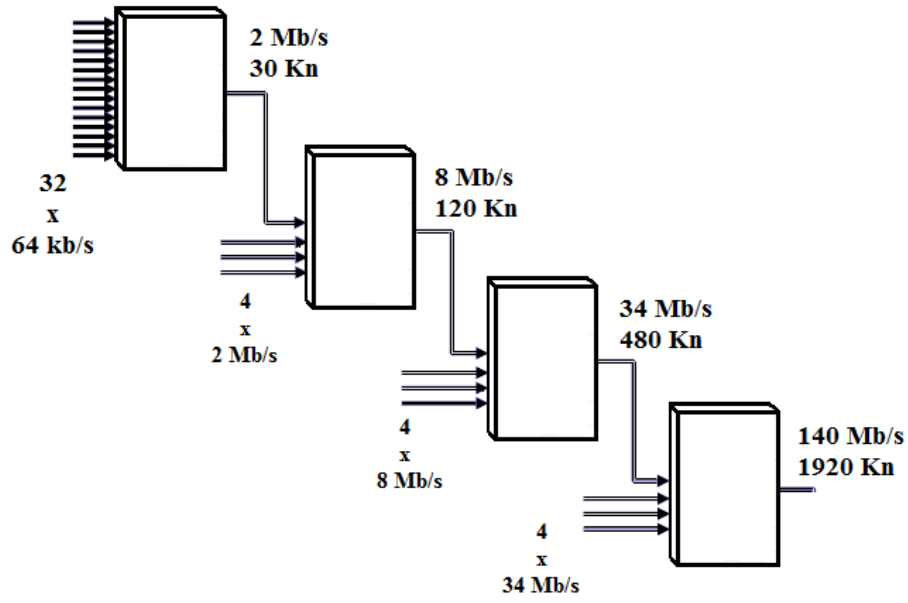
Bu sistemin hızı:

$$HIZ = 2 \times 4000\text{Hz} \times 8 \times 32 = 2\,048\,000 \text{ b/s}$$

= 2.048 kbps = 2,048 Mbps olarak belirlenmiştir. Şekil 2.8 (a) da 31 adet 4khz lık bilgi kanalının birleştirilerek 2 MB/sn lik temel mertebeye dönüştürülmesi belirtilmiştir. Şekil 2.8 (b) de ise bu birinci seviyenin kullanılan PCM donanımları ile daha üst mertebelere çoğullaması gösterilmiştir.



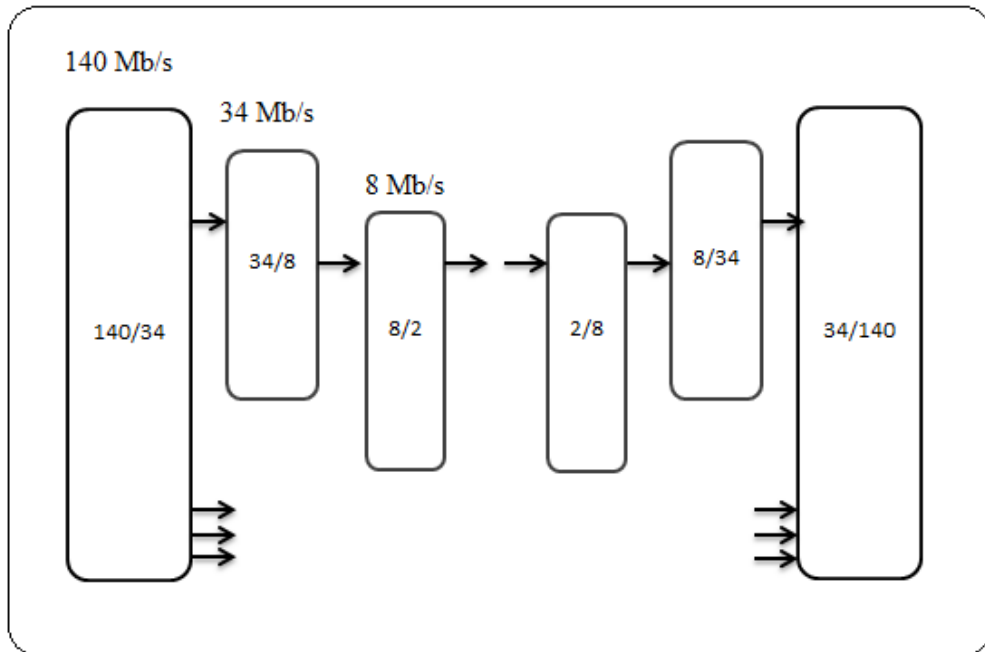
(a)



(b)

Şekil 2.8 a) Birinci merteye PCM sistemi
b) PCM PDH çoğullama hiyerarşisi (Coşkun, 2011).

PCM tekniğinde çoğullanan bu kapasiteler arası geçişte her bir kapasitenin karşı alıcı merkezde tekrar oluşturulması gerekmektedir. Bu kapasiteleri elde edebilmek içinde alıcı merkezde de yüksek kapasitelerden düşük kapasitelere bilginin dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm şekil 2.9 PCM PDH Çoğullama Hiyerarşisi yapısı ile gösterilmiştir.

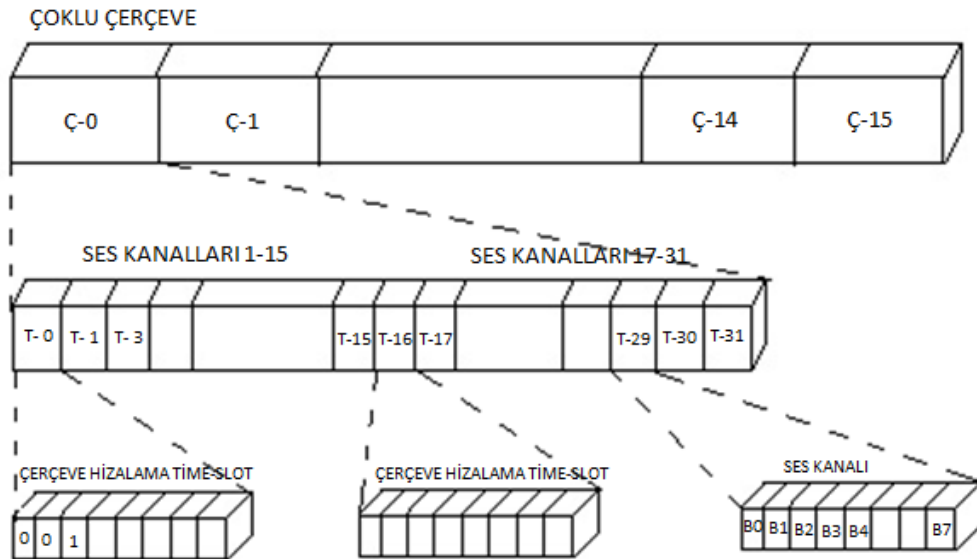


Şekil 2.9 PCM PDH çoğullama hiyerarşisi

Değişik sebepler nedeniyle dünyada PDH transmisyon şebekeleri farklı farklı gelişti. Kıtaları sayısal transmisyon linkleriyle birbirine bağlanmak gerektiğinde ise Avrupa ve Kuzey Amerika PDH sistemlerinin karışımı olan dördüncü bir hiyerarşi tanımlamıştır. Bu da enternasyonal ara bağlantıyı zorlaştırmıştır. Tüm PDH ekipman üreticileri optik linklerdeki iletim performansını izlemek için kendi hat kodlarını kullanmıştır. Böylece iletim linkinin iki ucundaki ekipmanın aynı cihaz sağlayıcıdan temin edilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Bu ise ağ yapılandırması, yönetimi ve ağ ara bağlantıları için çeşitli zorluklara sebep olmuştur.

2.3.1 PDH çerçeve yapısı

2 Mb/s çerçeve yapısı 0 dan 31 e kadar numaralanan ve herbiri 8 bitten(1 byte) oluşan kod sözcüklerini içeren 32 zaman diliminden oluşmaktadır. Bu 32 kanallı bir çerçeveden 16 adedi çoklu çerçeveyi oluşturur. Çerçevenin toplam bit uzunluğu $32 \times 8 = 256$ bittir. Tekrarlama frekansı 8 khz($125 \mu s$) 0 nolu zaman dilimi senkronlamayı sağlar. 16 nolu zaman dilimi 30 telefon kanalına ilişkin işaretleşme bilgilerini taşır. Diğer zaman dilimlerinden (1-15 ve 17-31 kanallarından) konuşma bilgisi gitmektedir. Bu durumda transmisyon hızı; $32 \times 8 \text{ bits} \times 8000 = 2.048 \text{ Mb/s}$ dir(www.itu.int, 2015). Şekil 2.10 da yukarıda açıklaması verilen PDH Çoklu Çerçeve Yapısının algoritması gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Çoklu çerçeve yapısı (Coşkun, 2011)

2.4 SDH Sistemleri

Telekomünikasyon operatörleri 1970’li yıllardan itibaren sayısal transmisyonla tanıştılar. İlk yıllar çok az sayıda ses frekansı kanalının çoklandığı birinci merteye PCM sistemlerini kullanımdaydı. Daha yüksek kapasite ihtiyaçları nedeniyle sonradan 120 veya 480 kanal çoklayan yeni bit hızları belirlendi. Bu transmisyon sistemlerini tanımlayan standardizasyon setine PDH denildi. Bu PDH standardına dayanan transmisyon sistemlerinin bazı zayıf yönleri mevcuttur. Zamanla daha yüksek kapasiteli esnek ve iyi bir transmisyona ihtiyaç duyulmuştu. Ve bu ihtiyaç 1980’li yılların ortasında ABD de bellcore laboratuvarında SONET standardı ile neticelenmiştir.

Optik kablolarının kullanılmaya başlamasından önce uzak mesafe transmisyon şebekelerinde koaksiyel kablolar kullanılmaktaydı. Optik fiber 2 Mb/sn 140 Mb/sn ve hatta daha yüksek hızları taşıyabilmektedir. Sonuç olarak optik fiberin taşıdığı bit hızından bağımsızdır. Optik kablolu transmisyon linkleri kullanılan bir şebekenin yapısı farklıdır. Geleneksel yapıdaki uçtan uca linkler bir ring yapısı ile değiştirilebilir.

Tam anlamıyla senkron ve sayısal bir hiyerarşidir. Senkronizasyon sinyali, belirli bir merkez tarafından üretilerek tüm transmisyon şebekesine dağıtılır ve her merkez bu senkronizasyon sinyalini kullanarak iletim sağlarlar.

SDH dijital işaretlerin karakteristiklerini (çerçeve yapısı, çoğullama yöntemleri, dijital hız hiyerarşisi, arayüz kod desenleri gibi) tanımlayan iletim sistemi (protokol) dir. SDH, optik kablolarla kullanılmaya başlamadan önce uzak mesafe transmisyon şebekelerinde koaksiyel kablolar kullanılmaktaydı. Koaksiyel kablonun fiyatı, band genişliğine göre yüksekti. Optik fiber bugün çok yüksek hızları taşıyabilmektedir.

Yüksek kapasiteli, esnek, yönetilebilir bir transmisyona ihtiyaç ile 1980’li yılların ortasında ABD de Bellcore laboratuvarında SONET standardı geliştirilmiştir. CCITT bu standardı içerik olarak kabul etmekle birlikte dünya genelinde kullanılacak şekilde bazı değişiklikler yapılarak 1988 yılında SDH standardı oluşturmuştur (Alcatel–Lucient, 2012).

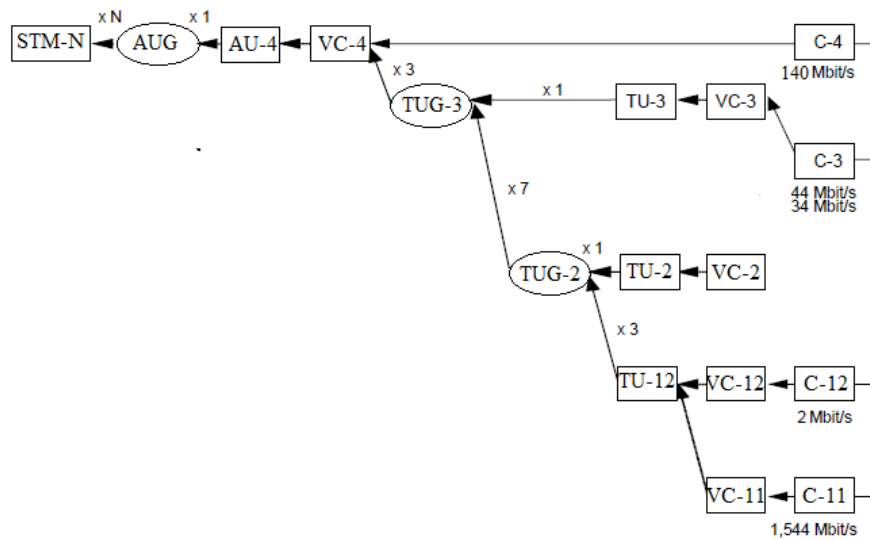
SDH de bit hızları STM-1 çerçevesinin bit hızının N katıdır.

- STM-4-622,080 Mb/sn
- STM-16-2488,320 Mb/sn
- STM-64-9953,280 Mb/sn dir.

Asenkron çoğullama yöntemi ve esnek eşleştirme yapısı kullanıldığından, PDH düşük-hız tributary işaretleri (örneğin 2Mb/s) de SDH işaret çerçevesine (STM-N) çoğullanabilir. Bunların STM-N çerçevesindeki yerleri de tahmin edilebilir. Böylece, düşük-hızlı işaretler doğrudan SM-N işaretlerine eklenebilir/çıkarılabilir. Bu da çok sayıda çoğullama/ayırıştırma ekipmanı kullanımını önlemekte, güvenilirliği arttırmakta, ve işaret bozulmalarını azaltmakta, güç kullanımını ve ekipman karmaşıklığını düşürmektedir. ekleme/çıkarma işlemleri de daha da basitleşmektedir.

2.4.1 SDH çerçeve yapısı

SDH Transmisyon çerçevesi, Senkron Transport Modül (STM) olarak adlandırılır ve SDH hiyerarşi seviyesi göstermek üzere STM-N şeklinde kullanılır. Şekil 2.11 STM-N Çoklama Yapısında, iletilmek istenilen bilgiyi taşıyan taşıyıcı işaret, iletim hattı boyunca bilginin karakteristiğini oluşturacak ve bilgiye yol boyunca kılavuzluk edecek yol işaretleri eklenerek bilginin kapasite farklılıklarıyla VC, TUG AU ve STM kapasitelerini oluşturmaktadır. Şekil 2.11 de kapasitenin çoklama yapısındaki aşamaları grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.11 STM-N çoklama yapısı (www.itu.int, 2015)

Taşıyıcı (Container) (C): SDH hattında taşınmak istenen bilgi için temel paketleme bilgisidir. Özel bir taşıyıcı her bir merteye için (2Mbit/s, 34Mbit/s, 140 Mbit/s) sağlanmıştır.

Sanal taşıyıcı (Virtual Container) (VC): Taşınmak istenilen bilgiye iletim hattı boyunca bilginin karakteristiğini oluşturacak ve bilgiye yol boyunca kılavuzluk edecek yol işaretleri eklenerek sanal conteynır oluşturulur eklenen bu POH bilgileri:

J1: path trace fonksiyonu

B3:hata ölçüm fonksiyonu

C: yol işaret etiketi (signal Label) dır. ve VC payload tipini tanımlar.

- 00000000 : VC yolu bir tesisata bağlanmamıştır. (Unequipped)

- 00000001 : VC yolu teçhizata bağlı, fakat payload yapısı belirlenmemiş.

- 00000010 : TUG payload yapısı

G1: G1 byte yol statü baytıdır.

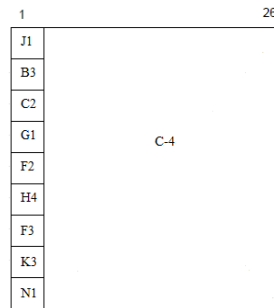
F2 ve f3 : servis kanalı olarak kullanılır.

H4: çoklu çerçevede çerçeve sıra numarasını belirtir.

K3: 1-4 arası bitler path koruması için kullanılır.

N1 : Tandem bağlantı sub-layer monitörlleme için.

Bu bilgiler şemasal olarak şekil 2.12 desanal taşıyıcı yapısı, şekil2.13 de Tributary Unit Group TU ve TUG yapısı, şekil 2.14 de SD STM-1 Çerçeve yapısı olarak gösterilmiştir.

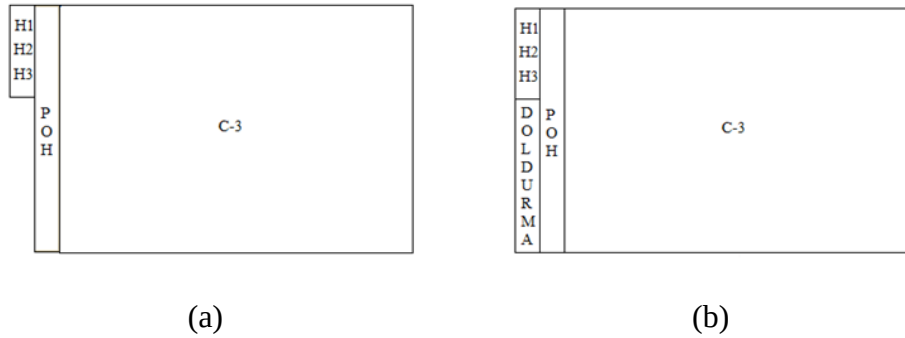


Şekil 2.12 Sanal taşıyıcı yapısı

Tributary unit (TU) : VC işaretleyici bilgi eklenmesiyle oluşturulur.

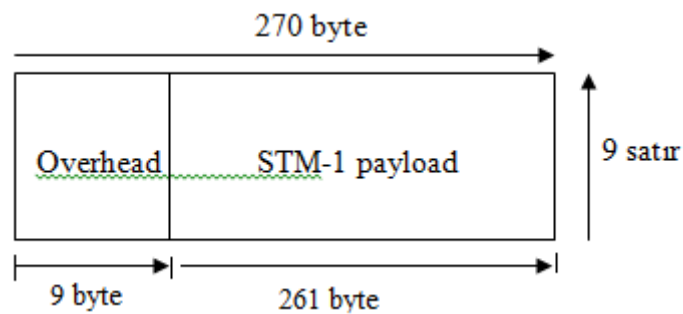
$$TU = VC + TU \text{ Pointer}$$

Tributary unit group (TUG) : Çerçeve yapısındaki byte boşlukları doldurularak tug elde edilir. Ayrıca alt mertebe seviyeler birleştirilerek TUG seviyesi elde edilir.



Şekil 2.13 Tributary unit group tu (a) - tug (b)

Administrative unit (AU): Bütün işaretlerin ve bilginin eklenmiş hali.



Şekil 2.14 SDH STM-1 çerçeve yapısı

SDH çerçeve yapısı 2430 byte bilgiyi 128 mikrosaniye de iletmektedir.

Bu saya de;

Bir saniyedeki bit hızı = $2430 \times 8(\text{bit}) \times 8000(\text{saniyedeki örnek})$

=155 520 000 Bit/sn olur.

Buda 155.520 Mbit/sn'ye eşittir.

SDH yüksek mertebe çerçeve yapılarında tanımlanan genel olarak STM-N

9 x 9 byte x N

9 x 261 x N

Sonuç olarak bit hızı STM-1 çerçevesinin bit hızının N katıdır.

STM-4-622,080 Mb/sn

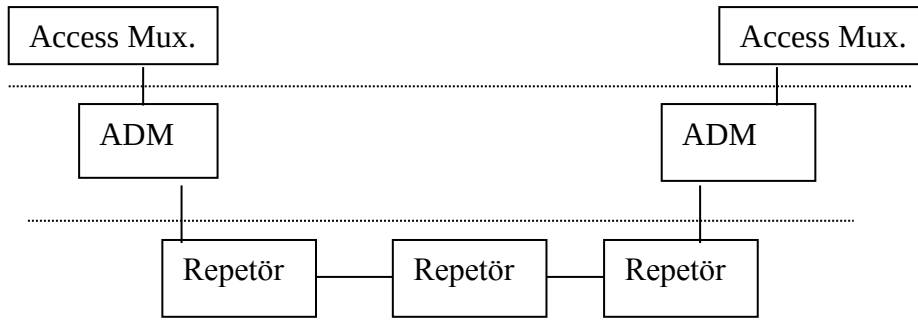
STM-16-2488,320 Mb/sn

STM-64-9953,280 Mb/sn dir.

Tüm STM çerçeveleri 125 mikro saniye periyodludur(SDH Teorisine Giriş Alcatel – Lucuent ve SDH Pocket Guide, 2013).

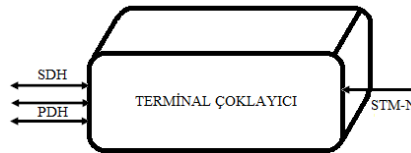
2.4.2 SDH katmanları

SDH transmisyon şebekesini katmanlı bir yapıda ele alır. Bu katmanlar; Yol (Path) katmanı, Mux. Section katmanı, Repeater section katmanı Şekil 2.15 ile gösterilmiştir. Access Mux katmanı iletilmek istenilen bilginin sisteme giriş ara yüzüdür. Ekle-çıkart çoğullayıcı sistemler ile (ADM: add drop Multiplex) ara kapasiteler ana bilgiye eklenip çıkartılabilinmiştir. Repetörler bilgiyi daha uzak mesafelere iletmek için kullanılan ara sistemlerdir.



