



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

XDSL (Digital Subscriber Line) SİSTEMLERİNİN KİYASLANMASI

DURDU YÜCEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAHRAMANMARAŞ
Eylül - 2005

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

XDSL (Digital Subscriber Line) SİSTEMLERİNİN KIYASLANMASI

DURDU YÜCEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

**Bu Tez 26/09/2005 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.**

.....
Yrd. Doç. Dr. Şaban ERGÜN Danışman	Doç. Dr. Özer ÇINAR Üye	Yrd. Doç. Dr. Abdülhamit SUBAŞI Üye

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Özden GÖRÜCÜ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma herhangi bir kuruluş tarafından desteklenmemiştir.
Proje No:

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER**SAYFA**

İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
ÖNSÖZ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ...	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Telekomünikasyon alt yapısı.....	2
1.2. Genişbant (Broadband).....	3
1.3. Ağ Tanımı.....	3
1.4. İnternet Erişimi ve TCP/IP	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
2.1. Veri İletiminin tarihsel gelişimi.....	6
2.2. Konu İle İlgili Daha Önceki Çalışmalar	7
3. MATERYAL VE METOT	8
3.1. Materyal	8
3.1. Veri İletiminde Seri Haberleşme.....	8
3.1.2. TDM (Time Division Multiplex – Zaman Bölmeli Çoklama).....	10
3.1.3. ISDN (Integrated Services Digital Network).....	10
3.1.4. X.25 Servisi.....	11
3.1.5. Frame Relay.....	11
3.1.6. ATM (Asynchronous Transfer Mode - Eşzamansız Aktarım Modu).....	14
3.1.6.1. ATM Bağlantı Arayüzleri (UNI ve NNI)	14
3.1.6.2. Sanal Devreler (Virtual Circuit) Sanal Yol ve Sanal Kanal	16
3.1.6.3. ATM Katmanları	17
3.1.6.4. ATM Hizmet Sınıfları	18
3.1.7. XDSL Erişiminde Kullanılan Temel Cihazlar	19
3.1.8. XDSL Erişiminde Kullanılan Cihazların Bağlantı Noktaları	21
3.1.9. XDSL Erişiminde adımlar	22
3.1.10. XDSL Çeşitleri	23
3.1.10.1. IDSL (ISDN – DSL).....	24
3.1.10.2. HDSL (High-bit-rate DSL - Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı).....	24
3.1.10.3. SDSL (Symmetric DSL-Tek Hat Sayısal Abone Hattı).....	26
3.1.10.4. VDSL (Very high-bit-rate DSL-Çok Yüksek Hızlı DSL).....	26
3.1.10.5. ADSL (Asymmetric DSL-Asimetrik Sayısal Abone Hattı).....	27
3.2. Metot	29
3.2.1. XDSL Ağ Teknolojisi	29
3.2.2. Uygulamalara Göre Bant Genişliği İhtiyaçları	30
3.2.3. Bant Genişliğini Sınırlayan Etkenler	31
3.2.3.1. Kanal Zayıflamalarını Etkileyen Faktörler	32
3.2.3.2. Yüksek Hızdaki İletimi Zorlaştıran Faktörler	32
3.2.3.3. TCP/IP Protokolü nedeniyle İnternetteki gecikmeler	35
3.2.4. ADSL Çalışması	35

3.2.5. ADSL Modülasyon Teknikleri.....	36
3.2.5.1. DMT (Discrete Multi Tone Coding) Modülasyonu	37
3.2.5.2. QAM Karesel Genlik Modülasyonu	39
3.2.5.3. CAP Taşıyıcısız Genlik / Faz Modülasyonu.....	41
3.2.5.4. ADSL Çerçeve Yapısı	41
3.2.5.5. DMT ile QAM/CAP Modülasyonlarının Karşılaştırılması.....	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1. Teknolojilerin Karşılaştırılması	44
4.1.1. X.25 Frame Relay ATM ve TDM Karşılaştırılması	44
4.1.2. XDSL ile Diğer Teknolojilerin Karşılaştırılması	45
4.1.3. Teknolojilerin Avantaj ve Dezavantajları	49
4.1.3.1. Dial-up Telefon Hatları Avantaj ve Dezavantajları	49
4.1.3.2. Noktadan-Noktaya kiralık hatlar Avantaj ve Dezavantajları	49
4.1.3.3. X.25 Servisleri Avantaj ve Dezavantajları	49
4.1.3.4. Frame Relay Avantaj ve Dezavantajları	49
4.1.3.5. ATM Avantaj ve Dezavantajları	49
4.1.3.6. XDSL (Digital Subscriber Line) Avantaj ve Dezavantajları	50
4.2. ADSL ile Sağlanabilecek Hizmetler	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	54

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

XDSL (Digital Subscriber Line) SİSTEMLERİNİN KİYASLANMASI

DURDU YÜCEL

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Şaban ERGÜN

Yıl: 2005 Sayfa: 54

**Jüri : Yrd. Doç. Dr. Şaban ERGÜN
: Doç. Dr. Özer ÇINAR
: Yrd. Doç. Dr. Abdülhamit SUBAŞI**

Bu çalışmada, xDSL (Digital Subscriber Line) ve bilhassa DSL ailesinden ADSL diğer iletişim ve erişim teknolojileriyle çeşitli yönlerden kıyaslanmıştır. xDSL Teknolojilerinde karışık kodlama ve modülasyon teknikleri kullanılarak bakır kablonun taşıma kapasitesinden azami olarak istifade edilmiştir.

Günümüzde, bilgisayar ağları üzerinden iletilmesi gereken verinin miktar ve hacmi büyük ölçüde artmıştır. İletilmesi gereken bu bilgiler için çeşitli veri haberleşme teknolojileri mevcuttur. Uç kullanıcılara geniş bantlı erişim imkanı sunan xDSL sistemleri; donanım ve yatırım maliyetinin az olması, süreklilik ve yüksek bant genişliği gerektiren birçok uygulamaya uygunluğu ile mevcut bakır alt yapıyı kullanması cihetiyle iletişim teknolojileri içerisinde en yaygındır.

Anahtar Kelimeler: xDSL, ADSL, Sayısal Müşteri Hattı, İletişim Teknolojileri

**UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING**

MSc THESIS

ABSTRACT

COMPARISON OF XDSL (Digital Subscriber Line) SYSTEMS

DURDU YÜCEL

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şaban ERGÜN

Year: 2005 Pages: 54

**Jury : Assist. Prof. Dr. Şaban ERGÜN
: Assoc. Prof. Dr. Özer ÇINAR
: Assist. Prof. Dr. Abdülhamit SUBAŞI**

In this study, xDSL (Digital Subscriber Line), especially ADSL (which is a member family of XDSL) is compared with other telecommunication access technologies. xDSL technologies has benefit capacity of transport by using miscellaneous coding and modulation techniques.

Today, amount of data and volume of data which are transmitted over computer networks have been increased anomalously. To relay this data, there are many data communication technologies . The XDSL systems are the most common among communication systems using copper infrastructure lines because their supplies cost and investment quantity are cheap. Beside this, they offer wide bandwidth access to users.

Keywords: XDSL, ADSL, Digital Subscriber Line, Telecommunication technologies

ÖNSÖZ

Bakır telefon hatları üzerinden bir modem ve ayırıcı (splitter) aracılığı ile bağlanarak hızlı veri iletimini sağlayan xDSL (Digital Subscriber Line – Sayısal Müşteri Hattı) teknolojileri diğer geniş bant erişim teknolojileri arasında en yaygın olanıdır. xDSL aynı hat üzerinden aynı anda ses ve veri iletimini desteklemektedir.

Bu çalışmada, Veri Haberleşme teknikleri ve iletişim alt yapısını oluşturan günümüz teknolojileri incelenmiş ve en yaygın kullanılan sistemler tanıtılmış ve xDSL sistemleri diğer iletişim teknolojileri ile çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Şaban ERGÜN’e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma yaptığım alandaki yabancı kaynakların çevirisinde, yorumlanmasında bana destek sağlayan arkadaşlarıma teşekkürlerimi iletirim.

Eylül 2005
KAHRAMANMARAŞ

DURDU YÜCEL

ÇİZELGELER DİZİNİ

	SAYFA
Çizelge 3.1. Frame Relay DLCI değerleri	12
Çizelge 3.2. ATM hizmet sınıfları.....	19
Çizelge 3.3. XDSL Çeşitleri ve Hızları	23
Çizelge 3.4. VDSL de hız mesafe ilişkisi	26
Çizelge 3.5. ADSL de Hız - Mesafe (0.5 mm Kablo)	28
Çizelge 3.6. Hizmet çeşitleri ve hız ihtiyaçları	30
Çizelge 3.7. ADSL de kablo çapı ve mesafeye göre veri hızları	35
Çizelge 3.8. Gerekli Sinyal / Gürültü oranları	40
Çizelge 4.1. ADSL download hızının diğer erişimler ile karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.2. Dial-up ve ISDN kontör atış periyoduna göre saatlık ücretler	47
Çizelge 4.3. Dial-up ve ISDN aylık paket ücretleri	48
Çizelge 4.4. Frame Relay internet erişim ücreti	48
Çizelge 4.5. ADSL internet erişim ücreti	48
Çizelge 4.6. Günlük erişim sürelerine göre aylık internet erişim maliyetleri	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

	SAYFA
Şekil 1.1. Telekomünikasyon sisteminin ana unsurları.....	2
Şekil 1.2. İnternet erişim çeşitleri	4
Şekil 3.1. Sayısal seri haberleşmede veri akışı	8
Şekil 3.2. Bilgisayar ile modem arasındaki iletişimin başlaması	9
Şekil 3.3. ISDN Hat - TA bağlantı yapısı	10
Şekil 3.4. Frame Relay da çerçeve formatı	12
Şekil 3.5. Frame Relay adreslemesi.....	13
Şekil 3.6. ATM başlık yapısı UNI formatı	15
Şekil 3.7. ATM başlık yapısı NNI formatı	15
Şekil 3.8. Sanal Yol ve Sanal Kanallar.....	16
Şekil 3.9. ATM hücre işlemleri	17
Şekil 3.10. ATM katmanları	18
Şekil 3.11. XDSL erişiminde kullanılan temel cihazlar	20
Şekil 3.12. XDSL erişiminde CPE ile DSLAM bağlantı noktaları	21
Şekil 3.13. XDSL erişiminde DSLAM ile ATM switch bağlantısı	22
Şekil 3.14. XDSL erişimindeki adımlar	23
Şekil 3.15. XDSL ağının genel şeması	24
Şekil 3.16. IDSL şematik gösterimi	25
Şekil 3.17. SDSL şematik gösterimi	26
Şekil 3.18. VDSL şematik gösterimi	27
Şekil 3.19. ADSL şematik gösterimi	28
Şekil 3.20. ADSL frekans aralığı	29
Şekil 3.21. Servislerin band genişliği ihtiyaçları	31
Şekil 3.22. Mesafe ve frekansa göre kablo (0.5 mm) kayıpları	32
Şekil 3.23. Yakın uç etkileşimi (NEXT), uzak uç etkileşimi (FEXT)	33
Şekil 3.24. Frekansa göre (Kablo 0.4mm) yakın uç etkileşimi	34
Şekil 3.25. Frekansa göre (Kablo 0.4mm) uzak uç etkileşimi	34
Şekil 3.26. ADSL de FDM ile kanal oluşturma	36
Şekil 3.27. ADSL de Echo Cancellation ile kanal oluşturma	36
Şekil 3.28. DMT frekans spektrumu	37
Şekil 3.29. DMT modem blok diyagramı	38
Şekil 3.30. Tekrarlı örnek blok diyagramı	39
Şekil 3.31. QAM-4 takımyıldızı	40
Şekil 3.32. QAM-32 takımyıldızı	40
Şekil 3.33. ADSL de kullanılan superframe yapısı	42
Şekil 4.1. ADSL ve diğer erişim teknolojileri bant genişlikleri	47

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAA	: Authentication, Authorization ve Accounting
AAL	: ATM adaptasyon katmanı
ABR	: Available Bit Rate
ADSL	: Asymmetric digital subscriber line
ANSI	: American National Standards Institute
ARPA	: Advanced Research Projects Agency
ATM	: Asynchronous Transfer Mode
CAP	: Carrierless Amplitude Phase Modulation
CBR	: Continuous Bit Rate
CIR	: Committed Information Rate
CLP	: Cell Loss Priority
CPCS	: The Common Part Convergence Sublayer
CPE	: Customer Premises Equipment
CRC	: Cyclic Redundancy Check
CS	: Convergence Sublayer
CSA	: Carrier Serving Area
DCE	: Data Circuit-terminating Equipment
DLCI	: Data Link Connection Identifier
DMT	: Discrete Multi-Tone Modulation
DSLAM	: Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DTE	: Data Terminating Equipment
E1	: 2 Mbps' lik Taşıyıcı Sistem
EOC	: Embedded Operations Channel
ETSI	: European Telecommunications Standarts Institute
FCS	: Frame Check Sequence
FDM	: Frequency Division Multiplexing
FEC	: Forward Error Control
FEQ	: Frequency Equalizer
FEXT	: Far-end crosstalk
FFT	: Fast Fourier transform
FR	: Frame Relay
FRAD	: Frame Relay Access Devices
FSK	: Frequency Shift Keying
GFC	: Generic Flow Control
HDSL	: High-bit-rate DSL
HEC	: header error correct
ICI	: Inter Channel Interference
IDSL	: ISDN – DSL
IFFT	: Inverse Fast Fourier Transform
ISDN	: Integrated Services Digital Network
ISI	: Inter Symbol Interference
LAN	: Local Area Network
LVBR	: Lightweight Variable Bit-Rate
NEXT	: Near-end crosstalk
NNI	: Network to Network Interface

OAM	: Operations, Administration and Maintenance
OSI	: Open systems interconnection (7 layer model)
PAM	: Pals Pulse Amplitude Modulation
PHY	: The Physical
POTS	: Plain Old Telephone Service
PSK	: Phase Shift Keying
PSTN	: Public Switching Telephone Network
PT	: Payload Type Identifier
PVC	: Permanent Virtual Circuit
QAM	: Quadrature Amplitude Modulation
QoS	: Quality of Service
RS	: Read – Solomon
SAR	: Segmantetion and Reassembly Sublayer
SDSL	: Symmetric DSL
SNR	: Signal to Noise Ratio
SSCS	: Service-Specific Convergance Sublayer
SSG	: Service Selection Gateway
SVC	: Switched Virtual Circuit
T1	: 1,544 Mbps’lik Taşıyıcı Sistem
T3	: 28 x T1 45 Mbps
TDM	: Time Division Multiplex
TEQ	: Time Equalizer
UBR	: Unspecified Bit Rate
UNI	: User to Network Interface
UPC	: Usage Parameter Control
VBR	: Variable Bit Rate
VCi	: Virtual Channel Identifier
VDSL	: Very high-bit-rate DSL
VoDSL	: Voice over DSL
VPI	: Virtual Path Identifier
WAN	: Wide Area Network

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında hızla gelişen ve değişen teknolojiler, yeni tanımları ve yeni kavramları da beraberinde getirmiştir. Bilgi teknolojisi, iletişim teknolojisi, erişim Teknolojisi gibi kavramlar yeni teknolojilerin yeni kavramları olarak hayatımıza girmiştir. Bugünkü teknolojilerin önemli bir bölümünün bilgi teknolojisi temelli olduğu gerçeği düşünüldüğünde bilim ve teknoloji dünyasının ilgi ve faaliyet alanının büyük bir kısmını, bilgi ve iletişim teknolojilerinin oluşturduğu görülmektedir. Teknolojideki büyük gelişim, iletişim dünyasının yapısını değiştirmektedir. Artan hizmet kalitesi ve genişleyen kullanım alanı çerçevesinde, eğitim dünyası, ilköğretimden üniversiteye kadar iletişim teknolojilerinin bütün boyutlarıyla kullanıldığı yada kullanımına en çok talebin olduğu kurumlar haline gelmiş ve iletişim hizmetleri hayatın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Bu durum dolaşıma giren bilgi miktarını artırmakta ve iletişim hacmini artırmaya zorlamaktadır. Kısacası teknoloji geliştikçe bilgi artışı meydana gelmekte, bilgi artışı gerçekleştikçe de teknoloji gelişmekte yani teknik bir tabirle pozitif bir geri besleme olmaktadır.

Bilgi teknolojisi terimi, bilginin toplanması, işlenmesi ve dağıtılmasında kullanılan teknolojileri ifade etmektedir. Günümüzde bilgi temel zenginlik kaynağıdır. Gelişmenin, yeniliğin ve verimliliğin anahtarı olan bilginin üretiminde, yönetiminde, geliştirilmesinde, yayılmasında, etkili kullanımında ihtiyaç duyulan donanımlar yeni teknolojilerin doğuş sebeplerinden biridir. Bu bağlamda, bilgi toplumunda teknolojik altyapının önemli bir kesiminin iletişim donanımı ve altyapısından oluşacağını söyleyebiliriz. Bu nedenle geleceğin bilgi toplumunun esas yapısını bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin belirlediği tamamen yeni bir yapıda oluşacağı beklenmektedir.

İletişim teknolojisinin temel amacı; bilgiyi iletmek ve mevcut bilgilere en kısa yoldan, en kısa zamanda, en kapsamlı şekilde erişebilmektir. Ve bilgiyi en hızlı ve en kolay iletmek için ise iletişim teknolojileridir. Günümüzde ülkelerin kalkınmışlığı, iletişim araçlarının kullanımının yaygınlığı ve telekomünikasyon alt yapısının gelişmişliği ile ölçülmektedir.

Geniş bantlı erişimler ve şebeke alt yapısı, iletişim, bilim ve her türlü sanayinin bütün ürün ve hizmetlerinin varlığı için ön koşuldur. Bu hizmet ve ürünlerin başarısında ev kullanıcılarına yönelik uygulamalar önem taşımaktadır. Bu ise ülkenin tüm iletişim şebekesinin modernleştirilmesi, sonuç olarak her eve bilgi hizmetlerine erişim olanağının verilmesi ile gerçekleştirilebilecektir.

Bilgiye erişimden, iletilmesine kadarki zincirin her aşamasında hızlı erişim bir şekilde yer almaktadır. Erişim hizmetlerine yönelik olarak Kullanıcı Tarafındaki temel beklentiler; süreklilik, kalite, bant genişliği, ekonomi ve mobilite (hareketlilik) dir. İşletmeci ve hizmet sunucu tarafında ise; mevcut kapasitelerin etkin kullanımı, verimliliğin artırılması, işletme giderlerinin düşürülmesi, iş imkanlarının artırılması, şebeke kullanım ve boyutlandırılmasının geliştirilmesi ve geleceğe yönelik hazırlıktır.

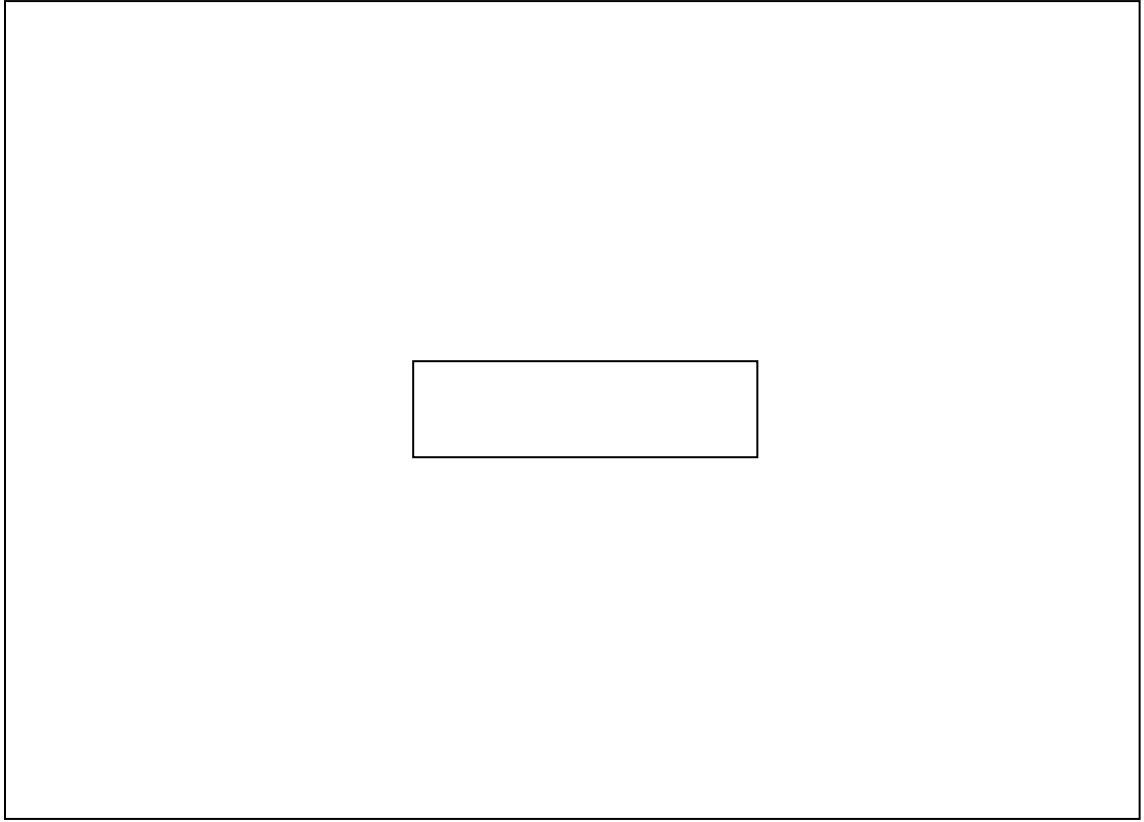
Haberleşme mühendisleri açısından servis kalitesi, bilgiyi temsil eden işaretin alıcı tarafından ‘anlaşılabilir’ biçimde iletilmesinden, bunun ‘doğruluğuna’ ve ‘miktarına’ kadar değişen özellikleri kapsamıştır.

1.1. Telekomünikasyon Alt Yapısı

Telekomünikasyon alt yapısı; üzerinden veya aracılığı ile gerçekleştirilmesini sağlayan anahtarlama ekipmanları, donanım ve yazılımları, terminaller ve hatlar da dahil olmak üzere her türlü şebeke birimleri.

Telekomünikasyon şebekesinin genel yapısı üç ana bölümden oluşur

- Santral donanımı
- Transmisyon donanımı
- Erişim sistemleri



Şekil 1.1. Telekomünikasyon sisteminin ana unsurları

Yukarıdaki Şekil 1.1’de telekomünikasyon sisteminin ana unsurları görülmektedir. Telekomünikasyon şebekesinin genel yapısı bünyesindeki ADSL, X.25, ISDN, PSTN ile gösterilen anahtarlama birimleri santral donanımını temsil etmektedir. Santral birimlerinin uzak mesafelerde birbirleri ile irtibatını sağlayan sistemlere transmisyon donanımı denmektedir. Transmisyon ortamı olarak genellikle fiber optik veya R/L üzerinden SDH sistemleri veya uydu sistemleri kullanılmaktadır. Santral donanımı ile müşteri arasındaki iletişimi sağlayan sistemlere ise erişim sistemleri adı verilmektedir. Erişim sistemleri şebekelerinde; iletim ortamı olarak bakır iletkenli kablo, fiber optik kablo, koaksiyel kablo, uydu veya kablosuz sistemler kullanılır. Santral donanımı, transmisyon donanımı, erişim sistemleri telekomünikasyon alt yapısını oluşturmaktadır.

1.2. Genişbant (Broadband)

Yüksek hızda veri transferi teknolojisinin genel adı olarak kullanılmaktadır. Geniş Bant tanımı, iki şekilde yapılmaktadır. Son kullanıcıya ulaşan altyapının belli bir hizmeti vermeye kapasitesinin ve teknolojisinin uygun olması. Örneğin; çift yönlü etkileşimli video hizmeti gibi. Diğer geniş bant tanımlaması ise, doğrudan belli bir hız eşiğine bağlanmıştır. Bu konuda, Amerikan Federal Chamber of Commerce, 200 kb/s'ı geçen tüm hızların geniş bant hizmeti sayılacağını belirtmiştir. Ancak, çoğu zaman merkeze doğru (upstream) ve müşteriye doğru (downstream) hızları simetrik olmamaktadır. Özellikle bilginin tüketildiği ev kullanıcıları erişiminde, hizmetin türü gereği, merkeze doğru upstream trafik hızı, müşteriye doğru (downstream) hızından daha yavaş olmaktadır. OECD'nin 2001 yılında yayınladığı raporunda ise, müşteriye doğru (downstream) hızının 200 kb/s'ı aşmasının, geniş bant kabul edileceği belirtilmiştir. Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde, verilen bu ölçütler önümüzdeki çok kısa bir zaman diliminde değişecektir.

Çokluortam uygulamaları; değişik veri tiplerinin (ses, video, görüntü ve yazılı metin gibi) bilgisayar ortamında birlikte kullanılmasıdır. Çokluortam verilerinin iletilmesinde aşağıdaki özellikler gerekmektedir.

- Verinin düzenli olarak kesintisiz iletilmesi,
- Etkileşimliliğin sürdürülebilmesi için gecikme belli bir değerde olması,
- İletişim altyapısının her tarafta bulunabilmesi,
- Hareket ve görüntü iletişimi için gereken bant genişliğini sağlaması,

1.3. Ağ Tanımı

Bilgisayar ağı, bilgisayar ve benzeri sayısal sistemlerin belirli bir protokol altında iletişimde bulunmasını sağlayan sistemlerdir. Protokol, iletişimin iki cihaz arasında nasıl gerçekleştirileceğini belirleyen kurallar dizisidir. Günümüzde kullandığımız Internet ortamı bir ağıdır. Ağ ne kadar büyük olursa olsun bir ağ ortamında; iletişimde bulunacak uç sistemler, arada kullanılan modem, router gibi cihazlar ve kablolama alt yapısı yani fiziksel iletişim alt yapısı kullanılmaktadır.

