



**TELEKOMÜNİKASYON  
KURUMU**

## **xDSL TEKNOLOJİSİ**

**Hazırlayan**

**Sektörel Araştırma ve Stratejiler**

**Dairesi Başkanlığı**

**RAPOR NO : 3**  
**RAPOR TARİHİ : Eylül 2001**

## ÖZET

Bilginin sayısal gösterimi ile birlikte gelişen teknoloji, veri iletişimde de hızlı ve hemen hemen hatasız aktarım teknolojilerini ortaya çıkarmıştır. Bu teknolojiler kullanılarak, bant genişliğinde ve veri iletiminde kapasite arttırımına gidilmektedir. Hızlı ve güvenli bilgi alışverişinin abonelere; basit, ekonomik ve kısa sürede sağlanması hedeflendiğinde en iyi seçenek olarak DSL (Sayısal Abone Hattı) Teknolojileri ortaya çıkmaktadır. DSL, hat (bakır kablo) boyunca çok sayıda datanın sıkıştırılarak gönderilmesi için bir teknolojidir. xDSL kısaltması, özel bir protokolü belirtmeksizin bütün olarak teknolojiyi tanımlar. Rapor'da bu konuda teknik bilgiler verilmiş, konu teknoloji tanımlanmış ve tanıtılmış, DSL'in diğer teknolojilere göre karşılaştırılması yapılmış ve Türkiye'deki kullanım durumu açıklanmıştır.

# İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZET	2
İÇİNDEKİLER	3
1. Giriş	4
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Bant Genişliği	4
2.2 Bant Genişliği ve Gönderilebilen Veri Oranı Arasındaki İlişki	5
2.3 İletişim Ortamı	5
2.4 Modemler	5
3. xDSL TEKNOLOJİSİ	6
3.1 ADSL Modem Yapısı	6
3.2 Ayırıcılar (Splitter)	7
3.3 Hat Kalitesi	7
3.4 Ülkemizdeki Bakır Kablo Elektriki Özellikleri	7
3.5 DSL Erişimi Destekleyen ISS'ler	8
4. DSL TEKNOLOJİSİ İLE HIZLI VERİ TRANSFERİ	8
4.1 T Taşıyıcı sistemi	9
4.2 T1 ve T2 İletim Hızları	9
5. DSL TEKNOLOJİSİ ÇEŞİTLERİ	10
5.1 Asimetrik Sayısal Abone Hattı (ADSL)	10
5.2 ADSL-Lite	11
5.3 SDSL (Symmetric DSL)	11
5.4 HDSL (High Speed Symmetric DSL)	12
5.5 VDSL (Very High Speed DSL)	12
5.6 Karşılaştırmalı Veri İndirme Başarımları	13
6. DSL TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM ALANI VE AVANTAJLARI	14
6.1 Kullanım Alanları	14
6.2 DSL Teknolojisinin Avantajları	14
7. DSL TEKNOLOJİSİNİN DİĞER TEKNOLOJİLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI	14
8. TÜRKİYE'DE KULLANIM DURUMLARI	17
EK. ANOLOG MODEMLER VE xDSL SPEKTRUMU	18
KAYNAKLAR	19

# xDSL TEKNOLOJİSİ

## 1. GİRİŞ

Bilginin sayısal gösterimi ile birlikte gelişen teknoloji, bilgisayarların gelişip ve güçlenmesinin yanısıra veri iletişiminde hızlı ve hemen hemen hatasız aktarım teknolojilerini ortaya çıkarmıştır.

İçinde yaşadığımız dünya üzerinden, her an her çeşit (elektronik posta, kaliteli ses, görüntü, videokonferans, mali bilgiler, bankacılık işlemleri, kredi kartı bilgileri, askeri hareketler, dersler, tıbbi konsültasyonlar, sanat, gazete, dergi, fotoğraf, rezervasyon işlemleri gibi) bilgiyi taşıyan, bir bit seli akmaktadır. Yaşamımızı bu bilgi sağanağı altında sürdürmekteyiz. Hızlı ve güvenli bilgi alışverişini sağlamak amacıyla, birçok kullanıcı yüksek hızlı veri transferi sağlayan transmisyon ortamlarına gereksinim duymaktadır. Hedef, her türlü verinin , bütünleşmiş sistemler üzerinden hızlı, aynı zamanda da güvenli bir biçimde aktarılması ve işlenmesidir.

Yukarıda belirtilen hizmetleri sağlamak için bilgi akışı bilgisayarlararası iletişimi sağlayarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.



ŞEKİL 1

Veri ve çokluortam iletimi fiziksel ortamda; optik lif, ya da iletken bakır bir tel üzerinden yapılabilmektedir. Şekil 1' de görüldüğü gibi arabirimler birbirlerine fiziksel veya telsiz iletişim ortamı üzerinden bağlanmaktadır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Bant Genişliği

Her iletişim ortamının belirli bir frekans bant genişliği vardır. Frekans bant genişliği, iletişim ortamından gönderilebilen sinüsoidal frekans bileşenleri bant genişliğini vermektedir. Bir iletişim ortamı üzerinden gönderilebilecek veri miktarı ve hızı üzerinde, ortamın bant genişliğinin oldukça önemli bir rolü bulunmaktadır. Bant genişliği terimi, analog işaretlerde olduğu kadar sayısal işaretlerde de kullanılır. Pratikte her ortam için sabit veya belirli bir bant genişliği vardır ve bu bant genişliğine sığan sayısal işaretler ile özgün işaretler oluşturulmaya çalışılır.

## 2.2 Bant Genişliği ve Gönderilebilen Veri Oranı Arasındaki İlişki

Bir işaretin bilgi taşıma kapasitesi ile bant genişliği arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bant genişliği ne kadar fazla olursa bilgi taşıma kapasitesi de o kadar fazla olur.

Bant genişliği terimi analog bir iletişim ortamı için kullanıldığında telefon hatları gibi /veya telsiz ortamı , o hat üzerinde taşınabilen frekans aralıklarından söz edildiği anlaşılır ve Hertz terimi kullanılır. Oysa sayısal bir iletişim ortamı söz konusu olduğunda, o ortam üzerinden saniyede taşınabilen /aktarılabilen bit sayısından söz edilir ve bps (bits per second) terimi kullanılır. Kısaca, uygulamada bant genişliği kavramı : saniyede gönderilebilen bit miktarıdır.

## 2.3 İletişim Ortamı

Veri ve çoklu ortam iletimi yapılabilmesi için fiber, telsiz ya da mevcut bakır kablolar arasında seçim yapılmalıdır.

Telekomünikasyon altyapısı, fiber kablo kullanımına doğru bir gelişme içine girmiştir. Genişbant hizmet taleplerini karşılamak için en iyi çözüm fiber kablo gzlmektedir. Ancak Fiber kabloların ve ilgili servislerin maliyetinin yüksek olması fiber teknolojisinin yaygınlaşmasını engellemektedir. Gelişmekte olan yerleşim alanlarında ve yeni imara açılan alanlarda fiber kablo ile transmisyon altyapısı kurmak daha akılcı çözüm olmaktadır. Mevcut yerleşim alanlarında, kullanıcılara geniş bant hizmeti sunmak için altyapıda var olan bakır kablolardan, onların taşıma kapasitesini arttırmak suretiyle faydalanmak buralara yeni fiber kablo altyapısı kurmaktan daha ekonomik olmaktadır.

