

ADSL VE GENİŞBANDLI ŞEBEKELER

726806

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Mehmet DURMUŞ
(504981120)

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Mayıs 2002

Tez Danışmanı :

Prof. Dr. Günsel DURUSOY

Diğer Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ümit AYGÖLÜ

Doç. Dr. Aydın AKAN (İ.Ü)

[Signature]
24.6.2002

[Signature]
20.06.2002

[Signature]
22.6.2002

MAYIS 2002

126806

ÖNSÖZ

İnternet dünyasında, daha yüksek veri hızında erişime olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. ADSL, mevcut bakır şebeke üzerinden, yeni bir altyapı gerektirmeden, genişbandlı şebekelere yüksek hızda erişim sağlamasından dolayı, ev ve küçük ofis İnternet kullanıcıları için çok önemli bir erişim teknolojisidir. Bu çalışmada, ADSL' e ilişkin detaylı bilgileri içeren bir kaynak sunmanın yanında, ADSL kullanılan genişbandlı şebekelerde, ADSL'in yapısal özelliği olan asimetirinin şebeke performansı üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmalarında bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Günsel Durusoy'a teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2002

Mehmet Durmuş

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL SAYISAL ABONE HATTI TEKNOLOJİLERİ	4
2.1. ADSL	4
2.1.1. ADSL Kapasiteleri	6
2.1.2. ADSL Teknolojisi	8
2.1.3. ITU-T, ADSL, ISDN	9
2.1.4. ADSL Standartlaşmasına İlişkin Kurumlar	12
2.1.5. ADSL Pazarı	14
2.2. VDSL	14
2.2.1. VDSL Kapasiteleri	15
2.2.2. VDSL Teknolojisi	17
2.2.2.1. Hat Kodlamasında Kullanılan Teknikler	17
2.2.2.2. Kanalların Birbirinden Ayrılması	18
2.2.2.3. İleri Yönde Hata Kontrolü	18
2.2.2.4. İleri Akım Kanalının Çoğullanması	18
2.2.3. VDSL Konusundaki Tartışmalar	19
2.2.4. VDSL Standartlaşma Durumu	21
2.2.5. VDSL'in ADSL ile Olan İlişkisi	22
2.3. ISDL	23
2.4. HDSL/HDSL2	24
2.4.1. HDSL/HDSL2 İçin Kullanılan İşaretleşme Protokolleri	26
2.4.2. HDSL2 yada SHDSL	27
2.5. SDSL	28
2.6. RADSL	28
2.7. CDSL/ADSL "Lite"	29
2.8. (X)DSL Ailesinin Özeti	31
3. ADSL: FİZİKSEL KATMAN PROTOKOLÜ	33
3.1. CAP/QAM Hat Kodlama Teknikleri	33
3.2. DMT Hat Kodlama Yöntemi	35
3.3. ANSI T1.413 ADSL Referans Modeli	36
3.3.1. Taşıyıcı Kanallar	40
3.3.2. ADSL Süperçerçeve Yapısı	42
3.3.2.1. Hızlı Veri ve Dönüşümlü Veri	43
3.3.2.2. Hızlı Oktet	44
3.3.2.3. Senkronizasyon Oktet'i ve SC Bitleri	46
3.3.2.4. Gösterim Bitleri (Indicator Bits)	46
3.3.2.5. CRC Bitleri	46
3.3.2.6. "Embedded" Operasyon Kontrolü	47
3.4. ADSL "lite"	48

3.5. ATU-R ve ATU-C	50
3.6. DSLAM	50
4. ADSL ve DİĞER ŞEBEKE PROTOKOLLERİ	53
4.1. ATM	54
4.1.1. B-ISDN Tarihçesi, Spesifikasyonları , Taşıyıcı Hizmetleri	54
4.1.1.1. Genişbandlı Taşıyıcı Hizmetler	55
4.1.1.2. Bazı Etkileşimli Hizmetler ve Dağıtım Hizmetleri	56
4.1.2. B-ISDN OSI Katmanları	56
4.1.3. ATM Fiziksel Katmanı	57
4.1.4. ATM Katmanı	58
4.1.4.1. ATM Hücre Formatları	59
4.1.4.2. Sanal Yollar ve Sanal Kanallar	61
4.1.5. ATM Adaptasyon Katmanı	62
4.1.5.1. AAL-1 Tipi Hücre Formatı	64
4.1.5.2. AAL-5 Tipi Hücre Formatı	64
4.1.6. ATM Trafik Parametreleri	65
4.1.7. Hizmet Kalitesinin (QoS) Sağlanması	66
4.2. TCP/IP Protokolü	68
4.2.1. İletim Kontrol Protokolü (TCP)	68
4.2.2. Kullanıcı Datagram Protokolü (UDP)	70
4.2.3. İnternet Protokolü (IP)	70
4.3. ADSL üzerinden ATM	71
4.3.1. ADSL üzerinden ATM Erişim Şebekesi Yapısı	72
4.4. ATM Üzerinden TCP/IP	73
4.5. IP’de QoS Sağlanması : Intserv ve Diffserv	74
4.5.1. QoS Açısından Trafik Modelleri	74
4.5.2. IntServ	75
4.5.3. DiffServ	75
4.6. Uçtan Uca Protokol (Point-to-Point Protokol; PPP)	77
4.6.1. PPP İşlemi	77
4.6.2. ATM üzerinden PPP	79
4.7. İkinci KatmanTünelleme Protokolü	80
4.7.1. ADSL Şebekeler için L2TP Erişim Birleştirme Modeli	82
5. ADSL ÇERÇEVELERİ VE ADSL ŞEBEKELERİ	84
5.1. ADSL Şebekeleri	87
5.1.1. Uçtan Uca ATM	89
5.1.2. Ethernet Kullanılması	92
5.1.3. Özel Sanal Şebekenin Kullanılması	94
5.1.4. ATM’in Kullanılmadığı Yöneltilme	96
5.1.5. Günümüzde Kullanılan ADSL Şebekesi	96
6. ADSL KULLANILAN GENİŞBANDLI ŞEBEKELERDE PERFORMANS İNCELEMELERİ	99
6.1. ADSL’ de İletim Kapasitesinin Zaman İçinde Değişmesinden Kaynaklanan Problemler	99
6.1.2. Şebeke Yapısı	100
6.1.3. ATM Trafik Kontrolü	101
6.1.3.1. ABR Kontrol Yöntemi	101

6.1.3.2. GFR Trafik Kontrolü	103
6.2. TCP ve ADSL : Asimetri Problemi	104
6.2.1. TCP/IP , ATM ve ADSL	105
6.2.2. Önerilen Çözümler	105
6.2.3. Simülasyon Metodu	110
6.2.4. Simülasyon Sonuçları	111
7. SONUÇ VE TARTIŞMA	115
KAYNAKLAR	117
EKLER	119
ÖZGEÇMİŞ	120



KISALTMALAR

AAL	:ATM Adaptation Layer
AAL5	:ATM Adaptation Layer 5
ABR	:Available Bit Rate
ACK	:Acknowledgement
ADSL	:Asymmetric Digital Subscriber Line
ANSI	:American National Standards Institute
AR	:ACK Regenerator
ASx	:One of the ATM downstream sub-channels
ATM	:Asynchronous Transfer Mode
ATU-C	:ADSL Termination Unit at Central site
ATU-R	:ADSL Termination Unit at Residence
B-ISDN	:Broadband ISDN
BECN	:Backward Explicit Congestion Notification
BRI	:Basic Rate Interface
BT	:Burst Tolerance
C-plane	:Control Plane
CAR	:Committed Access Rate
CAP	:Carrierless and Amplitude Phase
CAS	:Channel Associated Signaling
CBR	:Constant Bit Rate
CDV	:Cell Delay Variation
CLP	:Cell Loss Priority
CLR	:Cell Loss Ratio
CO	:Central Office
CPE	:Customer Premises Equipment
CRC	:Cyclic Redundancy Check
CRV	:Call Reference Value
CS-PDU	:Convergence Sublayer Packet Data Unit
CTD	:Cell Transfer Delay
DE	:Discard Eligibility
DiffServ	:Differentiated Services
DMT	:Discrete Multitone
DSL	:Digital Subscriber Line
DSLAM	:Digital Subscriber Line Access Multiplexer
EOC	:Embedded Operation Channel
ETSI	:European Telecommunications Standards Institute
FCS	:Frame Check Sequence
FDM	:Frequency Division Multiplexing
FEC	:Forward Error Correction
FECN	:Forward Explicit Congestion Notification
FTTC	:Fiber To The Curb
FTTN	:Fiber To The Neighborhood
GFR	:Guaranteed Frame Rate
HDSL	:High-speed Digital Subscriber Line

**TC. YÜSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ**

IDSL	:ISDN Digital Subscriber Line
IntServ	:Integrated Services
IP	:Internet Protocol
ISDN	:Integrated Services Digital Network
ITU	:International Telecommunication Union
ITU	:ITU-Telecommunication Standards Sector
L2FP	:Layer 2 Forwarding Protocol
L2TP	:Layer 2 Tunneling Protocol
LAN	:Local Area Network
LS0-2	:Duplex Sub-channel Designators
LLC	:Logic Link Control
LSB	:Less Significant Bit
MAC	:Media Access Control
MBS	:Maximum Burst Size
MCR	:Minimum Cell Rate
MCTD	:Mean Cell Transfer Delay
MFS	:Maximum Frame Size
MRU	:Maximum Receive Unit
MSB	:Most Significant Bit
MSS	:Maximum Segment Size
MTU	:Maximum Transfer Unit
N-ISDN	:Narrowband ISDN
NNI	:Network-Network Interface
NRT-VBR	:Non-Real time Variable Bit Rate
NT	:Network Termination
OAM	:Operation And Maintenance
OSI	:Open System Interconnection
PCR	:Peak Cell Rate
PDU	:Protocol Data Unit
POH	:Path Overhead
POTS	:Plain Old Telephone Service
PPP	:Point-to-Point Protocol
PPTP	:Point-to-Point Tunneling Protocol
PPPoE	:PPP over Ethernet
PRI	:Primary Rate Interface
PSTN	:Public-Switched Telephone Network
PVC	:Permanent Virtual Channel
QAM	:Quadrature Amplitude Modulation
QoS	:Quality of Service
RADSL	:Rate Adaptive Digital Subscriber Line
RT-VBR	:Real time Variable Bit Rate
SAR	:Segmentation And Reassembly
SCR	:Sustainable Cell Rate
SDSL	:Single-line Digital Subscriber Line
SOHO	:Small Office Home Office
SONET	:Synchronous Optical Network
SSCOP	:Service-Specific Connection-Oriented Protocol
STM	:Synchronous Transfer Module
TC	:Transmission Convergence sublayer
TCP	:Transmission Control Protocol

TDM	:Time Division Multiplexing
U-plane	:User plane
UBR	:Undefined Bit Rate
UDP	:User Datagram Protocol
UNI	:User-Network Interface
UTP	:Unshielded Twisted Pair
VBR	:Variable Bit Rate
VC	:Virtual Circuit
VCC	:Virtual Circuit Connection
VCI	:Virtual Channel Identifier
VCP	:Virtual Path Connection
VDSL	:Very-high-rate Digital Subscriber Line
VPI	:Virtual Path Identifier
WAN	:Wide Area Network



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. ADSL Kapasiteleri.....	7
Tablo 2.2. ADSL'in fiziksel faktörlere göre performansı değişimi.....	7
Tablo 2.3. ADSL'in Standartlaştırılmasını İlişkin Kurumlar ve Standartlar.....	13
Tablo 2.4. VDSL'in uzaklığa göre kapasitesinin değişimi.....	16
Tablo 3.1. 16 Faz/genlik değerli QAM sistemi.....	34
Tablo 3.2. Taşıma Kanallarının, Taşıma Sınıflarına Göre Veri Hızları (geri akım).....	41
Tablo 3.3. İndirgenmiş başlık modu için başlık fonksiyonları (ANSI T1.413).....	46
Tablo 3.4. "eoc" Mesaj Alanları.....	57
Tablo 3.5. "eoc" Mesajları (ANSI T1.413).....	48
Tablo 3.6. ADSL "lite" için Senkronizasyon Oktet'nin Kullanımı (ITU-T, G.922.2).....	49
Tablo 4.1. B-ISDN Katman Fonksiyonları (ITU-T, I.121).....	60
Tablo 4.2. B-ISDN UNI için önceden belirlenen hücre başlık değerleri (ITU-T, I.361).....	61
Tablo 6.1. Tek yönlü, tek bir TCP bağlantısı durumunda TCP net çıkış verimi.....	113
Tablo 6.2. Tek yönlü, beş ayrı TCP bağlantısı durumunda TCP net çıkış verimi.....	114

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	:ADSL kanalları.....5
Şekil 2.2	:Bakır kablo üzerinden ADSL bağlantısı.....6
Şekil 2.3	:Şebeke tarafındaki ADSL alıcı-verici ünitesi.....8
Şekil 2.4	:ISDN Temel Yapısal Model (ITU-T, I.325).....11
Şekil 2.5	:VDSL Sisteminin Şebeke İçindeki Konumu.....15
Şekil 2.6	:Kanalların FDM ile Birbirinden Ayrılması.....18
Şekil 2.7	:Aktif ve Pasif NT Durumlar İçin VDSL Konfigurasyonu.....20
Şekil 2.8	:ADSL ve VDSL'in Uzaklığa Göre Değişen Hızları.....23
Şekil 2.9	:IDSL Konfigurasyonu.....24
Şekil 2.10	:HDSL DS-1 çerçeve yapısı.....26
Şekil 2.11	:Normal CDSL Konfigurasyonu.....30
Şekil 2.12	:ADSL ve ADSL "lite" Konfigurasyonu.....31
Şekil 3.1	:ADSL Sistem Referans Modeli (ANSI T1.413).....38
Şekil 3.2	:ADSL İçin STM Alt Kanalları.....39
Şekil 3.3	:ADSL İçin ATM Alt Kanalları.....39
Şekil 3.4	:ATU-C Transmitter Süperçerçeve Yapısı (ANSI T1.413).....43
Şekil 3.5	:Blok dönüştürme işlemi.....44
Şekil 3.6	:Hızlı Senkronizasyon Oktet Formatı.....45
Şekil 3.7	:DSL Erişim Çoğullayıcısı.....52
Şekil 4.1	:B-ISDN (ATM) Protokol Modeli (ITU-T, I.121).....57
Şekil 4.2	:ATM hücrelerinin STM-1 işareti ile taşınması (ITU-T, I.432).....59
Şekil 4.3	:B-ISDN UNI Formatı (ITU-T, I.361).....60
Şekil 4.4	:B-ISDN NNI formatı (ITU-T, I.361).....61
Şekil 4.5	:AAL Hizmet Sınıfları (ITU-T, I.362).....63
Şekil 4.6	:AAL Tipleri (ITU-T I.363 ve ANSI T1S1.1).....63
Şekil 4.7	:AAL-5 için veri formatı (ANSI T1S1.1).....64
Şekil 4.8	:TCP'de kullanılan yavaş başlangıç ve yığılma önleme mekanizmaları.....70
Şekil 4.9	:ADSL üzerinden ATM İletim Şebekesi.....73
Şekil 4.10	:DiffServ'de IPV4 TOS ve öncelik alanının DSCP olarak kullanılması.....76
Şekil 4.11	:PPP İşlemine İlişkin Durum Diyagramı.....78
Şekil 4.12	:LLC Zarflımal PPP Çerçeve Formatı.....80
Şekil 4.13	:L2TP Sistem Konfigurasyonu.....82
Şekil 4.14	:L2TP Erişim Birleştirme Modeli.....83
Şekil 5.1	:ADSL Dağıtım Modları.....85
Şekil 5.2	:ADSL referans yapısı ve örneği (TR-025).....88
Şekil 5.3	:ADSL üzerinden ISP'ye bağlantı yöntemleri.....89
Şekil 5.4	:Saydam ATM Çekirdek Şebekesi.....90
Şekil 5.5	:ATM'in ADSL ile Kullanılması.....92
Şekil 5.6	:Bir Ethernet Köprü olarak DSLAM.....93
Şekil 5.7	:Genişbandlı Erişim Hizmet Birimi ile PPP.....95

Şekil 5.8	:PPPoE'in ADSL'de Kullanılması.....	98
Şekil 6.1	:Şebeke Yapısı.....	100
Şekil 6.2	:ABR Kontrolü.....	102
Şekil 6.3	:ACK Atma İşlemi.....	109
Şekil 6.4	:ADSL şebeke modeli.....	110
Şekil 6.5	:Şebeke Topolojisi.....	112



ADSL VE GENİŞBANDLI ŞEBEKELER

ÖZET

“Sayısal abone hattı” (Digital Subscriber Line; DSL), mevcut telefon hatları kullanılarak, multimedya ve video gibi yüksek iletim bandı gerektiren uygulamalar için, yüksek veri iletim hızı elde etmek üzere geliştirilmiş bir modem teknolojisidir. (X)DSL bütün bu teknolojiler için kullanılan genel bir terimdir ve ADSL, SDSL, RADSL, VDSL gibi değişik DSL teknolojilerini kapsamaktadır. Tüm bu teknolojilerde amaç, uçtan-uca bir sayısal veri iletimi elde etmektir (X)DSL teknolojileri, mevcut bakır şebeke üzerinden, küçük değişiklikler yapılarak daha yüksek hızlı veri transferi sağlamasından dolayı, uygulama açısından büyük öneme sahiptir.

ADSL, simetrik olmayan sayısal abone hattı olarak tanımlanabilir. Bu, şebekeden kullanıcıya doğru olan veri hızının, kullanıcıdan şebekeye doğru olan veri hızından daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Zaten yüksek hızda erişim gerektiren birçok uygulamada, hizmet biriminden kullanıcıya doğru olan veri hızı gereksinimi, kullanıcıdan şebekeye doğru olan veri hızı gereksiniminden daha yüksektir.

ADSL’ de hat kodlama teknikleri olarak, QAM, CAP ve DMT hızlı kodlama teknikleri kullanılır. Her üç teknik için de üç boyutlu (3D) kodlama yönetiminin kullanılmasıyla, daha yüksek yoğunlukta verinin taşınabilmesi mümkündür. ADSL’ de kullanılan en yaygın hat kodlama yöntemi DMT’dir. Bu kodlama yöntemi, temel olarak, kullanılan 1.1 MHz’lik frekans spektrumunun 256 alt bölüme ayrılarak, 256 ayrı taşıyıcı elde edilmesine dayanan bir yöntemdir.

ATM, ses, video ve veri gibi çeşitli hizmetleri destekleyen, bağlantı yönelimli, hücre bağlaşımlı bir iletim teknolojisidir. ATM’in bağlantı yönelimli olması, iki uç nokta arasında, sanal kanallar ve sanal bağlantılar yardımıyla, devre bağlaşımlı sistemlerdekine benzer bir yol kurulmasını sağlar. Diğer yandan, hücre temelli bir teknoloji olması, “bağlaşma” ve “çoğullama” da paket şebekelerindekine benzer imkanlar sunar. ADSL üzerinden veri ATM formatında aktarılabilir ve bunun için ATM ikinci katman protokolleri kullanılır.

TCP Internet dünyasında çok yaygın olarak kullanılan bir protokoldür. Bu yüzden ADSL üzerinden TCP aktarılması, ADSL içeren şebekeler açısından çok önemlidir. Ancak TCP ve ADSL’in birlikte kullanılması asimetri problemine neden olur. Bu çalışmanın temel amacı , ADSL fiziksel katman protokolünü detaylı olarak incelemenin yanında, ADSL bağlantısı içeren Genişbandlı şebekeleri ve ADSL’in asimetrik olma özelliğinin şebeke üzerindeki etkilerini analiz etmektir.

Bu amaçla çalışmada, ADSL üzerinden TCP/IP bağlantısı yapılan bir şebekede, net çıkış veriminin iyileştirilmesi için, ADSL bağlantısı üzerinde kullanılabilecek bir algoritma oluşturulmuştur. Bu algoritmanın bir ADSL şebekesinin simülasyonunda uygulanmasıyla, TCP’ ye ilişkin net çıkış verimindeki iyileşme gözlenmiştir.

ADSL AND BROADBAND NETWORKS

SUMMARY

Digital Subscriber Line (DSL) technology is a modem technology that uses existing twisted pair telephone lines to transport high-bandwidth data such as multimedia and video, to service subscribers. The term xDSL covers a number of similar yet competing forms of DSL, including ADSL, SDSL, HDSL, RADSL and VDSL. XDSL is drawing significant attention from implementers and service providers because it promises to deliver high-bandwidth data rates to dispersed locations with relatively small changes to existing telephone infrastructure. XDSL services are dedicated, point-point, public network access over twisted-pair copper wire on the local loop between a network service provider (NSP) central office and customer site or on local loops created either intra-building or intra-campus.

ADSL is a technology located in the physical layer that allows the access to various types of network. It is characterized by the asymmetric transmission of the information. Its transmission capacity is associated to factors like the quality of the line and in the distance of the transmission. Considering its asymmetric feature, the transmission capacity in the downstream direction ranges in speeds from 1.5 Mbps to 8 Mbps whereas the reverse direction (upstream) ranges in speed from 16 Kbps and 1.1 Mbps. This way, this technology allows the telephonic company to convert an ordinary telephone subscriber line into a broadband access subscriber line.

In ADSL, QAM (Quadrature Amplitude Modulation), CAP (Carrierless Amplitude/Phase Modulation) and DMT (Discrete MultiTone) line coding techniques are used. In each case, there is a ability to transmit a high density of information per cycle by using 3D coding systems. Most common technique used in ADSL for line coding is DMT. In this line coding technique, 1.1 MHz frequency spectrum is used and by dividing the spectrum evenly into 4.3125 KHz bands, it is possible to have 256 subchannels. This is the base of ADSL.

ATM is a connection-oriented, packet switched (or, rather, cell switched) technology designed to offer flexible transmission support for a wide variety of services such as voice, video and data. ATM technology gained importance in the 1980s and early 1990s and, given its rapid growth, appears destined to play a major role in the public and private broadband networks of the future. ATM is a connection-oriented scheme because it allows hosts to communicate with their peers by establishing virtual circuits or connections in a fashion similar to circuit-switched networks. It is a cell-based switching technology because ATM segments all its information into fixed-size packets; this simplifies the switching and multiplexing functions. To distinguish these fixed-length packets from the more common variable-length packets normally used in most packet switching technologies, they are called cells. Therefore using ATM in ADSL as a second layer protocol is very important.

One of the aim of this research is characterizing and analyzing TCP/IP performance in presence of TCP over ADSL being promoted for one of the ADSL network architectures.

Today, ADSL is among the top contenders for the broadband access market, the key feature being that it allows delivery of large bandwidth over the same copper infrastructure being currently used for plain old telephone service (POTS). With high-speed Internet access being the primary market driver for ADSL, it is crucial to thoroughly understand the performance issues of TCP/IP over asymmetric links. Basically, network asymmetry affects the performance of reliable transport protocols like TCP because these protocols rely on feedback in the form of cumulative acknowledgements from the receiver to ensure reliable delivery of packets. Typically, for unidirectional flow of data in an ADSL access network, the TCP acknowledgements (ACKs) flow over the slower upstream regulating the flow of data packets or throughput over the downstream. The timely reception of the TCP ACKs when disrupted will cause throughput degradation along the faster downstream. Thus, a low bandwidth acknowledgement path may significantly throttle the downstream throughput, regardless of its high bandwidth. Besides, bi-directional data transfer is found to further exacerbate the asymmetry problem due to ACK compression (TCP ACKs getting bunched together behind larger data packets over the slower upstream). With this asymmetry problem in mind, we focus our research on the characterization of TCP/IP performance in ADSL access network.

In this thesis, we investigated the effects of network asymmetry on TCP performance over ADSL networks. We studied the impact of the reverse path, and proposed Ack Dropper scheme in forward direction. Our methodology involved three major steps. First, we measured ADSL networks to identify performance bottlenecks. Then, we modeled these networks in the ns simulator and experimented with Ack Dropper to improve performance.

1. GİRİŞ

ADSL, (X)DSL diye bilinen, genel sayısal abone hatları teknolojilerinden birisidir. DSL, günümüzde tüm dünyayı çepeçevre sarmış bulunan iktelli bakır şebekenin üzerinden yapılan, genel sayısal iletim şeklidir. ADSL konusu tartışılırken, sadece PSTN şebekesi göz önüne alınırsa, bu durumda tartışmanın kapsamı daralacaktır. Ancak, fiber optik gibi yeni teknolojilerin göz önünde bulundurulması durumunda, ADSL'in kullanımı daha optimum bir duruma gelecektir. PSTN sadece "ses" iletimi amacıyla tasarlanmış bir şebekedir. Bu nedenle geçmiş yıllarda yapılan birçok çalışma, ses iletiminin, bu şebeke üzerinden daha kaliteli olarak nasıl iletileceği konusu üzerine yapılmıştır. Ancak, zaman içinde, şebekelerden beklenen, verinin daha uzak mesafeye ve daha yüksek hızda taşınması olmuştur. Günümüz şebekelerinden beklenen ise çok daha geniş spektrumda hizmetlerin karşılanmasıdır.

Tüm bu gelişim sürecinde, mevcut şebeke altyapısının tamamen yenisiyle değiştirilmesinin söz konusu olmayacağı düşünülürse, amacın mevcut altyapı kullanılarak daha yüksek hızlarda verinin iletilmesi olacağı açıktır. Aynı zamanda, Internet gibi çok-erişimli teknolojilerinin mevcut PSTN şebekesi üzerinden sağlanması önemlidir. 1200 Kb/sn hızındaki modemler veri iletimi açısından yetersiz gelmektedir. 38600 Kb/sn modemler, küçük boyutlardaki dosyaların transferinde kullanılabilir. 56 Kb/sn modemler de ISDN uygulamaları için köklü çözüm getirmemiştir[1].

Son yıllarda, Internet dünyasında ve multimedya hizmet ve uygulamalarında çok büyük gelişmeler olmuştur. www bu bağlamda tüm dünyada yaygın olarak kullanılan ilk sistemdir.

Bir çok büyük ve küçük şirket, Internet şebekelerine 2,048 Mb/sn ve 45 Mb/sn hızlarında bir erişim sağlamak amacıyla çok yüksek maliyetler ödemektedirler. Bunun yanında dünyadaki, Internete evinden bağlanan kullanıcıların % 90'ı mevcut ses bandı modemleri kullanarak 56 Kb/sn hızında bir erişim sağlamaktadırlar. İş dünyasında kullanılan uygulamalar, Internet üzerinden satış, reklam, e-mail ve uzak

ofis ile merkez ofis arasında IP şebeke bağlantısı gibi uygulamalardır. Ev-Internet kullanıcıları için sunulan hizmetler ise, Internet erişimi, web tarama, e-mail, Internet üzerinden alışveriş ve Internetten yazılım indirilmesi gibi uygulamalardır.

Mevcut 56 Kb/sn hızındaki modemlerle, ev ve işyeri kullanıcıları için yeterli bir erişim hızının sağlanamadığı açıktır. Yüksek hızda bir erişim için gerekli maliyet kullanıcıların gözünü ciddi anlamda korkutmaktadır. Ayrıca Internet erişimi için mevcut PSTN 'n yüklenmesi ayrı bir sorundur.

Kısacası, amaç mevcut şebeke altyapısının kullanılarak, yüksek hızlı bir erişim elde edilmesidir. Bu noktada ADSL'in amacı, mevcut altyapıda minimum konfigrasyon değişikliği yapılarak, yüksek hızlı bir veri erişim ortamının elde edilebilmesidir. Bu bağlamda, çalışmada ADSL sistem yapısı, standartları ve uygulamaları incelenmiştir.

İkinci bölümde ADSL hakkında temel bilgiler ve diğer DSL teknolojilerine ilişkin bilgiler verilmiştir. ADSL'in diğer (X)DSL teknolojileri arasındaki yeri belirtilmiştir (X)DSL teknolojilerin, kullanımı ve şebeke ile arasındaki mesafenin değişimine göre performans durumları anlatılmıştır. ADSL ile VDSL'in temel bir karşılaştırılması yapılmıştır. Bu bölümde, ISDN yapısı, standartlaşma kuruluşları ve çeşitli (X)DSL teknikleri detaylı olarak incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, ADSL'e ilkin fiziksel katman protokolu detaylı olarak ele alınmıştır. Mevcut bakır hatları üzerinde yeni bir protokol tasarlanması, yeni hizmetlerin sunulması için sadece ilk adım olmuştur. Bu protokolü destekleyen cihazların bakır kablonun her iki ucu için üretilmesi gerekmiştir. Bunun anlamı, hardware ve software birlikte üretilmek durumundadır. Bu bölümde ADSL'in kurulmasına ilişkin hardware sistem modelleri verilmiştir.

Dördüncü bölümde, ADSL'in kullanılmasını çok anlamlı kılan, ATM trafiğinin ADSL üzerinden aktarılması konusuna hazırlık olması açısından, ATM protokol yapısına ilişkin bilgiler verilmiştir. ATM, verinin, önceden tanımlanmış bir hücre formatında taşınması için kullanılan bir protokoldür. ATM, B-ISDN için kullanılan en yaygın protokoldür. Bu bölümün sonunda ise ADSL'in ATM için bir fiziksel katman protokolu olarak kullanıldığı sistem modeli detaylı olarak ele alınmıştır. Ayrıca ADSL'in de içinde bulunduğu genişband bir şebekede, ADSL üzerinden kullanılan TCP/IP, PPP, L2TP protololler hakkında bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde, ADSL'in içinde bulunduğu genişbandlı şebekeler ele alınmış, bu şebekeler, ADSL üzerinden kullanılan protokollere göre sınıflara ayrılmıştır. Bir ADSL içeren genişbandlı şebekedeki ana birimler ele alınmış ve bu ana birimlerde kullanılan protokol yapıları detaylı olarak incelenmiştir.

Altıncı bölümde ise, ADSL içeren genişbandlı bir şebekede, ADSL'in kendi özelliklerinden dolayı oluşan problemler incelenmiş ve problemler ilişkin öneriler sunulmuştur. Burada temel olarak ADSL'in asimetrik özelliğinin uçtan-uca bir şebekede, performans üzerindeki etkileri incelenmiş ve net çıkış verimini arttırmaya yönelik bir algoritma sunulmuştur. Önerilen bu algoritma kullanılarak bir ADSL şebeksi üzerinden TCP bağlantısı kurulması durumu simüle edilmiş ve TCP'ye ilişkin net çıkış verimindeki iyileşme gözlenmiştir.



2. GENEL SAYISAL ABONE HATTI TEKNOLOJİLERİ (DSL)

“Sayısal abone hattı” (Digital Subscriber Line; DSL), mevcut bakır telin, yani telefon hatlarının kullanılarak, multimedya ve video gibi yüksek iletim bandı gerektiren uygulamalar için, yüksek veri iletim hızı elde etmek için düşünülmüş bir modem teknolojisidir. (X)DSL bütün bu teknolojiler için kullanılan genel bir terimdir. ADSL, SDSL, RADSL, VDSL gibi değişik DSL teknolojilerini kapsayan bir terimdir. Tüm bu teknolojilerde amaç, uçtan-uca bir sayısal veri iletimi elde etmektir. (X)DSL teknolojileri, mevcut bakır şebeke üzerinden, küçük değişiklikler yapılarak daha yüksek hızlı veri transferi sağlamasından dolayı, uygulama açısından büyük öneme sahiptir. Bu teknoloji, hizmet sağlayan birimler ile son kullanıcılar arasında, uçtan uca veri iletimi sağlayan bir teknolojidir. Günümüzde, uygulamada en fazla öneme sahip olan DSL teknolojisi ADSL ve VDSL teknolojileridir.

ADSL Forum, DSL terminolojisinin “Bellcore” tarafından tanımlandığını ifade etmiştir. Bu terim sadece, hat üzerinde kullanılan cihazlar için kullanılmıştır. Ancak günümüzde bu terim, iletim hattını tanımlamak amacıyla kullanılır. Kullanılan protokol, hat üzerinden gerçekleştirilen uygulama tarafından belirlenir.

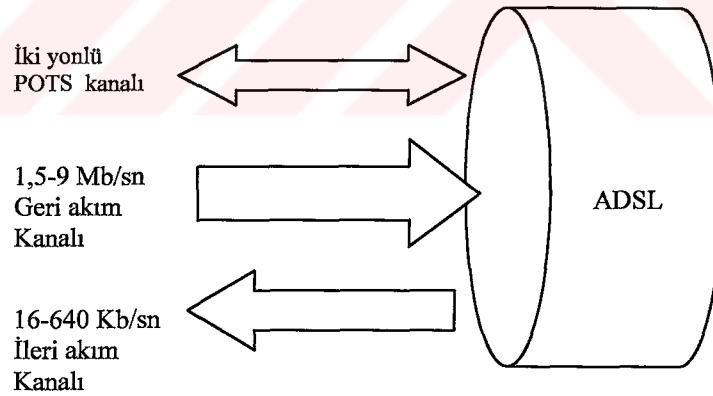
(X)DSL ailesine ilişkin protokoller kavramından, sayısal verinin kullanıcıdan, merkez ofise taşınması için kullanılan fiziksel hatta ilişkin protokoller anlaşılır. Bu bölümde bazı DSL tekniklerine ilişkin temel bilgiler verilmiş ve bu DSL tekniklerinde, fiziksel hatta kullanılan protokoller üzerinde durulmuştur. Bir sonraki bölümde ise ADSL’e ilişkin protokol yapısı detaylı olarak incelemiştir.

2.1 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

ADSL, simetrik olmayan sayısal abone hattı olarak tanımlanabilir. Bunun anlamı şebekeden kullanıcıya doğru olan veri hızı, kullanıcıdan şebekeye doğru olan veri hızından daha yüksek olmasıdır. Yüksek hızda erişim gerektiren birçok uygulamada, hizmet biriminden kullanıcıya doğru olan veri akış hızı, kullanıcıdan şebekeye doğru

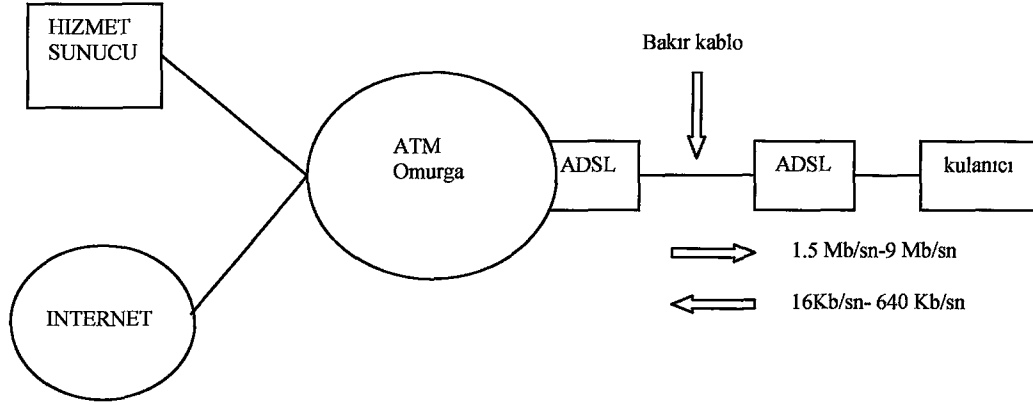
olan veri akış hızından daha yüksektir. Zaten hizmetlerin tabiatında bir asimetri söz konusudur. ADSL de bu gerçekten yola çıkılarak tasarlanmış bir iletim tekniğidir. ADSL'in diğer bir özelliği olan sürekli-bağlantı ile birlikte Internet/Intranet uygulamaları, isteğe bağlı video (video on demand) ve birbirinden uzakta ayrı bulunan LAN'ların birbirine bağlanması için ideal bir teknolojidir.