Ağ ortamları önce sadece veri haberleşmesi için kullanılmıştır. Günümüzde ise kullanıcılar görüntü, ses ve veri iletişimi için ağ ortamlarını kullanmaktadır. (Barkın 2003).

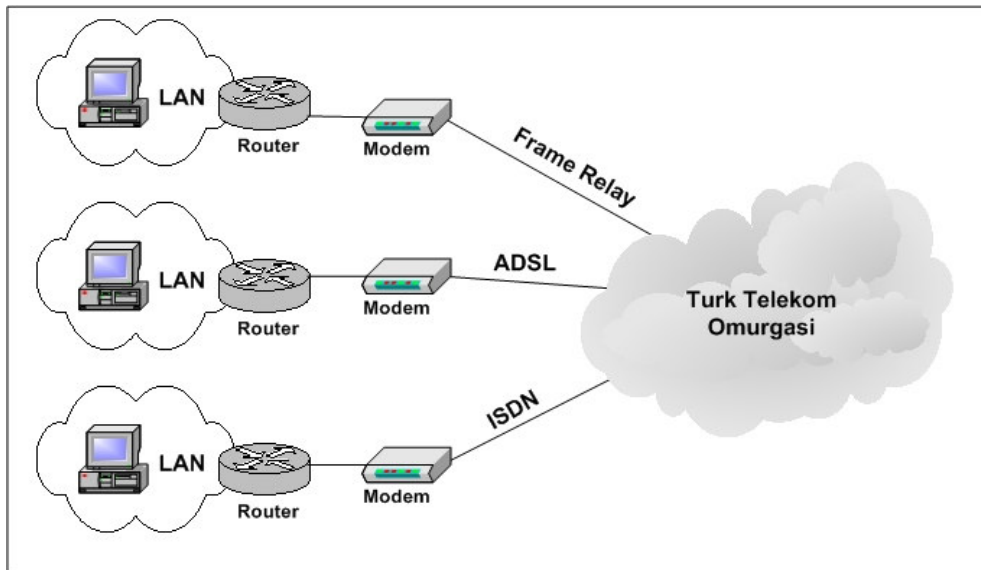
Bir ağ temel olarak üç bileşenden oluşmaktadır:

- a) İstemci, Sunucu : Sunucu bilgisayarlar, ağ ortamlarında çeşitli servisleri sağlamakla yükümlüdürler. İstemci bilgisayarlar ise bu sağlanan servisleri kullanan bilgisayarlardır.
- b) Protokol : Yukarıda da tanımladığımız gibi ağ ortamındaki bilgisayarların birbirleriyle iletişimini belirleyen kurallar dizisidir.
- c) İletişim Ortamı: Ağ üzerinde birden fazla bilgisayarın birbirleriyle bağlantısına imkan veren bütün cihazlar ve kablolama, iletişim ortamını oluşturmaktadır.

1.4. İnternet Erişimi ve TCP/IP

İnternet; TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) protokol takımı ile kontrol edilen, birbirinden tamamen farklı işletim sistemlerine sahip bilgisayar sistemleri arasında paket anahtarlama ile veri iletimini destekleyen, birbirleri arasındaki bağlantıların telekomünikasyon altyapısı ile sağlandığı küresel bir bilgisayar şebekesi şeklinde tanımlanabilir. TCP / IP bir protokol kümesidir. Her türlü bilgisayarın birbiriyle karşılıklı çalışabilmesi için en yaygın özellikle internet ortamında kullanılan protokol kümesidir (Barkın, 2003).

İnternet erişimi dial-up (56 kbps)' tan T1 bağlantısına kadar her hızda erişim çeşitliliği bulunmaktadır. ISDN, xDSL, Frame Relay, ATM üzerinden erişim, dial-up erişimlerine göre geniş bantlı uygulamalardır. Fakat dünyada geleneksel dial-up erişim hizmetlerinden yararlananların sayısı sabitlenirken ADSL üzerinden internet erişim hizmetlerini alanların sayısında önemli artışların olduğu görülmektedir. Temel internet erişim bağlantıları ev kullanıcıları için evlerinden POP noktalarına dial-up veya geniş bantlı erişim (ADSL) ile sağlanmaktadır. Kurumsal kullanıcılar ise genellikle POP noktalarına Kiralık Hat, ISDN, DSL, FR veya ATM bağlantıları ile erişmektedirler. Şekil 1.2. de internet erişim çeşitleri görülmektedir (Barkın, 2003).



Şekil 1.2. İnternet erişim çeşitleri (Barkın, 2003)

İnternet Erişim Çeşitleri :

- a) Dial Up Telefon hatları
- b) Kiralık Hatlar (TDM)
- c) X.25
- d) Frame Relay
- e) ISDN
- f) ATM
- g) xDSL

Normal modemler dijital bilgiyi analog sinyale ve tekrar alıcı uca dijitalle çevirirler. Bu noktada modemlerin birçok problemleri vardır. Bunlar internete sadece 56 Kbps'ye kadar hızda bilgi gönderebilirler. Mevcut telefon şirketleri, standartları verilen bir sinyal gücünde ve voltajda sadece belirli bir frekans alanının geçirilmesine izin vermektedir. Normal telefon hatları için bu bir sınırlamadır. 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 tuttuğu 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 (Değer, 2002).

Bu çalışmada, bilgiye erişebilmek ve bilgiyi iletebilmek için kullanılan veri haberleşme teknikleri ve iletişim alt yapısını oluşturan günümüz teknolojileri incelenmiş ve en yaygın kullanılan sistemler tanıtılmıştır. Mevcut bakır telefon kabloları üzerinden yüksek hızlarda aktarım yapabilme olanağı veren bir modem teknoloji ailesinin adı olan xDSL sistemleri ve çeşitleri ile bunlar içerisinde ADSL sistemleri incelenmiş olup; DSL teknolojilerinde karışık şifreleme ve modülasyon teknikleri kullanılarak bakır kablonun taşıma kapasitesi sonuna kadar kullanılmakta ve sinyal frekans aralığı; POTS, giden akış (Upstream) ve gelen akış (Downstream) veri olmak üzere 3 temel parçaya bölünmektedir. Yine bu çalışmada mesafeye bağlı olarak upload ve download bant genişlikleri, sistemin çalışması, çerçeve yapısı, modülasyon teknikleri ve bant genişliğini sınırlayan etkenler anlatılmış, ADSL ile verilebilecek hizmetler ve diğer erişim teknolojileri ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**2.1. Veri İletiminin tarihsel gelişimi**

1958 –1960’lı yıllarda Frekans Kaydırma Kodlaması (Frequency Shift Keying, FSK) modülasyonu kullanan 300 bps ile 1200 bps hızlarında ve Faz Kaydırma Kodlaması (Phase Shift Keying, PSK) modülasyonu kullanan 2400 bps hızında modemler piyasaya tanıtıldı. İki ayrı frekans değerlerini kullanan bir veri modülasyon tekniği olan FSK’da ikili seviye değişimlerinde iki frekans arasında kayma gerçekleştirilir, yani bir frekans değeri ikili düzende 0, diğeri ise 1’i ifade etmektedir. Bu tür modemler; dial-up ve düşük hız kiralık hatlarda full duplex (aynı anda çift yönlü) veri iletimlerinde mesela bankalar ile bankaların ATM (Para Çekme Makinaları) bağlantılarında kullanılmaktadır.

1970’li yıllarda Paket Anahtarlama veri haberleşmesinin verimli bir yolu olan X.25 standardı belirlenerek ortaya çıkmıştır. X.25 ile bankacılık, sigortacılık, turizm, eğitim gibi bir çok sektöre güvenilir bir veri haberleşmesi sağlanmıştır. Şu an Milli Piyango, Sayısal Loto, Bağ-Kur, Maliye, THY gibi bir çok kurum merkezleri ile uç birimleri arasında X.25 paket anahtarlama veri haberleşmesini kullanmaktadır. Yine bu yılların başında Amerikan Savunma Bakanlığı’na bağlı İleri Araştırma Ajansında (Advanced Research Projects Agency, ARPA) savunma amaçlı projelere destek vermek üzere paket anahtarlama ağı deneylerinde TCP/IP kullanılmaya başlanmıştır.

1980’li yıllarda Çerçeve Anahtarlama veri haberleşmesi olan Frame Relay, X.25 in yerine yeni bir standart olarak belirlenmiştir. X.25 in bir türevi olup hızlı paket anahtarlama sağlar. İsmi OSI ikinci katmanı veya veri bağı “frame” ile paketi her anahtarlama ucunda sonlandırılması yerine doğrudan hedefine yönlendirilmesi “relay” dan almış olup, değişken boyutlu paketleri kullanır. Frame Relay’ı günümüzde ekseriyetle bankalar ve birçok şirket merkez ile şube bağlantılarında yine Milli Eğitim, SSK, Maliye gibi yüksek hızlı veri iletimine ihtiyaç duyan birçok kurum kullanmaktadır. Yine 1980’li yıllarda LAN (Local Area Network) yerel alan ağlarında ethernet standartları belirlenmiştir.

1983’ün başlarında internetin babası ARPANET’in resmi protokolü TCP/IP olarak kabul edildi. TCP/IP şu an tüm internet bağlantılarında kullanılmaktadır.

1984’lü yıllarda dünya telefon şirketleri ISDN (Integrated Services Digital Network) Tümüleşik Hizmetler Sayısal Şebekesi olarak bilinen tümüyle sayısal devre anahtarlama telefon sistemini ses ve veri haberleşmesi için kullanmak konusunda fikir birliğine vardılar. Türkiye’de 42 ilde verilen bu hizmet ile uç kullanıcılar için internete 128 Kbps’lik hızlı bağlantı sağlanmıştır. Avrupa’da halen yaygın olarak kullanılmakla birlikte ADSL’in ortaya çıkmasıyla Türkiye ve Dünya’da cazibesini kaybetmiştir.

1990’lı yıllarda ATM (Asynchronous Transfer Mode) Eşzamansız iletim Modu, hücre tabanlı veri iletim tekniği piyasaya çıkmıştır. ATM’de veri sabit boylu olduğundan donanım olarak hızlı anahtarlama imkan sağlanmaktadır. Şu anda Türk Telekom veri haberleşmesi ana omurgasında, üniversiteler ve bir çok kurum ile ISS’ler (internet servis sağlayıcı) gibi büyük şirketlerde ana omurgalarında ATM kullanılmaktadır.

1992’de HDSL ve 1993’de ADSL telefon hatları üzerinden yüksek veri iletimini sağlayacak şekilde standartlaştırıldı. 2 Mbps simetrik veri iletimi ihtiyacı olan şirket ve kurumlar, bilhassa GSM şirketleri baz istasyonları ile Türk Telekom transmisyon sistemleri arasında HDSL talep etmektedirler. ADSL ise asimetrik olduğundan ev kullanıcıları tarafından tercih edilmektedirler (Anonim, 2002).

2.2. Konu İle İlgili Daha Önceki Çalışmalar

Dönmez (1997), Asynchronous Transfer Mode (Eşzamansız Aktarım Modu) ve Frame Relay arabirimleri ile iletişim teknolojileri hususunda bir çalışma yapmıştır. Donanım ağırlıklı hücre anahtarlama tekniği ATM’in hücre yapısı, ATM katmanları, hizmet sınıfları ve sanal devreleri ile ara birimleri ATM mimarisi anlatılmıştır. Yine değişken uzunluklu çerçeve anahtarlama tekniği Frame Relay’ın çerçeve yapısı hata kontrolü veri bağlantı tanımlayıcısı (DLCI) Frame Relay düğümü ve haberleşmesi ile veri oranları anlatılmıştır.

Hamutçuoğlu (1998), Simetrik haberleşme kabloları üzerinden HDSL ve ADSL uygulamaları çalışmasını yapmıştır. HDSL ve ADSL çerçeve yapıları, kodlama teknikleri hız limitleri ve standartları ile simetrik ve asimetrik haberleşme ihtiyaçlarına göre Uygulamalardaki tercihler anlatılmıştır.

Şenyürek (2001), DSL teknolojileri ve bakır alt yapısının yan kanal etkileşimli ve gürültülü ortamda yüksek frekans modellemesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bakır alt yapıda yüksek frekanslar ile daha fazla mesafeye erişebilmek için kodlama ve modülasyon teknikleri üzerinde durulmuştur.

Durmuş (2002), ADSL ve geniş bantlı şebekeler hususunda bir çalışma yapmıştır. Uç kullanıcılar ve servis sağlayıcılar için ihtiyaç duyulan download ve upload hızlarına göre geniş bantlı hizmet olarak ADSL ve diğer erişim teknolojilerinin, formatları ve teknolojik durumları anlatılmıştır.

Bu çalışmada ise, veri haberleşme tekniklerinden günümüzde en çok gündemde bulunan xDSL teknolojisi ve çeşitleri ile ADSL teknolojisinin çalışması, bant genişliği, çerçeve yapısı, modülasyon teknikleri ve bant genişliğini sınırlayan etkenler incelenmiş, ADSL ile sağlanabilecek hizmetler ve diğer erişim ve iletişim teknolojileri ile kıyaslamalar yapılmıştır.

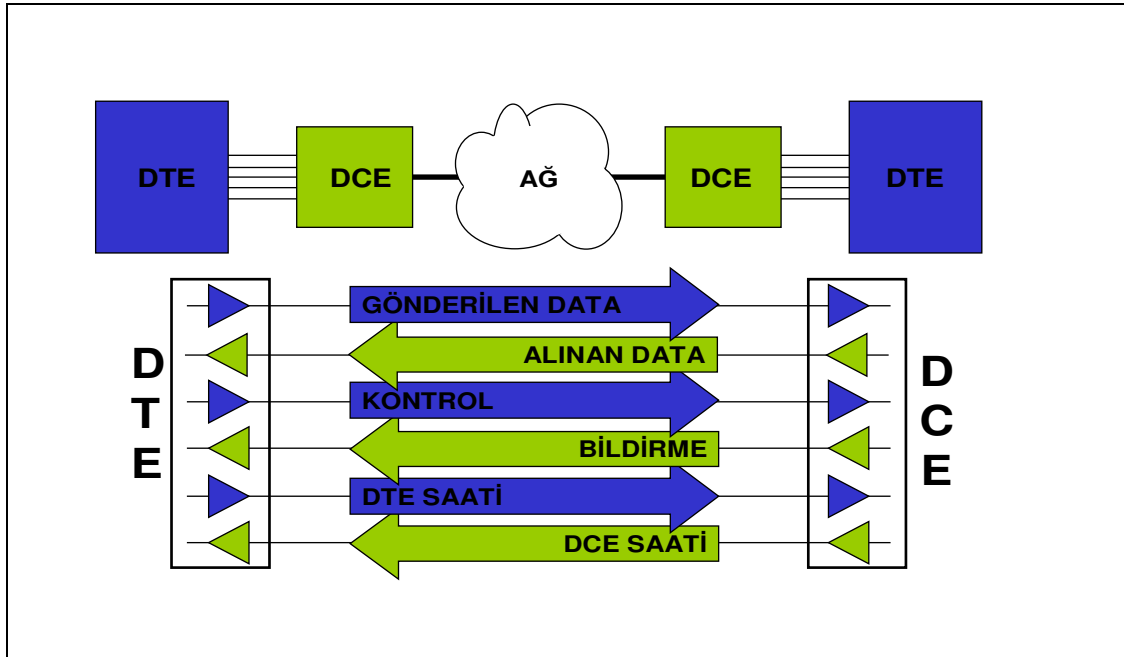
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Veri İletiminde Seri Haberleşme

Seri haberleşmede modem ile bilgisayar arasındaki bilgi akışını incelemeden önce modemler ile ilgili bilgi verelim; Modem : MODulator ve DEModulator kelimelerinden türetilmiştir. Analog hatlar üzerinden sayısal veri aktarımını sağlayan modemler, kendisine gelen sayısal verileri karşı tarafa aktarımdan önce modüle ederek analog iletim ortamına uygun hale getirirler. Analog iletim hattından gelen verileri de demodüle ederek sayısal veri haline dönüştürülmesini sağlarlar. Çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Bir bilgisayarın uzaktaki bir sisteme bağlantısında kullanıldığı gibi bir yerel alan ağının bir analog hat üzerinden geniş alan ağı bağlantısının yapılandırılmasında da kullanılır. Modemden çıkan hat, alıcı tarafta tekrar bir modem tarafından karşılanmaktadır.

Modem ile bilgisayar arasındaki bilgi akışını inceleyelim: Aşağıdaki Şekil 3.1' de tipik seri haberleşme gösterilmektedir. Bilgisayar DTE (Data Terminating Equipment) ile ve modem ise DCE (Data Circuit Terminating Equipment) ile temsil edilmektedirler. İletim başlamadan önce kontrol işaretleri ile modem ile bilgisayar arasındaki anlaşmaya el sıkışma denmektedir (Anonim, 2001).



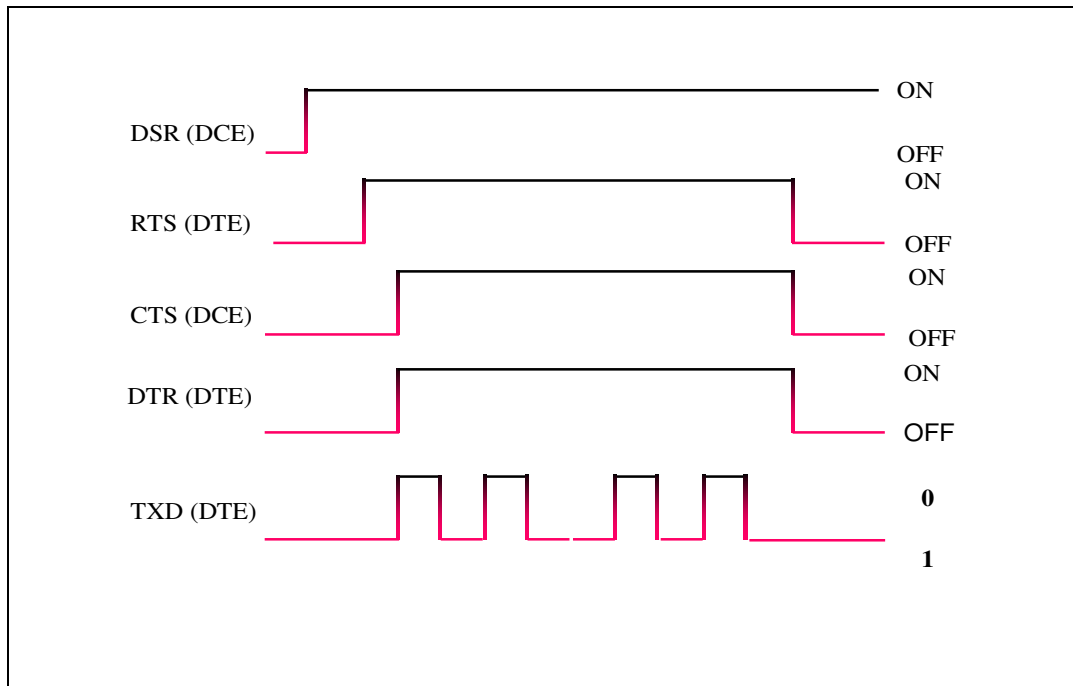
Şekil 3.1. Sayısal seri haberleşmede veri akışı (Anonim, 2001)

Saat: Alıcı ve verici arasındaki senkronizasyon için kullanılır.

Burada modem ile bilgisayar arasındaki bilgi akışı için örnek olarak V.24/RS232 arabirimi ele alınmıştır.

Kontrol İşaretleri:

DATA SET READY (DSR)
REQUEST TO SEND (RTS)
CLEAR TO SEND (CTS)
DATA TERMINAL READY (DTR)



Şekil 3.2. Bilgisayar ile modem arasındaki iletişimin başlaması (Anonim, 2001)

El Sıkışma (Handshaking):

Haberleşmenin başlaması için kontrol işaretleri ile alış/veriş yapılması gerekir, yukarıda DTE ve DCE arasındaki işaretleşme gösterilmektedir. Önce DCE tarafından DSR işareti ON olur ve DTE tarafında RTS ON durumuna getirilir. Eğer buna DCE CTS ile yanıt verirse DTE DTR ile yanıt verir, bunlar ON oldukça veri iletimi olur. Ve veri iletimi sonunda RTS ve DTR OFF konumuna çekilir. Ve son olarak DCE de CTS işaretini OFF konumuna çeker. Bu El Sıkışma (Donanım Akış Kontrolü), haberleşmede DTE'nin DCE'yi kontrolü için yapılmıştır ve DTE'nin DCE'yi nasıl kontrol edeceğini belirler. (Anonim, 2001)

Ev kullanıcılarında internete bağlanmak için kullanılan analog modemlerle 33.6 K ve 56 K oranında band genişliği sağlanır. Komple bir yerel alan ağı ile geniş alan ağı arasında analog hat kullanılıyorsa, kullanılan modemler temelband (baseband) modemlerdir. Örnek olarak 2 Mbps frame relay hat için 2 Mbps destekleyen bir temelband modem kullanılmalıdır. Modemin ön tarafında modemin o anki çalışma modunu gösteren durum ışıkları bulunmaktadır. Modemin arka panelinde ise bağlantı portları mevcuttur. Sayısal-analog ve analog-sayısal dönüştürme işlemlerinde modem kodlama tekniği V.90'dır. V.90 kullanılarak maksimum 56 Kbps veri aktarım hızına ulaşılabilir (Barkın, 2003).

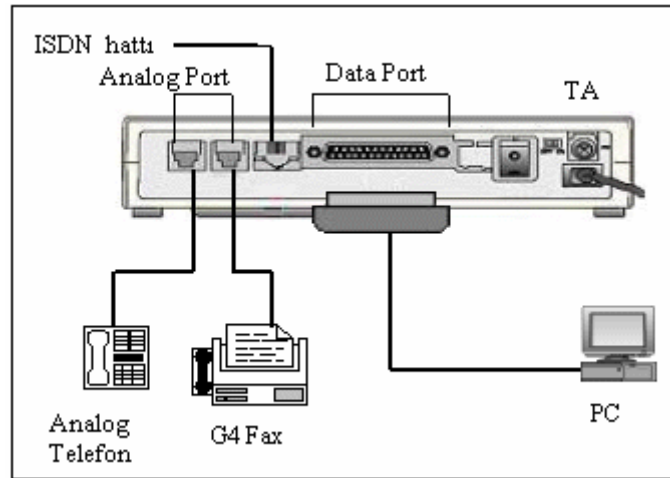
3.1.2. TDM (Time Division Multiplex – Zaman Bölmeli Çoklama)

TDM, veri kanallarının birleştirilmesini (multiplex edilmesini) ve bant genişliği kapasitesi tüm veri kanallarının toplam kapasitesinden daha büyük hat boyunca birlikte iletilmesini gerçekleştirir. Basit olarak, veri her kanaldan ve zamanda çoklanır. Hangi veri bitlerinin hangi kanala aktarılacağını belirlemek için çerçeve bilgisinin data stream'e eklenmesi gerekir. Dolayısıyla hattın bant genişliği toplamından büyüktür. Veri cihazlarının bağlantısı dışında, analog veya sayısal ses devreleri de sisteme bağlanır. Eğer ses bağlantısı yapılırsa, multiplexer'a gelmeden önce analogtan PCM'e çevrilir. Böylece diğer veri kanalları ile multiplex edilebilen 64 kbit/sn hızında data stream'ler üretilir. Ses trafiği daha düşük veri hızları için 64 kbit/sn'den 32 kbit/sn yada 16 kbit/sn'ye veya daha başka hızlara sıkıştırılabilir. Kanallar multiplexer'a farklı hızlarda gelirler, bundan dolayı bazı kanallar hat üzerinde daha büyük bant genişliği gerektirirler. Eğer kanallardan biri 1200 kbit/sn diğeri 2400 kbit/sn hızında ise, 1200 kbit/sn hızındaki kanal için bir timeslot, 2400 kbit/sn'lik kanal için ise iki timeslot'a ihtiyaç vardır. Veri kanalları için olan kontrol sinyalleri; RTS/CTS, Ses kanalları için olan kontrol sinyalleri; E & M sinyalleridir. Bant genişliği her kanal için sabit olarak tahsis edilir (Değer, 2002).

3.1.3. ISDN (Tümleşik Hizmetler Sayısal Şebekesi)

ISDN aynı anda ses, veri ve görüntü aktarımına imkan veren bir devre anahtarlamalı teknolojidir. Telefon şebekesinde olduğu gibi telefon numarası bilinen başka bir müşteriye iletişimden önce çağrı yapılarak bağlantı kurulur ve iletişim gerçekleştirildikten sonra bağlantı koparılır. ISDN hizmetleri BRI (Basic Rate Interface) ve PRI (Primary Rate Interface) olmak üzere ikiye ayrılır (Barkın, 2003).

ISDN BRI'da 2 adet 64 Kbps B kanalı ve 16 Kbps'lik D kanalı bulunmaktadır. B kanalları veri aktarımı, D kanalı ise kontrol ve senkronizasyon işlemleri için kullanılır. Şekil 3.3. de ISDN hat - TA bağlantı yapısı görülmektedir. ISDN PRI'da Avrupa standardında 30 x 64 Kbps B kanalı ve bir adet 64 Kbps D kanalı kullanılır. Amerikan standardında ise 23 B bir adet D kanalı bulunmaktadır (Alkan ve ark., 2003a).



