

IP/MPLS şebekesinde JUNIPER ve ALCATEL 7750 serisi ürünler kullanılmaktadır. Ana omurgası 10 Gbps trunklardan oluşan IP/MPLS şebekesi 3 farklı tip ürününden oluşmaktadır. 1. tip JUNIPER ürünlerinin birbiri ile bağlantıları 10 Gbps'dır. 2. tip Alcatel 7750 ürünü 2,5 Gbps bağlantılara sahip iken, daha düşük konfigürasyonlu 3. tip Alcatel 7750 ürünü ise 622 Mbps ve 2,5 Gbps'lık bağlantılara sahiptir.

Üzerinde 12 slot bulunan 7750'lerin 2 slotu kontrol kartı için kullanıldığından 10 adet I/O modülü takılabilmektedir. Her I/O modülünün üzerinde her biri 10 Gbps throughput'a sahip olan iki adet adaptör bulunmaktadır. Her bir I/O kartı 20 Gbps throughputa sahip olan 7750'lerin yeni versiyonları 40 Gbps kapasiteye sahiptir. Böylece 10 slotlu bir kutu için 400 Gbps'lık switching kapasitesi oluşmaktadır.



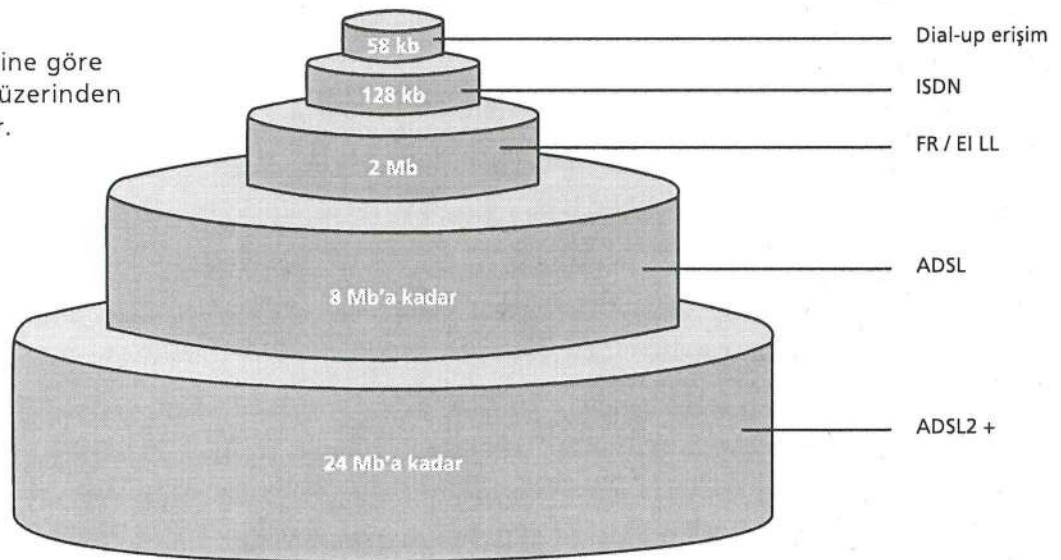
## GENİŞBAND ERİŞİM TEKNOLOJİLERİ

Dosya ve yazıcı paylaşmak amacıyla kurulmaya başlanan bilgisayar ağları, günümüzde elektronik ticaret, kaynak tarama ve araştırma, elektronik posta, ses ve görüntü transferi, video-konferans, interaktif bankacılık, uzaktan eğitim vb. birçok uygulamanın yapıldığı yüksek hızlı ve geniş alana yayılan uygulamalar haline gelmiştir. Bunun sonucu kullanıcıların ihtiyaç duyduğu bandgenişliği her geçen gün artmaktadır. Artan bu talebi karşılamak için gerek kablolu gerekse kablosuz olarak farklı erişim teknolojileri ve standartları geliştirilmekte ve son kullanıcıya sunulmaktadır.

Bu bölümde genişband erişim teknolojileri olarak halen kullanılan ve yakın zamanda kullanıcıların hizmetine sunulacak olan yeni teknolojilerden bahsedeceğiz. Şekil 6.1'de bakır şebekeler üzerinden verilebilen çeşitli erişim teknolojilerinin hızları gösterilmektedir.

**Şekil 6.1**

Erişim teknolojisine göre  
Bakır Şebekeler üzerinden  
verilebilen hızlar.



## XDSL TEKNOLOJİLERİ

xDSL, bir çift bakır tel üzerinden, yüksek band genişliği sağlayan ve aynı anda ses, veri ve görüntü iletimi yapılmasına olanak sağlayan genişbantlı bir erişim teknolojisidir. Yüksek hızlı bir modem teknolojisi olan xDSL; ADSL, VDSL, SDSL, HDSL gibi Dijital Abone Hattı teknoloji ailesinin üyelerine verilen genel bir isimdir.

xDSL ailesinde yer alan DSL tipleri aşağıda verilmiştir.

- IDSL-ISDN Digital Subscriber Line
- HDSL-High Bit Rate Digital Subscriber Line
- S-HDSL-Single Pair Digital Subscriber Line
- SDSL-Symmetric Digital Subscriber Line
- ADSL-Asymmetric Digital Subscriber Line
- RADSL-Rate Adaptive Digital Subscriber Line
- VDSL-Very High Bit Rate Digital Subscriber Line
- G.SHDSL-A New Version of Symmetric DSL

xDSL teknolojisinin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Cihaz kurulum maliyetleri düşüktür,
- Data bağlantısı kurulurken bir gecikme olmaz ve telefon asla karşı tarafa meşgul tonu vermez. Hat düştüğünde bağlantı tekrar otomatik kurulur.
- Mevcut bakır altyapısı kullandığı için yeni bir yatırıma gerek yoktur,
- Internet'ten data alışverişi yapılırken aynı anda telefon ile görüşme de yapılabilir,
- Servis ve abone tanımlamalarında kolaydır, kullanıcıya isteğine göre Statik IP veya Dinamik IP ataması yapılabilir.
- Dial-up erişim'e göre bağlantı hızı kat kat fazladır,
- Sadece bir defa bağlantı kurmanız yeterlidir, sürekli bağlantıda kalabilir.
- Yüksek hız gerektiren video, interactive TV, oyun, video-konferans gibi uygulamalar için elverişlidir.
- Bir DSL bağlantısı üzerinden birden fazla bilgisayarın bağlanabilmesine olanak verir. Abone tarafı cihaz maliyetinin düşüktür ve kurulumu kolaydır.

xDSL, iletim hattının her iki ucuna, genellikle dijital formatta akan, veriyi yüksek hızlı analog sinyallere çeviren cihazların takılması şeklinde uygulanır. Yüksek hızlardaki DSL bağlantıları iletim hattında analog kodlarla gerçekleştirilmektedir. xDSL sinyal frekans aralığını; POTS, giden akış (*Upstream*) ve gelen akış (*Downstream*) veri olmak üzere üç temel parçaya böler. Bu işlem günümüzde genel olarak üç ayrı modülasyon tekniği ile gerçekleştirilmektedir:

1. 2B1Q (2 Binary 1 Quaternary)
2. CAP (Carrierless Amplitude Phase Modulation)
3. DMT (Discrete Multi-Tone Modulation)

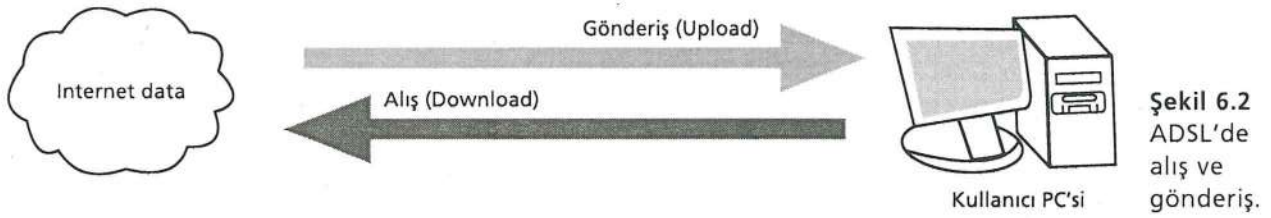


xDSL hem simetrik hem de asimetrik çalışabilen bir yapıdır. Bunun sebebi olarak da iletişim anında ister tek yönlü, istenirse her iki yönde yüksek hızlara ulaşılabilen konfigürasyonların yapılabilmesine olanak tanınması gösterilir. Bir iletim hattının simetrik çalışması, veri iletim kanallarının her iki iletim yönünde de eşit band genişliğine sahip olması durumu olarak düşünülebilir.

