

# Genişbant Erişim Telekomünikasyon Sistemlerinin Kullanım Kriterleri

Afşın Küçüköğlü, Yahya Baykal\*  
Çankaya Üniversitesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Yüzüncüyıl, Ankara  
afsin@interaktif.gen.tr

\*Çankaya Üniversitesi  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Yüzüncüyıl, Ankara  
y.baykal@cankaya.edu.tr

*Hızla artan bilgisayar ağı ihtiyacını gidermek ve yüksek hızı son kullanıcı noktalarına ulaştırabilmek amacıyla geliştirilmiş olan genişbant erişim sistemlerinin (access systems) teknolojik son durumu incelendi. Herhangi bir erişim uygulamasında kullanılması gereken tercih nedenleri karşılaştırıldı. Bu karşılaştırmayı sistematik olarak yapan internet tabanlı bir yazılım geliştirildi. Yazılımda, sistem kullanıcısının ihtiyacı ve mevcut altyapı faktörleri doğrultusunda hangi erişim sisteminin kullanıcı tarafından tercih edilmesi gerektiği kararına optimum olarak varılabilmesi hedeflendi. Çalışmamız, xDSL (x Digital Subscriber Line) ile Fiber Optic erişimlerini kapsayan kablolu ve LMDS (Local Multipoint Distribution Services) ile FSO (Free Space Optics) erişimlerini kapsayan kablosuz sistemleri içermektedir. Yazılım tarafından istenilen sorular ihtiyaç doğrultusunda cevaplandırıldığında, tüm sistemler bir ana karşılaştırma tablosunda toplanmakta, sistem maliyetleri de göz önüne alınarak bir karşılaştırma yapılmakta, sonuçta ise teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir çözümler ve optimum çözümler önerilmektedir.*

## 1. Giriş

Sürekli yenilenerek hizmete sunulan farklı teknolojik uygulamalar, ana şebekeye birkaç km mesafede bulunan uç nokta kullanıcılarına yüksek hızda data erişimi ihtiyacını doğurmaktadır. Bu nedenle ana haberleşme şebekesi ile uç noktalar arasında hızlı erişim şebekeleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı olan optimum erişim sistemi kararını verme aşamasına gelmeden önce öncelikle ne şekilde bir karşılaştırma yapılması gerektiği ve hangi aşamalardan sonra buna ulaşılacağını belirlemek önemlidir. Farklı erişim sistemlerinin detayları çalışmaları ve belirli erişim sistemleri arasında karşılaştırmalar literatürde mevcuttur [1]-[4]. Bu makalede karşılaştırma, kablo ortamı erişim sistemleri ve kablosuz erişim sistemleri olarak iki ana grupta yapılmış ve karşılaştırmayı sistematik olarak yapan internet tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Yazılım tarafından istenilen sorular ihtiyaç doğrultusunda cevaplandırıldığında, tüm sistemler bir ana karşılaştırma tablosunda toplanmakta, sistem maliyetleri de göz önüne alınarak bir karşılaştırma yapılmakta, sonuçta ise teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir çözümler ve optimum çözümler önerilmektedir.

## 2. Erişim Sistemlerinin Güncel Kullanım Parametreleri

Kablolu sistemlerde, sayısal kullanıcı hatları (xDSL) ve fiber optik kablo sistemleri ele alınmıştır. DSL günümüzde en yaygın ađ olan bakır kablo hatlarda yüksek hızlara ulaşmayı hedefleyen oldukça geniş kullanımı olan bir sistemdir. Bu sistemler hakkındaki rakamsal veriler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Sistem Adı	Maksimum Gönderme Hızı	Maksimum Alma Hızı	Maksimum Uzaklık
Asimetrik DSL (ADSL)	800 Kb/s	8 Mb/s	5500 metre
ISDN DSL (IDSL)	144 Kb/s	144 Kb/s	12 000 metre
Yüksek hız DSL (HDSL)	1.54 Mb/s	1.54 Mb/s	3650 metre
Değişken hızlı DSL	2 Mb/s	2 Mb/s	8800 metre
Adaptif DSL	7 Mb/s	1 Mb/s	5500 metre
Simetrik DSL (SDSL)	2.3 Mb/s	2.3 Mb/s	6700 metre
Çok yüksek hızlı DSL (VDSL)	52 Mb/s	16 Mb/s	1200 metre
Çok yüksek hızlı DSL Plus (VDSL+)	144 Mb/s	32 Mb/s	600 metre