Şekil 3.3. ISDN Hat - TA bağlantı yapısı (Alkan ve ark., 2003a).

ISDN devre anahtarlama bir teknolojidir. Bu özelliğinden dolayı, ISDN üzerinden yapılan bir bağlantıda hiç veri iletilmese bile tüm bağlantı meşgul edildiğinden telefon hatları üzerinde bant genişliği boşuna israf edilmiş olur. ISDN hatları modemlerden daha hızlı bir bağlantı sağlarlar. ISDN' in başlangıcında ilk adım olarak, mevcut analog telefon şebekelerinin sayısallaştırılması, ikinci adım ise, bu sayısal şebekede hizmetlerin; yani ses, görüntü ve veri iletimi amacıyla kullanılan telefon, telex, fax, videophone, bilgisayar gibi veri iletim servislerinin birleştirilmesi olmuştur. ISDN' de bütünleştirilen telekomünikasyon hizmetleri genel olarak; telefon, görüntülü telefon (videophone), telefax ve uzaktan kopyalama, teleks ve teletext, enformasyon algılama (T-Online), veri iletimi, telewriting, uzaktan ölçme veya yönetim şeklinde özetlenebilir. ISDN' den önce bu hizmetlerin gerçekleştirilmesi için farklı iletişim servislerinin kurulması zorunluluğu vardı. Video konferans uygulamaları sesli-görsel iletişim için doküman paylaşımı, yazı, tablo ve görüntü içermesi gibi özelliklere sahiptir (Alkan ve ark., 2003a).

3.1.4. X.25 Servisi

X.25 servisi , veri şebekesi üzerinde paket modunda çalışan DTE, DCE arasındaki ara bağı tanımlayan uluslararası bir standart protokoldür. Bu servis çok çeşitli terminalleri ve host bilgisayarları destekler. X.25, gürültülü analog hatlardaki problemleri ortadan kaldırmak için tasarlanmış paket tabanlı bir protokoldür. X.25 ağında her link üzerinde, düğüm'ler (node'lar) arasında 3 katmanlı protokol kullanılır. Paket, DTE (Digital Terminal Equipment) tarafından ilk X.25 düğüm'üne gönderilir. Burada paketin geçerliliği ve içindekiler kontrol edilir. Eğer herhangi bir hata yoksa paket aynı işlemler için yeni link üzerine ve yeni bir X.25 düğüm'üne gönderilir. Hata bulunduğu takdirde, düğüm'den, paketin yeniden iletilmesi istenir. Bu oldukça güçlü bir kontroldür ve işlem hızını yavaşlatır. Ağ'ın her düğüm'ünde hata kontrolü yapılır ve gerekirse tekrar iletim yapılmasını sağlar. Son düğümler her paketi kontrol eder ve iletim sırasına sokar. Buna sondan-sona (end-to-end) hata kontrolü denir. X.25 hata kontrolü ve düzeltme mekanizması ile hata eğimli (bozuk) fiziksel devreler üzerinden hatasız ve güvenilir veri iletimi sağlar. X.25 servisi bir tek fiziksel hat üzerinde çoklu şebeke adreslemesini destekler. Buna alt adresleme dahildir. Bu özellik özel şebekeye erişmek , yoğunlaştırıcı her bir terminali adreslemek ya da bir host bilgisayardaki her bir uygulamayı adreslemek için kullanılır.

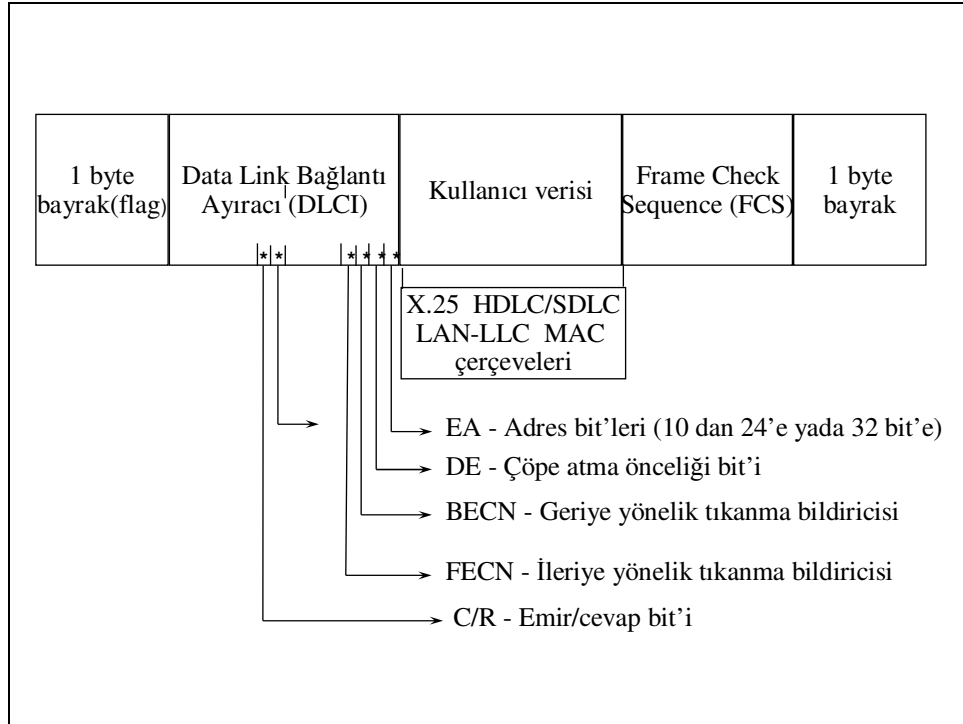
Sonuçta X.25 yavaş bir protokoldür. X.25'de paket büyüklükleri değişkendir ve protokoldeki işlem gecikmelerinin sonucunda sadece paketlenmiş veri için uygundur. Gerçek zamanlı servisler, örneğin ses ve video X.25 protokolü üzerinden iletmeye uygun değildir (Değer, 2002).

3.1.5. Frame Relay

Frame Relay, günümüzün yüksek kalitesinin avantajları ile geliştirilmiş bir protokoldür. Hatanın az olduğu sayısal devrelerde X.25'in yaygın kontrolünü ortadan kaldırarak, basit bir hata kontrolü kullanır. Her düğüm çerçeve (Frame) kontrolünü alır, hata yoksa FCS (Frame Check Sequence) kullanılır eğer hata varsa çerçeve basitçe atılır. Frame Relay anahtarlama ve istatistiksel çoklamalı bir sistemdir. X.25'deki hata kontrolü Frame Relay de olmadığı için X.25'e göre daha hızlıdır. X.25' de hız 64 Kbps'a kadar

uygulanabilirken; Frame Relay, T3'e (672 katı) kadar uygulayabilme kapasitesine sahiptir.

End-to-end hata kontrolü "paket seviyesi"nde, düğümden-düğüme (node-to-node) hata kontrolü "frame seviyesi"nde yapılır. X.25'in istenilen bant genişliği karakteristiği aynı kalıp daha hızlı iletişim gerekliliği sonucunda Frame Relay ortaya çıkmıştır. Artık sondan-sona hata kontrolü özelliği kaldırılmış sadece düğümden-düğüme (node-to-node) hata kontrolü vardır. Frame relay da çerçeve formatı Şekil 3.4' de görülmektedir. Frame'in kontrol ve adresini içeren iki tane (8 bitlik) kısım, daha sonra bilginin bulunduğu payload kısmı ve 32 bitden oluşan CRC (Cyclic Redundancy Check) hata kontrol grubu bulunur. En son ve başta 6 tane "1" den ve 2 tane "0"dan oluşan flag'lar vardır (Değer, 2002).



Şekil 3.4. Frame Relay da çerçeve formatı (Anonim, 2003)

Hata düzeltme mekanizmasına sahip yada çerçeveleri bayraklar tarafından sınırlandırılmış herhangi bir protokol (SDLC, HDLC, LAPB, LAPD, LLC gibi) FR ağı üzerinden taşınabilir.

Çizelge 3.1. Frame Relay DLCI değerleri (Anonim, 2002b)

DLCI değerleri	KULLANIM DURUMU
0	Çağrı kontrol sinyali için ayrılmış
1-15	Rezerve
16-1007	Frame Relay PVClerine atanabilir.
1008-1022	Rezerve
1023	Yerel yönetim arayüzü

DLCI (Data Link Connection Identifier - Veri Bağlantı Tanımlayıcısı) 10 bit den oluşan bir numardır. Bir PVC de her anahtar portundaki DLCI numarası aynı PVC de ağ da anahtardan anahtara değişir. DLCI'nin 1024 tane olası kombinasyonu vardır. Her anahtar portu 1024 PVC sunabilir. Ancak bazı DLCI'lar özel amaçlar için ayrılmış durumdadırlar. Çizelge 3.1' de Frame Relay DLCI değerleri verilmektedir (Anonim, 2002b).

Frame Relay bağlantı katmanında (link layer) çalışır. Yönlendirme adresi her router/bridge'le atanan DLCI'lara eşleştirir. PVC veri link olarak kullanılmış olur. Şekil 3.5. de Frame Relay adreslemesi görülmektedir.

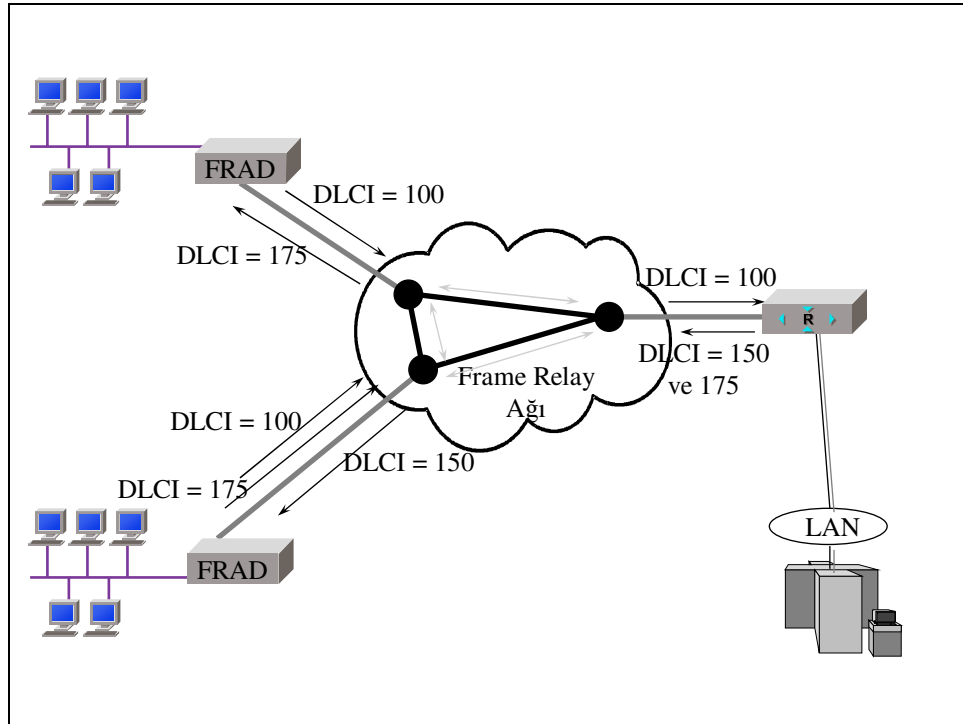
CIR (Committed Information Rate) : Garanti edilmiş veri oranı

Bir Frame Relay düğümü şunları yapar:

- 1) CRC'nin doğruluğunu kontrol eder. (Örneğin DLCI'nin doğruluğunu kontrol eder.)
- 2) Frame'lerin bu PVC için CIR'in içinde olup olmadığına bakar. İçinde değilse, DE =1 yapılır.
- 3) Yığılma (izdiham) olup olmadığına bakar. Eğer yığılma varsa frame'i atar veya diğer düğüme göndermek üzere sırada bekletir (Anonim, 2002b).

Frame Relay düğümüyle router haberleşmesi:

Bu haberleşme bir bağlantı yönetim arayüz protokolüyle yapılır. Router durum sorgulaması yapar ve networkde cevaplar. Hangi DLCI'ların kullanımda olduğu hangilerinin kullanımda olmadığını bildirir (Anonim, 2002b).



Şekil 3.5. Frame Relay adreslemesi (Anonim, 2003)

Frame Relay erişim cihazı (FRAD) kullanıcı verisini uygun şekilde paketleyerek Frame Relay ağına iletir. Frame Relay ağ arayüzü (interface) gelen veriyi inceleyerek geçerli bir adres içerip içermediğini (DLCI) tesbit eder ve Frame Check Sequence (FCS) işlevini çalıştırır. Gelen çerleve bu işlemlerden geçebilirse, ağa kabul edilir ve varış noktasına doğru gönderilir. Eğer geçemezse çöpe atılır (Discarded). Şekil 3.5. de Frame Relay adreslemesi gösterilmektedir.

3.1.6. ATM (Asynchronous Transfer Mode - Eşzamansız Aktarım Modu)

ATM (Asynchronous Transfer Mode - Eşzamansız Aktarım Modu) hücre anahtarlama ve bağlantı temelli veri transferini kullanır. Ses, veri, video ve çoklu ortam iletişimi LAN, WAN üzerinden yüksek hızlarda sağlanır. Birçok QoS (Quality of Service = Servis Kalitesi) kullanımını destekler. Özel ve genel ağlarda esnek ve değiştirilebilirlik özelliği vardır.

ATM; ses, veri, video gibi değişik türde bilgilerin aynı ortamdan aktarılmasını sağlayan bir anahtarlama teknolojisidir. Özellikle ağ omurgası üzerinde yüksek performanslı bir çözüm ortamı sunar. ATM teknolojisinin en önemli özelliği veri aktarımında hücre (cell) olarak adlandırılan küçük boyutlu ve sabit uzunlukta veri paketleri kullanmasıdır. Aynı zamanda ses, veri, video uygulamalarının gerek duyduğu hizmet sınıflarını (Service Classes) da destekler.

ATM bağlantıya yönelik bir aktarım protokolüdür. İki nokta arasında aktarım yapılabilmesi için öncelikle bu noktalar arası bir bağlantı kurulur. Bu bir telefon konuşması başlamadan iki nokta arasında kurulan bağlantıya benzer. Bu yolun kurulması ile aktarılacak veri paketleri bu yol üzerinden gönderilir. Kullanılan hücreler 53 byte uzunluğundadır. 5 byte başlık bilgisini, 48 byte da veriyi taşır. Hücrelerin sabit uzunlukta olması hızlı ve karmaşık olmayan ATM anahtarlama cihazlarının tasarlanmasına imkan vermiştir (Barkın, 2003).

3.1.6.1. ATM Bağlantı Arayüzleri (UNI ve NNI)

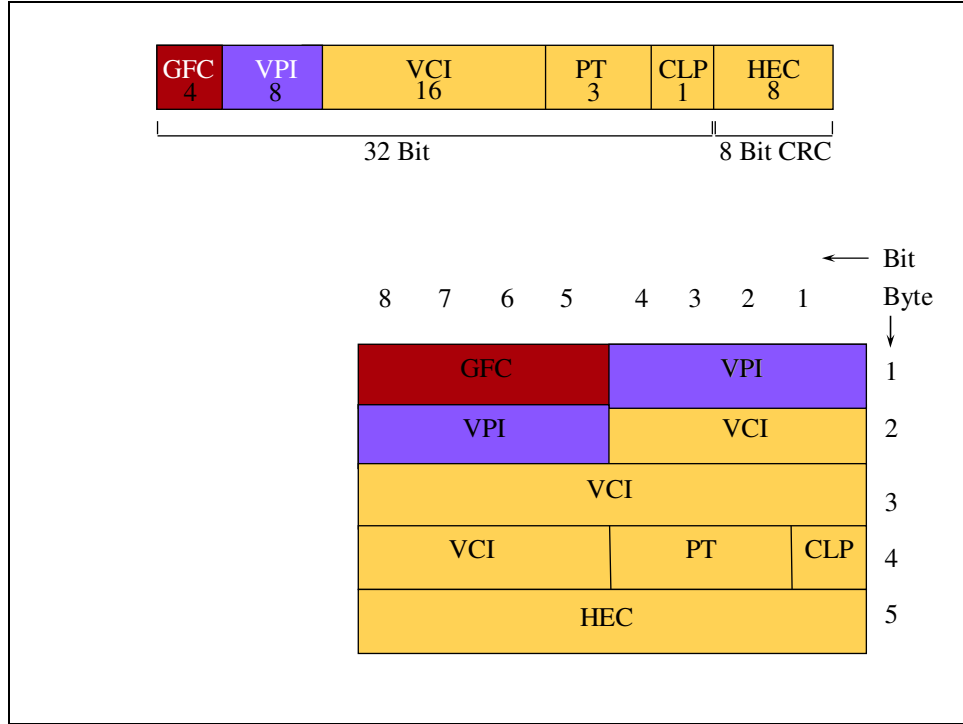
ATM için iki tür bağlantı arayüzü vardır (Barkın, 2003):

UNI : ATM portu olan bir uç sisteme ATM ağı bağlanması için kullanılır ve “User to Network Interface” olarak adlandırılır. ATM başlık yapısı UNI formatı Şekil 3.6’ da görülmektedir.

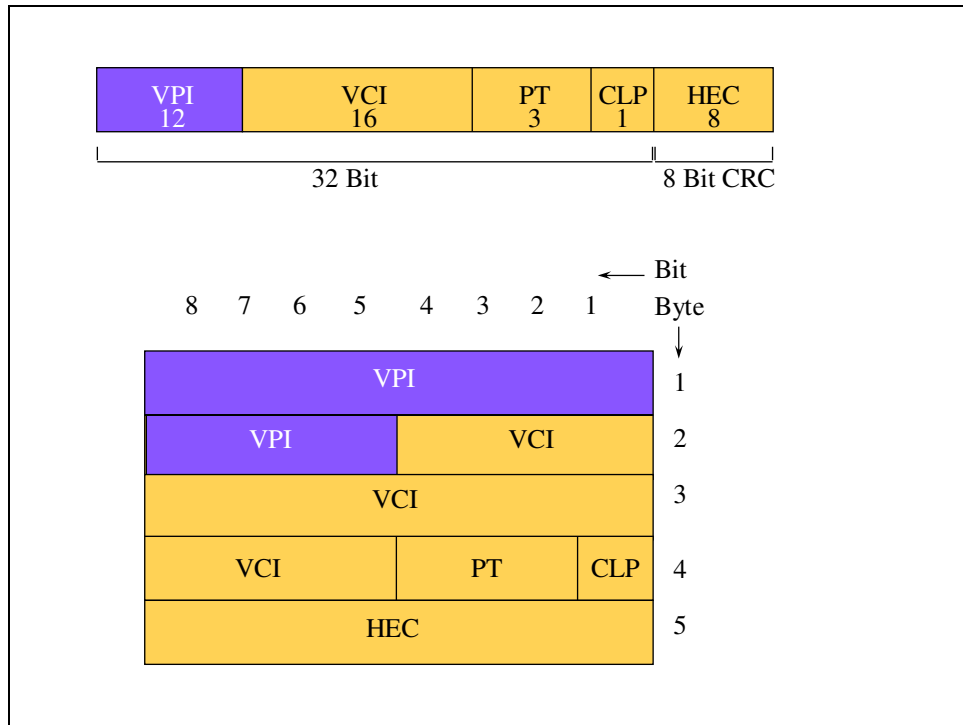
NNI : ATM bulutunu oluşturan anahtar cihazlarının birbirlerine bağlanması için kullanılır ve “Network to Network Interface” olarak adlandırılır. Daha büyük VPI alanı, adresleme imkanı bulunmaktadır. ATM başlık yapısı NNI formatı Şekil 3.7’ de görülmektedir.

VPI (Virtual Path Identifier): Hücrenin üzerinden geçeceği sanal yol numarasıdır.

VCI (Virtual Channel Identifier): Hücrenin içinden geçeceği sanal kanal numarasını belirtir.



Şekil 3.6. ATM başlık yapısı UNI formatı (5 Byte) (Anonim, 2003)



Şekil 3.7. ATM başlık yapısı NNI formatı (5 Byte) (Anonim, 2003)

GFC (Generic Flow Control): Bu alan ilerisi için saklı tutulmuş olup, birden çok cihazın genel olarak tek bir UNI'yi desteklemesi amacıyla kullanılır.

PT (Veri Türü - Payload Type Identifier): 3 bit'dir. Hücre tarafından taşınan bilginin ne tür bilgi (kullanıcı bilgisi, ağ bilgisi, yönetim bilgisi v.b.) içerdiğini gösterir.

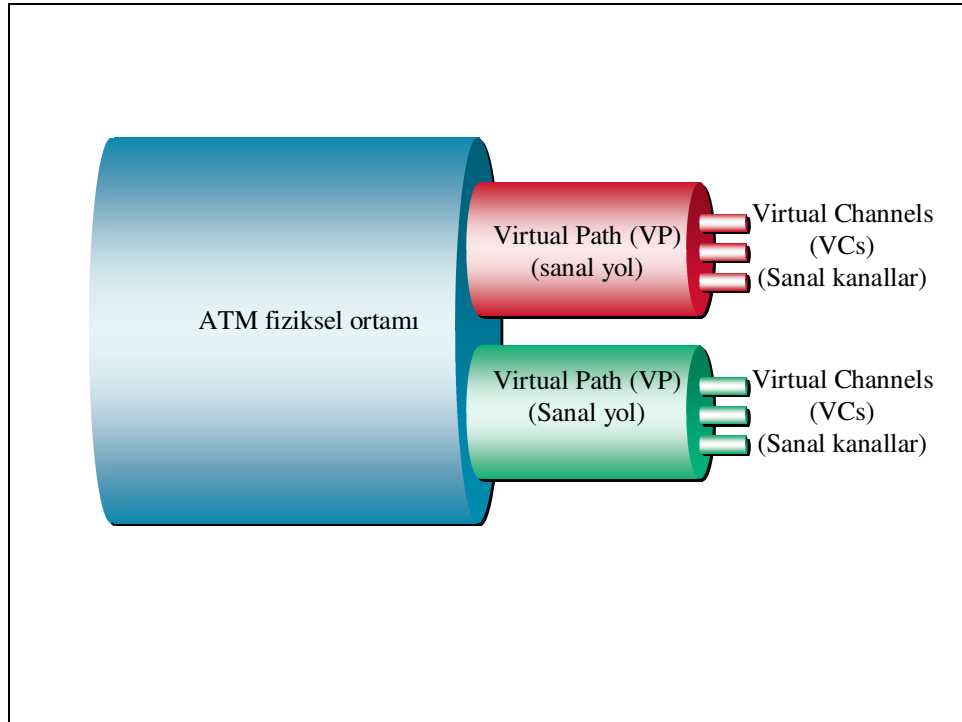
CLP (Cell Loss Priority): 1 bit'dir. İletim anında tıkanma (congestion) oluşursa, değeri 0 (önceliği) olan hücreler silinir.

HEC (Header Error Control): 8 bit'dir. CRC algoritması kullanılarak başlık kısmının iletim anında hata kontrolünün yapılması sağlanır (Barkın, 2003).

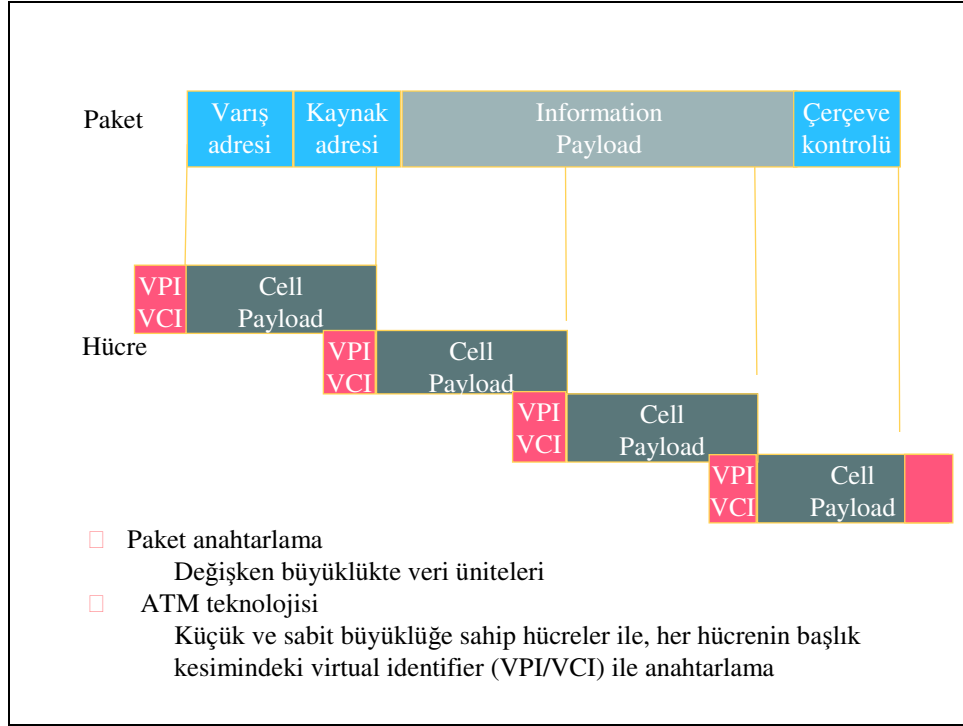
3.1.6.2. Sanal Devreler (Virtual Circuit) Sanal Yol ve Sanal Kanal

ATM'de hücre aktarımı sanal devreler üzerinden gerçekleştirilir. Sanal devrelerin oluşturulmasında iki farklı yol izlenmektedir. Birincisi iletişimden hemen önce sanal devrelerin kurularak iletişimden sonra kaldırılmasıdır. Bu yöntem SVC (Anahtarlama Sanal Devre – Switched Virtual Circuit) olarak adlandırılır. İkincisi ise sanal devrenin konfigürasyon aşamasında kurularak silinmemesidir. Bu yöntem PVC (Kalıcı Sanal Devre – Permanent Virtual Circuit) adı verilmektedir (Barkın, 2003).

