

TELEKOMÜNİKASYON İLETİM SİSTEMLERİ: TAŞIMA KAPASİTELERİ VE İLETİM MESAFELERİNİN MUKAYESE EDİLMESİ

Bekir Sami TEZEKİCİ¹ (ORCID: 0000-0003-0941-1829)*
Cihan EKEBAŞ² (ORCID: 0000-0001-8083-6622)

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde

² Aşağı Kayabaşı Mahallesi, Dış Kapı No:20 Arda Life Apartmanı Kat:9 No:19 51200, Niğde

Geliş / Received: 11.12.2018

Kabul / Accepted: 07.01.2019

ÖZ

Bu makalede iletişimi sağlayan telekomünikasyon sistemleri unsurlarından transmisyon sistemlerinin iletilmek istenilen bilgiye ait trafiğin taşıyabilme kapasiteleri ve bu taşınılabilen kapasitelerde, kapasitelerine göre taşınan bilginin iletilebileceği en uzak iletim mesafeleri araştırılarak elde edilmiş ve uzak ara iletişim sistemleri bu yönleri ile mukayese edilmiştir.

1970'li yıllardan itibaren geliştirilen transmisyon sistemlerinde ilk zamanlarda PCM (Pulse Code Modulation) analog sayısal 30 kanal sinyal çevirici sistemler kullanılmıştır. Daha sonra oluşan yüksek kapasite bilgi iletimi ihtiyaçları sebebiyle 48 kanal kapasitesine kadar sahip olan PDH (Plesiochronous Dijital Gierarchy) sistemleri geliştirilmiştir. 1980'li yıllarda ABD de SONET (Synchronous Optical Network) standardı geliştirilmiş ve ardından SDH (Synchronous Digital Hierarchy) standardı oluşturulmuştur. İlerleyen teknoloji ile beraber iletilmek istenilen sinyalleri farklı dalga boyları ile tek bir fiber üzerinden iletimini sağlayan DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) sistemleri geliştirilmiştir.

Makale içerisinde iletim sistemleri arasında mukayese yapılırken, telekomünikasyon sistemlerinde omurga yapıyı oluşturan transmisyon sistemlerinin dünya standartlarında iletim kapasiteleri arası geçiş uygunluğu ve donanımsal kullanılabilirlikleri de göz önünde bulundurulmuştur.

Elde edilen bu verilerin sonuçlarından hareketle günümüzde ihtiyaç duyulan kişisel kullanım ve nesnelerin data trafiğinin artması ile doğru orantılı hızla artan bilgi alış verişini taşıyabilmek adına istenilen iletim kapasitesine sahip, ağ verimliliğini sağlayabilecek telekomünikasyon sistemlerinden uzak ara iletişim sistemlerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, topoloji içerisinde kullanılacak uzak ara iletişim sistemlerinin ağ verimliliğini artırıcı yönde kıstaslarla tercihinin yapılması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Telekomünikasyon, Uzak ara iletişim, Transmisyon, İletim Sistemleri.

TELECOMMUNICATION TRANSMISSION SYSTEMS: COMPARISON OF TRANSMISSION CAPACITY AND TRANSMISSION DISTANCE

ABSTRACT

In this article communication provides telecommunications systems to transmission of the transmission system of the elements of the delivery capability of the traffic of the requested information and capacity-known that moved farthest transmission distance of investigating obtained and by far the communication systems can transmit information carried by their capacity were compared with those aspects.

In the transmission systems developed since the 1970s, PCM (Pulse Code Modulation) analog digital 30 channel signal converting systems were used in the first time. Later, due to the high capacity information transmission requirements, PDH (Plesiochronous Digital Gierarchy) systems with up to 48 channel capacity

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 2278 ; e-mail / e-posta: bstezekici@ohu.edu.tr

B. S. TEZEKİCİ, C. EKEBAŞ

have been developed. In the 1980s, SONET (Synchronous Optical Network) standard was developed in the USA and then SDH (Synchronous Digital Hierarchy) standard was established. DWDM systems have been developed to enable the transmission of signals via a single fiber with different wavelengths

While determining, the transmission compatibility between the transmission capacities of the transmission systems that constitute the backbone structure in the telecommunication systems and their usability are taken into consideration.