Günümüzde, abonelere (müşterilere) kadar yaygın bir Şekilde döşenmiş bakır kablolar vardır. Dünyada ve özellikle ülkemizde yerel abonelerin büyük bir bölümü bakır kablolar üzerinden iletişim yapmaktadır. Bu mevcut döşenmiş bakır kabloları bir tarafa atıp, fiber kabloya geçmek ekonomik bir tercih olmamaktadır. Evlere ve kk işyerlerine fiber kablo çekmek günümüzde ekonomik olmamakla birlikte yakın zaman içinde ekonomik olması da beklenmemektedir. Bu nedenle, mevcut bakır altyapısının değerlendirilmesi istenilmektedir.

## 2.4 Modemler

Modemler, bir iletişim hattı üzerinde elektrik işaretlerini sayısal işaretlere ya da sayısal işaretleri elektrik işaretlerine dönüştürmek için kullanılan aygıtlardır. Modemler, seri halindeki bitler kodlayarak veya kodlanmış olanları zerek telefon hattı üzerinden frekanslar halinde iletir.

Kullanılacak modemlere gelince; ses sınıfı yani kablo modemler ciddi bir alternatif olmasına rağmen, mevcut yapıların 2 yönlü veri trafiğini kaldıramaması ve bant genişliğinin paylaşılması nedeniyle kullanıcı sayısı arttıķa bandın daralması bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ses iletiminde band genişliğinin 3.3 kHz' i aşmaması nedeniyle; ses sınıfı modemler ile bir kamu telefon Őebekesinde 28.8 Kbps'ye kadar veri iletilebilmektedir. Bu tür modemler her Hz için 10 bit hız sağlamaktadır.

Mevcut modem teknolojisi en fazla 56 kbps (V.34 ile 33.6 kbps) iletebilmektedir. Bu hızlarda, yoğun metin ve grafik dosyalarını göndermek ya da internet üzerinden ses ve görüntü göndermek pratik olarak mümkün değildir.

Uydu üzerinden veri iletimi ise yüksek maliyetten dolayı yaygınlaşmaya uygun bir teknoloji değildir.

Başka bir seçenek Sayısal devre anahtarlamalı bir teknoloji olan ISDN'nin ISDN BRI hizmetleridir. Bu teknolojiye 2 adet B kanalı (64'er Kbps) ile 1 adet D kanalından (16 Kbps) oluşan BRI standardı kullanılmaktadır. 128 kbps'lik hızı ile ISDN BRI modem üretimlerinin çok yaygın olmaması, maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle hala çok pahalıdır. Ayrıca, kullanıcılar uçtan uca ISDN servislerini her yerde alamamaktadırlar.

Sonuç olarak, abonelerin yüksek hızda internet'e erişebilmesi, uzak LAN erişimi sağlayabilmesi ve ısmarlama video hizmetini alabilmesi ve bütün bunların basit, ekonomik ve kısa sürede sunulması hedeflenmektedir. Bu hedefi sağlayacak teknoloji, hız/performans faktörleri göz önüne alınarak araştırıldığında karşımıza en iyi seçenek olarak DSL (Sayısal Abone Hattı) teknolojileri çıkmaktadır.

### 3. xDSL TEKNOLOJİSİ

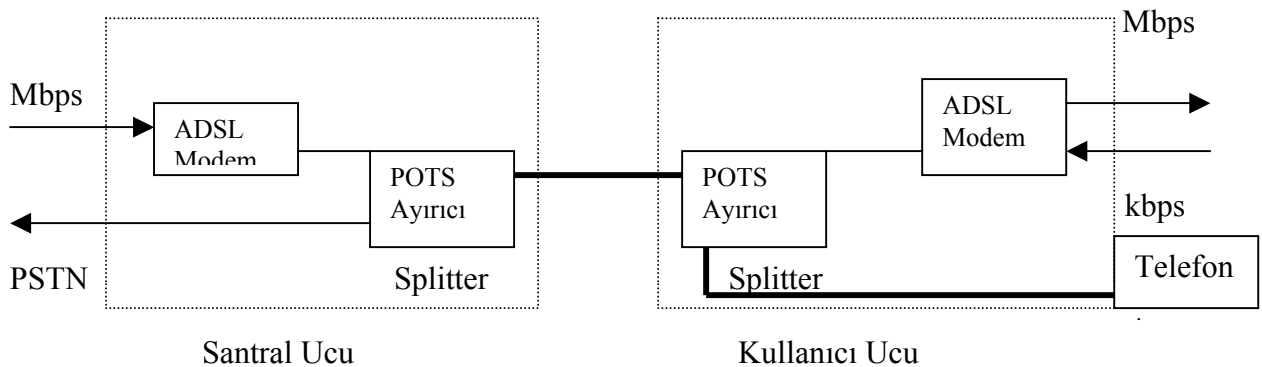
DSL, hat boyunca çok sayıda datanın sıkıştırılarak gönderilmesi için bir teknolojidir. xDSL kısaltması, özel bir protokolü belirtmeksizin bütün olarak teknolojiyi tanımlar.

xDSL , A noktasından B noktasına bakır kablo boyunca giden yüksek hızlı datayı sıkıştırmak için kullanılır.

DSL modemler, bakır kablonun bir ucundan diğer ucuna bağlantı kurar: sinyal telefon anahtarlama sistemi içine girmez.

Yerel telefon şirketinde yerel ağ, öncelikle data frekanslarını ses frekanslarından ayıran bir ayırıcıya gider. Ses frekansları, geleneksel POTS'a (Plain Old Telephone Services - sıradan eski telefon hizmeti'ne) bağlanır ve normal anahtarlama telefon şebekesine girer. Data frekansları, Merkez Ofis (Center Office-CO) ucunda bir DSL modeme bağlanır. (Şekil 2).

#### 3.1 ADSL Modem Yapısı



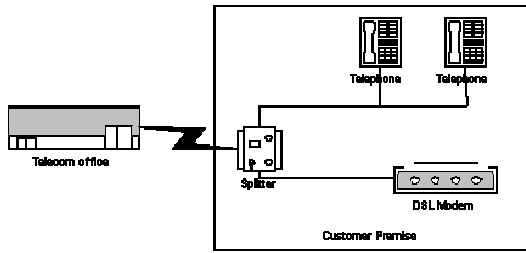
ŞEKİL 2

Tipik olarak, data bir LAN/WAN bağlantısı (10Base-T Ethernet, T1, T3, ATM, Çerçeve relay) üzerinden gönderilmektedir. Yüksek hızla erişimli internet bağlantısı sağlayarak, internet üstünden büyük data paketleri gönderilebilir. Erişim herhangi bir çağrı numarası çevrilmesine ihtiyaç bulunmamakta bağlantı daima bilgileri göndermeye hazır bulunmaktadır.