Oluşturulan sanal devreler iki düğüm arasındaki sanal yolların içinde yer alırlar. Her ATM anahtarlama cihazı üzerinde hangi sanal yolların kurulduğunu ve içlerinde hangi sanal devrelerin olduğunu gösteren birer tablo vardır. Hücrelerin nereye anahtarlanacağı bu tabloya bakılarak değerlendirilir. Her tabloda VPI / VCI ikilileri yer alır. Bu hangi sanal devrenin hangi sanal yoldan geçtiğini gösterir. Bu sayede birden fazla birçok nokta arasında aynı fiziksel ortam üzerinden bağlantı kurulabilir. Şekil 3.8' de sanal yol ve sanal kanallar ATM hücre işlemleri ise Şekil 3.9' da görülmektedir.



Şekil 3.8. Sanal Yol ve Sanal Kanallar (Anonim, 2003).



Şekil 3.9. ATM hücre işlemleri (Anonim, 2003)

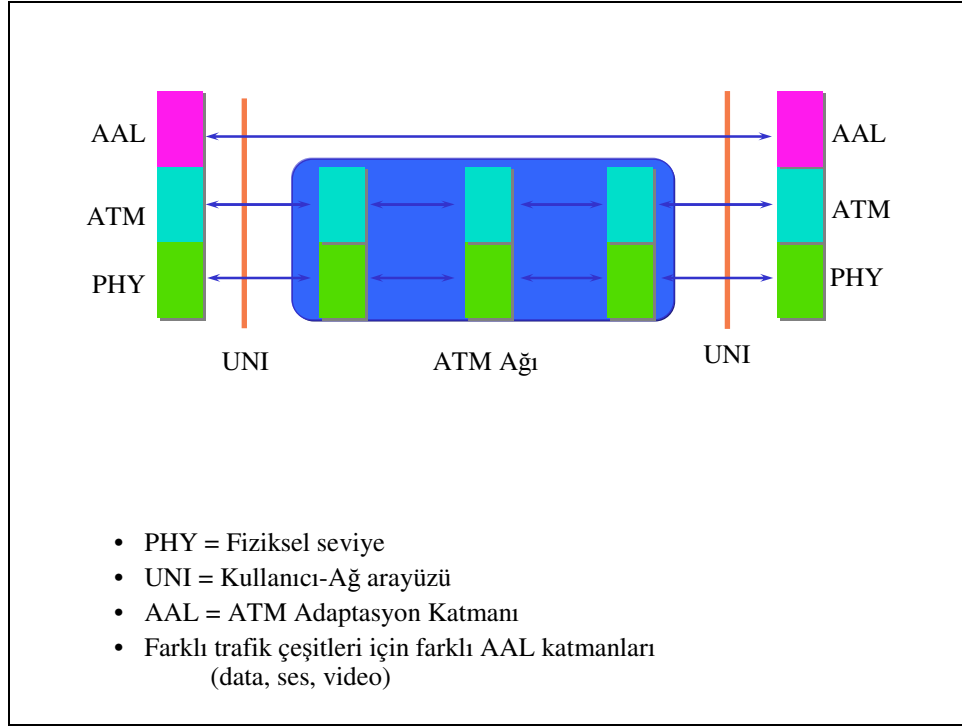
3.1.6.3. ATM Katmanları

ATM’de tüm yapı 3 katmana ayrılmıştır. En altta veri paketlerinin aktarım ortamını sağlayan fiziksel katman bulunur. Bu katmanın üzerinde ATM katmanı ve en üstte ATM adaptasyon katmanı vardır. Şekil 3.10’ da ATM katmanları görülmektedir.

A- Fiziksel Katman [The Physical (PHY) Layer]: ATM hücrelerinin fiziksel ortamda iletimini sağlar (Anonim, 2002b).

B- ATM Katmanı: Paket transferini sağlar. Sabit büyüklükte hücreleri tanımlar ve mantıksal bağlantıları belirtir. Anahtarlama, yönetim, yönlendirme, çoklama ve yoğunluk yönetimini iletir (Anonim, 2002b). ATM Katmanını özetleyecek olursak;

- Hücre başlığının konulması ve çıkarılması
- Hücre gönderimi
- Farklı hücreleri multiplexes/demultiplexes
- Hücrelerin doğru yolda kalmalarını sağlar
- Hücre yapımı
- Hücre kabulü
- Hücre gönderimi, kopyalanması VPI/VCI kullanarak
- Hücre payload tipi tanımlaması
- Çoklu QoS sınıflarının kullanımının sağlanması
- UPC: usage parameter control (kullanım parametre kontrolü)



Şekil 3.10. ATM katmanları (Anonim, 2003)

C- AAL Katmanı: Yüksek katman bilgisini ATM hücrelerine eşler veya ATM hücrelerinden aldığı bilgiyi yüksek katmanlara gönderir. Yüksek katmanlardan gelen ve end-to-end fonksiyonlarında çalışan değişik sinyaller (trafikler) için destek sağlar.

AAL0: (Customer Premises Equipment) CPE istenilen fonksiyonları bu katmanda gerçekleştirir. Hücre-tabanlı servis için geçiş-yoludur.

AAL1: “noktalar arasında yapısız devre taşıması” olarak da bilinen CBR’ı sağlar. Bu tip fonksiyon bağlantı-temellidir. İkiye ayrılmıştır: CS (Convergence Sublayer) ve SAR (segmentation and reassembly sublayer). CS altkatmanı fiziksel arayüzlerde oluşabilecek farklılıkları module eder. SAR, AAL1 üzerinde giden bilgide parçalama ve tekrar birleştirmeyi yapar.

AAL2: Sıkıştırılmış ve paketlenmiş video gibi uygulamalarda kullanılan VBR’ı tanımlar.

AAL3/4: LAN trafiğini destekleyen VBR trafik servislerini sağlar. Hem bağlantı temelli hem de bağlantısız bağlantıları destekleyebilir. 3 alt katmana ayrılmıştır: SSCS (service-specific convergence sublayer), CPCS (The Common Part Convergence Sublayer) ve SAR (Segmentation and Reassembly Sublayer). SSCS yüksek-katman servislerini ATM katmanına eşler ve bilgi çevrimi yapar. CPCS anahtarlanmış çoklu-megabit bilgi servisiyle birlikte çalışır. SAR parçalama ve birleştirme işlemlerini gerçekleştirir.

AAL5: LVBR (Lightweight Variable Bit-Rate) trafik servisini gerçekleştirir. AAL3/4 tipine çok benzerdir. Fakat daha kolay uygulanır ve çoğu ATM LAN elemanları bu tipi destekler. AAL5’in Frame Relay’e çok benzer fonksiyonları vardır. Ve diğer gecikmeye

duyarlı trafikte çok uzun paketlerin birleştiriminde daha esneklik sağlar. AAL5 ayrıca Frame Relay ve SMDS'inin aksine 64 Kbyte paket uzunluğuna kadar destek verir.

User plane: Akış kontrolü, hata kontrolü ile çalışabilir ve kullanıcı bilgi transferini sağlar.

Control plane: Hücre kontrolü ve bağlantı kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirir.

Management plane: Katman yönetimini ve plane yönetimini içerir. Amaç her şeyin doğru olarak çalışmasıdır.

3.1.6.4. ATM Hizmet Sınıfları

ATM hizmetleri Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi, bit akışına göre sınıflandırılmaktadır.

CBR (Continuous Bit Rate): Sabit bit akışı gereksinimi olan video ve ses aktarımlarında kullanılır. Uçtan uca sabit bir band genişliği garanti eder.

VBR (Variable Bit Rate): Bit akışının birden arttığı ve sonradan azaldığı, ne zaman ne kadar artacağı belli olmayan uygulamalar için kullanılır. rt-VBR (Real Time VBR), ve nrt-VBR (non Real Time VBR) olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

ABR (Available Bit Rate): Önceliği az olan fakat band genişliği garantisi veren hizmet sınıfıdır. Diğer hizmet sınıflarından geriye boş kalan band genişliğini kullanır.

UBR (Unspecified Bit Rate): Akış kontrolü bulunmamakta ve erişim garanti verilmemektedir (Barkın, 2003).

Çizelge 3.2. ATM hizmet sınıfları (Anonim, 2002b)

SINIF	SERVİS KATEGORİLERİ	BİT ORANI	BAĞLANTI DURUMU	UYGULAMA ÖRNEKLERİ
A	AAL1	CBR	Bağlantı-kaynaklı	Bant genişliği garanti Video ve ses için iyi
B	AAL2	VBR VBR-RT VBR-NRT	Bağlantı-kaynaklı	Canlı video, multimedia LAN-to-LAN
C	AAL5	ABR	Bağlantı-kaynaklı	*Gecikme önemsizse güvenilir
D	AAL3/4	UBR	Bağlantısız	*Garanti yok *SMDS/LAN için

3.1.7. XDSL Erişiminde Kullanılan Temel Cihazlar

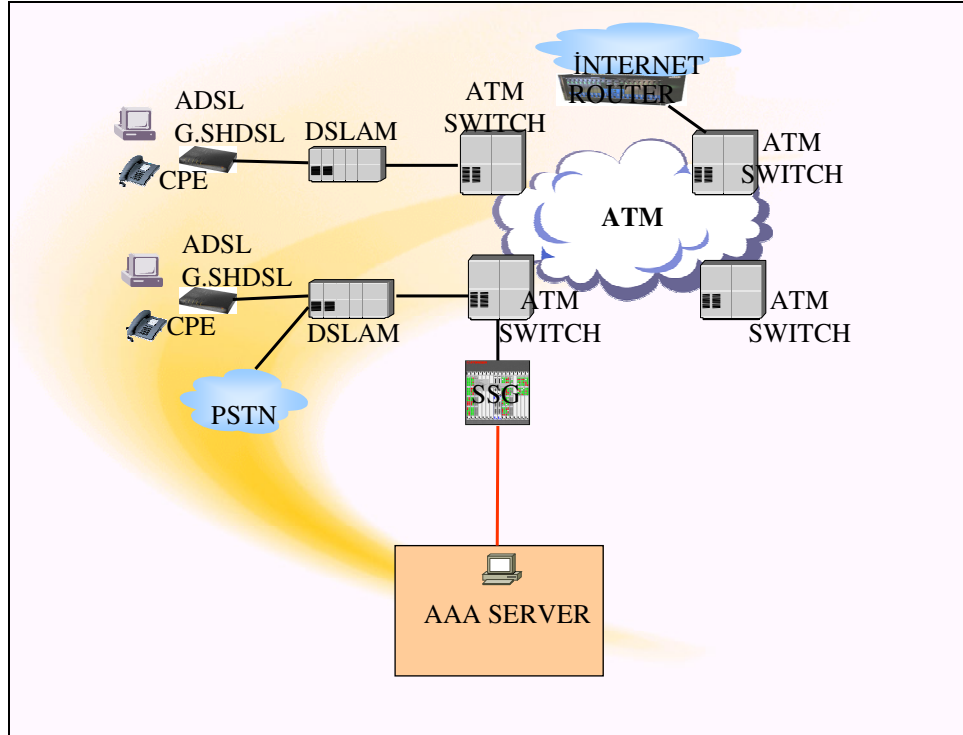
CPE (Customer Premises Equipment - Müşteri Tarafı Cihazları): ADSL, G.SHDSL, DSL modemler, modem-routerlar. CPE; DSLAM'a bağlantı talebinde bulunmakta ve oturum açma paketi yayınlamakta ve de DSLAM ile bağlantı hızını kararlaştırmaktadır.

DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer): Üzerinde, müşteriye verilecek XDSL hizmetlerine ait portların bulunduğu, ATM şebekeleri üzerinden birbirine bağlanan ve CPE nin oturum açma paketini işleyerek müşterilerden gelen trafiği toplayıp istenen yönlerde iletebilen cihazlardır.

ATM SWITCH: ATM şebekelerinin bağlı bulunduğu ATM anahtarlama sistemleridir.

AAA Server (Authentication, Authorization ve Accounting): kimlik doğrulama, yetkilendirme ve hesap tutma işlemlerini yapan server olup kimlik doğrulama sağlanınca SSG'ye gerekli erişim iznini bildirir.

SSG (Service Selection Gateway): DSLAM'lardan gelen trafiği toplayıp internete çıkışı sağlayan yönlendiricidir. Kimlik doğrulama sağlanınca erişim için istemciye IP adresi atanır. SSS (Service Selection Systems) veya BRAS (Broadband Access Router) olarak da adlandırılmaktadır (Anonim, 2004a).



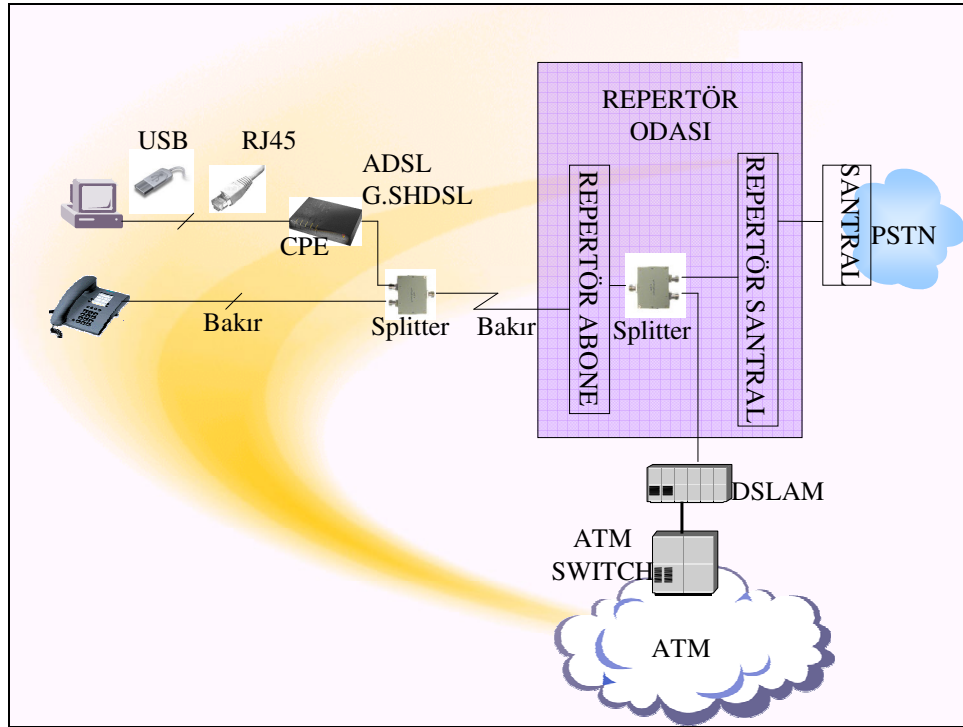
Şekil 3.11. XDSL erişiminde kullanılan temel cihazlar (Anonim, 2004a)

ROUTER (Yönlendiriciler): Ağ katmanında çalışan bu cihazlar yerel alan ağlarının geniş alan ağlarına veya uzaktaki diğer yerel alan ağlarına bağlantısında kullanılırlar. Yönlendiriciler kendilerine gelen paketlere üç katman düzeyinde adres kontrolü gerçekleştirirler ve paketin alıcına gitmesi için en uygun yolu belirleyebilirler. Ayrıca yönlendirici cihazları farklı ağ teknolojileri arasında köprü görevinde kullanılabilirler. Yönlendiriciler, üzerlerinde tanımlanmış yönlendirme algoritmaları sayesinde veri paketlerinin bir uç noktadan diğer bir uç noktaya uygun ara cihazlardan veya sistemlerden

geçirilerek alıcısına ulaştırılmasını sağlarlar. Uygun yolun bulunması için yönlendiriciler, ağ topolojisi, ağın bağlantı hatlarının durumu, band genişlikleri gibi o anki duruma ait bilgileri tutarlar. Bütün yönlendirme algoritmaları, en iyi yolun belirlenmesinde kullanılacak parametrelerin tutulduğu bir yönlendirme tablosuna (routing table) sahiptirler. Yönlendirme tablosu, algoritmanın ağı sürekli sorgulaması sonucu belli periyodik aralıklar ile güncellenir. Her yönlendirici üzerinde bir işletim sistemi çalıştırılmaktadır. Yönlendirici işletim sisteminin ağda çalıştırılan protokol kümesini desteklemesi gerekmektedir (Barkın, 2003).

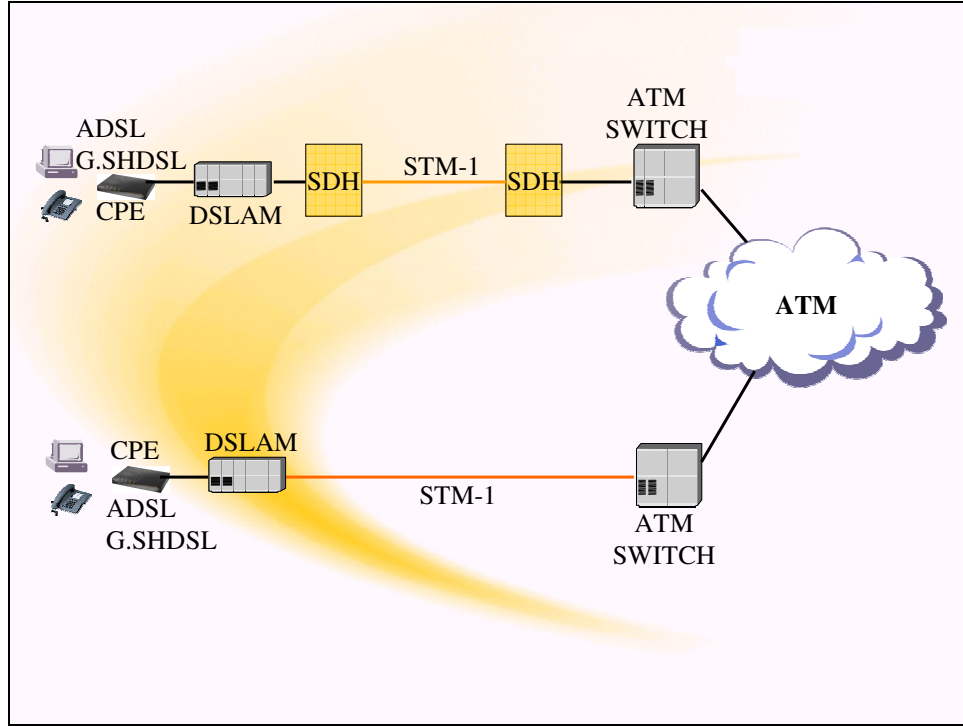
3.1.8. XDSL Erişiminde Kullanılan Cihazların Bağlantı Noktaları

Erişim Sistemleri kısmı olan Müşteri ile DSLAM arasındaki bakır devrenin bağlantı durumu şekil 3.12. de görülmekte olup, bilgisayar DSL modeme bağlanmakta ve modemden önce splitter kullanılarak ses frekans bandı ayrıştırılmaktadır. DSLAM dan önce tüm bakır şebeke kablolarının birleştiği Repertitör odasında tekrar splitter kullanılarak ses iletimi PSTN santralına ve veri iletimi DSLAM'a yönlendirilmektedir.



Şekil 3.12. XDSL erişiminde CPE ile DSLAM bağlantı noktaları (Anonim, 2004a)

XDSL erişimde transmisyon kısmı bağlantı durumu Şekil 3.13' de görüldüğü gibi, DSLAM ile ATM Switch farklı santral sahalarında ise SDH (Synchronous Digital Hierarchy) transmisyon sistemi kullanılmaktadır. Eğer DSLAM ile ATM Switch yakın ise SDH sistemine ihtiyaç duyulmadan bağlantı yapılır. Fiziksel bağlantılar koaksiyel kablo veya fiber optik kablolardır.



Şekil 3.13. XDSL erişiminde DSLAM ile ATM switch bağlantısı (Anonim, 2004a)

3.1.9. XDSL Erişiminde Adımlar

Müşteri CPE'sini ilk açtığında, otomatik olarak kurulan 1,2,3 güzergahı sonucu, SSS, CPE'ye login penceresi gönderir. Şekil 3.14' de XDSL erişimindeki adımlar gösterilmektedir (Anonim, 2004a).

1. CPE, DSLAM'a bağlantı istemi: Bu aşamada, bağlanan istemci bir başlangıç paketi yayınlar. Karşı taraftaki DSLAM teklif paketi gönderir. Bu işlem bağlantı hızının karşılıklı olarak kararlaştırılmasını sağlar. İstemci bir unicast (tek adresli yayım) bir oturum açma paketi yayınlar. DSLAM bu paketi işler ve bir onay paketi gönderir.

2. Bu istek, önceden açılmış VC sayesinde ATM'e geldi

3. SSG'de sonlanma

4. AAA Server ile iletişim: İki uç nokta arasında LCP konuşma paketleri gönderilir, kimlik doğrulama gerçekleştirilir (Authentication).

5. Gerekli erişim izni SSG'e bildirilir: Kimlik doğrulama sağlanınca IPCP protokolü çalışır ve istemciye bir IP adresi atanır. Artık oturum açılmıştır. Bundan sonra iletişim, herhangi bir noktadan noktaya oturumdaki gibidir.

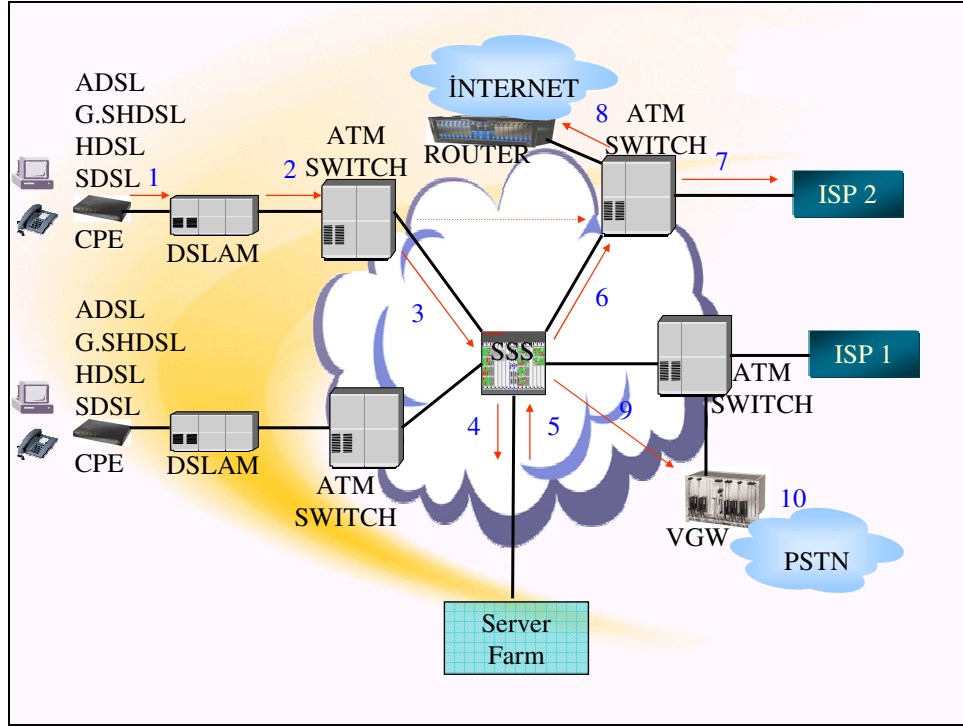
6. İstenen hizmete göre en uygun ATM'e yönlendirme yapılır.

7. Eğer CPE, ISP'den hizmet alıyorsa ISP'ye yönlendirilir.

8. Eğer CPE, TT'den internet erişimi alıyorsa Router'a yönlendirilir.

9. VoDSL hizmeti için VGW'ye yönlendirilir

10. VGW, PSTN ile iletişim kurar (Anonim, 2004a)



Şekil 3.14. XDSL erişimindeki adımlar (Anonim, 2004a)

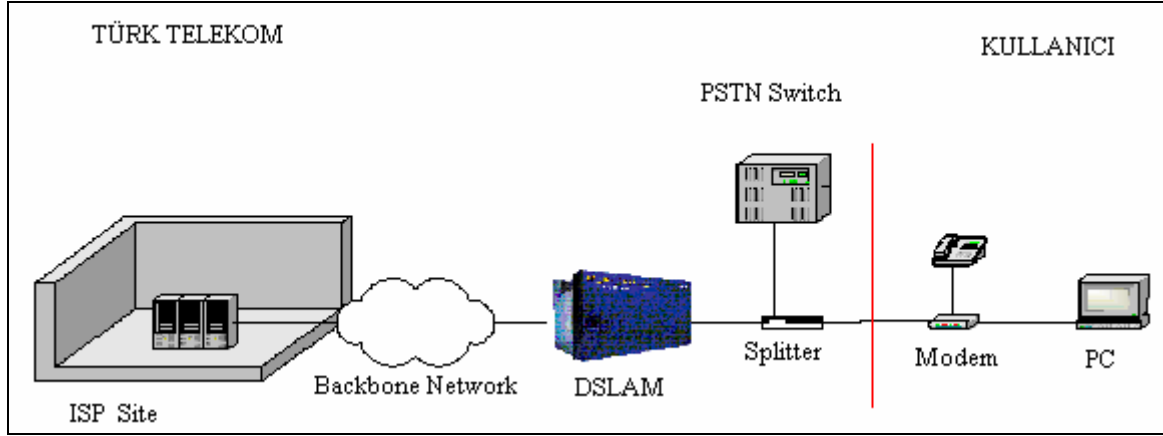
3.1.10. XDSL Çeşitleri

XDSL, hali hazırdaki bakır telefon kabloları üzerinden yüksek hızlarda aktarım yapabilme olanağı veren bir modem teknoloji ailesinin adıdır. DSL teknolojileri ile karışık şifreleme ve modülasyon teknikleri ve az sayıda entegre devre kullanılarak bakır kablonun taşıma kapasitesi sonuna kadar kullanılmaktadır (1 MHz), tel uzunluğuna bağlı olmak üzere çeşitli tipleri bulunmaktadır. Bunlar; çizelge 3.3. de veri hızları ile gösterilmiş olup, ADSL, IDSL, VDSL, SDSL, HDSL bu ailedendir (Alkan ve ark., 2003a).