Based on the results of these data, it was tried to determine the distant communication systems away from the telecommunication systems, which have the desired transmission capacity and network efficiency in order to be able to carry the information exchange which is increasing in direct proportion with the increase in the data traffic of the personal use and objects needed today. As a result of the study, it was ensured that the remote intermediate communication systems to be used in the topology were preferred with the criteria to increase the network efficiency.

Keywords: Telecommunications, Remote Communication, Transmission, Transmission Systems.

1. GİRİŞ

Kişisel ve nesnelerin ihtiyaç duyduğu bilgi trafiğinin fazlaştığı bilgi çağını yaşadığımız, data trafik kapasitesinin arttığı bu dönemde, iletilmesine ihtiyaç duyulan bilginin iletilmek istenilen nokta her nerede olursa olsun ulaştırılmasının önemi büyüktür. Bu nedenle uzak ara iletişim sistemleri, telekomünikasyon sistemleri içerisinde omurga taşıyıcı sistemler olması sebebiyle büyük önem arz etmektedir.

Veri iletişim teknolojileri, Adsl (Asymmetric Digital Subscriber Line), Vdsl (Very High Speed Digital Subscriber Line), Ses, Voip (Voice Over Internet Protocol) ve noktadan noktaya gibi bir çok geniş band hizmetlerini kullanıcılara sunmaktadır. Geniş band servislerine ihtiyaç duyan kullanıcılar gün geçtikçe daha fazla data transferini daha uzak noktalara taşıma ihtiyacı duymaktadırlar. Anlık transferi önem arz eden bilgilerin miktarı artmakta ve geniş band kullanımının yaygınlığı giderek artmaktadır. Artan kullanıcı oranı ve gelişen yeni hizmetler network ağının kapasite yoğunluğunu ve ağın genişliğini artırmaktadır. Bu sebeple transmisyon sistemlerinin taşıma kapasiteleri önem arz etmektedir.

2. TAŞIMA KAPASİTELERİ

Telekomünikasyon transmisyon sistemlerinden beklenen temel özelliklerden bir tanesi taşınmak istenilen bilginin kapasitesini karşılayabilmek ve müşterilere ait iletişim cihazlarına içinde bulunduğu network ağın topolojisinde uyumlu ara yüze ile veri iletimini sağlayabilmektir.

Uzak ara iletişim sistemlerinde değişken band genişliği olanağı sağlayan ara yüzler ile düşük mertebelerden yüksek mertebelere doğru çeşitli band genişlikleri kullanılmaktadır. Bu sayede iletim sistemlerinin daha verimli kullanımı sağlanabilmektedir.

Bu bölümde uzak ara iletim sistemlerinin taşıyabilecekleri maksimum ve minimum seviyedeki taşıma kapasiteleri, maksimum ve minimum taşıyabildikleri kapasite aralığında bulunan, taşınıla bilinen ara mertebeler ve uzak ara iletim sistemlerinin müşteri tarafında talep edilebilecek hız mertebelerini karşılayabilme yetenekleri belirtilmiştir.

PDH sistemlerinde bir sayısal iletim sisteminin hızı, Trafik Taşıma Kapasitesi aşağıda belirtilen genel bir formüle göre hesaplanır. Uzak ara iletişim sistemlerinden PDH mertebeleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

$$\text{Hız} = (2 \times B) \times K \times C$$

B: İletilmek istenilen bilginin sahip olduğu bant genişliğini ifade eder. (2 x B) bir saniyede alınacak örnek sayısını belirler.

K: Kodlamada kullanılan bit sayısını ifade eder.

C: 1 saniyede aynı anda iletilecek kanal adedini ifade eder.

TDM (Time Division Modülasyon) ve PCM (Pulse Code Modulation) iletim sisteminin temeli olan I. Aşama PCM sistemi 0 dan 31'e toplam da 32 adet 4 KHz bant genişliğindeki (insan sesi konuşma band genişliği) telefon kanalını 8 bitlik kodlama ile iletmek için tasarlanmış sistemlerdir.

Bu sistemin hızı: $HIZ = 2 \times 4000\text{Hz} \times 8 \times 32 = 2\,048\,000 \text{ b/s} = 2,048 \text{ Mbps}$ 'dir.

PDH sistemleri kanal kapasitesini artırma yönündeki standardizasyonu dünya genelinde sağlayamamış ve Amerika, Japonya ve Transatlantik ülkeleri kendi çoğullama yöntemleri ile kanal mertebelerini geliştirip kullanmışlardır [1].