Asimetrik uygulamalar ise, kanal bandgenişliğinin bir yönde daha fazla olduğu uygulamalarıdır. Örnek vermek gerekirse, web uygulamalarında, kullanıcının verinin kaynağı olan tarafa çok az bilgi göndermesi gerekir, zira çoğu zaman gönderilen bilgi sadece kontrol bilgisinden ibarettir. Diğer taraftan, veri kaynağından kullanıcı tarafına gerçekleşen transferde ihtiyaç duyulan band genişliği çoğu zaman megabitlere ulaşabilir.

## ADSL (ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

Asimetrik Sayısal Abone Hattı (ADSL), kullanıcılara bir çift bakır üzerinden telefon görüşmesinin yanı sıra yüksek hızda asimetrik veri haberleşmesi sağlayan bir teknolojidir.



ADSL ile hattın kalitesine ve uzunluğuna bağlı olarak, gelen akış yönünde (*download*) 8 Mbps hıza, giden akış yönünde 800 kbps hıza ulaşılabilir (Şekil 6.2). Yeni geliştirilen ADSL2+ ile bu hız 24 Mbps'a ulaşmıştır. ADSL bağlantılarında bükümlü bakır kablolar kullanılır. Bir ADSL bağlantı ile sağlanacak bandgenişliği; santral ile müşteri lokasyonu arasındaki mesafeye, bakırın kesitine ve bakır şebekedeki ek sayısına bağlı olarak değişir. Genel olarak 2,5-3,5 km arasında 6,1 Mbps, 4-5,5 km arasında ise 1,5 ya da 2 Mbps bandgenişliği sağlanabilmektedir. ADSL hattın, mesafelere göre ulaşılacak pratik limitleri Tablo 6.1'de görüldüğü gibidir.

Veri Oranı	AWG	Mesafe (km.)	Kalınlık
1.5 veya 2 Mbps	24 AWG	5.5 km	0.5 mm
1.5 veya 2 Mbps	26 AWG	4.6 km	0.4 mm
6.1 Mbps	24 AWG	3.7 km	0.5 mm
6.1 Mbps	26 AWG	2.7 km	0.4 mm

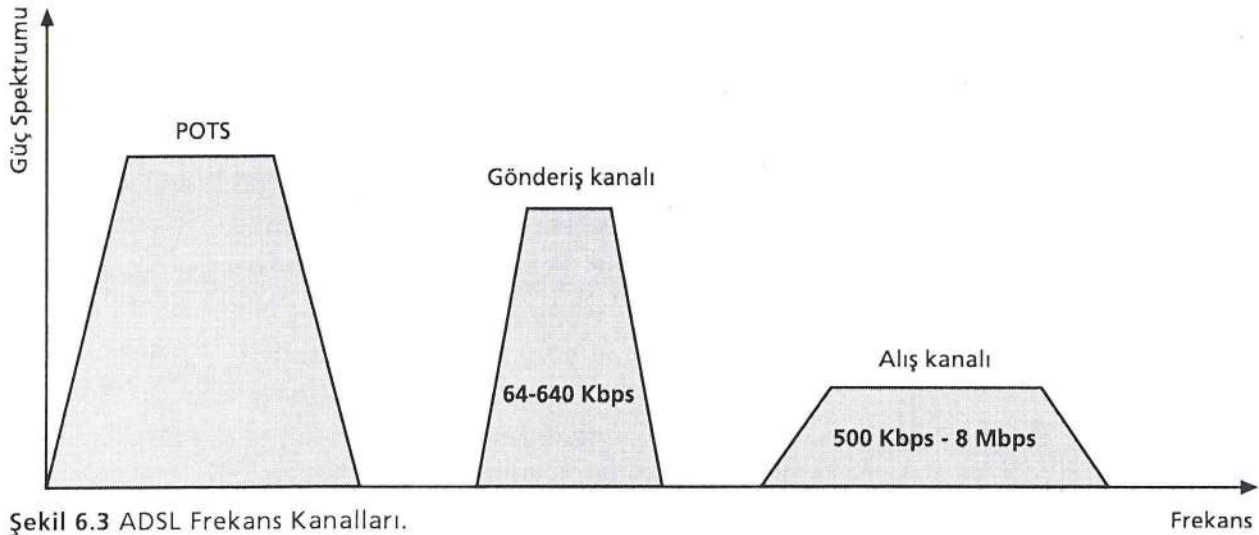
Tablo 6.1 ADSL hattının mesafelere göre ulaşılacak hızları.

Bir ADSL bağlantı üzerinde üç farklı iletim kanalı mevcuttur; bunlar alış kanalı (*downstream*), gönderiş kanalı (*upstream*) ve POTS olarak isimlendirilir. POTS (*Plain Old Telephone Service*) kanalı, ADSL iletim ortamı üzerinden telefon konuşmasını yapmak üzere kullanılır. Ses görüş-

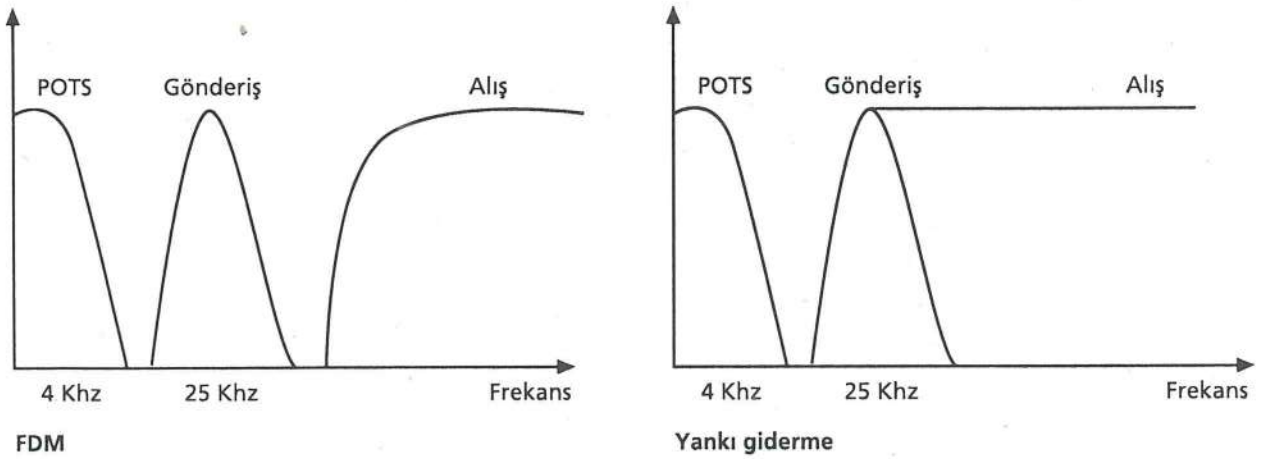
mesi için 4 khz alan yeterlidir, daha yüksek frekanslar alış ve gönderiş için kullanılır. ADSL'in data kanalları 25 Khz'lik frekans alanından başlayıp lokal şebekenin elverdiği ölçüde yükseklerle çıkar. ADSL devresinde kullanılan frekans aralıkları Şekil 6.3'de gösterilmiştir.

ADSL teknolojisinde ANSI ve ETSI standartlarında kabul edilmiş olan DMT (*Discrete Multi Tone*) ve standart olmayan CAP (*Carrierless Amplitude and Phase Modulation*) modülasyon tekniği yoğunlukla kullanılmaktadır

DMT, ITU G992.1 standardı olarak kabul edilen, geleneksel ADSL protokolüdür. DMT modülasyon tipinde, bakır hattın üzerinde 0 ile 1.1 MHz arasında yer alan frekans spectrumu 256 khz'lik alt katmanlara bölünür ve böylece gürültü ve girişimden etkilenmemesi için bu katmanlarda bit yoğunluğunu değiştirir. İyi kanallarda veri değerini yükseltme kabiliyetinden dolayı DMT, gürültülü hatlarda CAP'den daha iyidir. DMT'de çok fazla taşıyıcılar olmasından dolayı, işlem hacmi fazladır. CAP ise standardı olmayan bir modülasyon tipidir. Tek taşıyıcı bulunduğu için işlem hacmi düşüktür.