Çizelge 3.3. XDSL çeşitleri ve hızları (Alkan ve ark., 2003a).

Adı	Veri Hızı	Uygulamaları
IDSL	128 Kbps	Ev Kullanıcıları
HDSL	1.544 -2.048 Mbps	T1/E1 servisleri, WAN, sunucu erişimi
SDSL	1.544 -2.048 Mbps	Simetrik servisler
ADSL	1.5-8 Mbps	İnternet, İsmarılama Video, Etkileşimli Multimedya, LAN erişimi.
	16-640 Mbps	
VDSL	13-52 Mbps	HDTV
	1.5-2.3 Mbps	

En yaygın olarak kullanılan DSL ailesi üyesi, ADSL ve SDSL dir. Şekil 3.15' de XDSL Ağının Genel şeması görülmektedir.



Şekil 3.15. XDSL ağının genel şeması (Barkın, 2003)

DSL, hat boyunca çok sayıda verinin sıkıştırılarak gönderilmesi için bir teknolojidir. Yani, yüksek hızlı veri ve ses iletişimini aynı anda sağlayabilen, bir iletişim teknolojisidir. Başka bir deyişle, hızlı internete erişim sağlayan ve sinyalleri müşteri cihazlarına birim zamanda ileten ve aynı zamanda normal telefon görüşmelerine de olanak veren bir teknolojidir. Genel olarak DSL bir bakır hattın ucuna bağlı bir modem çiftinden oluşur. DSL, bir noktadan başka bir noktaya bakır kablo boyunca giden yüksek hızlı veriyi sıkıştırmak için kullanılır. Yani bir hatta bağlanan bir modem çifti dijital bir müşteri 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 akışı sağlanmaktadır (Alkan ve ark., 2003a).

3.1.10.1. IDSL (ISDN – DSL)

ISDN hızlarında çalışmaktadır.

Download : 128 Kbps
Upload : 128 Kbps

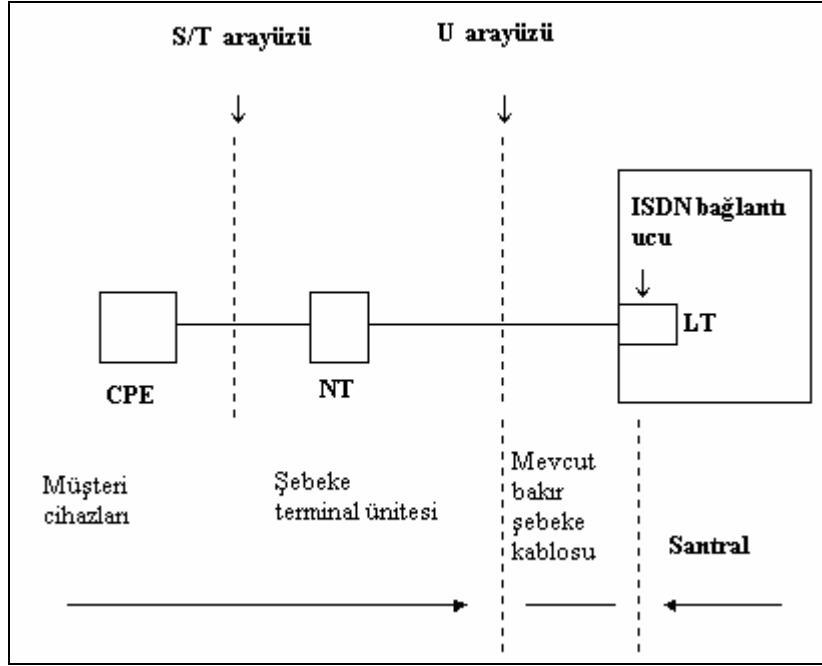
Dar bantlı veri iletişimi (ISDN-BRI) için kullanılan bakır iletkenli müşteri hatları DSL olarak isimlendirilmektedir (Anonim, 2002b). Bütün bir müşteri hattının şematik gösterimi Şekil 3.16' da görülmektedir.

DSL hattı üzerinden verilen ISDN servisleri ile 2 adet 64 Kb/s veri kanalı ve 16 Kb/s sinyalleşme kanalı (2B+D) sağlanır. Kullanılan hat kodu 2B1Q'dur (Anonim, 2002b).

3.1.10.2. HDSL (High-bit-rate DSL - Yüksek Hızlı Sayısal Müşteri Hattı)

Simetrik bir servis olup çift per kullanılır (3-4 km.) (Anonim, 2002b).

Download : 2 Mbps
Upload : 2 Mbps



Şekil 3.16. IDSL şematik gösterimi (Anonim, 2002b)

HDSL basitçe, 2 adet twisted pair üzerinden T1 veya E1 hızlarında, simetrik yani her iki yönde aynı hızla veri iletmeyen daha iyi bir yoldur. Daha az bant genişliği kullanır ve repeater (tekrarlayıcı) 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 ki buna; CSA (Carrier Serving Area) denir. Bunu; her biri 1/2 ya da 1/3 hızda çalışan, T1 hızı için 2 hat ve E1 hızı için 3 hat kullanarak yapar.

Tipik uygulamalar içinde; PBX şebeke bağlantıları, dijital loop taşıyıcı sistemleri, internet sunucuları ve özel veri şebekeleri vardır. HDSL; 1 Mbps üzerindeki hızlar ile DSL teknolojilerinin en gelişmiş olduğundan internet ve uzak LAN erişimlerinde kullanılacaktır.

784 Kb/s'lık veri hızından 2 Mb/s'lık veri hızına kadar 1 çift, 2 çift veya 3 çift üzerinden 2B1Q hat kodunda veri iletişimini sağlayan sistemlerdir. Sonuç olarak 2 Mb/s'lık sinyali 3 veya 2 çift'e bölerek her bir devre üzerinden 784 Kb/s veya 1180 Kb/s'lık veri hızı sağlayan sistemlerdir.

HDSL uygulamaları esas itibarıyla her bir müşteriye 64 Kbps'lık sayısal bir iletişim ortamı sağlayan sayısal hat çoklayıcı sistemlerinde (pair-gain systems) kullanılır. Bu sistemler bir bakır çift üzerinden 10- 15 telefon müşterili veya 28.8 Kbps'lık veri bağlantısını sağlayan sistemlerdir (Anonim, 2002c).

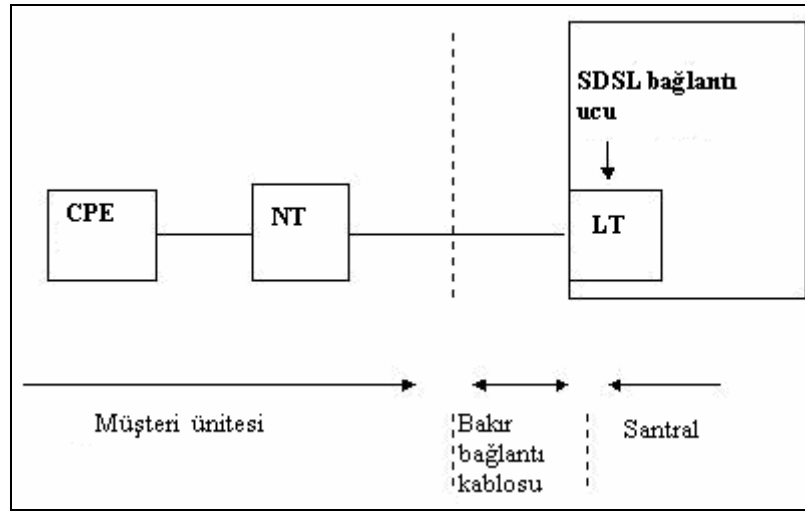
3.1.10.3. SDSL (Symmetric DSL-Simetrik Sayısal Müşteri Hattı)

1 per bakır tel ile 3 km.'ye kadar iletim imkanı (Anonim, 2002b)

Download : 2.31 Mbps

Upload : 2.31 Mbps

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. Ancak 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. 2 Mb/s hızındaki verilerin tek bir bakır devre üzerinden 2B1Q hat kodunda çift yönlü olarak taşınmasını sağlayan sistemlerdir (Anonim, 2002b). Sistemin blok diyagramı aşağıda Şekil 3.17' de gösterilmektedir.



Şekil 3.17. SDSL şematik gösterimi (Anonim, 2002b)

3.1.10.4. VDSL (Very high-bit-rate DSL-Çok Yüksek Hızlı DSL)

Download : 13 Mbps - 52 Mbps

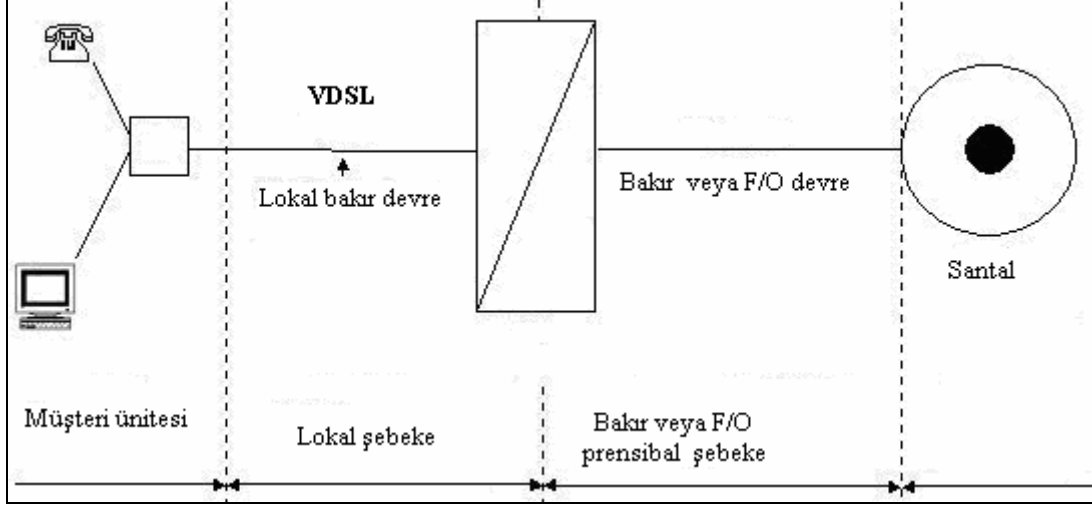
Upload : 16 Mbps

VDSL hayata VADSL olarak adlandırılarak başladı, çünkü; VDSL ADSL'den daha yüksek veri hızlarında ancak daha kısa hatlar üzerinde asimetrik bir veri iletimi sağlar (Anonim, 2002b). VDSL de hız mesafe ilişkisi Çizelge 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.4. VDSL de hız mesafe ilişkisi (Anonim, 2002c)

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

Çok geniş bantlı servislerin müşterilere mevcut bakır devre üzerinden veya fiber optik şebeke üzerinden ulaştırılmasını sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerin teknolojik altyapısı ve standardizasyonu henüz oluşmamıştır. Sistemin blok diyagramı aşağıda Şekil 3.18’ de verilmiştir.



Şekil 3.18. VDSL şematik gösterimi (Anonim, 2002b)

Yukarıda şekil 3.18. de görüldüğü gibi saha dolabı ile santral arasındaki irtibat F/O kablo ile sağlanırsa bu tür bir erişim yapısı FTTC yapısına dönüşür. İleride oluşturulacak ATM ana şebekesine uyumlu bir erişim şebekesi yapısı bu tür bir uygulama veya FTTH ile mümkün olacaktır. 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, her ikisi de pasif filtreleme ile VDSL sinyallerinden ayrılan POTS ve ISDN üzerinden çalışacaktır.

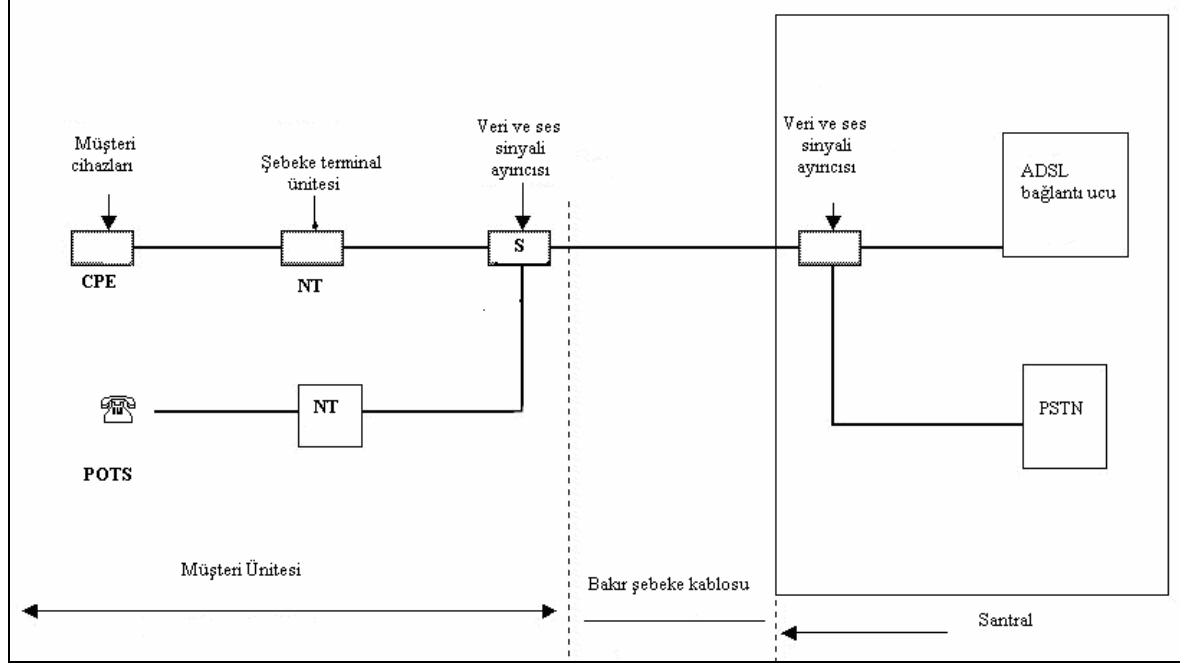
VDSL, 1995 haziranında ETSI; T1E1.4'ün avrupalı karşılığı olan VDSL'yi resmi ad olarak seçene kadar VADSL, BDSL, hatta ADSL olarak adlandırılmıştır (Anonim, 2002c).

3.1.10.5. ADSL (Asymmetric DSL-Asimetrik Sayısal Müşteri Hattı)

Verinin geliş ve gidiş hızları farklıdır (1 per ile 3-5 km) (Anonim, 2002b)

Download : 128 Kbps - 8 Mbps
Upload : 32 Kbps - 2 Mbps

Aynı bakır devre üzerinden santraldan müşteriye doğru 8 Mb/s ve müşteriden santrala doğru 640 Kb/s veri hızında ASİMETRİK olarak çift yönlü veri iletişimi sağlayan sistemlerdir. Bu tür sistemlerin blok diyagramı aşağıda Şekil 3.19’ da verilmiştir.



Şekil 3.19. ADSL şematik gösterimi (Anonim, 2002b)

HDSL'den sonra gelen ADSL, tamamen ev kullanıcıları için düşünülmüştür. ADSL'in asimetrik yapısı sayesinde; müşteriye doğru daha hızlı ancak ters yönde daha az bir veri akışı gerçekleşir. Çizelge 3.5. de ADSL de download hızı ile mesafe ilişkisi gösterilmektedir. ADSL sistemleri veri ve POTS sinyallerini hem müşteri ünitesinde hem de santral girişinde ayırırlar. Böylece aynı hat üzerinden eş zamanlı olarak hem veri ve hem de POTS sinyallerinin taşınması mümkün olmaktadır. Müşteri tarafında da ADSL modemler ile splitter kullanılarak veri trafiği ile POTS sinyallerinin ayrılması gerçekleştirilmektedir. Kullanıcının ADSL modemi devre dışı kalsa bile POTS servisi bağımsız olarak çalışır.

Çizelge 3.5. ADSL de Hız - Mesafe (0.5 mm Kablo) (Alkan ve ark., 2003b)

Mesafe	Download 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 (E2)

3.2. Metot

3.2.1. XDSL Ağ Teknolojisi

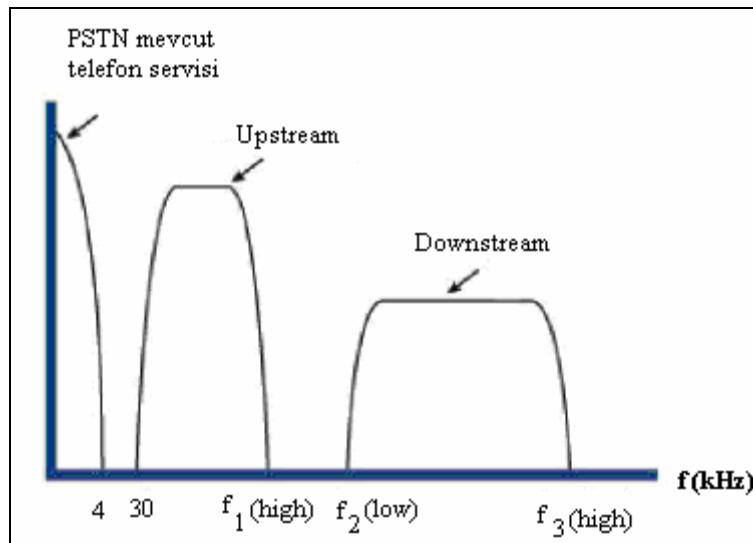
Esas itibarıyla 300-3400 Hz arası ses bandında haberleşme sağlamak üzere kurulu bulunan bakır iletkenli erişim şebekesinin veri iletişimi sağlamak üzere kullanımına imkan veren sayısal modem teknolojisi xDSL teknolojisi olarak isimlendirilir. Teknolojinin hızlı bir gelişimi sonucunda karmaşık modülasyon yöntemlerinin donanımla verimli bir şekilde uyarlanması sağlayan xDSL teknolojileri sayesinde, büyük band genişliklerinde veri taşıma için bir alternatif haline gelmiştir. Bu hatlardaki atıl kapasite xDSL teknolojileri sayesinde kullanılabilir hale gelmiştir. Çünkü, bakır hatlar için 3-4 KHz olan sınırlandırılmış frekans aralığı kaldırıldığında sayısal kodlama teknikleriyle yüksek hızlı veri iletişimi yapılması olanaklı olmaktadır.

DSL (Digital Subscriber Line) diğer adlandırılmasıyla uzak erişimin geleceği (The Future of Remote Access); Lokal bölgede Telekom santralı ile kullanıcı arasında telefon için çekili alt yapıda kullanılan bir çift bakır tel üzerinden, yüksek hızlı veri (veri) ve ses (voice) iletişimini aynı anda sağlayabilen bir veri iletişim teknolojisidir.

Erişim mesafeleri gün geçtikçe hızlı bir şekilde artmaktadır. Sonuç olarak, geniş bantlı veri iletimi için mevcut bakır iletkenli kabloların kullanılmasını sağlayan xDSL sistemleri eve kadar fiber erişimi için ciddi ve ekonomik bir alternatif oluşturmaktadır. Ancak xDSL sistemleri, üzerinde pupin bobini bulunan hatlarda çalıştırılamamaktadır.

Yüksek hızlardaki DSL bağlantıları iletim hattında analog kodlarla gerçekleştirilmektedir. xDSL de sinyal frekans aralığı; POTS, giden akış (Upstream) ve gelen akış (Downstream) veri olmak üzere 3 temel parçaya bölünür (Hurley, 1997).

Aşağıda Şekil 3.20’ de ADSL için frekans aralığı gösterilmiştir.



Şekil 3.20. ADSL frekans aralığı (Hurley, 1997)

XDSL de sinyal frekans aralığının 3 temel parçaya bölünmesi günümüzde genel olarak üç ayrı modülasyon tekniği ile gerçekleştirilmektedir (Barkın, 2003):

- 2B1Q
- CAP (Carrierless Amplitude Phase Modulation)
- DMT (Discrete Multi-Tone Modulation)

3.2.2. Uygulamalara Göre Bant Genişliği İhtiyaçları

- **Video on Demand :**

İstenen video filmlerin katalog servisinden seçilmek suretiyle online izlenmesi olarak tanımlanan VoD servisi için bu konuda çalışan servis sağlayıcının ADSL alt yapısına “içerik sağlayıcı” olarak bağlanması gerekir. 1.5 Mb/s’lık bir downlink band genişliği bu servis için yeterli olup klasik 0.5mm kablo üzerinden ADSL ile yaklaşık 5.5 km uzaklığı kadar bağlantı sağlanabilmektedir. Özellikle MPEG sıkıştırılmış Video CD (VCD) kalitesinde bir film için 1.5 – 3 Mb/s hız yeterli olabilmektedir (Aydın, 2001).

- **Sayısal TV :**

Normal şartlarda 6 Mb/s downlink sayısal televizyon yayını için yeterli bir band genişliği olarak karşımıza çıkmaktadır. TV yayını (örneğin HDTV 18Mb/s’lık hızlar gerektirir) (Aydın, 2001).

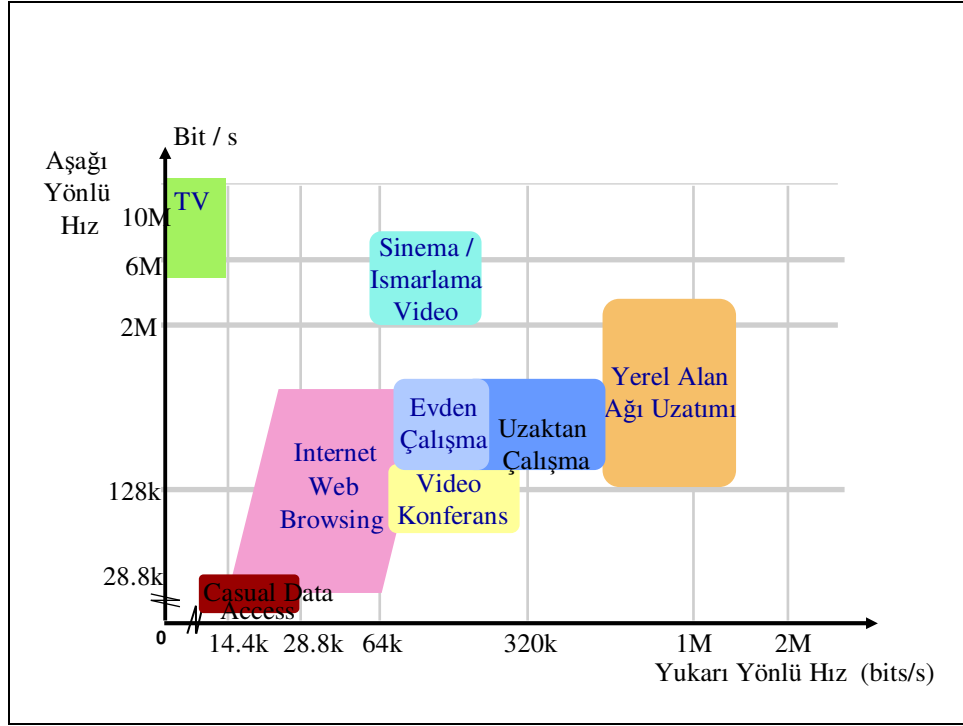
Görüntü kalitesine bant genişliğinin etkisi (Anonim, 2004a);

64 Kbps	Gerekli min. bant genişliği
128 Kbps	2 kişi için karşılıklı görüşme
768 Kbps	Hareketli görüntü
1 Mbps	Yayın kalitesi

Bazı hizmetler için gereken hızlar Çizelge 3.6’ da ve servislerin bant genişliği ihtiyaçları Şekil 3.21’ de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Hizmet çeşitleri ve hız ihtiyaçları (Anonim, 2002b)

Hizmet Çeşitleri	Servis talepleri
Bakır kablo üzerinden tek kanal TV yayını	6 Mb/s (Müşteriye doğru) (sıkıştırma teknikleri ile azaltılabilir)
Video on demand (İsmarlama Video)	6 Mb/s müşteriye doğru, 100 Kb/s santrala doğru
Video konferans	128 kb/s müşteriye doğru, 320 Kb/s santrala doğru
İnternet (Yüksek hızlı bağlantı)	1.5 Mb/s müşteriye doğru, 64 Kb/s santrala doğru
LAN servisleri	3 Mb/s müşteriye doğru, 1.5 Mb/s santrala doğru



Şekil 3.21. Servislerin bant genişliği ihtiyaçları (Anonim, 2004b)

3.2.3. Bant Genişliğini Sınırlayan Etkenler

İletişim ortamından gönderilebilen sinüsoidal frekans bileşenleri bant genişliğini vermektedir. Bant genişliği ifadesi analog bir iletişim ortamı için kullanıldığında, o hat üzerinde taşınabilen frekans aralıkları söz konusudur. Fakat sayısal bir iletişim ortamından bahsedildiğinde, o ortam üzerinden saniyede taşınabilen, aktarılabilen bit sayısıdır ve bps, (bits per second) ile ifade edilir. Kısaca, uygulamada bant genişliği kavramı; saniyede gönderilebilen bit miktarıdır.