B. S.TEZEKİCİ, C.EKEBAŞ

SDH dünya genelinde kullanılan aynı standart ara mertebelere sahip daha yüksek hızlı ortak bir işaretidir. Bu sistemde mevcut olan mertebeler tüm PDH lerle uyumludur. PDH lar ile maksimum 140 Mb/sn hızına çıka bilinilmektedir. Modern optik SDH sistemler daha yüksek bit hızları sağlayabilirler.

Tablo 2.1 PDH Sistem Seviye İsimleri

		Sistem Seviye İsimleri			
		E.1	E.2	E.3	E.4
Avrupa Sistemi	Kanal Sayısı	30	120	480	1920
	Bit hızı (Mbps)	2,048	8,448	34,368	139,645
Amerika Sistemi		T.1	T.2	T.3	T.4
	Kanal Sayısı	24	96	672	4032
	Bit Hızı (Mbps)	1,544	6,312	44,736	274,176

SDH, SONET (Synchronous optical networking) standardında bazı değişiklikler yapılarak ortaya çıkarılmış ve 1988 yılında CCITT (Consultative Committee for International Telephony and Telegraphy) tarafından standardı kabul edilen, farklı mertebelerde sayısal bilgi taşıyabilen, yüksek hızlı uluslararası bir taşıyıcı sistemidir. SDH sistemlerinin çalışma prensibi, 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 geçişleri üzerinedir. Bu mertebeler Tablo 2.2’de gösterilmektedir [2] [3] [4] [5].

Tablo 2.2 SDH Trafik Taşıma Kapasiteleri

SDH Mertebesi	Kanal Hızı	Çoklama Şekli
E1	2 Mbit / s	30 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

DWDM teknolojisi, diğer transmisyon sistemlerinin temel çalışma prensipleri gibi kullanıcı hizmetlerini toplayıp çoğullayarak iletim hattına vermektedir. Taşıyıcı sinyalin çeşitli frekans aralıkları kullanılarak dalga boyu bölmeli çoğullama tekniği kullanan sistem Tablo 2.3’de belirtilen taşıma kapasitelerine sahiptir [6] [7].

Tablo 2.3 DWDM Trafik Taşıma Kapasitesi

DWDM Trafik Taşıma Kapasiteleri
STM1
STM4
STM16
STM64 = 10 G
STM256 = 40 G
STM 512 = 100 G

3.TRAFİK İLETİM MESAFELERİ

Fiber optik kabloda taşınan optik sinyalin güç seviyesi dBm olarak ifade edilip aşağıdaki formül ile elde edilir

$$\text{dBm} = 10 \times \log (\text{mW})$$

B. S. TEZEKİCİ, C. EKEBAŞ

Uzak ara iletim sistemlerinin iletim mesafelerinin belirlenmesinde optik güç seviyeleri önem kazanmaktadır. Her bir transmisyon sisteminin maksimum verebileceği fiber optik ışık sinyali güç seviyesi ve minimum kabul edebileceği fiber optik ışık sinyali giriş güç değerleri mevcuttur.

Bu değerler arasında taşınmak istenilen bilgi kayba uğramaksızın iletilebilir. Belirtilen minimum ve maksimum değerler transmisyon sistemlerinin taşımış olduğu trafiğin kapasitesine göre değişiklik gösterebilir.

PDH Trafik İletim Mesafesi Siemens Optik Hat Teçhizatı OLTS PDH sistemi işletme kılavuzundan faydalanarak PDH sistemlerinin maksimum veriş ve minimum alış kabul mesafelerine göre hesaplanmıştır [1]. Optik güç kabul seviyeleri transmisyon mertebelerine göre Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 OLTS Birimi Optik Seviyeler

	2 Mbit/s	8 Mbit/s	34 Mbit/s	140 Mbit/s
Maksimum Veriş Seviyesi dBm	-1	-1	-1	-4
Alış Kabul Seviyesi dBm	-50	-45	-40	-36

ITU-T (International Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector) G655 standardında fiber optik kabloda optik ışık sinyalinin km de maksimum 0.4 dBm zayıfladığı kabul edilmiştir. Bu değer göz önünde bulundurularak PDH sinyalinin iletim mesafesi, maksimum veriş ve minimum alış kabul seviyeleri arasındaki güç değer farkının kilometredeki zayıflamaya oranına göre hesaplanmış ve Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