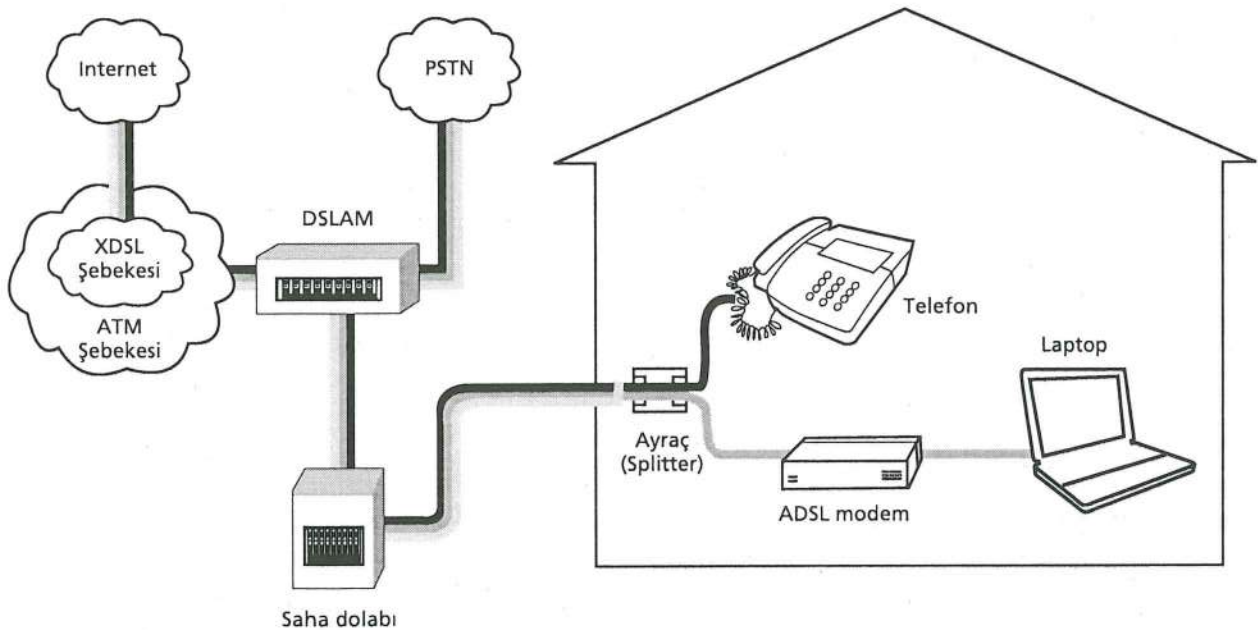


Bir hat üzerinden birden çok kanal oluşturmak için Frekans Bölmeli Çoklama (*Frekans Division Multiplexing, FDM*) veya Yankı Giderme (*Echo Cancellation*) olarak adlandırılan iki teknoloji kullanılır. Yankı giderme yönteminde, alış ve veriş kanalları için aynı frekans alanları kullanılırken, FDM yönteminde ayrı frekans aralığı kullanılır. (Şekil 6.4).



şekil 6.4 ADSL’de FDM ve Yankı Giderme yöntemleri.

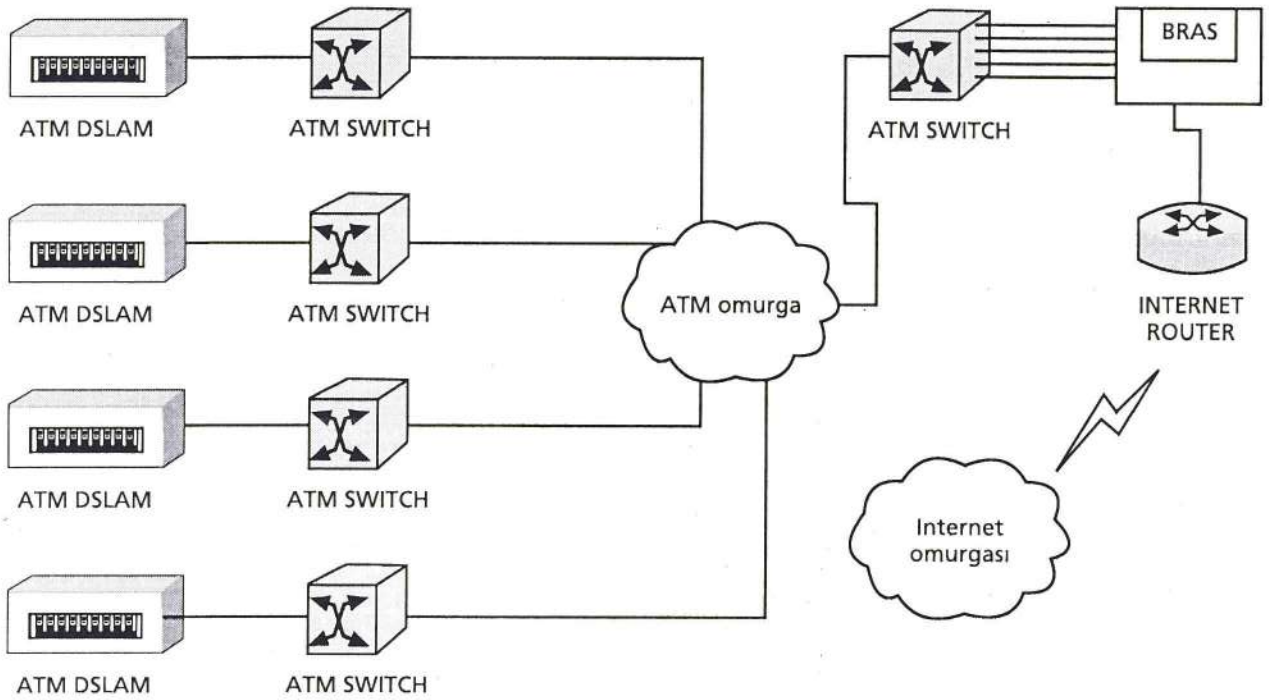
Bir ADSL bağlantısı şekil 6.5’de gösterildiği gibi yapılır. Eve ya da işyerinde mevcut telefon bağlantılarının yapıldığı bakır çifti direkt olarak **splitter** (*ayırıcı*) adı verilen kutuya bağlanır. Bu sayede telefon ve Internet bağlantıları birbirinden ayrılmış olur. Splitter iki çıkışı vardır; bunun bir tanesine telefon bağlanırken diğeri de modem bağlanır. Santral lokasyonunda ise benzer durum vardır. Kullanıcının bağlı olduğu hattan birlikte gelen ses ve Internet trafiği santral lokasyonunda DSLAM arkasında ya da repartitörde ayrıştırılarak, ses trafiği PSTN şebekesine, Internet trafiği ise ATM şebeke üzerinden Internet ağına iletilir.



şekil 6.5 ADSL genel bağlantı şeması.



ADSL hizmetinin sağlanması için Telekom operatörünün santralinde kurulu bulunan ve üzerinde her bir aboneye karşılık gelen modem portlarının bulunduğu ekipmana **DSLAM** (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) adı verilmektedir. DSLAM cihazları 48-768 kullanıcıya kadar destekleme kapasitesine sahiptirler. DSLAM'lar ile ATM anahtarlar arasındaki bağlantı kurulan yerdeki alt yapıya göre ATM ya da STM-1 SDH olarak gerçekleştirilmektedir. ATM anahtarların çıkışı ATM omurga üzerinden bulunduğu bölgeyi destekleyen **BRAS** (*Broadband Access Router*)'lara taşınır. BRAS üzerinde kendisine bağlı bütün DSLAM'ların bağlantısı sonlandırılır. Üzerinde bütün trafiği toplayan BRAS bir Internet yönlendirici üzerinden internete bağlanır. ATM temelli DSLAM'lar ile yapılan bir DSL şebekesinin genel bağlantı şeması Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6 ATM temelli bir DSL şebekesinin genel görünümü.

## SHDSL (SYMMETRIC HIGH-BIT-RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

SHDSL teknolojisi HDSL'e çok benzemektedir ve aynı hızlarda çalışmakta ancak, tel sayısında farklılık görülmektedir. HDSL, 4 tel (iki çift bakır tel) üzerinden çalışmakta yalnızca veri iletiminde kullanılmaktadır. SHDSL, 2 tel (bir çift bakır tel) üzerinden çalışır, hem ses hem de veri iletimini sağlar. SHDSL'de ses iletimi mesafe ile sınırlı olmasına karşın (3 km) çift yönlü işletme uygulamaları, video konferans özelliği çekici hale getirmektedir.



## GSHDSL (GLOBAL STANDARD HIGH-BIT-RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

Alış (*upload*) ve gönderiş (*download*) (???) hızları birbirine eşit olan simetrik DSL teknolojisidir. Noktadan noktaya veri iletimi imkanı sağladığından orta ve küçük ölçekli işyerleri ve ofisler için uygundur. Alış ve gönderiş yönünde 2.31 Mbps bandgenişliğinin sağlanabildiği GSHDSL ile bir çift bakır tel üzerinden 3 km'ye kadar iletim imkanı verilmektedir.

## VDSL (VERY HIGH BIT RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

ADSL ile sağlanan bandgenişliğinin çok üzerinde alış ve veriş bandgenişliğine sahip çok yüksek hızlı asimetrik erişim imkanı sağlayan bir teknolojidir. ADSL'de olduğu gibi; alış, gönderiş ve POTS olarak üç farklı temel kanala sahiptir. Genellikle 300 metre ile 1 km arasında VDSL hizmeti verilebilmektedir. Bu hizmetin sağlanabildiği mesafe oldukça kısa olduğundan bu hizmeti ancak santral'e yakın mesafede oturanlar alabilirler. VDSL ile, alış yönünde 13-52 Mbps, gönderiş yönünde ise 16 Mbps bandgenişliği sağlanabilmektedir.