### 3.2 Ayırıcılar ( Splitter)

DSL Teknolojisi geniş frekans aralığı kullandığı için, tek bakır bağlantının kullanımı ile ses ve data'ya aynı anda sahip olmak mümkündür. Ses çağrısı normal olarak 0-4kHz spektrum üzerinden, data ise daha yüksek frekanslar kullanılarak gönderilmektedir.. Şüphesiz bakırın bu paylaşımı, bazı problemler ortaya çıkarabilir. Özellikle, çoğu telefonlar DSL data akışı ile enterferans edilerek el cihazı üzerinde parazit neden olabilir.

4kHz frekans bandında meydana gelecek enterferans problemi ayırıcı kullanılarak çözülmüştür. Ayırıcı cihaz, müşterinin konutuna giren telefon hattına bağlanmaktadır. Ayırıcı telefon hatlarına çatallanır: Bir kol orijinal ev telefon teline bağlanır ve diğer kol DSL modeme erişir. Bu durumda ayırıcı, telefon hattının ayrılmasının yanısıra, 0-4kHz frekansları telefona geçiren bir alçak geçiren filtre gibi rol oynayarak telefonlar ve DSL modemler arasındaki 4kHz enterferansını ortadan kaldırır.



### 3.3 Hat kalitesi

Ülkemizde var olan şebekenin bakır kablo karakteristik değerleri aşağıda gösterildiği gibi olup; bu özelliklere sahip bütün telefon hatları DSL modemlerin kullandığı yüksek frekansları geçirme kalitesine haizdir. Ancak bakır hatlarda meydana gelen paralelleme, pupin kullanma, zamanla kablo izolasyon değerlerinin bozulması, elektrolitik bakırın hava şartlarında maruz kaldığı korozitif sebepler, DSL modemlerin çalışmasına engel teşkil edebilmektedir. Ayrıca, DSL'in üzerinde çalışacağı bakır telin uzunluğu için limitler vardır. Bu yüzden bir telefon hattı , DSL modemleri ilave etmeden önce kontrol edilerek aşağıda belirtilen karakteristik değerlere yaklaştırmalıdır.

### 3.4 Ülkemizdeki Bakır Kablo Elektriki Özellikleri

Kablo Yapısı : Yıldız Dörtlü

Efektif Kapasite : 04-05 mm için ortalama 50nF/km max. Münferit 56 nF/km

: 06-09 mm için ortalama 45nF/km max. Münferit 51 nF/km

Tesis edilmiş kablunun izolasyon direnci > 100Mohm

B. direçler : 04 mm için 280 ohm/km, 05 mm için 180 ohm/km

06 mm için 125 ohm/km , 09 mm için 55 ohm/km

Zayıflama Değerleri : 04 mm için 1.79 dB/km  
05 mm için 1.36 dB/km  
06 mm için 1.03 dB/km  
09 mm için 0.62 dB/km  
Tesis edilmiş hattın diyofani zayıflaması (Cross talk): > 65 db  
Hattın Karakteristik empedansı : normal 600 ohm (300-400 Hz)

### 3.5 DSL Erişimi Destekleyen ISS'ler

DSL erişimini destekleyen ISS'ler, öncelikle kendilerinin internete erişebilmesi için yüksek hızlarda data kanallarına ihtiyacı olacaktır. İnternete çıkışları sınırlı ISS'ler abonelerine xDSL modemle erişim hakkı verseler bile onların hızlarının sınırlandırılmasına sebep olacaklar ve yaptıkları anlaşmaları daha alt hızlarda yapacaklardır.

## 4. DSL TEKNOLOJİSİ İLE HIZLI VERİ TRANSFERİ

Ses sınıfı modemlerde; modemlerin çıkışındaki veri, çekirdek şebeke tarafından ses sinyali olarak algılanır.

Ses bandı hatlarının band genişliği sınırlamaları kurulu bulunan mevcut bakır hatlardan değil çekirdek şebekeden (switch,multiplexer v.s.) kaynaklanmaktadır. Çekirdek şebekenin sonundaki filtreler band genişliğini 3.3 kHz'e sınırlarlar. Bakır erişim hatları filtreler olmaksızın önemli bir zayıflama ile frekansları MHz bölgelerine geçirebilirler. Bu durum hat uzunluğunu etkiler.

DSL; yerel bölgede , santral ile kullanıcı arasında , telefon altyapısında kullanılan bakır tel üzerinden, yüksek hızlı veri (data) ve ses (voice) iletişimini aynı anda sağlayabilen, bir iletişim teknolojisidir.

Başka bir deyişle, hızlı internete erişim ve frekanslarda birim zamanda ileten ve sinyalleri müşteri cihazlarına taşıyan teknolojilerdir.

Genel olarak DSL bir bakır hattın ucuna bağlı bir modem çiftinden oluşur. Yani bir hatta bağlanan bir modem çifti digital bir abone hattını oluşturur. Kısaca DSL hat değil bir modemdir. DSL modemler ile dubleks veri gönderilmektedir. Yani her iki yönde kullanılan teknolojiye bağlı olarak, mesafe ile ters orantılı veri akımı sağlanır. Örneğin ADSL teknoloji yardımı ile 5.5 km mesafeye kadar işlem yapılabilir. Veri hızı ve mesafeye bağlı olarak meydana gelebilecek yansıma ve yankı gibi hat bozulmaları çeşitli bastırma teknikleri ( echo cancellation gibi) kullanılarak engellenir ve gönderilen sinyalin alıcı tarafından kaybedilmeden alınması sağlanır. Modern standartlarda üretilmiş DSL modemlerle yapılan iletişimde bakır şebekenin hat parametreleri, transmisyon eşliğini bozamaz.

DSL modemler 80 kHz'e kadar bir çift telin band genişliğini kullanırlar. Bu nedenle 4 kHz'in altındaki frekanslarda çalışan analog POTS hizmetini de (Plain Old Telephone service) aynı anda sağlar. Günümüzde bazı DSL modemleri bakır çiftlerden birden fazla aboneye hizmet vermek ve bakır çiftlerden kazanım sağlama uygulamaları (Pair Gain Applications) için kullanılmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde ikinci hat tesisine ihtiyaç olmadan tek bir POTS hattını 12'ye kadar POTS hattına dönüştürürler. 784kbit/s hızındaki



bir HDSL hat üzerinden 12 adet 64kbit/s ve bir adet 16kbit/s senkronizasyon ve işaretleşme hattı için bir kanal sağlanarak tek hattın 12 abonenin birden görüşmesi sağlanır .

DSL teknolojisi ; sabit telefon hizmeti sunmak için kullanılan aynı bakır kablo çifti üzerinden yüksek hızlı veri hizmetleri ve internete hızlı erişim olanağı sağladığından mevcut yerel erişim şebekesinin kapasitesini arttırmaktadır.