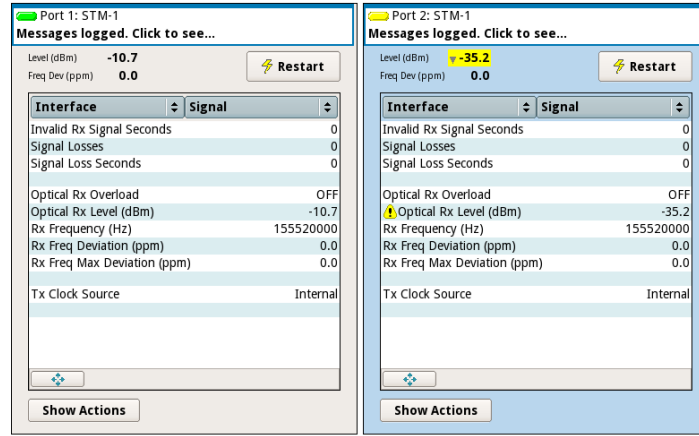
Tablo 3.2. Transmisyon Kapasitesine göre PDH iletim mesafesi

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

SDH mertebelerine göre JDSU MTS 5800 ölçü aleti kullanarak elde edilen ölçüm değerlerine göre trafik iletim mesafeleri elde edilmiş ve aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir. Çizelge 3.1/3.2/3.3/3.4/3.5 alıcı merkezde optik gücün kabul edilebilir uyarı noktasını ve trafiğin kesildiği noktaları göstermektedir.

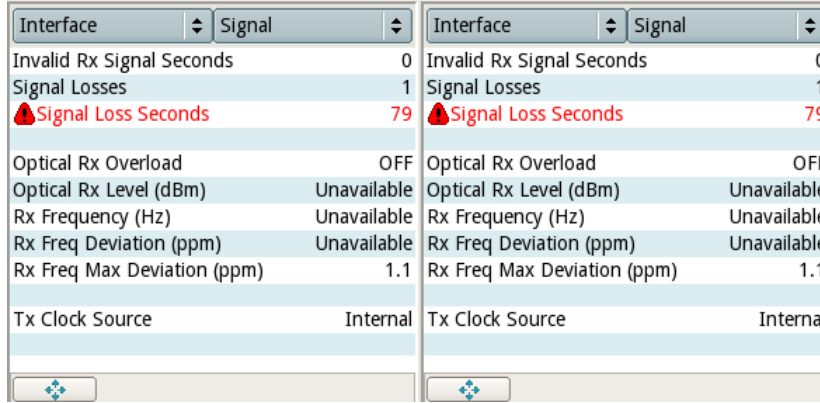
ITU-T G655 standardı gereği [8] fiber optik kablonun kilometrede maksimum 0.4 dBm zayıfladığı öngörülerek SDH sistemlerinde fiber optik sinyalin minimum kabul edilebilir olduğu mesafeye ulaşılmış Çizelge 3.6 ve Tablo 3.4'de gösterilmiştir.

B. S.TEZEKİCİ, C.EKEBAŞ

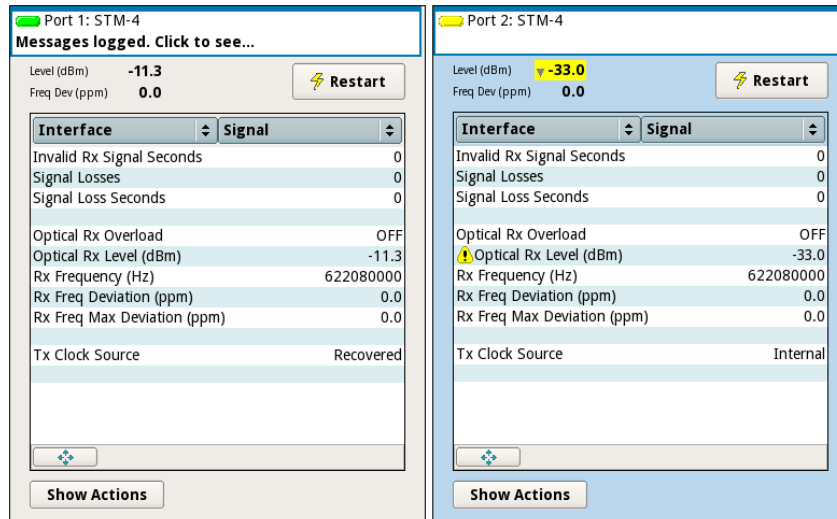


Çizelge 3.1 STM-1 Mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

SDH STM-1 Mertebesinde -35.2 dBm seviyesinde signal losses seviyesine yaklaştığına dair uyarı vermekte.