VDSL, daha yakın mesafeler için uygundur (13 Mbps hız için 1.5 km, 55.2 Mbps için 300 m'lik mesafelerden daha ileriye erişememektedir). VDSL'in temel kullanım alanı, FTTN (*Fiber To The Neighbour*) uygulamalarında görülmektedir. Santralden binanın yakınlarına kadar gelen fiber hattının sonlandığı bir optik ağ ünitesi (ONU) ile bakır hat üzerinden VDSL hizmeti verilebilmektedir. VDSL, gelecek vaat eden bir teknoloji olarak görülmekte ve 5 standart kuruluşu tarafından standartlaştırılmaya çalışılmaktadır: ADSL Forum, ATM Forum, ANSI T1 E1.4, ETSI ve DAVIC. Bu grupların her biri kendi tekniklerini ve standartlarını oluşturmaktadır.

## HDSL (HIGH-BIT-RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

DSL, E1 hızında simetrik olarak iletim sağlayabilen bir DSL teknolojisidir. Dünyada çeyrek milyondan fazla aboneye hizmet vermektedir.

HDSL, E1 işaretini 4 km'ye kadar 0.5 mm'lik hatlardan tekrarlayıcısız olarak iletmektedir. Tekrarlayıcı kullanarak mesafeler daha da artırılabilir (12 km). Ancak, E1 için ise 2 tel çifti gerekmektedir. Günümüzde HDSL, şirketler tarafından, kendi intranetlerine erişimde, internete erişimde, video konferans uygulamalarında E1 devrelerinin bir uzantısı olarak kullanılmaktadır.

## ISDL (ISDN DIGITAL SUBSCRIBER LINE)

Internet ve uzak LAN (*Local Area Network-Lokal Alan Ağı*) erişimi sağlamak için geliştirilmiştir. ISDL, 2 tane 64 Kbps "B" kanalını alır (biri ses, diğeri veri taşımaktadır), her iki taşıyıcı kanalı da veri taşıyan bir servise dönüştürür.

Dar bant ISDN'deki 2B1Q işaretlenmesini kullanır, her iki yönde toplam 128 Kbps hızına erişir

ve 5.5 km mesafeye kadar gidebilir. Bu nedenle simetrik bir servistir, düşük düzeyde video konferans için kullanılabilir.

ISDN dar bant ile IDSL servisleri, bilgiyi yönlendirme şekillerine göre tamamen farklıdır. ISDN dar bant servisleri anahtarlama servisleridir ve telefon santrallerinden geçerler; IDSL ise tahsis edilmiş bir noktadan noktaya bağlantıdır, bir omurganın Frame Relay ya da veri ağına yönlendirilmiştir.

## **RADSL (RATE ADAPTIVE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)**

RADSL'in en büyük özelliği, bakır hattın uzunluğuna ve gürültü oranına bağlı olarak bant genişliğini ayarlayabilmesidir. Bu ayarlamayı 300 Kbps ya da 400 Kbps aralıklarında artışlarla yapmaktadır.

RADSL, abonelere kullandıkları uygulamaya uygun olarak istedikleri zamanda, istedikleri bant genişliğini esnek bir biçimde sağlar. Örneğin, bir şirketin uzak bir şubesindeki abone 2.5 Mbps'lık bir RADSL hattı kullanarak, şirket merkezinden gidiş yönünde 1 Mbps, geliş yönünde 2.5 Mbps hızında dosya transferi yaparken, 384 Kbps'lık simetrik bir video konferans uygulamasına geçilebilecek ya da PC'sindeki farklı uygulamalar için farklı modlarda ve farklı bant genişliklerinde çalışabilecek şekilde bilgisayarını programlayabilecektir.

## **KABLO TV ERİŞİM TEKNOLOJİLERİ**

Kablo TV, dijital veya analog yayın yapan çok sayıda yerli ve yabancı televizyon ve radyo kanalı, fiberoptik ve koaksiyel kablo şebekeleri üzerinden müşterilere ulaştıran çok kanallı bir TV platformudur.

Kablolu televizyon dünyada ilk olarak 1940'ların sonu, 1950'lerin başında görülmektedir. Bu tarihlerde TV sinyalleri alışı kalitesinin çeşitli engeller ve uzun mesafelerden dolayı çok düşük olduğu bölgelerde, kablolu televizyon işe yarar bir çözüm olmuştur. 1970'lerde uydu yayınlarının kablo sistemlerine ulaşması ile, kablo işletmecileri geleneksel havadan yayın yapan işletmecilere göre daha fazla kanal sağlama imkanına kavuşmuştur. Özel kanallar ve izlediğin kadar öde gibi yeni servisler kablo endüstrisini bugünkü yerine taşımıştır. Amerika'da konutların yaklaşık %95'inden kablo servisi geçmektedir ve kablo TV abonelerinin oranı %63'ü bulmaktadır. Japonya ve birçok Avrupa ülkesinde de Kablo TV altyapısı nüfusun yaklaşık %90'ına hizmet verecek durumdadır. Türkiye genelinde kablolu televizyon abone sayısı 1 milyonun üzerindedir ve şu anki altyapının kapasitesi 2 milyon abonenin üzerindedir.

Geleneksel kablolu televizyon sistemlerinde "Headend" Kablo TV faaliyetlerinin merkezidir. Uydudan, yerel TV istasyonlarından gelen harici sinyaller ile lokal olarak üretilmiş ve kaydedilmiş programlar bu merkezde toplanır. Kablo üzerinden dağıtıma yönlendirilmiş olan bütün sinyaller bu merkezde işlenir, birleştirilir ve bir kanal frekansına atanır.



Eşeksenli kalın kablolardan oluşan “trunk”lar bu sinyalleri merkezden (*headend*) dağıtım noktalarına taşır. Belli bir sinyal seviyesini sağlamak için uzun mesafelerde, düzenli aralıklarla amplifikatörlerin kullanılması gerekir. Her bir amplifikatör ek gürültü ve sinyal bozulmasına neden olduğundan sınırlı sayıda kullanılabilir.

Kablo TV’de amaç TV veya radyo yayınlarının stüdyo kalitesinde kullanıcıya iletilmesidir. Mevcut Kablo TV şebekeleri, çok dallı ağaç yapısında tesis edilmektedir. Sistem prensibi; kablo ile iletilen işaretin bölünerek dağıtılması, cihaz ve kablo kayıplarından dolayı düşen sinyal seviyesinin kuvvetlendiriciler ile gerekli seviyeye çıkarılması ve kullanıcı prizine uygun sinyal seviyesinde ulaşması şeklinde açıklanabilir. “Trunk”lardan dağılan besleme kabloları lokal bölgelere servis verirler. şebekenin bu bölümünde fazla zayıflama ve gürültüyü önlemek için amplifikatör kullanılabılır. Besleme kablolarından abonelere kadar giden kablolar da mesafe olarak belli limitlere (yaklaşık 45 metre) sahiptir. Konutlarda abone kablolarının ucuna sonlandırma cihazları bağlanır.

Daha önce kurulan kablo sistemlerinin yapısı genel amaçlı iki yönlü haberleşme ortamını sağlamak üzere planlanmamıştır. Temel amaç sadece yüksek bantgenişliğine sahip video sinyallerini evlere taşımak olmuştur. Aboneden şebekeye doğru haberleşmeyi sağlamak için tek yönlü şebekenin güncellenmesi ihtiyaç oluşmuştur. 1990 yılların başında eşeksenli kablo dağıtım şebekesi fiber optik kablolarla değiştirilmeye başlanmıştır. Sinyaller fiber optik üzerinden çok daha uzun mesafelere taşınabildiğinden, daha az amplifikatöre ihtiyaç vardır. Bu da daha düşük bakım maliyeti ve daha kaliteli sinyal anlamına gelmektedir. Ayrıca fiber optik daha geniş bir yayın spektrumu ve iki yönlü haberleşmeyi de kolaylaştırmaktadır. Güncel kablo şebekelerinin yapısı fiber/eşeksenli kablo (*HFC; Hybrid Fiber Coax*) bileşiminden oluşmaktadır. Bu yapıyı sağlamak için eşeksenli “trunk” kabloları fiber kablolarla değiştirilmiştir. Türkiye’deki Kablo TV şebekesi bu yapıya dönüştürülmüş ve iki yönlü haberleşmeyi destekleyecek şekilde güncellenmiştir. Ülkemizde Kablo TV şebekesi üzerinden internet erişimi ve veri haberleşmesi servisleri veril-meye başlanmıştır.