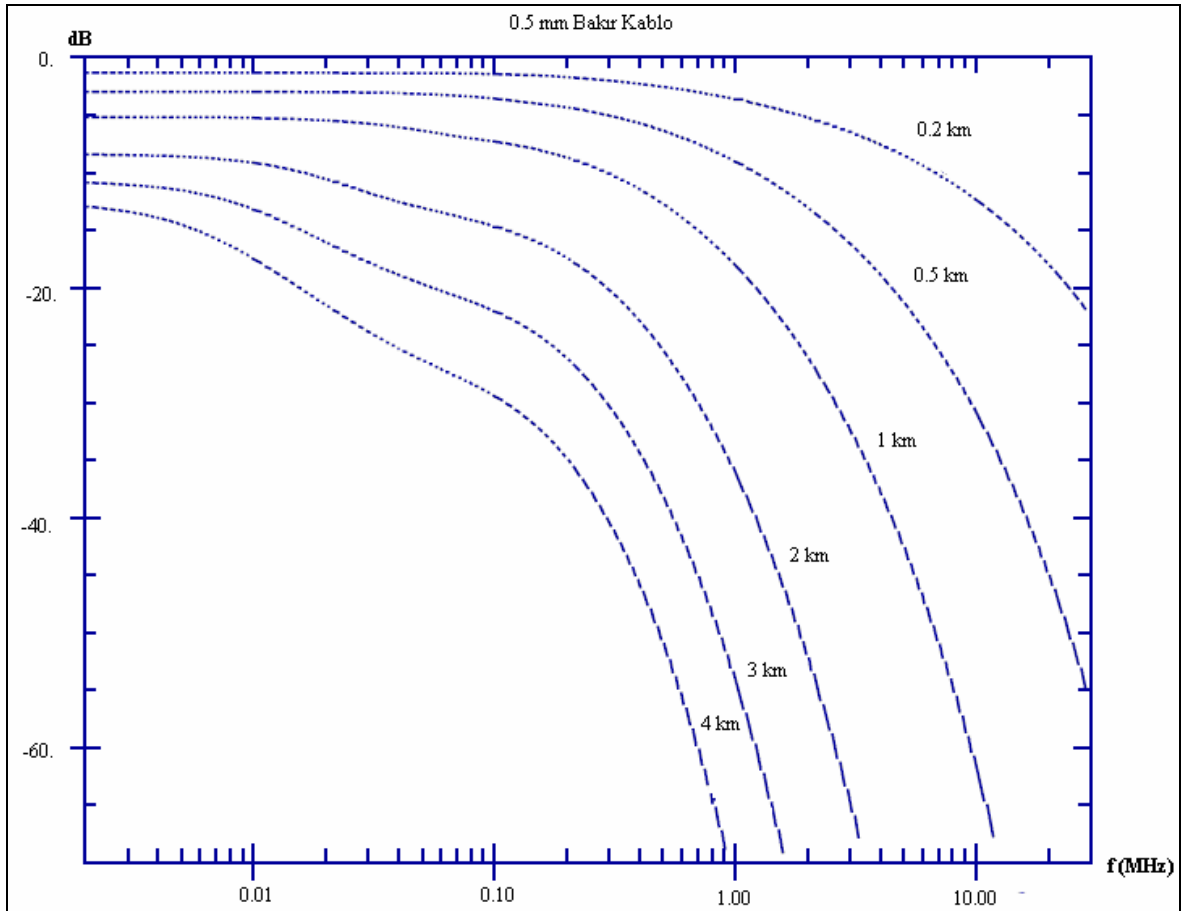
Ses sınıfı modemlerde; modemlerin çıkışındaki veri, çekirdek şebeke tarafından ses sinyali olarak algılanır. Bant genişliğini sınırlayan faktör ise telefon şirketlerinin santrallerindeki kullanıcı kartlarının üzerinde bulunan ve sadece ses bantlarını geçirmek için tasarlanan alçak geçiren filtrelerdir. Çekirdek şebekenin sonundaki filtreler bant genişliğini 3.3 kHz'e sınırlarlar. Modemler, PSTN (Public Switching Telephone Network) üzerinde çalıştıkları için sadece ses bandını kullanarak verileri iletebilirler. Bu yüzden yüksek hıza çıkamazlar. Bakır erişim hatları filtreler olmaksızın önemli bir zayıflama ile frekansları MHz bölgelerine geçirebilirler. ADSL bağlantılarıdaki modemler telefon santrallerine bağlı değildir. Böylece çift sargılı kabloların sunduğu bant genişliğinin tamamı kullanılabilir.

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.

3.2.3.1. Kanal Zayıflamalarını Etkileyen Faktörler

- Kablo uzunluğu
- Kablo Çapı
- Frekans
- Kablonun Dallara ayrılması

Kanal zayıflamalarını etkileyen faktörlerden mesafe ve frekansa göre kablo kayıpları Şekil 3.22’ de grafik olarak görülmektedir. Frekans ve mesafe arttığında kablo kayıpları da artmaktadır (Valcourt, 2003).



Şekil 3.22. Mesafe ve frekansa göre kablo (0.5 mm) kayıpları (Valcourt, 2003)

3.2.3.2. Yüksek Hızdaki İletimi Zorlaştıran Faktörler

- Diyafoni (Hat etkileşimi)
- Darbe Gürültüsü
- Radyo Frekans etkileri

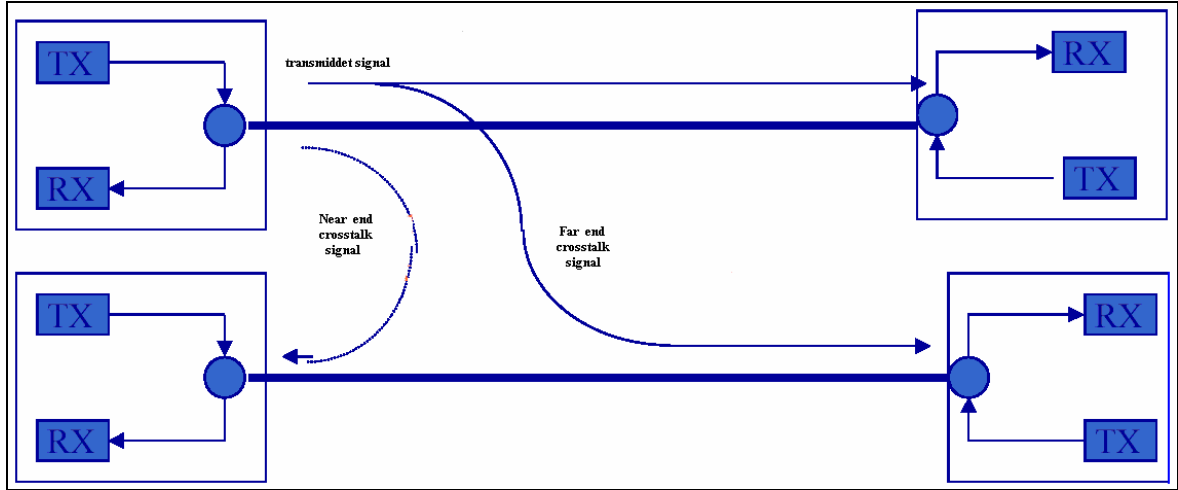
Metalik transmisyon erişim sistemleri kendilerine erişimde bir takım zayıflatıcı unsurlarla karşı karşıyadır. Bunlar genel olarak kablonun içinden gelen iç etken ve dışarıdan gelen dış etkenler olarak sınıflandırılabilir.

Dışarıdan gelen zayıflatıcı etkenlere örnek olarak ısı yansımalarının oluşturduğu zayıflamalar, Enerji nakil hatları, kaynak makineleri, ark kaynak makineleri, şviçler, floresan ışıklar gösterilebilir (Jacobsen, 1999b).

İçten gelen zayıflatıcılara ise termal gürültüler (kablo ısısından), ekoller ve yansımalar, diyafoniler (hat etkileşimi) gösterilebilir. Bunların dışında kablo imalatından kaynaklanan hatalar da DSL sistemlerine erişimde zayıflamalara sebebiyet oluşturabilir. Bunlara projektörler, RFI filtreler, bazı şebekeler gibi örnekler verilebilir. Diğer içten kaynaklanan etmenlere örnek olarak bükümlü çiftler (kablo için) toprağa kaçak, zayıf izolasyon direnci, yüksek rezistanslı birleştirmeler de gösterilebilir.

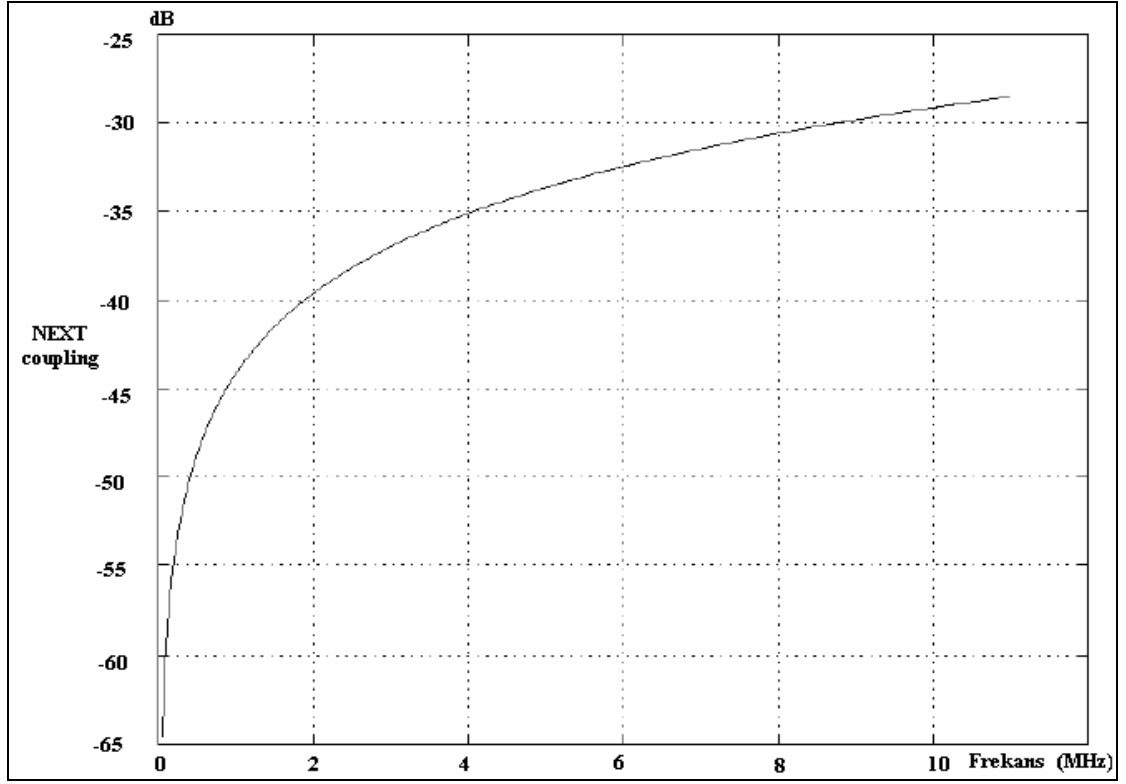
Gürültü kaynakları kapasite sınırlayıcı ve performans sınırlayıcı olarak sınıflandırılır. Kapasite sınırlayıcı gürültü genelde termal ve diyafoni (hat etkileşimi) gibi yavaş değişim gösterir. Bu gürültü seviyeleri çoğunlukla önceden tahmin edilebilir. Bunlar kanalın iç maksimum kapasitesini sınırlama etkisi gösterirler.

Diyafoniler (hat etkileşimi) DSL sistemleri için en büyük kapasite sınırlayıcı gürültüler sınıfından olup şematik gösterimi Şekil 3.23’ de dir. Telefon kablosu içinde bütün perler birbirlerine karşı (belirli derecede) etkileşim içindedir. Şekil 3.24’ de frekansa göre yakın uç etkileşimi ve Şekil 3.25’ de ise frekansa göre uzak uç etkileşimi görülmektedir (Jacobsen, 1999a).

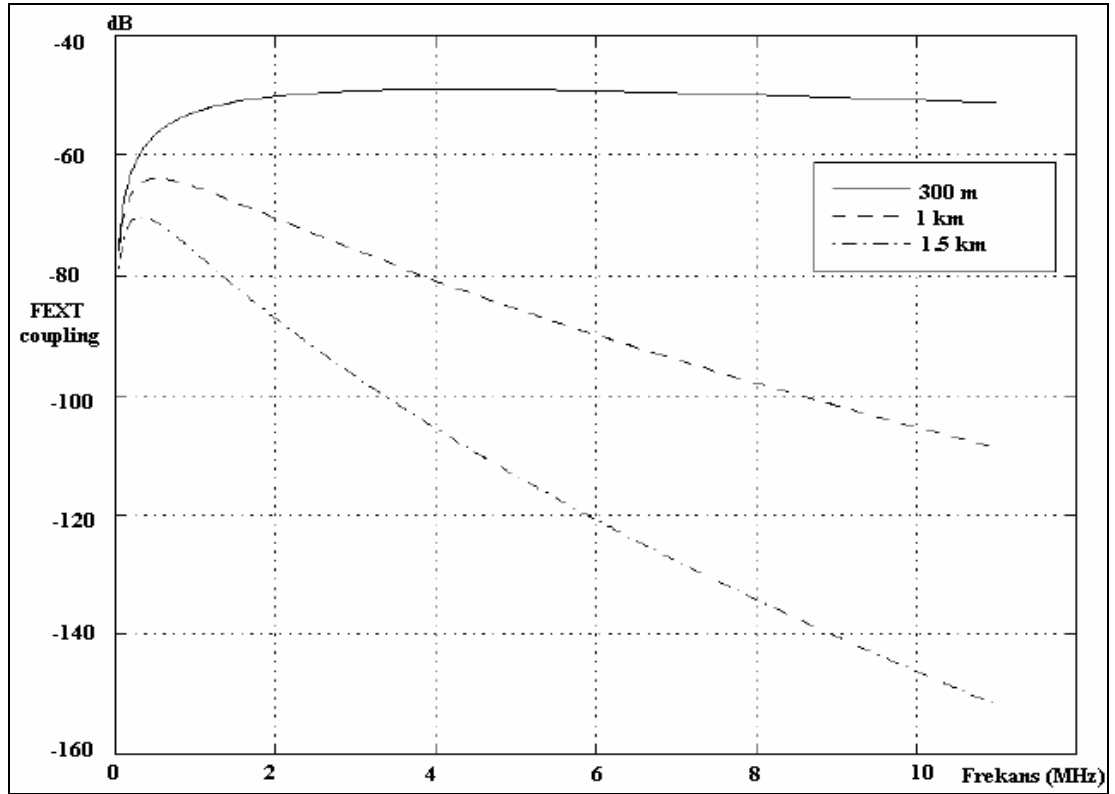


Şekil 3.23. Yakın uç etkileşimi (NEXT), uzak uç etkileşimi (FEXT) (Valcourt, 2003)

RFI sinyalleri ve “darbe” gibi performans sınırlayan gürültüler doğada genelde kesik kesik sinyallerdir. Coğrafi olarak değişken ve önceden belirlenemezler. DSL sistemleri bu tür gürültülerin kabul edilebilir sınırlarını alarak hata düzeltme kodlarıyla sinyal işleminde kullanırlar. Koruma kodlamalarına rağmen tamamen baskı altına alınamazlar.



Şekil 3.24. Frekansa göre (Kablo 0.4mm) yakın uç etkileşimi (Jacobsen, 1999a)



Şekil 3.25. Frekansa göre (Kablo 0.4mm) uzak uç etkileşimi (Jacobsen, 1999a)

Kısaca, gürültü ve yabancı sinyallerin karışmasını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz;

1- Sürekli gürültüler - Kapasite Sınırlayıcıdır;

- Termal Gürültüler
- Yakın uç diyafonisi (Near-end crosstalk NEXT)
- Uzak uç diyafonisi (Far-end crosstalk FEXT)

2- Kesik aralıklı gürültüler - Performans Sınırlayıcıdır;

- Radyo frekans sinyallerinin karışması
- Darbe gürültüleri

3.2.3.3. TCP/IP Protokolü Nedeniyle İnternetteki gecikmeler

TCP/IP protokolü kullanıldığında, 2 nokta arasında bir bağlantı kurulur, Gönderici taraf, her gönderdiği paketin karşı taraftan alındığına dair bir onay (Acknowledge) bekler. Eğer alındı onayı bir süre gelmezse, gönderici taraf paket göndermeyi kesecektir. Bu nedenle, **upload trafiği** yoğun olarak kullanıldığında, özellikle de ADSL gibi asimetrik hız ile bağlanılan bir bağlantıda, alındı onayları aksayabilir ve bu da **download** hızında yavaşlamaya yol açabilir.

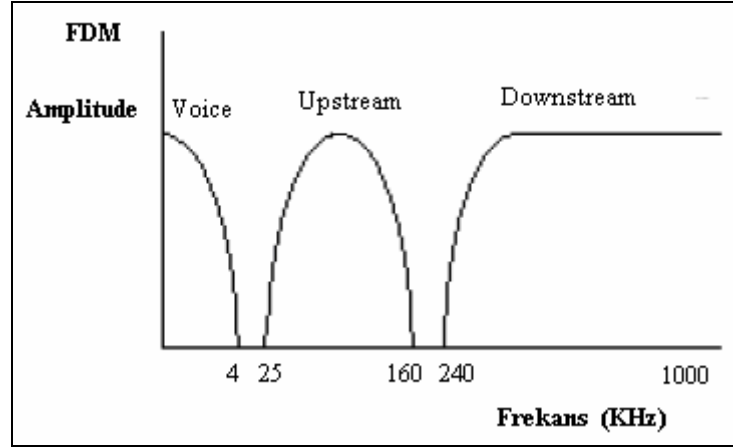
3.2.4. ADSL Çalışması

ADSL'nin uzaklığa bağlı olarak değişen aşağı yönde bir hız menzili vardır. Yukarı doğru veri hızı 16 kbps ile 640 kbps arasında değişir. Aşağı doğru ise 64 kbps ile 9 Mbps veri hızı sağlamaktadır. ADSL de kablo çapı ve hızlara göre erişilebilen mesafe Çizelge 3.7' de verilmiştir.

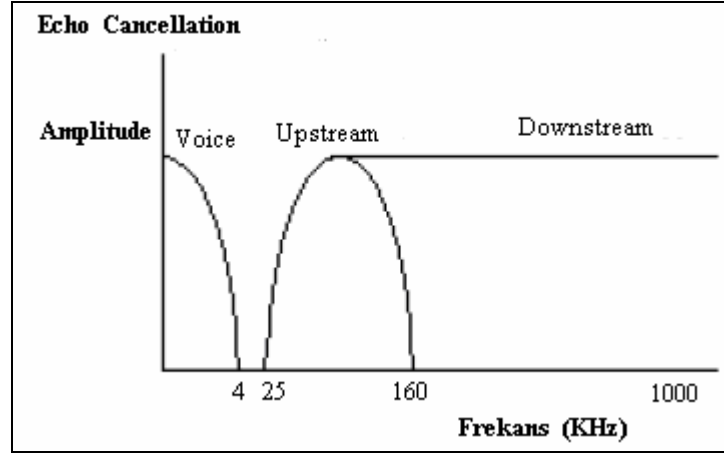
Çizelge 3.7. ADSL de kablo çapı ve mesafeye göre veri hızları (Barkın, 2003).

Veri Oranı	Wire Gauge	Mesafe (feet)	Mesafe (km.)	Kalınlık
1.5 veya 2 Mbps	24 AWG	18.000 ft	5.5 km	0.5 mm
1.5 veya 2 Mbps	26 AWG	15.000 ft	4.6 km	0.4 mm
6.1 Mbps	24 AWG	12.000 ft	3.7 km	0.5 mm
6.1 Mbps	26 AWG	9.000 ft	2.7 km	0.4 mm

Bir hat üzerinde birden çok kanal oluşturmak için şekil 3.26. da gösterilen Frekans Bölmeli Çoğullama (FDM- Frequency Division Multiplexing) veya Şekil 3.27' de gösterilen Yankı Giderme (Echo Cancellation) usülleri olan iki yoldan biri kullanılır. Uygulamada, Yankı Giderme yöntemiyle daha uzak mesafelere gidilebilmektedir. Yankı Giderme yönteminde, yukarıdaki şekilden görüleceği gibi, alışı ve veri kanalları için aynı frekans alanı kullanılırken, FDM yönteminde ayrı frekans alanları kullanılır. Dolayısıyla aynı hızda band genişliği elde etmek için Yankı Gidermede daha düşük frekanslar yeterli olur; bu da daha uzak mesafelere erişmek anlamına gelir.



Şekil 3.26. ADSL de FDM ile kanal oluşturma (Jackson ve Knight, 1998)



Şekil 3.27. ADSL de Echo Cancellation ile kanal oluşturma (Jackson ve Knight, 1998)

ADSL, dijital 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. Bu problem, twisted pair ya da koaksiyel kablo üzerinden yapılacak herhangi bir hat teknolojisi için geçerlidir.

3.2.5. ADSL Modülasyon Teknikleri

ADSL'i standartlaştırmak için, ANSI üç çeşit modülasyon tekniği üzerinde durmuştur (Barkın 2003).

- DMT (Discrete Multitone Modulation) modülasyonu
- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) Tekil Taşıyıcılı Modülasyonu
- CAP (Carrierless Amplitude / Phase Modulation) Taşıyıcısız Genlik / Faz Modülasyonu (QAM 'dan geliştirilmiştir.)

DMT modülasyonu ile en iyi performans elde edilmiştir. ANSI çalışma grubu 1993 yılında temel ara birim tanımlamasını DMT modülasyon tekniğini kullanarak yapmıştır.

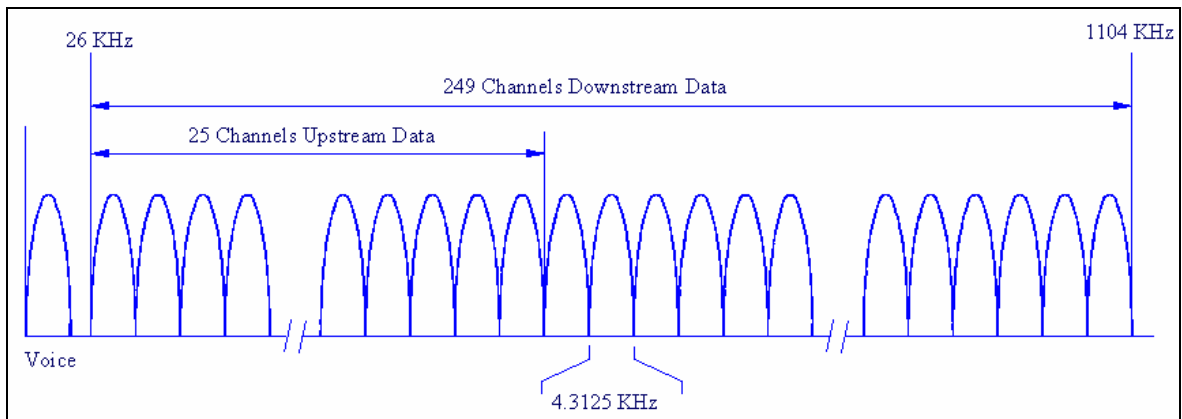
Çerçeve yapısı, test ve bakım amaçlı elektriksel karakteristikler, konfigürasyon, bit oranı opsiyonları, on-line adaptasyon, başlangıç işaretlenmesi hususlarında açıklayıcı tanımlamalar yapılmıştır. ETSI (European Telecommunications Standards Institute)'de DMT'yi ADSL için modülasyon standartı olarak kabul etmiştir ve bunu yayınlamıştır.

3.2.5.1. DMT (Discrete Multi Tone Coding) Modülasyonu

ADSL iletim sisteminde kullanılan bağlantı kodu (Line Code) ANSI T1 komitesi tarafından DMT (Discrete Multi Tone Coding) olarak standardize edilmiştir. DMT'nin başlıca özelliği bakır tel üzerinde ADSL'in çalıştığı frekans aralığında oluşan yüksek gürültüyü yenebilme kabiliyetidir. DMT aynı zamanda, çevreden gelen elektromanyetik gürültüye en az duyarlı kodlama tekniğidir.