Şekil 2.15 SDH transmisyon katmanı

Bir SDH sistemi terminal, ADM (add drop multiplex) ve Repetör Tekrarlayıcı olmak üzere üç farklı şekilde de kullanılır. Terminal sistemi olarak kullanılan bir SDH sistemi şema olarak şekil 2.16 da gösterilmiştir.



Şekil 2.16 SDH uç noktası

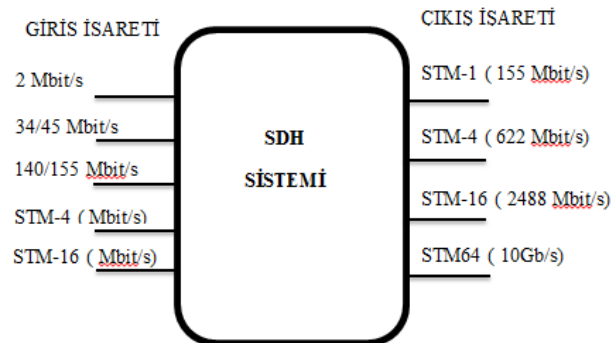
SDH bir transport işlemi ile girişteki PDH veya SDH işaretlerini (2;34;45;140;155;622;2488 Mb/s) tek bir temel çerçeve kullanarak çıkıştaki SDH mertebesine, işaretleri taşıyan bir sistemdir. SDH denmesinin nedeni taşınan işaretlerin senkron olmasıdır. Yani 155 seviyesinde giren işaretlerin tam katı olmasıdır.(155xN)

N=1,4,16,64 olabilir. Yani bir fiber çifti üzerinden mevcut Aggregate kartlarının taşıma kapasitesine göre 1,4,16,64 adet 140 veya 155 Mb/sn hız taşıyabilmektedirler. Şekil 2.17 de bir SDH düğüm noktasının doğrudan 2Mbit/s mertebesinin 155 Mbit/s mertebesine eklenmesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil. 2.17 SDH düğüm (Bir çoklayıcı)

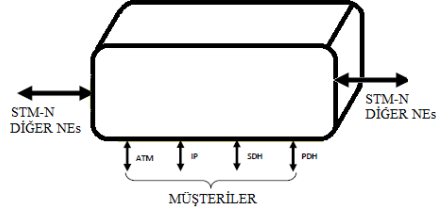
SDH sistemlerinde taşınan sinyalin temel hız seviyesi 2 Mb/s olup bu mertebe çoklayıcı kartlarla istenilen mertebelere yükseltilebilir. 2Mb/s hızındaki temel seviye kademeli artan değışkenden bağımsız, direk bir başka kademeye geçiş şeklinde olabilir. Elde edilen kapasiteler bir düğüm noktasında 2 Mb/s mertebesinin çoklanmasıyla, 34Mb/s, 155 Mb/s, 625 Mb/s, 2.5 Gb/s 10Gb/s hızlarında olabilir. Aynı zamanda diğerk mertebelerin kendi aralarında kademe gözetmeksizin çoklanması gerçekleştirilebilir. Şekil 2.18 de her hangi bir kapasitedeki giriş işaretinin SDH düğüm noktasında her hangi bir kapasiteye çıkış işaretinde eklenebileceğini gösterimi şekilsel olarak yapılmıştır.



Şekil 2.18 SDH düğüm (Çeşitli çoklama)

Çoğullanmış işaretlere add/drop multiplekslar ile ekleme ve ya çıkartma yapılabilir. Yani iletim hattındaki 155 Mb/s hızındaki bir sinyalin içerisinde sinyal içerisindeki

boşluğa 2Mb/s veya 34Mb/s hızında sinyaller eklenebilir. Bu işaretler SDH PDH ATM veya IP tabanlı bir işaret olabilir. Şekil 2.19 da Toplama Çıkarma Merkezinde herhangi bir işaretin STM-N seviyesindeki boşluklara eklenip çıkartılması şematik olarak gösterilmiştir. Çizelge 2.1 Çoklayıcı sistemdeki kapasite mertebelerini ve bu kapasitelerde taşınabilecek PSTN abone sayısını göstermektedir.



Şekil 2.19 ADM toplama çıkarma merkezi

Çizelge 2.1 Çoklayıcı sistemlerin kapasite mertebeleri

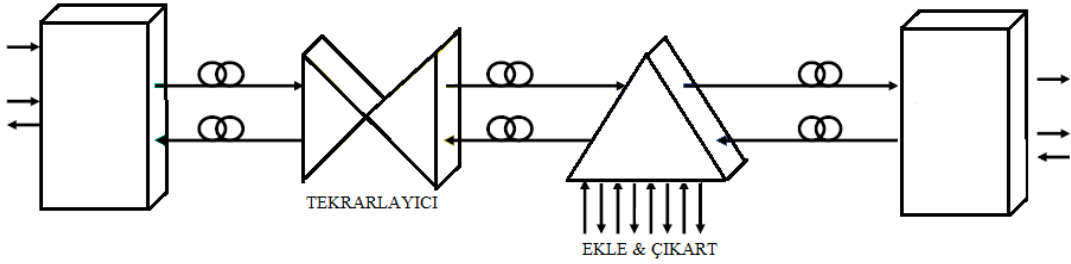
Kanal Hızı	Abone Sayısı
64 Kbit / s	1
2 Mbit / s	30
34 / 45 Mbit / s	480
STM-1 (155 Mbit / s)	1920
STM-4 (622 Mbit / s)	7680
STM-16 (2,5 Gbit / s)	30.000
STM-64 (10 Gbit / s)	120.000
STM - 256 (40 Gb / s)	480.000
Gelecekte	~2.000.000

Şekil 2.20 de şemasal olarak gösterilen tekrarlayıcı merkezler sayesinde sinyaller yeniden üretilir veya tekrarlanır. Bu şekilde sinyalde meydana gelen gürültüler giderilerek zayıflamalar tolerans edilmiş olur. Yeniden üretilen sinyaller uzak mesafelere kayıpsız iletilmiş olur.



Şekil 2.20 SDH yenileyici veya tekrarlayıcı merkez

Bir SDH topolojisinde düğüm noktası çoklayıcı, ekle çıkart merkezi ve tekrarlayıcı bir arada kullanılabilir[24-21]. Bu yapıya örnek Şekil 2.21 de gösterilmiştir.



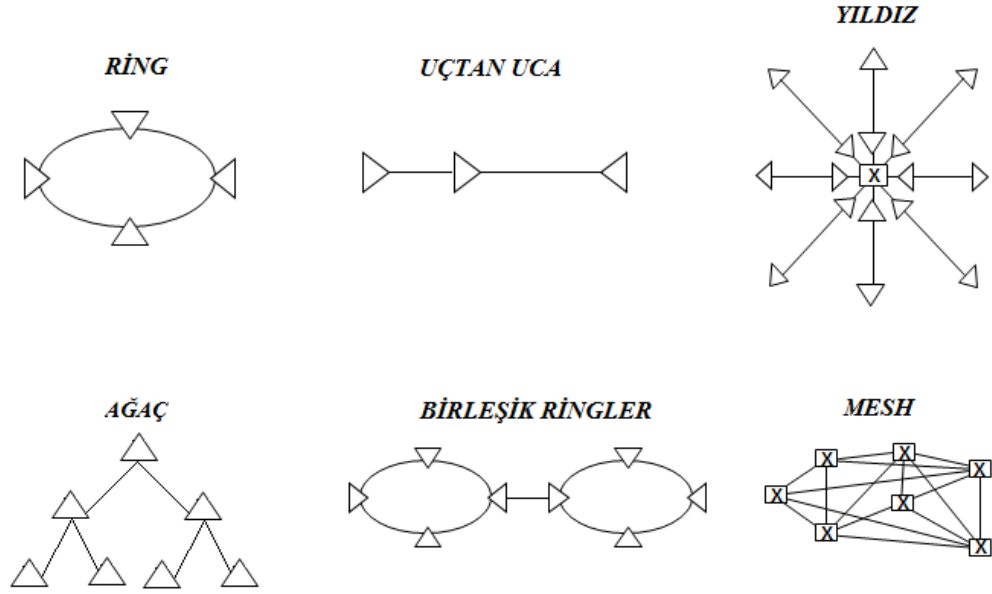
Şekil 2.21 SDH topolojisi

2.4.3 SDH ağı

Bir SDH ağı birbirine optik fiberlerle bağlı Ağ Elemanlarından (NE – Network Elements) oluşur. Ağ elemanlarının konumsal yerleşimi ve optik iletim hatlarına ağ topolojisi denir. Bir ağın verimliliği, güvenilirliği ve maliyet performansı yüksek oranda topolojisine bağlıdır.

Ağ topolojisi SDH ağ elemanlarının konumsal yerleşimi ve iletim hatları ağın fiziksel bağlantısını yansıtır. Ağ topolojisi, bir SDH performansını, Güvenirliğini ve maliyet-verimliliğini belirlemesi açısından önemlidir.

SDH topolojileri şekil 2.22 de gösterildiği gibi ring, uçtan uca (zincir), yıldız, birleşik ring ağaç veya mesh topolojileridir.



Şekil 2.22 SDH topolojileri

2.4.3.1 Uçtan uca ağ

Düğümünden düğüme veya düğümden çok düğüme ağıdır. Zincir ağda tüm düğümler biri diğerinden sonra gelecek ve iki ucu açık olacak şekilde sonlanır. Zincir ağ ağın düğümlerinin uzun bir hat üzerinde tasarlandığı topolojilerde kullanılır. (Örneğin; demiryolu, otoban, güç kaynağı hatları.)

Zincir ağ basittir ve SDH ekipmanlarının başlangıç uygulama aşamasında ekonomiktir. Bir zincir ağı için trafiği korumak, halka ağa kıyasla daha zor ve daha pahalıdır. topolojide sinyal tüm istasyonları dolaşır. Zincir ağ trafiğin önemli olmadığı veya trafik yükünün trafiğin korunmasının önemsenmeyeceği kadar küçük olduğu ve üzerinde kesintisiz hizmet sağlanması zorunlu olmayan trafiğin bulunduğu yerlerde kullanılır.

2.4.3.2 Yıldız ağ

Bir yıldız ağında diğer tüm düğümlerin doğrudan bağlı olduğu bir merkezi düğüm vardır. Diğer düğümler arasında doğrudan bağlantı yoktur.

Yıldız ağ temel olarak erişim ağlarında veya düğümleri çok noktaya saçılmış olduğu ve trafiğin önemli olmadığı kırsal topolojilerde kullanılır.

Yıldız ağda merkezdeki düğüm yolları seçer ve diğer tüm düğümler için trafik işaretlerini geçirir. Böylece merkezi düğüm band genişliğini kaynakların tümüyle ve esnek bir şekilde yönetebilmektedir.

Diğer yandan bant genişliği kaynaklarının tıkanma olasılığı vardır. Bunun yanı sıra merkez düğüm ekipmanının arızalanması tüm ağın çökmesiyle sonuçlanabilir.

2.4.3.3 Ağaç ağ

Temel olarak yol topolojisi ile yıldız topolojisinin karakteristik özelliklerinin kombinasyonu şeklinde ortaya çıkan bir topoloji türüdür. Yıldız şeklinde bağlı istasyonların omurga üzerinde konumlanması sonucu oluşan yol modeli ağaç topolojisini oluşturur. Diğer bir yünden , ağaç topolojisi mantıksal açıdan gelişmiş yıldız topolojisine benzer. Tek farkları ise ağaç topolojisinin herhangi bir merkezi düğüme ihtiyaç duymamasıdır. Bir ağaç ağ, zincir ve yıldız topolojilerinin birleşimi olarak düşünülebilir. Trafik tıkanıklığı sorunu ve optik güç sınırlaması yönüyle, çift yönlü trafik sınırlaması için uygun değildir.

2.4.3.4 Halka ağ

Tüm düğümlerin bir çember oluşturacak şekilde birbirine ard arda bağlanmasıyla oluşan yapıdır. Yüksek dayanıklılığı nedeniyle halka ağlar SDH ağ kurmada yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu tür bir yapıda, iki komşu düğüm arasında herhangi bir trafik değeri eklenebilir çıkartılabilir. Komşu olmayan iki düğüm arasındaki trafik için kaynak ve hedef düğümlerde eklem/çıkartılmanın konfigüre edilmesi şarttır. Bu düğümler arasındaki trafikte oluşturulmalıdır.

2.4.3.5 Örgü (Mesh) ağ

Örgü ağ çok sayıda düğümün birbirine doğrudan bağlandığı ağdır. Örgü ağ büyük miktarda trafiğe sahip bölgelerde ve yüksek hiyerarşili haberleşme ağları için kullanılır. Bu tür bir topolojik ağda, eğer tüm düğümler arasında doğrudan bağlantı yolları

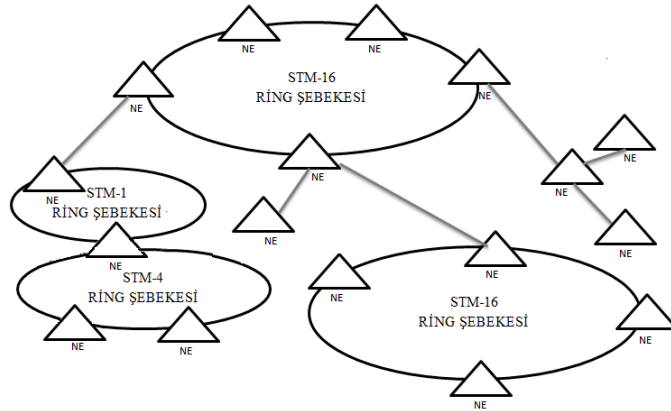
kullanılırsa, bu yapı ideal örgü topolojisi olarak. İdeal olmayan topolojik yapıda, doğrudan bağlı olmayan düğümler arasındaki hizmet bağlantıları yol seçimiyle veya diğer düğümler aracılığıyla sağlatılmaktadır.

Bir örgü ağında, tıkanıklık sorunu yoktur. Her hangi iki düğüm arasında birden fazla yol seçilebildiğinden, herhangi bir ekipman arızalandığı zaman hizmetler diğer yollardan iletmeye devam eder. Böylece hizmet iletiminin güvenilirliği artırılmıştır. Ancak bu ağlar daha karmaşıktır, daha masraflıdır ve yönetimi zordur. Örgü ağlar yüksek trafiğin olduğu bölgeler için uygundur.

2.4.3.6 Diğer olası ağ kombinasyonları

Bir topolojik yapının seçiminde çok sayıda etken düşünülmelidir. Örneğin, ağ yüksek dayanıklı, kolay konfigüre edilebilir, yeni hizmetler eklemeye uygun, ve yönetimi kolay olmalıdır. Pratikte haberleşme ağlarında farklı katmanlar farklı topolojik yapılar kullanılabilir.

Omurga ağlar ve geniş alan ağlarında, çok sayıda ağ elemanı (NE) ve link bulunur. Ağ yönetimini basitleştirmek için, Geniş bir ağ, yönetsel bölgelere bağlı çok sayıda alt ağlara bölünebilir. Şekil 2.23 te iç içe girmiş SDH topolojileri gösterilmektedir.

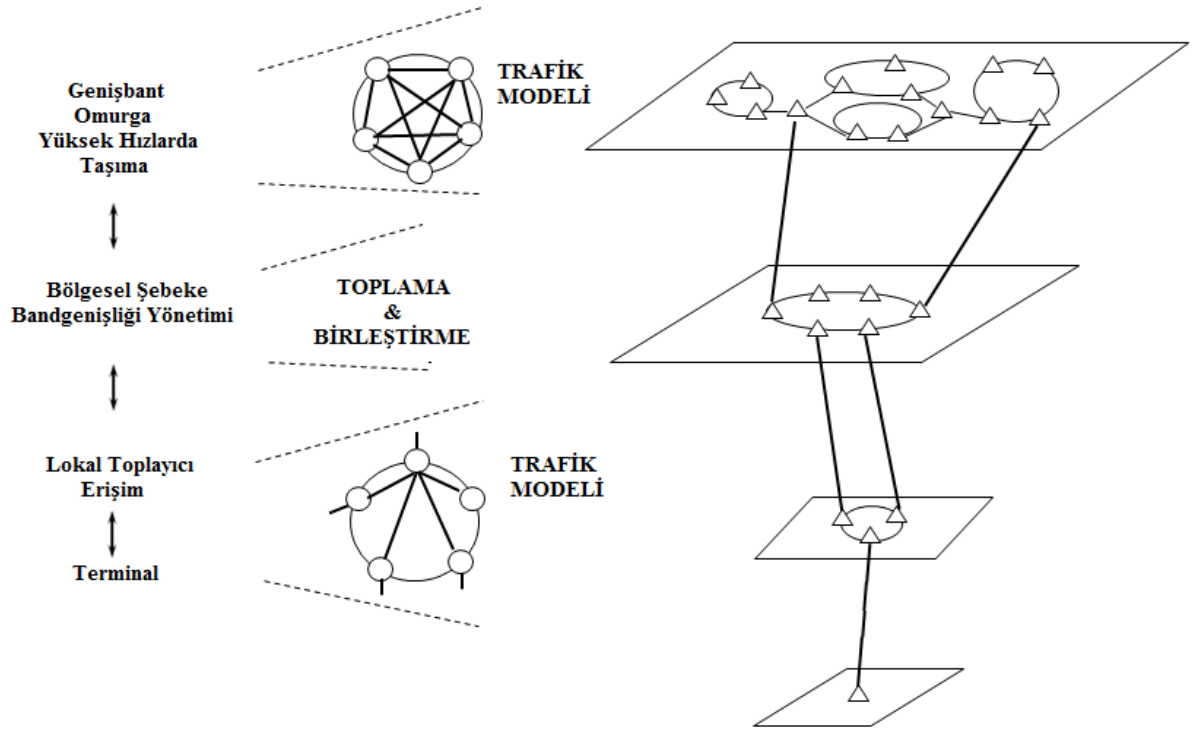


Şekil 2.23 Tümlleşik SDH şebeke topolojisi

Ağ topolojisi yönetimi, güvenlik yönetimi, tributary arayüz genişletme ve trafik yönetimine olanak sağlamak amacıyla, ağ yönetim sistemlerinde alt-ağ kavramı oluşturulmuştur.

Pratik uygulamalarda, karmaşık ağların topolojik yapısını basitleştirir ve böylece hiyerarşik yönetimi mümkün kılar. Alt ağ topolojisinde omurga ağlar ve geniş alan ağları, çok sayıda ağ elemanı (NE) ve linkler bulunur (SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

Ağ yapısı karmaşıklıklaştıkça değişen yönetim uygulamaları ve trafik modelleri Şekil 2.24 SDH taşıma yapısında gösterilmiştir.



Şekil 2.24 SDH taşıma yapısı

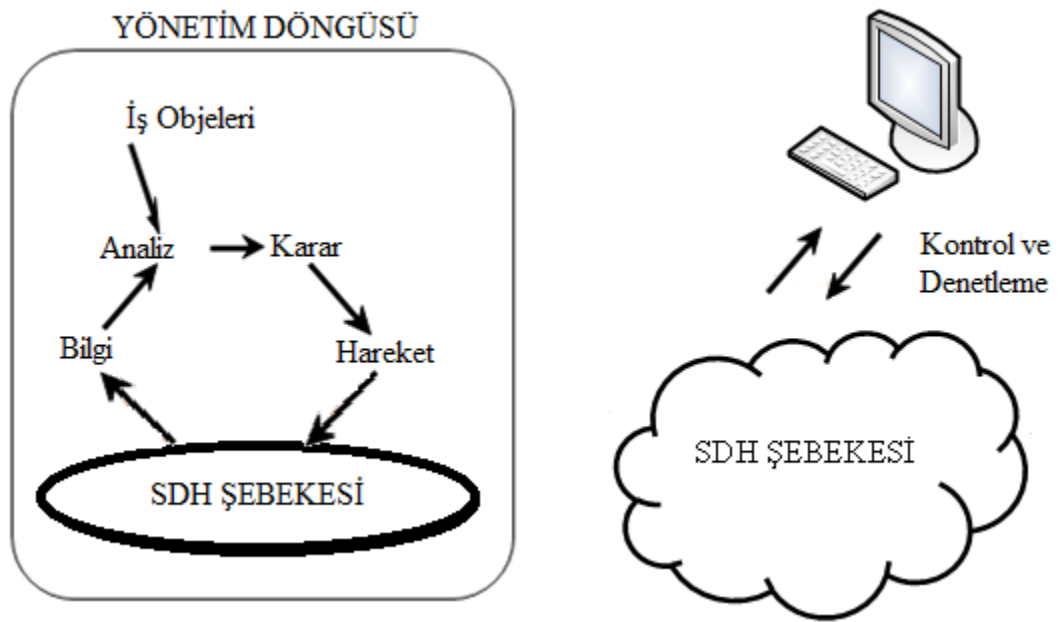
2.4.4 SDH yönetimi

SDH de Etkili şebeke yönetimi mevcuttur. SDH bütün Network elementlerin de yönetim kalanları sunar bu sayede de lokal müdahale ve saha ziyaretleri azalır. SDH de her türlü trafik software olarak verilir. Sistem donanım konfigürasyon ayarları yönetim sistemi ile uzaktan yapılabilmektedir.