Fiziksel bir ağ üzerinde xDSL' in veri kapasitesi birçok faktöre dayanmaktadır bunlar; bakır çiftlerdeki sinyal zayıflaması, kullanım demetindeki diğer bakır çiftler ile girişim, ağdaki diğer gürültü kaynakları ve havadan yapılan yayınlar gibi dış etkenlere bağlı girişimler veri kapasitesini etkilemektedir.

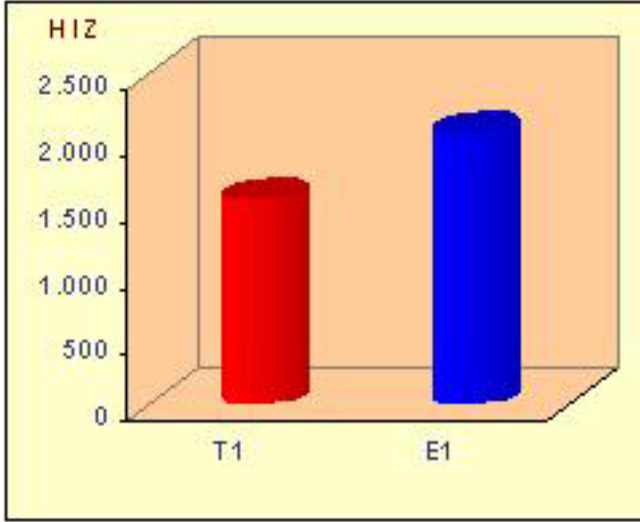
DSL sistemleri iki nokta arasında çalışan karşılıklı iki DSL iletim ünitesinden ( transmission unit) oluşur. İletim ünitelerinden biri olan merkezi birim-central unit, santral tarafına yerleştirilir ve enerjisini santraldan alır. Diğer iletim ünitesi olan abone ünitesi (remote unit) ise aboneye en yakın bir noktaya yerleştirilir. Abone tarafındaki ünitenin konfigürasyonu ve denetimi; merkezdeki iletim ünitesi tarafından yapılır. Normal çalışma koşulları altında, Merkezi birim standart E1 ya da alt grup sinyalleri ya doğrudan santraldan alır ya da santral çıkışındaki 64kbit/slik analog hatların multiplexer (çoklayıcı) işlemine tabi tutulması ile elde edilir. Senkronizasyonu ve zamanlamayı sistemin kendisi sağlayarak bu sinyali telefon hattı üzerinden DSL sinyali olarak gönderir ve işaret abone ünitesi tarafından alınır. Abone ünitesinde DSL sinyalleri E1 veya alt grup sinyallere dönüştürülür ve abonenin kullanımına sunulur.

#### **4.1 T Taşıyıcı Sistemi**

T taşıyıcı sistemleri sayısal hatlarda yüksek veri hızları için kullanılır. T taşıyıcıların özelliği , çoklayıcılar aracılığıyla çok sayıda veri kanalını tek bir iletişim hattında kullanabilmeleridir. Alıcı tarafta ise gelen işaretler bir çoklayıcı birleştiricisi ( de-multiplexer) aracılığı ile alınır. Geniş Alan Ağlar'da en yaygın olarak kullanılan taşıyıcı, T1'dir. T1, iki kablo çiftinden (biri göndermek biri almak için ) oluşan ve çift yönlü işaretleri 1.544 Mbps hızında göndermek için tasarlanmış bir noktadan noktaya bağlantıdır. T1 24 kanala bölünmüştür ve her kanalı dakikada 8.000 kez örnekler. Her kanal ses ve görüntü taşıyabilir ve birbirlerinden bağımsız iletim yaabilir.

#### **4.2 T1 ve E1 İletim Hızları**

Altmışlı yılların başında yapılan çalışmalar sonucunda, 64 kbps'lik veri akışı her örneğin 8 bitle ifade edildiği saniyede 8000 voltaj örneklerini temsil ederek oluşturulmuştur. Bunların 24'ü çerçeveli bir veri akışı içerisinde organize edilmiş ve bu çerçeve sonuç olarak T1 olarak adlandırılmıştır. Bunun ardından CCITT (ITU) bu çalışmalardan hareket ederek, 2.048 Mbps'de çalışan 30 ses kanalı için bir sistem olan E1' i tanımladı. E1; hem biçimlendirilmiş versiyon hem de veri hızı için kullanılan tek adlandırmadır.



Son zamanlarda T1 ve E1 devreleri; Alternate Mark Inversion (AMI) protokolü olan kaba alıcı vericiler kullanılarak bakır teller üzerine uygulandılar. Bu işaretlerin taşınma mesafesi merkezi ofisten 900 metre olarak kaldı sonrası için repeater (sinyal tekrarlayıcı) kullanılması gerektiği ortaya çıktı. Bu sistem uzun yıllar bu haliyle çalıştı. Telefon şirketleri, T1 ve E1 devrelerini esas alarak çekirdek anahtarlamayı şebekedeki ofisler arasındaki uygulamalarda kullandılar. Zamanla T1/E1 servislerini WAN üzerinden birbirlerine bağlayarak özel şebekelere sundular. Günümüzde T1/E1

devreleri internet yönlendiricilerini birbirine bağlamak, veri trafiğini merkezi bir ofise getirmek veya multimedya sunucuları merkezi bir ofise getirmek gibi birçok uygulama için kullanılmaktadır.

T1/E1 devreleri, 24 ya da 30 ses hatlarını merkezi bir ofisten gelen iki adet bakır hat (çift hat) üzerinde yoğunlaştıran ve böylece bakır hatlardan tasarruf eden ve erişim noktası ile abone arasındaki uzaklığı azaltan DLC (Digital Loop Carrier) sistemlerini beslerler.

T1/E1 devreleri kişisel kullanıcılar için çok uygun bir servis değildir. Bu işaretler genellikle sistemlerin kendi içerisindeki işaretleşmelerinde ya da HDSL modemlerle bakır çiftlerden kazanç sağlamak amacıyla kullanılırlar. Ancak, abonelerin yüksek hızlı veri transfer talepleri olmakta veri iletişimde asimetrik bir transfer ihtiyacı doğmaktadır. Veri transferi downstream T1 ya da E1'den çok yüksek, upstream hızı ise daha küçük değerlerde olmaktadır. Bunun için genelde ev kullanıcıları için; verilerin ADSL, VDSL ya da kablo TV hatlarına kurulacak kablolu Tv modemleri üzerinden taşınması daha uygun ve optimal olmaktadır. Bu amaçla DSL teknolojileri ihtiyaca göre çeşitlilik arz etmektedir.

## 5. DSL TEKNOLOJİSİ ÇEŞİTLERİ

Asimetrik Sayısal Abone Hattı (ADSL), 1.1 MHz' e kadarki spektrumu kullanırken, Çok Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı (VDSL), 30 MHz' e kadar ki kısmını kullanmakta olup; ISDN ve Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı (HDSL) simetrik veri hızları (iki yönde de eşit hızlar) sunmaktadırlar. ADSL teknolojisi ile çalışan modemleri, belirli bir yönde daha büyük oranda data akışı sağlayan asimetrik hızlar için tasarlanmıştır. VDSL modemler ise simetrik ya da asimetrik tarzlarda çalışabilmektedir.