Tablo 1: xDSL için sistem bilgileri

Fiber optik kablo teknolojisi son yıllarda oldukça büyük bir aşama kaydetmiş ve göreceli olarak kablo fiyatları oldukça ucuzlamıştır. Fiber optik kablolar, tekrarlayıcısız 100 km'ye kadar Gb/s hızında data iletişimine imkan vermektedir. Laboratuvar testleri, kablolu sistemlerle Tb/s hızlarında data iletişiminin çok uzun mesafeleri kapsayacak şekilde yapılabileceğini göstermektedir.

Öte yandan kablosuz sistemlerdeki gelişme, antenler ve lazer teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak hızla ilerleme kaydetmektedir. Yerel çok noktalı dağıtım sistemi (LMDS), teorik olarak 4500 metrede 455 Mb/s hızla, pratik kullanım olarak ise 3500 metrede 55 Mb/s hızla ulaştırtır ve kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Serbest alan optik sistemler (FSO), laboratuvar şartlarında 3500 metrede 160Gb/s hızda çalışabilmekte, pratikte ise 3000 metrede 1,25 Gb/s hızında sistemler kullanılmaktadır. FSO sistemlerinde 3500 metrede 622 Mb/s ve özellikle 155 Mb/s hızlardaki linkler ABD ve Kanada da oldukça yaygın kullanılmaktadır.

### 3. Erişim Sistemlerinin Karşılaştırılması

Kablolu sistemlerde, fiber optik ağlar bakır ağlara göre çok yüksek veri aktarımına ve mesafelere imkan verse de kurulum maliyetleri de aynı ölçüde yüksektir. İki sistem arasındaki farklılıklar yalnızca maliyet ve veri hızlarıyla sınırlı değildir. Fiber optik, göreceli olarak diğer kablolu sistemler içerisinde en yüksek güvenli sistemdir. Ancak fiber optik bir ağı, bazı durumlarda kullanmak mümkün değildir. Örneğin şehirleşmenin çok yüksek olduğu bir yerde yer altına yeni bir kablo döşeme maliyeti kabul edilebilir bile olsa kullanılması çoğunlukla mümkün olmayacak bir uygulamadır.

Bakır kablolu sistemlerde genel yapı ve sistem aynı olduğundan dolayı sistemler arasında yalnızca bant genişliği ve desteklenen uzaklık değişmektedir. Fiber optik ağlar için teorik olarak ise 100 km'de 50 Tb/s hızla ulaşılmakta, saha uygulamalarında ise yaygın olarak 10 km'de 4 Gb/s hızla erişilebilmektedir.

Kablosuz sistemlerde ele alınması gereken ve günümüzde son kullanıcıya ulaşmak için kullanılan en yaygın iki sistem LMDS ve FSO dur. İki sistem arasındaki detaylı karşılaştırma Tablo 2'de görülmektedir. Şehirleşmenin çok yüksek olduğu bölgelerde FSO özellikle oldukça büyük bir yenilik getirmiştir. Her iki sistemin de kötü hava şartlarına karşı zafiyetleri bulunmaktadır. Yoğun sis olan ortamlarda FSO oldukça büyük sorunlara neden olmakta hatta bazı durumlarda bağlantı tamamen kopabilmektedir. Ancak yoğun sis almayan bölgelerde uygun tasarlanmış ağlarda 3.5 km'ye kadar hiçbir sorun çıkmamaktadır. Güvenlik açısından olaya bakıldığında FSO var olan en güvenli sistemdir. Fiber ağlara müdahale edilebilir ancak FSO sistemlerine müdahale etmek çok zordur. Uygun frekansta (28-31 MHz) LMDS sistemi ve bakır ağlardaki elektrik sinyalleri dinlenebilirken FSO hattını dinlemek hiçbir şekilde mümkün değildir.