Kart arızaları, devre arızaları, şebekesel arızalar, uzak arıza takibi ile uzaktan izlenebilmektedir. Koruma trafikleri (hat ve trafik koruması) SDH yönetim sistemleri sayesinde kolaylıkla yapılmaktadır. Network topolojisinde yaşanılacak arıza

durumlarında, arıza tespiti için devre trafiğinin kontrolünü sağlayan loop testlerinde yönetim sistemleri ile uzaktan yapılabilir.

Sistem senkronizasyonunu sağlayan saat konfigürasyonları yönetim sistemleri ile takip edilebilir. Ayrıca alarm arşivleme sayesinde geçmişe dönük alarm takibini de mümkün kılınmıştır. SDH sistemlerinin en önemli özelliği lokal olarak yapılan bütün işlemler uzak bağlantı kurularak da yapılabilir. SDH şebekesinin yönetsel özelliklerini ifade eden bilgi alma analiz yapma, kara verme harekete geçip uygulama yapabilme özelliği Şekil 2.25 SDH Şebekesinde Yönetimi ile gösterilmiştir.



Şekil 2.25 SDH şebekesinde yönetim

2.4.5 SDH koruma yapısı

İhtiyaçların artmasıyla orantılı olarak bilim ve teknoloji ilerlemiş ve modern toplum gittikçe artan oranda iletişime bağımlı hale gelmiştir. Kesintisiz iletişimi sağlayabilmek için ağ güvenliğinde daha yüksek gereksinimler ortaya çıkartılmıştır.

Kazalar: Kablo/fiber kesilmesi İnsan Hataları, yanlış bakım, kurulum, çevresel tehlikeler, sel, yangın, sabotajlar, fiziksel elektronik operasyonel aksaklıkla donanım, yazılım arızaları gibi sebeplerden dolayı iletimin kesintiye uğrama tehlikesi mevcuttur. Böylece, dayanıklı ağlar kavramı ortaya çıkmaktadır. SDH

Dayanaklı ağlar sayesinde veri iletişimi kesintisine uğramadan iletimin sürekliliği sağlanmıştır.

SDH de İletimin sürekliliğin sağlanmasının ilk şartı, koruma veya bekleme yollarının olmasıdır. Böylece, çalışan kanallarda hizmetlerin taşınması için koruma kanalları mevcuttur. Süreklilik için başka şeyler de gerekmektedir. Ağdaki düğümler oluşan arızayı kontrol etme ve ilgili koruma operasyonu için ilgili birimleri bilgilendirebilecek akıllılığa sahip olmak zorundadır.

SDH ağın sadece hizmeti yeniden kurabilir. Ağdaki arızayı onaramaz ki bu insan müdahalesi olmadan sağlanamaz ve düğümler, koruma operasyonunu gerçekleştirmek için güçlü çapraz-bağlantı kapasitesine sahip olmalıdırlar. Dayanaklı ağ için koruma fiziksel veya elektronik olabilir.

2.4.5.1 SDH koruma türleri

SDH Koruma türü Tek-yönlü ve iki-yönlü trafik halka içindeki trafik yönüne göre isimlendirilir. Koruma türleri hat koruma, halka koruma, düğüm koruma türleridir.

- Hat koruması
 - 1+1 lineer koruma
 - M:N lineer koruma
- Halka Koruması
 - Çoklayıcı Bölmeli Koruma - MSP (Multiplex section protection)
 - 2 fiber çift yönlü MSP koruma
 - 2 fiber tek yönlü MSP koruma
 - 4 fiber çift yönlü MSP koruma
- Düğüm
 - Alt-ağ bağlantısı koruması – SNCP (Sub-network connection protection)

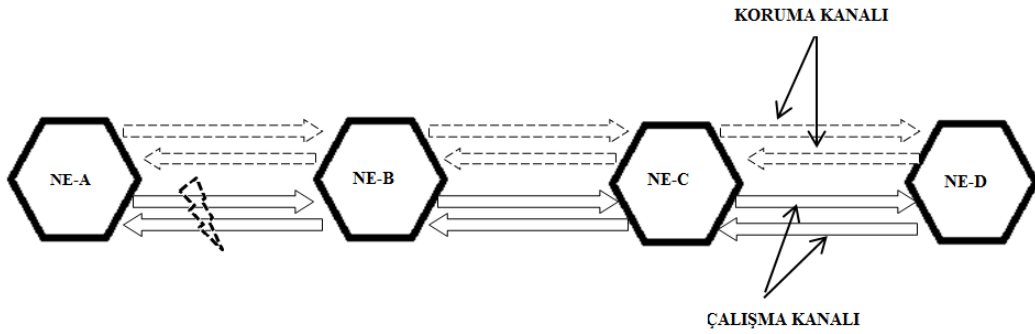
Tek-yönlü halka, trafiğin sadece bir tek yönde ilerlemesi, mesela saat yönü veya tersi, anlamına gelir. Çift-yönlü halkada ise, trafik işaretlerinin birbirine zıt iki yönde gider.

Koruma modları ikiye ayrılabilir: 1+1 ve 1:N. 1+1 koruma modunda her bir çalışan sistem adanmış bir koruma sistemi tarafından korunur. Ancak 1:N koruma modunda N tane sistem bir adet koruma sistemini paylaşır, ve sistem normal operasyonunda olduğu zaman, koruma sistemi ekstra trafik taşır. Böylece 1+1 sistemine kıyasla daha yüksek verimlilik elde edilebilmektedir.

Yol koruma halkası (Path Protection) için, trafik koruması yollara dayanır. Anahtarlama yapıp yapmama ise halka üzerindeki her bir elemanın yolun işaret kalitesine bakarak karar vermesiyle gerçekleştirilmektedir.

2.4.5.1.1 Hat koruması

Düğümünden düğüme veya zincir ağlarda kullanılır. Anahtarlama birbirine bağlı iki düğüm içinde yapılır.



Şekil 2.26 Hat koruması

Şekil 2.26 Hat korumasına örnek olarak gösterilmektedir. Ağda iki kanal (iki çift fiber) mevcuttur. Bu kanallar çalışan (aktif) kanal ve koruma (bekleme) kanalıdır. Ağ normal olduğu zaman (yani çalışan kanalda arıza olmadığında), çalışan kanal trafiği iletir. Çalışan kanal arızalandığı zaman, koruma kanalı devreye girer.

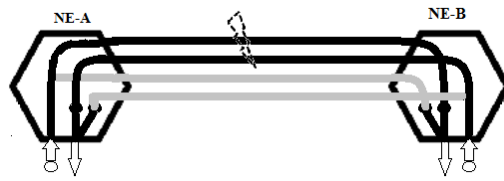
Lineer Çoğullama Bölümü (Linear Multiplex Section-MS) koruması çoğullama bölümü korumalarından biridir. Lineer çoğullama bölümü anahtarlama adanmış veya paylaşımlı koruma mekanizması olabilir.

Çoğullama bölümü katmanını korur ve düğümünden-düğüme fiziksel ağlarda çalışır. Bir koruma çoğullama bölümü N tane çalışan çoğullama bölümünden normal trafiği korumak için kullanılabilir. Düğüm arızalarına karşı koruma sağlamaz. Tek-yönlü veya

çift-yönlü olarak çalışabilir, koruma çoğullama bölümünde çift-yönlü çalışarak ekstra trafik taşıyabilir.

a- Lineer 1+1 koruma:

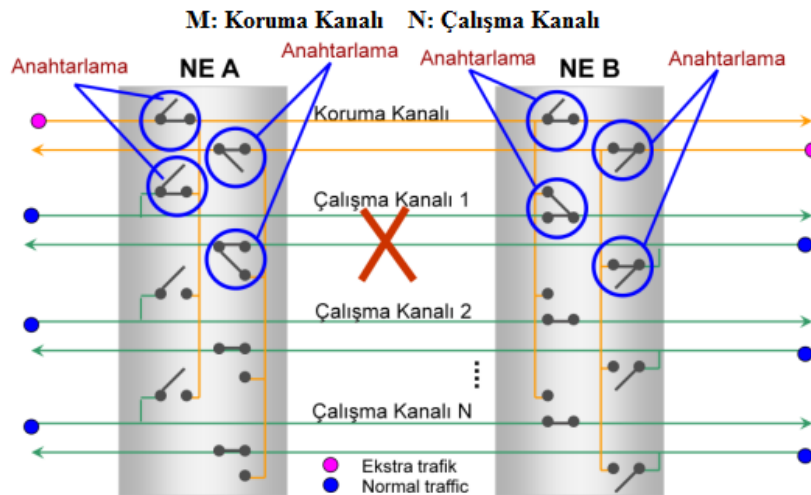
Trafik kaynak düğümü hem çalışan hem de koruma kanallarına trafik gönderebilir. (Eş-yönlü gönderim) Trafik kaynak düğümü çalışan kanaldan trafik alır. (seçici alım). Çalışan kanal arızalandı, trafik hedef düğümü koruma kanalından trafik almak üzere anahtarlanır.



Şekil 2.27 1+1 koruma

Lineer 1+1 MS koruma da Kaynak düğümde Eş-yönlü gönderim, hedef düğümde seçici alım mevcuttur. Fiber kesintisi normal durumuna döndüğü zaman, trafik anahtarlama yapılacak ayarlama seçimine göre tekrar eski fiber üzerine dönebilir veya dönmeyebilir.

b-Linear M:N koruma:



Şekil 2.28 SDH M:N koruma (SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

Şekil 2.28 SDH M:N korumasına örnek gösterilmiştir. Bu örnekte ağda arıza olmadığı zaman, N çalışma kanalı normal trafik iletebilirken koruma kanalı ekstra (önemsiz) trafik iletebilir veya hiç trafik iletmemektedir. NE A'dan NE B'ye olan çalışma kanalı 1'in kesildiği zaman kesilen kanalın hizmetlerinin koruma kanalına iletilir iletilmesi için talep gönderir. Arızalı olan Çalışma kanalı onarıldığı zaman, trafik tekrar eski kanala alınır ve koruma kanalı hazır bekletilir.

1+1 koruma modunda, herbir çalışan sistem, adanmış bir koruma sistemi tarafından korunur. Ama 1:N koruma modunda, N tane sistem bir koruma sistemini paylaşır; ve sistem normal operasyonunda iken, koruma sistemi ekstra trafik de taşıyabilir. Böylece, 1+1 sistemine göre daha yüksek verimlilik elde edilebilir, Bu koruma modu temel olarak, çalışan çoğullama bölümünün optik kablosu kesildiğinde veya çoğullama bölümü performansı bozulduğunda, normal trafiği korur (SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

2.4.5.1.2 Halka koruma

İki-fiber çift-yönlü yol halka korumanın koruma anahtarlama prensibi temel olarak tek-yönlü yol halka korumayla aynıdır, tek farkla, iki-fiber çift-yön yol koruma halkasında alınan işaretlerin yolu gönderilen işaretlerin yoluyla uyumludur.

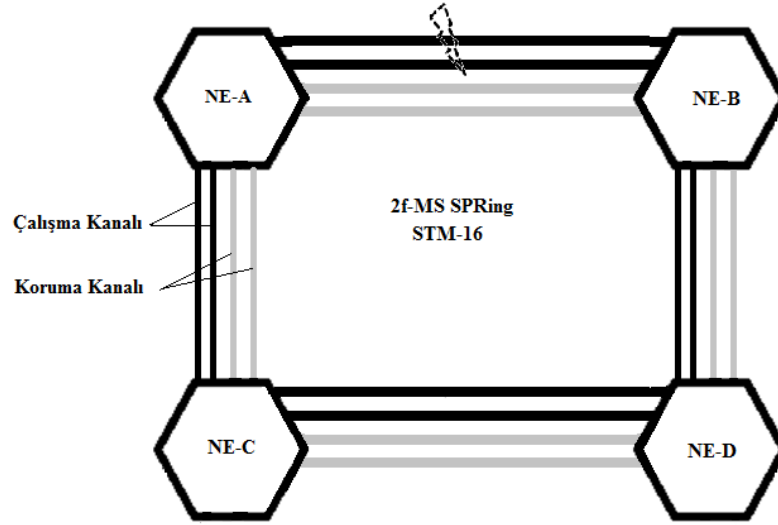
İki-fiber tek-yönlü MS adanmış koruma halkası iki fiberden oluşur. Çalışma kanalları ve koruma kanalları farklı optik fiberler üzerinden taşınır. Tabii ki, koruma amaçlı kullanılmadığı durumda fiber P1 (koruma 1), ekstra trafik taşımada kullanılabilir. İki-fiber tek-yönlü Çoğullama Bölümü adanmış koruma halkası gerçek uygulamalarda nadiren kullanılır, çünkü, ne iki-fiber tek-yönlü yol koruma halkası ne de iki-fiber çift-yönlü çoğullama bölümü paylaşımlı korumaya göre herhangi bir üstünlüğü yoktur(SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

a- 2 Fiber çift yönlü MSP koruma: Herbir fiber üzerinde, kanalların yarısı çalışma kanalı, yarısı da koruma kanalı olarak tanımlanır. Bir fiberdeki çalışma kanalı üzerindeki normal trafik, halka boyunca ters yönde ilerleyen diğer başka bir fiberdeki koruma kanalları tarafından korunur. Bu da, normal trafiğin çift-yönlü iletimine izin verir. Herbir fiber üzerinde, önek(overhead) kanallarından sadece bir set kullanılır.

Örneğin, bir STM-16 sistemi #1---#8 VC4 arasını çalışma kanalları olarak, #9---#16 arasını da koruma kanalları olarak belirler. Bir fiberin #9---#16 kanalları , diğer fiberin #1---#8 arasındaki kanalları korur.

İki-fiber çift-yönlü çoğullama bölümü koruma halkaları için, trafikleri tektip yola sahip olduğundan ve çift yönlü iletildiğinden dolayı, halkadaki zaman slotları tüm düğümler tarafından paylaşılabilir, böylece toplam kapasite trafik dağıtım moduyla ve halkadaki düğüm sayısı ile yakından ilişkilidir (SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

Şekil 2.29 da gösterilen 2 Fiber Çift Yönlü MSP Korumasına örnek teşkil eden yapıda NE-A ile NE-B arasında çalışma kanalında meydana gelen hasar neticesinde MS SPRing yapısındaki koruma kanalındaki mevcut bulunan boş kapasiteler üzerine trafik aktarılır. Öylece NE-A ile NE-B arasında NE-C üzerinden anahtarlanmış trafik akışı mevcuttur.



Şekil 2.29 2 Fiber çift yönlü MSP koruma

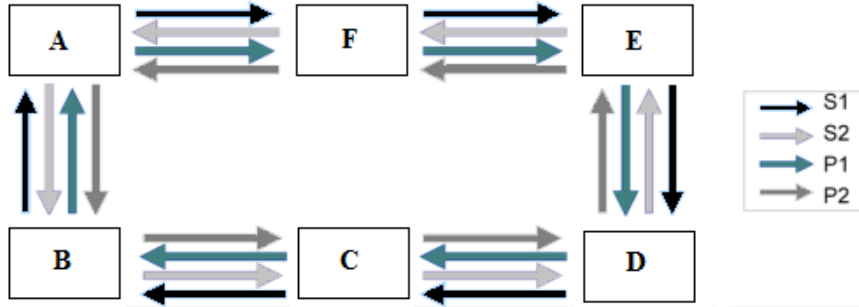
Hedef düğüm, arızalanmış yola göre, kaynak düğüme komşu olan düğümdür. Bir düğüm anahtarlamanın gerektiğini tespit ettiği zaman, Diğer düğümler daha yüksek öncelikli köprüleme isteği almadıysalarsa uygun doğrudan geçiş durumuna (pass-through) geçerler. Bu yolla, anahtarlama düğümleri uzun yol üzerinden haberleşmesini kurar. Çift-yönlü arıza durumunda, kablo kesintisi gibi, hedef düğüm arızayı kendisi tespit etmiş olmalı ve hakla etrafında zıt yönde köprü talebine kaynak olmalıdır.

Hedef düğüm köprü talebini aldığı zaman köprü oluşturur ve arızalanan kanalları zıt yöndeki koruma kanallarına köprüler. Sistemlerde bulunan bekle ve tekrar anahtarla (WTR:Wait to restore) özelliği sayesinde networktaki hasar düzeldiğinde trafik normal akışına geri dönecektir.

İki-fiber çift-yönlü çoğullama bölümü koruma halkası için, trafik tektip yönlere sahip olduğundan ve çift-yönlü gönderildiğinden dolayı, halkadaki zaman dilimleri tüm düğümlerce paylaşılabilirki böylece toplam kapasite trafik dağılımı modu ve halkadaki düğüm sayısı ile yakından ilişkili olur. İki-fiber çift-yönlü çoğullama bölümü halkası için ağ kapasitesi $\frac{1}{2} * M * STM - N$ (M halkadaki düğüm sayısı, STM-N de STM seviyesi). Eğer koruma kanallarını da sayarsak, iki-fiber çift-yönlü MS paylaşımli halkanın taşıyabileceği maksimum trafik yükü $M * STM - N$ olur. Her durumda, trafiğin yarısı fiber arızaları durumunda korunmuyor olacaktır.

b- 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımli koruma halkası:

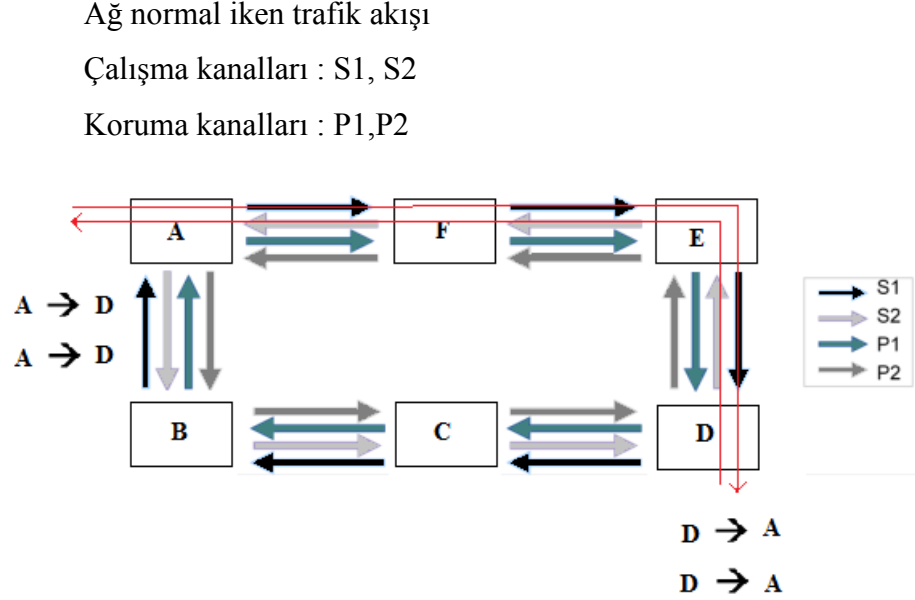
- ▣ Çalışma kanalları (fiberler) → S1, S2, normal trafik taşıy
- ▣ Koruma kanalları (fiberler) → P1, P2, normal trafiği korur



Şekil 2.30 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımli koruma halkası

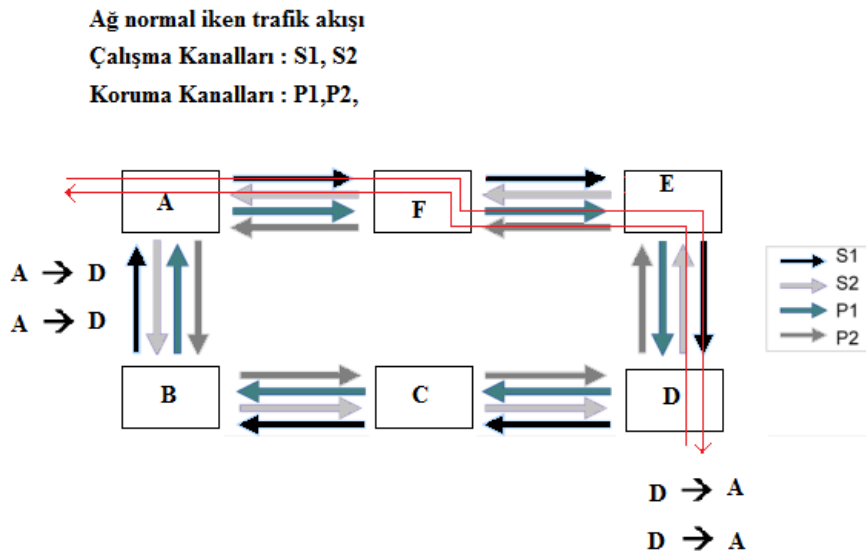
Dört-fiber MS paylaşımli halka, halka etrafındaki her bir tur için dört fiber gerektirir. Şekil 2.30 4 Fiber Çoğullama Bölümü Paylaşımli Koruma Halkası gösterilmiştir. Çalışma kanalları S1 ve S2 normal trafiği taşıırken koruma kanalları P1 ve P2 trafiği koruma maksatlı bekler Çalışma ve koruma kanalları farklı fiberler üzerinden taşınır: zıt yönlerde iletim yapan iki çoğullama bölümü koruma kanallarını taşıırken, yine zıt yönlerde iletim yapan iki çoğullama bölümü de çalışma kanallarını taşır. Çoğullama bölümü önceki ya çalışma veya koruma kanallarına atanır, çünkü çalışma ve koruma kanalları aynı fiber üzerinden iletilmez(SDH Ağları ve Koruma,

www.turktelekomakademi.com.tr, 2012). Şekil 2.31 de normal çalışma durumunda topolojide mevcut A ve D noktalarındaki normal trafik akışı çalışma kanalları S1 ve S2 üzerinden olduğu görülmektedir.