Eşeksenli kablo 862 MHz’e yakın bir bantgenişliğine sahiptir. zerinden ses, veri, isteğe bağlı video, çoğul ortam hizmetleri ve televizyon yayınları dahil birçok hizmet aynı anda verilebilir; 5-42 MHz (*DOCSIS standardı*) veya 5-65 MHz (*EuroDOCSIS standardı*) arasındaki spektrum yukarı yönde (aboneden şebekeye doğru) veri, PSTN telefon servisi ve veri/görüntü denetim işaretleri için kullanılır. 65-550 MHz arasındaki spektrum FM radyo ve Kablo TV, 550-862 MHz arasındaki spektrum ise isteğe bağlı video, sayısal video ve aşağı yönde (şebekeden aboneye doğru) veri için kullanılır.

Kablo modemler veri sinyallerini modüle ve demodüle ederek, KABLO TV şebekesi üzerinden veri haberleşmesini sağlayan cihazlardır. Aşağı yönde 64/256 QAM modülasyonu kullanılarak 6 MHz (*DOCSIS*) veya 8 MHz (*EuroDOCSIS*) kablo kanalları içinden 30-40 Mb/s veri haberleşmesi sağlanır. Yukarı yönde QPSK/16 QAM modülasyonu ile 320 Kb/s-10 Mb/s arasında veri haberleşmesi sağlanabilmektedir.



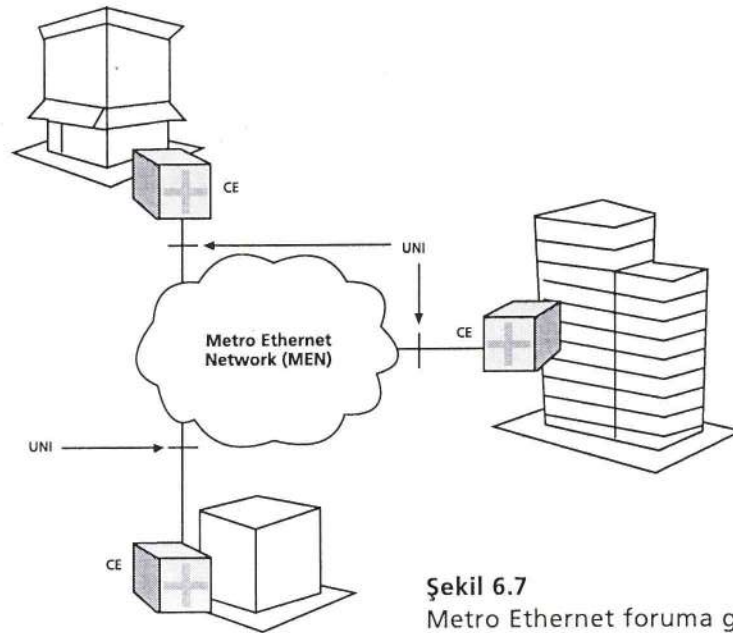
Merkezde kullanılan **Kablo Modem Sonlandırma Cihazları** (*Cable Modem Termination System; CMTS*) birçok kablo modem kullanıcısından gelen veri trafiğini çoklayarak veri şebekesine yönlendiren ve aynı zamanda internetten gelen veri trafiğini kablo modem kullanıcılarına yönlendiren cihazlardır.

Kablo TV altyapısının son biriminde bulunan eşeksenli kablolar birden çok kullanıcıya hizmet vermektedir. Bant genişliğinin bir anlamda paylaşılması demek olan bu düzende, her aboneye her an garantili hızda erişim hizmeti verilemeyebilir. Kullanıcı sayısı arttıkça sistem yavaşlayacaktır (yukarı yönde 10 Mb/s, aşağı yönde 40 Mb/s veri hızı paylaşılır).

Tek bir kablonun birçok kullanıcı tarafından paylaşılması, sistemi karmaşıktır. Farklı kullanıcıların yukarı yönde verilerini birbirinden ayırmak için **MAC (Media Access Control)** adı verilen teknikler kullanılmaktadır. Tek kablonun kullanımı beraberinde güvenlik sorununu da getirmektedir. Yeni standartlarda güvenlik sorununu çözmeye yönelik özel şifreleme teknikleri ve IP üzerinden ses servislerini vermeye yönelik **servis kalitesi (QoS)** kavramları da tanımlanmıştır.

## METRO ETHERNET

**Metro Ethernet**, metropoliten alanda müşteri lokasyonu ile ISP'nin merkezi POP noktası arasında F/O kablo üzerinden yüksek bant genişliği ile ölçeklenebilir, esnek ve düşük maliyetli her türlü veri akışına imkan sunan bir teknolojidir. Erişim ortamı olarak Fiber optik kabloları kullanan Metro Ethernet ile son kullanıcıya 1 Gbps'lere kadar bant genişliği sağlanabilmektedir. Bu özelliği sayesinde sadece günümüzün değil geleceğin de kapasite ve hız ihtiyacını sağlayabilecek bir teknolojidir. Metro Ethernet'in Metro Ethernet Forum tarafından tanımlanan bağlantı şekli Şekil 6.7'de verilmektedir.



Şekil 6.7  
Metro Ethernet foruma göre ME bağlantı şekli.

Günümüzde yerel ağlarda erişim için kullanılan en yaygın teknoloji Ethernet'tir. Önceleri eşeksenli (koaksiyel) kablolar üzerinde kullanılabilen ve 10 Mbit hızında çalışan bu teknolojiye ilk gerçek devrim çift bükümlü kablolar (UTP) üzerinde uygulanması ile başladı. Daha sonra teknolojik gelişmeler doğal olarak Ethernet'e de yansıdı. Özellikle anahtarlanan Ethernet (*Switched Ethernet*) ile yeni bir sayfa açıldı. Bu şekilde özellikle Ethernet ağların oluşturulmasında yaşanan ölçeklenebilme sorunu da aşılmış oldu. İstenilen büyüklükte ağların oluşturulabilmesi de mümkün kılınmış oldu. Network endüstrisindeki ivme o kadar büyük oldu ki, endüstri, sunucuların gereksiniminden çok daha fazlasını verebilen ürünler pazara çıkarmaya başladı. Sırasıyla Fast Ethernet, Gigabit Ethernet ve en son olarak da 10 G (10 Gigabit) Ethernet hızlarına erişildi. Ethernet, yerel alan ağlarda iş istasyonlarını ve sunucuları ağa bağlamak için basitliği, yaygınlığı ve maliyet-etkinliği açısından tercih edilmektedir. Ancak uzun mesafe çözümlerde (WAN), kullanıcıların şebekeye çıkışları hızı düşmektedir. Kullanıcılar her ne kadar 100 Mbit hızında bağlantılara sahip olsalar bile esas şebekeye olan bağlantıları kilobit düzeyinde olmakta ve bu yüzden bir darboğaz yaşanmaktadır.

Ayrıca, yönlendirici bağlantıları için hizmet uyarlamasının (*Ethernet-Frame Relay* gibi) yapılması gerekmekte ve geniş alan ağlar üzerinden kurulan bağlantılarda da bu nedenle başarımlar (performans) düşüklüğü yaşanmaktadır. Optik teknolojinin güvenilirliği ve sağladığı olağanüstü mesafelerde çalışabilme özelliği ile Ethernet teknolojisinin basitliği ve yaygınlığını birleştirildiğinde, optik ortamda ve dolayısıyla çok büyük uzaklıklarda da çalışabilen bir Ethernet (*Metro Ethernet*) sistemi elde edilebilir. Metro Ethernet hem Ethernet'i sadece yerel ağ teknolojisi olmaktan çıkarıp geniş alan ağa uzatılabilmekte; hem de Ethernet'in yaygınlığından ötürü maliyet-etkin bir çözüm ortaya konulabilmektedir.

2 Mbps ve daha düşük hızlar için bakır şebeke üzerinden modem kullanılarak hizmet alınmaktadır. 2 Mbps'dan daha yüksek hızlarda bağlantı talep edildiğinde fiber optik bağlantı ile birlikte Müşteri tarafında SDH yatırımı gerekmektedir. SDH yatırımı pahalı ve işletmesi zordur. Metro Ethernet ile Müşteri tarafına konulan L2 ya da L3 bir anahtar aracılığıyla 1 Gbps'a kadar olan hızlarda bağlantı sağlanmaktadır.

Metro Ethernet'in avantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- LAN ve WAN arasında basit, ucuz, geniş bantlı ara bağlantı imkanı.
- ATM, Frame Relay gibi servislere oranla daha hızlı servis imkanı.
- Daha az donanım gereksinimi ve işletme maliyeti.
- Müşteri WAN CPE tarafına yatırım yapmadığı için teknolojinin eskimesinden kaynaklanan yeni yatırım yapma zorunluluğundan kurtulur.
- Bağlantı hızlarında geniş seçim aralığı.
- Network'ün büyütülmesinde kolaylık.