ADSL tekniğinde, gelişmiş modülasyon ve işaret işleme yöntemlerinin kullanılmasıyla, birbirinden farklı hızlara sahip, ayrı iletim kanalları elde edilmiştir. Bu kanallar, kullanıcıdan şebekeye doğru olan "ileri akım" (upstream) kanalı ve şebekeden kullanıcıya doğru olan "geri akım" (downstream) kanallarıdır. "İleri akım" yönündeki kanalın hızı 640 Kb/sn civarında, "geri akım" kanalının veri hızı ise 6 Mb/sn' dan daha yüksektir. Şekil 2.1' de ADSL kanallarını gösteren yapı verilmiştir. Bu hızlar, mevcut şebekede yeni bir kablolama işlemine gerek duyulmadan, veri hızının yaklaşık 50 kat arttırabildiğini göstermektedir. Kısacası, sadece ses, kısa metin ve düşük çözünürlüklü grafik iletebilme yeteneğine sahip bir şebeke, ADSL ile birlikte, hareketli video ve multimedya uygulamalarına hizmet verebilecek bir şebeke haline gelmektedir. Şekil 2.2'de ADSL modemin bulunduğu genel şebeke yapısı verilmiştir.



Şekil 2.1 ADSL Kanalları

ADSL tüm bu özellikleri ile, telefon şirketleri için, video ve multimedya uygulamaları için önemli bir role sahiptir. Çünkü geniş bantlı bir kablo şebekenin yeniden kurulması yıllar alacaktır. Yeni hizmetlerin başarısı, çok kısa sürede ve geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşabilmesine bağlıdır.



Şekil 2.2 Bakır Kablo Üzerinden ADSL Bağlantısı

2.1.1 ADSL Kapasiteleri

Bir ADSL devresi, bakır telefon hattının, her iki ucuna kurulan iki ADSL modem ile oluşturulan üç kanallı bir sistemdir. Bu kanallar yüksek hızlı geri akım kanalı, daha düşük hızlı ileri akım kanalı ve temel telefon hizmeti için ayrılmış kanallardan oluşur. Ses iletimi için ayrılan kanal, filtreleme yöntemiyle sayısal modemden ayrılmıştır. Bu durumda ADSL hizmet dışı kalsa bile, temel telefon servisinin devam etmesi garanti edilmiştir. Yüksek hızlı olan geri akım kanalının hızı, 1,6 ile 6,1 Mb/sn arasında, düşük hızlı ileri akım kanalının hızı ise 16 ile 640 Kb/sn arasındadır. Her iki kanalın da daha düşük hızlı alt kanallara dönüştürülmesi mümkündür. (Tablo 2.1)

ADSL modemlerin hızları, Kuzey Amerika Standardı olan T1 ve Avrupa standardı olan E1 standartlarına uygun olmalıdır. E1 hızı 1,544 Mb/sn, E1 hızına ilişkin standart ise 2,048 Mb/sn' dir. Bir ADSL modemi, en az 1,5 ile 2 Mb/sn arası bir geri akım kanalı, 16 Kb/sn veri hızına sahip ileri akım kanalı garanti etmelidir. Günümüzde 8 Mb/sn' lik bir geri akım ve 640 Kb/sn' lik ileri akım kanallarına sahip modemler bulunmaktadır.

Tablo 2.1 ADSL Kapasiteleri

<u>Geri akım Kanalları</u> nx1,536 Mb/sn nx2,048 Mb/sn	1,536 Mb/sn
	3,072 Mb/sn
	4,608 Mb/sn
	6,144 Mb/sn
	2,048 Mb/sn
	4,096 Mb/sn
<u>Çift Yönlü Kanallar</u> C- Kanalı Seçimli kanallar	16 Kb/sn
	64 Kb/sn
	160 Kb/sn
	384 Kb/sn
	544 Kb/sn
	576 Kb/sn

ADSL yüksek hızlı geri akım kanalının hızı birçok faktöre bağlıdır. Bu faktörler kablo ölçüsü, kablo uzunluğu, kablo boyutu gibi faktörlerdir [1].

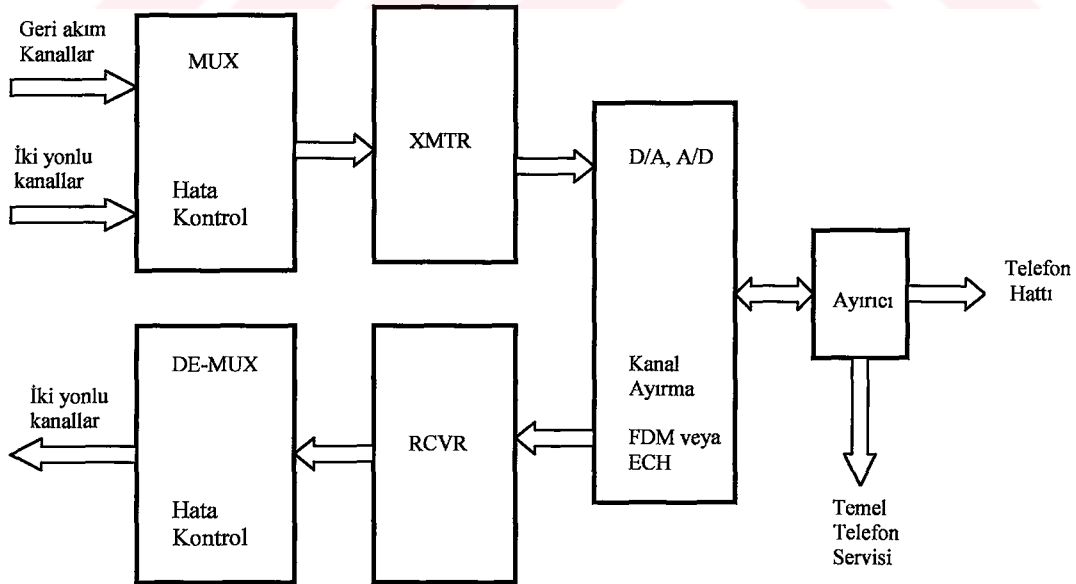
Tablo 2.2 ADSL'in fiziksel faktörlere göre performansı değişimi

Veri hızı (Mb/sn)	Kablo ölçüsü (AWG)	Kablo boyutu (mm)	Uzaklık (km)
1.5-2	24	0.5	5.5
1.5-2	26	0.4	4.6
6.1	24	0.5	3.7
6.1	26	0.4	2.7

Tablo 2.2’ de verilen değerler kesin değerler olmamakla birlikte % 95’ lik doğruluğa sahip değerlerdir. Eğer yukarda belirtilen mesafelerden daha uzak durumlar söz konusu olursa, fiber temelli çalışan, sayısal hat taşıyıcı (Digital Loop Carrier; DLC) kullanılarak Tablo 2.2’deki hızlar elde edilebilir. ADSL’in kullanıldığı birçok uygulamada, sıkıştırılmış sayısal görüntünün iletimi söz konusudur. Gerçek zamanlı uygulamalarda olduğu gibi, görüntü işaretlerinin iletimi sırasında, bağlantı yada şebeke seviyesinde hata kontrol mekanizmaları kullanılmaz. Bu yüzden ADSL modemler “ileri yönde hata giderme” yöntemini kullanır. Bu yöntem darbe gürültüsünden kaynaklanan hatayı azaltır.

2.1.2 ADSL Teknolojisi

ADSL’ de, ileri seviyede sayısal işaret işleme ve birçok verinin, çift telli telefon hattı üzerinde belli bir sıraya konulmasını sağlayan teknolojiler kullanılmıştır. Bunun yanında, analog filtrelerde, A/D dönüştürücülerde birçok yeni teknoloji kullanılmıştır. Uzun mesafeli telefon hatlarının, 1 MHz seviyesindeki işareti 90 dB kadar zayıflatmasından dolayı, kanalların birbirlerinde ayrılması, geniş dinamik aralığa sahip seviyelerin gerçekleşmesi ve düşük gürültü seviyesinin sağlanması, ADSL modemlerin analog birimlerinden beklenen özelliklerdir. Şekil 2.3’ te, şebeke tarafında bulunan ADSL modem alıcı-verici (transceiver) ünitesi verilmiştir [1].



Şekil 2.3 Şebeke Tarafındaki ADSL Alıcı-verici Ünitesi

Bir ADSL sisteminde, mevcut band kapasitesi kullanılarak, birden fazla kanalın bilgisinin iletilmesi için iki ayrı yöntem kullanılır. Bunlar “Frekans Bölme” (Frequency Division Multiplexing; FDM) ve “Yansıma Giderme” (Echo Cancellation) yöntemleridir. FDM, mevcut band üzerinde geri akım ve ileri akım için birer kanal tahsis eder, yani bu iki kanal birbirinden FDM yardımıyla ayrılır. Ancak, geri akım kanalının kendi içinde, birden fazla yüksek hızlı kanala ayrılması “Zaman Bölme” (Time Division Multiplexing; TDM) kullanılarak mümkündür [1]. Yansıma (echo) giderme yöntemi, geri akım kanala ayrılan bandın üzerine, ileri akım kanalının tahsis edilmesini sağlar ve bu iki kanalı yerel yansıma giderme yöntemiyle birbirinden ayırır.

ADSL modem, geri akım kanalları, iki yönlü kanallar ve bakım için ayrılmış kanallardan gelen veriyi bloklar halinde toplar ve her bir bloğa hata giderme bitleri ekler. İletim sırasında oluşan hatalar, alıcı tarafta düzeltilir. Bu ünite aynı zamanda, alt-blokların aralarına veri eklenmesi suretiyle, daha büyük veri bloklarının elde edilmesini sağlar. Bu işlem, belli bir bit aralığındaki hataların alıcı tarafta düzeltilmesine imkan verir. Bu da hem verinin hem de video sinyallerinin etkin bir biçimde iletimine olanak verir.

2.1.3 ITU-T, ADSL, ISDN

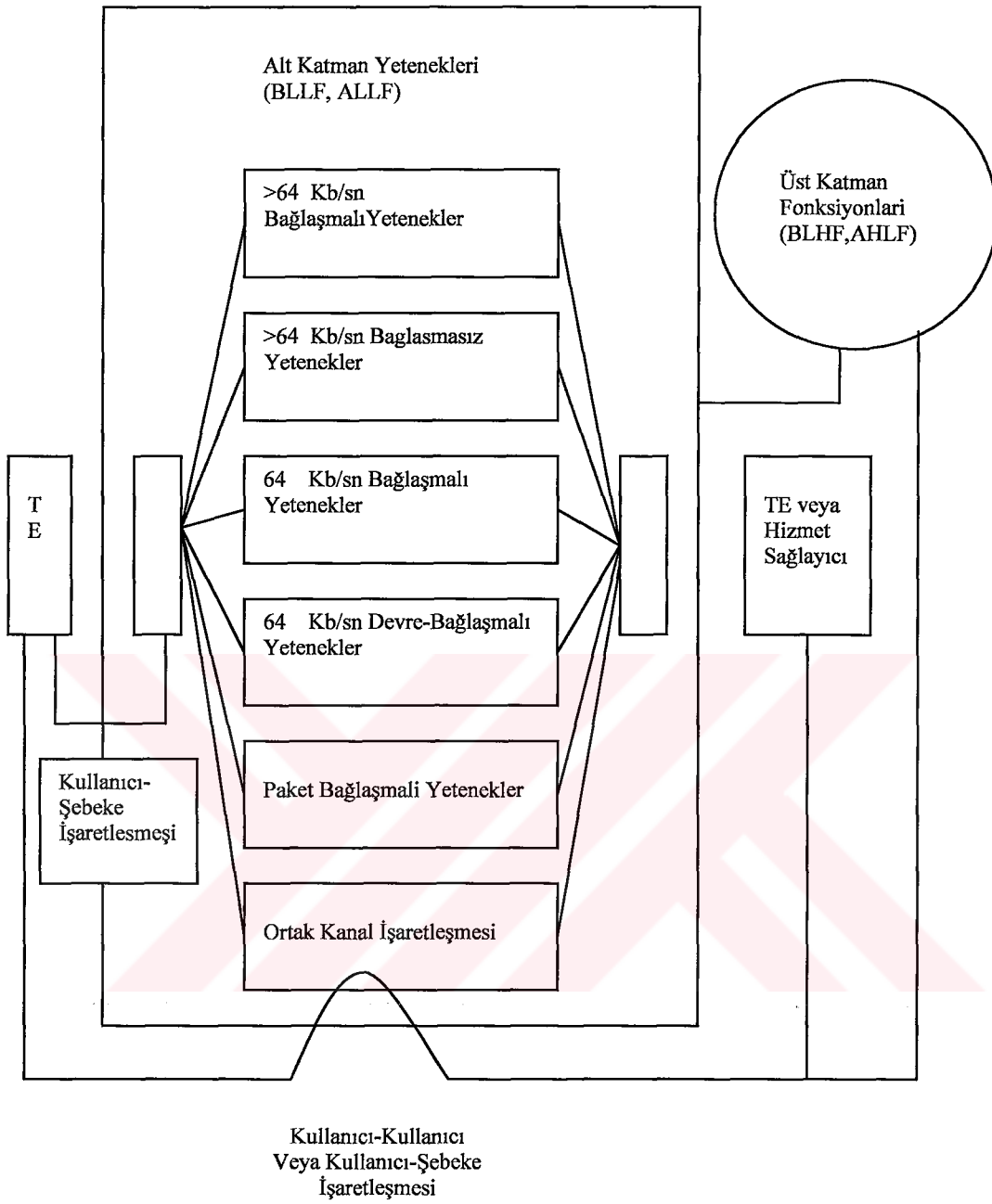
ADSL için kullanılan bazı tanımlarda, ADSL’in ISDN’nin yerine kullanıldığı şeklinde ifadeler yer almaktadır. Ancak bu benzerlik kısmen doğrudur. Burada sözü edilen ISDN, ISDN-BRI’dir. BRI-ISDN, ADSL’e nazaran, daha düşük hızda bir erişim sağlamaktadır.

Bazı kitaplar ve yayınlar, ADSL ve ISDN’in birbirinden farklı iki kavram olduklarını söyler. Bu kitap ve yayınlar, genişbandlı ISDN olarak bilinen asenkron transfer modunun (Asynchronous Transfer Mode; ATM), ADSL’in nerede ve nasıl kullanılacağı sorusuna da bir yanıt olarak görmektedir. ADSL aynı zamanda ISDN’nin bir parçası olarak da görülmektedir. ADSL Forum tarafında ifade edildiği gibi, ADSL, ISDN altyapısına uygun bir teknolojidir. Ancak önemli bir fark söz konusudur. Bu da Internet dünyasındaki gelişmelerden ve TCP/IP protokollerinin ve yönleticilerin (router) kullanılmasından kaynaklanır. Bu bölümde ADSL ile ISDN arasındaki ilişki tartışılmıştır.

Uzak mesafeli trunk hatları her zaman sayısal olmuştur. Ancak son yıllarda veri iletim hızını, 56 Kb/sn'den 64 Kb/sn'e çıkarmak için şebekelerde bazı yenilikler (upgrade) yapılmıştır. ISDN, sayısal trunklarda elde edilen veri hızının, ev ve işyerlerindeki son kullanıcılara kadar genişletilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Burada en önemli hedef, verinin uçtan uca tamamen sayısal bir formatta iletilebilmesidir. Aynı zamanda “geri yönde bir uyumluluk” (Backwards-Compatibility) elde etmek, uluslar arası iletim altyapılarına uyumluluk için gereklidir. ITU-T (daha önceleri CCITT) birleşmiş milletlerin en önemli kuruluşudur. ITU-T'nin Kuzey Amerika ve Avrupa standartlarına, ADSL alanındaki katkıları da incelenmiştir. Burada, ITU-T'nin ISDN altyapısı konusundaki rolü tartışılmıştır.

Şekil 2.4' de, ITU-T tarafından, I.325 tavsiyesinde belirtilen ISDN temel altyapısı verilmiştir. Bu şekilde, şebeke erişiminde kullanılan eski ve yeni yöntemler görülmektedir. Burada üç ayrı kategori söz konusudur. Bunlar sırayla, 64 Kb/sn erişim hızına sahip olan yöntemler, 64 Kb/sn'den büyük erişim hızı sağlayan teknikler ve işaretleşme ve bağlaşma yetenekleridir. Bu diyagramda, ADSL'in yeri, paket bağlaşmalı, ortak kanal işaretleşmesi yada uçtan uca işaretleşmenin kesiştiği noktada, 64 Kb/sn'den büyük bağlaşmamasız yada bağlaşmalı bir iletim tekniğidir.

Kullanım açısından, ADSL ve ISDN arasındaki fark bu şekle bakarak da görülebilir. ADSL'de mevcut olan herşey ISDN'de vardır. Ancak yöneltici (router)' lerin kullanımı bu modelin bir parçası olarak gösterilmemiştir. İşaretleşme, iki nokta arasında bir veri iletim yolu kurulmasını sağlayan tekniktir. Yönelticiler ise, verinin, hedeflenen noktaya ulaştırılması için, adres bilgisini kullanır. Yani ADSL, 64 Kb/sn'den daha yüksek hızda veri iletimi sağlayan yöneltmeli bir iletim yeteneği (capability) olarak görülebilir. Ancak, ADSL kendi iletim yolu içinde bağlaşmalı olabilir ve işaretleşme bilgisi taşıyabilir. Buyüzden ADSL, ISDN'nin bir parçası olarak düşünülebilir. Ancak genel ISDN yapısından farklı olarak, ADSL'de kullanıcıdan şebekeye doğru olan yönde işaretleşme bilgisi taşınmaz.



BLLF : Basic Low Layer Functions

Temel Alt Katman Fonksiyonları

ALLF : Additional Low Layer Functions

İlave Alt Katman Fonksiyonları

BHLF : Basic High Layer Functions

Temel Üst Katman Fonksiyonları

AHLF : Additional High Layer Functions

İlave Üst Katman Fonksiyonları

Şekil 2.4 ISDN Temel Yapısal Modeli (ITU-T, I.325)

2.1.4 ADSL Standartlaşmasına İlişkin Kurumlar

İki uç nokta arasındaki, fiziksel katman protokolleri, daha yüksek seviyeli katmanlardaki protokollere uyumlu olmalıdır. Üçüncü bölümde fiziksel katman protokolleri detaylı olarak tartışılmıştır. Protokol açısından bir standartlaşma sağlanması, birbirinden farklı üreticiler tarafından sunulan ürünlerin birlikte çalışabilmeleri açısından çok önemlidir.

ADSL'in standartlaştırılması ile ilgili olarak çalışan dört ayrı kurum bulunmaktadır. Daha önceleri, çeşitli üretici firmalar, ADSL konusunda test çalışmaları yapmışlardır. Daha sonra en aktif olarak çalışan kurumlar, ADSL Forum adı altında bir araya gelmişlerdir. Bu forumun içinde "Evrensel ADSL Çalışma Grubu" (Universal ADSL Working Group; UAWG) adı altında bir alt grup oluşturulmuştur. Bu grubun çalışmaları, ADSL'in daha kullanışlı (user-friendly) bir ürün haline getirilmesini amaçlamaktadır.

Diğer gruplar ise ANSI ve ETSI gibi uluslararası kuruluşlardır. ANSI, ADSL konusundaki ilk dökümanını ETSI'den aldığı verilere dayanarak hazırlamıştır. Daha sonra ITU-T, ADSL'nin global iletim sistemindeki değişimlere entegre edilmesini sağlamak için ANSI ve ETSI ile birlikte ortak bir çalışma başlatmıştır. Tablo 2.3'de ADSL'e ilişkin standartlar ve ilgili kuruluşlar verilmiştir.

- **ADSL Forum ve UAWG:**

ADSL Forum 1994'te kurulmuştur. Kuruluş amacı, ADSL'in tanıtılması ve bu konuda standartlaşmayı sağlamaktır. Ayrıca diğer standartlaşma kurumlarını, ADSL için bir araya getirme görevini üstlenmiştir. Endüstriyel alandan bir çok şirket ADSL Forum' a katılmıştır. Burada şirketlerin problemleri karşılıklı olarak tartışılmıştır. Bu kurum içinde dört ayrı çalışma grubu oluşturulmuştur. Bunlar;

UAWG	: Evrensel ADSL Çalışma Grubu (Universal ADSL Working Group)
MIB	: Yönetim Bilgisi Alt Yapısı (Management Information Base)
Test Grubu	: Bu grub, kurum üyeleri ile diğer üretici firmalar arasında bir test ortamının koordine edilmesi amacıyla kurulmuştur.

Bu forum tarafından incelenen bir çok konu, aynı zamanda ATM Forum tarafından da takip edilmektedir.

Tablo 2.3. ADSL'in Standartlaştırılmasını İlişkin Kurumlar ve Standartlar

Kuruluş	Çalışma Grubu	Standart	Amaç
ADSL Forum	UAWG, SNAG vb.	TR-00X	Endüstriyel tavsiyeler
ANSI.T1	T1E1.4	T1.413, Issue 2	Temel ADSL standartları
ETSI	TM6		ANSI ile yakın çalışma
ITU-T	Çalışma Grubu-15	G.992.1 G.992.2 G.994.1 G.994.5 G.995.1 G.996.1 G.997.1	Uluslararası standartlar elde etmek

• **ANSI (American National Standart Institue):**

Bu kurum daha çok diğer teknik grupları denetler. T1 komitesi ve daha spesifik olarak T1/E1 komitesi, ADSL üzerine çalışma yapan komitedir. Bu komite, arabirimler, enerji ve şebekenin korunması konularındaki çalışmaları denetler. Her çalışma komitesi, kendi içinde daha alt-gruplara bölünmüştür. TE1E1.4 olarak bilinen komite, DSL şebeke erişiminden sorumludur. DSL şebeke erişimi, arabirimler için iletim tekniklerini ve fiziksel katman standartlarını kapsar. T1E1.4 grubu daha önce ADSL konusunda T1.413 tavsiyesini hazırlamıştır. T1.413, 1885 yılında yayımlanmıştır. En yeni versiyon T1.413-versiyon 2 tavsiyesi, UAWG tarafından yapılan çalışmaları içerir.

• **ETSI:**

Bu kurumda da, alt çalışma grupları mevcuttur. “İletim ve Çoğullma” (Transmission and Multiplexing; TM) adlı grubun TM6 ve T1E1.4 ile birlikte çalışan bir altgrubu vardır.

• ITU-T:

ITU-T, ADSL konusundaki çalışmalarına 1988 yılında başlamıştır. ITU-T, daha önce bahsedilen I.325 gibi teknik tavsiyeler sunar. Bu kurumun ADSL'in standartlaşmasıyla ilgili tavsiyeleri "G" önekiyle başlar. Bu kurum tarafından yürütülen bir çalışma olan G.DMT çalışması, hemen hemen T1.413' ün tekrarıdır. "G. Lite" adı altındaki çalışma ise UAWG'nin çalışmalarının bir özetidir. ITU-T tarafından ADSL'e ilişkin standartlar şunlardır;

G.992.1 (G.DMT) : ADSL alıcı-vericileri

G.992.2 (G.lite) : Ayrıcısı olmayan ADSL alıcı-vericileri

G.994.1 (G.hs) : ADSL alıcı-vericileri için "el-sıkışma" prosedürleri

G.995.1 (G.ref) : DSL konusundaki tavsiyelerin özeti

G.996.1 (G.test) : DSL alıcı-vericileri için test prosedürleri

G.997.1 (G.ploam) : DSL alıcı-vericileri için fiziksel katman yöntemi

2.1.5 ADSL Pazarı

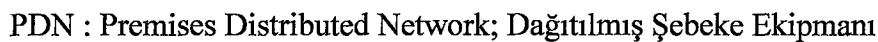
ADSL modemler, 30 dan fazla şirket tarafından başarıyla test edilmiş ve Kuzey Amerika ve Avrupa'da değişik teknolojiler kullanılarak, binlerce ADSL modem kurulmuştur.

2.2 VDSL

Çok Yüksek Hızlı Sayısal Abone Hattı (Very High Data Rate Digital Subscriber Line; VDSL) diğer bir DSL teknolojisidir. Dünyadaki telefon şirketleri, genişbandlı bir veri iletim şebekesi için çalışırken, en büyük sorun mevcut bakır şebekelerin kullanılması zorunluluğudur. HPC ve paylaşılmış erişim ortamı, analog ve sayısal yayın için uygundur, ancak bu ortam yüksek hızlı verinin iletimi için yeterli gelmemektedir. Son kullanıcıya kadar fiber kullanmak çok pahalı bir yöntemdir. Bu konuda diğer bir çözüm, belli bir noktaya kadar fiber kullanmak, daha sonrasını ise bakır şebekeyi kullanarak kullanıcıya ulaşmaktır.

Böyle bir sistemde, merkez ofis ile Optik Şebeke Ünitesi (Optical Network Unit; ONU) arasına fiber konur. ONU ile son kullanıcı arasında bilinen telefon hattı

FTTN için kullanılan teknolojilerden biri de CDSL (Customer Digital Subscriber Line)' dir. Çünkü VDSL daha kısa mesafeli bakır tel kullanımını gerektiren bir teknolojidir. VDSL aracılığıyla yüksek hızlı veri bakır şebeke üzerinden ONU'ya aktarılır. Bu hız bakır tel hattının boyuna bağlı olarak değişir. Hat boyunun 300 m' ye kadar olan mesafelerde, maksimum geri akım veri hızı 51 Mb/sn ile 55 Mb/sn arasında değişmektedir. Hat uzunluğunun 1500m' den daha yüksek olması durumunda, bu hız 13 Mb/sn'ye kadar düşmektedir. İleri akım yönündeki veri akış hızı ise, ADSL' de olduğu gibi asimetrik olarak 1,6 ile 2,3 Mb/sn arasındadır. Her iki kanal da, normal telefon servisi için kullanılan kanaldan, frekans bandında ayrılmıştır. Mevcut yüksek hızlı bu iki veri kanalı da birbirinden frekans bandında ayrılmıştır. VDSL sisteminde, ileri akım kanalı için daha yüksek bir hıza yada simetrik bir iletim ortamına ihtiyaç duyurursa, "yansıma giderme" yöntemi uygulanır. Şekil 2.5' de VDSL modemin kullanıldığı yapı verilmiştir.



Şekil 2.5 VDSL Sisteminin Şebeke İçindeki Konumu

2.2.1 VDSL Kapasiteleri

15

SDH)' in sahip olduğu 155.52 Mb/sn' lik veri taşıma kapasitesinin bölünmesinden elde edilir. Bu hızlar 51,84 Mb/sn, 25,92 Mb/sn ve 12.96 Mb/sn' lik veri hızları olacaktır. Herbir taşıma kapasiteleri istenilen aralığa karşılık düşer. Uzaklığa göre, veri iletim hızları Tablo 2.4' te verilmiştir [1].

Tablo 2.4 VDSL'in uzaklığa göre kapasitesinin değişimi

Hedeflenen Veri Hızı (Mb/sn)	Uzaklık (metre)
12.96 - 13.8	1500
25.92 - 27.6	1000
51.84 - 55.2	300

İleri akım yönündeki transfer hızı için ise üç genel aralık sözkonusudur. Bunlar;

- 1.6 - 2.3 Mb/sn
- 19.2 Mb/sn
- Geri akım yönündeki taşıma hızına eşit bir hız.

VDSL'in versiyonları, daha düşük asimetrik veri taşıma hızları elde etmek için tasarlanmıştır. Ancak daha sonraları, çok kısa mesafeler için, ileri akım yönünde daha yüksek, simetrik bir veri taşıma hızı elde edilmiştir. VDSL sistemiyle, gerçek zamanlı sinyallerin ve sıkıştırılmış video verisinin taşındığından, hatalı verinin tekrar gönderilmesi söz konusu değildir. Bu nedenle, bu sistemde kullanılan hata düzeltme tekniği, "İleri Yönde Hata Düzeltme" (Forward Error Correction; FEC)' dir.

Geri akım yönünden gelen birden fazla terminale ilişkin verinin çözülmesi TDM yada "terminallerin adreslenmesi" tekniği ile yapılır. Ancak ileri akım yönündeki verinin çoğullanması (multiplexing) daha karmaşık bir iştir. Şebeke sonlandırma (Network Termination; NT) kullanılan sistem, paylaşılmış ortama, TDM yada FDM kullanarak veriyi çoğullamak durumundadır. TDM kullanılması durumunda, ONU' dan geri akım yönüne doğru bazı kontrol hücreleri kullanılabilir. FDM kullanılması durumunda ise, herbir CPE'ye kendi iletim kanalı tahsis edilir. Ancak, daha dinamik bir band tahsis etme işlemi isteniyorsa, ortam erişim protkolü (Media Access Protokol; MAC) kullanılmalıdır.

2.2.2 VDSL Teknolojisi

VDSL büyük ölçüde ADSL'e benzemektedir. Ancak ADSL'de daha değişken veri taşıma kapasiteleri söz konusudur. Bu yüzden de daha karmaşık bir yapıya sahiptir. VDSL daha basit, daha az enerji harcayan ve daha düşük maliyetli bir sistemdir. Kullanıcı tarafındaki VDSL ünitelerinde, ileri akım yönündeki verinin çoğullanmasını sağlamak amacıyla, fiziksel katman MAC protokolünün burada uygulanabilir olması gerekir.

2.2.2.1 Hat Kodlamasında Kullanılan Teknikler

VDSL için 4 ayrı hat kodlama yöntemi vardır.

- Taşıyıcısı Olmayan Genlik Modülasyonu (Carrierless Amplitude Modulation; CAP)

Bu kodlama yöntemi QAM yönteminin taşıyıcısı bastırılmış bir biçimidir. Pasif NT konfigrasyonlar için, CAP yöntemi QPSK kullanılabilir. İleri akım yönündeki çoğullama işlemi için zaman bölmeli çoklu erişim (Time Division Multiple Access; TDMA) kullanılır [1].

- Ayırık Çoklu-Tone (Discrete Multitone; DMT):

Bu modülasyon tekniğinde, birbirinden bağımsız taşıyıcılar elde etmek için, ayırık fourier dönüşümü kullanılır. Pasif NT konfigrasyonlarında, DMT çoğullama işlemi için FDM kullanılır.

- DWNT (Discrete Wavelet Multitone):

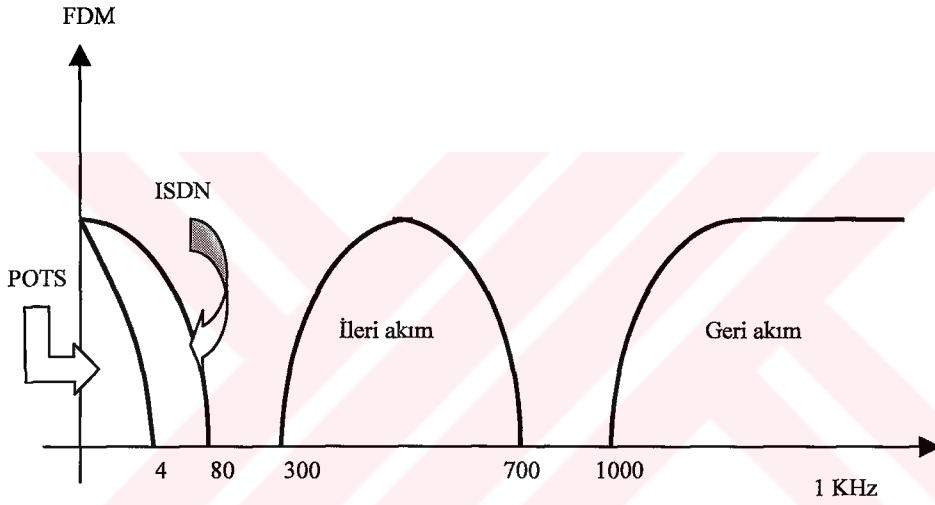
Bu modülasyon tekniğinde, birbirinden ayrı taşıyıcılar elde etmek için “wavelet” dönüşümü kullanılır. Bu modülasyonda, ileri akım yönünde bir çoğullama işlemi için FDM kullanılır. Ancak DTMA'nın de kullanılmasına da izin verilir.

- Temel Hat Kodlaması (Simple Line Code; SLC):

Bu yöntem 4 seviyeli temel band işaretlenmesinin bir versiyonudur. Burada temel band filtrelenir ve alıcı tarafta tekrar düzenlenir. Pasif NT konfigrasyonlarında, ileri akım yönündeki çoklama işlemi için TDMA kullanılır. Ancak aynı zamanda FDM kullanılması da mümkündür.

2.2.2.2 Kanalların Birbirinden Ayrılması

VDSL'in ilk versiyonlarında, veri kanalları olan ileri akım ve geri akım kanalları ile, temel telefon hizmeti ve ISDN için ayrılan kanalların birbirlerinden ayrılması için FDM kullanılmıştır. (Şekil 2.6) Daha sonraki VDSL nesilleri için, simetrik bir iletim ortamı elde etmek için “yansıma giderme” tekniği kullanılmıştır. Normalde, geri akım kanalları için ayrılan band, ileri akım kanalları için ayrılan bandın üzerine yerleştirilmiştir. Ancak, DAVIC spesifikasyonlarında, kullanıcı tarafından gelen VDSL işaretinin, koaksiyel kablo sistemine doğru dağıtımının yapılması için, yukardaki konfigürasyonunun tam tersi önerilmiştir [1].



Şekil 2.6 Kanalların FDM ile Birbirinden Ayrılması

2.2.2.3 İleri Yönde Hata Kontrolü (Forward Error Control; FEC)

İleri yönde hata kontrolü için, darbe gürültüsünün neden olduğu hataların düzeltilmesi açısından Reed Solomon Kodlamasının bir formu yada “seçimli araya ekleme” (optional interleaving) teknikleri kullanılır. Bu yapı ADSL için T1.413 tavsiyesinde tanımlanan modele çok benzer. Buradaki en büyük sorun, FEC için ayrılacak olanın, veri bandı içinde mi, yoksa dışında mı olacağı konusudur. ADSL’de bu alan band dışına konmuştur.