### 5.1 Asimetrik Sayısal Abone hattı (ADSL)

Asimetrik tabanlı yüksek hızlı data sağlayan bir teknolojidir. Tipik olarak bir bakır kablo, tek yönde büyük bir miktar data ve diğer yöne küçük bir miktar data göndermek için kullanılır. Kesinlikle 2Mb/s 'nin üzerinde hız için kullanılır.

HDSL'den sonra gelen ADSL, tamamen ev kullanıcıları için düşünülmüştür. ADSL'in asimetrik yapısı sayesinde; aboneye doğru daha hızlı ancak ters yönde daha az bir veri akışı gerçekleşir.

Sayısal Abone Servisleri için uygulamalar asimetriktir. Video on demand, evden alışveriş, internet erişimi, uzak LAN erişimi, multimedya erişimi gibi hizmetlerin hepsi aşağı yönde yüksek veri hızı taleplerini belirtir. Örneğin, simüle edilmiş MPEG filmleri aşağı doğru akışta 1.5 ya da 3 Mbps gerektirir. Yukarı doğru ise 64 kbps'den fazla olmadan yeterlidir.

Mesafe	Hız
5.5 Km	1.544 Mbps (T1)
4.8 Km	2.048 Mbps (E1)
3.6 Km	6.312 Mbps (DS2)
2.7 Km	8.448 Mbps

Tablo : ADSL'de Hız Mesafe İlişkisi

ADSL'nin uzaklığa bağlı olarak değişen aşağı yönde bir hız menzili vardır. Yukarı doğru (aboneden veri kaynağına doğru) veri hızı 16 kbps ile 640 kbps arasında değişir. Veri kaynağından aboneye doğru ise minimum 1.544/2.048 Mbps'den başlamak ve 9 Mbit/s hızla veri transferi yapan düzenlemeler mevcuttur. Bu düzenlemelerin hepsi POTS üzerindeki bir frekans bandında çalışırlar ve bir abone ADSL modemi devre dışı bıraksa bile POTS servisi bağımsız olarak çalışır.

ADSL sayısal olarak sıkıştırılmış video iletimi gerçekleştirdiğinden, yaptığı diğer işlemlerin yanında, video sinyalleri üzerindeki gürültü etkisini azaltmayı amaçlayan hata düzeltme yeteneklerini de kapsar. Bu hata düzeltme işlemi (error correction) LAN ve IP tabanlı veri haberleşmesi uygulamaları için çok fazla bir rakam olan yaklaşık 20 milisaniyelik bir gecikmeyi beraberinde getirir. Bu nedenle ADSL hata düzeltmeyi uygulayıp uygulamamak için ne tür bir sinyalin geçtiğini bilmelidir.

## 5.2 ADSL-Lite

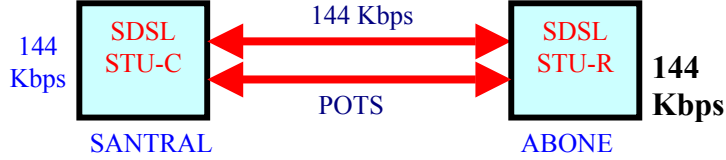
ADSL, 1995 yılında standartlaştırılmıştır. Bir yönde 6-8 Mbit/s hıza kadar iletim yaparken diğer yönde 640 Kbit/s ile 1 Mbit/s arasında iletim sağlayabilmektedir. Başlangıçta hızla büyüyen video-on-demand pazarı için tasarlanan bu teknoloji hızlı internet erişimi için çok başarılı biçimde uyarlanmıştır. ADSL' in hızlı internet erişimine uyumlandırılması sonucu yeni uyarlamaya yeni bir isim arayışı doğmuş ve ADSL-Lite ismi ortaya çıkmıştır. ADSL-Lite 1.5 Mbit/s civarında hızlar ile sınırlandırılmaktadır.

## 5.3 SDSL (Symmetric DSL)

2 Mb/s data aktarım hızına sahip olup genelde kiralık hatlar için kullanılır. Simetrik bir veri transferinin gerçekleşmesinde bu tür modemlere ihtiyaç duyulur.

SDSL; tek twisted pair üzerinden T1 ve E1 sinyalleri gönderen ve çoğu durumlarda tek hat üzerinden POTS ve T1/E1'i destekleyen ve HDSL'in tek hat versiyonu olan bir sistemdir.

SDSL, HDSL ile kıyaslandığında tek bir telefon hattı ile tesis edilmiş ev kullanıcıları için daha uygundur. SDSL; simetrik erişim gerektiren uygulamalar için arzu edilir. Ancak SDSL 3 Km'den daha öteye gidemez. Bu da ADSL'nin 6 Mbps'nin üzerindeki oranlarla ulaştığı bir mesafedir.

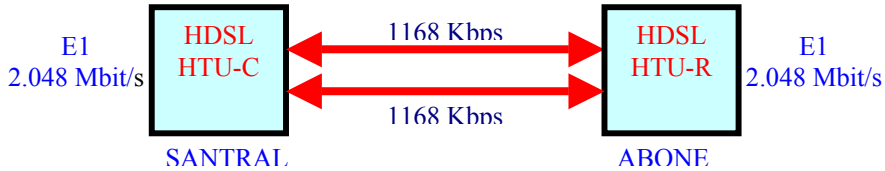


Şekil 4: SDSL İletim Yapısı

#### 5.4 HDSL (High Speed Symmetric DSL)

xDSL teknolojilerinin en eskisi HDSL' dir. Simetrik olarak 2 Mbit/s' e kadar simetrik bir iletim sağlayabilmektedir. Başlangıçta 1993'te, üç çift bakır hat kullanılarak 30 aboneye dar bant erişim sağlamak amacıyla bu teknoloji ortaya çıkmıştır.

HDSL basitçe, 2 adet twisted pair üzerinden T1 veya E1 hızlarında, simetrik yani her iki yönde aynı hızla veri iletimin daha iyi bir yoludur. Daha az bant genişliği kullanır ve repeater gerektirmez. Daha gelişmiş modülasyon teknikleri kullanarak, 1.5 MHz'den başkaca spesifik tekniklere dayanarak 80 KHz'den 240 KHz'e kadar değişen T1(1.544 Mbps) yada E1(2.048 Mbps) hızlarında veri iletimi yapar. HDSL; 3.5 km'lik hatlar üzerinden bu hızları gerçekleştirir .



Şekil 3: HDSL İletim Yapısı (dual-duplex)

Kullanılan bakır çift sayısını düşürmek amacıyla 784kbit/s hızla iletme başlanmış daha sonraki bir aşamada ise bir çift bakır hattın 2Mbit/s'lik bir hızın geçirilmesi başarılmıştır. Günümüzde kiralık hatlar vasıtası ile GSM'de baz istasyonların birbiri arasındaki 2Mbit/s'lik bağlantılarda ve darbantta ise mevcut bakır çiftlerden maksimum aboneye 64kbit/s'lik ses kanalının sağlanmasında sıkça kullanılmaktadır. HDSL modemler transmisyon parametreleri sınırda olan bakır devreler üzerinde bile başarılı bir şekilde çalışmaktadır.