Çizelge 3.2 STM-1 Mertebesinde iletişim kopuk



Çizelge 3.3 STM-4 Mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

SDH STM-4 Mertebesinde -33.0 dBm seviyesinde signal losses seviyesine yaklaştığına dair uyarı vermekte.

B. S. TEZEKİCİ, C. EKEBAŞ

Interface	Signal
Invalid Rx Signal Seconds	0
Signal Losses	0
Signal Loss Seconds	0
Optical Rx Overload	OFF
⚠ Optical Rx Level (dBm)	-33.0
Rx Frequency (Hz)	2488320000
Rx Freq Deviation (ppm)	0.0
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Internal

Çizelge 3.4 STM-16 Mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

SDH STM-16 Mertebesinde -33.0 dBm seviyesinde signal losses seviyesine yaklaştığına dair uyarı vermekte.

Interface	Signal
Signal Losses	269
Optical Rx Overload	OFF
⚠ Optical Rx Level (dBm)	-24.0
Rx Frequency (Hz)	Unavailable
Rx Freq Deviation (ppm)	Unavailable
Rx Freq Max Deviation (ppm)	0.0
Tx Clock Source	Internal

Çizelge 3.5 STM-64 Mertebesinde ölçü aletinin seviye uyarısı verdiği seviye

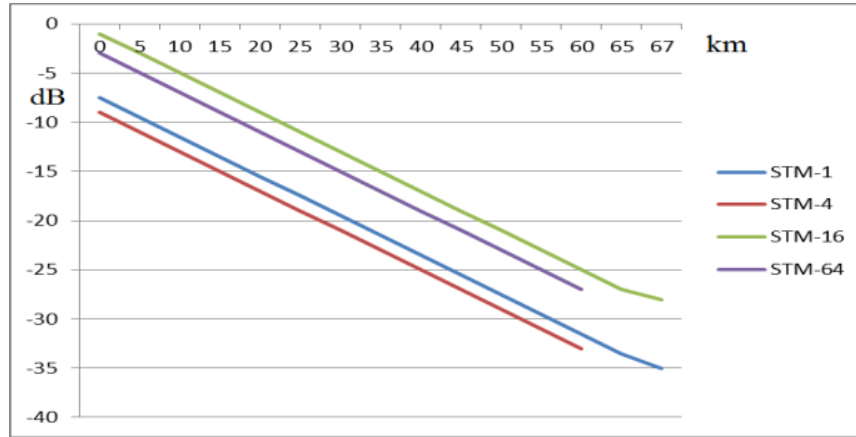
SDH STM-64 Mertebesinde -24.0 dBm seviyesinde signal losses seviyesine yaklaştığına dair uyarı vermekte. Tablo3.3’de transmisyon mertebesine göre maksimum ve minimum optik sinyal çıkış gücü (dBm) değerleri gösterilmektedir [2] [3] [4] [5].

Tablo 3.3 Transmisyon Mertebesine göre maksimum ve minumun optik çıkış gücü (dBm)

Transmisyon Mertebesi	Maksimum Çıkış Gücü (dBm)	Minimum Çıkış Gücü (dBm)
STM - 1	0	-15
STM - 4	3	-15
STM - 16	3	-5
STM - 64	0	-5

Tablo 3.4 Transmisyon Mertebesine göre SDH iletim mesafesi

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

**Çizelge 3.6.** Transmisyon Mertebesine göre SDH iletim mesafesi grafiği

DWDM sistemlerinin trafik iletim mesafelerinin tespiti için 6 merkezden elde edilen ölçüm değerleri sonucu, ortalama çıkış güç değeri 5,9 (dBm) olarak tespit edilmiştir. Optik seviye DWDM sistemi kabul değeri -32 dBm sinyali seviyesine düşene kadar, ITU-T G655 standardı gereği fiber optik kablunun kilometrede maksimum 0.4 dBm zayıfladığı kabul edilerek, 95 kilometre fiber optik kablo mesafesi iletilebilir [6] [7].