2.2.2.4 İleri Akım Kanalının Çoğullanması (Upstream Multiplexing)

Eğer terminal tarafında bulunan VDSL ünitesi, aktif NT içeriyorsa, ileri akım yönünde, birden fazla CPE’den gelen verinin, ileri akım yönündeki kanala

çoğullanması, kullanıcı tarafındaki şebekenin görevidir. VDSL ünitesi her iki yönde işlenmemiş veri akışını sağlar. VDSL ünitesinin içine CPE'lerin çoğullanması için bir birim konur (Şekil 2.7) [1].

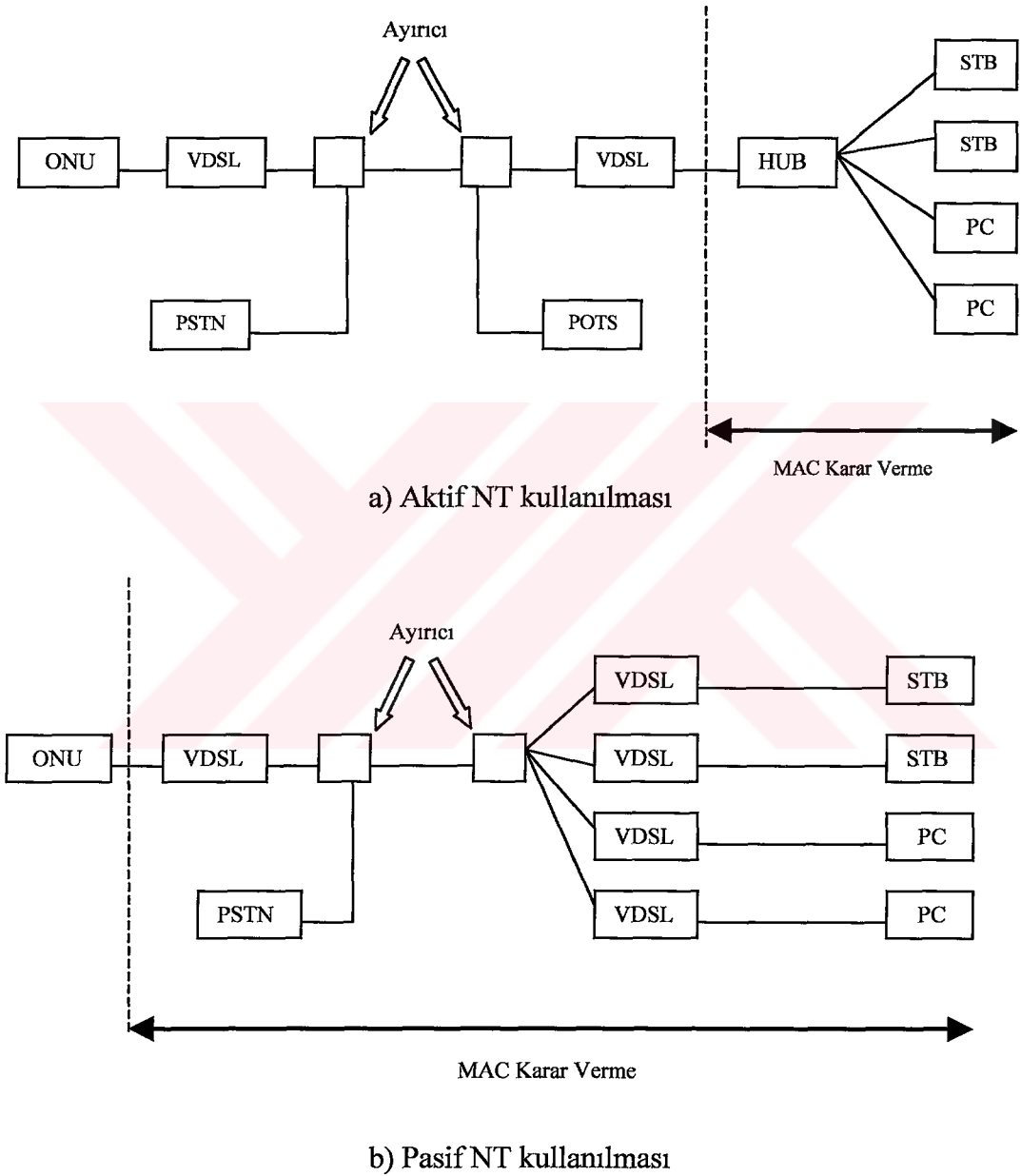
Pasif NT içeren konfigrasyonlarda ise, her terminal ayrı ayrı kendi VDSL ünitelerine sahiptirler. Bu durumda tüm terminallerin ileri akım kanalları aynı kabloyu kullanır. Birden fazla terminalin aynı kanalı paylaşmasını tayin eden iki yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden ilki “hücre garantisi” (cell-grant) protokolüdür. Bu protokol ONU tarafında üretilen geri akım çerçevesine ilişkindir. Burada bazı bitler kullanılarak, hangi çerçevenin, hangi terminal tarafından gönderildiği belirtilir. Herbir peryotta, bir terminal bir tane ileri akım kanalına ilişkin hücre gönderir. Bu durumda 53 oktetlik bir veri hücresinin iletimi için toplam 77 oktet kullanılır.

İkinci metod ise, farklı terminallerden gelen ileri akım kanallarını, birbirinden frekans düzleminde ayırmaktır. Bu yöntemde, fazladan bir veri alanının kullanılmasına ihtiyaç yoktur ama dinamik band tahsisi olanağı da yoktur [1].

2.2.3 VDSL Konusundaki Tartışmalar

VDSL henüz standartlaşma aşamasını tamamlamamış bir teknolojidir. Marketle bazı VDSL ürünlerinin bulunmasına karşılık, VDSL'in uzaklıa bağlı olarak sağlayabileceği veri taşıma hızları kesinlik kazanmamıştır. Ayrıca sonlandırılmamış paralel telefon hatları, ADSL ve ISDN üzerinde olumsuz etki yapmamasına karşılık, belli konfigrasyonlarda VDSL üzerinde ciddi olumsuz etkilere sahiptir. Ayrıca VDSL sistemi, amatör radyo yayını için ayrılmış frekans bandını olumsuz etkileyebilir. Şöyle ki, toprak üzerinde VDSL modeme bağlı her telefon kablosu, amatör radyo bandını etkileyen bir anten görevi görür. Tartışılan ikinci konu ise, VDSL'in hangi hizmetler için kullanılacağıının kesinlik kazanmamış olmasıdır. VDSL'in veriyi ATM hücre formatında taşıdığı kabul edilebilir, ancak geri akım ve ileri akım yönlerindeki veri iletimi için optimum hız konusunda bir netlik sağlanamamıştır. Daha karmaşık olan ise, VDSL'in ATM formatı dışında bir formatta, simetrik kanallar kullanarak veri taşımasıdır. Çünkü VDSL daha üst seviyeli protokollerden bağımsız hareket edemez. Özellikle ileri akım yönünde, bağlantı katmanı protokolünün formatının bilinmesi gereklidir. Çünkü burada birden fazla terminalden gelen verinin çoğullanması söz konusudur.

Tartışılan üçüncü konu ise, telefon şebekesiyle terminal arasındaki arabirimdir. Maliyet açısından düşünüldüğünde pasif NT kullanmak daha avantajlıdır. Bu durumda ileri akım yönündeki çoğullama işlemi, LAN' larda olduğu gibidir. Sistem yöntemi, güvenilirlik, gibi konular açısından aktif NT daha avantajlıdır. Çünkü bu durumda birden fazla terminalin tek bir iletim ortamını kullanması mümkündür [1].



Şekil-2.7 Aktif ve Pasif NT Durumlar İçin VDSL Konfigrasyonu

2.2.4 VDSL Standartlaşma Durumu

VDSL'in standartlaştırılması konusunda çalışan beş ayrı organizasyon bulunmaktadır.

- **T1E1.4:**

USA ANSI standart grubu olan T1E1.4, VDSL için çalışmalarına devam etmektedir. Bu çalışmalar daha çok VDSL' in geliştirilmesi ve protokol tanımlarının yapılmasına ilişkindir.

- **ETSI:**

ETSI, tarafından VDSL'in standartlaştırılmasına ilişkin "yüksek hızlı metalik erişim sistemleri" (High-Speed Metallic Access Systems) adı altında bir proje yürütmektedir. Ayrıca VDSL gereksinimleri, problemleri ve hedefleri konularında çalışmalar yapılmaktadır. ETSI, T1E1.4 ve ADSL Forum birçok konuda birlikte çalışmalar yürütmektedir. ETSI'nin en önemli çalışmaları, "aktif NT" ye duyulan ihtiyaç" ve "SDH sanal taşıyıcılarının çoğullanması için ortaya çıkan maliyet (8VC-12, 2.3 Mb/sn)" konuları üzerindeki çalışmalarıdır.

- **DAVIC:**

VDSL konusunda ilk çalışmalara başlayan kurumdur. Bu kurumun ilk spesifikasyonunda, ileri akım ve geri akım yönlerinde verinin taşınması için iki ayrı hat kodlaması tanımlanmıştır. İleri akım yönünde, TDMA temelli bir çoğullama işlemi için MAC tavsiye edilmiştir. DAVIC, VDSL'i, 300 m'ye kadar mesafeler için, 51.84 Mb/sn lik bir geri akım kanalı, 1,6 Mb/sn lik bir ileri akım kanalına sahip sistem olarak tanımlanmıştır. Bu modelde, pasif NT kullanılması ve NT ile terminaller arasına koaksiyel kablo yada yeni bakır kablo kullanılması önerilmiştir.

- **ATM Forum:**

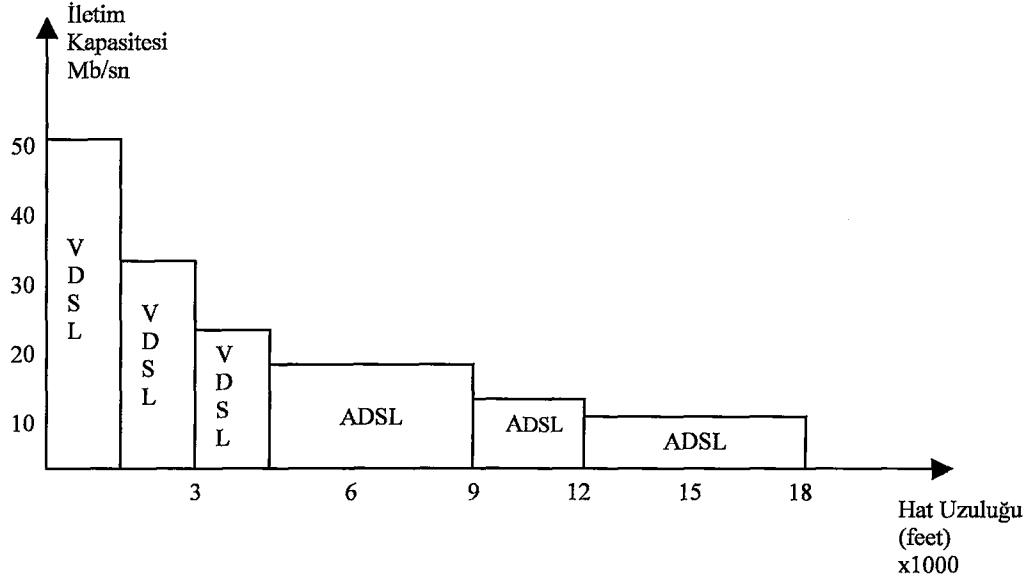
ATM Forum VDSL ile ilgili çalışmalara son yıllarda başlamıştır. Bu kurum, VDSL'in kullanılabileceği tüm uygulamalar için, VDSL'in şebeke, protokol ve yapısal özelliklerini incelemektedir.

2.2.5 VDSL'in ADSL ile Olan İlişkisi

VDSL ile ADSL arasında teknik açıdan ilginç bir benzerlik vardır. VDSL, ADSL'e nazaran yaklaşık 10 kat daha hızlı bir iletim tekniğidir. Fakat ADSL daha karmaşık bir teknolojidir. Çünkü ADSL daha değişik uzunluktaki mesafeler için kullanılabilir. VDSL için ise hat mesafesi daha belirgin sınırlar içindedir. ADSL ile, bakır tel üzerinden 6000 m mesafeye kadar, 1.5 ile 9 Mb/sn arası bir iletim hızı elde etmek için gelişmiş transmisyon yöntemleri ve "ileri yönde hata düzeltme" (Forward Error Correction; FEC) kullanılır. VDSL' de ise aynı yöntemler kullanılarak ancak, 1500 m'ye kadar olan mesafeler için 13 ile 55 Mb/sn' lık bir veri taşıma ortamı elde edilebilir. ADSL ve VDSL'in mesafeye göre değişen veri taşıma hızlarının karşılaştırılması Şekil 2.8' de verilmiştir [1].

VDSL'in, komple-hizmet (full-service) şebekeleri için uygun bir teknoloji olduğu açıktır. Ancak, telefon şirketlerinin kullanıcılara ayrı ayrı ONU tahsis etmesi mümkün değildir. ADSL "full-service" için uygun bir teknoloji olmayabilir. Ancak mevcut bakır şebekeyi kullanarak, yeni bir kablolama yapılmasına ihtiyaç duymadan

hizmet verebilme avantajına sahiptir. Günümüzde kullanıcıya sunulan, video konferansı, İnternet erişimi, iteğe bağlı video ve uzak mesafeli LAN'ların birbirine bağlanması gibi bir çok hizmet T1/E1 hızında, yada bu hızın biraz altında sağlanabilir. Bu hizmetlerin sağlanmasında ADSL ve VDSL ideal birer teknolojidirler. Çok uzak mesafeler için ADSL tek bir kanal üzerinden çalışır. Bu mesafe küçülünce, kullanılan kanal sayısı artar, buna bağlı olarak da veri iletim hızı artacaktır.

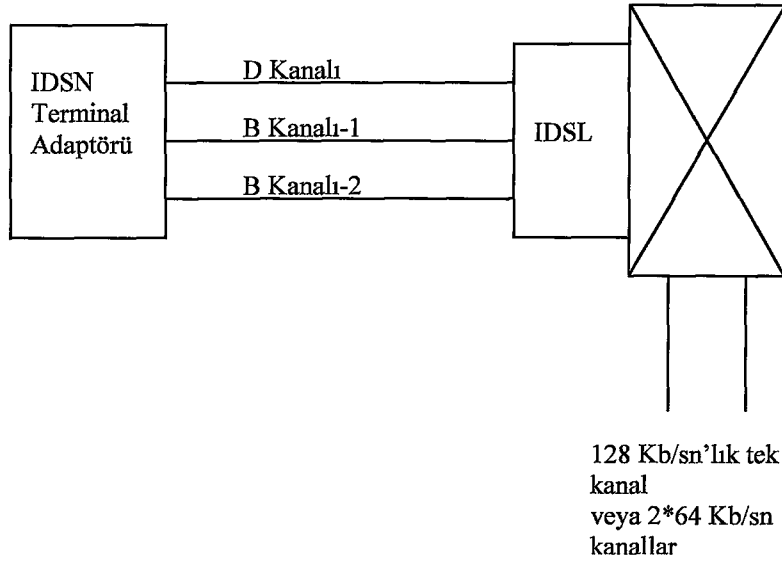


Şekil 2.8 ADSL ve VDSL'in Uzaklığa Göre Değişen Hızları

2.3 ISDL

ISDN-DSL olarak bilinen ISDL, yine bir sayısal abone hattı teknolojisidir. Ancak ISDN gerçek anlamda sayısal şebeke uygulaması olduğundan dolayı, bu uygulamayı bir erişim yönetiminden çok, bir terim olarak düşünmek gerekir. ISDL'in çıkış noktası, Kuzey Amerika'da mevcut bakır şebeke altyapısını kullanmadan bir ISDN-BRI hizmeti sunulmasıdır.

Kullanıcı BRI-ISDN cihazlarını alır ve bilinen ISDN-BRI bağlantısını gerçekleştirir. Ancak merkez ofis tarafında, beklenen hizmeti aksatmaya neden olmayacak şekilde, bazı bağlama mesajları engellenir, yani kullanılmaz. Bu durumda BRI-ISDN cihazları, her iki B-kanalının kullanılmasıyla 128 Kb/sn, yada hem B hem de D kanalı kullanarak 128 Kb/sn'lik bir veri hızı sağlar. Ancak burada BRI-ISDN cihazının, standart olmayan veri iletimi kombinasyonunu desteklemesi gerekir. Şekil 2.9' da BRI-ISDN'nin ISDL'e bağlantısı verilmiştir [3]. Diğer tüm (X)DSL teknolojilerinde olduğu gibi fiziksel arabirim ve kullanılan protokol, fiziksel hattın her iki ucunda uyumlu olmalıdır. Temel fark, BRI-ISDN cihazlarının, merkez ofis tarafında sonlanmasına ilişkin bir protokol beklemek zorunda olmasıdır. Bu sistemde bütün ISDN hizmetleri sağlanamaz. Kanallar sadece veri transferi için kullanılır, konuşma yapılamaz.



Şekil 2.9 IDSL Konfigrasyonu

2.4 HDSL/HDSL2

Çok Hızlı Sayısal Abone Hattı (High-Speed Digital Subscriber Line, HDSL), fiziksel iletim teknolojisi olarak, ADSL gibi bir erişim tekniğidir. Ancak bu teknoloji, yaygın olarak sayısal tranklarda kullanılır. Bu iletim şekli T1 olarak adlandırılır ve iki yönlü, 1,544 Mb/sn'lik bir veri iletim hızına sahiptir. Bu standart Kuzey Amerika ve Japonya içindir. Avrupa ve dünyanın birçok diğer ülkelerinde 2.044 Mb/sn veri hızını sağlayan E1 standardı kullanılır.

HDSL çerçevesi, BRI' ya ilişkin "U" arabiriminde olduğu gibi 2B1Q fiziksel hat kodlama yöntemiyle iletilir. Ancak iletim hızı beş kat daha fazladır. Bu da iki telli bakır hat üzerinden 800 Kb/sn' lik bir veri iletim kapasitesi demektir.

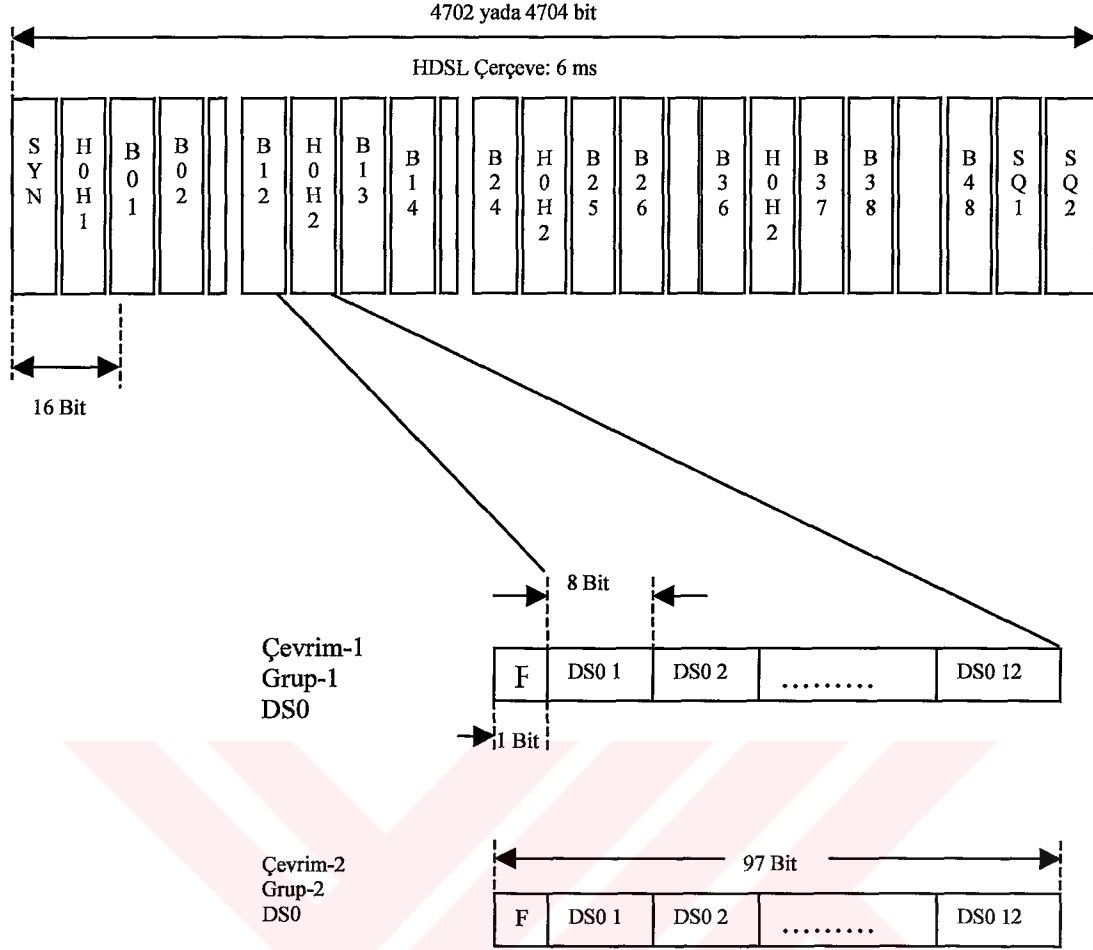
Bu, Şekil 2.10' da verilmiştir. Gerçek bir HDSL çerçevesinin elde edilmesi 64 Kb/sn veri kanallarından çok, HDSL çerçevelerine bölünme şeklindedir. Bunlar DS0 kanalları olarak adlandırılırlar. Bu kanallarla birlikte, bir de başlık bilgisini taşıyan kısım vardır. Şekil 2.10' da gösterildiği üzere her bir HDSL çerçevesi 6ms süresinde bir tekrarlanır. Burada bir saniyedeki çerçeve sayısını hesaplamak olanaksızdır. Çünkü bu sayı, saniyede 166 2/3 şeklindedir. Bunun bir tam sayıya ayarlanması için, HDSL çerçeveleri oluşturulurken sonuna 4 bitlik ekleme (stuffing) ünitesi kullanılır.

HDSL çerçevesi, temel olarak dört lojik üniteden meydana gelir. Bunlar;

- 1- Senkronizasyon bitlerinden ve ileri yöndeki HDSL başlığından oluşan ileri yöndeki başlık ünitesidir. Bu ünite 14 bitlik senkronizasyon ünitesi ve 2 bitlik HDSL başlık alanı olmak üzere toplam 16 bittir.
- 2- İleri yönde başlık ünitesini takip eden 12 adet veri grubu
- 3- 10 bitten oluşan HDSL başlık alanı ve veri alanları iki kez daha tekrarlanır.
- 4- Son olarak gelen ünite ise “stuffing quaternary” bitleridir.

Bir HDSL çerçevesinde, 94 yada 98 bitlik bir başlık bilgisi ve 4.608 bitlik veri alanı olmak üzere toplam 4702 yada 4704 bitlik bir alan söz konusudur. Diğer bir deyişle 4702 yada 4704 bitlik verinin HDSL hattında 6 ms süresinde iletildiği varsayıldığında, HDSL hattının 164 Kb/sn’lik başlık alanı (bu saniyede 96 tane 166 2/3’ lük çerçeve demektir) ve 768 Kb/sn (bu da 20 adet 64 Kb/sn’ lik veri kanalı demektir) bir veri transfer kapasitenise sahip olduğu görülür.

T1 çerçevesi 1.544 Mb/sn, E1 çerçevesi ise 2.044 Mb/sn veri hızlarını sağlar. HDSL teknolojisinde bu hızlara ulaşmak için ikili bakır hatlar çoğullanır. T1 hızını elde etmek için iki adet telefon hattı, E1 hızına ulaşmak için üç adet telefon hattının çoğullanması gerekir. Bu yöntem, mevcut analog iletim hatlarının kullanılmasıyla elde edilen gelişmiş bir DSL tekniğidir. Telefon hatlarının çoğullanmasıyla daha yüksek hızlara ulaşmak mümkündür. Bu yöntem, tek bir B kanalının kullanıldığı BRI-ISDN’den daha ucuzdur.



SYN : Senkronizasyon (14 bit)
H0H1 : HDSL başlığı (2 bit)
 B_{mn} : HDSL DS1 veri bloğu
H0H2 : HDSL başlığı (10 bit)
 $SQ_{0,1}$: “Stuffed Quaternary” bitleri
F : HDSL çerçeveleme biti

Şekil 2.10 HDSL DS-1 Çerçeve Yapısı

2.4.1 HDSL/HDSL2 İçin Kullanılan İşaretleşme Protokolleri

- **Kanal Bağımlı İşaretleşme (Channel Associated signalling; CAS):**

PSTN’e erişim için, HDSL sisteminde işaretleşmenin kullanılması zorunludur. Özellikle eski tip şebekeler CAS işaretleşmesini kullandığı için, HDSL sisteminde CAS desteklenmelidir. T1 standartını sağlayan iletim sistemleri için, CAS daha çok “Robbed bit” işaretleşmesi olarak bilinir. Çünkü burada 8 bitlik her zaman dilimi için 1 adet sinyalleşme biti mevcuttur. Bu durumda veri için 7 bit kalır. Bu da $64 \cdot 7/8$ ’den 56 Kb/sn’ lik bir veri transferi sağlar.

Avrupa’da kullanılan E1 standartında ise, kanallardan bir tanesi işaretlemeye ayrılmıştır. Geriye kalan 30 kanal, 64 Kb/sn veri kanallarıdır. Bu yüzden 64 Kb/sn ortak çalışması, ISDN’de problem oluşturmaktadır [4].

- **BRI-ISDN’de Kullanılan İşaretleşme:**

HDSL sisteminde, PRI-ISDN’de kullanılan işaretleme de kullanılabilir. CAS için kullanılan zaman dilimleri Q.921/Q.931 mesaj temelli işaretleme için de kullanılabilir. PRI işaretlemesinin kullanıldığı T1 hattında, E1 için kullanılan yöntemler kullanılacaktır. Bu durumda T1 PRI hattı, herbir kanal için 64 Kb/sn’lik bir veri iletim hızı sunacaktır.

İşaretleşme için ayrılan kanal, diğer 30 kanalın işaretleme ihtiyacını kontrol eder. Bu durumda herbir kanal için 2,78 (2.13) Kb/sn’ lik bir işaretleme veri alanı düşer. BRI-ISDN’de ise herbir kanalın işaretleme gereksinimini karşılamak için 8 Kb/sn’lik veri alanı karşılık gelmektedir. (2 adet B-kanalı için, işaretlemenin yapıldığı 16 Kb/sn’lik bir D-kanalı mevcuttur)

2.4.2 HDSL2 yada SHDSL

HDSL2 tek bir telefon hattının kullanıldığı HDSL’dir. Burada amaç, istenilen hizmeti verebilmek için, tek bir telefon hattını kullanarak, daha geniş bantlı bir erişim sistemi elde edebilmektir. Bu konu Haziran 1994’te ANSI T1E1.4 grubu çalışmasında sunulmuştur. ADSL’ deki gibi öngörülen veri hızına ulaşmak için çeşitli kodlama yöntemleri tavsiye edilmiştir. Burada da, istenilen hızın sağlanması kullanılan hattın fiziksel özelliklerine bağlıdır. HDSL için 3.000 m uzaklık maksimum mesafe olarak görülmüştür. Önemli diğer bir nokta, 12 adet DS0 birimi için toplam veri alanının, normal HDSL çerçeve tanımındaki gibi olmasına rağmen, bu DS0 sayısının arttırılmasıyla, E1 hızına ulaşmasının mümkün olmasıdır. Burada tek bir telefon hattı kullanıldığı için, çoğullama şansı yoktur. Ancak bu durumda, bir çerçeve içerisinde iletilmesi zorunlu olan bit sayısı arttığından, hizmetin verilebilebileceği hattın boyu daha kısa olmalıdır.

2.5 SDSL

Tek-hatlı Sayısal Abone Hattı (Single-line Digital Subscriber Line; SDSL) diğer bir DSL teknolojisidir. Bazı referanslar SDSL' in HDSL ile aynı olduğunu söyler. Bazıları ise, SDSL'in HDSL'in kullandığı T1 hızının yarısına sahip olduğunu ifade etmiştir. Kısacası tam olarak kesinleşmiş bir tanım yoktur. SDSL, tek bir telefon hattı üzerinden yapılan HDSL olarak tanımlamak mümkündür. Bu yüzden SDSL için de HDSL ile aynı uzaklık limitlerini söz konusudur. SDSL için kullanılan işaretleşme, "foksiyonel T1" (veya E1) olarak gösterilir. PRI ya da CAS işaretleşmesi de kullanılabilir. Ancak SDSL'de, sınırlı sayıda veri taşıma kanalı kullanılmaktadır.

2.6 RADSL

Simetrik Olmayan Sayısal Abone Hattı (Asymmetric Digital subscriber Line; ADSL) ve Hız Adaptif Simetrik Olmayan Sayısal Abone Hattı (Rate-Adaptive Asymmetric Digital Subscriber Line; RADSL) aynı DSL teknolojileri olarak düşünülür. Fiziksel katman yada protokol katmanı bazında arada önemli bir fark bulunmamaktadır. RADSL'deki tek fark, kullanılan band kapasitesinin, geri akım yönünde, hat koşullarına ve gereksinimlere bağlı olarak değiştirilebilmesidir.

ADSL de, HDSL gibi veri transferi için, özel bir fiziksel mekanizma kullanır. Ancak kendi içinde hizmetin nasıl kullanılacağı gösterilmez. ADSL çerçevesi sadece fiziksel katman için tanımlanmış bir protokoldür. Bu protokol yapısı üçüncü bölümde ayrıntılı olarak tartışılacaktır. ADSL, Q.921/Q.931 işaretleşme tekniklerinin direkt kullanımına uygun değildir. Ancak protokol olarak Q.921/Q.931 işaretleşmesi kullanan asenkron transfer modu (Asynchronous Transfer Mode; ATM) ile birlikte kullanılabilir.

Birçok ADSL cihazı, fiziksel katman hat kodlama mekanizması olarak, "Taşıyıcısı Olmayan Genlik/Faz Modülasyonu" (Carrierless Amplitude/Phase Modulation) veya Ayrık Çok-tonlu Modülasyon (Discrete Multitone Modulation; DMT) tekniklerini kullanır. Kullanılan her iki yöntemde de amaç, ileri akım ve geri akım veri kanallarını birbirinden ayırmaktır. DMT, ANSI T1.413 tavsiyesi ile, ADSL için kabul edilen ilk hat kodlama mekanizmasıdır. ADSL, çok uzun mesafeler için uygun olmadığından, genelde WAN'lara geniş bandlı bir erişim amacıyla kullanılır. Bu

yüzden, hattın her iki ucundaki teknolojiler uyumlu olduktan sonra, hangi hat kodlama tekniğinin kullanıldığı önemli değildir.

Alt-seviyeli çerçeve yapısında, işaretleşme için bir kanal ayrılmadığından dolayı, karşı tarafta bulunan noktaya nasıl bağlantı kurulacağı, uygulamanın kendisi tarafından gerçekleştirilmelidir. Örneğin ISP yada diğer Internet erişimi sağlayan birimlere direk olarak yarı-kalıcı (semipermanent) bir bağlantının kurulması gibi. Diğer bir seçenek ise, merkez ofis tarafına bir yönlendirici (router) konulmasıdır. Böylece verinin, daha geniş bantlı bir LAN'a dağıtılması mümkündür. Başka bir seçenek ise ADSL çerçevesi içinde, geniş bantlı işaretleşme protokolünün taşınmasıdır. ATM işaretleşmesi buna iyi bir örnektir. Merkez ofis tarafında bulunan DSL Erişim Modülü (DSL Access Modüle; DSLAM), kullanıcı tarafından gelen yada kullanıcıya doğru giden verinin yönlendirilmesi açısından, hayati öneme sahiptir.

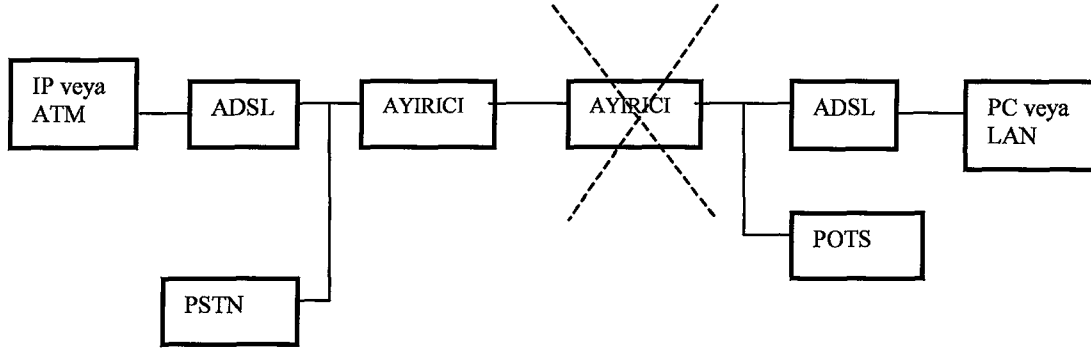
Mevcut bütün bağlantı seçenekleriyle birlikte, belli bir hizmet için ADSL erişim ünitesinin sınıfı son derece önemlidir. Örneğin, bir hizmetin verilebilmesi için, ADSL cihazının, merkez ofis tarafında bir ISP 'ye bağlanması gerekebilir. Bu durumda TCP/IP protokolü, PPP HDLC çerçevelerinin içinde taşınabilmelidir. Diğer bir hizmet sınıfı da, uzak mesafe bir şebekeye, geniş bantlı bir erişimi gerektirebilir. Bunun anlamı AAL 5 tipi ATM demektir.

Bu protokollerin ayrıntıları sonraki bölümlerde incelenecektir. Burada anlatılmak istenilen, farklı hizmet sınıfları için farklı protokollerin kullanılma gereksinimidir. Tüm bu konularla ilgili ADSL Forum ve SNAG çalışmalarına devam etmektedir.

2.7 CDSL/ADSL "Lite"

ADSL'in en önemli özelliklerinden biri de, normal telefon servisi için 4 KHz genişliğinde bir bantın, bu hizmet için ayrılmış olmasıdır. Şekil 2.11'de CDSL' e ilişkin yapı verilmektedir.