#### 5.6 VDSL (Very High Speed DSL)

VDSL, klasik hatlar üzerinden çok yüksek hızlarda veri iletimi sağlayan en son ve en iddialı teknolojidir. Simetrik yapıda 20 Mbit/s üzerinde hızlar mümkün olmakta ve asimetric olarak 52 Mbit/s hızına ulaşabilmektedir. VDSL hem kısa erişimli simetrik hem de uzun erişimli asimetric çalışma olanağını sunabilmektedir. Yüksek kapasiteli kiralık hat ve geniş bantlı hizmetler için kullanılır.

VDSL hayata VADSL olarak adlandırılarak başladı, çünkü; VDSL ADSL'den daha yüksek veri hızlarında ancak daha kısa hatlar üzerinde asimetrik bir veri iletimi sağlar. Henüz VDSL için genel bir standart olmamasına rağmen, tartışmalar aşağıdaki hızlar etrafında odaklanmıştır.

Hız	Mesafe
12.96 Mbps	1.4 km
25.82 Mbps	900 m
51.84 Mbps	300 m

Tablo 2: VDSL'de Hız Mesafe İlişkisi

Aşağı yöndeki hız oranları, 1.6 Mbps ile 2.3 Mbps arasında değişen bir sınır içindedir. VDSL'in hiçbir zaman simetrik olmayacağı düşüncesi bulunmaktadır. Ancak hat uzunluğu tehlikeye atılacak ta olsa, tam simetrik bir VDSL'in oluşturulabileceği düşünülmektedir.

Birçok yönden VDSL, ADSL'den daha basittir. Daha kısa hatlar ve çok daha az iletim sınırlamaları getirmektedir. Böylece on kez daha hızlı olmasına rağmen temel alıcı verici devresi çok daha az kompleks olmaktadır. VDSL, ADSL üzerine konan birçok şartların önünü keserek sadece ATM şebeke mimarisini hedef alırken pasif şebeke sonlandırmalarına izin verir. Böylece bir kullanıcının aynı hatta birden fazla VDSL modemini bağlanmasına imkan sağlar.

Ancak daha yakından incelendiğinde durum karmaşıklaşır. VDSL, ADSL'den istenen alıcı verici fonksiyonlarının en zorlayıcısı olan hata düzeltme işlemini yapmalıdır. Kamu anahtarlama şebekeleri henüz yaygınlaşmadığından ve yaygınlaşması bir hayli zaman alacağından, VDSL'in devre anahtarlama ve paket anahtarlama trafiğini iletmesi gerekecektir.

VDSL, 1995 haziranında ETSI; T1E1.4'ün avrupalı karşılığı olan VDSL'yi resmi ad olarak seçene kadar VADSL, BDSL, hatta ADSL olarak adlandırılmıştır

## 5.6 Karşılaştırmalı Veri İndirme Başarımları

Birbirlerine göre veri yeteneklerini inceleyebilmek için bu değerler, gerçek zamanlar olarak aşağıdaki tabloda görülmektedir. Tabloda, iyi durumdaki bir hat üzerinden 90 saniyelik bir video görüntüsünü (10 Mbytes) indirmek için her bir xDSL teknolojisinin gerektirdiği zamanlar gösterilmektedir.

Teknoloji	10 Mb veri aktarım süresi
Analog modem	46 dakika
Sayısal modem	23 dakika
ISDN	10 dakika
ADSL-Lite	1 dakikanın altında

## 6.DSL TEKNOLOJİSİNİN KULLANIM ALANI VE AVANTAJLARI

xDSL teknolojisinin iş dünyasına sunduğu genişbant olanaklarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

### 6.1 Kullanım Alanları

- Geniş alanda şirket içi iletişim.
- İnternetle ilgili hizmetlere genişbant erişimi.
- Diğer şirketlerle hızlı iletişim.
- Hızla gelişen ve çok büyük hacimlere erişmesi beklenen elektronik ticaret.
- Eğitim, öğretim.
- Bantgenişliği konusunda hassas, kendine özgü uygulamaların sağlanması.
- Çalışanların evlerinden iş görmelerini sağlayacak hizmetler (Home-Office uygulamaları).

DSL teknolojileri; santraller arasında PCM (Pulse Code Modulation) trunk hatlarında, modem hızından daha hızlı iletişime ihtiyaç duyulan sistemlerde, videokonferans hizmetlerinin sunulmasında, GSM baz istasyonlarında, internet erişimlerinde ve kampüs bölgelerinde kullanılabilir.

DSL ürünlerinin en belirgin faydası, veri hızı ve kullanılan donanım maliyetinin yapılan işe oranla son derece düşük olmasıdır. Hız karşılaştırması yapıldığında, bugünün en hızlı analog modeminden 200 defa daha hızlı erişim sağlamak mümkündür.

### 6.2 DSL Teknolojisinin avantajları ;

- Dünya üzerinde kurulu 800.000' dan fazla lokal santral bölgesinde Telefon kullanımı için mevcut bakır altyapıyı kullanması, Ekstra altyapı yatırımı gerektirmemesi,
- Veri iletiminde, çok yüksek band genişliği sağlaması,
- Sinyalizasyonda özel bir digital kodlama kullanması, ( voice için 4 kHz olan standart, DSL de 1.2 MHz' e ulaşmaktadır )
- İletişim Teknolojisinde kullanılan varolan ve yeni çıkabilecek hizmetlerin DSL üzerinde uygulanabilmesi,
- Kullanılan donanımların aynı servisi sağlamada kullanılan diğer donanımlarla karşılaştırmalı belirgin maliyet avantajına sahip olması.

## 7. DSL TEKNOLOJİSİNİN DİĞER TEKNOLOJİLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Birçok internet kullanıcısı, standart telefon hatları üzerinden internete dial-up olarak bağlanmaktadır. Normal modemler dijital bilgiyi analog sinyale ve tekrar alıcı uçta dijitalle çevirirler. Bu noktada modemlerin birçok problemleri vardır. Öncelikle yavaşlırlar. Frekans, uzaklık ve sinyal gücü arasındaki ilişkiden dolayı modemlerin performansları oldukça düşüktür.

Mevcut telefon şirketleri, standartları verilen bir sinyal gücünde ve voltajda sadece belirli bir frekans alanının iletilmesine izin vermektedir. Bu da normal telefon hatları için bir sınırlamadır. Bu noktada DSL tüm bu sınırları ortadan kaldırmaktadır.