Şekil 2.31 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımlı koruma halkası (Trafik akışı-a)

Normal koşullarda, hizmetler çalışma fiberlerinden iletilir. İki düğüm arasındaki fiberler kesildiği zaman, bu iki düğüm arasında anahtarlama yapılacaktır. Diğer kısımlarda hizmetler orjinal yönlerinde iletilir. Şekil 2.32 de örnek topolojide E ve F noktaları arasında oluşacak bir hasarda trafiğin koruma kanalları P1 ve P2 üzerinde iletimi gösterilmektedir.



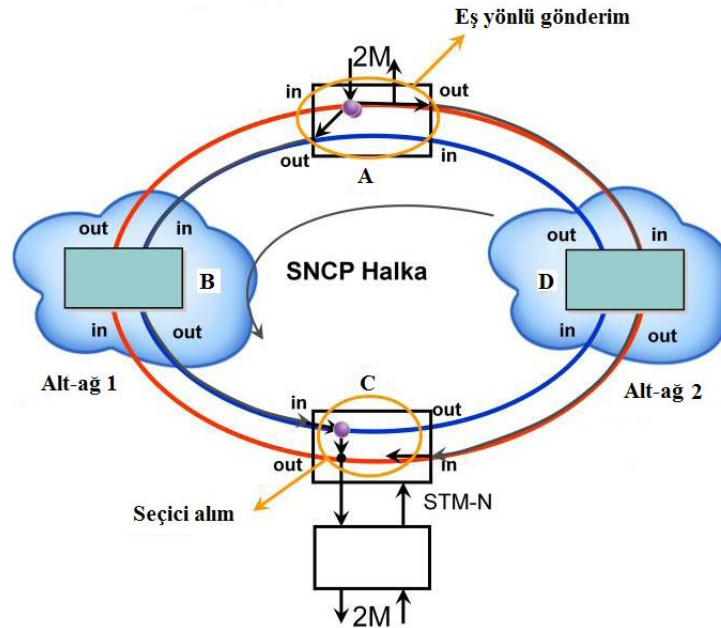
Şekil 2.32 4 Fiber çoğullama bölümü paylaşımlı koruma halkası (Trafik akışı-b)

İki NE arasındaki tüm fiberler kesildiği zaman halka anahtarlama gerçekleşir. Tüm hizmetler koruma fiberlerine gider.

Dört-fiber çift-yönlü çoğullama bölümü koruma halkaları için, trafikleri tektip yollara sahip olduğundan ve çift-yönlü gönderildiğinden dolayı, halkadaki zaman dilimleri tüm düğümlerce paylaşılabilir, böylece toplam kapasite trafik dağıtım modu ve halkadaki düğüm sayısı ile yakından ilişkilidir. Dört-fiber çift-yönlü çoğullama bölümü halkası için ağ kapasitesi $M \cdot STM-N$ (M halkadaki düğüm sayısı; $STM-N$ ise STM seviyesi) dir. Koruma kanallarını da sayarsak, dört-fiber çift-yönlü MS paylaşımlı koruma halkasının taşıyabileceği maksimum trafik yükü $2 \cdot M \cdot STM-N$ olur. Her durumda, trafiğin yarısı fiber arızası durumunda korunmamış olacaktır (SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

2.4.5.1.3 Düğüm koruma

Ağ yapıları karmaşıktıkça, SNCP (Sub-network connection protection-) çeşitli ağ topolojilerine hızlı anahtarlama zamanıyla adapte edilebilen tek trafik koruma modu kullanılmaktadır. SNCP için, koruma işlevi çapraz-bağlantı (cross-connect) biriminde tamamlanır.



Şekil.2.33 SNCP halka (SDH ağları ve koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012)

SNCP korumasına örnek olarak gösterilen şekil 2.33 deki yapıda trafik eşzamanlı olarak A noktasından hem çalışma hem de koruma alt-ağ bağlantısından gönderilerek C noktasına ulaşır. Çalışma alt-ağ bağlantısı arızalandığı zaman, veya performansı belli bir seviyeye gerilediği zaman, alt-ağ bağlantısının alıcı ucunda, koruma alt-ağ bağlantısından işaret seçim kuralına uygun olarak seçilir.

SNCP halkasının koruma mekanizması iletim ucunda eş-yönlü gönderim ve alıcı ucunda seçici alım şeklindedir. Servisler hem çalışma SNCye hem de koruma SNCye eş-yönlü gönderilir. Ayrı ayrı olarak Alt-ağ 1 ve Alt-ağ 2'den geçtikten sonra, ikisi de C düğümüne ulaşır. C düğümünde bir seçici vardır, SNC bitiş düğümü. Normal olarak, C düğümü çalışma SNC'den servisleri alır ve zincirdeki hat birimine doğrudan geçişi sağlar.

İşaret hatası herhangi bir şekilde düzelirse, C düğümü 10 dakika sonra çalışma SNC den hizmetleri almaya anahtarlanır. 10 dakika olağan yeniden kurma (WTR) süresidir. 5 ila 12 dakika arasına da kurulabilir (SDH Ağları ve Koruma, www.turktelekomakademi.com.tr, 2012).

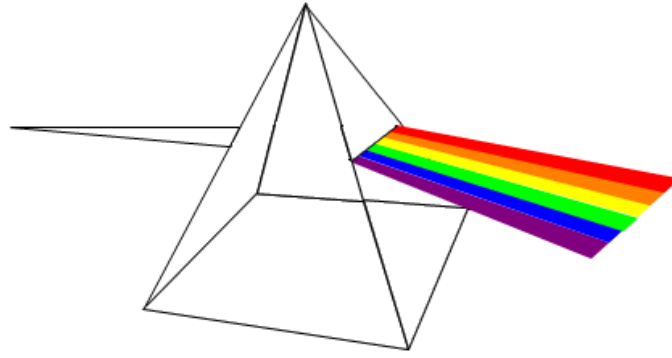
2.5 WDM Sistemleri

İletimde daha yüksek mertebeler olan STM64 (10Gb/s) hızına ihtiyaç duyulduğunda daha hızlı teknolojilere ihtiyaç duyulmuştur. İletim için kullanılan fiber optik kabloların daha verimli kullanılması gerekmektedir.

Tek bir fiber çifti üzerinde çok sayıda yüksek hızlı devre taşıyabilmek için, daha az sayıda fiber ve teçhizat kullanımıyla birlikte güçlü işletme/yönetim sistemleri ile yatırım ve işletme kolaylığı ve ekonomik tasarruf getirisi, Gelişmiş işletim/yönetim fonksiyonlarının SDH sistemleri ile entegreli çalışabilme imkânı getirmesiyle tek bir noktadan tüm şebeke elemanlarına erişim, mevcut linkler üzerine yapılacak kart ilaveleri ile kapasite artırımlarının kolay ve hızlı karşılanabilmesi, yüksek kapasite imkanı sağlaması açısından diğer alternatif transmisyon çözümleri ile karşılaştırıldığında ekonomik yatırım faydaları, optik anahtarlama ve yönlendirme teknolojisi ile sağlanan sistem güvenilirliği sağlayan WDM sistemleri ortaya çıkmıştır.

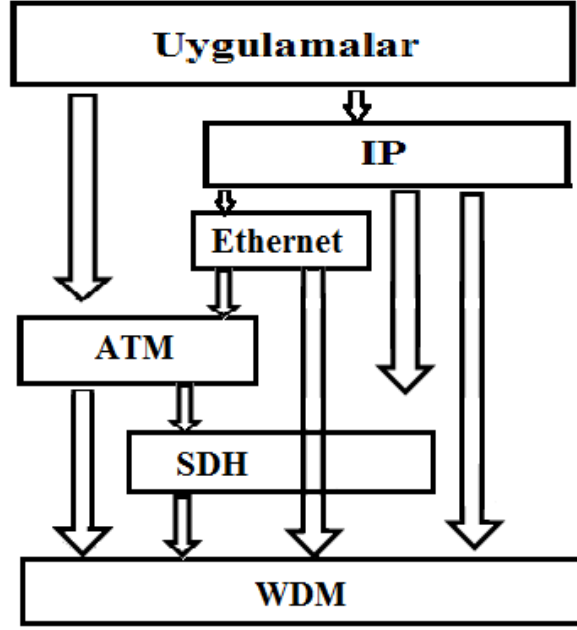
WDM dalga boyu bölmeli çoklama kısaltmasıdır. Optik haberleşmede, bir foto-diyot ile lazer optik jeneratör tarafından üretilmiş işaretin fiber optik kablo ile tespit bir taşıyıcı frekansı modüle ederek optik bilgi aktarımı olarak tasavvur edilebilir. Eğer frekans aralığı çok düşük ve veri hızı çok yüksek olursa sinyallerin birbirine karışması kaçınılmazdır. Günümüzde uygulanan modülasyon teknikleri ile veri hızı yüksek olan sinyallerin bant genişlikleri düşürülerek, sinyallerin birbirine karışmasının önüne geçilebilmektedir. Sinyalin dalga boyunu 850/1310 nm'den 1550 nm'ye (istenen dalga boyuna) çevirir ve iletim ortamına gönderilir(Gumaste ve Antony. 2003).

WDM (Dalga Bölmeli Çokullama) optik spektrum içindeki dalga boylarına bağlı olarak, optik sinyalleri hem birleştirmek hem de ayırmak için, kırılmış ışığın özelliklerini kullanan bir teknolojidir. Işığın dalga boylarına ayırımı prizmatik bir yapıdan geçirilerek elde ediliş şekli görsel olarak Şekil 2. 34 de gösterilmiştir.



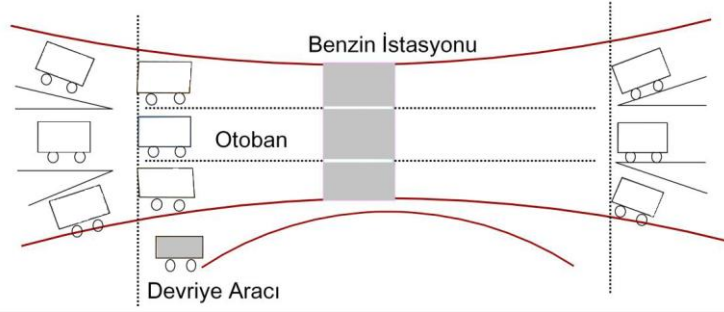
Şekil 2.34 Işığın dalga boyları

WDM, en temel anlamda, ışığın dalga boylarını verileri bit katarları şeklinde paralel; karakter katarları şeklinde de seri biçimde göndermede kullanılan bir fiber-optik iletim tekniğidir. Bu yapı, e-posta, görüntü, çoklu ortam uygulaması, ethernet, ATM, SDH ve diğer güncel yapıları kullanılabilir hale getirir. Şemasal olarak bu yapı Şekil. 2.35 de gösterilmiştir.



Şekil 2.35 WDM ilişkileri (Huawei technologies, ‘‘WDM temelleri’’ 2012)

WDM (Dalga boyu Bölmeli Çoklama)- Optik fiberin veri taşıma kapasitesinin bir dalga boyuna es zamanlı müdahale edilerek artırılması anlamına gelmektedir. WDM ile aynı fiber boyunca uzanan farklı dalga boyları aynı anda aktarılabilir.

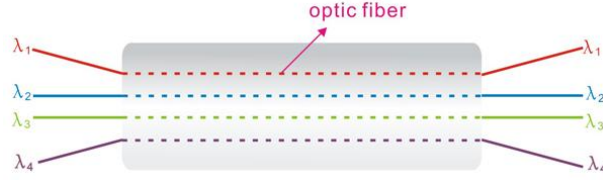


Şekil 2.36 WDM yapısı (Huawei technologies, ‘‘WDM temelleri’’ 2012)

Şekil 2.36 da DWDM iletim yapısı şekilsel olarak gösterilmiştir. Burada:

- Otoban: Fiber kablo
- Devriye arabası: Denetim Kanalı
- Benzin İstasyonu: Optik repetör
- Arabalar: Farklı kanallardaki (dalga boyu) servis
- Yan Yol: Optik Dalga boyu olarak görülebilir.

WDM, tek bir fiber/(fiber çifti) boyunca çoklu optik yollar sunarak, mevcut fiberin daha etkin kullanımına olanak sağlamaktadır. (Huawei Technologies, ‘‘WDM temelleri’’ 2012). Farklı dalga boylarının tek bir fiber içerisinde iletimi görsel olarak şekil 2.37 de gösterilmiştir.



Şekil 2.37 WDM farklı dalga boylarının taşınması

Dalga boyu, bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir. Dalga boyu frekans ile ters orantılıdır, dolayısıyla dalga boyu uzadıkça frekans azalır.

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

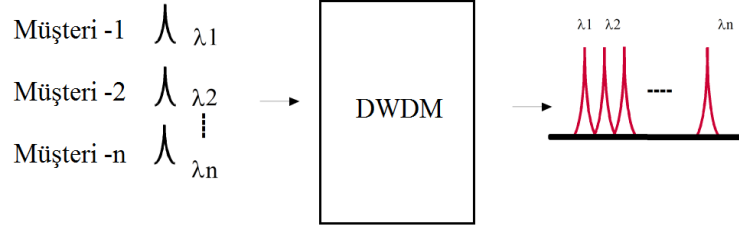
Bu ilişki yukarıdaki formülle ifade edilebilir; Burada frekans ‘f’ ile, dalga boyu ‘λ’ ile sembolize edilmektedir. Renk ile dalga boyu ilişkisi Çizelge 2.2 gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Dalga boyu renk ilişkisi (Bilim ve teknik dergisi, Ekim 2006)

Renk	Dalgaboyu	Frekans
kırmızı	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
turuncu	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
sarı	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
yeşil	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
mavi	~ 450-485 nm	~ 680-620 THz
çivit mavisi	~ 450-420 nm	~ 620-600 THz
mor	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

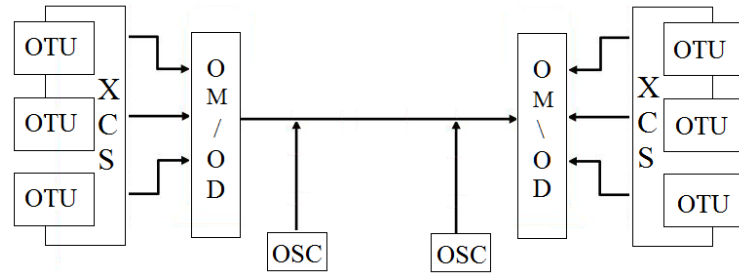
WDM, tek bir fiber/(fiber çifti) boyunca çoklu optik yollar sunarak, mevcut fiberin daha etkin kullanımına olanak sağlamaktadır.

WDM geleneksel şebekeden daha uygun olan, daha geniş kapsamlı protokol iletimine olanak sağlamaktadır.



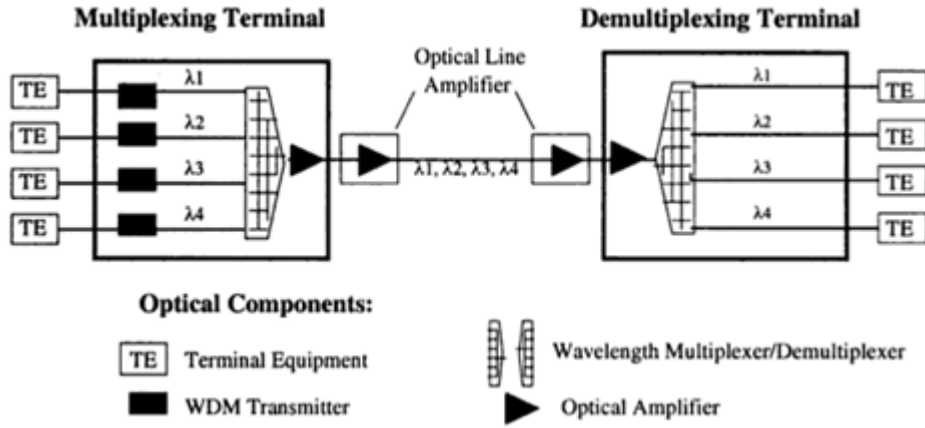
Şekil 2.38 WDM fiber çoğullaması (Huawei Technologies, ‘‘WDM temelleri’’ 2012)

2.5.1 DWDM sistem yapısı



Şekil: 2.39 DWDM sistem yapısı

Şekil 2. 39 da DWDM Sistem Yapısı gösterilmektedir. OTU (Optik Transponder Unit) Client servislerinden gelen bilgi ile standartlara uygun dalga boyunu üretip, iletişim kurar. Servisler bu noktada dwdm ile taşınmaya başlanır. OM (Optik Multiplexer / Demultiplexer Ünitesi) Farklı dalga boylarına sahip çok sayıda servisi, bir ana yol sinyaline çoğullar. Aynı işlemin tersi olarak; ana yol sinyalini içindeki çok sayıda ayrı sinyale demultiplex ederek dönüştürür. Cross connection kartları (XCS) OTU arasında geçişleri sağlar. Hat boyunca optik seviye kayıplarını tolerize edebilmek için optik hat ve sinyal yükselteçler (AO,OLA) kullanılır. Denetim kanalları (OSC) oluşabilecek hataları denetlemesini sağlar. Şekil 2.40 da Dört kanallı yükselteçli DWDM sistemi örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.40 Dört kanal yükselteçle DWDM sistemi (Gumeste ve Antony, 2003)

2.5.2 WDM uygulama modları

Tek fiber tek yönlü iletim (alış veriş farklı damarda): Tek yönlü WDM sistemi iki fiber optik damar kullanır. Bir tanesi sinyallerin alış, diğeri veriş yönünde iletilmesini sağlar. Dünya çapında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Tek fiber çift yönlü iletim (alış/veriş aynı damarda): Çift yönlü dalga WDM sisteminde yalnızca bir optik fiber damar kullanır. Tek bir damar optik sinyalleri eş zamanlı olarak her iki yöne de iletir ve farklı yönlerdeki sinyaller, farklı dalga boylarına tahsis edilmelidir. Yarı kapasite olarak sistem çalışır. Bu mod, maliyeti düşürmek için genellikle CWDM sisteminde kullanılmaktadır.

Açık sitem: Açık sistemin multiplex terminal optik interface ler için özel bir gereksinimi bulunmamaktadır, tek gereksinim, bu arayüzlerin ITU-T’de tanımlanan optik arayüz standartlarını karşılamasıdır.

Entegre sistem: Bu Sistem, dalgaboyu dönüştürme teknolojisini benimsemez, bunun yerine multiplex terminaldeki optik sinyallerin dalgaboyunun, WDM sisteminin spesifikasyonlarına uygun olmasını gerektirir. Standart dalgaboyu salayabilecek client ekipmanındaki optik arayüz, renkli arayüz olarak adlandırılmaktadır.

2.5.3 WDM sistemi ana teknolojileri

Wdm sistemlerinin ana topolojilerini

- Optik kaynak gereksinimleri
- Optik yükselteçler
- Optik Multiplexer ve Demultiplexer
- Denetim teknolojileri

oluşturmaktadır.