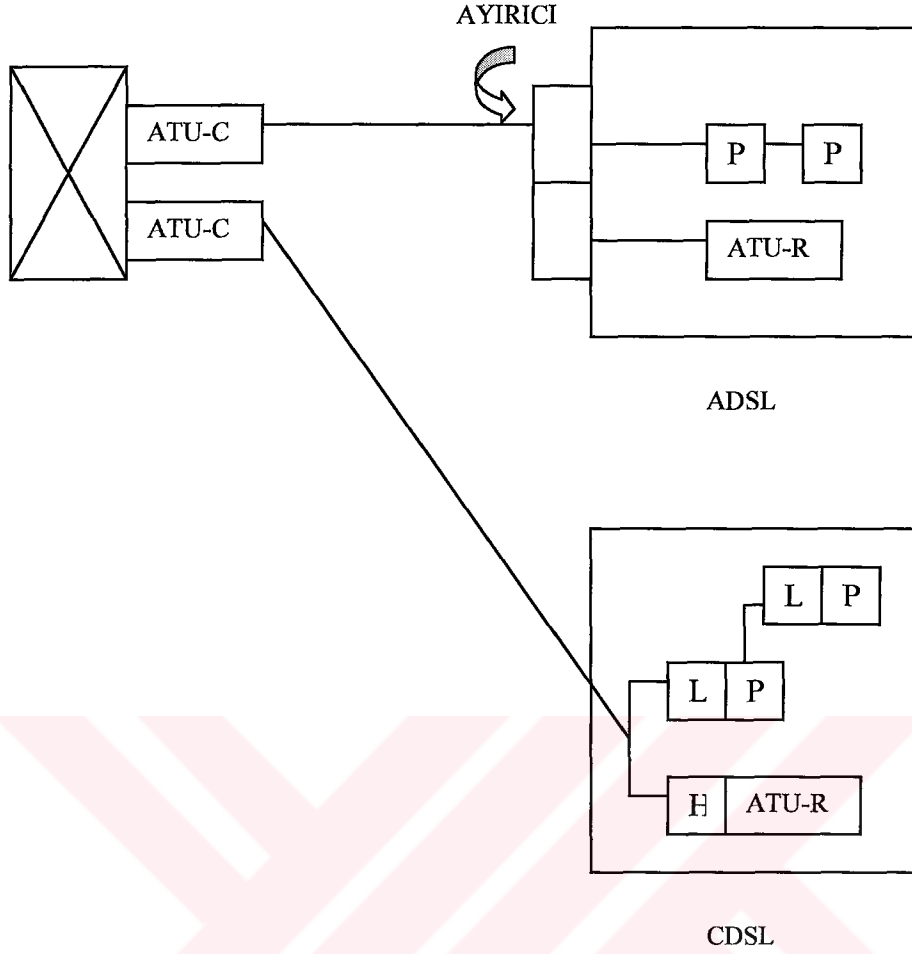
BRI-ISDN'de de POTS için ayrı portlar mevcuttur. Ancak BRI-ISDN'de kullanıcı tarafında, POTS' dan gelen işaretlerin, sayısal iletim için birleştirilmesi kullanıcı tarafında bulunan ISDN cihazı tarafından yapılır. ADSL için ise, aynı hat üzerinde birbirinden farklı iki erişim sözkonusudur (Şekil 2.12) [3].



Şekil 2.11 Normal CDSL Konfigrasyonu

İki ayrı hizmetin tek bir iletim yolu üzerinden sağlanması, iyi bir iletim modelidir. Ancak böyle bir durumda iki problem söz konusudur. Bunlardan ilki, özellikle kullanıcı tarafındaki erişim noktasına, hizmetlerin birbirinden ayrılabilmesi için bir ayırıcı (splitter) kurulmasıdır. İkinci sorun ise, normal telefon servisi için ayrı, ADSL için ayrı kablolama yapılma zorunluluğudur. Bu ikisi maliyeti önemli ölçüde arttırmaktadır.

Bu sorunları çözmek için ADSL “lite” tekniği gündeme gelmiştir. Bu teknik ADSL ve POTS’un aynı hattı kullanımına dayanır. Böyle bir konfigrasyon için, POTS portunun çıkışına alçak geçiren, ADSL’in çıkışına yüksek geçiren bir filtre konulmalıdır. Şekil 2.12’ den de görüldüğü gibi, ADSL “lite” da kullanıcı tarafında bir ayırıcı (splitter) yoktur. Ancak bu durumda, “bridged taps” etkisinden dolayı, erişim hızı daha düşük olacaktır. Bu durumda normal ADSL’in sağladığı servislerin bir kısmı sağlanamaz. Bazı kullanıcılar 4 Mb/sn hızında bir hizmet alırken, diğerleri sadece 800 Kb/sn’ lik bir veri hızına erişebilir. Aynı zamanda RADSL kurulmadan önce, elde edilebilecek hizmet seviyesi bilinemez. Ancak CDSL kullanılması durumunda, daha eşit seviyelerde hizmet sunulması söz konusudur. Ayrıca, CDSL’de fiziksel hat üzerinde eklenmesi gereken yenilikler daha azdır



- ATU-C : Merkez ofis tarafındaki ADSL alıcı-verici ünitesi
 ATU-R : Kullanıcı tarafındaki ADSL alıcı-verici ünitesi
 P : Normal telefon hizmeti (Pain Old Telephone Service; POTS)
 L : Alçak geçiren filtre (Low Pass Filter; LPF)
 H : Yüksek geçiren filtre (High Pass Filter; HPF)

Şekil 2.12 ADSL ve ADSL “lite” Konfigrasyonu.

2.8 (X)DSL Ailesinin Özeti

Yüksek hızlı bir veri iletimi sağlamak için birçok (X)DSL teknolojisi mevcuttur. Bunlar aslında hibrid teknolojilerdir. BRI ve PRI-ISDN, uzak mesafesi şebekelere sayısal bir iletim ortamı kazandırmak için kullanılır. Bu sayede WAN’lar direkt olarak kontrol edilebilir ve her kullanıcının, sayısal veri kanallarını maksimum verimle kullanmasını sağlar. HDSL ve HDSL2 teknolojileri, BRI-ISDN ve PRI-ISDN’i desteklemek için ilgili çerçeve mekanizmalarını sağlar. Normal telefon hattı üzerinden, herhangi bir değişime gerek duymadan orta hızlı bir erişim sağlar.

Burada en önemli nokta, ADSL'in mevcut şebeke altyapısını kullanarak, çok fazla bir değişime gerek duymadan, normal telefon hizmeti için ayrı, veri iletim hizmeti için ayrı kanallar sunmasıdır. VDSL, kullanıcının yakınındaki bir noktaya kadar, şebeke altyapısının değiştirilmesini gerektirir.



3. ADSL: FİZİKSEL KATMAN PROTOKOLÜ

ADSL teknolojisi, ilk önceleri “isteğe bağlı video” (video on demand) uygulamasına bir çözüm olarak düşünülmüştür. Bunun için, merkez ofis diye tanımlanan hizmet biriminden, kullanıcıya doğru 8 Mb/sn veri hızında bir “geri akım kanalı, kullanıcıdan merkezdeki hizmet birimine doğru da 64-128 Kb/sn hızında bir “ileri akım” kanalı elde edilmelidir. İlk yapılan denemeler, bunun bakır şebeke üzerinden pek mümkün olmadığını göstermiştir.

ADSL ve diğer tüm (X)DSL teknolojilerindeki gelişmeler, VLSI teknolojilerindeki gelişmelere bağlıdır. Bu teknoloji, verinin çok hızlı bir şekilde işlenmesini ve hat koşullarının iyileştirilmesi için kullanılan algoritmaların da gelişmesini sağlamıştır.

İlk başlarda ADSL için 2B1Q hat kodlama tekniği kullanılmıştır. Gerçekte SDSL’de de CDSL ile aynı veri iletim hızı sağlanır. Ancak hat koşullarındaki değişimler, 2B1Q kodlama yönteminin çok da uygun olmadığını göstermiştir. Bunun yerine frekans spektrumunun kolaylıkla daha küçük birimlere ayrılmasına olanak veren yöntemler keşfedilmiştir. Bu yöntemler, hızı adaptasyonu gerektiren uygulamalar için de uygun olmuştur. Bu mekanizmalar QAM, CAP ve DMT hızlı kodlama teknikleridir. Her üç teknik için de boyutlu (3D) kodlama yönetiminin kullanılmasıyla, daha yüksek yoğunlukta verinin taşınabilmesi mümkündür. Bu modülasyon teknikleri kısaca anlatılmıştır.

3.1 CAP/QAM Hat Kodlama Teknikleri

Taşıyıcısı olmayan genlik/faz modülasyonu (Carrierless Amplitude/ Phase; CAP) tekniği kuadratik genlik modülasyonu (Quadrature Amplitude Modulation; QAM) tekniğinin bir alt grubuna girer. QAM gerekli değerleri oluşturmak için üç boyut kullanır. Bu üç boyut genlik, faz ve frekanstır. Genellikle frekans sabit tutulur. Diğer iki parametre olan faz ve genlik modüle edilir. (CAP’in AP kısmında olduğu gibi)

Bu tip bir kodlama tekniğiyle iki ayrı işaret üretilir. Bunlar “Sin” ve “Cos” dalgalarıdır. Bu iki dalga normal olarak birbirinden 90° lik bir açıyla farklıdır. Bu dalgalar aynı frekansta faz kaymalı olarak düşünülebilir. Bu iki dalga arasındaki faz farkı 180° de olabilir. Aynı zamanda herbir dalga birden farklı genlik değerine sahip olabilir. Kısaca, bu iki dalga için faz açısından dört farklı kademedен biri, genlik açısından da, herbir dalga için “düşük” ve “yüksek” genlik seviyeleri olmak üzere iki farklı kademe sağlanabilir. Bu durum bize 16 farklı kombinasyon verir. (Tablo 3.1) Bu tabloda verilen değerler sadece örnek değerlerdir [3].

Tablo 3.1 16 Faz/genlik Değerli QAM Sistemi

Faz	sin/cos Genlik Kombinasyonu			
	Düşük/düşük	Düşük/yüksek	Yüksek/düşük	Yüksek/yüksek
0°	0000	0001	0010	0011
90°	0100	0101	0110	0111
180°	1000	1001	1010	1011
270°	1100	1101	1110	1111

Faz kademelerinin sayısı belirlenirken, ideal sinus ve cosinus dalgaları düşünülmelidir. Böylece, QAM kodlama/kod çözme sistemiyle modüle edilmemiş taşıyıcının sinyal ile birlikte referans olarak gönderilmesi mümkündür. Ancak bu bir taşıyıcı olmayan sistem ise, orijinal temel işaret, lojik kanallar yardımıyla taşınabilir. Burada fiziksel bir taşıyıcı yoktur ama sanal taşıyıcılar vardır. Sadece 90° ’lik bir faz farkının kullanılıp, diğer yandan dört farklı genlik seviyesinin kullanılmasıyla da 16 kademeli QAM elde edilebilir.

CAP, QAM’in bir çeşididir. Böyle bir durumda özel bir taşıyıcı dalga yoktur. Bu yöntem “taşıyıcısı bastırılmış” olarak ta bilinir.

QAM tekniğine ilişkin matris, “takım yıldızı matrisi” olarak ta bilinir. Çünkü burada mevcut tüm değerlerin kullanılması gibi bir zorunluluk yoktur. Bu yüzden, buna basit bir matris formuna koymanın bir gereği yoktur.

3.2 DMT Hat Kodlama Yöntemi

Ayrık çok-tonlu (Discrete Multi-Tone, DMT) kodlama yöntemi sıkça CAP ile birlikte telaffuz edilir. DMT, çeşitli QAM/CAP kodlama tekniklerinin birarada kullanılmasıdır. Ancak en önemli fark, DMT’de, frekans spektrumunun daha alt kanallara ayrılmasıdır. Daha doğrusu burada alt-taşıyıcılar vardır. Bunun anlamı, frekans spektrumundaki her bir alt-kanalda farklı taşıyıcı dalgaların kullanılmasıdır.

Kullanılan spektrum 0 Hz ile 1,1 MHz arasında seçilir. Seçilen spektrum, 4.3125 KHz’ lik 256 eşit parçaya bölünür. Tam bölünmeyi sağlamak için toplam band spektrumu 1.104 MHz seçilmelidir.

Her bir kanalın 4 KHz’ lik olduğu varsayılırsa, bu saniyede 4.000 çevrim demektir. Kanalın kendi için 16 kademeli QAM kullanılırsa, bir kanal için 64 Kb/sn’ lik bir iletim bandı elde edilebilir. Toplam 256 kanal olduğuna göre, teorik olarak $64\text{Kb/sn} \times 256 = 16\text{Mb/sn}$ ’ lik bir veri iletim hızı elde edilir. 8 kademeli bir QAM seçilirse, bu durumda 8 Mb/sn hızında bir sonuç elde edilir. Ancak bu toplam bandın, 0-4 KHz arasını normal telefon hizmeti için ayrılması lazımdır. Yani ilk kanal telefon hizmeti için ayrılır. Bunu takip eden 1 den 6’ya kadar olan kanallar ADSL’in ilk aktif kanalı ile, konuşma için ayrılmış kanalın arasında bir güvenlik bandı oluşturmak için ayrılır.

Her ne zaman iki yönlü veri iletimi için, aynı frekans kullanılırsa yansıma (echo) durumu oluşur. Bu etki, iletilen işaretin, geldiği yöne doğru yansıması şeklinde olur. Bu da bu yönde iletilen işareti bozar.

Çeşitli yansıma giderme teknikleri vardır. Bunlar temel olarak, belli bir gecikmeden sonra, ana işaretin zayıflamış formunun bastırılması prensibine dayanmaktadır.

Ancak, farklı alt-kanallar, farklı yönlerde veri iletimi için kullanılırsa, bu durumda, tüm bu kanalların oluşturduğu yansımanın toplamı, sinyalin zayıflamasına neden olur. Yani yansıma giderme böyle bir durum için tartışma konusudur. Bu yüzden, farklı yönlerdeki kanalların birbirinden tamamen ayrılması gereklidir. ADSL’deki üç tip kanal, telefon hizmeti için ayrılan kanal, geri akım kanalı ve ileri akım kanalı birbirinden tamamen ayrıldığı için, yansımayla ilgili sorun büyük ölçüde ortadan kalkar.

3.3 ANSI T1.413 ADSL Referans Modeli

ITU-T'nin 1999 yılında yayınlanan ADSL ile ilgili tavsiyesine kadar, ANSI T1.413 ADSL için tavsiye niteliği taşıyan başlıca dokümandı . Bir çok pahalı test ve deney, bu tavsiyeye göre yapıldığı için, ITU-T' nin ADSL konusundaki tavsiyeleri hemen hemen ANSI T1.413 ile aynıdır. İkinci olarak ADSL “lite”, ADSL’e nazaran daha az yeni alt yapı kurulmasına ihtiyaç duyar. Ancak ADSL “lite” ta belli hizmetler sağlanamamaktadır. Çünkü erişilebilen maksimum veri hızı azalmıştır. ANSI T1.413 temel dökümün olmasından dolayı önemlidir.

ANSI T1.413 tarafından yürütülen çalışmalar “ISSUE-1” ve “ISSUE-2” başlıkları altında toplanmıştır.

“ISSUE-1”, daha geniş bir ADSL ürün yelpazesinin kullanılabilmesine ilişkin çalışmadır. Burada amaç ADSL’in birbirinden farklı ürünler için uygulanabilir olmasıdır. “ISSUE-2” ise, birbirine denk cihazların tasarlanması ve üretilmesine ilişkin bir çalışmadır. Yani kullanılan cihazlarda bir standart elde edilmesidir. “ISSUE-2” deki en önemli fark, ADSL yapısal özelliklerinden çok, ATM için kullanımı üzerinde durulmasıdır. “ISSUE-1” STM’in bir parçası olarak düşünülür. CDSL’in tasarlanmasıyla, STM ADSL için daha fazla esneklik sağlanmıştır. Böylece taşıma kapasitesi açısından daha esnek bir ortam yaratılmış olunur.

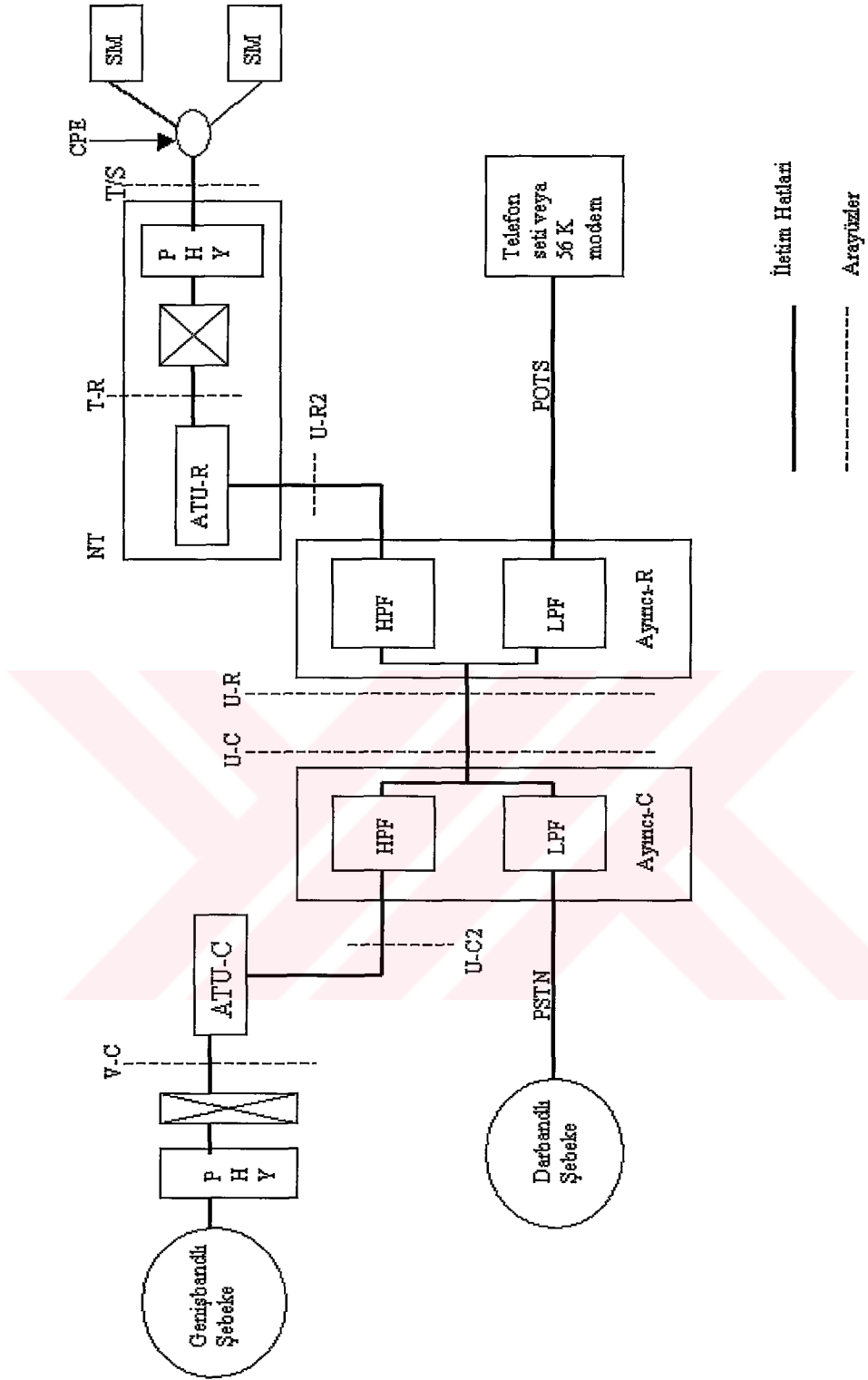
T1.413 dokümanının ismi, “ şebeke ile kullanıcı arasındaki kurulum arabirimi:ADSL metalik arabirimi (Network and Customer Installation Interfaces:ADSL Metalic Interface)” şeklindedir. Bu doküman, şebekenin kullanıcı ve merkez ofis tarafındaki kullanıcı cihazlarıyla, iletim hattının elektriksel özelliklerine ilişkindir. Genel ADSL sistem referans modeli Şekil 3.1’ de verilmiştir. Burada ADSL hizmetinin sağlanması için gereken fonksiyonel bloklar görülmektedir.

ADSL ile CDSL arasındaki temel fark, CDSL de kullanıcı tarafından bir ayırıcının (splitter) bulunmamasıdır. Bu durumda en azından kullanıcı tarafındaki HPF ve LPF’lere gerek duyulmayacaktır. HPF, ATU-R ile aynı cihaza konabilir. Ancak POTS kanalını ayırmak için LPF’nin ayrı bir kutuya kullanılması gerekir.

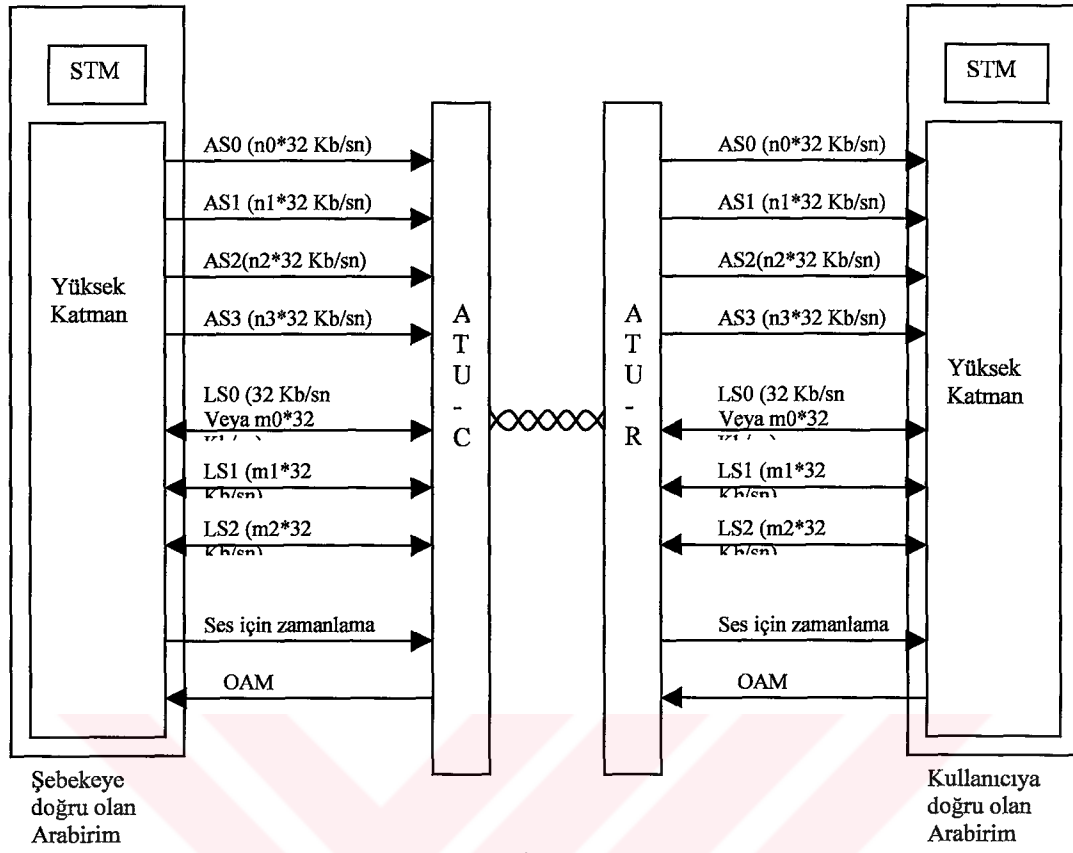
Şekil 3.2’ de ADSL için STM alt kanalları, Şekil 3.3’te de ATM alt kanal modeli verilmiştir. “ISSUE-2” de bir STM taşıyıcı modeli oluşturmak için ATU-C tarafına

bir “Şebeke Zamanlayıcı Referansı” (Network Timing Reference; NTR) ilave edilmiştir. ATU-C ile ATU-R arasındaki iki önemli fark vardır. ATU-R’de, veri iletimi için sadece LSx iki yönlü alt kanalları kullanılır. ATU-C’de ise hem ASx tek yönlü kanalları hem de ASx çift yönlü kanallar birlikte kullanılır. Aynı zamanda, ATU-R’nin kullanacağı kanallar ilk 32 kanal ile sınırlandırılmıştır. ATU-C ise 256 kanalın tümünü kullanabilir. Temel olarak ATU-C, ATU-R’ye nazaran daha fazla veri iletim kapasitesine sahiptir. Şekil 3.3’te ATM taşıma için ADSL referans modeli verilmiştir. ATM modeli ile STM modeli arasındaki temel fark ise, “geri akım” için sadece AS0 (seçimli olarak AS1) kanalının kullanılmasıdır. Herbir ATMx iletim hattı, AS0 ve AS1 taşıma kanallarına girmeden önce “hücre iletim dönüşümü” (Cell Transmission Convergence; TC) katmanından geçer. ATU-R tarafındaki ATMx verisi, LS0 ve LS1 taşıma kanalları tarafından aktarılır [5].

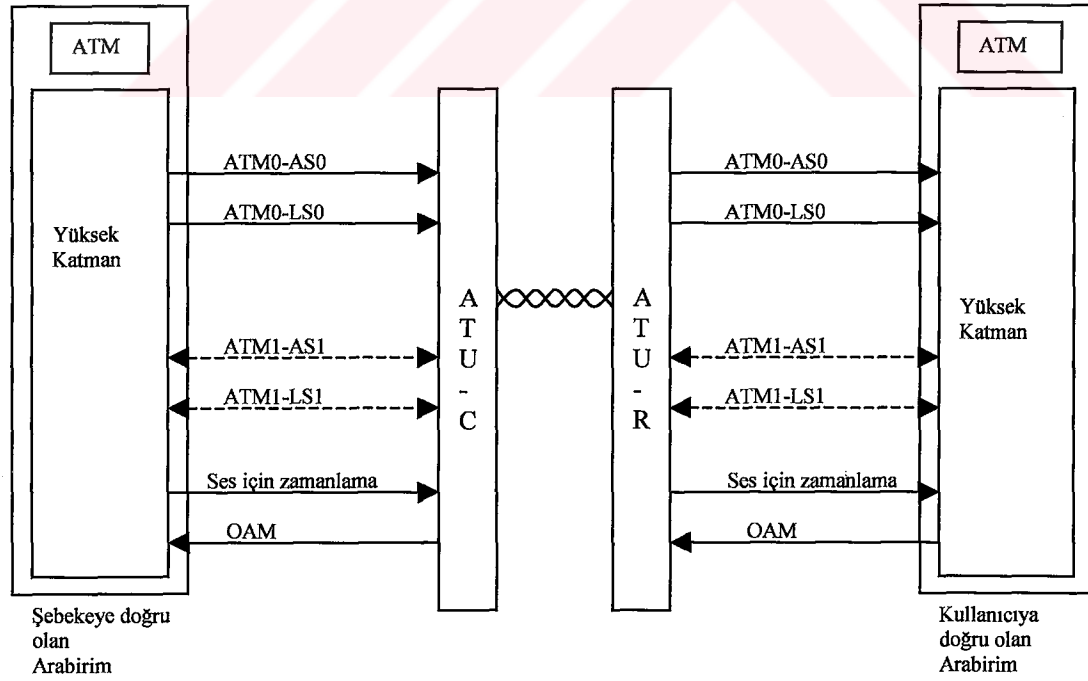




Şekil 3.1 ADSL Sistem Referans Modeli (ANSI T1.413)



Şekil 3.2 ADSL İçin STM Alt Kanalları



Şekil 3.3 ADSL İçin ATM Alt Kanalları

3.3.1 Taşıyıcı Kanallar

ADSL’de taşıyıcı kanallar iki kısma ayrılmıştır. Bunlar, ileri akım ve geri akım için kullanılan çift yönlü ve tek yönlü kanallardır. “ISSUE-2” de STM model için, 4 adet tek yönlü (simplex) taşıma kanalı öngörülmüştür. Bu kanallara ASx kanalları denir. 1.536 Mb/sn’lik veri iletim kapasitesi bu kanallara indirgenmiştir.

T1.413, “ISSUE-1” de, taşıma sınıfına uygun, toplam veri trafiği tartışılmıştır. “ISSUE-2” de de aynı konu tartışılmış ve taşıma sınıfını, minimum DMT alt-kanalları kullanılarak taşınabilen maksimum veri miktarı olarak tanımlamıştır.

Buna göre 4 ayrı taşıma sınıfı öngörülmüştür. Bunlar birinci sınıf taşıma, ikinci sınıf taşıma, üçüncü sınıf taşıma ve dördüncü sınıf taşımadır. Birinci sınıf taşıma için veri hızı 6.144 Mb/sn, ikinci sınıf taşıma için 4.608 Mb/sn’lik veri taşıma hızları sözkonusudur. Bu sınıflar temel olarak “en kısa mesafe/en yüksek veri taşıma kapasitesi”, “en uzun mesafe/en düşük kapasite” kriterlerine göre oluşturulmuştur. ASx (AS0, AS1, AS2, AS3) tek yönlü taşıma kanalları, taşıma sınıfına bağlı olarak, kanal başına 1.536 Mb/sn’nin katları şeklinde veri taşıma hızına sahip olabilir. Örneğin, AS1, AS2 ve AS3 kanallarından bir veri taşınması sözkonusu değilse, AS0 kanalı, birinci sınıf taşıma için 6.144 Mb/sn’lik veri taşıma kapasitesine sahip olacaktır. Diğer bir konfigürasyonda ise AS0 3,072 Mb/sn, AS1 ve AS2 kanalları ise 1.536 Mb/sn hızlarında veri taşıyabilir. Tablo 3.2’ de bununla ilgili olası kombinasyonlar verilmiştir [3]. Buna benzer bir sınıflama, Avrupa E1 hat tipleri için de yapılabilir. Toplam taşıma kapasitesi yine 6.144 Mb/sn’ dir. Ancak taşıma sınıfları 2m-1, 2m-2 ve 2m-3 şeklinde ayrılmıştır ve sırasıyla 6.144, 4.096 ve 2.048 Mb/sn veri taşıma kapasitelerine sahiptir. Sadece AS0, AS1 ve AS2 kanalları kullanılır. T1.413 tavsiyesinde bu durum ATM hücrelerinin ADSL üzerinden taşınmasına uygulanmıştır [3].

Diğer bir taşıyıcı alt-kanalı ise çift yönlü taşıma kanallarıdır. Bunlar C- kanalı ve LS0, LS1, LS2 kanalları şeklinde adlandırılır. C kanalı (16 Kb/sn) kontrol kanalıdır ve dördüncü sınıf taşıma için, ADSL senkronizasyon başlığının içinde taşınır. Diğer taşıma sınıfları için ise veri LS0 (64 Kb/sn) kanalı üzerinde taşınır. Bu yüzden LS1 ve LS2 kanalları ASx kanallarına paraleldir. Toplam band kapasitesi, taşıma sınıflarına göre sırayla 640 Kb/sn, 608 Kb/sn ve 176 Kb/sn şeklindedir. “ISSUE-1”

de, LS1 için 160 Kb/sn, LS2 için 384 Kb/sn (eğer LS1 kullanılmazsa 576 Kb/sn) lik kanallar olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Tablo 3.2 Taşıma Kanallarının, Taşıma Sınıflarına Göre Veri Hızları (geri akım)

Tek Yönlü Taşıma Kanalları İçin “Geri akım” Hızları				
Taşıma Sınıfı	1	2	3	4
Maksimum kap.	6.144 Mb/sn	4.608 Mb/sn	3.072 Mb/sn	1.536 Mb/sn
Taşıma Kanalı Seçenekleri	1.536 Mb/sn	1.536 Mb/sn		
	3.072 Mb/sn	3.072 Mb/sn	1.536 Mb/sn	1.536 Mb/sn
	4.608 Mb/sn	4.608 Mb/sn	3.072 Mb/sn	
	6.144 Mb/sn			
Maksimum Alt-Kanal	AS0, AS1, AS2, AS3	AS0, AS1, AS2	AS0, AS1	AS0
Çift Yönlü Taşıma Kanalları İçin “Geri akım” Hızları				
Taşıma Sınıfı	1	2	3	4
Maksimum kap.	640 Kb/sn	608 Kb/sn	608 Kb/sn	176 Kb/sn
Taşıma Kanalı Seçenekleri	576 Kb/sn	576 Kb/sn	576 Kb/sn	
	384 Kb/sn	384 Kb/sn	384 Kb/sn	160 Kb/sn
	160 Kb/sn	160 Kb/sn	160 Kb/sn	C(16 Kb/sn)
	C (64 Kb/sn)	C (64 Kb/sn)	C (64 Kb/sn)	
Maksimum AH-Kanal	LS0, LS1, LS2	LS0, LS1	LS0, LS1	LS0, LS1

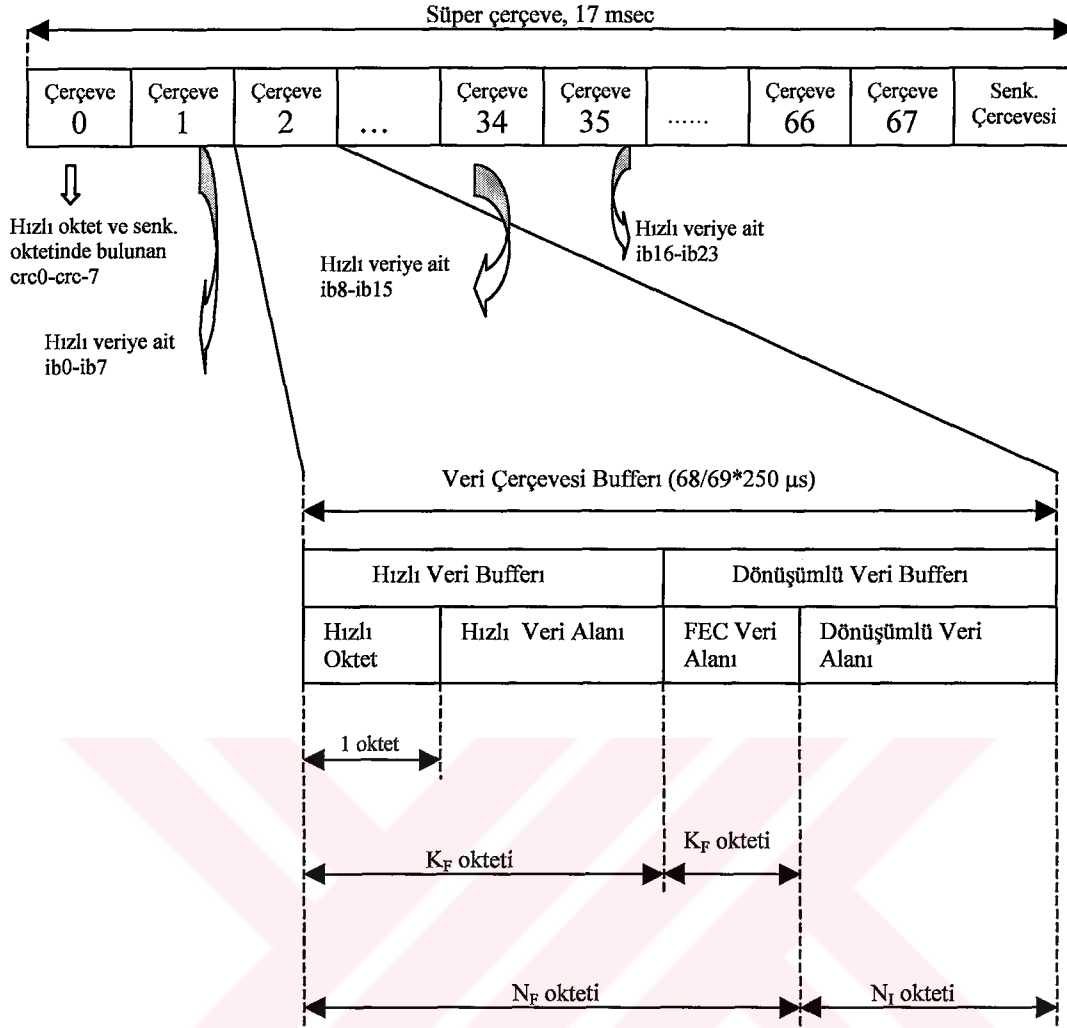
Burada dikkat çeken husus, 160 Kb/sn’ lik bir hızın, U yada S/T çerçeve başlığının bulunmadığı bir BRI-ISDN çerçevesi için gerekli hız olmasıdır. Bu durum “ISSUE-1” de BRI-ISDN taşıma olarak adlandırılmıştır. Avrupa’ ya göre taşıma sınıfı belirlenirken, ikinci ve üçüncü sınıflar “2m-2” kategorisi altında birleştirilmiştir.