- E1'e oranla daha düşük yatırım maliyeti.
- Metro Ethernet layer 2 interworking yeteneği sayesinde mevcut ATM, Frame Relay alt-yapı ile entegrasyon sağlanır.
- Tek bir arabirimden çoklu gelir imkanı. VPLS gibi güvenlik fonksiyonlarını kullanarak farklı müşterilere ilişkin trafikleri tek bir arabirimde toplamak mümkün.
- Yüksek maliyetli geleneksel SDH yatırımlarından kaçınmanızı sağlar.
- Azaltılmış operasyon maliyeti.

Metro Ethernet ile Kurumsal müşterilere, Internet Servis Sağlayıcılarına, İçerik Sağlayıcılara, Internet Data Merkezlerine, özel ve tüzel müşterilere geniş bantlı, güvenilir, kesintisiz, Internet ve veri iletişimi imkânı sağlanmaktadır.

Metro Ethernet hizmeti; kamu kurum ve kuruluşları, belediyeler, orta ve büyük ölçekli işletmeler, finans çevreleri, plazalar, alışveriş merkezleri, büyük oteller, turizm merkezleri, taşıyıcı ve içerik sağlayıcı şirketler (ISP, ASP, GSM) ve benzeri tipte çok kullanıcıya hitap eden veya geniş bant ihtiyacı olan müşterilere hitap etmektedir.

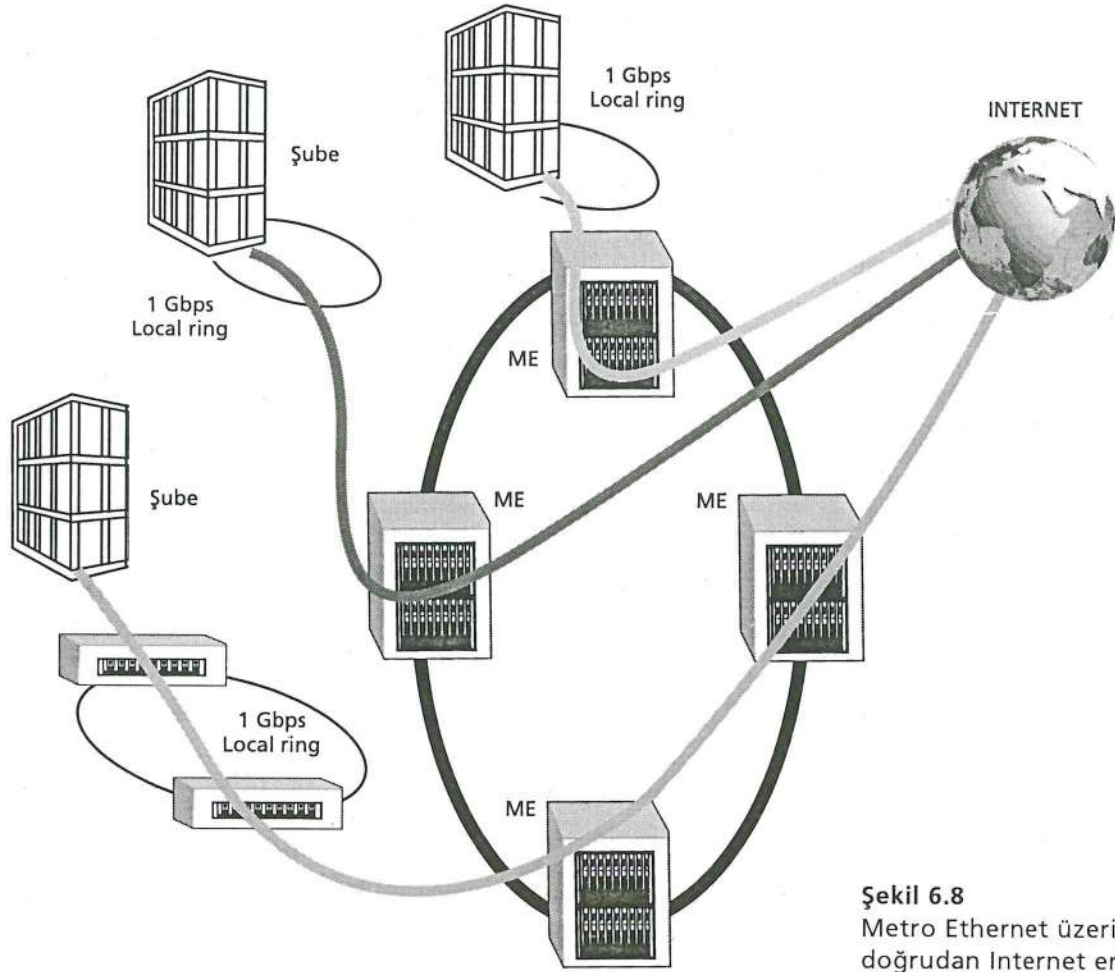
Mevcut yerel ağın bir uzantısı olarak düşünüldüğünde, Metro Ethernet kullanılan bir ağ yönetmek, bir yerleşke (kampüs) ağını yönetmekten farksız olacaktır. Ethernet bütün dünyada kabul edilen standart haline gelmiş bir protokol olduğundan farklı firmaların ürünleri arasındaki birlikte çalışabilme (*interoperability*) olanağı çok yüksektir. Metro Ethernet, Ethernet temelli olduğundan yeniden öğrenilmesi gereken bir teknoloji değildir. Bu durumun personel açısından olduğu kadar eğitim bütçeleri açısından da yararı yadsınamaz.

## METRO ETHERNET SERVİSLERİ

Metro Ethernet Şebekeleri üzerinden; Direkt Internet Erişimi (*Direct Internet Access, DIA*), Sanal Kiralık Devre Servisi (*Virtual Leased Line Service, VLL*), Sanal Özel LAN Servisi (*Virtual Private Lan Service, VPLS*), BGP/MPLS VPN, Ethernet VPN ve FR/ATM VPN gibi servisler verilebilmektedir.

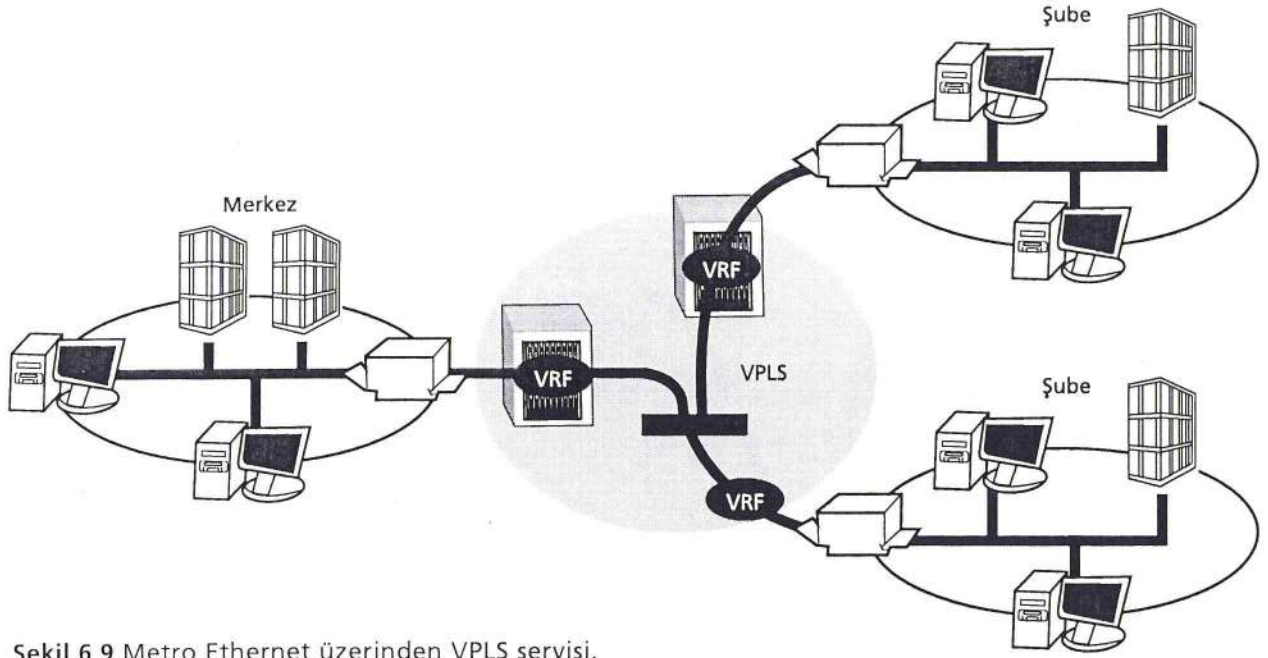
Direkt Internet erişimi servisi, Metro Ethernet müşterilerine yüksek hızlı Doğrudan Internet Erişimi'ni sağlamak amacıyla kullanılır. Şekil 6.8'de doğrudan Internet erişimi bağlantısı gösterilmektedir.