2.5.3.1 Optik kaynak gereksinimleri

a- Direk modölatör: Çıkış lazeri, giriş akımı tarafından kontrol edilmektedir. Modülasyon akımının değişimi, çıkış dalga boyunun değişimine neden olmaktadır. Modülasyon chirp'i olarak adlandırılan bu değişim, aslında kaynakların doğrudan modülasyonunda kaçınılmaz olan bir tür dalgaboyu (frekans) jitter'idir. Chirp, lazerin yayım spektrumunu genişletir, spektrum özelliklerini kötüleştirir, ve sistemin iletim hızını ve mesafesini sınırlar. İletim hızı 2.5Gbit/s ile sınırlıdır ve iletim mesafesi 100 km'den daha azdır. Benzer Spesifikasyon –Bu tip bir modülasyon CWDM sisteminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır(Huawei Technologies, “WDM temelleri” 2012).

b- Elektro-soğurma harici modölatör: EA modölatörü farklı bir yapı kullanır, Üretilen dalganın standart bir dalga boyu (ITU-T ile uyumlu) olarak sağlamak için istikrarlı bir DC akımı kullanır. EA modülü yalnızca akım değişikliğinde açılan bir kapı gibi görev yapmaktadır. Böylece iletilecek bilgi dalga boyunu modüle eder. DWDM'de en yaygın kullanım olarak görülmektedir (Huawei Technologies, “WDM temelleri” 2012).

c- Mach-zehnder harici modölatör: Bu modölatör ışık girişini iki eşit sinyale ayırır, bunlar sırasıyla modölatörün iki optik bölümüne girer. Bu iki optik bölüm, bir elektro optik malzeme kullanmaktadır, bunun kırılma endeksi, üzerine uygulanan harici elektriksel sinyalin şiddetine göre değişir. Optik bölümlerin kırılma endeksinin değişmesi, sinyal fazlarının değişmesine neden olur. Dolayısıyla, iki bölümden gelen sinyaller çıkış ucunda yeniden birleştiğinde, birleştirilen optik sinyal, değişen yoğunluğa sahip bir interference sinyalidir. Uzun bir dispersiyon sınırlamasız mesafe

yüksek maliyete karşın iyi performans sağlamaktadır. Çizelge 2.3 de modülatörlerin Maksimum saçılma toleransları, maliyet ve dalga boyu istikrarı karşılaştırılmaktadır (Huawei Technologies, ‘‘WDM temelleri’’ 2012).

Çizelge 2.3 Modülatör karşılaştırılması (Huawei technologies, WDM temelleri, 2012).

Tipler	Direk Modülatör	EA Modülatör	MZ Modülatör
Maksimum saçılma toleransı (ps/nm)	1200 -4000	7200-12800	>12800
Maliyet	Orta	Pahalı	Çok Pahalı
Dalgaboyu İstikrarı	İyi	Daha iyi	En iyi

2.5.3.2 Optik yükselteçler

2.5.3.2.1 Erbiyum katkılı fiber yükselteci

Er iyonlarının dış elektronları 3 enerji seviyesine sahiptir, bunlardan E1 temel statüdeki enerji seviyesi, E2 meta-istikrarlı statüdeki enerji seviyesi ve E3 yüksek enerji seviyesidir. EDF’yi uyarmak için yüksek enerjili pump lazer leri kullanıldığında, erbium iyonlarının çok sayıda birleştirilmiş elektronları, E1 seviyesinden E3 seviyesine çıkarlar, sonra radyasyonsuz çürütme (decay) prosesiyle (fotonsuz fakat ısı serbest bırakarak) kısa süre sonra E2 seviyesine düşmektedirler.

1550nm’lik dalgaboyuna sahip bir sinyal bu erbium-doped fiberden geçtiğinde, yarı-istikrarlı durumdaki parçacıklar, uyarılmış yayılıma yol açarak temel statüye(E1) geri dönerler ve bu esnada kuvvetlendirilmek istenen 1550nm lik sinyaldeki fotonlarla özdeş fotonlar üretirler.EDFA teknolojisinin ortaya çıkması ve C band düşük zayıflama penceresinde çalışıyor olması, WDM’nin gelişimini ciddi ölçüde tetiklemektedir (Huawei Technologies, WDM temelleri 2012).

2.5.3.2 Raman fiber yükseltici

Fiber geniş SRS kazanç spektrumuna ve pompalama ışığınınkinden 13THz daha düşük bir frekans etrafında, geniş bir tepe kazanca sahiptir. Zayıf bir sinyal ve güçlü bir pompalama ışığı aynı zamanda aynı fiberden iletildiğinde, ve zayıf sinyalin dalga boyu, güçlü pompalama ışığının Raman kazancı dalga boyu içinde belirlendiğinde, zayıf sinyal yükseltilmiş olacaktır. Raman optik yükselticinin kazancı, switch kazançtır, yani, yükselticinin açık olduğu ve kapalı olduğu durumdaki çıkış gücü arasındaki farktır.

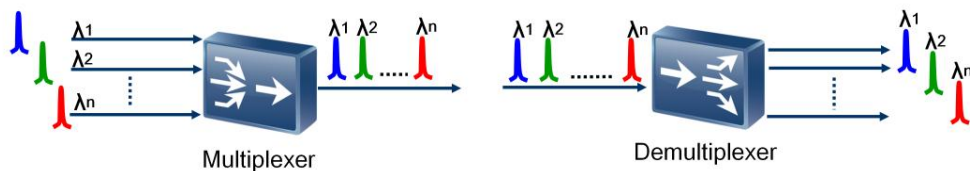
Kazanç dalgaboyu pompalama ışığı dalgaboyu tarafından belirlenmektedir. Kazanç ortamı iletim fiberinin kendisidir, bu da düşük gürültü ile çalışmaya imkan sağlar. Yükseltme, nispeten düşük sinyal ile fiber boyunca dağıtıldığından, doğrusal olmayan etkiden, özellikle FWM etkisinden kaynaklanan interference'ı azaltır.

Yüksek güç, göz için zararlıdır. Raman üzerinde işlem yaparken dikkatli olunması gerekmektedir (Huawei Technologies, WDM temelleri 2012).

2.5.3.3 Denetim teknolojileri

OTU sayesinde Optik Denetim Kanalı ile denetim bilgilerinin iletimi gerçekleştirilir. OSC dalga boyu OA'nın dalga boyundan farklıdır. OA arızalandığında da kullanılabilir durumdadır. OA'nın pompa lazer dalgaboyu: 980nm veya 1480nm. OSC dalga boyu 1510nm. OA arızalandığında tüm sinyaller kaybolur ve denetim sinyalinin alarmları ve diğer göstergeleri iletmeye devam etmesi gerekmektedir. OSC ünitesinin alış hassasiyeti çok iyi olması sayesinde (-48dBm'ye kadar) denetim kesintisiz devam edebilmektedir.

2.5.3.4 Optik multiplexer ve demultiplexer



Şekil 2.41 Optik multiplexer ve demultiplexer
(Huawei Technologies, WDM temelleri, 2012)

Multiplexer ve demultiplexer için mekanizmalar aynıdır. Şekil2.41 de görüldüğü üzere farklı dalga boyundaki sinyaller multiplexer ile iletim hattına verilip demultiplexer ile tekrar iletim hattından alınarak kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Burada yalnızca multiplexer’i ele alırken yönü tersine çevirdiğinizde bu aynı zamanda demultiplexer olarak da düşünülebilir (Huawei Technologies, ‘‘WDM temelleri’’ 2012).

BÖLÜM III

UZAK İLETİŞİM AĞI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1 Uzak Ara İletim Sistemleri Performans Kriterleri

İhtiyaç duyulan bilginin kaliteli bir şekilde ulaşılması ve ulaştırılması uzak ara iletim sistemlerinden beklenen temel etkidir. Burada uzak ara iletim sistemlerinden beklenen kalite değerleri ön plana çıkmaktadır. Network ağın yapısını oluşturan uzak ara iletişim sistemleri yani transmisyon sistemlerinden beklenen bu kalite unsurları aşağıdaki gibi belirlenebilir.

Transmisyon ağ yapısı oluşturmak isteyen bir müşteri oluşturacağı ağın; piyasa ekonomisinde rekabetçi, iletilmek istenilen bilginin taşınmasında yeterli olabilecek band genişliği kapasitesine sahip olması beklentisi içerisindedir. Ayrıca genişlemeye olanak sağlayan bir network yapısına sahip, telekomünikasyon dünya standartları ile uyumlu, kurulum ve ulaşılabilirliği kolay olan sistem özellikleri müşterilerin dikkatini çeken unsurlardır.

Aynı zamanda yönetim ara yüzleri kolay, ölçme ve analiz yapabilen, networkta oluşabilecek arızalardan etkilenmeden bilgi trafiğini korumalı olarak taşıyabilmesi transmisyon sistemleri kalite beklentilerini karşılayabilecektir. Yüksek hızlı bilginin en uç kullanıcıya kadar götürülmesi gereksinimi ile sistemler uç kullanıcıya kadar yaklaştırılmış ve bu durumda da sistemler için yer enerji ve soğutma optimizasyonu ihtiyacı, kalite değerleri içerisinde yer almıştır.

Hızla artan bilgi alış verişini karşılayabilmek adına yüksek kapasiteye sahip, daha ucuz, arıza ve yönetilebilir yönüyle daha verimli, tekrarlayıcı istasyonların azalması ile yatırım maliyeti daha da azalan uzak ara iletişim teknolojileri geliştirilmektedir.

3.2 Taşıma Kapasiteleri

İletim sistemlerden beklenen temel görevlerden bir tanesi iletmek istenilen bilgi kapasitesini karşılayabilmek ve network topolojisinde hizmet verdiği müşterilere uyumlu ara yüz ile kapasite transferini sağlayabilmektir.

Diğer yandan da esnek band genişliği imkanı sağlayan sistemler sayesinde düşük mertebelerden yüksek mertebelere doğru çeşitli band aralıklarını kullanılmaktadır. Bu sayede iletim sistemleri daha verimli kullanılabilir.

Aşağıda iletim sistemlerinin maksimum ve minimum seviyedeki taşıma kapasiteleri bu aralıktaki taşıyabildikleri ara mertebeler ve uzak ara iletim sistemlerinin santral, internet sağlayıcıları ve diğer kiralık devre müşterilerinin talep etmiş oldukları hız mertebelerini karşılayabilme yetenekleri belirtilmiştir.

3.2.1 PDH trafik taşıma kapasitesi

PDH sistemlerinde bir sayısal iletim sisteminin hızı aşağıdaki genel formüle göre hesaplanır.

$$HIZ = (2 \times B) \times K \times C$$

B: İletilecek bilginin bant genişliğini

(2 x B): Bir saniyede alınacak örnek sayısını

K: Kodlama bit sayısını

C: Aynı anda iletilecek kanal sayısını ifade eder.

TDM ve PCM iletim sisteminin temeli olan I. Mertebe PCM sistemi 0 dan 31'e toplam 32 adet 4 KHz bant genişliğindeki (insan sesi band genişliği) telefon kanalını 8 bitlik kodlama ile iletmek için tasarlanmış sistemlerdir.

Bu sistemin hızı:

$$HIZ = 2 \times 4000\text{Hz} \times 8 \times 32 = 2\,048\,000 \text{ b/s}$$

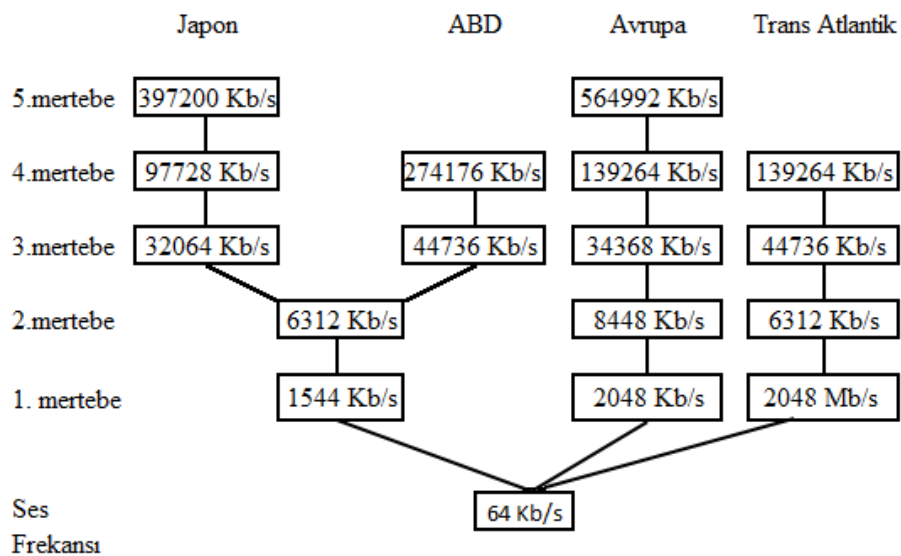
$$= 2.048 \text{ kbps} = 2,048 \text{ Mbps}$$

Avrupa standardında E1 olarak isimlendirilen 2048 kb/s hızı içerisinde 30 adet konuşma kanalı taşınmaktadır. Bu mertebeler çoğullanarak Çizelge 3.1 de belirtilen E1,E2, E3, E4, mertebeleri kullanılmıştır.

Fakat PDH sistemleri standardizasyonu dünya genelinde sağlayamamış ve Amerika, Japonya ve Transatlantik ülkeleri kendi çoğullama mertebelerini geliştirip kullanmışlardır. Dünyada kullanılan PCM PDH Çoğullama Mertebeleri Şekil 3.1 de gösterilmektedir. PDH sistemlerinde Türkiye nin de içinde bulunduğu Avrupa standardın da maksimum 564992 Kb/s seviyesine ulaşılmaktadır.

Çizelge 3.1 PDH sistem seviye isimleri (Coşkun, 2011)

		Sistem Seviye İsimleri			
		E.1	E.2	E.3	E.4
AVRUPA SİSTEMİ	KANAL SAYISI	30	120	480	1920
	BİT HIZI (Mbps)	2,048	8,448	34,368	139,645
		T.1	T.2	T.3	T.4
AMERİKA SİSTEMİ	KANAL SAYISI	24	96	672	4032
	BİT HIZI (Mbps)	1,544	6,312	44,736	274,176



Şekil 3.1 Dünyada kullanılan PCM PDH çoğullama mertebeleri (Stephan, 2004)

3.2.2 SDH trafik taşıma kapasitesi

SDH tüm dünya genelinde kullanılan daha yüksek hızlı ortak bir işarettir. Bu yeni merteye işaret, mevcut tüm PDH lerle uyumludur. Mevcut PDH ler maksimum 565 Mb/sn hızına çıkabilmektedir. Modern optik sistemler daha yüksek bit hızları sağlayabilmektedir.

SDH, SONET standardında bir takım değişiklikler yapılarak ortaya çıkan ve 1988 yılında CCITT tarafından standardı kabul edilen, farklı kapasitelerde sayısal sinyaller taşıyabilen, yüksek hızlı uluslararası bir transmisyon sistemidir. SDH, fiber optik ortamının yüksek band genişliği ve güvenilirlik avantajlarından yararlanmak için fiber optik transmisyon linkleri ve radyolinkler kullanılmaktadır.

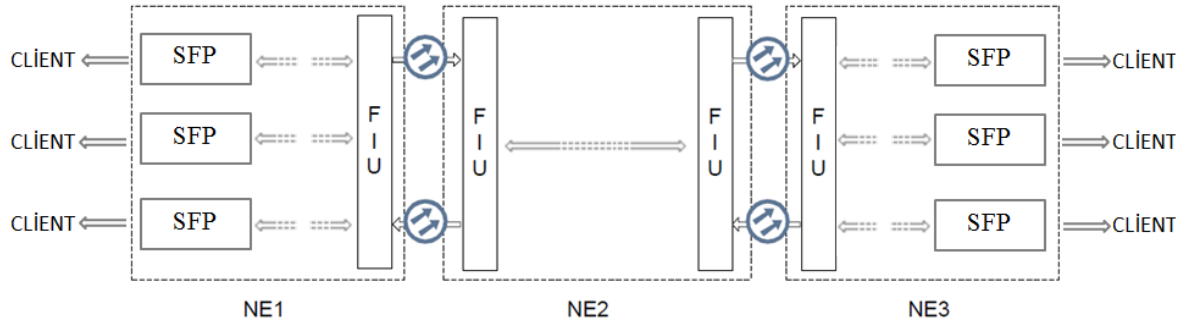
SDH sistemleri temel de sanal taşıyıcılar üzerinde başlık bilgilerinin eklenmiş hali 2Mb/s mertebesinin çoğullanması ve bu çoğullanma mertebelerin de başlık bilgilerinin eklenmesi ile bir üst mertebelere geçişler sağlanmıştır. PDH sisteminde bulunan mertebelerinde SDH sisteminde var olması PDH sistemi ile entegrasyonu sağlamıştır (Netaş TN-1XE, 2014), (Netaş TN-4XE, 2001), (Netaş TN-16XE, 2001) (Netaş TN-64X, 2001). Bu mertebeler Çizelge 3.2 de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 SDH trafik taşıma kapasiteleri

SDH Mertebesi	Kanal Hızı	Çoklama Şekli
E1	2 Mbit /s	32 X64 Kbit / s = 2048 Kbit/s
E3	34 Mbit / s	4 X 8 M bit / s
E4	140 Mbit / s	4 X 34 Mbit / s
STM - 1	155 Mbit / s	
STM - 4	622 Mbit / s	4 X STM -1
STM - 16	2,5 Gbit / s	4 X STM - 4
STM - 64	10 Gbit / s	4 X STM - 16

3.2.3 DWDM trafik taşıma kapasitesi

DWDM sistemi transmisyon sistemlerinin temel çalışma prensipleri gibi kullanıcı hizmetlerini toplayarak çoğullayıp iletim hattına vermektedir. Şekil 3.2. de Huawei OSN 8800 DWDM sistemi üç network elementinden trafik geçişinin temel fonksiyonları ile gösterimi mevcuttur.



Şekil 3.2 DWDM trafik akış diyagramı

DWDM sistemlerinin kullanıcı hızlarına hizmet verebilmek için Çizelge 3.3 de gösterilen Alcatel-Lucent 1830 DWDM sistemi kullanıcı tarafında desteklenen SFP (Small form-factor plugg) uygunluğuna göre istemci sinyal seviyelerinin kabul edilerek çoğullandıktan sonra iletim hattına verilebilecek seviyeler örnek olarak gösterilmektedir (PSS 1830-32 Alcatel, 2009).

Çizelge 3.3 DWDM trafik taşıma kapasitesi (PSS 1830-32 Alcatel, 2009)

KART	DESTEKLENEN İSTEMCİ SEVİLERİ
4DPA4	STM1, STM4, STM16
11DPM12	STM1, STM4, STM16
11 STAR1	64 X STM1, 16 X STM4, 4 X STM16, 1 X STM64
TN12TDX	STM64 = 10 G
43STA1P	STM256 = 40 G
12SCA1	STM 512 = 100 G

Çizelge 3.3 de görüldüğü gibi DWDM sisteminin taşıyabildiği trafik seviyesi STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256, STM 512 mertebelerindedir.

3.3 İletim Mesafeleri

Optik güç seviyesi dBm olarak ifade edilir ve $\text{dBm} = 10 \times \log(\text{mwatt})$ denklemi ile elde edilir. Transmisyon sistemlerinde iletim mesafelerinin ölçümünde optik güç seviyeleri önem kazanmaktadır. Her bir sistemin maksimum verebileceği bir güç seviyesi ve minimum kabul edebileceği optik giriş güçleri değeri mevcuttur. Bu değerler arasında bilgi kayıpsız olarak iletilir bilinir. Belirtilen minimum ve maksimum değerler transmisyon sistemlerinin taşımış olduğu trafiğin kapasitesine göre değişiklik gösterebilir.

İletim mesafesinin belirlenmesinde en büyük etken transmisyon sistemlerinin optik kabul değerleridir. Bu değerlerin altında alınan optik seviye iletişimi aksatacak ve sistemlerde bit kayıpları başlatıp signal loss alarmı üretmesine sebebiyet verip haberleşmeyi kesecektir.

Aşağıda PDH, SDH ve DWDM sistemlerinde transmisyon iletim hattı üzerinde zayıflatıcılarla simülasyon yapılmış ve JDSU MTS5800 ölçü aleti kullanarak elde edilen ölçüm değerleri ile transmisyon sistemlerinde iletişimin kesintiye uğrayacağı mesafeler belirlenmiştir.

3.3.1 PDH iletim mesafeleri

Siemens Optik Hat Teçhizatı OLTS PDH sistemi işletme kılavuzunda faydalananak PDH sistemleri iletim mesafesi hesaplanmıştır (Siemens OLTS, 2009). PDH optik arayüz sistemleri Optik çıkış güç seviyeleri Çizelge 3.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 OLTS birimi optik seviyeler (Siemens OLTS, 2009)

	2 Mbit/s	8 Mbit/s	34 Mbit/s	140 Mbit/s
Maksimum Veri Seviyesi dBm	-1	-1	-1	-4
Alış Kabul Seviyesi dBm	-47	-45	-41	-36

ITU-T G655 standardı (G.655 Series, 2009) gereği fiber optik kablonun km de maksimum 0.4 dBm zayıfladığı kabul etmektedir. Bu kapsamda PDH sinyalinin iletim

mesafesi aşağıdaki denklem ile hesaplanarak Çizelge 3.5 de gösterilmiştir (Siemens OLTS, 2009).

$$\text{İletim mesafesi} = \frac{\text{Max. optik veriş gücü} - \text{Min. optik veriş gücü}}{\text{Fiber zayıflaması (km)}}$$

Çizelge 3.5 de görüldüğü üzere PDH 2Mbit/s mertebesinde optik çıkış gücü -1 dB dir. Yön kartı çıkış seviyesi başlangıç mesafesi olarak (sıfır kilometre) kabul edilerek ve ITU-T G655 (G.655 Series, 2009) standardı gereği fiber optik kablunun km de maksimum 0.4 dB zayıfladığını göz önünde bulundurarak optik sinyalin -47 dB PDH 2Mbit/s minimum kabul seviyesine ulaştığında optik sinyal 115 km mesafe yol almıştır.

$$\text{İletim mesafesi} = (-1 - (-47))/0,4 = 115 \text{ km}$$

Aynı hesaplama tekniği ile iletim mesafeleri hesaplandığında, 8 Mbit/s mertebe sinyali 110 km,

$$\text{İletim mesafesi} = (-1 - (-45))/0,4 = 110 \text{ km}$$

34 Mbit/s mertebe sinyali 100 km

$$\text{İletim mesafesi} = (-1 - (-40))/0,4 = 100 \text{ km}$$

140 Mbit/s mertebe 80 km

$$\text{İletim mesafesi} = (-4 - (-36))/0,4 = 80 \text{ km}$$

göndermenin mümkün olabileceğini göstermektedir. Bu değerler fiber optik kablo ek zayıflamaları ve fiber optik kablo arıza zayıflamaları ihmal edilerek hesaplanmıştır.