ATM’de olduğu gibi, asenkron mod , sabit bir veri çıkış hızının olmadığını, sadece maksimum bir hızın olacağını söyler. Ancak hem ATM’de hem de STM’de bu sabit bir bit hızının kullanılmasıyla elde edilir. Bu işlem mevcut veri bit dizisinin içine “dolmuş” (full) yada “boş” (idle) oktetlerinin konmasıyla yapılır. Bu işlem toplam bit hızını sabit tutmaya yarar, ancak gerçek veri hızının gereksinime göre

ayarlanabilmesine olanak verir. Sadece tek bir gecikme (latency) kanalı kullanılıyorsa, o zaman AS0 ve LS0 kanallarının kullanılması “ISSUE-2” de tavsiye edilmiştir. Önemli olan, kanalların karşılıklı olarak AS0/LS0, AS1/LS1 şeklinde uyumlu olmasıdır. Eğer her iki gecikme kanalı kullanılırsa, AS0/LS0 için ayrı, AS1/LS1’e ayrı bir kanal tipi atanır. Bu durumda, herbir kanal 32 Kb/sn’nin katları olacak şekilde, geri akım yönünde, (AS0), maksimum 6,144 Mb/sn, ileri akım yönünde (LSx), maksimum 640 Kb/sn’ lik bir hıza sahip olur [3].

3.3.1 ADSL Süper Çerçeve Yapısı

“ISSUE-2” de, ADSL için dört ayrı çerçeve yapısı tanımlanmıştır. “Çerçeve yapısı-0” denilen ilk model, “ISSUE-1” de tanımlandığı gibidir. Bu çerçeve modeli, senkronizasyon için ayrılan çerçevelerin atılması prensibine dayanmaktadır. Çerçeve yapısı-3 ve çerçeve yapısı-4, başlık kısmı azaltılmış bir çerçeve yapısı sunmaktadır. Burada ayrı ve birleştirilmiş senkronizasyon oktetleri kullanılır. ATU-C cihazı, kendisinin kullandığı çerçeve modelinden daha düşük seviyeli olan diğer çerçeveleme modellerini desteklemek zorundadır. ATU-R ise bağlantı için seçilen en son çerçeve yapısının kontrolüne sahiptir. ADSL’de kullanılan süper-çerçeve yapısı, Şekil 3.4’ de verilmiştir. Süper çerçeve, temel olarak, küçük çerçeveleri içeren bir zarf gibidir. Her süper çerçeve 68 çerçeve ve 1 senkronizasyon çerçevesinden oluşmaktadır. Herbir çerçeve 17 ms’de iletilir. DMT frekans taşıyıcısı 4 KHz ile çalıştığından (aslında 4.3122 KHz’dir. Ancak bandın kenar değeri kullanılmaz), herbir çerçeve 250 µs içinde iletilmek zorundadır. Senkronizasyon çerçevesinin gerçekte gönderilmemesinden dolayı bu çerçeve başlık çerçevesidir. Yani bir süper çerçevedeki, ilk çerçeve başlık bilgisini taşır geriye kalan 68 çerçeve veri için kullanılır.



Şekil 3.4. ATU-C Transmitter Süperçerçeve Yapısı (ANSI T1.413)

3.3.2.1 Hızlı Veri ve Dönüşümlü Veri (Fast and Interleaved Data)

ADSL çerçeve yapısına ilişkin tartışılacak ilk konu, “hızlı veri” (fast data) ve “dönüşümlü veri” (interleaved data) kavramlarıdır. “Dönüşümlü” veri, gürültüyü azaltmak için, veri hücrelerinin bir araya gruplandırılmasıdır. Bu işlem, bitlerin farklı iletim bandlarına dağıtılmasıyla şeklinde yapılır. Bu durumda birbirini takip eden bit gruplarının hatalı olma olasılığı azalacaktır. Hatalı bitlerin ileri yönde hata düzeltme (Forward Error Correction; FEC) yöntemiyle düzeltilmesi mümkündür.

Dönüştürme yönteminin iki tipi vardır. Bunların her ikisi de bit dizisindeki bitlerin sırasını değiştirir. Bu yöntemler “blok dönüştürme” ve “convolutional” dönüştürme yöntemleridir. Blok dönüştürmede, veri sabit uzunluklu satırlara yerleştirilir ve bir

matris oluşturulur. Ancak veri gönderilirken kolon halinde gönderilir (Şekil 3.5). “Convolutional” dönüştürme yönteminde ise blokların herbirine ofset atanır.

↓okuma

→ yazma

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32

Verinin kanala giriş sırası 1, 9, 17, 25, 2, 10, 18, 26,...

Şekil 3.5 Blok Dönüştürme İşlemi

Diğer yandan hızlı veri (fast data) ise dönüşümsüz veridir. “Dönüştürme” işleminin yapılmasının nedeni, gürültüden kaynaklanan hatayı azaltmaktır. Ancak bu işlemin yapılması ve belli bir formata göre verinin tekrar aslına döndürülme işlemi, kullanılan periyodu arttıracaktır. Bu yüzden “hızlı veri” daha hızlıdır. Ancak gürültüden etkilenmesi daha kolaydır. Dönüştürmeli veri daha uzun bir periyoda sahiptir ancak, gürültüye karşı daha korunaklıdır. Bu durum, örneğin isteğe bağlı video (video on demand) uygulaması için çok önemlidir. Çünkü görüntünün kalitesi önemli bir parametredir. Bu yüzden “dönüştürmeli veri” kullanılır. Kontrol verileri de hızlı veriye örnek olarak verilebilir.

ADSL, ATM verisi taşıdığı zaman, hem hızlı, hem de “dönüşümlü veriye ihtiyaç duyulmadıkça, sadece tek tip veri dizisi kullanılır. (AS0, LS0). Bu durum da AS0 ve LS1 (bazen LS0 ve LS1) kullanılır. Bu uygulamada “hızlı veri” bir iletim yolunu izlerken, “dönüşümlü veri” veri başka bir yoldan iletilir. Bunun amacı, herbir uygulama için en uygun iletim yönteminin seçilmesidir.

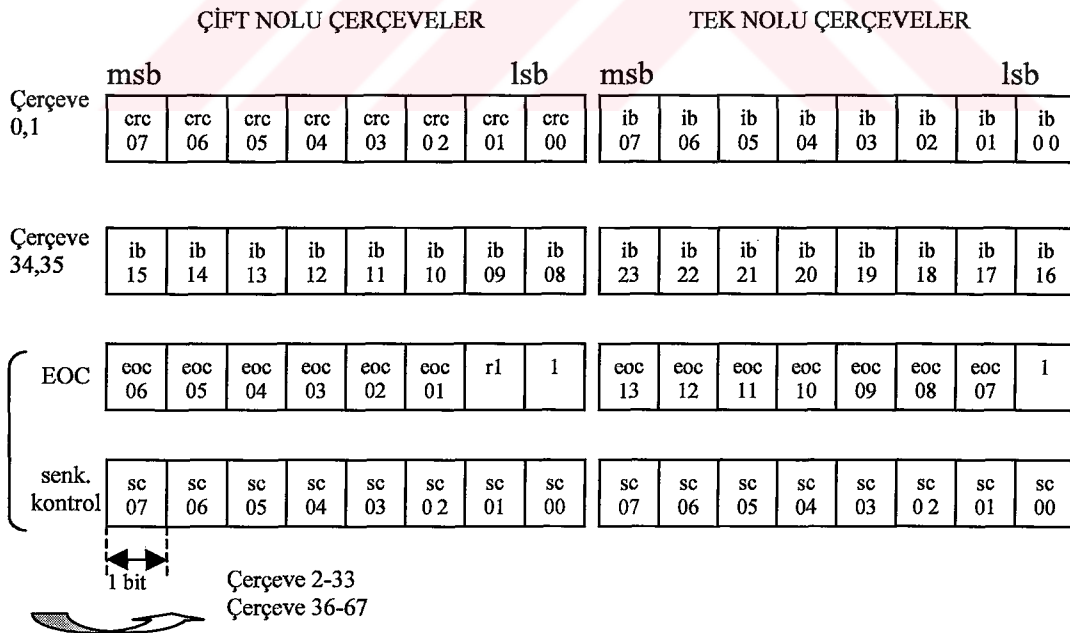
3.3.2.2 Hızlı Oktet (Fast Byte)

Şekil 3.6’ da gösterildiği gibi hızlı veri bufferında bulunan ilk oktet, çok amaçlı olarak kullanılabilir. Hızlı oktet sırayla, dairesel artıklık kontrolü (Cyclic Redundancy Check; CRC), gösterici biti (indicator bit; ib). “Gömülü Operasyon Kontrolü (Embedded Operation Control; eoc) ve senkronizasyon kontrolü (senkronization control; sc) bitlerinden meydana gelir. 2 ile 33. çerçeveler arasında ve 36 ile 37. çerçeveler arasında “eoc” bitleri hızlı oktetin’in düşük anlamlı biti ile tanımlanmıştır.

Senkronizasyonun gerekli olmadığı durumda, bu 13 bit “eoc” için kullanılabilir. Ayrıca bu bitler, bir senkronizasyon kontrolünün olmadığını göstermek içinde kullanılır.

Hızlı oktet’in içinde yada senkronizasyon oktetinde bir bit fazladan olması STM için önemli değildir. Çünkü STM durumunda, LSx kanalı kadar ASx kanalı kullanılacaktır. Eğer kullanılan kanal sayısı artarsa, başlık için kullanılan veri alanı azalmış olacaktır. Ancak ATM kullanımı durumunda kullanılan kanal sayısı azalır. Bunun anlamı bazı senkronizasyon aktivitelerinin öneminin azalmasıdır. Bu durumda kolaylıkla atılabilen başlık çerçeveleri ortaya çıkar. Kısacası başlık için ayrılan alanı azaltmanın iki yöntemi vardır. İlk başlarda kullanılan yöntem, her bir yönde birer kanalın kullanılmasıdır.

İkinci yöntem ise, sadece tek bir hızlı kanalın ve tek bir dönüşümlü kanalın kullanılmasıdır. Bu yöntem kısmen ATM için tanımlanmış olsa bile, STM uygulamaları için de kullanılabilir. Burada, “kanal” kavramı değişik durumlar için değişik anlam ifade edebilir. Örneğin DMT bandındaki 256 aktif kanal ile, veri iletimi için kullanılan ASx ve LSx kanalları farklı anlam taşır.



Not : Bütün çerçevelerde bit0, 1sb, bit 7, msb bitidir.

Şekil 3.6 Hızlı Senkronizasyon Oktet Formatı, ATU-C Transmitter (ANSI T1.413)

3.3.2.3 Senkronizasyon Oktet'i ve SC Bitleri

Komple başlık modunda, senkronizasyon oktet'i, çerçeve hakkında tam bir bilgi sağlamak amacıyla hızlı oktet ile birlikte kullanılır. Kısaltılmış ya da indirgenmiş başlık modunda ise hızlı oktet, hızlı bufferlar için kullanılır. Senkronizasyon oktetleri de dönüşümlü veri bufferları için kullanılır. Tablo 3.3'te indirgenmiş başlık modu için, başlık fonksiyonlarının bir listesi verilmiştir. Senkronizasyon oktetleri, hızlı yada dönüşümlü veri için kullanılan ASx ve LSx kanallarının atılmasını ve AEX ve LEX oktet'lerine göre verinin değiştirilmesine izin verir. Komple başlık modunda, 1 ile 67. çerçevelerindeki senkronizasyon oktetleri dönüşümlü veri için kullanılır.

3.3.2.4 Gösterim Bitleri (Indicator Bits)

Bu bitler gösterim amacıyla kullanılır. Tesbit edilen hatalar, düzeltilen hatalar, işaret kaybı, uzak birimin servise uygun olmama durumu ve istatistiksel bilgiler bu bitler kullanılarak belirlenir. Geri akım yönündeki hızlı bufferdaki bildirim bitleri, blok halinde oluşan hataları göstermek için kullanılır.

Tablo 3.3 İndirgenmiş Başlık Modu İçin Başlık Fonksiyonları (ANSI T1.413)

Çerçeve Numarası	Hızlı Oktet Formatı	Senkronizasyon Oktet Formatı
0	Hızlı CRC	Dönüşümlü CRC
1	ib0-ib7	ib0-ib7
34	ib8-ib15	ib8-ib15
35	ib16-ib23	ib16-ib23
$4n+2, 4n+3, n=0, \dots, 16, n! = 8$	Senk. Veya eoc	Senk. Veya eoc*
$4n, 4n+1, n=0, \dots, 16, n! = 0$	aoc	aoc

* Bu modda eoc sadece senkronizasyon yapılmadığını gösterir.

3.3.2.5 CRC Bitleri

CRC bitleri, bir formata göre düzenlenen bit dizisinin kontrolü için kullanılır. Burda amaç, daha önce gönderilen veri hakkında bilgi sahibi olmaktır. Genel olarak bu amaçla sadece 8 bit mevcuttur. Ancak, hata bu 8 bit ile 256 sınıfa ayrılabilir. Eğer CRC'nin eklendiği çerçevede 256 oktet'ten daha az bir veri bulunuyorsa, bu durumda hatanın düzeltilmesi mümkündür. Birçok HDCL çerçevesinde 2 oktet CRC (buna CRC-16 da denir) için ayrılır. Böylece hatalar 64 Kb/sn'lik sınıflara ayrılabilir.

3.3.2.6 “Embedded” Operasyon Kontrolü

CRC, ib ve SC bitleri, konfigrasyon ve hata bilgisi için kullanılır. “eoc” bitleri, ADSL konfigrasyonunda değişime izin veren, gerçek bir programlama anabirimi sağlar. Tablo 3.4’ te eoc çerçeve yapısına ilişkin açıklamalar verilmiştir [3].

Tablo 3.4 “eoc” Mesaj Alanları

Alan	Bitler	Tanım	Açıklama
1	1-2	Adres Alanı	4 ayrı yer adreslenebilir.
2	3	Veri (0) veya opcode (1)	“okuma/yazma” için kullanılan veri
3	4	“Oktet Parity” Alanı	Birden fazla oktet iletiminde sırayı gösterir
4	5	Mesaj/Cevap alanı Mesaj/Cevap (1) Otomatik Mesaj (0)	ATU-C için tanımlanmıştır
5	6-13	Veri Alanı	58 opcode’dan biri veya 8 bit veri

Buradaki ilk 2 bit verinin nereye adresleneceğini gösterir. ATU-C için “11”, ATU-R için “00” değerleri kullanılır. Eğer ATU-C, ATU-R’ye bir veri gönderecekse, bu değer “00” olarak atanır. Ancak ATU-C, bir isteğe cevap verecekse bu durumda buraya kendi adresini koyacaktır. Bu durum, bir “istek” için gelen cevabın adresini göstermek açısından önem taşımaktadır.

Daha sonra gelen “eoc3” biti veri alanının gerçekten veri için mi, bir “komut” için mi kullanıldığını göstermek içindir. “eoc” bitleriyle, verinin sadece 1 oktet’ini göndermek mümkün olduğundan, doğru sıralamanın yapıldığından emin olmak çok önemlidir.

“eoc 4” ise, karakter içeren veri dizisinde, “1” ya da “0” değerlerini göstermek içindir.

“eoc4” biti daha özel bir amaca hizmet eder. Bu bit mesajın “özerk” olup olmadığını gösterir. ATU-R tarafında güç kesintisi olması durumunda, ATU-R’nin hizmet dışı kalmadan önce, durumun ATU-C’ye bu konuda bilgi verilmesi için bu bit kullanılır.

Üç ayrı tip “eoc” mesajı vardır. İki yönlü mesajlar, ATU-C ‘den ATU-R’ ye gönderilir ve aynı mesaj ATU-R’ den ATU-C’ye geri gönderilir. “ISSUE-2” de tanımlanan mesaj tipleri Tablo 3.5’te verilmiştir. Temel olarak kullanılan mesajlar test mesajları ve veri transfer mesajlarıdır. Ayrıca üretici firma tarafından düşünülen bazı özel mesajlar olabilir. Burada diğer bir konu ise, belli bir onay mesajı gelmediği sürece, gönderilen mesajların iletilip iletilmediğinden emin olmak için, komutların tekrarlanmasıdır.

Tablo 3.5. “eoc” Mesajları (ANSI T1.413)

Hex	Anlamı	Yön	Kısaltma
01	Tutma durumu (Hold state)	d/u	HOLD
F0	Bütün aktif koşulları normale döndür	d/u	RTN
02	Kendi üzerinde test (Self Test)	d/u	SLFTST
04	Tamamlanamadı	U	UTC
07	CRC bozulma bildirimi	d/u	REQCOR
08	CRC bozulma sonu	d/u	REQEND
0B	CRC bozulma durumu	d/u	NOTCOR
0D	bozuk CRC sonu	d/u	NOTEND
0E	Veri sonu	d/u	EOD
10	Sonraki Oktet	D	NEXT
13	Test Parameterini güncelleme	d/u	REQTPU
20,23, 25, 26, 29, 2A, 2C, 2F, 31, 32, 34, 37, 38, 3B, 3D, 3E	Veri yazmaç numaralarını yazma O-F	d/u	WRITE
40, 43, 45, 46, 49, 4A, 4C, 4E, 51, 52, 54, 57, 58, 5B, 5D, 5E	Yazmaç numaralarını okuma O-F	d/u	READ
19, 1A, 1C, 1F	Üretici firmaya özel	d/u	
E7	Bekleme	U	DGASP
15, 16, 80, 83, 85, 86, 89, 8A, 8C, 8F	Tanımsız	-	Daha sonraki uygulamalar için ayrılmış

d : geri akım

u : ileri akım

3.4 ADSL “Lite”

ITU-T’nin G.922.2 tavsiyesinde, ADSL kanalları ile POTS kanallarını ayırmak için kullanılan ayırıcı (splitter) olmayan ADSL alıcısı-vericileri tanımlanmıştır. Bunun anlamı lokal telefon hizmeti için kullanılan POTS ya da BRI-ISDN’nin ADSL için

kullanılan band spektrumundan ayrılmamasıdır. Bu durumda kullanıcı tarafında yeni bir teçhizatın kullanılmasına gerek kalmaz. Maliyet açısından bu durum oldukça önem taşımaktadır. Bu durumda POTS ve BRI-ISDN cihazlar için kullanılan bandın, ADSL için kullanılan banddan ayırmak için birer alçak geçiren filtre kullanılır.

G.922.2 tavsiyesinde yer alan diğer bir konu, ADSL'in ATM için kullanılmasına ilişkindir. Bu durumda çerçeve yapısı için, indirgenmiş başlık modunu kullanılır. Bu durum sadece tek yönlü AS0 geri akım kanalı ve tek yönlü LS0 ileri akım kanalını destekler. Böylece veri çerçevesi, hızlı oktet, senkronizasyon oktet, ve kanallara ilişkin oktet'lerden oluşur. Bu kullanım şekli Tablo 3.6'da verilmiştir. Dikkat edilirse, eoc oktet'leri çift nolu çerçeveler için ilk 6 bitten, tek nolu çerçeveler için ise 7-13 bitleri kapsayan 7 bitten oluşur. Burada bildirim bitlerinin de kullanılmadığı görülmektedir. Çünkü bu bitler hızlı veri yolunda kullanılır.

Diğer yandan otomatik mesaj için kullanılan bitler, normal ADSL'den farklıdır. ATU-C'den ATU-R'ye doğru onaylamalı veri iletimi için bu bit 1'e set edilir. "eoc" mesajı, normal ADSL'den farklılık gösterir. Burada ATU-R'den ATU-C ye giden yeni bir komut vardır. REQPDN (bunun değeri 15 H'tır) Bu komutla, yeni bir güç denetim bağlantısı kurulur. Bu komuta ATU-C GNTPNP ile cevap verir. (Bunun için kullanılan değer 16 H'tır). Yeni bir duruma geçişi onaylamak için GHTPND kullanılır. Reddetmek için REJPPN (83H) kullanılır [3].

Tablo 3.6 ADSL "lite" için Senkronizasyon Oktet'nin Kullanımı (ITU-T, G.922.2)

Veri Çerçevesi	Senk. Oktet'inin İçeriği
0	CRC
1	ib0 - ib7
34	ib8 - ib15
35	ib16 - ib23
$4n+2, 4n+3, n=0...16 \text{ n!}=8$	eoc
$4n, 4n+1, n=1...16$	aoc

3.5 ATU-R ve ATU-C

T1.413 nolu tavsiyede de belirtildiği üzere, ATU-C, üniteler arasındaki bağlantının kontrolünden sorumludur. “ISSUE-2” de de ATU-R’nin de hangi tip çerçevelerin kullanıldığına ilişkin kontrolden sorumlu olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan bazı örnekler dışında, ATU-R’ den gelen istekler doğrultusunda çalışmak durumundadır. ATU-R ve ATU-C karşılıklı olarak uyumlu olmalıdır. Eğer ATU-R ünitesi CAP hat kodlama yöntemini kullanıyorsa, ATU-C bununla uyumlu olmalıdır. Bunun anlamı, ATU-C ünitesinin tüm olasılıkları kapsayan bir yeteneğe sahip olması gerektiği değildir. Ancak ATU-C, ünitesinin, ATU-R ünitesine göre daha yetenekli olması gerektiği açıktır. ATU-C, ATU-R’ye istek gönderir. ATU-R, hatta ilişkin konfigrasyonu kontrol eder. ATU-R’ye bir LAN bağlı olabilir yada bir “host” uygulaması için bir erişim sağlayabilir. ATU-C, ADSL’den, kullanıcı tarafından istenilen servis için bir bağlantı sağlamak durumundadır.

3.6 DSLAM

DSL Erişim Çoğullayıcısı (DSL Access Multiplexer; DSLAM), ATU-C’ den ayrı bir birimdir. Bu ünite, LAN, WAN gibi birçok fazla hizmetin, tek bir ATU-C’yi paylaşmasını sağlamak içindir. DSLAM’a ilişkin model Şekil 3.7’de verilmiştir. DSLAM tanımındaki “multiple” DSLAM’ı özetlemektedir.

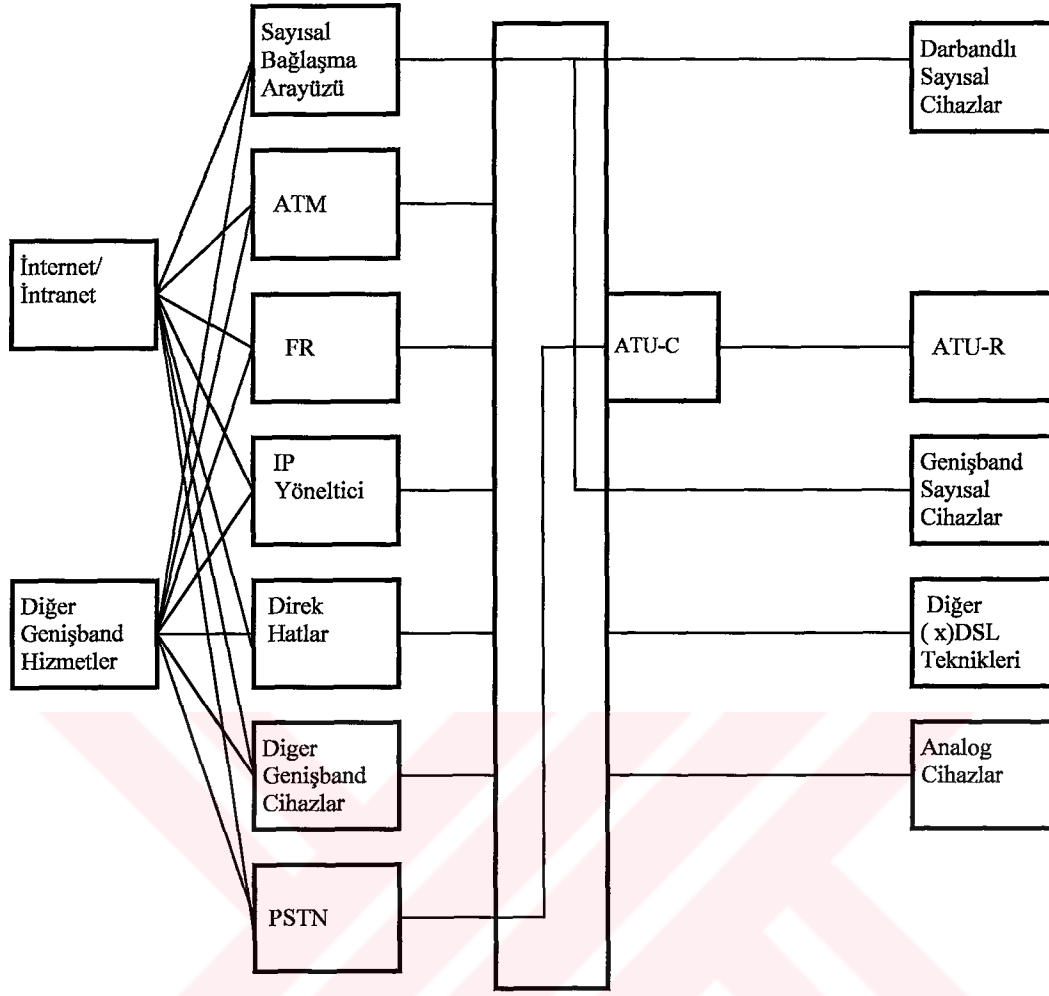
DSLAM’da üç temel birim vardır. İlk birim abone linklerinden oluşur. Bu birim abonelerin şebekeye erişim yoludur. Bu açıdan ATU-R çok önemlidir

Bunun yerinde 56 K modem, ADSL/RADSL, HDSL, SDSL, VDSL gibi herhangi bir DSL tekniğini kullanan cihazlar olabilir. Diğer yandan ne türden verilerin DSLAM’a giriş olarak geleceği konusunda tam bir görüşbirliği yoktur. Genellikle, verinin erişim cihazlarından, herhangi bir değişime uğramadan DSLAM’a geçeceği düşünülür. Ancak bu durum cihazların simetrisini bozabilir. ATU-R’ye gelen bir bit katarı, bir ATM hücresi, STM bit katarı yada bir paket olabilir. ATU-R gelen veriyi alır, uygun CAP yada DMT formatına dönüştürür. Bu işlemin bir parçası olarak, sabit bir hıza ulaşmak için bazı extra bitler ekleyebilir. ATU-R’ ye gelen bu bit katarından, daha önce fazladan eklenen bitler çıkartılır. ADSL ve diğer (X)DSL tekniklerinde amaç, DSLAM’a giriş yapmadan önce, kullanıcı cihazları tarafından

desteklenen maksimum “burst” seviyesinin desteklenmesidir. DSLAM’ın öteki tarafında ise, kullanıcıların erişmek istedikleri hizmet sağlayan birimler bulunmaktadır. Eğer bu hizmet birimi PSTN ise, DSLAM, ATU-C ile POTS arasında bağlantı kuracaktır.

Bunun dışında, DSLAM’ın diğer tarafında, IP yönleticiler, WAN ve ISP’ler olabilir. Ayrıca bu bir FR şebekesi de olabilir. Bu durumda kullanıcıdan gelen veri, ilgili şebekeye uygun hale getirilecektir. WAN’lar devre-bağlaşmalı şebeke olarak düşünülür. Diğer bir deyişle, sürekli bağlantı söz konusu değildir. PSTN de bir çeşit WAN’dır. Ancak birden fazla WAN’a (multi-WAN) bağlantı için ikinci bir erişim gerekebilir. Özellikle, eğer BRI-ISDN, ATU-R’den LS0 kanalından bağlanıyorsa, 56K modem için kullanılan analog işaretlemeye paralel olarak BRI-ISDN için kullanılan B ve D kanalı bilgileri de DSLAM üzerinden diğer taraftaki şebekenin BRI-ISDN portuna taşınabilir. Şebekenin BRI-ISDN ile ilgili portuna doğru taşınan veri, buradan PSTN, FR, X25 veya ISDN’in bağlı olduğu herhangi bir hizmet birimine aktarılabilir.

Bir genişbandlı ISDN (B-ISDN) hizmeti olan ATM, direk olarak bir ATM bağlaşma noktasına yada hizmet birimine bağlanabilir. Bunun için sürekli bir sanal devre kurulması yada devre bağlaşmalı bir yapı kullanılması mümkündür. Devre bağlaşmalı bir modelin kullanılması durumunda Q.921/Q.931 işaretleme protokollerinin kullanılması gereklidir.



Şekil 3.7 DSL Erişim Çoğullayıcısı

4. ADSL VE DİĞER ŞEBEKE PROTOKOLLERİ

ADSL üzerinden ATM trafiğinin taşınması, günümüzde uygulamaları bulunmasına karşılık, hala tartışılmakta olan bir konudur. Bu tartışma daha ziyade, ADSL ile ATM'in ortak çalışmasını sağlayan cihazlara ilişkindir. Bu durum T1.413 ve ITU-T' nin tavsiyelerinde de yer almaktadır. DMT hat kodlama yönteminin ADSL için standart hat kodlama tekniği seçilmesinden sonra, markette CAP tabanlı ADSL ürünlerinin bulunmasından dolayı, her iki yöntemi de destekleyen cihazların üretilmesi zorunlu hale gelmiştir.

DMT'nin standart olarak kabul edilmesi, ATU-C' nin ATU-R cihazlarıyla ortak çalışması açısından bazı avantajlar getirmiştir. Aynı zamanda ADSL için kullanılan protokol de tartışma konusuydu. Eğer bir şirketin ürettiği ATU-R, TCP/IP' yi içeren PPP çerçevelerini üretiyorsa, bu durumda ATM hücresi formatında veri bekleyen ATU-C ile uyumlu çalışmazdı. Ancak çok sayıda protokolü destekleyen cihazların üretimi hem çok pahalı hem de çok karmaşık olacaktır.

ATM, ADSL sistemine çok ciddi bir karmaşıklık getirmektedir. Herşeyden önce ATM, yüksek miktarda başlık alanı içeren bir yapıya sahiptir. Bu ATM hücresinin transferi sırasında istenilen çeşitli hızları elde etmek için gereklidir.

İkinci olarak ATM'de işaretleşmeye gerek olmaması için, yarı-kalıcı (semi-permanent) bağlantı özelliği kullanılmasına rağmen, ATM temel olarak bağlaşmalı bir protokoldür. Eğer kullanılan protokol, TCP yada IP gibi yönlendirme temelli bir protokol ise, bu durumda bağlantı için çift katmanlama gerekecektir. Bu durumda yöneltmeli protokol, hücre-aktarma bağlaşmalı protokol içinde taşınır.

ATM'in çeşitli standart grupları tarafından tavsiye edilmesinin nedeni, uzak mesafeli şebekelerde, yüksek-hızlı verinin aktarılması için en iyi çözüm olmasıdır. ATM kullanılması, BRI ve PRI-ISDN'in bağlaşma avantajlarına sahip olunmasını sağlar. Ancak bu durumda yeni alt yapı gerekir ki bu da maliyet demektir.

Ancak uzak mesafeli olmayan şebekeler için durum daha farklıdır. ADSL için muhtemel iki seçenek vardır. Biri STM'i, diğeri ise ATM'I desteklemek. Ancak ATM'i destekleyen cihazlar zaten ATM'i desteklemektedir.

4.1 ATM

ATM, ses, video ve veri gibi çeşitli hizmetleri destekleyen, bağlantı yönelimli, paket bağlaşmalı, daha doğrusu hücre bağlaşmalı bir iletim teknolojisidir. ATM'in bağlantı yönelimli olması, iki uç nokta arasında, sanal kanallar ve sanal bağlantılar yardımıyla, devre bağlaşmalı sistemlerdekine benzer bir yol kurulmasını sağlar. Diğer yandan, hücre temelli bir teknoloji olması, verinin sabit uzunluktaki hücrelere bölünmüş olması, paket bağlaşmalı sistemlerin sunduğu “bağlaşma” ve “çoğullama” fonksiyonlarını sağlar.

ATM-PDU, hücre denilen sabit uzunlukta bir veridir. Hücre uzunluğu 53 oktet olup bunun 5 oktetini başlık bilgisi için geri kalan 48 oktetini, AAL ve kullanıcı verisi için ayrılmıştır. Hücre boyutunun sabit olmasının en büyük avantajı, ATM bağlaşma organının hardware ve software olarak daha basit tasarımına olanak tanınması ve sistemlerin daha hızlı çalışmasını sağlamasıdır. Paketlerin hızlı bağlaşımı, uçtan uca gecikmenin oldukça düşük olması gereken, gerçek zamanlı uygulamalar için önemlidir. Ancak, sabit uzunluklu paket kullanmanın dezavantajı ise, kullanılan toplam başlık alanının artması ve bu yüzden mevcut iletim bandı kapasitesinin kullanım açısından veriminin düşmesidir.