**şekil 6.8**  
Metro Ethernet üzerinden  
doğrudan Internet erişimi.

Sanal Kiralık Devre Servisi (VLL) ile noktadan noktaya Ethernet servisi verilebilmektedir. Bu servis sayesinde, TDM, FR ve ATM üzerinden verilen noktadan noktaya servislerin, Ethernet üzerinden verilebilmesine de olanak sağlanır. Sanal Özel LAN Servisi (VPLS) ile müşteri LAN'larının MAN üzerine yayılmasını sağlar. Müşteri çeşitli lokasyonlarda bulunan birimlerini aynı yerel ağda çalıştırıyor gibi transparan olarak çalıştırır. ikinci seviye VPN olarak da bilinmekte olan VPLS bağlantı şeması şekil 6.9'da gösterilmektedir.



Şekil 6.9 Metro Ethernet üzerinden VPLS servisi.

BGP/MPLS VPN ile üçüncü Seviye VPN hizmeti sağlanır. Müşteri IP şebekelerinin, MAN üzerine yayılması olarak değerlendirilebilir. Ethernet VPN ve FR/ATM VPN servisi, VPN'ler arası sorunsuz/transparan geçiş, mevcut ve yeni bağlantıların aynı ortamda korunması için kullanılır.

## KABLOSUZ OPTİK HABERLEŞME (FREE SPACE OPTICS, FSO)

Free Space Optics'in çıkış noktası birçok teknolojinin çıkış noktası gibi askeri amaçlıdır. Ronald Reagan zamanı Amerika'sında tasarlanan ve dünya dışı saldırıları engellemek amacı ile Yıldız Savaşları projesi içinde geliştirilen iletişim projesi Lasercom ilk Free Space Optics örneğidir. Uzun ve yer arasındaki 2000 Km'lik mesafede %100 güvenli ve hızlı bir iletişim gerçekleştirmek amacıyla tasarlanan cihazlar birbirine gönderdikleri lazer ışınları ile 2,5 Gbps'lik veri iletişimini sağlamıştır.

Yıldız Savaşları Projesi (*Lasercom*) rafa kaldırılmasını takiben 1996 yılında Free Space Optics teknolojisi ticari amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. FSO (*Free Space Optics*) teknolojisi ile kablosuz, uçtan uca, protokol transparan genişbant veri iletişimi sağlamak mümkündür. FSO teknolojisiyle, fiber kablolama ile ulaşılabilen gigabit hızlarına, kablosuz olarak ulaşılabilir. Birbirini gören iki noktaya (*Line of Sight*) yerleştirilen optik cihazlar ile lazer ışınlarını kullanarak kablosuz veri transferi sağlanır.

FSO ürünlerinin kurulumu çok kolay olup bina içindeki kablolanmanın hazır olması durumunda 1 gün içinde karşılıklı olarak servise verilebilmektedir. Bina dışında kullanılan bir ürün olması sebebi ile her türlü hava koşuluna uygun olarak hazırlanmıştır.



FSO cihazları birbirlerine gözle görülemeyen ve aynı zamanda göze zarar vermeyen düşük enerjili ışık demeti yollamaktadır. Free Space Optics sisteminde gönderilen ışın demeti diğer taraftan son derece hassas alıcılar tarafından karşılanmaktadır. Bu hassas alıcılar lensler sayesinde gönderilen veriyi toplamaktadır. Ticari olarak şu anda 10 Mbps'ten 2,5 Gbps'e kadar farklı kapasitelerde çalışmasına karşın laser teknolojisi ile 160 Gbps gibi yüksek hızlara çıkılabileceğı bilinmektedir.

Çalışma prensibi her ne kadar point-to-point ise de atlama noktaları yaratarak 5 km mesafe sınırını aşmak ve point-to multipoint ve mesh yapılar oluşturmak da mümkündür.

## FSO NASIL ÇALIşIR

FSO kızıl ötesi (IR) alanda çalışmaktadır. Ticari piyasadaki mevcut FSO sistemler görünür spektruma yakın ve 200 THz civarına tekabül eden 850 ve 1550 nm'lik dalgaboyunu kullanırlar.

FCC (Federal Communications Commission)'nin 300 GHz'in üzerindeki frekanslara yönelik bir düzenlemesi yoktur. Bu nedenle FSO iletişim sistemleri, LMDS gibi daha düşük frekanslı mikrodalga sistemlerin aksine işletim lisansı gerektirmez. Bu sadece kuzey Amerika için değıl, tüm dünyada geçerlidir. Yakın IR spectrumdaki dalgaboyu görünür spektruma yakınlığı nispetinde görünür ışıkla hemen hemen aynı yayılma özelliklerine sahiptir.

Basit bir point-to-point iletim sisteminde iletim yolunun her iki tarafında bir FSO transciever (link head) yer alır. Bir FSO sistemin çalışması için ana gereksinim iki lokasyon arasında tam olarak line-of-sight'ı sağlamaktır çünkü FSO sistemler iletişim için ışığı kullanır ve ışık duvar ve ağaç gibi katı engeller içersinden geçemez.

Vericinin optik kısmı bir ışık kaynağı ve bir montaj teleskobu içerir. Teleskop hem lensleri hem de parabolik bir aynayı kullanacak şekilde tasarlanabilir. Teleskop ışın demetini (beam) daraltır ve alıcıya doğru yansıtır.

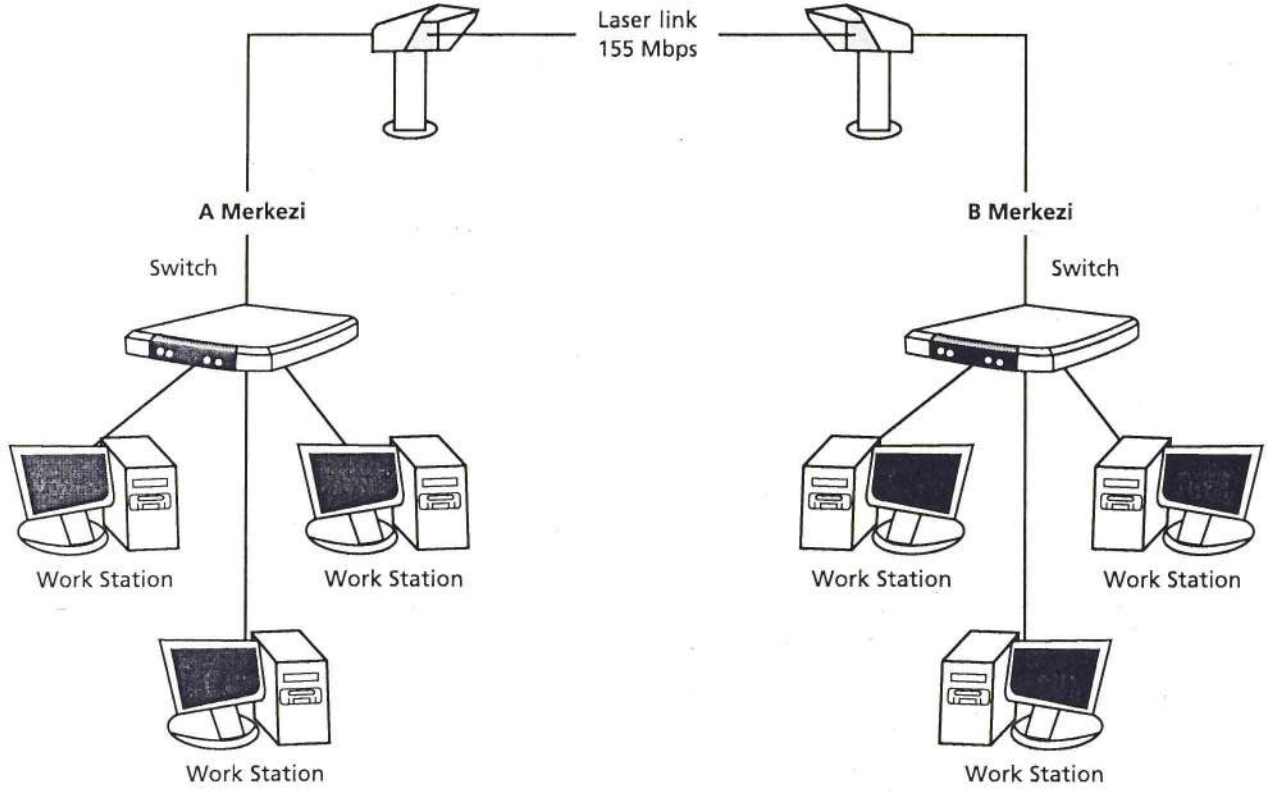
İletilen ışık alıcı tarafındaki bir lens veya bir ayna tarafından toplanır. Sonra toplanan bu ışık bir foto detektör üzerine odaklanır.

Bir FSO sistemi full-duplex olarak çalışabilir. Bu bilginin alınması ve iletilmesinin aynı zamanda ve birbirine paralel olarak yapılabileceğı anlamına gelmektedir. O nedenle her FSO link head tipik olarak full-duplex çalışma yeteneğinde bir transceiver içerir.