Çizelge 3.5 Transmisyon mertebesine göre PDH iletim mesafesi

MESAFE(KM)	MERTEBE			
	2 Mbit/s	8 Mbit/s	34 Mbit/s	140 Mbit/s
0	-1	-1	-1	-4
10	-5	-5	-5	-8
20	-9	-9	-9	-12
30	-13	-13	-13	-16
40	-17	-17	-17	-20
50	-21	-21	-21	-24
60	-25	-25	-25	-28
70	-29	-29	-29	-32
80	-33	-33	-33	-36
90	-37	-37	-37	-----
100	-41	-41	-41	
110	-45	-45	-----	
115	-50	-----		

3.3.2 SDH iletim mesafesi

SDH iletim mesafeleri ölçümünde, ölçü aletinden alınan ekran görüntüsü Çizelge 3.6 da verilmiş ve bu görüntü STM-1 taşıma kapasitesinde transmisyon sistemi normal çalışma ölçüm değerine örnek sonucu gösterilmektedir. Ölçüm link olarak birbirine bağlantısı yapılmış 2 adet STM-1 çekmece arasındaki trafik üzerinde yapılmıştır. Port -1 in bağlı olduğu 1. Network Elementi (NE.1) -10.7 dBm alışı gücüne, Port-2 nin bağlı olduğu 2. Network Elementi (NE.2) -28.2 dBm alışı değerlerine sahip olduğunu göstermekte ve link sorunsuz çalışmaktadır.

Çizelge 3.6 STM- 1 ölçümü sorunsuz değerleri

Port 1: STM-1	Port 2: STM-1																																								
Messages logged. Click to see...	Messages logged. Click to see...																																								
Level (dBm) -10.7	Level (dBm) -28.2																																								
Freq Dev (ppm) 0.0	Freq Dev (ppm) 0.0																																								
Restart	Restart																																								
<table><tr><th>Interface</th><th>Signal</th></tr><tr><td>Invalid Rx Signal Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Losses</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Loss Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Optical Rx Overload</td><td>OFF</td></tr><tr><td>Optical Rx Level (dBm)</td><td>-10.7</td></tr><tr><td>Rx Frequency (Hz)</td><td>155520000</td></tr><tr><td>Rx Freq Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Rx Freq Max Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Tx Clock Source</td><td>Internal</td></tr></table>	Interface	Signal	Invalid Rx Signal Seconds	0	Signal Losses	0	Signal Loss Seconds	0	Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Level (dBm)	-10.7	Rx Frequency (Hz)	155520000	Rx Freq Deviation (ppm)	0.0	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Tx Clock Source	Internal	<table><tr><th>Interface</th><th>Signal</th></tr><tr><td>Invalid Rx Signal Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Losses</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Loss Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Optical Rx Overload</td><td>OFF</td></tr><tr><td>Optical Rx Level (dBm)</td><td>-28.2</td></tr><tr><td>Rx Frequency (Hz)</td><td>155520000</td></tr><tr><td>Rx Freq Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Rx Freq Max Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Tx Clock Source</td><td>Internal</td></tr></table>	Interface	Signal	Invalid Rx Signal Seconds	0	Signal Losses	0	Signal Loss Seconds	0	Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Level (dBm)	-28.2	Rx Frequency (Hz)	155520000	Rx Freq Deviation (ppm)	0.0	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Tx Clock Source	Internal
Interface	Signal																																								
Invalid Rx Signal Seconds	0																																								
Signal Losses	0																																								
Signal Loss Seconds	0																																								
Optical Rx Overload	OFF																																								
Optical Rx Level (dBm)	-10.7																																								
Rx Frequency (Hz)	155520000																																								
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0																																								
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0																																								
Tx Clock Source	Internal																																								
Interface	Signal																																								
Invalid Rx Signal Seconds	0																																								
Signal Losses	0																																								
Signal Loss Seconds	0																																								
Optical Rx Overload	OFF																																								
Optical Rx Level (dBm)	-28.2																																								
Rx Frequency (Hz)	155520000																																								
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0																																								
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0																																								
Tx Clock Source	Internal																																								
Show Actions	Show Actions																																								

Çizelge 3.7 de STM-1 mertebesinde yapılan ölçümde hat zayıflaması sonucunda Network Elementinin alış seviyesi -35.2 dBm seviyesine gelirse eğer, portaki alış değerlerinin çok düştüğü ve iletişimin kesileceğine dair ölçü aleti uyarı vermektedir. Alt limit olan -35.2 dBm seviyesinden sonra iletişim kesilmekte ölçü aleti Loss alarmı üretmektedir.

Çizelge 3.7 STM- 1 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

Port 1: STM-1	Port 2: STM-1																																								
Messages logged. Click to see...	Messages logged. Click to see...																																								
Level (dBm) -10.7	Level (dBm) -35.2																																								
Freq Dev (ppm) 0.0	Freq Dev (ppm) 0.0																																								
Restart	Restart																																								
<table><tr><th>Interface</th><th>Signal</th></tr><tr><td>Invalid Rx Signal Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Losses</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Loss Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Optical Rx Overload</td><td>OFF</td></tr><tr><td>Optical Rx Level (dBm)</td><td>-10.7</td></tr><tr><td>Rx Frequency (Hz)</td><td>155520000</td></tr><tr><td>Rx Freq Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Rx Freq Max Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Tx Clock Source</td><td>Internal</td></tr></table>	Interface	Signal	Invalid Rx Signal Seconds	0	Signal Losses	0	Signal Loss Seconds	0	Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Level (dBm)	-10.7	Rx Frequency (Hz)	155520000	Rx Freq Deviation (ppm)	0.0	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Tx Clock Source	Internal	<table><tr><th>Interface</th><th>Signal</th></tr><tr><td>Invalid Rx Signal Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Losses</td><td>0</td></tr><tr><td>Signal Loss Seconds</td><td>0</td></tr><tr><td>Optical Rx Overload</td><td>OFF</td></tr><tr><td>Optical Rx Level (dBm)</td><td>-35.2</td></tr><tr><td>Rx Frequency (Hz)</td><td>155520000</td></tr><tr><td>Rx Freq Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Rx Freq Max Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr><tr><td>Tx Clock Source</td><td>Internal</td></tr></table>	Interface	Signal	Invalid Rx Signal Seconds	0	Signal Losses	0	Signal Loss Seconds	0	Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Level (dBm)	-35.2	Rx Frequency (Hz)	155520000	Rx Freq Deviation (ppm)	0.0	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Tx Clock Source	Internal
Interface	Signal																																								
Invalid Rx Signal Seconds	0																																								
Signal Losses	0																																								
Signal Loss Seconds	0																																								
Optical Rx Overload	OFF																																								
Optical Rx Level (dBm)	-10.7																																								
Rx Frequency (Hz)	155520000																																								
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0																																								
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0																																								
Tx Clock Source	Internal																																								
Interface	Signal																																								
Invalid Rx Signal Seconds	0																																								
Signal Losses	0																																								
Signal Loss Seconds	0																																								
Optical Rx Overload	OFF																																								
Optical Rx Level (dBm)	-35.2																																								
Rx Frequency (Hz)	155520000																																								
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0																																								
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0																																								
Tx Clock Source	Internal																																								
Show Actions	Show Actions																																								

Çizelge 3.8 STM- 1 mertebesinde iletişim kopuk

Interface	Signal	Interface	Signal
Invalid Rx Signal Seconds	0	Invalid Rx Signal Seconds	0
Signal Losses	1	Signal Losses	1
🚨 Signal Loss Seconds	79	🚨 Signal Loss Seconds	79
Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	Unavailable	Optical Rx Level (dBm)	Unavailable
Rx Frequency (Hz)	Unavailable	Rx Frequency (Hz)	Unavailable
Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable	Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable
Rx Freq Max Deviation (ppm)	1.1	Rx Freq Max Deviation (ppm)	1.1
Tx Clock Source	Internal	Tx Clock Source	Internal

Çizelge 3.8 artık iki NE arasındaki iletişimin koptuğunu gösterir ölçüm ekranıdır. Çizelge 3.9 de STM-4 taşıma kapasitesi seviyesinde transmisyon sistemi normal çalışma ölçüm değeri sonucu gösterilmektedir. Port -1 in bağlı olduğu 1. Network Elementi (NE.1) -11.5 dBm alış gücüne, Port-2 nin bağlı olduğu 1. Network Elementi (NE.2) -28.2 dBm alış değerlerine sahiptir ve link sorunsuz çalışmaktadır.

Çizelge 3.9 STM- 4 ölçümü sorunsuz değerleri örneği

Port 1: STM-4 Messages logged. Click to see... Level (dBm) -11.5 Freq Dev (ppm) --- ⚡ Restart <table> <tr> <th>Interface</th><th>Signal</th></tr> <tr> <td>Invalid Rx Signal Seconds</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Signal Losses</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Signal Loss Seconds</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Optical Rx Overload</td><td>OFF</td></tr> <tr> <td>Optical Rx Level (dBm)</td><td>-11.5</td></tr> <tr> <td>Rx Frequency (Hz)</td><td>Unavailable</td></tr> <tr> <td>Rx Freq Deviation (ppm)</td><td>Unavailable</td></tr> <tr> <td>Rx Freq Max Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr> <tr> <td>Tx Clock Source</td><td>Recovered</td></tr> </table> Show Actions	Interface	Signal	Invalid Rx Signal Seconds	0	Signal Losses	0	Signal Loss Seconds	0	Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Level (dBm)	-11.5	Rx Frequency (Hz)	Unavailable	Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Tx Clock Source	Recovered	Port 2: STM-4 Level (dBm) -28.2 Freq Dev (ppm) --- ⚡ Restart <table> <tr> <th>Interface</th><th>Signal</th></tr> <tr> <td>Invalid Rx Signal Seconds</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Signal Losses</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Signal Loss Seconds</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Optical Rx Overload</td><td>OFF</td></tr> <tr> <td>Optical Rx Level (dBm)</td><td>-28.2</td></tr> <tr> <td>Rx Frequency (Hz)</td><td>Unavailable</td></tr> <tr> <td>Rx Freq Deviation (ppm)</td><td>Unavailable</td></tr> <tr> <td>Rx Freq Max Deviation (ppm)</td><td>0.0</td></tr> <tr> <td>Tx Clock Source</td><td>Internal</td></tr> </table> Show Actions	Interface	Signal	Invalid Rx Signal Seconds	0	Signal Losses	0	Signal Loss Seconds	0	Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Level (dBm)	-28.2	Rx Frequency (Hz)	Unavailable	Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Tx Clock Source	Internal
Interface	Signal																																								
Invalid Rx Signal Seconds	0																																								
Signal Losses	0																																								
Signal Loss Seconds	0																																								
Optical Rx Overload	OFF																																								
Optical Rx Level (dBm)	-11.5																																								
Rx Frequency (Hz)	Unavailable																																								
Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable																																								
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0																																								
Tx Clock Source	Recovered																																								
Interface	Signal																																								
Invalid Rx Signal Seconds	0																																								
Signal Losses	0																																								
Signal Loss Seconds	0																																								
Optical Rx Overload	OFF																																								
Optical Rx Level (dBm)	-28.2																																								
Rx Frequency (Hz)	Unavailable																																								
Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable																																								
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0																																								
Tx Clock Source	Internal																																								

Çizelge 3.10 STM- 4 mertebesinde ölçü aletinin uyarısı verdiği seviye

Port 1: STM-4	
Messages logged. Click to see...	
Level (dBm)	-11.3
Freq Dev (ppm)	0.0
Interface	Signal
Invalid Rx Signal Seconds	0
Signal Losses	0
Signal Loss Seconds	0
Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	-11.3
Rx Frequency (Hz)	622080000
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Recovered

Port 2: STM-4	
Level (dBm)	-30.0
Freq Dev (ppm)	0.0
Interface	Signal
Invalid Rx Signal Seconds	0
Signal Losses	0
Signal Loss Seconds	0
Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	-30.0
Rx Frequency (Hz)	622080000
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Internal

Çizelge 3.10 da STM-4 mertebesinde yapılan ölçümde hat zayıflaması sonucunda Network Elementinin alış seviyesi -30.0 dBm seviyesinde iken alış değerlerinin çok düştüğü ve iletişimin kesileceğine dair ölçü aleti uyarı vermektedir. Alt limit olan -30 dBm seviyesinden sonra iletişim kesilmekte ve ölçü aleti Loss alarmı üretmektedir.

Çizelge 3.11 STM- 16 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

Interface	Signal
Invalid Rx Signal Seconds	0
Signal Losses	0
Signal Loss Seconds	0
Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	-23.0
Rx Frequency (Hz)	2488320000
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Internal

Interface	Signal
Invalid Rx Signal Seconds	0
Signal Losses	0
Signal Loss Seconds	0
Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	-28.0
Rx Frequency (Hz)	2488320000
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Internal

Çizelge 3.11 de STM- 16 Mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviyenin ölçüm değeri olan -28 dBm görülmektedir. STM- 16 mertebesi de -28 dBm den sonra iletişimi karşı merkezle koparmaktadır.

Çizelge 3.12 de STM- 64 Mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviyenin ölçüm değeri olan -27 dBm görülmektedir. STM- 16 mertebesi de -27 dBm den sonra iletişimi karşı merkezle koparmaktadır.

Çizelge 3.12 STM- 64 mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

Interface	Signal	Interface	Signal
Signal Losses	269	Signal Losses	269
Optical Rx Overload	OFF	Optical Rx Overload	OFF
Optical Rx Level (dBm)	- 14.0	⚠ Optical Rx Level (dBm)	-27.0
Rx Frequency (Hz)	Unavailable	Rx Frequency (Hz)	Unavailable
Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable	Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0	Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Internal	Tx Clock Source	Internal

Çizelge 3. 13 ve 3.14 da netaş sdh sistemleri yön kartları katalog değerlerine göre optik çıkış güçleri belirtilmiştir (Netaş TN-1XE, 2014), (Netaş TN-4XE, 2001), (Netaş TN-16XE, 2001) (Netaş TN-64X, 2001).

Çizelge 3.13 de görüldüğü üzere en yüksek çıkış gücüne sahip STM-1 kapasitesine sahip kart STM-1 NTEU10AB dir ve seviyesi 0 dBm dir. minumum optik çıkış gücüne sahip karta ise STM-1 NTEU10AA gösterilebilir ve seviye -15 dBm dir. bu iki değer in ortalaması alınarak 7.5 dBm olarak hesaplamalar yapılmıştır. Çizelge 3.13 de görülen değerlere göre maksimum ve minimum optik çıkış güçler seçilerek Çizelge 3.14 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.13 Yön kartları optik çıkış güç değerleri (dB) (Netaş TN-1XE,2004), (Netaş TN-4XE, 2001), (Netaş TN-16XE, 2001), (Netaş TN-64X, 2001).

KART MODELİ	STM-1 NTEU10AA S-1.1	STM-4 NTEU21AB L-1.2
DALGA BOYU	1310	1550
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-15	-3
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-8	3
KART MODELİ	QUAD STM-1 NTEU10QA S-1.1	STM4 NTUE23AB L-4.2
DALGA BOYU	1310	1550
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-15	-3
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-8	2
KART MODELİ	STM-1 NTEU10AB L-1.2	STM16 NTEU 25AA
DALGA BOYU	1550	1310
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-5	-2,6
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	0	2,4
KART MODELİ	STM-4 NTEU20AA S-4.1	STM-16 NTEU25D*/NTEU25CB
DALGA BOYU	1310	1550
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-15	-1
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-8	3
KART MODELİ	STM-4 NTEU23AA S-4.1	STM16 NTEU 25CA
DALGA BOYU	1310	1310
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-15	-7
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-8	0
KART MODELİ	STM-4 NTEU15AB L-4.2	STM-64 NTRR12DC
DALGA BOYU	1550	1550
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-3	-6
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	2	0
KART MODELİ	STM-4 TRIB NTEU15AA S-4.1	
DALGA BOYU	1310	
MİN. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-15	
MAX. OPTİK ÇIKIŞ GÜCÜ	-8	

Çizelge 3.14 Transmisyon mertebesine göre maksimum ve minimum optik çıkış gücü

Transmisyon Mertebesi	Maksimum Çıkış Gücü (dB)	Minimum Çıkış Gücü (dB)	Ortalama (Aritmetik) (dB)
STM - 1	0	-15	-7.5
STM - 4	3	-15	-6
STM - 16	3	-7	-2
STM - 64	0	-6	-3

Ölçüm sonuçlarında alınan ölçüm sonuçlarına göre SDH sistemlerinde elde edilen kabul edilebilir minimum optik seviyeler aşağıdaki çizelge 3.15 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.15 Transmisyon mertebesine göre minimum optik kabul gücü

Transmisyon Mertebesi	Minimum Kabul Gücü(dB)
STM-1	-35
STM-4	-30
STM-16	-28
STM-64	-27

ITU-T G655 (G.655 Series, 2009) standardı gereği fiber optik kablunun km de maksimum 0.4 dB zayıfladığı kabul edilerek, SDH sistemlerinin maksimum ve minimum optik çıkış seviyeleri alınarak hesaplanan ortalama optik çıkış ve minimum optik kabul değerleri ile iletim mesafesi,

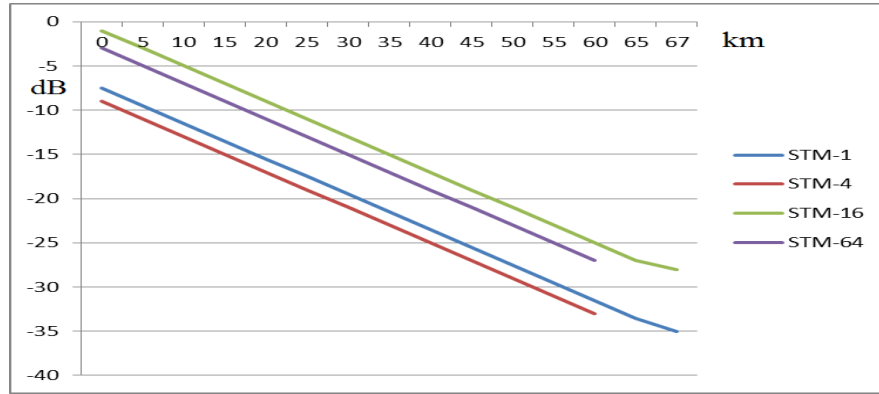
$$\text{İletim mesafesi(STM-1)} = (-7,5 - (-35))/0,4 = 67 \text{ km}$$

$$\text{İletim mesafesi(STM-4)} = (-6 - (-30))/0,4 = 60 \text{ km}$$

$$\text{İletim mesafesi(STM-16)} = (-2 - (-28))/0,4 = 67 \text{ km}$$

İletim mesafesi(STM-64) = $(-3 - (-27))/0,4 = 60 \text{ km}$ 'dir ve km taşınan kapasite ilişkisi çizelge3.16 ve çizelge3.17 deki gibidir (Netaş TN-1XE, 2004), (Netaş TN-4XE, 2001) (Netaş TN-16XE, 2001), (Netaş TN-64X, 2001).

Çizelge 3.16 Transmisyon mertebesine göre SDH iletim mesafesi grafiği



Çizelge 3.16. ve Çizelge3.17 de görüldüğü üzere SDH STM-1 mertebesinde ortalama optik çıkış gücü -7.5 dB dir. Yön kartı çıkış seviyesi başlangıç mesafesi olarak (sıfır kilometre) kabul edilerek ve ITU-T G655 standardı (G.655 Series, 2009) gereği fiber optik kablonun km de maksimum 0.4 dB zayıfladığını göz önünde bulundurarak optik sinyalin -35 dB SDH STM-1 minimum kabul seviyesine ulaştığında optik sinyal 67 km mesafe yol almıştır.