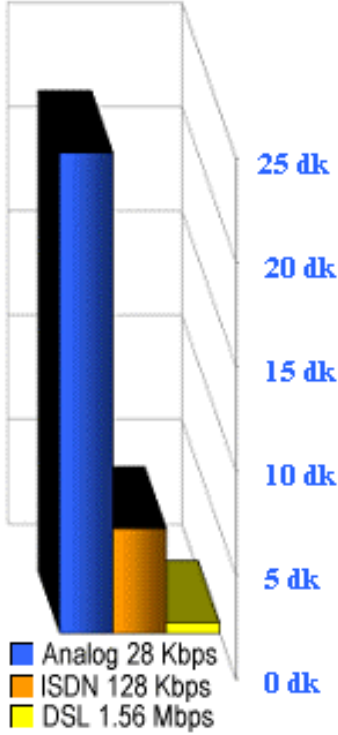
Modemler aynı zamanda telefon hatlarının performanssız bir şekilde kullanımı demektir. Örneğin, bir web sayfası indirildiğinde indirme aşamasında internet bağlantısı kullanılır ancak sayfayı okuma anında bağlantı kullanılmaz. Modem hattı meşgul ettiği için hat başka kimse tarafından da kullanılamaz. Bu durum standart analog telefon hatlarının devre anahtarlamalı yapıda olmasından kaynaklanır. Devre anahtarlama yapısı, sessizliğin bir anlamı olduğu sesli görüşmelerde bir anlam ifade eder. Fakat sessizliğin hiçbir anlam ifade etmediği internet kullanımında ise bir israf olarak karşımıza çıkmaktadır.

Klasik modemler ile iletişim için karşı modemin tuşlanması gerekir. Bu işlemin ne kadar sıkıcı ve zaman kaybına neden olduğu, interneti gecikmeksizin sürekli ulaşılabilir kılan tahsisli bir bağlantı (Lease Line) kullanımına geçildiğinde anlaşılır.

ISDN (Integrated Services Digital Network- Tümleşik Servisler Sayısal Şebekesi) ise modemlerin yüzyüze kaldığı problemlerin sadece birini çözer. Gerçek dijital bağlantılar

kurarak daha yüksek bir iletim yapılmasını sağlar. Örneğin ISDN BRI, bir ya da iki B taşıyıcı kanal kullanılmasına ve kullanıcının bulunduğu konuma göre 56 Kbps, 64 Kbps, 112 Kbps ve 128 Kbps'lik bir hız sağlar. Dünyadaki bazı telefon şirketleri switch'lerine taktıkları teçhizat sayesinde ISDN hızlarını her kanal için 56 Kbps ile sınırlarlar.

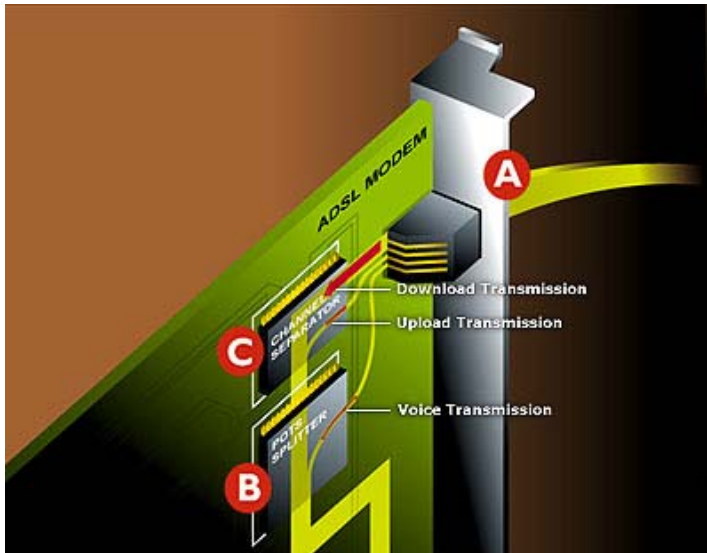
### 5 Megabyte Dosyanın Download Süresi



Ancak; ISDN hala dial-up devre anahtarlamalı bir teknolojidir. Bu özelliğinden dolayı, ISDN üzerinden yapılan bir bağlantıda hiç veri iletilmese bile tüm bağlantı meşgul edildiğinden telefon hatları üzerinde bantgenişliği boşuna israf edilmiş olur. Bunların yanında ISDN hatlarının kurulması zordur. ISDN hatları modemlerden daha hızlı bir bağlantı sağlarlar ancak; hiçbir dial-up teknolojisi her zaman mevcut hazır olan bir bağlantı kadar seri olamaz.

Tüm bu olumsuzluklar ancak DSL'e geçmekle çözülebilir. DSL teknolojileri şu anda normal telefon hatları üzerinde çalışır. Dolayısıyla yeni bir hat çekmeye gerek olmayacaktır. Bu da DSL'in sağladığı en önemli avantajlardan biridir. DSL aynı hat üzerinden aynı anda ses ve veri transmisyonunu destekler. Örneğin; internete bağlıyken aynı anda telefon görüşmeleri de yapılabilir.

Standart ADSL'de ses ve veri kısmını ayırmak için kullanıcı tarafına bir ayırıcı (splitter) yerleştirilmesi gerekmekteydi bu da ek bir masraf gerektireceğinden bu dezavantaj Universal ADSL ile ortadan kaldırılmıştır.



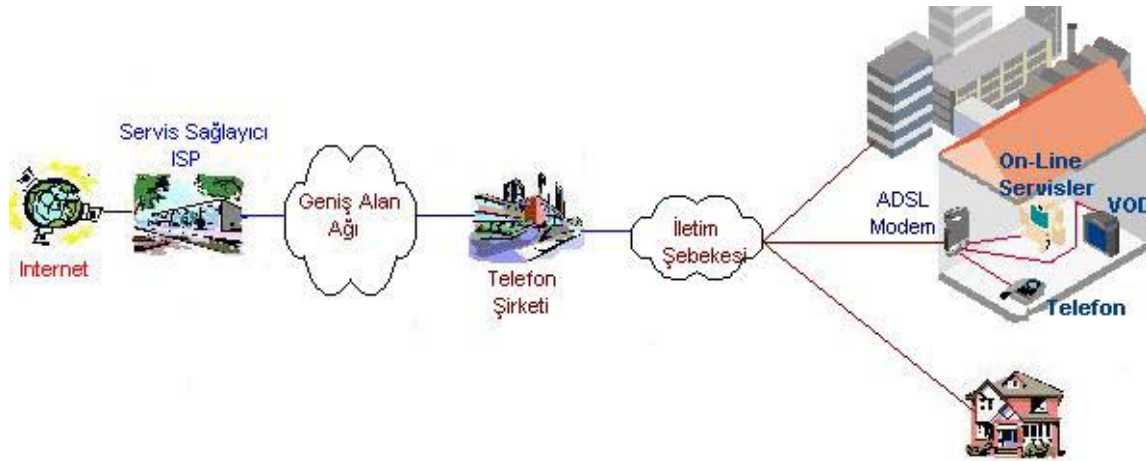
ADSL'in ses ve veri iletimini desteklemesi yanında sürekli bir bağlantı da sağlar. Böylece, dial-up bağlantılarda karşı modemin aranması sırasındaki zaman kayıpları önlenmiş olur. Sürekli bir bağlantının uygunluğunun yanısıra, bir mesaj göndermek, telefon ya da video görüşmesi başlatmak için uygun ortamı sağlamasından dolayı

ADSL bağlantıları interaktif internet servislerini artıracaktır.