Sayısal bir iletim sisteminde, verici gerçek network trafiğini taşıyan bir elektrik input sinyali tarafından modüle edilir. Bu fiber-optik bir iletim hattı işlemine benzer. Elektro-optik (E-O) dönüşüm süreci boyunca, bilgi elektriksel ortamdan optik ortama dönüştürölür. Bu basit dönüşüm işlemi, iletim yolunun iletilen network protokolünden bağımsız olmasını sağlar. Başka bir ifadeyle, basit bir FSO iletim sistemi network lokasyonları arasında fiziksel katman (layer1) bağlantı olarak çalışabilir. Alıcı tarafında teleskop modüle edilmiş ışık sinyallerini toplar ve alıcı op-



tik bit akışını tekrar elektrik sinyaline dönüştürür. Örnek bir FSO uygulaması Şekil 6.10'da gösterilmektedir.



Şekil 6.10 Örnek FSO Uygulaması.

## FSO SİSTEMLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

### ARAYÜZ ÖZELLİKLERİ

FSO sistemlerinde genelde Fiber ve ethernet arayüzler kullanılmaktadır. Fiber arayüzlerde isteğe göre **multimode** veya **single mode** fiberler kullanılabilir. Bunların konnektörleri SC veya ST olabilir. Fiber üzerindeki dalga boyu ise 800 nm-1370nm arasında olabilir. Fiber arayüzler genelde transparan olarak çalışmaktadır.

Ethernet arayüzlerde ise **RJ-45** konnektörler kullanılmaktadır. Bunlar 10-100 Base T standartını desteklemekte ve bazı modellerde ise **Power over Ethernet** özelliği bulunabilmektedir.

Ayrıca bazı FSO Sistemlerinin üzerinde veya ayrı bir kutu ile PDH standardı 4XE1, 8XE1 ve 16XE1 olarak desteklenebilmektedir. Bunlar özellikle GSM operatörlerince tercih edilmektedir.

### PERFORMANS

FSO Sistemlerinde hız seçenekleri PDH, SDH ve Ethernet standartlarında değişiklik göstermektedir. PDH standartında 4X2 Mbps, 8X2 Mbps veya 16X2 Mbps hızları desteklenmektedir. SDH

standartlarında 155 Mbps ve 622 Mbps hızları uyumlu olmaktadır. Ethernet olarak 10/100 Mbps Fast ethernet ve Gigabit ethernet desteklenmektedir.

FSO Sistemlerinde mesafenin hesaplanması en önemli sorunlardan birisi olarak görülmektedir. Genelde hava koşulları ve hız mesafeyi sınırlayan etkenlerin en önemlisi olarak görülmektedir. Hava koşullarında en önemli etken sis olmaktadır. Çünkü sis durumunda havada bir yoğunlaşma durumu oluşmakta, ışık demetleri kırılıma uğramakta ve ışık alıcıya ulaşacak bir boşluk bulamamaktadır. Mesafe 4-5 km'ye kadar çıkabilmektedir. FSO Sistemlerinde hata oranı  $10^{-9}$  ve  $10^{-12}$ 'lerin altında kalmaktadır.

### VERİCİ (TRANSMITTER) ÖZELLİKLERİ

FSO Sistemlerinde verici sayısı 1 ile 4 arasında değişmektedir. FSO'ya elektriksel olarak gelen sinyal verici sayısı kadar kopyalandıktan sonra her vericide ayrı ayrı ışığa çevrilir ve karşıya iletilir. Bunun sayısının fazla olmasının avantajı, alıcıda en iyi alınan sinyalin seçilerek iletişimin hatasız olmasını sağlamaktır.

FSO Sistemlerinde Laser Diyod, LED ve VCSEL tiplerinde vericiler kullanılmaktadır. Toplamı lazer çıkış gücü 0.8 miliwatt'dan 640 miliwatt'a kadar değişen yelpazede ürünler bulunmaktadır. Lazer çıkış gücü arttığında FSO sisteminin çalışma mesafesi de artmaktadır. Genelde 1550 nm dalgaboyunda 850 nm'ye göre, göze zarar vermeden 50 kat daha fazla güç üretmek mümkün olmaktadır.

FSO Sistemlerinde genelde 800-850 nm aralığı ve 1550 nm dalgaboyu kullanılmaktadır. 1550 nm dalga boyundaki teknoloji daha karışık ve pahalıdır.

**Işının Ayrılma Açısı (*Beam Divergence*)**; vericiden bir noktadan çıkan ışının alıcıya iletildiğinde ne kadar birbirinden ayrıldığını verir. Genelde miliradyan cinsinden verilir ve ne kadar küçük olursa alıcıdaki o kadar az bir saçılım oluşturur. 1 miliradyan açısındaki bir verici 1Km'de 1m'lik bir açılım yapar. FSO Sistemlerinde en düşük açı 2 miliradyan civarındadır.

FSO Sistemlerinde düşük güçlü lazer ışınları kullanılarak iletişim yapıldığından dolayı göz emniyetini sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle Dünyada Class 1M ve 1M sertifikalarını alan ürünler bu açıdan güvenli sayılmaktadırlar.

### ALICI (RECEIVER) ÖZELLİKLERİ

Optik alıcı sayısı genelde 1-4 arasında değişir. Optik alıcı tipleri APD, PIN, Si APD, Si PIN, Silikon Fotodiyot tiplerinde olabilmektedir.

Alıcı çapları genelde 8 cm'den 26 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Çapın büyük olması alıcının tipine göre gelen ışığın alınabilmesi ve hatanın önlenmesi açısından yararlı olabilmektedir. FSO Teknolojisinde görüş açısı 2 mrad-14 mrad arasında olan ürünler bulunmaktadır.



**Alıcı Hassasiyeti (Receiver Sensitivity);** Alıcı lens üzerinde minumum alınabilecek ışığın dBm cinsinden değerini göstermektedir. Genelde -30 dBm ile -45 dBm arasındaki değerlerde alıcı hassasiyeti bulunan FSO sistemleri bulunmaktadır.

#### **CARRIER-CLASS ÖZELLİKLER**

FSO Sisteminin ön yüzündeki cam üzerinde bulunan ısıtıcılar camın önünde birikecek karı engellemek amacıyla kullanılmaktadır. Bazı FSO sistemlerinin çok soğuklarda çalışabilmesini teminen içten ısıtılmalı sistemler üretilmiştir.

FSO Sistemlerinde özellikle verici görevini yapan laserler çok fazla ısınabildiklerinden bunlar için ayrıca fanlar veya soğutucu plakeler yoluyla soğutucular geliştirilmiştir.

**Otomatik güç kontrolü,** FSO Sistemlerinin hava durumlarından etkilenmesini önlemek için yüksek güçle veriş yapmak genelde kullanılan bir yöntemdir. Ancak hava açık olduğunda bu yüksek veriş gücü verimi ve laserin ömrünü azaltmaktadır. Bu amaçla görüşün iyi olduğu zamanlarda bunu sezerek veriş gücünü azaltan sistemler dizayn edilmiştir.

**Otomatik İzleme (auto tracking)** özelliğine sahip sistemlerde binalarda veya kulelerde oluşan küçük hareketlerin karşılıklı görüşü engellememesi için vericiler üzerinde küçük motorlarla tarama yapabilen sistemler bulunmaktadır. Bu sayede kesinti önlenilmekte ve %99'lara varan SLA sağlanabilmektedir. Ancak bu tür mekanizmalar mekanik olduğundan dolayı FSO'nun MTBF süresini azaltmaktadır. Ayrıca FSO'nun birim ücretini de arttırmaktadır.

#### **MEKANİK, ELEKTRİKSEL VE ÇEVRESEL ÖZELLİKLER**

FSO Sistemleri genelde yüksek binaların çatılarında çalışmaya göre dizayn edildiklerinden dolayı geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilmektedirler. 50 C derece ile 60 C derece arasında bu sistemler çalışabilmektedir. FSO Sistemlerinin rüzgara karşı dayanıklılığı genelde 120 km/Saat civarındadır. Bu değer 160 km/saat değerlerine çıkabilmektedir.

FSO ürünleri su geçirmezlik ve dayanıklılık değerlerini içeren IP 65, IP 66 ve Nema 4 gibi sertifikalar almaktadırlar. Ayrıca FSO Sistemleri Elektriksel ve Elektromanyetik sertifikalar da almaktadırlar.

FSO ürünleri genelde AC Voltaj ile çalışmakta 110/220 volt seçenekleri bulunmaktadır. Ayrıca carrier bazlı ürünlerde DC voltaj seçeneği bulunmakta olup 24-60 volt arasında değişen ürünler bulunmaktadır.

### **FSO UYGULAMALARI VE KURULUM YERLERİ**

FSO Sistemleri tüm dünyada ve ülkemizde çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar genel olarak aşağıda sıralanmıştır.