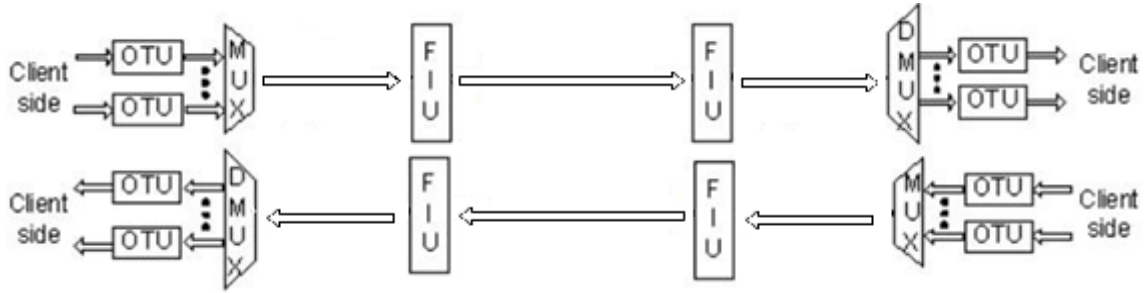
Çizelge 3.17 Transmisyon mertebesine göre SDH iletim mesafesi

MESAFE(KM)	MERTEBE			
	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
0	-7,5	-6	-2	-3
5	-9,5	-9	-3	-5
10	-11,5	-11	-5	-7
15	-13,5	-13	-7	-9
20	-15,5	-16	-9	-11
25	-17,5	-17	-11	-13
30	-19,5	-19	-13	-15
35	-21,5	-21	-15	-17
40	-23,5	-23	-17	-19
45	-25,5	-25	-19	-21
50	-27,5	-27	-21	-23
55	-29,5	-29	-23	-25
60	-31,5	-30	-25	-27
65	-33,5	-----	-27	-----
67	-35		-28	
	-----		-----	

Aynı hesaplama tekniği ile iletim mesafeleri hesaplandığında STM-4 mertebesindeki SDH sinyali 60 km STM-16 mertebesindeki SDH sinyali 67 km, STM-64 mertebesindeki SDH sinyali 60 km alıcı merkezde minimum kabul seviyesine düşene kadar optik sinyalleri iletebilmektedir.

3.3.3 DWDM iletim mesafesi

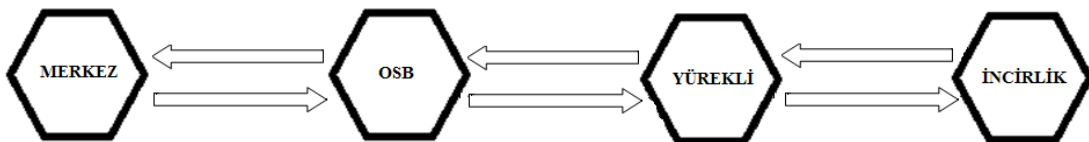
DWDM sisteminin iletim mesafesi Huawei OSN 8800 sistemi üzerinde u2000 yönetim programı kullanılarak görülmüştür. Huawei OSN 8800 sisteminde transmisyon ana hat çıkışı FIU kartıdır. Bu sebepten dolayı FIU kartı üzerinden optik giriş kabul değerlerini belirtir (Input Power Threshold) ölçümleri alınmıştır.



Şekil 3.3 Huawei 8800 DWDM hat elemanları şeması

Şekil 3.3 de DWDM sisteminin iki kullanıcı arasındaki geçiş aşamaları gösterilmektedir. Gelen kullanıcı sinyali OTU kartıyla sisteme girişi başlar multiplex işlemlerinden sonra FIU kartı ile uzak ara iletişime gönderilir.

DWDM sisteminde gerçek ölçüm sonuçları adana merkez santral, organize sanayi bölgesi, yürekli, incirlik santral merkezleri arasındaki DWDM linkinden alınmıştır.



Şekil 3.4 Ölçüm yapılan DWDM linki

Ölçüm alınan ekran görüntüsü şekil 3.5 deki gibidir. Alınan ölçüm değerlerinde alış ve veriş değerleri olarak ayrı ayrı ölçüm yapılmıştır ve bu ölçümler sonucunda kabul değerleri sabit bir şekilde -32 dBm olduğu görünmüştür.

Sink Port ^	Input Power(dBm) ^	Input Power Threshold(dBm) ^
MERKEZ(ADANA)_47-Shelf2(AOSB)-1-12FIU-1(IN/OUT)	-3.6	-32.0
AOSB_682-Shelf2(MERKEZ)-1-12FIU-1(IN/OUT)	-5.3	-32.0
YUREKLI_681-Shelf2(AOSB)-1-12FIU-1(IN/OUT)	0.8	-32.0
AOSB_682-Shelf0(YUREKLI)-1-12FIU-1(IN/OUT)	0.2	-32.0
INCIRLIK_680-Shelf2(YUREKLI)-1-12FIU-1(IN/OUT)	0.3	-32.0
YUREKLI_681-Shelf0(INC)-1-12FIU-1(IN/OUT)	1.4	-32.0

Şekil 3.5 DWDM alışı optik güç ölçüm değerleri

U2000 Manager ile alınan aynı merkezlere ait FIU kartları optik çıkış değerleri şekil 3.6 daki gibidir.

Sink Port ^	Output Power(dBm) ^
MERKEZ(ADANA)_47-Shelf2(AOSB)-1-12FIU-1(IN/OUT)	7.7
AOSB_682-Shelf2(MERKEZ)-1-12FIU-1(IN/OUT)	6.7
YUREKLI_681-Shelf2(AOSB)-1-12FIU-1(IN/OUT)	4.3
AOSB_682-Shelf0(YUREKLI)-1-12FIU-1(IN/OUT)	4.8
INCIRLIK_680-Shelf2(YUREKLI)-1-12FIU-1(IN/OUT)	5.0
YUREKLI_681-Shelf0(INC)-1-12FIU-1(IN/OUT)	6.9

Şekil 3.6 DWDM çıkışı optik güç ölçüm değerleri

Yapılan ölçüm sonucunda 6 merkezden alınan değerlerin ortalaması 5,9 (dBm) output power değeri kabul edilirse DWDM sistemi kabul değeri -32 dBm sinyali seviyesine düşene kadar, G655 standardı gereği (G.655 Series, 2009) fiber optik kablonun km de maksimum 0.4 dB zayıfladığı kabul edilerek, 95 km fiber optik kablo mesafesi iletebilir.

3.4 Bit Hata Oranları

Transmisyonun kalitesi nihai servisleri ve uygulamaları doğrudan doğruya etkilemektedir. Bu nedenle fiziksel transmisyonun kalitesinin tanımlanması, ölçülmesi ve teyit edilmesi büyük önem taşır.

Analog transmisyonun kalitesi; seviye , gürültü ve band genişliği gibi parametrelerle kontrol edilmektedir. Sayısal işaretlerin transmisyon kalitesinin belirlenmesinde ise çok daha farklı kavramlar ve parametreler söz konusu olmaktadır. Bir katmanın üstündeki

katmana sağlayacağı servisin kalitesi, kendi servis kalitesi ile birlikte altındaki katmanın sunduğu servisin kalitesine bağlıdır.

Her katmanın servis kalitesi diğer katmanlardan ayrı olarak ölçülebilmektedir. En alttaki katmanın (fiziksel katman) sunduğu servis çok temel olup, üstteki diğer tüm katmanlar bu servisi kullanmaktadırlar. En üstteki uygulama katmanının kalitesi büyük ölçüde en alttaki fiziksel katmanın ve bunu destekleyen iletim ortamının örnek fiber kablonun iletim kalitesine bağlı olacaktır.

Fiziksel katmanda çalışan cihazlara “Transmisyon Cihazları” denmekte ve kullandıkları protokollere göre PDH, SDH veya DWDM cihazları gibi isimler almaktadırlar. Bu cihazların ürettiği fiziksel işaretler, iletim ortamı aracılığı ile gönderilip alınmaktadır. Dolayısı ile fiziksel katmanda iletim kalitesi, transmisyon cihazlarının doğru çalışmasına bağlı olduğu gibi aynı zamanda da iletim ortamının iletim kalitesine bağlıdır.

Sayısal transmisyonun kalitesi, doğrudan bitlerin hatasız taşınması ile ilgilidir. En temel kavram 1 bitlik bilgidir. Bu bilgi ya “1” veya “0” değerini almakta ve hata durumunda da “1” ler “0” olarak algılanacak yada tam tersi “0” “1” olarak algılanacaktır (Hodancı, 2013).

Sayısal iletimin kalitesinin saptanmasında önemli bir parametre BER (Bit Error Ratio) olmaktadır. Bu parametre hatalı bitlerin sayısının iletilen toplam bitlere oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Örneğin $BER = 10E-3$ çok yüksek bir bit hata oranı olup (iletim bu hata oranında kesilmektedir.) ortalama olarak iletilen her 1000 bit’ den 1’ bitinin hatalı olduğunu ifade eder.

Daha makul BER oranları bunların altında olanlardır. $10E-3 < BER < 10E-6$ aralığında sistemler genellikle BER alarmları verirler. Ancak , bu eşiğin üzerinde sistemler alarm vermeseler bile beklenen BER, $10E-6$ ‘ dan çok daha düşüktür.

PDH teknolojisinde beklenen BER $10E-9$, SDH ‘ de $10E-10$, DWDM ‘ de ise $10E-12$ ‘ den daha küçük olmalıdır (G.826 Series, 2006). Bu değerlere göre DWDM sistemi hata oranına en toleranslı sistem olup, sırasıyla SDH ve PDH sistemleri gelmektedir (Hodancı, 2013).

3.5 Kurulum Maliyeti ve İşletme Kolaylıkları

3.5.1 Kurulum maliyetleri

Yatırım yapılacak sektörde, işletmecinin yatırımının ihtiyaçlarını ne ölçüde karşıladığı kadar yatırım maliyetleri ve işletme maliyetlerine de dikkat etmektedir. Çünkü bu planlamanın istenilen verimde gerçekleştirilmesi, öncelikli olarak yatırım bütçesinin uygunluğuna bağlıdır.

Bu kapsamda uzak ara iletim sistemlerinin kıyaslanmasında sistem ilk kurulum maliyeti de mutlaka dikkate alınacağı düşünülerek. Aşağıdaki kurulum ve işletme maliyetleri araştırması yapılmıştır.

Alınan veriler Turk Telekom A.Ş. nin müşterilerine sağlamış olduğu, fiber optik kablo, bakır kablo üzerinden verilen hizmetlere ait lokal erişim, teçhizat ve devre hazırlama ücretleri kataloğundan faydalanarak KDV ve ÖİV hariç ücretlerdir. Bu kataloğun güncelleme tarihi 3 Mart 2014 tür (www.turktelekom.com.tr, 3 Mart 2014).

Çizelge 3.18 da Bir SDH teçhizatı için gerekli mertebelere göre temel donanım ihtiyaçları belirtilmiştir.

Çizelge 3.18 SDH teçhizatları temel özellikleri

HIZI	KULLANICI ARAYÜZÜ	MAKSİMUM KAPASİTE	GEÇİŞ SEVİYELERİ
155 Mbit/sn (STM-1)	STM-1o	STM-1	2Mbit/sn-34 Mbit/sn-155Mbit/sn
622 Mbit/sn (STM-4)	STM-4o	STM-4	2Mbit/sn-34 Mbit/sn-155Mbit/sn
2.4 Gbit/sn (STM-16)	STM-16o	STM-16	2Mbit/sn-34 Mbit/sn-155Mbit/sn
10 Gbit/sn (STM-64)	STM-64o	STM-64	2Mbit/sn-34 Mbit/sn-155Mbit/sn

Çizelge 3.19 de Çizelge 3.18 SDH Teçhizatları temel özellikleri içeren bir sistem için fiyatlar belirtilmektedir.

Çizelge 3.19 SDH teçhizat ücretleri (www.turktelekom.com.tr, 3 Mart 2014).

TEÇHİZAT ÜCRETİ	SDH
155 Mbit/sn (STM-1)	3.339 TL
622 Mbit/sn (STM-4)	8.261 TL
2.4 Gbit/sn (STM-16)	14.886 TL
10 Gbit/sn (STM-64)	26.633 TL

Aynı katalogdan faydalanarak elde edilen DWDM teçhizat ücreti ile beraber 10 Gbps ilave kart bedel toplamı 20.595 TL ve çizelge 3.20 de belirtilmiştir.

Çizelge 3.20 DWDM teçhizatları temel özellikleri (www.turktelekom.com.tr, 3 Mart 2014).

DWDM TEÇHİZAT ÜCRETİ	20.595 TL
----------------------	-----------

PDH sisteminin üretiminin durdurulması sebebiyle maliyet araştırması yapılamamıştır.

3.5.2 İşletme kolaylıkları

Uzak ara iletim sistemlerinde Bir işletmecinin temel beklentileri arasında sistemin yönetilebilirliği ve uzak erişim ile sistemlere müdahale edilebilirliği, yaşanabilecek sistem arızalarında, arıza tespiti için operatörü yönlendirmesi ve yaşanabilecek arıza durumlarında alternatif trafik yönlendirilmesine imkân sağlayan network yapısına sahip, genişletilebilir esnek network topolojisine sahip sistemler yer almaktadır. Bu kapsamda bu başlık altında belirtilen unsurlar incelenmiştir.

3.5.2.1 Yönetilebilirlik

DWDM ve SDH sistemlerinin PDH sistemlerinden ayıran en önemli özelliklerden bir tanesi bu sistemlerin sahip olduğu yönetim sistemleridir. PDH sistemlerinin yönetim sistemleri olmayıp, SDH Huawei U2000 ve Netaş EC-1 yönetim sistemlerinde sistem performansını ölçmek, alarm takibi yapabilmek, trafik tanımlamalarını yapmak mümkündür. Şekil 3.7 da Netaş SDH sistemine ait yönetim sistemi kullanıcı arayüzü

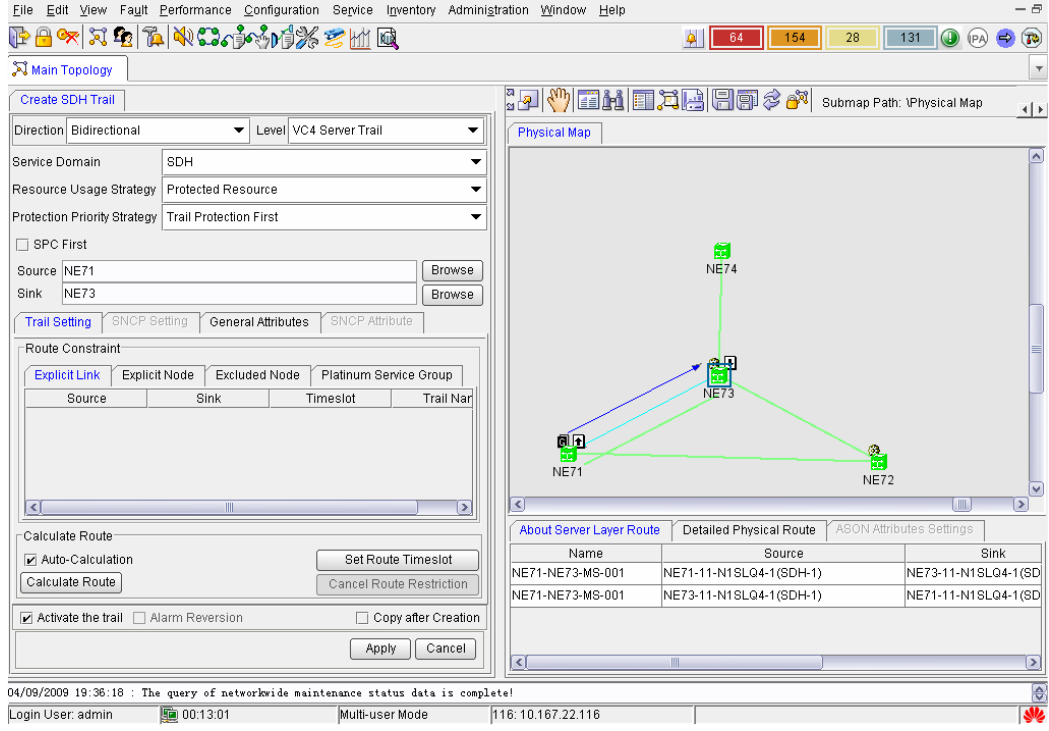
gösterilmiştir. Bu ara yüz sayesinde ağdaki bütün NE lere ulaşıp yönetimleri sağlanabilmektedir.

The screenshot shows the 'File Utilities' window of the Netaş SDH management program. The 'Host Name' is 'egitimec' and 'Auto update' is checked. The main table lists network elements with columns: Status, Name, Type, Address, Managed State, and Version. The table is sorted by 'NE Typ' and 'Modify NE...'. The 'Display Options' are set to 'TN-1X' and 'Retrieve PMS'. The table contains the following data:

Status	Name	Type	Address	Managed State	Version
F	A_4XE	TN-4XE	00:00:75:70:1A:84	MANAGED	E3.01
F	B_4XE	TN-4XE	00:00:75:70:1A:88	MANAGED	E3.01
F	C_4XE	NE Browser...	:00:75:70:1A:82	MANAGED	E3.01
F	D_4XE	NE Command Line...	:00:75:70:39:F9	MANAGED	E3.01
		Connections Manager...			
	U_1X	Delete NE	:00:75:40:23:09	MANAGED	X8.44A
	V_1X	Backup NE	:00:75:40:26:0A	MANAGED	X8.44A
F	X_1X	Restore NE	:00:75:40:26:06	MANAGED	X8.44A
	Y_1X	Retrieve Alarms	:00:75:40:26:42	MANAGED	X8.44A
?	E_4T	Alarm Summary...	:00:75:71:09:4A	UNMANAGED	
		NE Details...			
		Sort Options: NE Typ Modify NE...			
		Align Time			
		Display Options: TN-1X TN-1C TN-1P			
		Retrieve PMS			
F	X_1X	TN-1X(2,5)	00:00:75:40:26:06	MANAGED	X8.44A
F	A_4XE	TN-4XE	00:00:75:70:1A:84	MANAGED	E3.01
F	B_4XE	TN-4XE	00:00:75:70:1A:88	MANAGED	E3.01
F	C_4XE	TN-4XE	00:00:75:70:1A:82	MANAGED	E3.01
F	D_4XE	TN-4XE	00:00:75:70:39:F9	MANAGED	E3.01

Şekil 3.7 Netaş SDH yönetim programı EC-1 şebeke elemanı erişim penceresi (Netaş TN-MS EC-1, 2001).

Şekil 3.8 de de aynı yönetim özelliklerine sahip Huawei SDH sisteminin kullanıcı ara yüzü gösterilmektedir. Şekil 3.9 Netaş SDH yönetim programında bir NE ile bağlantı kurularak lokasyonda ki taşınan trafik kapasitesinin gözlenebildiği gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Huawei SDH ve DWDM yönetim programı U2000 pencere görünümü (Huawei technologies, 2013)

File View Options								
Name: k6902		Type: TN-4XE		Version: E3.01		Duty Class: System Engineer		
No.	Label	Rate	Source	Source Protection	Destination	Dest. Protection	Direction	Description
1	S0-1-J2	VC-4	S0-1-J2		S0-1-J2		BI	Through
2	ank	VC-4	S0-1-J4*	S0-1-J4	S13-1-J1		BI	Protected Add/Drop
3	k9062	VC-12	S0-1-J1-K112(2)	S0-1-J1-K112(2)	S2-3		BI	Protected Add/Drop
4	k9063	VC-12	S0-1-J1-K113(3)	S0-1-J1-K113(3)	S2-21		BI	Protected Add/Drop
5	k9063	VC-3	S0-1-J1-K300	S0-1-J1-K300*	S3-2		BI	Protected Add/Drop
6	S0-1-J1-K111	VC-12	S0-1-J1-K111(1)		S0-1-J1-K111(1)		BI	Through
7	S0-1-J1-K200	VC-3	S0-1-J1-K200		S0-1-J1-K200		BI	Through
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Connections List: Wed Oct 31 11:16:16 2001								

Şekil 3.9 Netaş SDH yönetim programı EC-1 bağlantı yöneticisi (Netaş TN-MS EC-1, 2001).

Yönetilebilirliği olmayan PDH sistemlerinde operatör network topolojisinin takibini manuel kayıtlarından yapmak zorunda kalmaktadır. Fakat DWDM ve SDH sistemlerinde yönetilebilir sistemlere sahip olması sayesinde operatör topolojiye anlık ulaşabilmektedir.

3.5.2.2 Trafik Koruma

SDH sistemleri Bölüm 2 de detaylı açıklanan aşağıdaki trafik koruma yöntemlerine sahiptir.

Hat koruması; 1+1 lineer koruma, M:N lineer koruma ve Halka koruması

- Çoklayıcı Bölmeli Koruma - MSP
 - 2 fiber çift yönlü MSP koruma
 - 2 fiber tek yönlü MSP koruma
 - 4 fiber çift yönlü MSP koruma

DWDM sistemlerinde de SDH sistemleri gibi zengin fiber topolojileri uygulanabilmekte ve bu sayede SDH de bulunan fiber hat koruma yöntemlerinde DWDM de uygulanabilmektedir. Ayrıca, kart içi 1+1 koruma ve SNCP koruma yöntemlerine sahiptir.

PDH sistemleri Zincir topolojiye göre çalıştığı için trafik koruma yöntemlerine sahip değildir.