4. UZAK ARA İLETİM SİSTEMLERİ TAŞIMA KAPASİTE VE İLETİM MESAFELERİNİN KIYASLAMASI

Uzak ara iletişim sistemleri taşıma kapasiteleri Tablo 4.1'de belirtilmiştir. PDH sistemleri 2/34/140Mbit/s mertebelerinde hizmet verirken SDH sistemleri 2/34/155/622/2500/10000Mbit/s mertebelerinde DWDM sistemleri 155/622 Mbit/s, 2.5/10/40/100 Gbit/s mertebelerinde de sinyal taşıyabilmektedirler.

Tablo 4.1 Uzak Ara İletişim 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
	-----	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

İletim sistemlerinden beklenen önemli özelliklerden bir tanesi de iletilmek istenilen bilgiyi minimum sayıda tekrarlayıcı sistemler kullanarak uzak mesafelere iletebilmesidir. Bu kapsamda Tablo 4.2’de Uzak Ara İletişim Sistemlerinin iletim mesafeleri elde edilen dBm ölçüm değerleri baz alınarak karşılaştırılmıştır.

Tablo4.2 Uzak Ara İletişim Sistemlerinin İletim Mesafeleri

KM	PDH				SDH				DWDM
	2 Mbit/s (dBm)	8 Mbit/s (dBm)	34 Mbit/s (dBm)	140 Mbit/s (dBm)	STM-1 (dBm)	STM-4 (dBm)	STM-16 (dBm)	STM-64 (dBm)	2,5/10/40 G (dBm)
0	-1	-1	-1	-4	-7,5	-9	-1	-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	-33	-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	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Telekomünikasyon iletim sistemleri için iletilmek istenilen bilginin band genişlik kapasitesine uygun taşıma kapasiteleri göz önünde bulundurularak kıyaslanıp karar verilirse; iletilmek istenilen bilginin band genişliği küçük boyutta ise büyük kapasiteli bir iletim sistemi kullanmanın gereksiz olacağı görülmüştür. Aynı zamanda büyük kapasitelerde bir bilginin iletilmesi istenildiğinde uzak ara iletim sistemlerinin bunu karşılayabilmesi beklenmektedir.

İletilmek istenilen bilgi 2/34 Mbit/s düşük hız kapasitelerinde ise PDH ve SDH sistemlerinin bu kapasiteleri karşılayabildikleri fakat DWDM sistemlerinin bu kapasitedeki bir hızı karşılayamadığı görülmüştür.

155/622 Mbit/s ile 2,5/10 Gbit/s hızlarında bir bilgi iletilmek istenilirse eğer bu mertebeleri taşıyabilen SDH ve DWDM sistemlerinin kullanılmasının gerekliliği görülmüş ve PDH sistemleri belirtilen yüksek kapasiteli bilginin taşınmasının karşılayamadığı görülmüştür. 10 Gbit/s üzerindeki kapasiteleri sadece DWDM sistemlerinin taşıyabildiği görülmüş ve bu kapasitedeki bilgilerin taşınması için DWDM sistemlerinin kullanılmasının gerekliliği belirlenmiştir.

B. S.TEZEKİCİ, C.EKEBAŞ

Bu belirlenmeler neticesinde; eğer düşük kapasitede bilgi iletimine ihtiyaç duyulursa kapasiteler arası geçiş avantajı da göz önünde bulundurularak SDH sistemleri yüksek mertebede bilgi iletilecekse DWDM sistemleri tercih edilmelerinin gerekliliği görülmüştür.

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

6. KAYNAKLAR

- [1] SİEMENS Optik Hat Teçhizatı OLTS AA09 İşletme Kılavuzu A000A-A. Sipariş No. AA09-J001A-A
- [2] SDH transmisyon TN-1XE/STM-1 çoklayıcı sistem tanıtım dökümanı Nortel Networks Nisan 2004
- [3] Netaş TN-4XE İşletim ve Bakım Kursu dökümanı Yayın 3.0 Nortel Networks
- [4] Netaş TN-16XE İşletim ve Bakım Kursu dökümanı
- [5] Nortel Networks S/DMS TransportNode TN-64X Planning Guide Standard Rel 5 Issue 1.1 September 2001
- [6] 1830 PSS-32 Fotonik servis Switch İşletim ve Bakım Öğrenci Kılavuzu Aralık 2009
- [7] WDM temelleri Huawei Technologies co.Ltd. 2006
- [8] ITU-T Telecommunication Standartdızation Sector Of ITU G.655, Series G: Transmission Systems And Media, Dıgital Systems And Networks, 11/2009