4.1.1 B-ISDN (ATM) Tarihçesi, Spesifikasyonları ve Taşıyıcı Servisleri

ATM, B-ISDN'in özel bir uygulamasıdır. ITU-T tarafından geliştirilen en son protokoldür. “ATM” in ismi, bir veri çerçevesinin, bir veri katarının herhangi bir yerinde olabileceği prensibine dayanmaktadır. ADSL için de benzer durum söz konusudur. ATM' de , B-ISDN'de kullanılan, özel bir format ve veriyi sıraya koyma yöntemini kullanılır. ATM verileri, protokol veri birimi (Protocol Data Unit; PDU) şeklinde organize edilir. Bu PDU'lar kendi kimlik bilgilerini birlikte taşırlar. Bu yöntem, başlık bilgisi için ayrılan alanı arttırır. Ancak verinin hücre temelli taşınmasına yardımcı olur. Küçük hücrelerin transmisyon birimlerine yüklenmesi

kolaydır ve çoğullama daha kolay yapılabilir. Ancak her bir hücre için başlık bilgisi için ayrılan veri alanı önemli bir dezavantajdır.

4.1.1.1 Genişbandlı Taşıyıcı Hizmetler

BRI-ISDN’de taşıyıcı kanallar B-kanallarıdır. Ancak belli hizmetler ATM yada B-ISDN ile sağlanan veri taşıma hızını gerektirdiğinden dolayı, bu kanalların B-ISDN ve N-ISDN’deki fonksiyonları farklıdır. N-ISDN’de sağlanan tüm hizmetlerin, ATM ile sağlanması mümkündür. Ancak birçok uygulamada extra hız garanti edilmemiştir. BRI-ISDN çok-bağlantılı noktadan noktaya protokol (Multi Link Point-to-Point Protocol; ML-PPP) kullanarak, 128 Kb/sn’ lik bir veri hızı sağlar. STM’de PPP üzerinden TCP/IP kullanılan ADSL’ de ise, Internet için 8 Mb/sn’ lik bir “geri akım” erişim hızı sağlanır. STM-4 ATM, teorik olarak günümüz bilgisayarlarının kotaramayacağı miktarda veriyi kotarabilir. N-ISDN ile B-ISDN arasındaki taşıyıcı hizmeti kapasitesi açısından farklar üç kategoride toplanır. Bunlardan ilki, N-ISDN için devre bağlaşımlı sistemler yeterli hıza sahiptir. B-ISDN’de ise elde edilen veri hızı, bu tip hizmetler için çok aşırıdır. İkinci olarak PPP ya da ML-PPP gibi Internet erişiminde kullanılan protokoller her iki sistemde de mümkündür. Ancak B-ISDN’de erişim hızı daha yüksektir. Son fark ise, HDTV kanalları ve MPEG-II gibi video hizmetlerinin N-ISDN’de mümkün olmamasıdır.

B-ISDN’e ilişkin ITU-T tavsiyeleri F2xx şeklinde isimlendirilmiştir. B-ISDN’e ilişkin genel terimler, fonksiyonel ve yapısal birimler, ITU-T’nin I.113, I.211, I.121, I.311, I.321, I.150 tavsiyelerinde açıklanmıştır. Bunlar fiziksel katman ile ilgili tavsiyelerdir. I.413, UNI için bir referans modeli tanımlar. ITU-T’nin I.460 nolu tavsiyesi ise, çeşitli ATM katmanlarının kullanımı için, kullanıcıların gerektirdiği minimum fonksiyonları içerir.

B-ISDN’nin hizmet yönü, ITU-T’nin I.211 nolu tavsiyesinde tartışılmıştır. Başlıca iki hizmet sınıfı, etkileşimli hizmetler ve dağıtım hizmetleridir. Etkileşimli hizmetler, konuşmaya ilişkin, mesaj gönderme ve mesaj alma hizmetleridir. Dağıtım hizmetleri ise, kullanıcının veri akışını kontrol etmedeki rolüne göre sınıflandırılırlar.

4.1.1.2 Bazı Etkileşimli Hizmetler ve Dağıtım Hizmetleri

Etkileşimli hizmetler gerçek zamanlı olma derecelerine göre, üç sınıfa ayrılır. Konuşmaya ilişkin hizmetler, gerçek zamanlı olarak her iki yönde bir iletim sağlar. I.211 tavsiyesinde, yüksek hızlı veri transferi, video konferans ve video telefon bu kategoriye giren hizmetlerdir. Bu sınıftaki birçok hizmet video bağlantılıdır. Çünkü video hizmetleri, hem gerçek zamanlı olmayı, hem de yüksek veri hızını gerektiren hizmetlerdir. Mesaj hizmetleri bu sınıfa giren diğer bir hizmet sınıfıdır. Bu hizmet için gerçek zamanlı olmaya ihtiyaç yoktur.

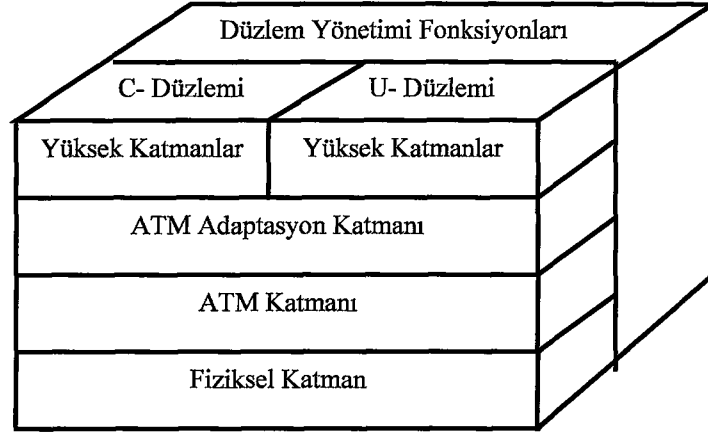
Diğer bir etkileşimli hizmet sınıfı ise geri-alma hizmetleridir. Bu hizmetler daha çok arşivlenmiş verilerin kullanılması içindir. Birçok kütüphane, dışardan erişim hizmeti vermek için bu servisi kullanırlar.

Dağıtım hizmetleri ise, daha çok yayın yapma (broadcasting) şeklindeki hizmetlerdir. Dağıtım hizmetleri her zaman verinin hazır olmasını sağlar.

4.1.2 B-ISDN OSI Katmanları

Şekil 4.1’de B-ISDN’e ilişkin OSI referans modeli verilmiştir. İlk katman ATM fiziksel katmanıdır. Bu katman ADSL ya da ATM 25 olabilir. ATM katmanı ise N-ISDN’deki veri bağlantı katmanı (data link layer)’na karşılık gelmektedir. Son olarak ATM Adaptasyon Katmanı (ATM Adaptation Layer; AAL) şebeke katmanına (network layer) karşılık gelmektedir.

ITU-T, OSI katmanlarına ek olarak, üç farklı düzlemin daha kullanılmasının birçok protokol açısından faydalı olacağını göstermiştir. Bu düzlemler sırayla, kullanıcı düzlemi (user plane, U-plane), kontrol düzlemi (control plane; C-plane), denetim düzlemi (supervisory plane; S-plane) ve düzlem yönetim fonksiyonlarıdır. Bu düzlem ilk önce ISDN için tanımlanmıştır. Birleştirilmiş bir ortamda, birden fazla hizmet için aynı protokol birden fazla kullanılabilir. Katmanlar boyunca kurulan yolun ve kullanılan komutların saklanması önemlidir. Bu işlem C- düzleminin görevidir. S-Plane, hataların, istatistiksel verilerin tutulması ve yeniden başlama (restart) durumlarında rol oynar.



Şekil 4.1 B-ISDN (ATM) Protokol Modeli (ITU-T, I.121)

Kullanıcı düzlemi, kullanıcı bilgilerinin iletimini sağlar ve bununla ilgili akış kontrolü ve hata kontrolü gibi gerekli tüm kontrol bilgilerinden sorumludur. Kullanıcı düzleminin içinde de katmanlı bir yapı söz konusudur.

Düzlem yönetim fonksiyonları, zamanlayıcılar, bufferlar ve mevcut hardware kaynakların yönetiminde sorumludur.

4.1.3 ATM Fiziksel Katmanı

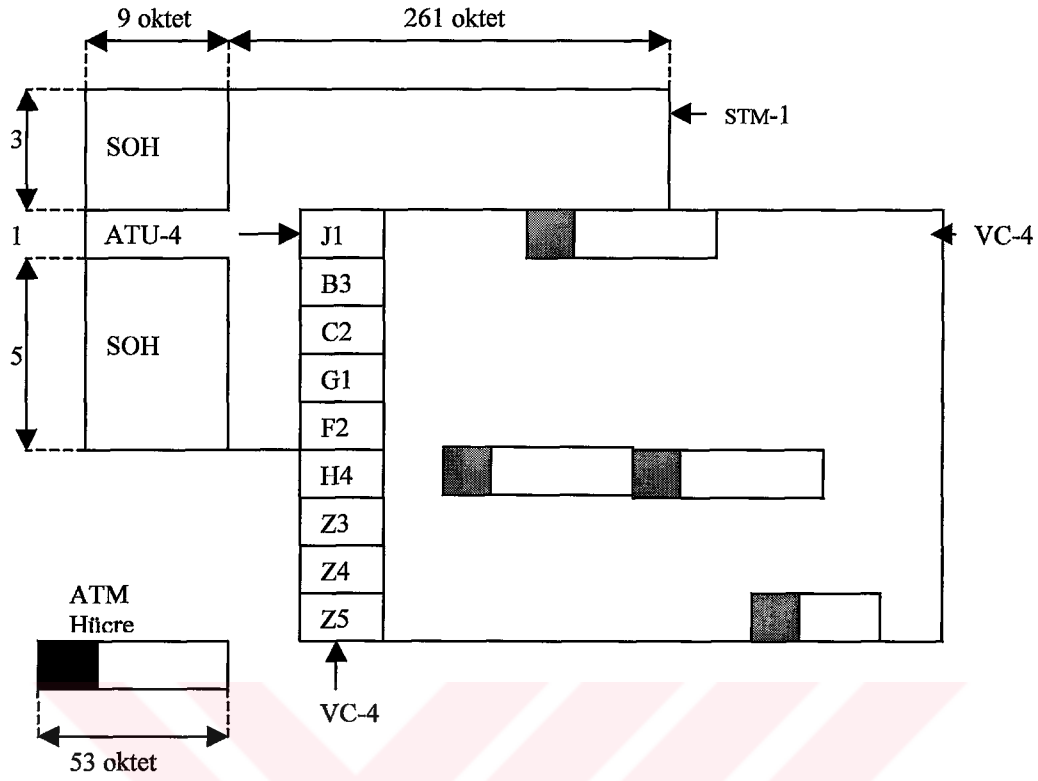
ATM'in fiziksel katmanı ITU-T'nin I.432 nolu tavsiyesi ile tanımlanmıştır. Bu tavsiye kullanıcı-şebeke arabirimi (User-Network Interface; UNI) için tanımlanmıştır. ADSL'de iletim hızları hardware destek ile sağlanmasına rağmen, hücre yapısına ilişkin model, hat kodlama modelini anlamamanın bir parçasıdır. ADSL üzerinden ATM'in aktarılması, I.432'de tanımlanan fiziksel modele göre yapılmalıdır. Ancak ATM hücreleri, ATM hücre aktarma şebekesine girmiş gibi bir formata dönüştürülecektir. ATM'in ADSL üzerinden aktarılmasına ilişkin tavsiyeler ADSL Teknik Raporu-2 , ADSL Teknik Raporu-17 ve ADSL Teknik Raporu-25 (Technical Report-2; TR-0002, Technical Report-17; TR-0017, Technical Report-25; TR-0025) şeklinde adlandırılan dokümanlarda verilmiştir. Bu tavsiyelerde hücre oktetlerinin, ADSL oktetleri şeklinde dizilerek iletilebileceği anlatılmıştır. Bu işlemin nasıl yapıldığı Şekil 4.2'de verilmiştir. Çerçeveleme modeli belli olana kadar, bütün bitler, Şekil 4.2' deki "A1" ve "A2" oktetlerinde tanımlanan formata dönüştürülür.

Şekil 4.2, iki yönlü 155.520 Mb/sn veri hızına sahip STM-1 arabirimini göstermektedir. STM-1 olarak bilinen kavram, ADSL’de kullanılan STM’den farklıdır. I.432, aynı zamanda 622.080 Mb/sn’lık bir veri hızını destekleyen STM-4 modunu kısmen tanımlar. STM-1, ATM hücre-aktarma şebekelerinde kullanılan formatlardan biridir. Senkron Optik Şebeke (Synchronous Optical Network; SONET) diğer bir veri iletim formatıdır [6].

ATM hücresi 53 oktetlik bir veridir. Bunun anlamı, STM-1 taşıyıcısındaki 2,430 oktet’lik bilginin $5/53 \times 2430$ oktetlik kısmı başlık bilgisi için harcanır. Ancak ADSL’de bu kadar başlık için yer yoktur. Q.922A kullanan çerçeve aktarmalı PVC, 1500 oktetlik bir çerçevede sadece % 0.33 oranında başlık bilgisi taşır. B-ISDN modelinde, herbir katman Şekil 4.1’ de görüldüğü gibi daha alt katmanlara ayrılabilir. Fiziksel ortam alt katmanı, ADSL’i içeren fiziksel katmandır. İletim Dönüşümü (Transmission Convergence; TC) alt katmanı, fiziksel ortam alt katmanının gereksinimlerine adapte edilmelidir. ADSL Forum, ANSI ve ITU-T tavsiyeleri ATM TC’nin ADSL fiziksel hat ortamında, nasıl yapılması gerektiğini gösterir. TC-alt katmanı için fiziksel gereksinimler I.432 nolu tavsiyede belirtilmiştir. Hem ANSI T1.413, hem de ITU-T G.992.1 ve G.992.2, ADSL’in gereksinimlerine yönelik TC-alt katman uygulamalarına ilişkin tavsiyeleri içermektedir. İletim çerçevesi adaptasyon fonksiyonu, kısmen, STM-1 verisinin ADSL çerçevesine aktarılmasına ilişkindir.

4.1.4 ATM Katmanı

STM-1 modeli ATM hücrelerinin taşıyıcısıdır. Ancak ATM hücreleri değişik amaçlar için kullanılan verileri taşır. Herbir ATM hücresi 53 oktetdir. İlk 5 oktet başlık bilgisi taşır. Bu başlık kısmı, adres bilgisi, veri önceliği, başlık hata kontrolü (Header Error Control; HEC) bilgilerini taşır. HEC hata bulma işlemi yansıma hata düzeltme amaçlı da kullanılmaktadır. Ancak her hücre üzerinde hata kontrolü yapmak, hücrenin tekrar iletiminden daha fazla bir zaman gerektirebilir.



AU : Yönetim Birimleri
 C : Taşınacak Veriyi Barındıran Kap
 POH : Yol Başlık Alanı
 PTR : Gösterge
 SOH : Ünite Başlık Alanı
 STM-1: Senkron Transfer Modu-1
 VC-4 : Sanal Taşıyıcı Kap-4

Şekil 4.2 ATM Hücrelerinin STM-1 İşareti ile Taşınması (ITU-T, I.432)

4.1.4.1 ATM Hücre Formatları

Şekil 4.3'te, ATM için UNI yapısı verilmiştir. Şekil 4.4'te ise şebeke-şebeke arabirimi (Network-Network Interface; NNI) için model verilmiştir. Bu ikisi arasındaki temel fark, UNI'de, genel akış kontrolü (Generic Flow Control; GFC) için ayrılan veri alanı, NNI'da sanal yol tanıttıcısı (Virtual Path Identifier; VPI) için ayrılmış fazladan 4 bit için kullanılmıştır. Bunun nedeni, bu iki ayrı arabirimin farklı gereksinimlerinin olmasından kaynaklanmaktadır. Kullanıcı cihazları, kendileriyle şebeke arasında bir akış kontrolüne ihtiyaç duyarlar. Şebeke, verinin iletimi için gerekli yönlendirmelerden ve diğer düğümler ile iletişimi yürütmekten sorumludur.

ATM hücresi, veri taşır, ancak verinin taşınma amacı her zaman aynı olmaz. ATM hücresi, fiziksel katman, ATM katmanı yada ATM adaptasyon katmanlarına ilişkin bilgileri de taşır. Hücre kaybı önceliği (Cell Loss Priority; CLP) dördüncü oktetteki ilk bittir ve hücrenin öncelikli olup olmadığını belirtir. Ancak I.361 ve I. 150 tavsiyelerinde bu konuda farklar vardır. Pratikte Tablo 4.2 de görüldüğü gibi, bu bit fiziksel katmandaki hücreler için kullanılır. Eğer bu bit bakım ve işletim (Operation and Maintenance; OAM) için kullanılırsa, ATM katmanına gönderilmez.

Tablo 4.1 B-ISDN Katman Fonksiyonları (ITU-T, I.121)

Katman Yönetimi	Üst Katman Fonksiyonları Katmanlar		Üst	
	Dönüşüm	CS	AAL	
	Parçalama ve yeniden oluşturma	SAR		
	Genel akış kontrolü	ATM		
	Hücre başlığını üretilmesi ve atılması			
	Hücre VPI/VCI çevrimi			
	Hücre çoğullanması ve çözülmesi			
	Hücre hızı dekoplajı	TC		
	HEC başlık numarasının oluşturulması ve kontrolü			
	Hücre atılması			
	İletim çerçevesi adaptasyonu			
	İletim çerçevesi oluşturulması ve hataların giderilmesi	PM		
	Bit Zamanlama			
	Fiziksel ortam			
			Fiziksel Katman	

8	7	6	5	4	3	2	1	Bit	Oktet
GFC				VPI					1
VPI				VCI					2
VCI									3
VCI				PT		RES	CLP		5
HEC									5

Şekil 4.3 B-ISDN UNI Formatı (ITU-T, I.361)

8	7	6	5	4	3	2	1	Bit	Oktet
VPI									1
VPI				VCI					2
VCI									3
VCI				PT		RES	CLP		4
HEC									5

CLP : Cell Loss Priority ; Hücres Kaybı Önceliği
 GFC : Generic Flow Control ; Genel Akış Kontrolü
 PT : Payload Type ; Veri Tipi
 RES : Reserved ; Tahsis Edilmiş Alan
 HEC : Header Error Control ; Başlık Hata Kontrolü
 VPI : Virtual Path Identifier ; Sanal Yol Tanıtıcısı
 VCI : Virtual Channel Identifier ; Sanal Kanal Tanıtıcısı

Şekil 4.4 B-ISDN NNI Formatı (ITU-T, I.361)

Tablo 4.2 B-ISDN UNI İçin Önceden Belirlenen Hücres Başlık Değerleri

	Oktet 1	Oktet 2	Oktet 3	Oktet 4	Oktet 5
Fiziksel Katman için Ayrılmış Alanlar	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPP1	HEC
Kimliği Belli Olmayan Hücres Tanıtımı	AAAA0000	00000000	00000000	000AAA0	HEC

4.1.4.2 Sanal Yollar ve Sanal Kanallar

ATM için kullanılan veri yolunda bir hiyerarşi mevcuttur. Bir uç noktadan diğer bir uç noktaya, bir veri yolunun kurulmasına, sanal yol bağlantısı (Virtual Path Connection; VPC) denir. Bu yollar sanal yol tanıtıcısı (Virtual Path Identifier: VPI) ile belirlenir. Bir sanal yol içinde birden fazla sanal kanal bulunabilir. Bu kanallar da sanal kanal tanıtıcısı (Virtual Channel Identifier; VCI) ile belirlenir. ITU-T'nin I.150 tavsiyesi VPC ve VPI hakkında tavsiyeleri içermektedir.

Bir VPC, bağlantı süresi boyunca aynı veri yolunu kullanmak zorunda olmadığından dolayı, şebeke içindeki her bir düğümün, VPI değerini bilmesi zordur. Daha da ötesi birden fazla düğüm aynı VPI değerini kullanabileceğinden dolayı, sadece birbirinden

tamamen farklı şebekeler aynı VPI değerlerini kullanabilirler. VPI sadece lokal öneme sahip bir parametredir. Veri yolu kurulduğu zaman iki nokta arasındaki VCI'yi belirleyen bir VPI değeri atanır. Başka bir yol kurulunca yeni bir VPI atanır.

Hücre taşıma şebekelerinde, bir bağlantının hangi noktalar üzerinden kurulduğunu kontrol eden, ayrı bir denetim noktası olmalıdır. Çünkü bir bağlantıdaki tüm noktalara ilişkin bilgilerin, bütün düğümler tarafından bilinmesi anlamsızdır. Her nokta, kendisine bağlı olan komşu noktaların bilgilerine sahiptir.

VPC kurulması konusunda, iki temel sınırlama vardır. Bunlardan ilki, kurulan bağlantı istenilen QoS'e uygun olmalıdır. İkinci sınırlama ise, taşınan hücrelerin belli bir sıraya göre olmasıdır. Bu son kısıtlamadan anlaşılan, herbir VPC için iki aynı fiziksel veri yolu olursa, o zaman farklı yollardan gelen hücrelerin sırasının, alıcı tarafta belirlenmesi mümkün olmadığıdır.

4.1.5 ATM Adaptasyon Katmanı

Şekil 4.5'te, ATM adaptasyon katmanına (ATM adaptation Layer; AAL) ilişkin, hizmet sınıflandırılması verilmiştir. AAL tam olarak OSI referans modelindeki 3. katmana karşılık düşmez. Sadece ATM Katmanına göre daha gelişmiş fonksiyonlara sahiptir ve daha yüksek katmanlara erişim sağlar. Burada iki tane alt katman bulunur. Bunlar parçalara ayırma ve yeniden birleştirme (Segmentation and Reassembly; SAR) ve dönüşüm alt katmanı (Convergence Sublayer; CS)' dir. SAR, 48 oktetlik ATM hücresinin, daha yüksek katmanlar için dönüşümünden sorumludur. CS ise daha özel uygulamalarda kullanılır ve uygulamanın tipine göre spesifik bir AAL seçilir.

Dört ayrı servis sınıfının olması, farklı AAL protokol tiplerinin olmasıyla ilgilidir. Sabit Bit Hızı (Constant Bit Rate; CBR), AAL-1 tipi tarafından desteklenir. Bu sınıf A-sınıfı olarak tanımlanır. AAL-3 ve AAL-4 bağlantısız uygulamalar için kullanılır. Bu da D-sınıfına girer. C sınıfı hizmetler ise AAL-3 ve AAL-2 tiplerini kullanır. AAL-5 ise ANSI tarafından tanımlanmıştır. Bunun amacı AAL kullanmadan, daha üst katmanlara uyum sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Şekil 4.6' da AAL tipleri verilmiştir. ADSL üzerinden bir iletim gerçeklemek için AAL-1 ve AAL-5 tipleri kullanılır. Bu yüzden burada daha çok AAL-1 ve AAL-5 üzerinde durulmuştur.

AAL-1' de üç farklı veri alanı bulunmaktadır. Bunlar sıra numarası (Sequence Number; SN), sıra numarası koruması (Sequence Number Protection; SNP) ve SAR-PDU veri alanlarıdır. SN için 4 bit ayrıldığından, 16 ayrı numara modüle edilebilir. Bu hücre kaybını engellemek için kullanılan bir kontrol mekanizmasıdır. SNP ise, PDU içinde fazladan bir hata kontrolü sağlar. Bu kontrol ATM katmanında yapılan HEC'ten daha ziyade AAL'de yapılmaktadır.

	A Sınıfı	B Sınıfı	C Sınıfı	D Sınıfı
Kaynak ve Hedef Arasındaki Zamanlama İlişkisi	Zorunlu		Zorunlu Değil	
Bit Hızı	Sabit	Değişken		
Bağlantı Modeli	Bağlantılı			Bağlantısız

Şekil 4.5 AAL Hizmet Sınıfları (ITU-T, I.362)

AAL-1	SN 4 bit	SNP 4 bit	SAR-PDU Veri Alanı 47 oktet			
AAL-2	SN 4 bit	IT 4 bit	SAR-PDU	LI 6 bit	CRC 10 bit	
AAL-3	ST 2 bit	SN 4 bit	Ayrılmış 10 bit	SAR-PDU 44 oktet	LI 6 bit	CRC 10 bit
AAL-5	SAR-PDU 48 oktet					
AAL-3/4	ST	SN 4 bit	MID 10 bit	SAR-PDU 44 oktet	LI 6 bit	CRC 10 bit

SN : Sequence Number ; Sıra Numarası
MID : Multiplexing Identification ; Çoğullama Kimliği
SNP : Sequence Number Protection ; Sıra Numarası Koruması
IT : Information Type ; Veri Tipi
CRC : Cyclic Redundancy Check ; Dairesel Artıklık Kontrolü
ST : Segment Type ; Segment Tipi

Şekil 4.6 AAL Tipleri (ITU-T I.363 ve ANSI T1S1.1)

4.1.5.1 AAL-1 Tipi Hücre Formatı

A sınıfı hizmet, hizmetin zamanlamalı, sabit hızda ve belli bir bağlantıda olmasını gerektirir. SN ve SNP alanları, daha üst katmana, hata hücrelerin alınıp alınmadığını bildirmek içindir. Bu sınıfa giren hizmetler senkronizasyon gerektiren uygulamalardır.

4.1.5.2 AAL-5 Tipi Hücre Formatı

Şekil 4.7’ de, AAL-5 hücresi için CS-PDU verilmiştir. AAL-5 tipi, C sınıfı hizmetler için olduğundan dolayı bu temel olarak SAR’dan CS’ye bir geçiş olarak düşünülür. Bunun anlamı, SAR alt katmanına ait olan birçok sorumluluk, CS’ye bırakılmıştır. Böylece hücrenin sonundaki 8 bitlik veri alanı başka amaçlar için kullanılabilir. Bazen bu tip AAL, basit ve efektif adaptasyon katmanı (Simple and Effective Adaptation Layer; SEAL) olarak da adlandırılır. Bunun amacı ATM ile çalışırken, başlık için kullanılan alanın azaltılmasıdır.

AAL-5, AAL-1 ve AAL-4 gibi her bir hücre için, hata kontrolüne sahiptir. Ancak tüm hücre zinciri üzerinde AAL-1 ve AAL-4’e göre daha geniş bir kontrol mekanizması sağlar.

Kullanıcı Verisi	PAD	Kontrol	Uzunluk	CRC-32
	[0-47] oktetler	[2]	[2]	[4]
← CS-PDU →				

Şekil 4.7 AAL-5 İçin Veri Formatı (ANSI T1S1.1)

AAL-5 tipi hücre içindeki toplam veri alanı 64 Kb/sn’ dir. Uzunluğu göstermek için 2 oktetlik bir veri alanı ayrılmıştır. Taşınan verinin tipine bağlı olarak, AAL-5 tipi alt-katmanlarla birlikte kullanılacak, çeşitli alt-katman seçenekleri sunulmuştur. Örneğin ATM ve Çerçeve Aktarma (Frame Relay; FR)’in ortak çalışması için Çerçeve Aktarma Spesifik Dönüşüm Alt Katmanı (Frame Relaying Specific Convergence Sublayer; FRCS) kullanılır. B-ISDN işaretlemesi için “Hizmete Özel Bağlantı Yönelimli Protokol” (Service-Specific Connection-Oriented Protokol; SSCOP) kullanılır [3].

4.1.6 ATM Trafik Parametreleri

ATM cihazı, bağlantı kurma (setup) aşamasında, genellikle aşağıdaki parametreleri bildirmek durumundadır [7,8].

- **Tepe Hücre Hızı** : (Peak Cell Rate; PCR) kullanıcı-şebeke arabiriminde izin verilen maksimum “burst” hızıdır.
- **Sürekli Hücre Hızı** : (Sustainable Cell Rate; SCR) UNI arabiriminde, maksimum ortalama çıkış hızıdır.
- **Minimum Hücre Hızı** : (Minimum Cell Rate; MCR) UNI bağlantısında öngörülen minimum hücre hızıdır.
- **Hücre İletim Gecikmesi** : (Cell Transfer Delay; CTD) Bir hücrenin, şebekeye girmesinden, terketmesine kadar geçen süredir. Bu süre propagasyon gecikmelerini ve kuyrukta bekleme sürelerini içermektedir.
- **Ortalama Hücre İletim Gecikmesi** : (Mean Cell Transfer Delay; MCTD) Belli sayıda bağlantı için, öngörülen ortalama hücre gecikme süresidir.
- **Hücre Kayıp Oranı** : (Cell Loss Ratio; CLR) Hücreyi gönderen kaynak tarafından gönderilen hücrelerden, kayıp hücrelerin, toplam hücre sayısına oranıdır. Hücre kayıpları genellikle şebekedeki yığılmalardan, yada bufferların aşırı yüklenmelerinden kaynaklanır. Eğer şebekede yığılma olursa, öncelikle düşük önceliğe sahip hücreler atılır. CLR, düşük öncelikli hücreler ve yüksek öncelikli hücreler için ayrı ayrı yapılabilir.
- **Hücre Gecikme Değişimi**: (Cell Relay Variation; CRV) Şebekedeki hücre gecikmesinin varyasyonudur.
- **Patlamalı Trafik (burst) Toleransı** : (Burst Tolerance; BT) PCR seviyesinde iletilebilen maksimum burst boyutudur. Şebekelerde, trafik kontrol amaçlı kullanılır. Bunun için “delikli sepet” (leaky bucket) algoritmaları kullanılır. Bu yöntemde, gelen bütün hücreler bir bufferda toplanır ve SCR hızında gönderilir. Böylece yığılma önlenmiş olur.

- **Maksimum Burst Uzunluğu:** (Maximum Burst Size; MBS) Delikli sepetten, PCR hızında, gönderilebilen, arka arkaya gelen maksimum hücre sayısıdır. MBS ile BT arasındaki ilişki, $BT = (MBS - 1) / (1/SCR - 1/PCR)$ şeklindedir.

4.1.7 Hizmet Kalitesinin (QoS) Sağlanması

Yukarda bahsedilen trafik parametrelerinin, kaynak ve hedef arasında kullanılması istenilen QoS'in sağlanması içindir. Eğer kaynak ve hedef arasındaki tüm ATM birimleri istenilen QoS'i sağlıyorsa, bağlantı gerçekleşir ve istenilen bir servis sınıfı için, bağlantı boyunca bahsedilen tüm trafik gereksinimleri garanti edilmiş olur. ATM için altı ayrı hizmet sınıfı tanımlanmıştır [7,8]. Bu hizmet sınıfları;

- **Sabit Bit Hızı:** (Constant Bit Rate; CBR) Bu hizmet sınıfı, devre bağlaşmalı hizmetleri desteklemek içindir. Hücre hızı tüm bağlantı süresinde sabittir. Bu hizmet sınıfı, sabit bir iletim bandı gerektiren uygulamalar içindir.
- **Gerçek Zamanlı Değişen Bit Hızı:** (Real Time Variable Bit Rate; rt-VBR) Bu hizmet sınıfında, değişebilen bit hızının yanında, CTD ve CDV konusunda yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalar içindir. Bit hız değişimi, PCR, SCR ve MBS parametreleriyle sınırlandırılır. Bunun amacı, istenilen QoS'ı kaybetmeden, en kötü durumu garanti etmektir. Bu tip uygulamalara örnek olarak etkileşimli sıkıştırılmış video verilebilir.
- **Gerçek Zamanlı Olmayan Değişken Bit Hızı:** (Non Real Time Variable Bit Rate; nrt-VBR) Bu hizmet sınıfına sahip kullanıcı, zamana ve gönderdiği veriye bağlı olarak, hücre hızının değiştiği iletim bandına sahiptir. Şebeke kaynaklarının optimum şekilde kullanılabilmesi için, istatistiksel çoğullama yöntemi kullanılır. Bu hizmet sınıfı, hücre transfer gecikmesinin çok önemli olmadığı uygulamalar içindir. Genellikle elektronik posta uygulamaları içindir.
- **Uygun Bit Hızı:** (Avaliable Bit Rate; ABR) ATM'in bu hizmet sınıfı hücre bazlı akış kontrolü sağlar. Daha çok web tarama uygulamaları içindir. Bu durumda., mevcut iletim bandını daha verimli kullanmak için, veriyi gönderen kaynak, şebekeden gelen geri besleme verilerini kullanarak veri gönderme hızını değiştirebilir. Bu işlem "kaynak yönetimi" (resource manager; RM) hücreleri kullanılarak yapılır. Kaynak tarafı, RM hücresinin içine veri göndermek istediği

hücre hızını yazar ve hedef tarafa gönderir. İletim yolu üzerinde bulunan bağlaşma elemanları (ATM bağlaşma elemanları), o anda mevcut band kapasitesi ile, RM hücresinin içinde yazan veri iletim hızını karşılaştırır. Eğer o anki şebeke kaynakları, bu iletim hızını sağlayabiliyorsa, RM hücre sine dokunulmadan aktarılır. Eğer istenilen iletim hızı sağlanamıyorsa, RM hücre si içindeki veri hızı azaltılarak bir sonraki şebeke birimine aktarılır. RM hücre si hedef birime ulaştıktan sonra, hedef birim tarafından, kaynak birime geri gönderilir. Böylece veriyi gönderen kaynak hangi hücre hızında veri aktarabileceğini anlamış olur. RM hücre si, iletim yolundaki şebeke kaynaklarının durumu hakkında bilgi elde etmek için periyodik olarak gönderilir.

- **Belirlenmemiş Bit Hızı: (Unspecified Bit Rate; UBR)** Bu hizmet sınıfı, daha çok, “en iyi hizmet” (best effort) sınıfı olarak bilinir. Bu hizmet sınıfında, herhangi bir iletim bandı garanti edilmez. Transfer gecikmesi konusunda bir sınırlama yoktur. Birçok LAN ve IP şebekelerin, “best effort” hizmet prensibine göre çalışmasından dolayı, bu hizmet sınıfı, LAN emülasyonu ve “IP üzerinden ATM” için kullanılır. UBR hizmet sınıfı, tekrar iletme yeteneğine sahip, TCP gibi, uygulamalar için elverişli bir hizmet sınıfıdır.
- **Garanti Edilmiş Çerçeve Hızı: (Guaranteed Frame Rate; GFR)** GFR hizmet sınıfı, ATM Forum tarafından tanımlanan en yeni hizmet sınıfıdır. GFR, gerçek zamanlı olmayan uygulamalar için düşünülmüştür. Bu hizmet sınıfında, kaynaktan gönderilen hücreler, ATM katmanında belli çerçeveler şeklinde organize edilir. Kaynaktan gönderilen veri için, maksimum çerçeve boyutu (Maksimum Frame Size; MFS) ve maksimum patlama (burst) büyüklüğü (Maksimum Burst size; MBS) göz önünde bulundurularak minimum bir hücre iletim hızı garanti edilir. Bunun anlamı, veriyi gönderen birim MBS’i geçmemek şartıyla, minimum kayıpla, veriyi istenilen çerçeveler halinde gönderir. GFR hizmet sınıfına sahip bir kullanıcı, şebeke kaynakları uygun olduğu zaman, kendisine garanti edilen MCR hızından daha yüksek hızda veri gönderebilir. Bunun yanında, kaynaklardan gelen fazladan trafik, şebeke imkanları eşit bir şekilde kullanılarak iletilir.