DMT, iletim kanalını bir çok alt kanallara böler. Bu alt kanalların her biri ton olarak adlandırılır. Her ton QAM tekniği kullanılarak ayrı bir taşıyıcıda modüle edilir. Taşıyıcı frekansların her biri temel frekansın katıdır. Frekans spektrumu 20 KHz'den – 1.104 Mhz'ye kadar olan aralığı kapsar. 20 KHz, ses servisi (POTS) için rezerve edilmiştir. Gürültü ve kanal koşulları her ton için ayrı ayrı ölçülür ve en uygun olan kanaldan başlayarak iletim yapılır. Böylece en iyi iletim sağlanmaktadır. Standart ADSL sistemleri downlink için 256 ve uplink için 32 adet frekans kanalı kullanılır. Her kanal 4.3125 KHz'lik bir genişliğe sahip olup kanallar arasında da 4.3125 KHz. boşluk bantları bırakılır (Barkın, 2004).

Bakır kablo üzerinde kullanılan frekans spektrumu incelendiğinde, 0-4 KHz'lik alanı kullanan POTS ile çakışmayacak şekilde ADSL'de up ve downlinklerin frekans spektrumuna yerleştirilmesi Şekil 3.28' da görülebilir.



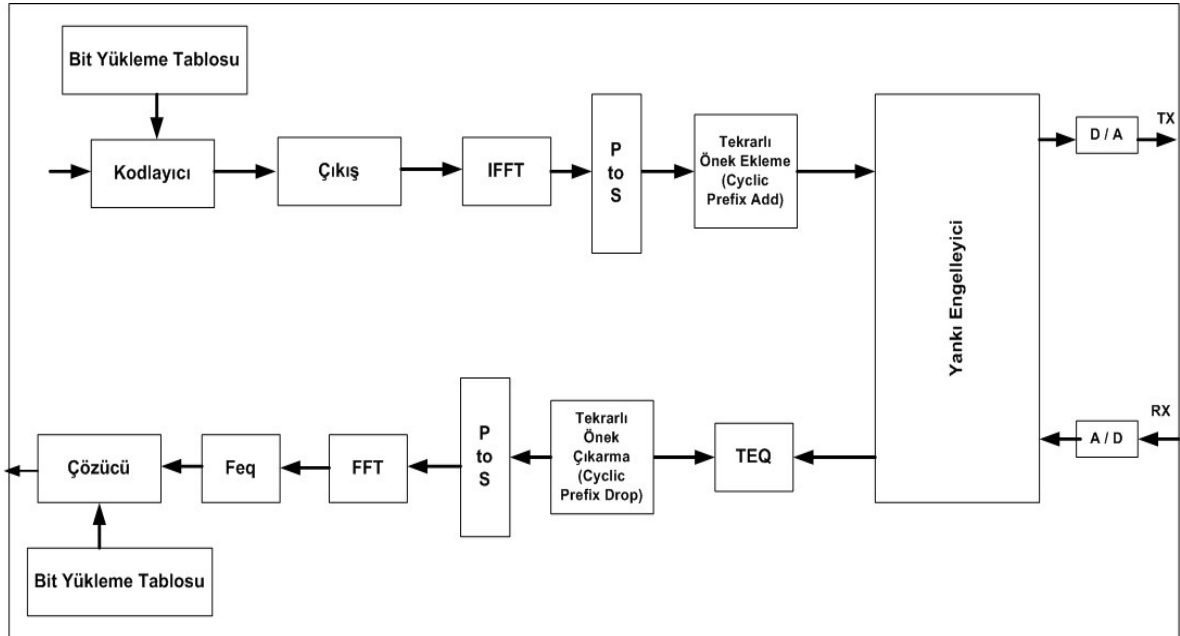
Şekil 3.28. DMT frekans spektrumu (Barkın, 2004)

ADSL iletim sisteminde gelen kanalda 256 frekans kanalı kullanılır. Giden kanalda ise 32 frekans kanalı vardır. Her bir kanal 4.3125 KHz band genişliğine sahiptir

DMT'nin gerçekleştirilmesindeki en önemli unsur IFFT olarak adlandırılan bloktur. IFFT kendi frekans ve genliğinde modüle edilen N adet taşıyıcının toplamını elde eder. IFFT çıkışı $2N$ tane zaman uzayı örneği üretir. Bu çıkış vektörü bir dijital analog çevirici aracılığıyla iletim ortamına gönderilir. Alıcı tarafındaki modemde bu işlemin tersi FFT tarafından yapılır. FFT N adet taşıyıcıyı kendi genlik ve faz bilgisine geri döndürür ve bunları bitlere dönüştürür (Barkın, 2004).

Bit yükleme tablosu ilk açılma sırasında ölçülen hattın SNR (Signal to Noise Reduction)'sine göre hesaplanır. Bit yüklemesi her ton için 2 – 15 bit arasında değişmektedir. Kullanıcının sabit bir hıza ulaşabilmesi için bitlerin taşıyıcılar arasında, toplamı hedeflenen hız olacak şekilde bölünmesi gereklidir. Kodlayıcı bu bit tablosunu alarak QAM tekniği ile kodlama yapar. Bu işlemin tersini alıcı tarafındaki çözücü yapar.

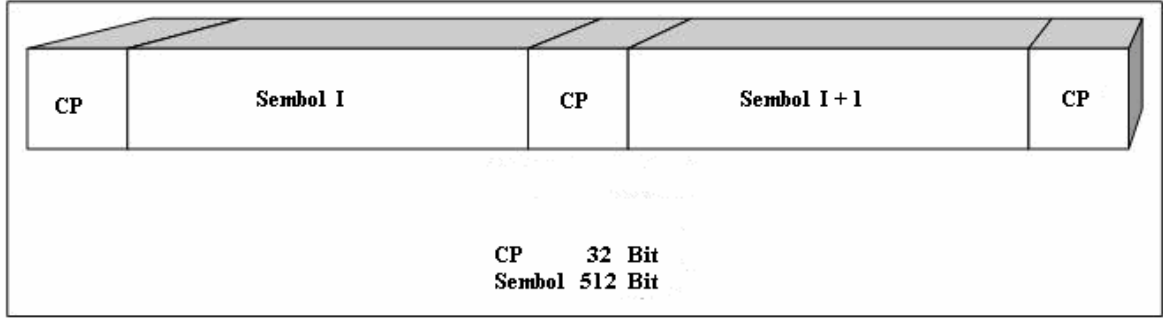
Aşağıda Şekil 3.29' da bir DMT modem blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.29. DMT modem blok diyagramı (Barkın, 2004).

DMT Modem blok diyagramında gösterilen TEQ (Time Equalizer) bir doğrusal filitredir. Amaç ICI (Interchannel Interference) ve ISI (Inter Symbol Interference) etkilerini minimuma indirmektir. Aynı şekilde blok diyagramında gösterilen FEQ (Frequency Equalizer) bakır tel üzerinde yayılan sinyalin genliğinde olan bozulmayı düzeltmeyi amaçlamaktadır. Bu bozulma genlikte olduğu kadar faz kayması olarak da gözlenebilir. FEQ bu etkileri ortadan kaldırır (Barkın, 2004).

Kodlanan her sembol $1/16$ sembol uzunluğuna sahip Şekil 3.30' da blok diyagramı gösterilen bir önek (Prefix) tarafından birbirinden ayrılır. Bu öneğin kullanılmasının amacı sembollerin birbirine karışıp bir semboller arası girişim (Inter Symbol Interference – ISI) oluşmasını engellemektir (Barkın, 2004).



Şekil 3.30. Tekrarlı önek blok diyagramı (Barkın, 2004).

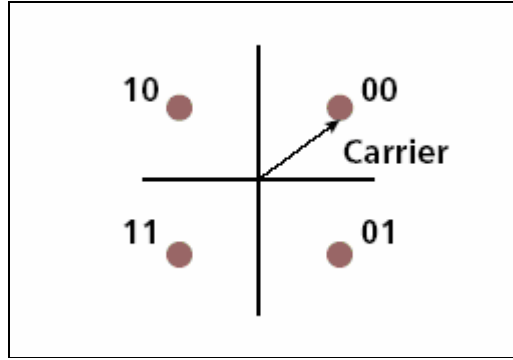
Tx verisi, R (bit/s) hızı ile tutulacağı tampon hafızaya varır. DMT sembollerinin uzunluğunda gruplara ayrılma işlemi daha sonra yapılır. DMT sembol uzunluğu, T zaman (periyot) ile ters orantılı olup, her bir DMT sembolünün bit sayısı $b = R \times T$ dir. (sembol oranı $= 1/T$) Dolayısıyla b bitleri, i 'nci alt kanalı kullanabilmek için b_i ($i = 1, \dots, N=256$) aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$b = \sum_{i=1}^N b_i$$

DMT kodlayıcıda doğru fazda ve genlikte bir kompleks X_i sembolüne her bir alt kanala karşılık gelen b_i bitleri çevrilir. QAM takım yıldızının f_i taşıyıcı frekansı üzerindeki bir vektörü olarak, X_i kompleks sembolünün her biri gösterilebilir. Bu vektörün, 2^{b_i} adet geçerli değeri olup normalde her bir b_i biti, QAM takım yıldızında DMT sembolünün i 'nci kanalına ait bir noktayı gösterir. Netice olarak N adet QAM vektörü sağlanmış olur. IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) bloğunun girişini, kodlayıcının N adet QAM çıkış vektörü oluşturur. Burada çıkış frekansını, QAM kodlaması ile tanımlanmış olan X_i kompleks sembolü göstermektedir. Neticede, faz ve genliği yada kompleks frekansı ile 256 eşit parçaya bölünmüş bir frekans aralığını, N adet QAM vektörü ($N=256$) gösterir. Kompleks frekanslar seti ise, zaman düzenine IFFT ile dönüştürülür. Paralel-seri konvertöre IFFT' nin N çıkışı bağlanmıştır.

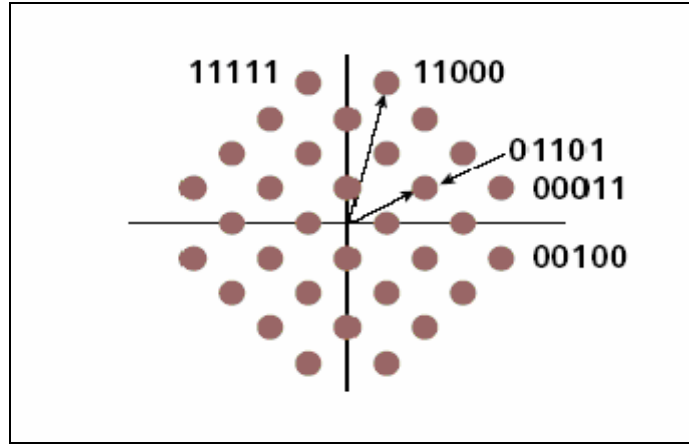
3.2.5.2. QAM Karesel Genlik Modülasyonu

Sinyal genlik seviyesinin her bir adım için değişmesi temel bant için kullanılan umumi uygulamadır. PAM (Pals Genlik Modülasyonu-Pulse Amplitude Modulation) olarak bilinir. 2B1Q kodu 4 seviyeli sistem için bilinen en iyi metoddur. Her bir 2 ikilik (binary) sembol 4 seviye sembolüne (dörtte birlik alana) dönüşmüştür. 2B1Q pals genlik seviyeleri ± 1 ve ± 3 ile gösterilir. Çoklu seviyeli PAM kodundaki gerilim durumları genelde $\pm 1, \pm 3, \pm 5$ ile gösterilir. Bu yöntem tek boyutlu kodlamadır. Bir boyut daha ilave edildiğinde QAM bir taşıyıcı ile modüle edilebilir. İlave edilen boyutta taşıyıcının faz ve genliği değiştirilir. Faz ile kareleme usulünün her ikisinin farklı seviyelerinden oluşmuş noktaların oluşturduğu takımyıldızı yada dikdörtgen model ile buradan alınan neticeler benzerdir. Şekil 3.31' de QAM-4 takımyıldızı ve Şekil 3.32' de QAM-32 takımyıldızı görülmektedir.



Şekil 3.31. QAM-4 takımyıldızı

Takım yıldızı büyötmek suretiyle her bir sembol için bit sayısı arttırılabilir. Ancak bu vaziyet seviye ve fazın algılanması işini çok zorlaştırmaktadır.



Şekil 3.32. QAM-32 takımyıldızı

Bir QAM takım yıldızı için gerekli SNR (Sinyal / Güröltü Oranı : Signal to Noise Ratio) değeri, BER (Bit Error Rate : Bit Hata Oranı) $\leq 10^{-7}$ iken veren durum Çizelge 3.8’de görölmektedir.

Çizelge 3.8. Gerekli Sinyal / Güröltü oranları

Bit / Sembol Oranı (r)	QAM Takım Yıldızı Boyutu (2^r - QAM)	BER $\leq 10^{-7}$ için Gerekli SNR [db]
4	16-QAM	21.8
6	64- QAM	27.8
8	256- QAM	33.8
9	512- QAM	36.8
10	1.024- QAM	39.9
12	4.096- QAM	45.9
14	16.384- QAM	51.9

Bir çift ortogonal taşıyıcı üzerinde modüle edilmek üzere, veri 2 yarı dalgaya ayrılmakta ve iletim için hazır hale gelmektedir. Sinüs ve kosinüs karıştırma fonksiyonu yapan bir sistem ortogonallık sayısallaştırma için çalışmaktadır.

Alıcı ve verici; alçak geçiren filtre, bit-sembol kodlayıcı, sayısal-analog çevirici ve modulatörden oluşmaktadır. Alıcıda, demodülasyon ile ayrıştırılmayla, ortogonallık iki bit dalgasının içindeki veri seçilir. Alıcı tarafından alınan 2 boyutlu kompleks sembollerin ve bu sembollerin içindeki kaydedilmiş ikili verilerin tanımlanması ve bit dalgasının sıraya koyulup düzenlenmesi dedeksiyon (algılama- ayrıştırma) işlemi ile gerçekleştirilmektedir.

3.2.5.3. CAP Taşıyıcısız Genlik / Faz Modülasyonu

CAP, QAM gibi aynı tip spektral şekillendirmeye sahip, 2 boyutlu bir transmisyon yöntemidir ve QAM için kullanılan aynı takım yıldız şekilleri CAP için de kullanılabilir. Bit dalgasının her iki yarısının iki transversal band geçiren filtreden geçirilmesi ile modülasyon sağlanmakta ve impulse cevapları birer hilbert çiftini vermektedir. Gönderilen sinyalin şekillendirilmesi ve oluşturulması, iki adet sayısal filtrenin çıkış kombinasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Alıcı, eşitleyici fonksiyonu görevini yaptığından QAM'daki eşitleme yapısının benzeri burada kullanılabilir.

3.2.5.4. ADSL Çerçeve Yapısı

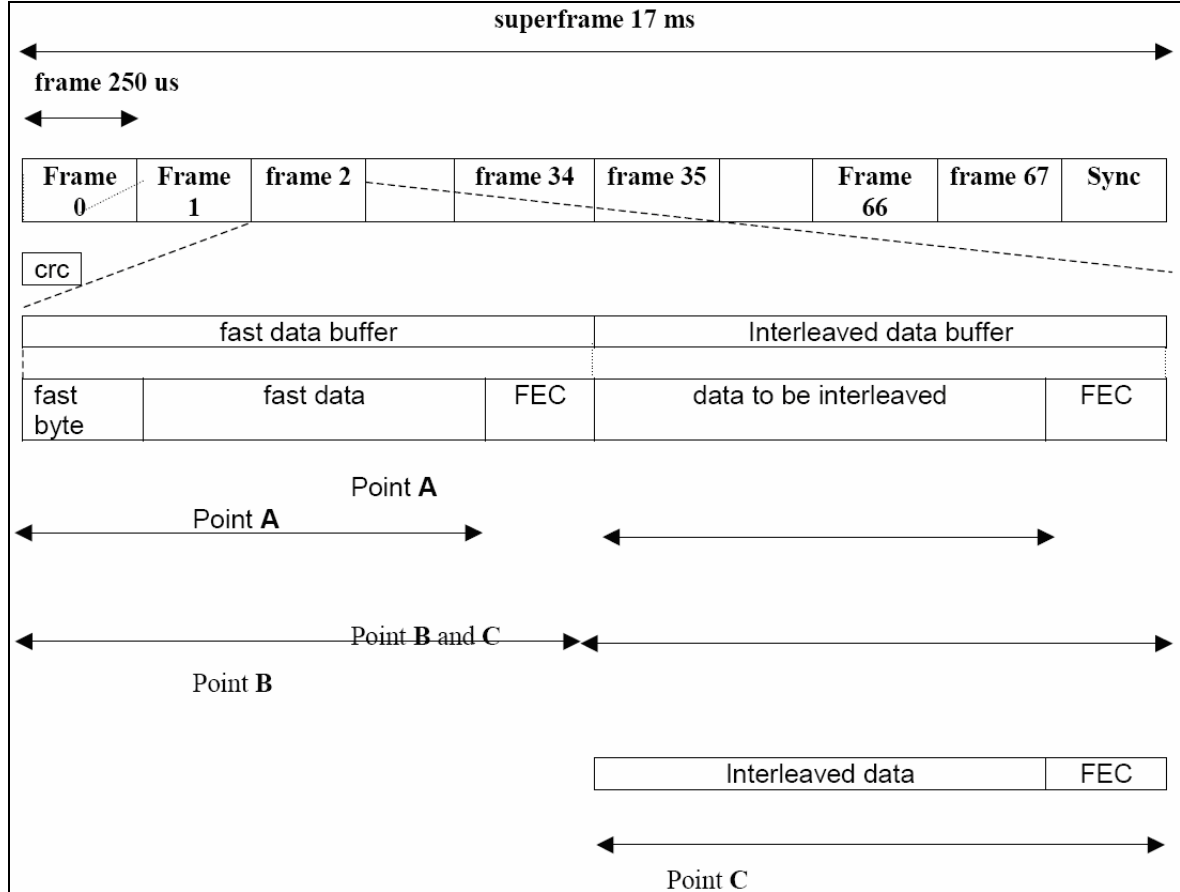
Çerçeveleme (Framing): Çerçeveleme verinin nasıl paketlenildiğini belirtir. ADSL DMT'de veri kanalları 4 Khz sembol hızında senkronize edilmiştir ve iki veri alanına ayrılmışlardır. Bunlar interleaved veri tamponu ve fast (non – interleaved) veri tamponu olarak adlandırılır. Her bir veri çerçevesi sabit olan 4000 sembol hızı nedeniyle 250 mikrosaniyede gönderilmelidir. Bir senkronizasyon çerçevesi eklenen 68 adet veri çerçevesi bir ADSL süper çerçeveyi oluşturur. Bir süper çerçeve, 0.017 saniyede gönderilir. Eğer senkronizasyon çerçeveyi kullanılmazsa her bir çerçevenin tek tek gönderilmesi çok daha yavaş olur (Barkın, 2004).

FEC (Forward Error Control): FEC gönderilen veri bloğuna bir kontrol bloğunun eklenmesi ile gerçekleştirilir. Bu blok taşınan bilgiye kıyaslandığında küçüktür. FEC bloğu demodülatör tarafından yanlış olarak elde edilen bitleri tespit eder. FEC, RS kodlaması (Read – Solomon) olarak adlandırılan kodlamayı kullanır (Barkın, 2004).

Scrambling: Bu yöntem modülatör birimine gönderilen bitlerin yerini rastgele olarak değiştirmektedir. Bu sayede 1 ve 0'ların dağılımı ve deletilen gücün miktarı daha kararlı hale gelir. Alıcı noktada bir scrambler çözücü bitleri eski haline getirir (Barkın, 2004).

Interleaving: Ard arda gelen bitler sistematik olarak birbirlerinden belli sayıda bit ilave edilerek ayrılırlar. Alıcı tarafında bu işlemi Deinterleaver yapar. Interleaving FEC blokları üzerinde uygulanır. Kullanılan en basit yöntem blok interleaving olarak adlandırılır. Bu algoritmada bir tampon belleğe satırlar olarak yazılan bitler sütunlar olarak geri okunur. Böylece her bit kendisine komşu olan bittin satırların sayısına eşit miktarda bitle ayrılmış olur. Deinterleaver'da ise gelen bu bilgi sütunlara yazılır fakat satırlar halinde okunur. Bu da yapılan işlemin tersinin elde edilmesini sağlar (Barkın, 2004).

DMT sembollerine kodlanmış ve modüle edilmiş 68 adet ADSL veri çerçevesinden meydana gelen superframe yapısı aşağıda şekil 3.33. de gösterilmiştir. DMT sembol oranı 4000 baud'tur (periyot=250µsn), senkronizasyon sembolü her bir superframe'in sonuna yerleştirilmiştir. Dolayısıyla gönderilen DMT sembol oranı $69 / 68 * 4000$ baud olmaktadır. ADSL çerçevelerinde, 8 bit CRC için ayrılmıştır. Ve 24 adet işaret biti (ib0 – ib23) OAM fonksiyonları için tahsis edilmiştir. Fast veri tamponunun “fast” baytı ise senkronizasyon, EOC veya CRC bitlerini taşır. Her kullanıcı verisi, iletimin başlangıcında fast (hızlı) veri buffer veya interleaved (uzatılmış) veri buffer'a atanır (Hakola, 1999).



Şekil 3.33. ADSL de kullanılan superframe yapısı (Hakola, 1999)

3.2.5.5. DMT ile QAM/CAP Modülasyonlarının Karşılaştırılması

DMT de, download ve upload veri değerlerinin programlanabilmesi ile veri aktarım hızı (Bit rate) çok küçük aralıklarla değiştirilebilmesi ve de yeniden konfigürasyon yapılması çok kolaydır. DMT modülasyon tekniği ile Hat kapasitesi en verimli şekilde kullanılabilir. Her bir kanal için, çok esnek olarak güç dağılımı yoğunluğu ayarlaması yüksek (boosted) veya alçak (reduced) olarak yapılabilir.

Anlık (impuls) veya sürekli gürültülere karşı DMT modülasyon tekniği, QAM / CAP modülasyon tekniklerine karşı daha büyük bağışıklığı vardır. Ancak yeterli uzunlukta bir impuls gürültüsü sistemi durdurabilecek ve bunun neticesinde fazla hata oranları olacaktır.

QAM / CAP ve DMT sinyal işleme teknikleri birbirine benzerdir. Yavaş sinyal işleme ve eşitlemeye DMT de, QAM / CAP tekniklerine göre daha asgari düzeyde ihtiyaç duyulur. DMT de, FFT blok işleme kullanıldığından sonuçlar çok gecikmelidir. Bu gecikme, dar bant ISDN ve PSTN için, uygun boyutlandırma ile ehemmiyetsiz duruma getirilebilir.

DMT sinyalindeki yüksek zirve-ortalama oranı (Peak To Average) meydana ek gürültüler çıkarabilmekte ve sinyale ilave edebilmektedir. Analog-sayısal ise çevirme pahalı olduğundan, doğru boyutlandırma ve RS FEC (Reed-Solomon Forward Error Correction) kullanılarak bu telafi edilir. QAM / CAP tekniklerinde ise uygulamada kolaylık sağlaması için, DMT'den daha basit bir FEC (Forward Error Correction) kullanılmaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Geniş bant erişim sunmak için en ideal ortam fiber optik kablodur, ancak fiber optik kablonun ve ilgili servislerin sunulmasının yüksek maliyetli olması fiber teknolojinin yaygınlaşmasını engellemektedir. Fiber ile eşeksenel (koaksiyel) kabloları karma bir biçimde bir araya getirme çabaları da şimdilik başarı kazanamamıştır. Öte yandan milyonlarca kilometrelik bakır hat bulunmaktadır. Bu nedenle ses ve veri taşımak için en yaygın olarak kullanılan alt yapı bakır tabanlı iletim ortamlarıdır ve mevcut modem teknolojileri bu bakır hatları değerlendirmektedir. Ancak günümüz modem teknolojisi en fazla 56 Kbps hız iletebilmektedir. Çiftli bükülü bakır telefon hatları üzerinden bir modem ve ayırıcı (splitter) aracılığı ile bağlanarak hızlı veri iletimini sağlayan xDSL teknolojileri diğer geniş bant teknolojileri arasında en yaygın olanıdır. Bunun nedenleri arasında;

- Sistemin altyapısının büyük ölçüde hazır olması,
- Standartları üzerinde baştan beri dikkatle çalışılmakta olması,
- Donanım fiyatlarının, diğer teknolojilere göre ucuz olması sayılabilir.

4.1. Teknolojilerin Karşılaştırılması

4.1.1. X.25 Frame Relay ATM ve TDM Karşılaştırılması

X.25, gürültülü analog hatlardaki problemleri ortadan kaldırmak için tasarlanmış paket tabanlı bir protokoldür. X.25 ağında her link üzerinde, düğümler arasında 3 katmanlı protokol kullanılır. Paket, DTE (Digital Terminal Equipment) tarafından ilk X.25 node'una gönderilir. Burada paketin geçerliliği ve içindekiler kontrol edilir. Eğer herhangi bir hata yoksa paket aynı işlemler için yeni link üzerine ve yeni bir X.25 düğüme gönderilir. Hata bulunduğu takdirde, düğümden, paketin yeniden iletilmesi istenir. Bu oldukça güçlü bir kontroldür ve işlem hızını yavaşlatır. Sonuçta X.25 yavaş bir protokoldür. X.25'te paket büyüklükleri değişkendir ve protokoldeki işlem gecikmelerinin sonucunda sadece paketlenmiş veri için uygundur. Gerçek zamanlı servisler, örneğin ses ve video X.25 protokolü üzerinden iletmeye uygun değildir.