3.6 Uzak İletişim Ağı Teknolojilerinin Karşılaştırılması

a- Trafik taşıma kapasiteleri

İletim sistemlerinden beklenen, taşınmak istenen bilginin band genişliğine uygun taşıma kapasitesidir. Bu kapsamda iletilmek istenen bilginin band genişliği küçük boyutta ise fazla kapasiteli bir iletim sistemi kullanmak gereksiz olacaktır. Aynı zamanda yüksek kapasitede bir bilgi iletilmek istenildiğinde de iletim sisteminin bunu karşılaması beklenir. Çizelge 3.21 de Uzak Ara İletişim Sistemlerinin trafik taşıma kapasiteleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.21 Uzak ara iletişim sistemlerinin trafik taşıma kapasiteleri

	PDH	SDH	DWDM
Trafik Kapasiteleri	2 Mbit /s	2 Mbit /s	-----
	-----	-----	-----
	34 Mbit / s	34 Mbit / s	-----
	140 Mbit / s	-----	-----
	-----	155 Mbit / s	155 Mbit / s
	565 Mbit/s	622 Mbit / s	622 Mbit / s
	-----	2,5 Gbit / s	2,5 Gbit / s
	-----	10 Gbit / s	10 Gbit / s
	-----	-----	40 Gbit / s
	-----	-----	100 Gbit / s

Eğer 2/34 Mbit/s hız mertebelerinde bilgiler taşınacaksa PDH ve SDH sistemleri bu mertebeleri karşılayabilmekte fakat DWDM bu mertebedeki bir hızı karşılayamamaktadır.

155 / 622 Mbit/s ile 2,5/10 Gbit/s hızlarında bir bilgi taşınacaksa eğer bu mertebeleri de SDH ve DWDM sistemleri karşılayabilmekte fakat PDH sistemleri karşılayamamaktadır.

10 Gbit/s üzeri hızları sadece DWDM sistemleri karşılayabilmektedir.

b- İletim mesafeleri

İletim sistemlerinden beklenen önemli özelliklerinden bir tanesi de iletilmek istenilen bilgiyi minimum sayıda tekrarlayıcı sistemler kullanarak uzak mesafelere iletebilmesidir. Çizelge 3.22 de Uzak Ara İletişim Sistemlerinin iletim mesafeleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.22 Uzak ara iletişim sistemlerinin iletim mesafeleri

KM	PDH				SDH				DWDM
	2 Mbit/s	8 Mbit/s	34 Mbit/s	140 Mbit/s	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	2,5/10/40 G
0	-1	-1	-1	-4	-7,5	-6	-2	-3	5,9
10	-5	-5	-5	-8	-11,5	-13	-5	-7	1,9
20	-9	-9	-9	-12	-15,5	-17	-9	-11	-3,9
30	-13	-13	-13	-16	-19,5	-21	-13	-15	-7,9
40	-17	-17	-17	-20	-23,5	-25	-17	-19	-11,9
50	-21	-21	-21	-24	-27,5	-29	-21	-23	-15,9
60	-25	-25	-25	-28	-31,5	-30	-25	-27	-19,9
67	-28	-28	-28	-30	-35	-----	-28	-----	-20,9
70	-29	-29	-29	-32	-----		-----		-21,9
80	-33	-33	-33	-36					-25,9
90	-37	-37	-37						-29,9
95	-39	-39	-39						-32,0
100	-41	-41	-41						-----
110	-45	-45	-----	-----					
115	-50	-----							

PDH, SDH VE DWDM sistemlerinin iletim mesafeleri kıyaslandığında DWDM sistemine ait mertebelerin SDH sistemlerine ait mertebelere göre daha uzak mesafelere iletelebildiği görülmektedir. Fakat PDH sistemleri de DWDM sistemlerine ait mertebelerden daha uzun mesafelere taşınmak istenen bilgiyi iletebilmektedir.

c- Bit hata oranları, Kurulum maliyetleri ve işletme kolaylıkları

- **Bit hata oranları**

İletilmek istenilen veri uygulamalarının hepsi transmisyonun istenilen bir kalite ile yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu kalite değerleri müşteriye ait taşınan bilginin alıcı noktasında bozulmadan iletimini sağlamaktadır.

Transmisyon sisteminde beklenen bit hata oranlarının düşük olması transmisyon kalitesini artırmaktadır. Burada PDH teknolojisinde beklenen bit hata oranlarının $10E-9$, SDH' de $10E-10$, DWDM'de ise $10E-12$ 'den daha küçük olması DWDM sistemi ile iletilen bilginin kalitesi SDH sisteminden daha yüksek, SDH sisteminde iletilen bilginin kalitesi de PDH sisteminden daha yüksektir.

- **Kurulum maliyetleri**

Uzak ara iletişim sistemlerinde önemli etkenlerden biri yatırım maliyetidir. İşletmecinin yatırım bütçesi kadar sistem kurulumu imkânı vardır. Bu kapsamda PDH, SDH ve DWDM sistemlerin fiyatları önem kazanmaktadır.

PDH sisteminin üretiminin durdurulması sebebiyle birinci el PDH sistem fiyatlarına ulaşamamaktadır.

SDH sistemlerinin mertebelerine göre fiyatları incelendiğinde

155 Mbit/sn (STM-1) 3.339 TL

622 Mbit/sn (STM-4) 8.261 TL

2.4 Gbit/sn (STM-16) 14.886 TL

Fiyatları DWDM 10 Gbps ilave kart bedel toplamı 20.595 TL den daha ucuzdur. Fakat SDH 10 Gbit/sn (STM-64) 26.633 TL bedeli de DWDM sisteminden daha fazladır.

- **Yönetilebilirlik**

DWDM ve SDH sistemlerinin PDH sistemlerinden ayıran en önemli özelliklerden bir tanesi bu sistemlerin sahip olduğu yönetim sistemleridir.

PDH sistemlerinde, uzak yönetim sistemlerinin olmaması sebebiyle teknik operatör network ta herhangi bir değişiklik yapmak istediğinde ilgili lokasyona fiziki olarak ulaşp müdahale etmesi gerekmektedir. Arıza tespiti ve trafik tanımlamaları lokal merkezden yapılması gerekliliği mevcuttur.

Fakat SDH ve DWDM sistemlerinin sahip olduğu yönetim sistemleri operatöre trafik yönetimi, alarm takibi, network element ekleme veya çıkartma esnekliği sağlamaktadır. Bu özellik ile PDH sistemi SDH ve DWDM sisteminin gerisinde kalmıştır.

- **Trafik koruma**

DWDM ve SDH sistemleri sahip olduğu zengin topoloji ağı (Ring, Uçtan Uca, Yıldız Ağaç, Birleşik Ringler ve Mesh ağ yapısı) sayesinde trafik ve fiber güzergahı korumalarına sahiptir.

SDH ve DWDM sistemleri bu sayede, fiber optik hasarları veya sistem kartları arızalarında alternatif fiber güzergahlarını ve yön kartlarını kullanarak, taşıdığı trafikte kesintiye sebebiyet vermemektedir.

PDH Sistemleri tek bir fiber üzerinden iletimini sağlamakta ve link olarak çalışmaktadır. PDH sistemleri ile Fiber ve kart koruması yapılamamakta bu sebepten trafiğin sürekliliği garanti edilememektedir.

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Kullanıcılarının telefon dışı, geniş band servislere doğru yönelmesi daha fazla ucuz iletim ve band genişliğine ihtiyaç duyulmasına sebebiyet vermiştir. Geniş band uygulamaları kalkınmada öncü hizmetler olması sebebiyle gelecekte teknolojinin hızına ayak uydurmak için bir ön koşul olmuştur.

Operatörün network yönetimini ile alarm takibi, trafik yönetimi, performans takibi ve esnek mertebe değişikliği yapabilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu kapsamda PDH sistemlerinin yönetim yeteneklerinin olmaması sebebiyle PDH sistemlerinde yönetsel zafiyet ortaya çıkmaktadır.

Bununla beraber PDH sistemleri müşterilerin talepleri doğrultusunda, iletim kapasite mertebelerini karşılayabilmek için iletim hattında çok sayıda çoklayıcı sisteme ihtiyaç duymaktadır. Networkta yer alacak her çoklayıcı sistem maliyeti artırmakla beraber Operasyonel yönetimini de olumsuz etkilemektedir. PDH sistemlerinin iletim mesafeleri diğer uzak ara iletim sistemlerine göre daha kısa mesafede kalmıştır. İletilen bilgide hata oranının kabul edilebilir eşik değerinin diğer iletim sistemlerine göre toleranslı olması avantajı, iletilebilecek band genişliğini kısıtlı olması dezavantajının gölgesinde kalmıştır.

Ayrıca iletişimin sürekliliğini sağlayabilmek adına PDH sistemlerinin trafik koruma yöntemlerine sahip olmaması, teknolojisinin üretiminin pazarın gerisinde kalması, PDH sistemlerinin sınırlamaları içerisinde yer almış ve kullanım tercihinde geri planda bırakmıştır.

Şebekede trafik seviyesi geliştikçe çok sayıda 2Mb/s kullanılamamıştır. Bunun yerine daha yüksek mertebeler kullanılmaya başlanılmıştır. Bu noktada PDH in 144 Mb/s hızından daha yüksek mertebelere ulaşan SDH sistemleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca SDH sistemlerinde bulunan mertebeler arası geçiş tekniği ekle çıkart ile herhangi bir üst mertebeden her hangi bir alt mertebeye doğrudan geçiş sağlanması PDH de yaşanan seviyeler arası çoğullayıcı geçişleri dezavantajını ortadan kaldırmaktadır.

SDH de bulunan fiber optik şebeke koruma yöntemleri iletim mesafesi ve operatöre sağladığı yönetim avantajı SDH sistemini ön plana çıkarmıştır. Yatırım maliyeti sıralamasında DWDM sistemlerinde en yüksek tutara sahip olduğu görülmektedir. Teknolojisinin pazardaki konumu ve fiyat avantajı ile beraber bilgide hata oranının kabul edilebilir eşik değerinde bilgi taşıma kapasitesi avantajına göre kabul edilebilirliği de SDH sistemlerini ön plana çıkartmaktadır.

Fakat SDH hızları STM64 (10Gb/s) hıza ulaştığında daha hızlı teknolojilere ihtiyaç duyulmuştur. Bu noktada DWDM sistemleri devreye girmektedir. DWDM sistemleri de sahip oldukları yönetim sistemleri ile operatöre networkun yönetimini ve takibini kolaylaştırmıştır. Ayrıca zengin ağ topoloji yapısı ve bu sayede trafik koruma özellikleri, yönetim avantajları arasındadır.

En fazla trafik taşıma kapasitesine sahip olan DWDM sistemleri bu özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Fakat düşük hızları destekleyici ara yüzlerin olmayışı DWDM sistemlerinin dezavantajıdır. Ayrıca yatırım maliyeti yüksekliği DWDM sistemleri dezavantajları arasında yer almaktadır. İletim mesafesi uzunluğu da DWDM sistemlerinin SDH e göre avantajlarındandır. Çizelge 4.1 Uzak ara iletişim sistemlerinin yatırım planlamasında tercih sebep öncelikleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Uzak ara iletişim sistemleri PDH, SDH, DWDM karşılaştırması

	PDH			SDH			DWDM		
	Düşük	Orta	İyi	Düşük	Orta	İyi	Düşük	Orta	İyi
Trafik Taşıma Kapasitesi	X				X				✓
İletim Mesafesi		X		X					✓
Bit Hata Toleransı	X				X				✓
Kurulum Maliyeti	✓			✓			X		
İşletme Kolaylıkları	X					✓			✓

(✓) Öncelikli seçim sebebi, (X) Öncelikli olmayan seçim sebebi.

Sonuç olarak öncelikle bir network planlamasında müşteri beklentisi iyi belirlenmelidir.

Müşterinin taşımak istediği bilgi için beklentileri; düşük kapasite, trafik koruması ve yönetim sistemi kontrolüne sahip olma ile paralel yatırım maliyeti göz önünde bulundurulduğunda, müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için SDH sistemleri önerilmektedir.

Müşterinin taşımak istediği bilgi, gelişen geniş band teknolojileri ile paralel olarak, uzak ara iletim sistemlerinde daha yüksek iletim kapasitesine ihtiyaç duyuyorsa, DWDM sistemleri paralelinde iletim mesafesi avantajı, trafik koruması ve yönetim sistemi kontrolüne sahip olma ile özelliği ile beraber gelişen teknolojinin daha da ucuzlayacağı düşünülerek geleceğin yatırımı DWDM sistemleri olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Alcatel–Lucuent, ‘‘SDH Teorisine Giriş Teknik Eğitim Dokümanı’’
https://www.turktelekomakademi.com.tr/kurumsal50/ASPX/Library/file_library.aspxobjectID=264479, 13 Nisan 2012.
- Alpert A., Hata Performans Önerilerinin Kavranması Application Note **JDS Uniphase Corporation**, 2006.
- ALTTC/TX1 ‘‘SDH CONCEPTS’’, [http://www.itu.int/ITU-D/asp/Events/ITU-BSNL-India/presentations/5-TransmissionTechnologySession\(SDH\).pdf](http://www.itu.int/ITU-D/asp/Events/ITU-BSNL-India/presentations/5-TransmissionTechnologySession(SDH).pdf), 01 Aralık, 2005.
- Ardıç K., ve Baş T., ‘‘Kamu Yönetiminde Sürekli Geliştirme Aracı Olarak Toplam Kalite Yönetimi ve Uygulama Aşamaları’’, **8. Ulusal Kalite Kongresi**, İstanbul, 2000.
- Azıklı S., ‘‘Bakır Devre Geniş Band’’, Türk Telekom Akademi,
https://www.turktelekomakademi.com.tr/kurumsal50/ASPX/Library/file_library.aspxobjectID=264160, 15 Temmuz 2011.
- Azıklı S. Teknik Olmayanlar için Telekomünikasyon Altyapı Bilgilendirme, **Türk Telekom Akademi**, 2011.
- Azıklı S., ‘‘Telekomünikasyon zinciri ve access networks’’, Türk Telekom Akademi,
https://www.turktelekomakademi.com.tr/kurumsal50/ASPX/Library/file_library.aspx?objectID=264156, 15 Temmuz 2011.
- Bilgi ve İletişim Teknolojileri Ürün Portföyü GYM_TECH, ‘‘Optik Haberleşme İlkeleri’’ http://www.telkolinke.com/downloads/optik_haberlesme_ilkeleri.pdf, 2010.
- Coşkun S. Transmisyon Sistemleri, **T.C.Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksek Okulu Elektronik Haberleşme Bölümü**, İzmir, Mart 2011.
- CSCRS, ‘‘Uydu Haberleşmesi’’, <http://www.cscrs.itu.edu.tr/content/uyduhaberlesmesi.php>, 30 Jun.2012.

Çağlayan U. ve Bener A. Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye’de Bilişim ve Telekomünikasyon Teknolojileri Sektörü Üzerine Görüş, **TS/BAS-BÜL/06-47 TÜSİAD Basın Bülteni**, 12 Haziran 2006.

Çankaya S., Ertürk S., Optik İletim *Kuramı*, **Türk Telekom Akademi**, 28 Temmuz 2011.

Elektrik mühendisliği ‘‘Türkiye de Telekomünikasyon Tarihçesi’’, **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası**, 430. sayı, Nisan 2007.

Gumaste A, Antony T, DWDM Network Designsand Engineering Solutions, **Cisco Systems**, USA, 2003.

G.826 Series, Recommendation–End-to-end error performance parameters and objectives forinternational, constant bit rate digitalpathsandconnections, **ITU-T International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector**, (12/2012).

G.655 Series, Transmisiion Systems And Media, Dıgital Systems And Networks, **ITU-T International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector**, 11/2009.

Hodancı O., Transmisyon Performans Yönetimi, Türk Telekom Akademi, Nisan 2013.

Huawei Technologies, ‘‘OptiX OSN 1500/2500/3500/3500II/7500U2000 Konfigürasyon Rehberi’’, https://www.turktelekomakademi.com.tr/kurumsal50/ASPX/Library/file_library.aspx?objectID=264433, 12 Nisan 2012.

Huawei Technologies, ‘‘SDH Ağları ve Koruma’’, https://www.turktelekomakademi.com.tr/kurumsal50/ASPX/Library/file_library.aspx?objectID=264432, 12 Nisan 2012.

Huawei Technologies, ‘‘WDM temelleri’’, https://www.turktelekomakademi.com.tr/kurumsal50/ASPX/Library/file_library.aspx?objectID=264448, 12 Nisan 2012.

İçöz Ö. Telekomünikasyon Sektöründe Regülasyon ve Rekabet, **Rekabet Kurumu**
ISBN 975-8301-37-3 Yayın no: 0098 Ankara, 2003.

Koyuncu M., Telekomünikasyon Teknolojilerine Bir Bakış. **Atılım Üniversitesi**
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 07.31.2009.

MEGEP, ‘Elektrik Elektronik Teknolojisi, Analog ve Sayısal Haberleşme’ **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi**, Ankara, 2007.

MEGEP, ‘Bilişim teknolojileri, Bakır Kablolar’ **T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi**, Ankara 2008.

Netaş TN-MS EC-1, Operatör Kursu Dokümanı, **Netaş Teknik Eğitim Departmanı**,
Kodu: Egt-405-T, Yayın No:02, 21.12.2001.

Netaş TN-1XE, SDH transmisyon STM-1 çoklayıcı sistem tanıtım dokümanı, **Nortel Networks** Nisan 2004.

Netaş TN-4XE, İşletim ve Bakım Kursu Yayın 3.0 **Nortel Networks**, 2001.

Netaş TN-16XE, İşletim ve Bakım Kursu dokümanı, **Nortel Networks**, 2001.

Netaş TN-64X, S/DMS Transport Node TN-64X Planning Guide Standard **Nortel Networks**, Rel 5 2001.

Örencik B., Ağ Güvenliği GSM Şebekelerinde Güvenlik, **İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**,
BBL 601, 2007.

PSS 1830-32 Alcatel, **Fotonik Servis Switch İşletim ve Bakım Öğrenci Kılavuzu**,
Aralık 2009.

Ronayne J., Sayısal Haberleşmeye Giriş, Çeviri, Erkaya H.H. *Milli Eğitim Basım Evi*, İstanbul,2009

Siemens OLTS, Optik Hat Teçhizatı İşletme Kılavuzu, *SİMKO Ticaret ve Sanayi A.Ş.*, Ankara, 2009.

Stephan S, SDH Pocket Guide Acterna the keepers of communication acterna, *Acterna*, Germany, 2004.

Türk Telekomünikasyon A.Ş., “Data ve Genişband Hizmetleri”, <http://www.turktelekom.com.tr/tt/portal/KurumsalUrun/KOBI/Data-ve-Genis-Bant-Hizmetleri>, 3.Şubat 2014.

Türk Telekomünikasyon A.Ş., “Tarife ve Ücretlendirme”, [www.turktelekom.com.tr / Kurumsal /Ürün & Hizmetler /KOBI /Data & Geniş Bant Hizmetleri /Noktadan Noktaya Erişim Hizmetleri/ Kiralık Devre \(Data, Telefon\) /Tarife &Ücretlendirme](http://www.turktelekom.com.tr/Kurumsal/Ürün_&_Hizmetler/KOBI/Data_&_Genis_Bant_Hizmetleri/Noktadan_Noktaya_Erişim_Hizmetleri/Kiralik_Devre_(Data,_Telefon)/Tarife_&Ücretlendirme), 3 Mart 2014.

Wikipedi özgür ansiklopedi, “ADSL”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Adsl>, 3 Mayıs 2014.

Wikipedi özgür ansiklopedi, “ATM”, http://tr.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode, 5 Mayıs 2014.

Wikipedi özgür ansiklopedi, “Band Genişliği”, [http://tr.wikipedia.org/wiki/ Bant_ genişliği](http://tr.wikipedia.org/wiki/Bant_genişliği), 29 Ekim 2014.

Wikipedi özgür ansiklopedi, “GSM” <http://tr.wikipedia.org/wiki/Gsm>, 20 Aralık 2014.

Wikipedi özgür ansiklopedi, “Kablosuz iletişim”, [http://tr.wikipedia.org/wiki/ Kablosuz_ iletişim](http://tr.wikipedia.org/wiki/Kablosuz_iletişim), 25 Eylül 2014.

Wikipedi özgür ansiklopedi, “PSTN”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/PSTN>, 12 Mart 2013.

Wikipedi, özgür ansiklopedi, ‘VDSL’, <http://tr.wikipedia.org/wiki/VDSL>, 8 Mart 2013.

Wilyand J, Digital Telephony, *Northeastern University*, Canada, 1982.

Yıldız S. ‘Renk Sistemlerine Genel Bir Bakış, Renk ve Algı’, *Bilim ve Teknik Dergisi*, sayı 467, Ekim 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Cihan EKEBAŞ, 25.06.1982 tarihinde Niğde’ de doğdu. İlköğretim ve lise öğretimini Niğde’ de tamamladı. Niğde Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden Haziran 2004’ de, Anadolu Üniversitesi Pazarlama ve Dış Ticaret, Halkla İlişkiler ve Tanıtım Bölümü’nden Mayıs 2011 de mezun oldu. 2005 – 2006 yılları arasında askerlik görevini yerine getirdi. 2006 – 2008 yılları arasında BİRKO A.Ş. de enerji Mühendisi olarak çalıştı. Eylül 2008 tarihinden bu yana Niğde Türk Telekom A.Ş. de sırası ile Transmisyon Mühendisi, Network Uzmanı, Network Ekip Lideri olarak görevini sürdürmektedir. 2010 –2011 Öğretim Yılında Niğde Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve öğrenimine devam etmektedir.