Diğer yandan, GFR hizmet sınıfı, kullanıcıya, gönderdiği çerçeveleri yüksek öncelikli ve düşük öncelikli olarak markalamasını sağlar. Bu işlemler çerçevede

bulunan “C” biti kullanılarak yapılır. Bu durumda, şebekede meydana gelen yığılma sırasında, “C” bitine bakılarak, düşük öncelikli çerçevelerin atılmasına öncelik tanınmış olur.

Ancak GFR hizmet sınıfında, ABR’ de olduğu gibi, şebekede yığılma olması durumunda, veriyi gönderen kaynak tarafına bir geri-bildirim verisi gönderilmez.

Herşeyden önemlisi, GFR hizmet sınıfına sahip bir kullanıcı, şebekede bir yığılma söz konusu olduğu zaman bile, kendisine garanti edilmiş hızda bir veri transferi gerçekler.

4.2 TCP/IP Protokolü

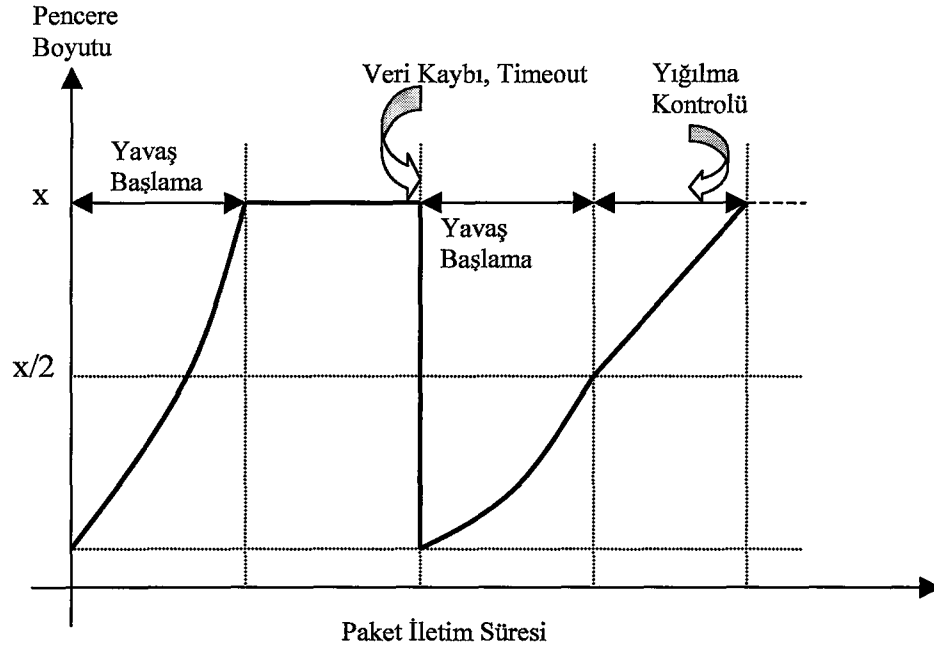
TCP/IP adı altında gruplanan protokoller, “İletim Kontrol Protokolü (Transmission Control Protocol; TCP), “Kullanıcı Datagram Protokolü” (User Datagram Protocol; UDP) ve “İnternet Protokolü” (Internet Protocol; IP)’ dür. TCP/IP protokolünün, ikinci katmandan bağımsız bir protokol (Layer-2 independant) olmasından dolayı, günümüz şebekelerinin temelini oluşturmaktadır. İkinci katmandan bağımsız bir protokol olması, TCP/IP trafiğinin farklı şebekeler üzerinden taşınabilmesine olanak vermiştir [9].

4.2.1 İletim Kontrol Protokolü (TCP)

TCP/IP’nin günümüzde çok yaygın bir protokol olarak kullanılmasının nedeni sahip olduğu, akış kontrolü, yığılma kontrolü ve iyileştirme algoritmalarıdır. Bu mekanizmalar TCP/IP’nin güvenilir bir iletim protokolü olmasını sağlamıştır. Oktet dizilerinin, belli sıra numaraları atanarak belli bir sıra halinde gönderilmesi söz konusudur. Bu durumda, uygulamalar tarafından TCP’ye gönderilen veri bloklarının içine fazladan veri eklenmesine gerek yoktur. Bunun yerine, TCP, gelen veriyi segmentler halinde gruplar ve iletim için alt katmana gönderir. Bu katman genellikle IP protokolünü kullanır.

TCP, tamamen iki yönlü iletimin yapıldığı bir protokoldür. Ayrıca TCP, tek bir bağlantı üzerinden, birden fazla uygulamanın aynı anda çalışmasına olanak tanıyan, çoğullama (multiplexing) ve çözme (de-multiplexing) mekanizmalarına sahiptir.

TCP, bağlantı yönelimli ve uçtan-uca paketlerin güvenli bir biçimde ulaştırılması için, her gönderilen pakete karşılık, bir doğrulama (acknowledgement; ACK) mesajının, veriyi alan hedef birim tarafından gönderildiği bir protokoldür. Paketi alan birim, paketi gönderen birime, iletimin başarılı olduğunu bildirmek amacıyla bir ACK gönderir. TCP, gönderilen her pakete karşılık, gelmesi beklenen ACK için bir zamanlama mekanizması (timer) kullanır. Bu timer süresinde, ACK gelmeyen paketlerin belirlenmesi ve tekrar iletilmesi sağlanır. Ancak TCP’de, bir veri paketi gönderip, bu pakete ilişkin ACK’yı beklemek yerine, kayan pencere mekanizmaları kullanılır. Bu sayede, bir pakete karşılık gelen ACK beklenmeden birden fazla TCP segmenti gönderilir. Böylece iletim bandı daha verimli kullanılmış olur. Daha da ötesi, veriyi alan birim, herbir pakete ilişkin, kullanılması gereken pencere boyutunu, veri gönderen kaynak birime bildirir. Bu pencere boyutu, o andaki iletim bandı kapasitesine göre değişecektir. Kullanılan pencere boyutu, bir pakete karşılık gelen ACK alınmadan, gönderilecek maksimum TCP segment sayısıdır. En başta kullanılacak pencere boyutu bağlantı kurulması aşamasında belirlenir. Ancak akış kontrolü ve yığılma kontrolü mekanizmalarının sağladıkları bilgilere göre zaman içinde değişir [9]. Şekil 4.8’de gösterildiği gibi, en başta pencere boyutu tek bir segment boyutu olarak seçilir. İletim başladıktan sonra, pencere boyutu belli bir eşik değerine (x) ulaşana kadar exponansiyel olarak artar. Bu eşik değeri genellikle hedef birimin buffer kapasitesi için belirlenmiş pencere boyutudur. Bu değere erişildikten sonra pencere boyutu, gönderilen bir paket için gelmesi beklenen ACK’ın bekleme süresinin bitimine kadar (time out) aynı kalır. “Time out” olunca TCP segmenti kaybı söz konusudur. Bu durumda pencere boyutu tek bir segment boyutuna düşürülür. Eşik pencere değeri de, en başka kullanılan değer yarisına düşürülür ($x/2$). Bundan sonra, kullanılan pencere boyutu ($x/2$) değerine kadar exponansiyel olarak artar. Ancak yığılma olmasını engellemek için bu değerden sonra lineer olarak artar.



Şekil 4.8 TCP’de Kullanılan Yavaş Başlangıç ve Yığılma Önleme Mekanizmaları

4.2.2 Kullanıcı Datagram Protokolü (UDP)

UDP, TCP ile karşılaştırıldığında daha basit bir iletim protokolüdür. UDP, tek bir bağlantı üzerinden birden fazla uygulamanın aynı anda çalışması için, çoğullama (multiplexing) ve çözme (de-multiplexing) fonksiyonlarını yerine getirir. UDP, verinin belli bir sırada iletilmesini ve akış kontrolünü sağlamaz ancak bir “checksum” algoritması kullanarak iletilen verinin doğru iletilmediğini garanti eder. UDP, mesaj uzunluğu, kaynak IP adresi, hedef IP adresi gibi verileri kullanarak bir “sumcheck” hesaplar ve bu değer kullanılarak, verinin içeriğinin doğruluğu test edilir. TCP’nin güvenilirlik mekanizmaların gerekli olmadığı durumlarda, akış kontrolünün ve hata kontrolünün daha üst katman protokolleri tarafından yapıldığı durumlarda, UDP kullanılır.

4.2.3 Internet Protokolü (IP)

Internet Protokolü, paketlerin yönlendirilmesi için, adres bilgilerini ve bazı kontrol verilerini yöneten bir şebeke katmanı (layer-3) protokolüdür. IP’nin temel olarak iki ana sorumluluğu vardır. Bunlardan ilki, datagramların şebekeler arasında, “en iyi verim” (best-effort) prensibi çerçevesinde, bağlantısız (connectionless) olarak taşınmasıdır. İkinci fonksiyonu ise, birbirinden farklı maksimum iletim ünitesi (Maksimum Transmission Unit ; MTU) kullanan veri linklerinin desteklenmesi için,

datagramların “parçalara ayrılması” ve “tekrar birleştirilmesi” fonksiyonudur. “Best effort” hizmetten kastedilen, iletim bandı kapasitesinin, kullanıcılar arasında adil bir şekilde paylaştırılmasıdır. Ancak IP’de, gönderilen verinin, ne kadarının karşı tarafa iletileceği konusunda bir garanti yoktur. Fakat yeni uygulamalar, IP’de belli bir QoS’ in sağlanmasını zorunlu kılmıştır. Bu konu bölüm 4.5’te daha detaylı tartışılmıştır.

4.3 ADSL üzerinden ATM

ATM, ses (voice), görüntü (video) ve veri (data) gibi çeşitli türden trafiklerin, belli bir QoS seviyesinde, entegre olarak iletilmesini sağlayan güçlü bir iletim teknolojisidir. Diğer yandan ADSL, mevcut bakır şebekeyi kullanarak, küçük ofis ve ev kullanıcılarına, yüksek hızda veri erişimi sağlayan bir teknolojidir. ATM ve ADSL’in birlikte kullanılmasının amacı, ev ve küçük ofis kullanıcılarına uçtan-uca yüksek hızlı bir veri iletim bağlantısının sağlanmasıdır. ATM, genişbandlı şebekelere erişim için kullanılan bir erişim ve omurga (backbone) şebeke olmasından dolayı, “ADSL üzerinden ATM” sayesinde kullanıcıların, bakır şebeke üzerinden genişbandlı şebekelere erişimi sağlanır..

ATM’in ADSL erişim şebekesi üzerinden bir “ikinci katman protokolu” olarak kullanılmasının çok önemli avantajları vardır [10,11]. Bunlar;

- **Protokol saydamlılığı (Transparency):** Şebeke, üçüncü katman olan şebeke katmanında kullanılan protokolden (IP, IPX ect) bağımsız olacaktır.
- **Birden fazla QoS sınıfının desteklenmesi:** ATM, şebeke operatörüne, farklı hizmet sınıflarında kullanıcıların tanımlanmasını ve kullanıcılara bu hizmet sınıflarına göre, şebeke kaynaklarının tahsisini sağlar. ATM’de sabit uzunluklu veri hücrelerinin kullanılması, iletimde belli bir limit değerin altında gecikmenin garanti edilmesine olanak tanır.
- **İletim bandının paylaşımı:** ATM’deki iletim bandının dinamik olarak kontrolü ADSL teknolojilerin hız-adaptif olma özelliği ile örtüşmektedir. Böylece bakır kablunun optimum olarak kullanılması sağlanır.

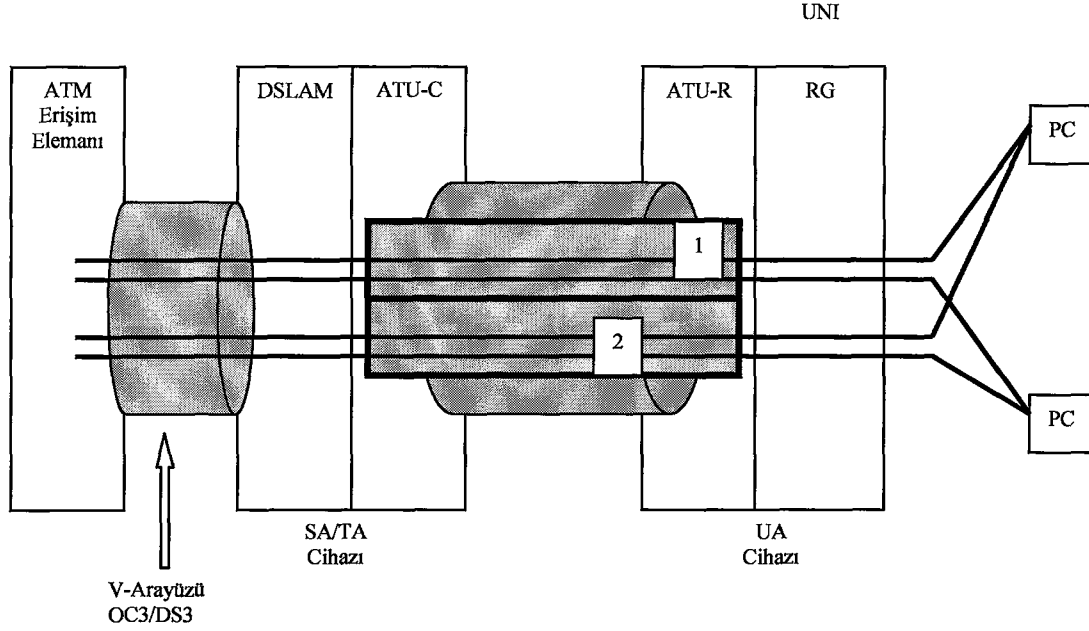
- **Diğer DSL teknolojilerine adaptasyon:** ATM'in bir fiziksel katman bağımsız protokol olması, ATM'in VDSL gibi diğer DSL teknolojileri ile birlikte çalışmasına olanak tanır.
- **Şebeke yönetiminin kolaylığı:** Şebeke yönetimi açısından, kullanıcı erişim şebekesinde ATM'in kullanılmasının önemli bir avantajı vardır. ATM'in bağlantı temelli bir iletim teknolojisi olması özelliğinden dolayı, güvenlik, bakım ve ücretlendirme açısından büyük kolaylıklar sağlar.

4.3.1 ADSL Üzerinden ATM Erişim Şebekesi Yapısı

ADSL üzerinden ATM için temel prensip, birleştirilmiş veri hizmetleri için, kullanılan erişim şebekesine (User Access; UA) ATM'in adapte edilmesidir. Bununla birlikte POTS, ISDN, analog TV gibi mevcut arabirimlerin korunması gereklidir[10]. Diğer bir deyişle, UA cihazın (ADSL modem), bölgesel geçit (gateway) birimine (Residential Gateway; RG) bir ATM arayüzünün olmasıdır. RG ünitesi, etkileşimli ve etkileşimli olmayan uygulamalardan gelen birçok veriyi, tek bir veri kanalına çoğullamanın yanında, hizmet düğümü tarafından aktarılan kontrol düzlemi fonksiyonlarını kotarır.

Şekil 4.9' da, erişim şebekesindeki, ADSL üzerinden ATM iletim şebekesinin yapısı verilmiştir.

Erişim şebekesinin diğer ucunda, ATU-C ve DSLAM'dan oluşan Hizmet Erişim (Service Access; SA) ve Transport Erişimi (Transport Access; TA) cihazları bulunur. Bu cihazlar ATM omurga şebekeye erişim için kullanılır. Bu sayede, uçtan uca bir QoS yöntemi için, ATM'in bütün protokoller ve bütün platformlar için ortak bir katman olması sağlanmış olur.



Şekil 4.9 ADSL Üzerinden ATM İletim Şebekesi

Tipik bir ADSL üzerinden ATM sisteminde, asenkron çoğullama (multiplexing) yapan ve çerçeve temelli taşıma tekniğini kullanan iki ayrı iletim yolu söz konusudur. Bu kanallar, “dönüşümlü” (interleaved) ve “hızlı” (fast) kanallardır. Hızlı kanallar, daha kısa süreli iletim gecikmesini gerektiren gerçek zamanlı, etkileşimli uygulamalar içindir. Dönüşümlü yol ise, iletim gecikmesinin önemli olmadığı ancak daha hassas bit hata oranı gerektiren ve gerçek zamanlı olmayan uygulamalar içindir.

4.4 ATM Üzerinden TCP/IP

Günümüzde Internet (TCP/IP) “best effort” hizmet prensibine göre çalışmaktadır. Ancak bu yöntem, gerçek zamanlı ve etkileşimli görüntü (video) gibi uygulamalar için yeterli olmamaktadır. Birden fazla hizmet sınıfı sunması ve zengin trafik yönetim fonksiyonları sayesinde, ATM, belli bir hizmet kalitesinin garanti edilmesini gerektiren uygulamalar için önemli bir rol oynar. Ancak ATM seviyesinde, belli bir QoS sağlamak, uçtan uca iletimde aynı QoS kalitesini garanti etmez. Bu problem, çeşitli ATM QoS sağlama yöntemleri ile, TCP/IP gibi daha üst katman protokollerinin, birlikte kullanılmasının zorluklarından kaynaklanır. IP’nin ATM üzerinden iletilmesi durumunda ATM, IP seviyesinden gelen paketler için bir ayırım

yapmadığından, birden çok ATM bağlantılarından gelen farklı türdeki trafikler tek bir ATM sanal kanal üzerinde çoğullanır.

TCP, link katmanındaki protokolü bilmediği için, kendisinin kullandığı kontrol mekanizmalarını, ikinci katmandaki protokole göre adapte edemez. Örneğin TCP, ATM’ de kullanılan, ABR kaynak yönetimine cevap veremez. Böyle bir durumda ATM seviyesinde sağlanan QoS , TCP seviyesinde kaybedilebilir. Bunun yanında TCP’de kullanılan kontrol mekanizmaları, ATM seviyesinde bir anlam taşımaz. Yapılan araştırmalar, ATM üzerinden TCP için, TCP pencere boyutu, buffer boyutu ve TCP paket boyutunun, toplam şebeke verimi üzerinde ciddi olumsuz etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca TCP ve ATM’ de kullanılan geribesleme mekanizmaları, buffer yönetimi konusunda ciddi problemler doğurur [12].

4.5 IP’de QoS Sağlanması : Intserv ve Diffserv

QoS, kullanıcı açısından bakıldığında, kullanıcının ne tip uygulamaları destekleyen ve hangi hızlarda bir hizmete sahip olmasını belirler. Şebeke operatörü açısından bakıldığında, şebeke kaynaklarının optimum bir şekilde kullanılarak, farklı tip trafiklerin desteklenmesi QoS’i belirler. Alternatif olarak, QoS, uçtan uca gecikme, gecikme varyasyonu, paket kayıp oranı ve iletim hızı gibi çeşitli parametrelerden oluşan bir matris gibi düşünülebilir.

Son yıllarda, Internet üzerinden, daha yüksek iletim bandı tahsisi isteyen uygulamaların gelişmeye başlamıştır. Optik fiber, XDSL ve kablo modem gibi transmisyon teknolojileri şebekelerin daha yüksek hızlar sunmasına yardımcı olmuştur. Ancak, şebekelerde yığılma olması durumlarında, istenilen bir QoS kalitesinin sağlanması hala günümüz şebekelerinin sorunudur.

4.5.1 QoS Açısından Trafik Modelleri

Kullanıcılara, istenilen QoS’ i sağlamak için, iki ayrı tip trafik modeli önerilmiştir.

İlk trafik modeli “tahsis edilmiş band genişliği” (Reservation based) olarak bilinen trafik modelidir. Bu modelde, şebeke kaynakları belli tip trafikler arasında paylaşılır. Bu durumda, iletim yolundaki tüm birimler gelen veriyi, trafik tipine

göre ayırır ve aynı tipten trafiği, daha önceden tahsis edilen kaynakları kullanarak iletir. Bunun için, genel olarak dinamik kaynak tahsis etme protokolü kullanılır [13].

İkinci yöntemde ise, her bir trafik tipi için belli kaynaklar tahsis edilmez, ancak her bir trafik tipi için öncelik derecesi belirlenir.

Bu iki tip trafik modelleme mekanizmasına bağlı olarak, IETF (Internet Engineering Task Force), istenilen bir QoS sağlamak için iki metod önerilmiştir. Bunlar “Birleştirilmiş Hizmet Yapısı” (Integrated Service Architecture; IntServ) ve “Ayrılmış Hizmet Yapısı” (Differentiated Service Architecture; DiffServ)’ dir.

4.5.2 IntServ

Bu trafik modelleme mekanizmasında, “en iyi verim” (best effort) ile gerçek zamanlı hizmetler birleştirilmiş ve iletim bandının tahsisi yapılmıştır. IntServ kullanılması durumunda, yönleticiler (router), istenilen QoS’i sağlamak için, belli kullanıcılardan gelen veri için band tahsisi yapabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Bunun için IETF tarafından Kaynak Tahsisi Protokolü (Resource Reservation Protocol; RRVP) tanımlanmıştır. Bu protokol, IP temelli uygulamalara, belli bir QoS isteği yapma olanağı tanır. Bu durumda, bağlantı kurulma aşamasında, QoS isteği, path üzerindeki yönleticilere, layer-3 seviyesinde aktarılır.

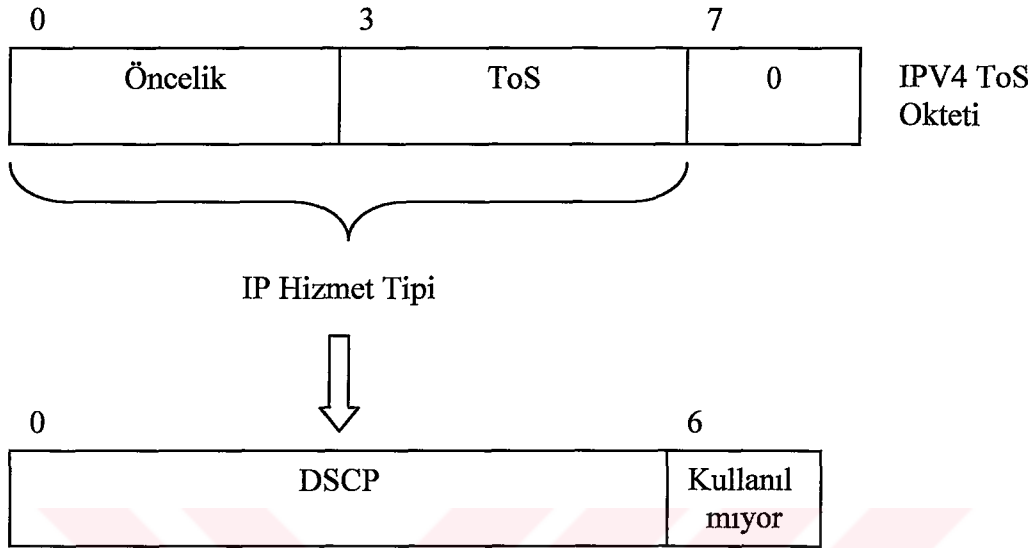
Ancak, RSVP “alıcı taraf” (receiver) temelli bir protokoldür. Yani veriyi alacak olacak birim, bağlantı kurulma aşamasında, belli bir QoS talep eder. Bu durumda, alıcı kısmın kotarabileceğinden daha fazla veri gönderilmesi engellenir.

Ancak RSVP’nin en önemli dezavantajı, iletim yolu üzerindeki tüm yönleticilerde, istenilen iletim bandının tahsis edilmesini gerektirir. Aynı anda binlerce trafik akışını kontrol eden yönleticiler için böyle bir mekanizma imkansızdır. Bu yüzden RSVP ancak özel şebekelerde kullanılabilir [14].

4.5.3 DiffServ

Bu trafik modelinde, verinin tipine göre sınıflandırılmasından çok, öncelik bilgisine bakılarak davranılması söz konusudur. Gelen trafik, IPv4 başlık bilgisinde bulunan, hizmet tipi (type of service; ToS) ve öncelik gösteren alanlarına bakılarak,

yönlendirilir. Örneğin, yüksek önceliğe sahip trafik, yönleticilerde, yüksek öncelikli kuyruklara konur ve düşük öncelikli paketlerden daha önce gönderilir. DiffServ, ToS ve öncelik alanındaki ilk 6 biti “DiffServ Codepoint” (DSCP) alanı olarak tanımlanmıştır. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10 DiffServ’de IPv4 ToS ve Öncelik Alanının DSCP Olarak Kullanılması

DiffServ şebekeye trafik gönderen, host yada yönleticiler, göndermiş oldukları paketler belli DSCP değerleri ile markalar. DiffServ şebekedeki yönleticiler, bu DSCP değerlerini kullanarak, gelen trafiği sınıflandırır ve farklı kuyruklara yerleştirir. Aynı QoS gerektiren, farklı kaynaklardan gelen trafikler, benzer DSCP değeri ile markalanır. Böylece aynı DSCP’ ye sahip trafikler aynı kuyruğa konur.

DiffServ ile IntServ, karşılaştırılırsa, IntServ kullanıldığı zaman, her bir veri akışı için trafik kotarma söz konusudur. Yani gelen her trafik için farklı davranılmasını gerektirir. Ancak DiffServ durumunda, aynı tipten trafikler toplanır ve bunların hepsi için tek bir işlem yapılır. Bu durumda yönleticilerde, yapılacak işlem sayısı daha azdır.

DiffServ ve IntServ birlikte kullanılmak istenirse, IntServ daha çok uç şebekelerde, DiffServ ise ana çekirdek şebekelerde kullanılır [15,13].

4.6 Uçtan Uca Protokol (Point-to-Point Protokol; PPP)

Veri şebekelerinde meydana gelen patlama ile birlikte, çeşitli kurumlar ve organizasyonlar, birçok sayıda layer-3 (network layer) protokolu geliştirmiştir (IP, IPX, Apple Talk etc.). Geliştirilen bu protokollerle birlikte, birbiriyle veri alışverişinde bulunan makinalar, birbirlerinin hangi şebeke katmanı protokolünü kullandığını bilmeleri gerekmiştir. Bazı durumlarda, iki birimi arasında bir bağlantı kurulması aşamasında, kullanılacak seçeneklerin sorgulanması istenir. Ancak ortak bir network katmanı protokolünün olmamasından dolayı, bu tip sorgulamalar yapılamaz. Bu durumda, band kapasitesi, IP adres alanı gibi şebeke kaynaklarının gereksiz yere harcanması söz konusudur. PPP geliştirilmesi, bu iki problemi çözmüştür [7].

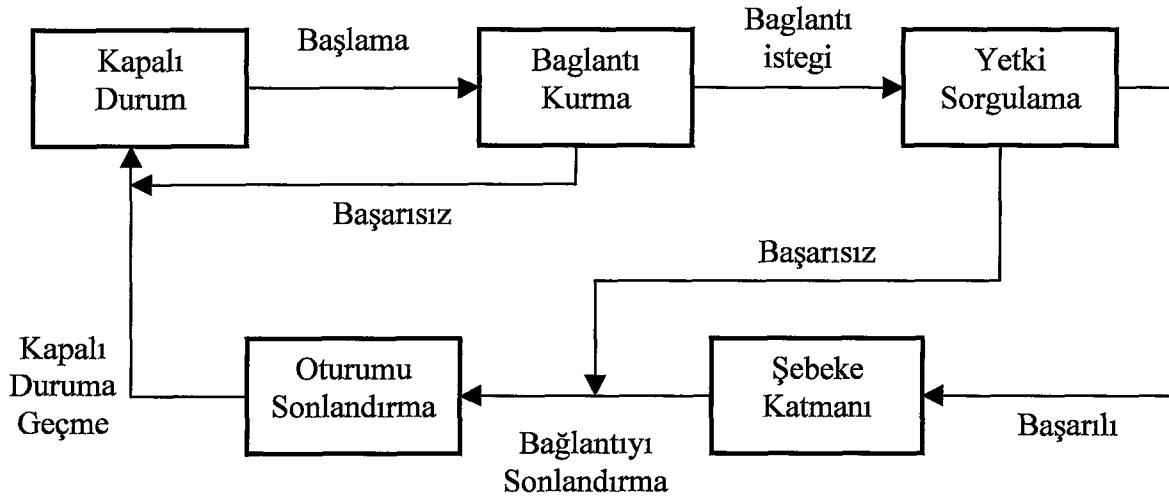
PPP, layer-3 protokolünü zarflamanın yanında, geniş bir platformda ortak çalışma imkanı sağlar. Günümüzde, PPP, çok protokollü datagramların zarflanması ve bu datagramların seri bir haberleşme linkinden gönderilmesi sağlar.

4.6.1 PPP İşlemi

PPP işlemi, Şekil 4.11' de gösterildiği gibi, üç ana kademede gerçekleşir [16].

- **Bağlantı Kontrol Protokolü Fazı (Link Control Protocol (LCP) Phase):** Başlangıç durumunda, LCP fiziksel bağlantının hazır olup olmadığını kontrol eder. Bağlantının hazır olması durumunda, konfigrasyon paketleri kullanılarak terminal ile ana bilgisayar arasında bağlantı kurulur. Bunun yanında maksimum paket uzunluğu, sıkıştırma kullanımı, yetki verme protokolü gibi birçok parametre, bağlantı kurma aşamasında sorgulanır.

LCP aynı zamanda, belli bir anda bağlantıyı çözmek için de kullanılır. Bağlantının sonlandırılması, taşıyıcının kaybolması, yetkilendirmenin başarısız olması, bağlantı kalitesinin kaybolması gibi sebeplerden olabilir. PPP bağlantıyı kestiği zaman bu konuda şebeke katmanı protokolüne, uygun işlemlerin yapılması için bilgi verir.



Şekil 4.11 PPP İşlemine İlişkin Durum Diyagramı

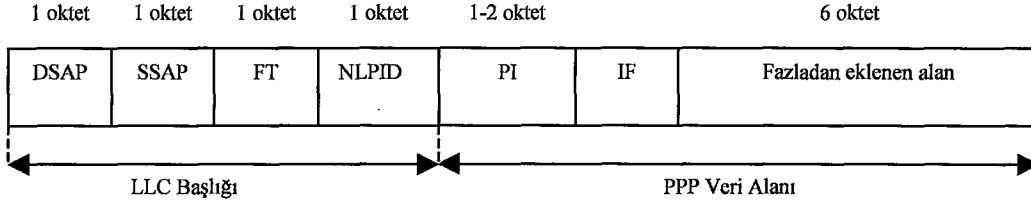
- Yetki Verme Protokolü Fazı (Authentication Protocol Phase):** Yetki verme işleminin zorunlu olmamasına rağmen, şebeke katmanı protokollerinin aralarında paket iletimine başlamadan önce, bağlantı kurma aşamında, ana bilgisayara yetki sorgulama imkanının sağlanması için bu protokol kullanılır. Ana bilgisayar, yetkilendirme talebinde bulunduğu zaman, bağlantı kurma aşamasında kullanıcı makineye bu durum bildirilir. Ancak yetki sorgulama işmei, bağlantı kalitesinin sorgulanması aşamasından belli bir süre sonra yapılamadığın, bağlantı kalitesinin sorgulanması ve yetki sorgulama birlikte yapılır. Yetki sorgulama için Şifre Yetkilendirme Protokolü (Password Authentication Protocol; PAP), Parola-sorma El-sıkışma Yetkilendirme Protokolü (Challenge-Handshake Authentication Protocol; CHAP) kullanılabilir.
- Şebeke Katmanı Kontrol Protokol Fazı (Network Layer Control Protocol Phase; NCP Phase):** PPP ilk fazları tamamladıktan sonra, yani bağlantı kurulması ve yetkilendirme fazlarından sonra, her iki taraftaki şebeke katmanı protokolü, uygun şebeke şebeke kontrol protokolü (Network Control Protocol; NCP) tarafından konfigrasyonu yapılır. Her bir NCP herhangi bir anda açılabilir veya kapatılabilir [17].

4.6.2 ATM Üzerinden PPP

“ATM üzerinden PPP” yapısı, DSL teknolojilerinin kullanıldığı uzak erişim sistemler için bir endüstri standardı olarak kabul edilmiştir. Bu yapının arkasındaki temel düşünce, en başta, kullanıcı cihazı ile hizmet sağlayan şebeke arasında bir ATM Katmanı bağlantısı kurulduktan sonra, şebeke katmanı seviyesinde, oturumun başlaması ve sonlandırılması PPP kullanılarak yapılmasıdır. Yetkilendirme, üçüncü katmanın otomatik konfigrasyonu (IP adresinin tahsisi, domain isminin otomatik konfigrasyonu gibi), çoklu layer-3 protokolünün desteklenmesi, sıkıştırma ve kısaltma gibi PPP fonksiyonları kullanılır, veri bu işlemlerden sonra ATM katmanına gönderilir [11].

PPP’ nin ATM Adaptasyon Katmanı-5 (AAL5) üzerinden kullanımı için iki adet zarflama yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemler, “Mantıksal Bağlantı Kontrolü” (Lojik Link Control; LLC) zarflaması ve “Sanal Devre Çoğullamalı PPP” (Virtual Circuit Multiplexed PPP) yöntemleridir. ATM üzerinden PPP kullanılmasındaki temel düşünce, AAL5 çerçeveleme tekniğinin PPP için kullanılmasıdır [18].

- **Mantıksal Bağlantı Kontrolü Zarflaması:** LLC ile zarflanmış PPP çerçeve formatı Şekil 4.12’ de verilmiştir. LLC başlığı, “Hedef Hizmet Erişim Noktası” (Destination Service Access Point; DSAP), “Kaynak Hizmet Erişim Noktası” (Source Service Access Point; SSAP) ve “Çerçeve Tipi” (Frame Type; FT) için birer oktet içerir. Bu kısımlardan sonra, “Şebeke Katmanı Protokol Tanıtıcısı” (Network Layer Protocol Identifier; NLPID) için bir oktetlik olan vardır. IP paketlerinin iletimi için, “PPP Protokol Tanıtıcısı” (PPP Protokol Identifier; PI) için bir yada iki oktet ayrılmıştır. IP datagramları “PPP veri alanına” (PPP Information Field; IF) yerleştirilir. Bazen belli bir PPP bağlantısı için, “maksimum alıcı ünitesi” (maksimum receive unit; MRU) sorgulanabilir. Bunun için, başlığa altı oktet daha eklenir.



Şekil 4.12 LLC Zarflamalı PPP Çerçeve Formatı

- **VC Çoğullamalı PPP (VC-Multiplexed PPP):** Bu yöntemde, Şekil 4.12' de verilen çerçeve formatında, sadece PPP veri alanının yerine, ortak kısım dönüşüm alt-katmanı (Common Part Convergence Sub-Layer ; CPCS) paket veri ünitesi (Packet Data Unit; PDU) yerleştirilir. Bu yöntemde ATM bağlantısı üzerinde sadece tek bir protokol taşınır ve protokol tipi tamamıyla bağlantının kurulması sırasında tanımlanır. Sonuç olarak, paket için ne çoğullama ne de paket tipi alanı gerekli değildir. Bununla beraber zarflanmış pakete bu konu ile ilgili bir örnek eklenebilir. VC çoğullanması direkt uçtan uca ATM bağlantısında kullanılabilir. Bu sayede gerekli alt seviye protokolleri baypas edilir.