Frame Relay, günümüzün yüksek kalitesinin avantajları ile geliştirilmiş bir protokoldür. Hatanın az olduğu sayısal devrelerde X.25'in yaygın kontrolünü ortadan kaldırarak, basit bir hata kontrolü kullanır. Her node çerçeve (Frame) kontrolünü alır, hata yoksa FCS (Frame Check Sequence) kullanılır eğer hata varsa çerçeve basitçe atılır. Frame Relay değişken uzunlukta çerçeve büyüklüğüne sahip olduğundan dolayı "Bursty" tip verinin iletimi için oldukça iyidir. Yani, Frame Relay sabit bit hızlı kaynaklar, örneğin ses ve video için iyi değildir. Özellikle noktadan noktaya bağlantılar için tercih edilmektedir.

ATM'in sabit hücre büyüklüğüne sahip olması, hücrelerin kolaylıkla donanım olarak anahtarlanması ve anahtarlanmanın yüksek hızda olması demektir. ATM düşük hata oranlı devreler üzerinden iletiğinden, hata algılama yada düzeltme yoktur. (paketteki başlık içindeki hata kontrolü dışında – HEC (header error correct)) ATM; hücrelerdeki kayıpları ve hücre verisindeki bozulmaları yada yükü uç noktadaki sisteme tanıtmak için Higher Layer Protocol'ler üzerinden iletilir. ATM tüm trafik tipleri (veri, video, ses) için uygundur. Ancak, genellikle noktadan noktaya hat taleplerinin karşılanması için kullanılması tercih edilmektedir.

TDM (Zaman Bölmeli Çoklama), veri kanallarının birleştirilmesini (multiplex edilmesini) ve bant genişliği kapasitesi tüm veri kanallarının toplam kapasitesinden daha büyük hat boyunca birlikte iletilmesini gerçekleştirir. Hangi veri bitlerinin hangi kanala aktarılacağını belirlemek için çerçeve bilgisinin Data Stream'e eklenmesi gerekir. veri cihazlarının bağlantısı dışında, analog veya sayısal ses devreleri de sisteme bağlanır. Eğer ses bağlantısı yapılırsa, Multiplexer'a gelmeden önce analogdan PCM'e çevrilir. Böylece diğer veri kanalları ile multiplex edilebilen 64 kb/s hızında Data Stream'ler üretilir. TDM yaklaşımının geri çekilmesinin nedeni, istatistiksel multiplexing olmayışıdır. Bant genişliği her kanal için sabit olarak tahsis edildiğinden eğer veri de patlama (Burst) varsa, veri sadece mevcut bant genişliğini kullanabilir. Bununla beraber bant genişliği gönderilen veri için büyükse, tamamı kullanılmadığı halde tahsis edilmiş olmaktadır. TDM ses iletimi için oldukça iyidir.

Bunları özetleyecek olursak;

X.25

- Değişken uzunlukta çerçeveler
- Her bir hatta hata taraması ve düzeltme
- Hat bazında pozitif onay

Frame Relay

- Değişken uzunluk
- Ağın ana formatında veriyi taşıması
- Basitlik, verimlilik, benzerlik
- Yazılım yoğunluğu
- Çerçeve seviyesinde onaylama yok

ATM

- Sabit Uzunlukta hücreler
- Çoğul ortama uygunluk
- Yüksek anahtarlama hızı
- Donanım yoğunluğu
- Hata düzeltme ve onaylama yok

TDM

- Sabit uzunlukta her bir kanala adanmış zaman dilimleri
- Her bir kanal için sabit bant genişliği
- Tahmin edilebilen gecikme

4.1.2. XDSL ile Diğer Teknolojilerin Karşılaştırılması

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 iletimini desteklemesi yanında sürekli bir bağlantı da sağlar. Böylece, dial-up bağlantılarda karşı modemin aranması sırasındaki zaman kayıpları önlenmiş olur. Sürekli bir bağlantının yanısıra, bir mesaj göndermek,

telefon ya da video görüşmesi başlatmak, TV seyretmek gibi uygun ortamı sağlamasından dolayı ADSL bağlantıları çok yakın gelecekte interaktif internet servislerini artıracaktır.

ADSL'in veri kısmı gerçek bir paket anahtarlama bağlantısıdır. Bir ADSL bağlantısı telefon şirketinin merkez ofisinde son bulunduğu 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.

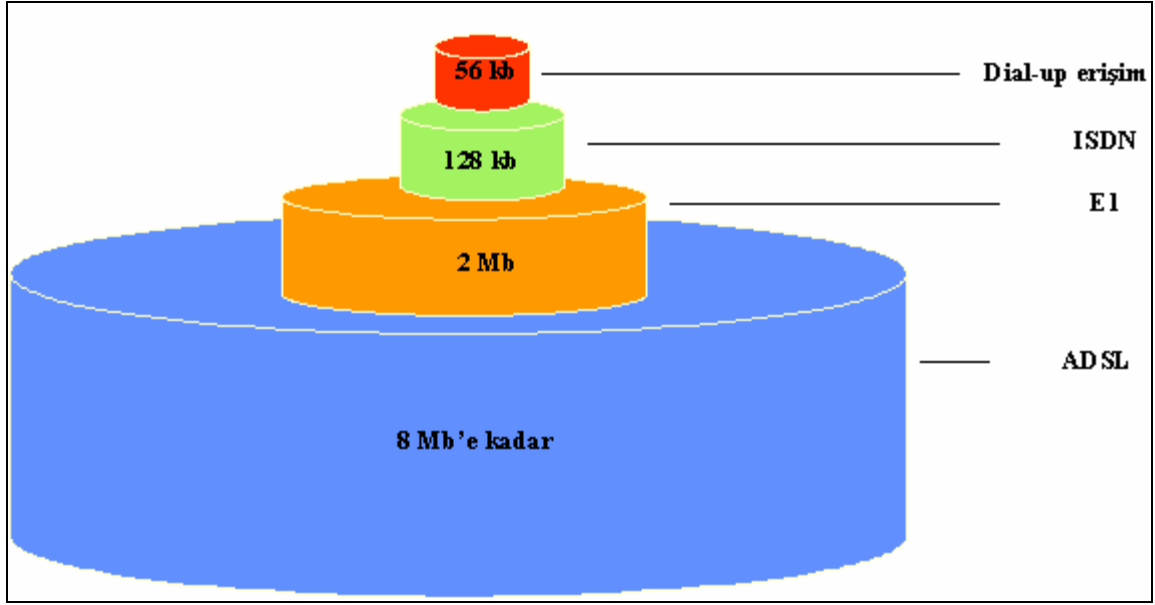
ADSL uzaklığa uyumlu bir hız gösterir. Yani, merkez ofise daha yakın olan kullanıcıyla daha uzak olan kullanıcı için aynı hızları desteklemez. Normal telefon görüşmeleri 4 KHz'in altındaki frekanslarda çalışır. ADSL ise bunun üzerindeki frekansları kullanır. Dolayısıyla normal telefon görüşmeleri sırasında mevcut olan bantgenişliği etkilenmez. ADSL servisleri asimetriklerdir. 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 müşteriler 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 video konferans sistemlerinde oldukça iyi bir performans sağlayacaktır.

Her ADSL kullanıcısının 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 modem dezavantajı ADSL'de söz konusu değildir. Sonuç olarak; Bakır Hatların Sayısallaştırılmasından ortaya çıkan DSL, iletişim teknolojilerine önemli bir boyut getirmektedir.

ADSL ve diğer bazı erişim teknolojilerini download ve bant genişliği olarak karşılaştırılması Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. ADSL download hızının diğer erişimler ile karşılaştırılması (Anonim, 2004a)

	50 KB Web Page	2 MB Image	16 MB Movie	72 MB Movie
56 Kbps Modem	7.1 sec	4 min 48 sec	31 min 45 sec	2 hr 54 min
128 Kbps ISDN	3.1 sec	2 min 4 sec	8 min 45 sec	1 hr 28 min
1.5 Mbps DSL	0.3 sec	21 sec	1 min 23 sec	



Şekil 4.1. ADSL ve diğer erişim teknolojileri bant genişlikleri (Anonim, 2004a)

Dial-up bağlantılarda kontör atış periyotlarında 1 kontör, ISDN bağlantılarda ise hız 128 kbps olup kontör atış periyotlarında 2 kontör atmaktadır. Dial-up ve ISDN bağlantılarda Çizelge 4.2’ de görüldüğü gibi kontör atışına göre tam tarife ve indirimli tarife olmak üzere 2 kademeli tarife uygulanmaktadır. Hafta içi (Cumartesi dahil) saat 08.00-20.00 arası tam tarife, saat 20.00-08.00 ile Pazar günleri indirimli tarifiedir. Ayrıca dial-up ve ISDN bağlantılarda aylık paket ücreti bulunmakta bunlar; 1 aylık, 3 aylık, 6 aylık, 12 aylık olarak aşağıda Çizelge 4.3’ de görülmektedir. Frame Relay ile internet erişim ücreti Çizelge 4.4’ de görüldüğü gibi hıza göre sabit aylık port ücreti ve PVC ücreti olarak uygulanmakta ve ADSL ile erişimde ise Çizelge 4.5’ de görüldüğü gibi yine süreden bağımsız ve hıza göre sabit aylık ücret şeklinde ücretlendirme uygulanmaktadır.

Örnek olarak günlük 2 saat ve aylık toplam 60 saatlık internet dial-up ve ISDN erişim (tam tarife) ücretlendirmesini hesaplırsak:

Dial-up telefon ücreti : 60 saat X 1.25 YTL/saat = 75.00 YTL

Aylık paket ücreti : 58.00 YTL / 12 = 4.83 YTL

Dial-up internet erişim ücreti : 75.00 YTL + 4.83 YTL = 79.83 YTL

ISDN telefon ücreti : 60 saat X 2.50 YTL/saat = 150.00 YTL

Aylık paket ücreti : 58.00 YTL / 12 = 4.83 YTL

ISDN internet erişim ücreti : 150.00 YTL + 4.83 YTL = 154.83 YTL

Çizelge 4.2. Dial-up ve ISDN kontör atış periyoduna göre saatlık ücretler

	Dial-up (StandartHATT)	ISDN
Tam Tarife	1.25 YTL/saat	2.50 YTL/saat
İndirimli	0.63 YTL/saat	1.25 YTL/saat

Çizelge 4.3. Dial-up ve ISDN aylık paket ücretleri

AYLIK ÜCRET	1 Aylık	3 Aylık	6 Aylık	12 Aylık
PSTN ve ISDN	9.50 YTL	22.50 YTL	38.50 YTL	58.00 YTL

Çizelge 4.4. Frame Relay internet erişim ücreti

Frame Relay (Kbps)	PORT ÜCRETİ	PVC ÜCRETİ
64	15.00 YTL	74.00 YTL
128	26.00 YTL	113.00 YTL
256	44.00 YTL	179.00 YTL
512	75.00 YTL	291.00 YTL
1024	127.00 YTL	482.00 YTL
2048	217.00 YTL	807.00 YTL

Çizelge 4.5. ADSL internet erişim ücreti

ADSL (Kbps)	Aylık Ücret (Limitsiz)
256 / 64	49.00 YTL
512 / 128	99.00 YTL
1024 / 256	169.00 YTL
2048 / 512	269.00 YTL

Çizelge 4.6. Günlük erişim sürelerine göre aylık internet erişim maliyetleri

Günlük Erişim Süresi (saat)	Aylık Erişim Süresi (saat)	Dial-up Aylık Maliyeti tam tarife (YTL)	ISDN Aylık Maliyeti tam tarife (YTL)	Frame Relay 128 Kbps Aylık Maliyeti (YTL)	ADSL 256 Kbps Aylık Maliyeti (YTL)
2	60	79.83 YTL	154.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
3	90	117.33 YTL	229.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
4	120	154.83 YTL	304.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
5	150	192.33 YTL	379.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
6	180	229.83 YTL	454.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
7	210	267.33 YTL	529.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
8	240	304.83 YTL	604.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
9	270	342.33 YTL	679.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
10	300	379.83 YTL	754.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
11	330	417.33 YTL	829.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL
12	360	454.83 YTL	904.83 YTL	139.00 YTL	49.00 YTL

Çizelge 4.6. da görüldüğü gibi ADSL de en düşük hız olarak 256 Kbps, Frame Relay 128 Kbps ve ISDN 128 Kbps ile dial-up erişimlerin ücret karşılaştırmalarında ADSL tarifesinin çok uygun olduğu bilhassa dial-up ve ISDN de kullanım süresi arttıkça ücret farklarında arttığı görülmektedir.

4.1.3. Teknolojilerin Avantaj ve Dezavantajları

4.1.3.1. Dial-up Telefon Hatları Avantaj ve Dezavantajları

Her noktadan her noktaya bağlantı sağlanması dial-up ile erişimin bir avantajı olmasına rağmen; sınırlı bant genişliği ve bu nedenle yüksek hacimde veri iletiminde yetersiz kalması, patlamalı kriterdeki trafik iletimi için bir etkinlik kazanımı olmaması ve yönetilebilme yeteneklerinden yoksun olması dial-up ile erişimin dezavantajlarındandır.

4.1.3.2. Noktadan Noktaya Kiralık Hatlar Avantaj ve Dezavantajları

Yüksek hızda veri iletimi için değişik hızlarda seçilebilmesi ve sonlandırma aygıtlarına bağlı olarak yönetilebilme yetenekleri olması noktadan noktaya kiralık hatların avantajıdır. Patlamalı tipte trafik için bir etkinliğe sahip olmaması ve yedeklemeli bir yapı için, karışık ağ topolojilerine gereksinim duyması ise dezavantajlarıdır.

4.1.3.3. X.25 Avantaj ve Dezavantajları

Kullanıma açık olan band genişliğine istatistiksel erişim imkanı sağlaması, patlamalı tipte trafik iletimi için etkin olması, Her noktadan-her noktaya bağlantı için sanal devreler oluşturulabilmesi ve hata sezme ve düzeltme yeteneğine sahip olması X.25'in avantajlarındandır. Akış kontrolü ve hata düzeltme işlevleri için çok yüklü protokol işlem yükü gerektirmesi ve akış protokolü işlem yükü nedeniyle anahtar ve servis fiyatlarının yüksek olması X.25'in dezavantajlarındandır.

4.1.3.4. Frame Relay Avantaj ve Dezavantajları

Özel hatlara göre daha fazla bant genişliği ve daha fazla güvenilirliği sağlaması Ağ yönetiminin fazla karışık olmaması ve Özel hatları saklayabilmesi Frame Relay'in avantajlarındandır. Ses ve video iletimi senkronizelik ve anahtardan anahtara sabitlenmiş kısa gecikmeler ister. Halbuki Frame'lerin büyüklük olarak değişken olması ve veri paketleriyle aynı hatta ilerleyen ses paketlerinin düğüm üzerinde farklı gecikmelere uğrayabilmesi nedeniyle Frame Relay'da ses ve video iletimi iyi olmaması dezavantajdır.

4.1.3.5. ATM Avantaj ve Dezavantajları

Veri, video, ses aktarımında; küçük, sabit büyüklükte hücreler kullanması ve bağlantı kaynaklı (connection oriented) olması ile çoklu servis tiplerine ve birçok trafik tiplerinin toplanmasına, LAN ve WAN bağlantılarına uygunluğu, etkin ve garanti edilmiş ve de dinamik (değişken) bant genişliği kullanımı ile bir çok QoS sınıfının kullanımının desteklenmesi, otomatik konfigürasyon ve hata düzeltiminin bulunması ATM'in avantajlarındandır.

4.1.3.6. XDSL (Digital Subscriber Line) Avantaj ve Dezavantajları

Mevcut bakır altyapıyı kullanımı nedeniyle yatırım maliyetinin düşük olması, müşteri ve operatör tarafı teçhizat ve kurulumunda düşük maliyet, kontör atışından bağımsız internet bağlantısı ve eşzamanlı telefon görüşmesi, servis ve müşteri tanımlamalarında kolaylık, statik IP ve dinamik IP atanabilmesi, bir defa bağlantı kurulduğunda sürekli bağlantıda kalabilme ve hat düştüğünde otomatik bağlantı, yüksek hız gerektiren uygulamalara uygunluğu DSL'in avantajlarındandır.

4.2. ADSL ile Sağlanabilecek Hizmetler

Video on Demand: İstenen video filmlerin online izlenmesi olarak tanımlanan VoD servisi için 1.5 Mb/s'lık bir downlink band genişliği yeterli olup klasik 0.5mm kablo üzerinden ADSL ile yaklaşık 5.5 km uzaklığa kadar bağlantı sağlanabilmektedir. Özellikle MPEG sıkıştırılmış Video CD (VCD) kalitesinde bir film için 1.5 – 3 Mb/s hız yeterli olabilmektedir.

Sayısal TV: Normal şartlarda 6 Mbps downlink sayısal televizyon yayını için yeterli bir band genişliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, ADSL hatta sayısal TV yayınlarının verilmesi mümkündür. Ancak bu hız çıkılabilmesi için 0.5 mm kablo ile 3.7 km'den daha kısa bir hat ile bağlanılması gerekmektedir. HDTV gibi çok daha kaliteli sayısal TV teknikleri için yaklaşık 20 Mbps veri transfer hızları gerektiğinden pratikteki müşteri hat uzunlukları ile ADSL üzerinden HDTV yayını olası görülmemektedir. Bunun için daha yüksek hızlara çıkabilen VDSL gibi teknolojiler gerekmektedir.

Hızlı Internet Erişimi: Müşteri hattının uzunluğuna bağlı olarak 8 Mbps band genişliğine kadar çıkabilen download hızlarına erişilebilir.

Uzaktan Eğitim: ADSL bağlantının hızlı multimedya erişimi ve uplink sayesinde elde edilen “interaktif” ortam kullanılarak uzaktan eğitim servisleri verilebilmektedir.

Video Konferans: ADSL bağlantının hızlı multimedya erişimi canlı video konferans altyapılarının kurulmasına olanak sağlamaktadır. ADSL alt yapı üzerinden evden eve görüntülü telefon ve video konferans servisleri verilebilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

ADSL, açık ifadeyle asimetrik sayısal müşteri hattı, kullanıcılara bakır telefon hattı üzerinden konuşmanın yanısıra yüksek hızlarda asimetrik veri haberleşmesi ortamı sağlayan bir teknolojidir. Ortamın alış (Downstream) yönündeki hızı 1.5 Mbps'ten başlayıp 8 Mbps'e, gönderiş (Upstream) yönünde ise 16 Kbps'ten başlayıp 576 Kbps'e kadar çıkabilmektedir. Bu haliyle tüketici anlamında ev ve küçük ofis kullanıcılarının Internet erişimleri veya genel olarak uzak bağlantı ağ erişimleri için ciddi bir seçenektir.

Müşteri Servisleri için uygulamalar genellikle asimetriktir. İsmarlama video (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 bir hız olmadan da çok iyi çalışır.

Bugünün teknoloji dünyasında QoS parametreleri nedeni ile avantajlı olan ATM protokolü yüksek hızlı data devreleri ve internet uygulamalarında altyapı olarak kullanılmaktadır. Ancak diğer yandan internet teknolojisi ve internet tabanlı birçok yeni uygulama ise IP tabanlı olarak geliştirilmekte olup, ayrıca IP protokolü içinde QoS parametrelerinin oluşturulması çalışmaları hızla sürdürülmektedir.

Telekom firmaları önemli oranda artan çoklu ortam uygulamaları ve Internet erişim isteklerine, cevap verebilmek için değişik türde teknolojileri kendi altyapılarına uyarlamak ve son kullanıcı ihtiyaçlarını hızlı bir şekilde karşılamak zorunda kalmaktadırlar. Ancak yeni teknolojileri kendi altyapılarına uyarlarken, kurulan yeni sistemlerin teknolojik olarak ömürlerinin uzun süreli olması, büyük ölçüde doğru çözümlerin, doğru bir şekilde uyarlanmasına bağlıdır. Göz önünde bulundurulması gereken diğer bir etken de var olan altyapı üzerinde fazla bir harcama yapmadan son kullanıcı ihtiyaçlarına cevap verebilmektir. Ayrıca hali hazırda sunulan ses ve klasik veri hizmetlerinin de, kurulacak yeni yapıyla bütünleştirilebilmesi hem ekonomik, hem de geçiş sürecinin kesintisiz olmasını ve dolayısıyla yapılacak yatırımın daha uzun ömürlü olmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak; iletişim teknolojilerindeki yüksek hız arayışlarında çok kompleks karmaşık sistemler yerine daha ekonomik daha kolay kurulacak sistemler yaygın kullanım açısından önem arz etmektedir. DSL teknolojisinin en göze batan noktası, veri hızı ve kullanılan donanım maliyetinin yapılan işe oranla son derece düşük olmasıdır. Bu teknoloji ile bugünün en hızlı analog modeminden 200 kez daha hızlı erişim sağlanabilir. DSL teknolojilerinin telefon kullanımı için çekili bulunan alt yapıyı kullanılabilmesi ve dolayısıyla ekstra bir altyapı yatırımı gerektirmemesi büyük bir avantajdır. Veri iletiminde çok yüksek band genişliği sağlaması, sinyalizasyonda özel bir dijital kodlama kullanılması ve ileriye dönük olarak iletişim teknolojisinde kullanılan ve yeni çıkabilecek yöntemlerin DSL üzerinde uygulanabilecek olması da teknolojinin önde gelen özellikleri arasında yer alıyor. Ayrıca kullanılan donanımların aynı servisi sağlamada kullanılan diğer donanımlara göre belirgin bir maliyet avantajına sahip olması da önemli bir noktadır.

KAYNAKLAR

- ALKAN, M., GENÇ, Ö., TEKEDERE, H. 2003a. Bilgi Ve İletişim Teknolojilerinin Eğitimde Kullanımı İçin Alt Yapı İhtiyaçları ve Yeni İletişim Teknolojileri. http://www.tk.gov.tr/bildiri_26.doc
- ALKAN, M., TEKEDERE, H., POLAT, A. 2003b. DSL Teknolojisinin iletişime sunduğu Geniş Bant İmkanları <http://www.tk.gov.tr/88 tk.doc>
- ANONİM, 2001. ACTERNA The Keepers of Communications, actInterfaces Serial Communications Sunumu, Baden / Austria, s3-6
- ANONİM, 2002a. Türk Telekomünikasyon A.Ş. Unet Dökümanları, Ankara, s8.
- ANONİM, 2002b. Türk Telekomünikasyon A.Ş. Eğitim Dökümanları ADSL notları Web sayfası <http://www.tt4bolge.turktelekom.com.tr/sistemler/>
- ANONİM, 2002c. Türk Telekomünikasyon A.Ş. Eğitim Dökümanları DSL çeşitleri detay Web sayfası <http://www.tt4bolge.turktelekom.com.tr/DSL cesitleri>
- ANONİM, 2003. Alcatel ATM Genel Eğitim Dökümanı, İstanbul, s5-36.
- ANONİM, 2004a. Türk Telekomünikasyon A.Ş. Bilişim Ağları D. Bşk. Veri Şebekeleri Planlama Müd. TTDSL Projesi Sunumu, Ankara, s22-28.
- ANONİM, 2004b. Türk Telekomünikasyon A.Ş. Samsun İl Müd. İnternet haftası Sunumu Web Sayfası, <http://www.ttsamsun.turktelekom.com.tr>
- AYDIN, İ. 2001. ADSL Teknoloji Raporu V1.0 <http://www.edanisman.com>
- BARKIN, Y. 2003. Meteksan Sistem DSL Network Eğitim Dökümanı, Ankara, s5-9.
- BARKIN, Y. 2004. Meteksan Sistem Director INMS ve SMS Eğitim Dökümanı, Ankara s5-8.
- DEĞER, C. 2002. Network Kavramları <http://www.tbase.gen.tr>
- HAKOLA, P. 1999. xDSL Technologies and ADSL, <http://www.spirentcom.com>
- HURLEY, P. 1997. The Comprehensive Resource On Digital Subscriber Line Technology The DSL Sourcebook Broadband Consultant TeleChoice, <http://www.paradyne.com>
- JACKSON, M., KNIGHT, S. 1998. “At Work With ADSL: More Than Bandwidth”, Data Communications, <http://www.virata.com>

- JACOBSEN, K. S. 1999a. VDSL: The Next Step in the DSL Progression, Texas Instruments Broadband Access Group San Jose, CA DSPS Fest (jacobsen@ti.com) Houston, TX, s7-9.
- JACOBSEN, K. S. 1999b. xDSL Technology and Applications: Removing the Telephone Line Bottleneck, Texas Instruments Broadband Access Group San Jose, CA DSPS Fest (jacobsen@ti.com) Houston, TX, s8-10.
- VALCOURT, S.A. 2003. 1st International Workshop on Community Networks and FTTH/P/x Alphabet Soup: A Comparison of the Current State of DSL Technologies Managing Director, University of New Hampshire Interoperability Laboratory, New Hampshire, s14-15

ÖZGEÇMİŞ

Durdu YÜCEL 10.05.1964 yılında KAHRAMANMARAŞ'ın AFŞİN ilçesinde doğdu. İlk, orta öğrenimini OSMANİYE'de ve yine Lise öğrenimini OSMANİYE Atatürk Lisesinde tamamladı. 1982 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazanarak 1987 yılında mezun oldu. 1988'de PTT'ye girerek GAZİANTEP'de çalışmaya başladı. 1989-1990 yıllarında Askerlik görevini tamamladı. 1995 yılında Türk Telekomünikasyon A.Ş. kurulduğunda bu şirkete geçti. Halen Türk Telekomünikasyon A.Ş. de Kahramanmaraş Bilişim Ağları Müdürü olarak görev yapmaktadır. Görevi gereği eğitim amaçlı olarak Almanya ve Avustralya'da bulundu.