Her iki sistemde alıcı ve vericinin karşılıklı birbirlerini kusursuz görmesi çok önemlidir bunun sağlanmadığı durumlarda hat çalışmaz.

Özellikler	LMDS	FSO
Kurulum gideri, hızı, özelliği	Yüksek, orta, karmaşık	Düşük, hemen, basit
Frekans lisans kirası	Var	Yok
Çatı kirası	Var	Yok
Taşıma hızı	Orta	Hızlı
Kanal ayırımı	Mümkün	İmkansız
Protokol bağımlılığı	Yok	Var
Topoloji	Herhangi	İki nokta
Kanal kullanımı	Herhangi	Simetrik
Zayıflama nedeni	Ağır yağmur	Yoğun Sis
Kullanılabilen veri aktarım hızı	110 Mb/s	1.25 Gb/s
Teorik sağlanan veri aktarım hızı (ulaşılabilir son nokta)	455 Mb/s	160 Gb/s
Uzaklık	3.5 km	3.5km
110 Mb/s için sistem fiyatı	\$4750 + lisans ücreti	\$2900

Tablo-2 LMDS ile FSO sistem özelliklerinin karşılaştırılması

### 3. Optimum Sistem Seçimi Yazılımı

Optimum sistem seçiminde karar verilmesi gereken husus, ihtiyacı en etkin ve yapılabilir şekilde karşılayabilecek optimum erişim sisteminin hangisi olduğudur. Böyle bir karara varabilmek için PHP web tabanlı yazılım geliştirilerek bir çözümleme yapılmaya çalışılmıştır.

Karşılaştırma yapılırken öncelikle olmazsa olmazlar belirlenmiştir. Toprak altına kendi ağıımızı kurup kuramayacağımız ya da iki nokta arasında direk görüş sağlayıp sağlayamayacağımız gibi kilit sorular oldukça önemlidir. Noktalar arasındaki uzaklık hem maliyetleri değiştirecek hemde bazı sistemlerin çalışmasına mani olacaktır. Örneğin, 4.5 km bir erişim uzaklığı için ihtiyaç duyulan hız 110 Mb/s ise ilk bakışta fiber optik tek

çözüm görünse de aslında direk görüş sağlanması durumunda 1 noktadan tekrarlı bir FSO'nun çok daha etkin olacağı görülecektir. Bu durumda veya gönderme ve alma hızları taleplerinin daha düşük seviyede olduğu durumlarda xDSL hatlar için hesaplama yapmak zorlaşabilmektedir. Karşılaştırma yapılırken programın öncelikli amacı uygun sistemleri belirlemek ve kullanıcıya bunları sunmaktır. Program daha sonra optimum sistemi bulmak için istenilen kanalda bir bit başına ödenecek ücreti bulmaktadır. Burada seçilen yöntem, kullanıcının talebini karşılayan sistemler için kullanıcıya en ucuz mal olan ancak kullanıcı talebinin üzerinde bir hat sağlama imkanı varsa bunun seçimine imkan sağlamaktadır. Bu noktadaki hesaplama ayrımı oldukça önemlidir. Birçok hesaplama, sistemlerin hızına göre yapıldığı için gerçekte objektif bir karşılaştırma olmamaktadır. LMDS ve FSO karşılaştırılmak istendiğinde 1.25 Gb/s hızında bir FSO kullanır iseniz, FSO daima LMDS'e üstün gelecektir. FSO'nun LMDS'e göre çoğu uygulamada daha ucuz olduğu görülse de bunu genellemek mümkün değildir. Eğer böyle olsaydı, LMDS kullanımı hemen hemen hiç olmazdı. Diğer yanda hesaplamalarda eğer maksimum uzaklık ve veri aktarı hızı esas alınırsa fiber optik ağlar daima en ucuz olurdu ama görülüyor ki gerçekte durum bu şekilde değildir.