ADSL'in veri kısmı gerçek bir paket anahtarlama bağlantısıdır. Bir ADSL bağlantısı telefon şirketinin merkez ofisinde son bulduğunda ses sinyali veri sinyalinden ayrılır. Ses sinyali devre anahtarlama (circuit switched) şebekeye yönlendirilir. Veri sinyali ise yüksek hızlı paket anahtarlama (packed switched) şebekesine yönlendirilir. Kısacası, ADSL bağlantısı aynı bakır çifti üzerinden ilave bir servis sağlamakla kalmaz, telefon şirketinin veri şebekesini uygun bir şekilde kullanma tavrı sergiler. ADSL'ye geçen kullanıcılar normal telefon hatlarını geri verebileceğinden bu alt yapı başka hizmetlerde kullanılabilir.

ADSL uzaklığa uyumlu bir hız gösterir. Yani, merkez ofise daha yakın olan kullanıcıyla daha uzak olan kullanıcı için aynı hızları desteklemez.

Normal telefon görüşmeleri 4 KHz'in altındaki frekanslarda çalışır. ADSL ise bunun üzerindeki frekansları kullanır. Dolayısıyla normal telefon görüşmeleri sırasında mevcut olan bantgenişliği etkilenmez.



**Şekil 5** ADSL Teknolojisinde Verinin Takip Ettiği Yol

ADSL servisleri asimetriktir. Yani veri alımı ve veri gönderimi aynı hızlarda değildir. Örneğin bir ADSL formu 1.5 Mbps ile veri alabilirken, 640 Kbps hız ile veri gönderebilir. ADSL'in asimetrik yapısı internet ya da benzer veri kaynaklarına ulaşım tek yönde veri aktarımı yapmak isteyen aboneler için oldukça elverişli bir ortam sağlar. Bu 1.5 Mbps'lik veri alma hızı normal modemle internete bağlıyken web sayfalarının indirilme hızını yaklaşık 30 kat daha hızlı bir hale getirecektir. 640 Kbps'lik veri gönderme hızı ise basit sorgulama bilgilerinin gönderilmesinde ve masaüstü videokonferans sistemlerinde oldukça iyi bir performans sağlayacaktır.

Her ADSL kullanıcılarının kendi tahsisli bakır hattı olduğundan komşu kullanıcılardan dolayı bantgenişliği etkilenmez. Böylece; ortak bir koaksiyel kablo şebekesi kullanan kullanıcıların olmasından dolayı her kullanıcıya mevcut olan kapasitenin paylaşıldığı bir kablo modemin dezavantajı ADSL'de sözkonusu değildir. Sonuç olarak; Bakır Hatların Sayısallaştırılmasından ortaya çıkan ve Türkiye'de halen sınırlı sayıda merkezde hizmete sunulan DSL, iletişim teknolojilerine önemli bir boyut getirecek gibi görülmektedir.



## 7. TÜRKİYE' DE KULLANIM İMKANLARI

Genel olarak bakıldığında Türkiye öncelikli kullanım alanları belirtilmektedir. Bir çok MultiDSL bağlantı da şu an kullanımda olup, müşteri memnuniyeti maksimum düzeydedir.

1. İnternet servis sağlayıcılar; Bu grupta Dünya' da da çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kullanıcı tarafında yapılan daha yüksek band genişliği talebini makul maliyetlerde karşılaması maksadıyla rahatlıkla kullanılabilir. Türkiye içinde DSL kullanımını öncelikle kurumsal bağlantılar için tercih edildiği fiilen gözlemlenen bir durumdur. Bu bağlantının üç faydası olacaktır;

- Kullanıcı tarafında kullanılan donanım ve erişim maliyetlerinin ciddi ölçüde azalıp, karar verildikten sonra Data alt yapı problemlerinden etkilenmeyip son derece hızlı bir biçimde bağlantının kullanıma alınması,
- ISP tarafında müşteri talebine hızlı, düşük maliyetli ve ekstra servislerin de ilerde verilebileceği bir alt yapıda servis verilmesi,
- Telekom tarafında ise zaten sıkışık durumda olan Data Network' üne İnternet için ekstra pahalı yatırımlar yapılmadan, mevcut değerlendirilmesi, data ana omurgasının daha yüksek hızlarda veri akışını sağlayacak şekilde geliştirilmesine yarayacaktır. (128K-7 Mbp/s).

2. Kampüs Uygulamaları; pahalı altyapı ( F/O ) yatırımları yapılmadan, binaların yüksek hızlı birbirine bağlanmasında rahatlıkla kullanılabilen bir uygulamadır.

Özellikle Üniversite Kampüsleri, Lojman Bölgeleri gibi yerlerde bir çok kullanım alanı vardır.

3. Telekom tarafından ISDN Santral yatırımının yapılmadığı / yapılamadığı bölgelerde kullanılabilir. Port maliyetinin çok düşük olması, hızlı, çok kısa sürede tesis imkanının bulunması önemli bir avantajdır.

4. İnteraktif TV uygulamaları; özellikle yüksek yatırım gerektiren kablolu TV altyapısı yerine çok daha ucuz biçimde ve hemen uygulamaya alınabilecek bir alternatiftir. Video on Demand için de ayrıca çok ciddi bir alternatiftir.

5. İş yerleri ve toplu konut alanları; Özellikle DSL' in hedef kitleleri arasında yer alan bu yerlerde, kullanıcıya, bir çift tel üzerinden en az iki telefon hattı, hızlı data erişimi ve Public Data Networklerine direkt bağlantı ( örneğin FR ) olanakları sağlamak mümkündür.

6. Özellikle PSTN şebekenin rekabete açılmasında kullanılacak önemli bir parametredir. Yerel Döngünün kullanıma açılması uygulamaları ile mevcut işletmeciyeye alternatif işletmecilerin ve hizmet çeşitlerinin sunulmasında önemli bir etkinliğe sahiptir.



## **KAYNAKLAR:**

- 1. Bilgisayar Ağları  
Veri İletişimi- Yerel Geniş Ağlar İnternet Teknolojileri  
Doç.Dr.Nazife BAYKAL**
- 2. xDSL Technology**
- 3. Technical Report TR-005  
ADSL Network Element Management  
March 1998**
- 4. DSL Teknolojisiyle Hızlı Veri Transferi  
Doç.Dr. Mustafa ALKAN, Öğr.Gör.Hakan TEKEDERE**
- 5. DSL Teknolojileri Kullanılarak Band Genişliği ve Veri İletiminde Kapasite Artırımı  
Doç.Dr. Mustafa ALKAN,  
Öğr.Gör.Hakan TEKEDERE,  
Öğr.Gör.Özgür GENÇ**