Yazılımımız mümkün olan en objektif karşılaştırmayı yapmaktadır. Yaptığımız geniş çaplı karşılaştırmalar ve sistemlerin geleceği yönündeki öngörüler değerlendirildiğinde ulaştığımız sonuç, FSO'nun gelecekte erişim sistemleri içinde optimum olma özelliğini tekeline alacağı yönündedir. Bu sonuca ulaşılmasına hız katacak faktörler olarak; FSO lazer teknolojisindeki ilerlemenin ve çok uzun mesafeli FSO sistemlerini gerçekleştirebilmek üzere atmosferin etkilerini minimuma indirebilecek özellikle adaptif tekniklerin yaygın bir şekilde uygulamaya konmasının önemli rol alacağı düşünülmektedir.

Optimum erişim sistemini belirleyen bilgisayar programının çıkış örnekleri Tablo 3'de verilmektedir.

#### Optimum Access System Selector

Requested link:

75000 Kbps Downlink rate  
45000 Kbps Uplink rate  
2500 meter link distance

#### Suitable Systems:

System Name	System Type	Max. Downlink Kbps	Max. Uplink Kbps	System Cost (US \$)	Cost/Bandwidth (US \$ per Kbps)
Fiber	Single Mode	165000	165000	32000	0.267
Fiber	Multi Mode	5000000	5000000	65000	0.542
FSO	Wireless	155000	155000	18000	0.15
FSO	Wireless	622000	622000	30000	0.25
FSO	Wireless	1250000	1250000	55000	0.458

Suggested System:

Free Space Optic 155 Mbps is the optimum choice for you.

#### Optimum Access System Selector

Requested link:

250000 Kbps Downlink rate  
150000 Kbps Uplink rate  
2000 meter link distance

#### Suitable Systems:

System Name	System Type	Max. Downlink Kbps	Max. Uplink Kbps	System Cost (US \$)	Cost/Bandwidth (US \$ per Kbps)
Fiber	Multi Mode	5000000	5000000	52500	0.131
FSO	Wireless	622000	622000	30000	0.075
FSO	Wireless	1250000	1250000	55000	0.138

Suggested System:

Free Space Optic 622 Mbps is the optimum choice for you.

Tablo-3 Yazılıma ait 2 adet değerlendirme sonucu ekran çıktısı ([www.makfa.com/access.htm](http://www.makfa.com/access.htm))

### 3. Sonuçların değerlendirilmesi.

Genişbant erişim telekomünikasyon sistemlerinin kullanım kriterlerini inceleyerek sistematik olarak karşılaştırma yapan ve kullanımı mümkün olan erişim sistemlerini listeledikten sonra optimum erişim sistemini öneren internet tabanlı bir yazılım geliştirildi. Yazılımımızda sistemler arasındaki karşılaştırmalar, mümkün olduğunca geniş çaplı tutulmuş ve neticeye ulaşılmasında objektif ölçülerin kullanılmasına özen gösterilmiştir. Sistemlerin mevcut parametreleri ile her sistem için öngörülen gelecekteki geliştirmeler dikkate alındığında FSO sistemlerinin kullanım miktarının önümüzdeki birkaç yıl içerisinde, diğer sistemlere oranla çok daha hızlı artacağı sonucuna varılmaktadır.

### Kaynaklar

- [1] Fabricius F. ve Forsman J., Access Systems Definitions, Gartner Dataquest Guide, ([http://www.gartner.com/resources/116700/116709/access\\_systems\\_.pdf](http://www.gartner.com/resources/116700/116709/access_systems_.pdf)), 2003.
- [2] Ralph S.E., Enabling Technologies for Optical Access, <http://oclab.usc.edu/nsf/oct2002/pdf/ralph-optical-access.pdf>, 2002.
- [3] Starr T., Cioffi J.M., ve Siverman P. T, Understanding Digital Subscriber Line Technology, Prentice Hall PTR, New Jersey. , A.B.D, 1999.
- [4] Davis C. C., Smolyaninov I. I., ve Milner S. D., "Flexible optical wireless links and networks," IEEE Commun. Mag., 41, s51-57 (2003).