Bu iki yöntemden hangisinin kullanılacağı, sistem gereksinimlerine göre belirlenir. VC-çoğullama yöntemi, LLC zarflama yöntemine göre daha az başlık taşımasına karşılık, herbir protokol için ayrı VC sağlar. Diğer yandan LLC Zarflama Yöntemi, aynı VC üzerinden birden fazla protokolün çoğullanmasını sağlar ve bu yüzden önem kazanmıştır. LLC zarflaması ATM üzerinden IP protokollerinde en çok kullanılan zarflama yöntemidir. ITU-T, bu protokolü, ATM üzerinden çoklu protokol iletimi için varsayılan zarflama olarak benimsemiştir.

4.7 İkinci KatmanTünelleme Protokolü (Layer-2 Tunelling Protocol; L2TP)

PPP' nin kullanılması, uçtan uca bir bağlantıda, çoklu protokol paketlerinin, ikinci katman (layer-2) üzerinden taşınmasına olanak tanır. Genel olarak, kullanıcı, bir ADSL modem üzerinden Şebeke Erişim Birimine (Network Access Server; NAS) bir bağlantı kurar ve bunun üzerinden PPP oturumu başlatılır. Böyle biri durumda, hem ikinci katman hem de PPP sonlandırma noktaları aynı cihaz içindedir. Ancak PPP'in Internet dünyasında yaygın olarak kullanılmasından dolayı, PPP

fonksiyonlarının çok bağlantılı ve çoklu şebekeler üzerinde uygulanmasına ihtiyaç vardır. Bu durumda, PPP ve ikinci katman protokolünün farklı cihazlarda olmasını gerektirebilir. Örneğin ikinci katman protokolü lokal yoğunlaştırıcıda (Local Access Concentrator; LAC), PPP ise NAS'ta kullanılabilir. Bu işlemler tünelleme protokolü ile yapılır.

L2TP protokolu, PPP fonksiyonlarının çok-bağlantılı ve çoklu şebekeler üzerine taşınmasını sağlar. L2TP iki ayrı tünelleme protokolünün özelliklerini birleştirir. Bunlar “uçtan uca tünelleme protokolü” (Point-to-Point Tunneling Protocol; PPTP) ve ikinci katman ileri gönderme (Layer-2 Forwarding Protocol; L2TP) protokolleridir. DSL erişim şebekesi için, L2TP, kullanıcıya LAC'a bir ikinci katman gerçekleştirmesini sağlar. Bu LAC genellikle DSLAM'dır. Daha sonra LAC, PPP çerçevelerini, paylaşılmış iletim ortamı üzerinden NAS'a doğru tüneller. NAS, bir çerçeve aktarma şebekesi, ATM omurga (backbone) veya Internet olabilir [7].

DSL şebekesi için tipik bir L2TP konfigrasyonu Şekil 4.13' de verilmiştir. Böyle bir yapıdaki ana birimler şunlardır;

- **L2TP Erişim Yoğunlaştırıcısı (L2TP Access Concentrator; LAC):**

LAC, L2TP tünelin bir tarafında bulunur. Diğer tarafta ise daha sonra tartışılan L2TP şebeke hizmet birimi (L2TP Network Server; LNS) bulunur. LAC, kullanıcı tarafından aldığı paketleri L2TP tünelleme kullanarak LNS'ye aktarır. Uzak birim (kullanıcı tarafı) ile LAC arasında PPP bağlantısı mevcuttur. LAC, LNS'den aldığı paketleri, uzak birime göndermeden önce geri-tünelleme işleminden geçirir.

- **L2TP Şebeke Hizmet Sağlayıcı (L2TP Network Service Provider; LNS):**

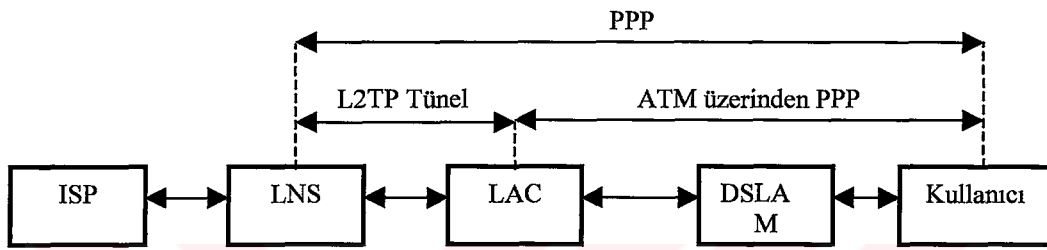
LNS, L2TP tünelin sonlandırma noktası gibi davranır. LNS, LAC tarafından tünellenen PPP oturumunun sonlandırıldığı noktadır.

- **L2TP Tünel:**

L2TP tünel LAC ile LNS arasında kurulur. Bu tünel LAC ile LNS arasında zarflanmış PPP çerçevelerini ve kontrol mesajlarını taşır. Her bir tünel için bir tanımlayıcı (identifier; ID) atanır. Bu değerler sadece tünelin her iki ucundaki birimlerde anlam ifade eder. Diğer bir deyişle, her tünel için, tünelin her iki ucundaki

noktalarda birer tünel numarası atanır ve atanan bu değerler birbirlerinden farklı olabilir. Tek bir L2TP tüneli, birden fazla PPP oturumuna taşımak için kullanılabilir. L2TP tüneli içinden aktarılan bu L2TP oturumlarına da bir kimlik tahsis edilebilir.

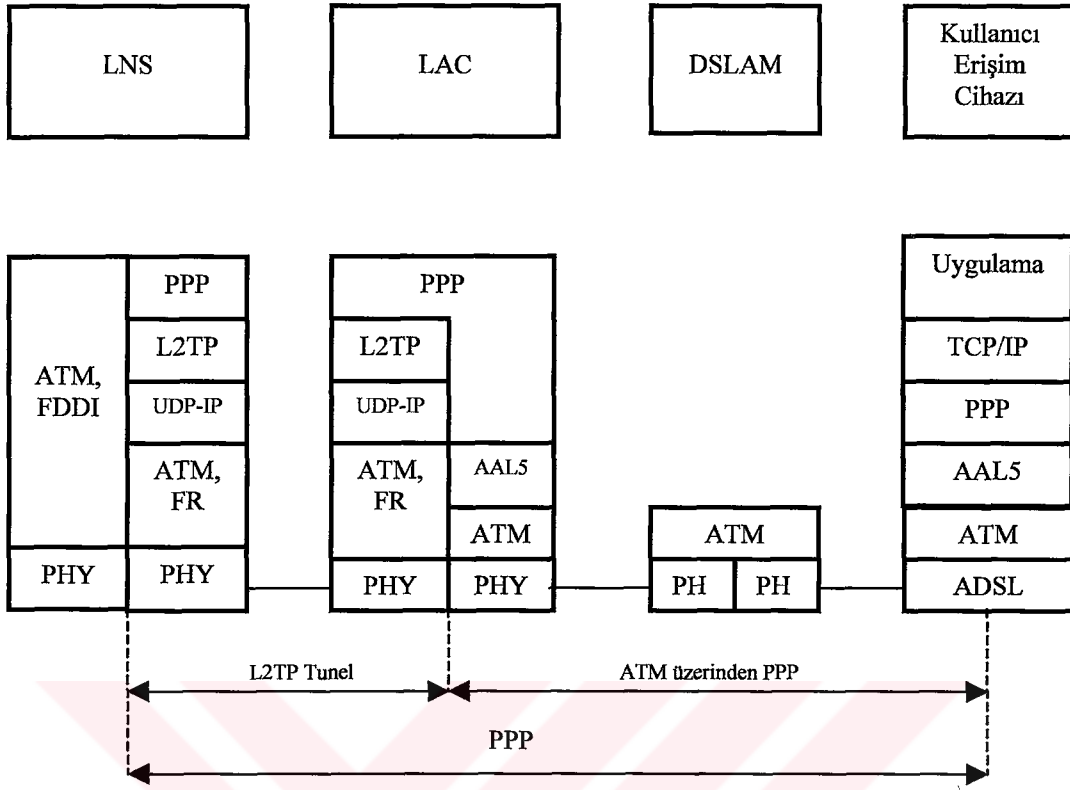
Tünelin iki uç noktası arasında bir haberleşmenin sağlanması için, L2TP, kontrol mesajları ve veri mesajlarını kullanır. Kontrol mesajları bağlantı kurmak için yani L2TP tüneli kurmak ve L2TP tüneli sonlandırmak için kullanılır. Veri mesajları ise, PPP paketlerin L2TP tüneli için zarflamak ve bunları iki uç nokta arasında taşınmak için doğru bir biçimde numaralamak için kullanılır [19].



Şekil 4.13 L2TP Sistem Konfigrasyonu

4.7.1 ADSL Şebekeleri İçin L2TP Erişim Birleştirme Modeli

ADSL şebekeler için önerilen L2TP Erişim Birleştirme Modeli (Access Aggregation Model for ADSL Networks), Şekil 4.14’de verilmiştir [10,20]. Bu model , Şekil 4.12’ de verilen ADSL şebekesine ilişkin protokol yığını (stack) modelidir.



Şekil 4.14 L2TP Erişim Birleştirme Modeli

5. ADSL ÇERÇEVELERİ VE ADSL ŞEBEKELERİ

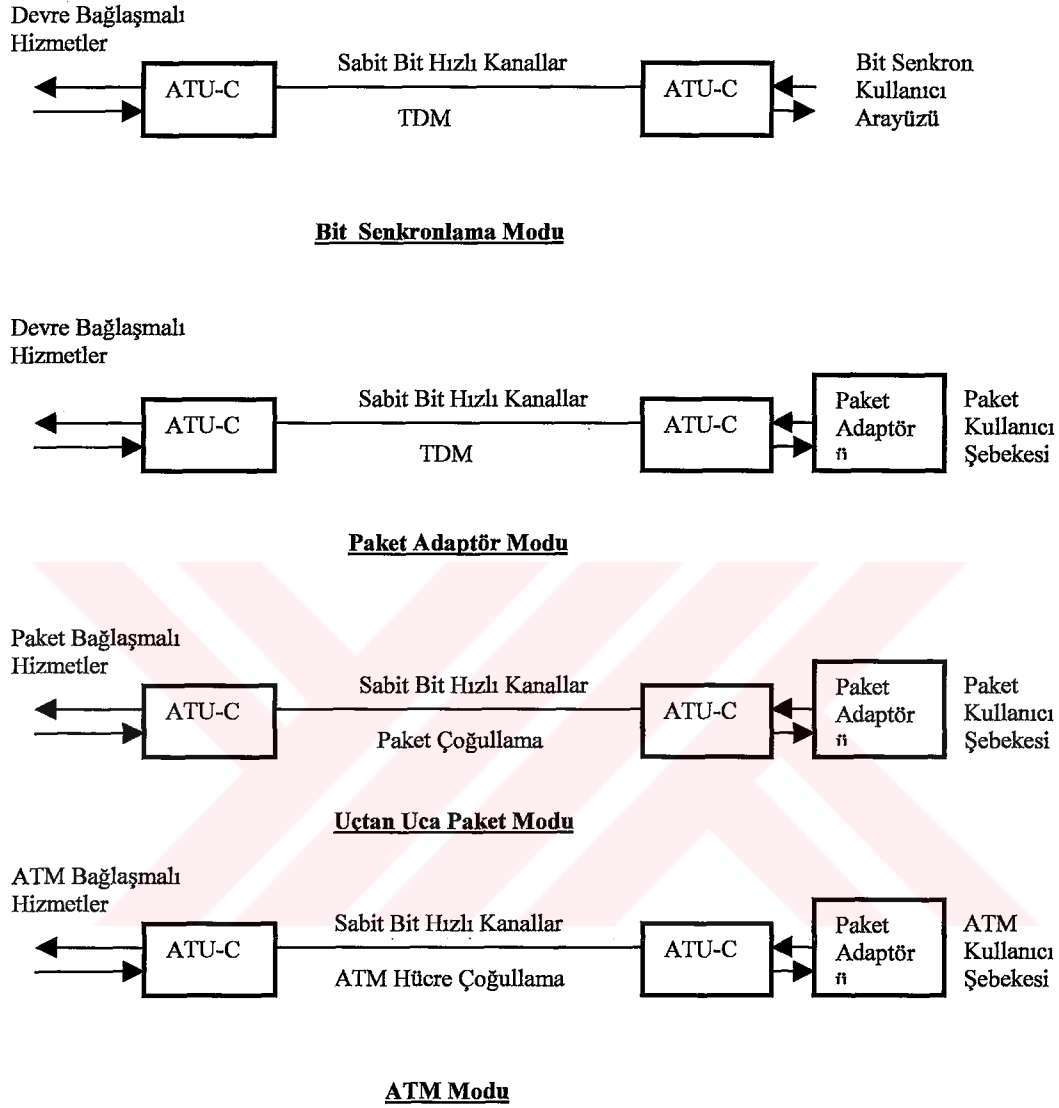
ADSL fiziksel katmanına ilişkin standartlar, üçüncü bölümde verilmiştir. Üçüncü bölümde, verinin, daha doğrusu bitlerin nasıl iletileceği konusu tartışılmıştır. Bu bölümde ise ADSL çerçevelerinin içine daha yakından bakılmaktadır. ADSL bağlantısı üzerinden taşınan bitler, sadece belli bir yapıya oturtulmamış bit dizisi gibidir. ADSL bağlantısı da bitleri taşıyan bir boru gibi düşünülebilir. Ancak bu bitler, ATU-R ve ATU-C tarafında anlamlı hale getirilirler. ADSL bağlantısı açısından bitlerin bir anlamı yoktur ancak, uç noktalarda, kullanılan hizmetin cinsine göre bitler anlam taşımak zorundadırlar.

ADSL süper çerçeve yapısı sayesinde, bitler üzerinde belli bir dereceye kadar organizasyon sağlanmıştır. Bu ADSL süper çerçevesi her 17 ms’de bir gönderilir. ADSL çerçevesi, hem, ancak belli bir gecikmeye izin veren hizmetler için kullanılan hızlı bitleri, hem de web verisi gibi gecikmenin önemli olmadığı hizmetler için kullanılan “dönüşümlü” bitleri içerir.

Bu bölümde ADSL çerçevelerinin içinde ne türden verinin gönderilebileceği üzerinde durulmuştur. ADSL forum ADSL’i içeren dört ayrı yapı sunmuştur. Bunlar “dağıtım modları” olarak adlandırılır. Bu dağıtım modları, verinin ADSL çerçevesinde taşınırken, bitlerin hangi formu aldığını belirler. (Şekil 5.1) En basit dağıtım modu, “Bit Senkronlama Modu” olarak verilmiştir. Bu dağıtım modunda, bağlantının bir ucundaki cihazın bufferında toplanan bitler, karşı tarafa gönderilir ve karşı tarafın bufferında tutulur. Ancak DSL Forum tarafından önerilen standartlara göre, hızlı bitler için kullanılan buffer hızı “dönüşümlü” bitler için kullanılan bufferın 10 katı olmalıdır. Hızlı veri için öngörülen gecikme süresi 2 ms iken, “dönüşümlü” veri için izin verilen gecikme süresi 20 ms olabilir. Buradaki gecikme süresini etkileyen temel faktör, bitler üzerinde hata kontrolünün yapılıp yapılmamasıdır.

ADSL çerçevesinde hızlı veri bufferının kullanılması seçimli, “dönüşümlü” veri bufferının kullanılması zorunludur. Hızlı veri bufferının kullanılmasının temel

nedeni, hizmet biriminden ATU-R' ye doğru bir video verisinin taşınmasını sağlamaktır.



Şekil 5.1 ADSL Dağıtım Modları

- **Bit Senkronlama Modu:**

Bu modda ATU-R tarafında 4 ayrı kullanıcı cihazı, aynı anda çalışabilir. Çünkü bu durumda AS0, AS1, AS2 ve AS3 olmak üzere üç ayrı geri akım taşıma kanalı söz konusudur. Bir kanaldan gelen bütün bitler, bu kanalın ucuna bağlı bulunan cihaza iletilir. En basit formda AS0 kanalı kullanılır ki bu da 1,536 Mb/sn “geri akım” yönünde, 64 Kb/sn “ileri akım” yönünde bir taşıma kapasitesi sunar.

ATU-C tarafında ise kullanıcı tarafından gelen bitler LS kanalı yada C kanalı üzerinden, devre bağlaşmalı hizmet birimlerine iletilir. Bu dağıtım modunda ADSL bağlantısı bit taşıyan bir boru gibidir. Hattın koşullarına göre, sabit bir hızda veri taşınır. ADSL bağlantısı kanallara bölünebilir. Bunun için TDM kullanılmalıdır. ATU-C tarafında DSLAM kullanılması durumunda, bu dağıtım modu için birçok problem söz konusudur. Bu problemler ADSL'in asimetrik yapısından kaynaklanır. Bir iletim şebekesinde ADSL bağlantısı dışında kalan kısımların simetrik olabileceğinden dolayı bütün bir bağlantının optimum kullanılması zordur. Örneğin DSLAM' dan ATU-C' ye doğru 45 Mb/sn hızında çift yönlü bir iletim kanalı mevcut olsun. ADSL bağlantısı üzerinde “ileri akım” kanalının hızı 45 Mb/sn olamaz. Bu durumda DSLAM ile ATU-C arasında, “ileri akım” yönünde gereksiz bir band tahsisi yapılmış olur. Bu yüzden ADSL çerçevesinin içinde taşınan veri yapısının bilinmesi gereklidir.

- **Paket Adaptör Modu:**

Bu moddaki, bit senkronlama moduna göre tek fark kullanıcı tarafındadır. Bu durumda, ATU-R tarafında, veri sadece bit dizisi yerine , paket formunda beklenmektedir. Gelen paketler, paket adaptasyon fonksiyonları ile ADSL çerçevelerine yerleştirilir. Bu modda, paket veri taşıma modunu destekleyen kullanıcı cihazlarıyla bir arabirim oluşturulması beklenmektedir.

Bu modun kullanılmasının en büyük avantajı, kullanıcı tarafında dörtten fazla cihazın kullanılabilmesidir. Kullanıcı tarafından ve hizmet birimi tarafından yollanan birçok paket ADSL bağlantısı üzerinde bulunan aynı LS1 kanalını paylaşır. ATU-R, bu paketleri sabit ADSL kanallarına doğru gönderir, eğer ATU-C'den sonraki erişim doğümü bir IP yönlendirici ise, paketlerin alınması ve gönderilmesi efektif bir şekilde yapılabilir.

Bu dağıtım modunda da, paketler TDM kanalları üzerinden bit dizileri halinde ATU-C'den sonraki cihaza gelir. Çünkü uç noktadaki hizmet birimi hala devre bağlaşmalı bir sistemdir. Bütün paketler ADSL bağlantısı üzerindeki kendi TDM kanallarını kullanırlar ve herbir ADSL kanalı sabit bit hızında bir taşıma sağlar.

- **Uçtan Uca Paket Modu:**

Aslında bu dağıtım modu, paket adaptör modundan tamamen farklı bir yöntem değildir. Her iki dağıtım modu da paket hizmetler için düşünülmüştür. Bu iki mod arasındaki temel fark, uçtan uca paket modunda, paketlerin ADSL kanalları üzerinde çoğullanmasıdır. Çeşitli kullanıcı cihazlarına gelen ve bu cihazlardan çıkan paketler, AS ve LS ile gösterilen ADSL kanallarında sıralanmazlar. Bunun yerine ADSL bağlantısı üzerinden, ileri akım ve geri akım hızında, kanallama yapılmaksızın gönderilirler. Burada kullanıcı cihazları, paket adaptörüne paket gönderir ve paket alır. Bu modda, paketler, paket başlığındaki adrese uygun olarak ilgili hizmet birimine gönderilir. İnternet erişimi için, bu paketler IP paketleridir. Buradaki temel fark, paket bağlama işlemi ADSL şebeke tarafından yapılır. Yani ADSL bağlantısı üzerinden taşınan verinin içeriği bilinmektedir.

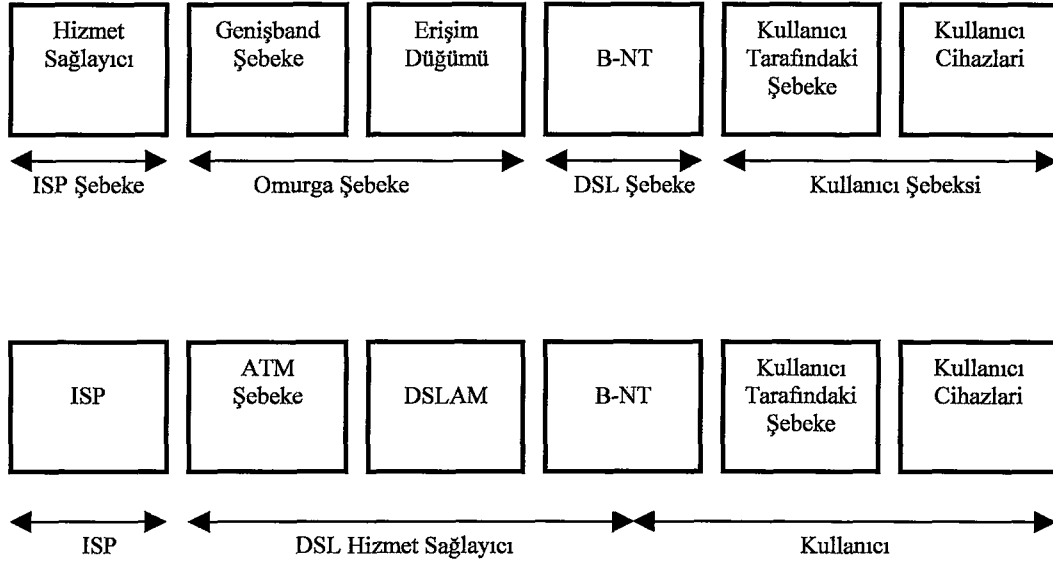
- **Uçtan Uca ATM Modu:**

Bu dağıtım modunda, ATU-R tarafında, IP paketleri yerine ATM hücreleri çoğullanır ve gönderilir. Hizmet birimi tarafında ise, ATU-C, gelen ATM hücrelerini ATM şebekesine aktarır. Burada unutulmaması gereken nokta, bu ATM hücreleri IP paketlerini içerebilir. DSL Forum, IP uçtan uca protokolünün (point-to-point protokol; PPP), ATM üzerinden uygulanması için bu dağıtım modunun kullanılmasına karar vermiştir. Bu dağıtım modunda, ADSL şebeke içerisinde ATM hücrelerinin, ADSL çerçeveleri formunda taşınması söz konusudur.

5.1 ADSL Şebekeleri

ADSL modemler, ATU-C ve ATU-R, ADSL çerçeveleri ve süper çerçeveleri içinde bit gönderirler ve bit alırlar. Bahsedilen dört ADSL dağıtım modu, verinin ADSL bağlantısı üzerinde çeşitli şekillerde taşınmasına ilişkindir. ATM uçtan uca taşıma modunda IP paketlerinin ATM hücreler içinde taşınması söz konusudur. Veri bir şebeke boyunca taşınırken, çeşitli noktalarda verinin taşındığı form değişebilir.

En son geliştirilen ADSL uçtan-uca şebeke yapısında temel olarak altı adet ünite bulunmaktadır. Verilen bu ADSL Şebeke Yapısı, DSL Forum'un Teknik Rapor-25 (TR-025) dökümanında bahsedilmiştir. Bu yapı Şekil 5.2 'de verilmiştir. Bu şeklin üst kısmında referans yapı verilmiş, alt kısmında ise bu referans modele ilişkin uygulamadaki örnekler verilmiştir.

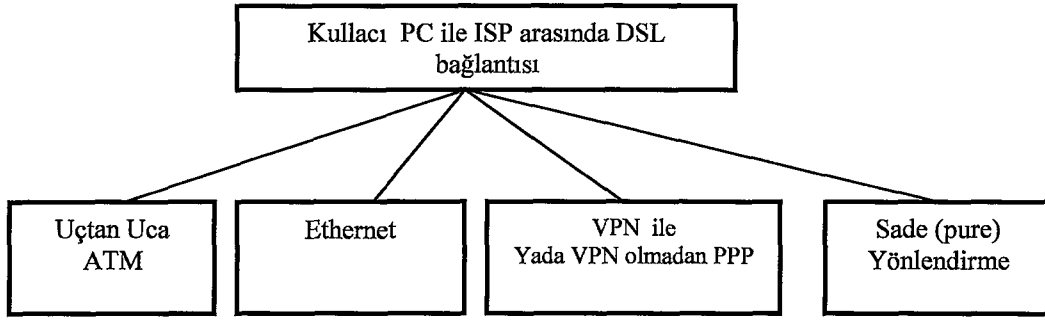


Şekil 5.2 ADSL Referans Yapısı ve Örneği (TR-025)

Şekil 5.2’de verilen referans modeli, dört ayrı kısım halinde düşünülebilir. Bunlar ISP şebeke, omurga şebeke, DSL şebeke ve kullanıcı şebekeleridir. Her bir birim bit, paket yada hücre temelli bir taşıma sağlar. Komşu birimler arasında, verinin formunun değiştirilmesi, bu birimlerin iki ucunda bulunan ekipmanlar tarafından yapılır. Örneğin omurga şebeke bir ATM şebekesi ise, DSLAM ve ISP yönleticinin en az bir tane ATM hücrelerin alabilen ve gönderebilen arabirime sahip olması gerekir. Bu hücrelerin içinde IP paketleri olabilir, ancak bu paketler ATM şebeke tarafından içeriği anlaşılır olmalıdır.

Kullanıcı açısından bakıldığında, DSL modeme giren ve çıkan trafiğin şekli önemlidir. Yoksa DSLAM’a giren ve çıkan verinin türü ve formatı kullanıcıyı ilgilendirmez. Genelde kullanıcı tarafında Ethernet LAN kullanılır. DSLAM ile ISP arasında, IP paketlerini taşıyan ATM şebekesinin olduğu varsayılmıştır. Burada üzerinde durulacak olan konu, Ethernet LAN üzerinden, kullanıcı PC’si ile DSLAM arasında ATM hücrelerinin taşınmasıdır.

Günümüzde kullanılan ADSL şebekelerinde, PC ile DSLAM arasında bir ADSL iletim bağlantısı kurulması için dört ayrı metod bulunmaktadır. Bu dört temel yöntem, Şekil 5.3’ te verilmiştir.



Şekil 5.3 ADSL Üzerinden ISP'ye Bağlantı Yöntemleri

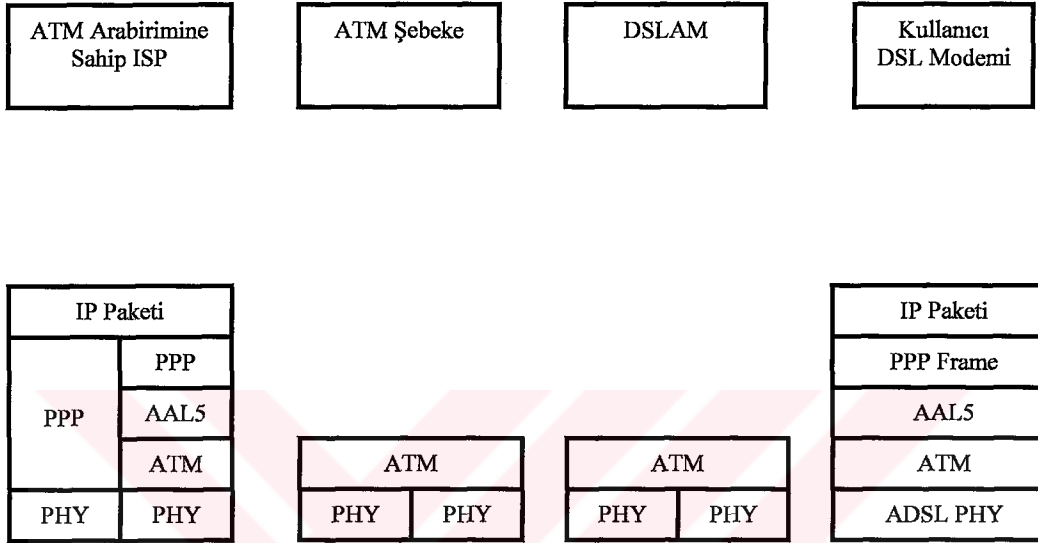
5.1.1 Uçtan Uca ATM (ATM End-to-End)

DSLAM ile ISP arasında, ATM omurga şebekenin kullanılması çok yaygındır. ATM omurga (core) şebeke bir sanal devre şebekesidir. Kullanıcı tarafındaki bütün cihazların ISP'ye bağlantısı için, ATM şebeke ile DSLAM arasında ve ATM şebeke ile ISP arasında tek bir bağlantı yeterlidir. ISP, DSLAM için gereken ATM arabirimi yanında birçok ATM olmayan arabirime sahip olabilir. ATM'de, sanal devreler sanal yol tanıtcısı (Virtual Path Identifier; VPI) ve sanal kanal tanıtcısı (Virtual Channel Identifier; VCI) ile numaralanır. Bu bilgi ATM hücre başlığında taşınır. Örneğin ATM sanal devreleri- 0:37, ISP'yi bir DSLAM'a bağlarken, ATM sanal devreleri 0:92, ISP'yi başka bir DSLAM'a bağlar. Tabiki bu durumda ISP ile ATM şebekesi arasında tek bir fiziksel bağlantı kullanılır. Bu arabirim ATM kullanıcı-şebeke arabirimidir.

Diğer yandan, kullanıcı tarafındaki DSL modemle, DSLAM arasındaki ADSL bağlantısına baktığımızda, durum daha farklıdır. Bu bağlantı üzerinde de ATM hücrelerinin taşınması mümkündür. Ancak DSL modemden sonraki kısımda ATM yoktur. Yani kullanıcı cihazı ile ADSL modem arasında ATM yoktur. Bu yüzden ADSL modem, ATM hücrelerini başka bir veri formatına dönüştürmek zorundadır. Genellikle kullanıcı tarafındaki DSL modem, ATM hücrelerinin içinde taşınan IP paketlerini, Ethernet çerçevesi içinde taşınan IP paketleri haline dönüştürür. Böylece ethernet çerçeveleri, kullanıcı cihazına bağlı olan Ethernet LAN üzerinden taşınır. Kullanıcı cihazında ATM desteği olmadan, uçtan-uca ATM uygulanamaz. Kullanıcı tarafında ATM destekli bir cihaz bulundurmak hem çok pahalı hem de gereksizdir. Çünkü amaç, kullanıcı cihazı ile ISP arasında IP paketlerinin taşınmasıdır. Eğer uçtan uca ATM söz konusu olsaydı, DSL hizmeti sağlayan birimde, şifre ve kullanıcı

ismi sorgulama gibi güvenlik hizmetleri verilemezdi. Çünkü DSL modemle, ISP arasında ATM hücreleri dışında hiçbir şey olmayacaktı.

Böyle bir şebeke kullanışlı olmamakla beraber, bazen saydam (transparent) şebeke faydalı olabilir. Böyle bir şebekeye “Saydam Omurga (core) ATM Şebekesi” denir. Böyle bir şebekeye ilişkin referans modeli Şekil 5.4’te verilmiştir.



Şekil 5.4. Saydam ATM Çekirdek Şebekesi

Şekil 5.4’te kullanıcı modem ile cihazı arası gösterilmemiştir. Kullanıcı tarafındaki modem, Ethernet LAN’dan IP paketlerini alır ve PPP çerçevelerine yerleştirir. PPP, IP paketlerinin taşınması için kullanılan standart protokoldür. PPP çerçevelerine, AAL5 kuralına göre yeni başlık bilgileri eklenerek, ADSL çerçevelerinin ve süper çerçevelerinin içinde ATM hücre dizisi şeklinde gönderilir. DSLAM, gelen bu ATM hücreleri hiç değiştirmeden ATM omurga şebekesi üzerinden IP yönelticiye ATM arabirimini kullanarak geçirir. Gelen bu ATM hücreleri açılır ve IP paketleri PPP formuna dönüştürür. IP yöneltici ile DSL modem arasında, IP paketleri ATM hücrelerinin içinde gönderilir.

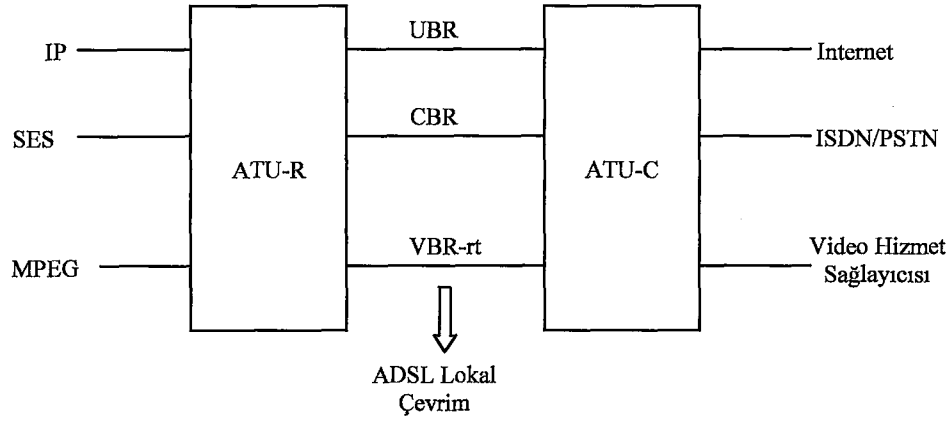
Kullanıcı tarafında bir ayırıcının kullanıldığı ADSL sisteminde, yüksek hızda Internet erişimi için ATM en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. “G. lite” kullanılması durumundaysa, ADSL çerçevelerinin içinde ATM hücrelerinin taşınması zorunludur. Internet için sadece IP paketleri anlamlıdır ve birçok kullanıcı bilgisayarını IP paketi alma ve gönderme yeteneğine sahiptir.

ATM sabit uzunluklu veri hücrelerinin taşınması temeline kurulmuş bir yöntemdir. Bir ATM hücresi 53 oktetir ve bunun 50 oktetini başlık kısmı, geriye kalan 48 oktetini ise veri alanıdır. Diğer yandan, Ethernet için 64 oktet ile 1.518 oktet arasında değişken uzunlukta veri söz konusudur. IP paketleri için de değişken uzunlukta veri miktarları söz konusudur. IP paketlerinin uzunluğu ise 20 oktet ile 65.535 oktet arasında değişebilmektedir.

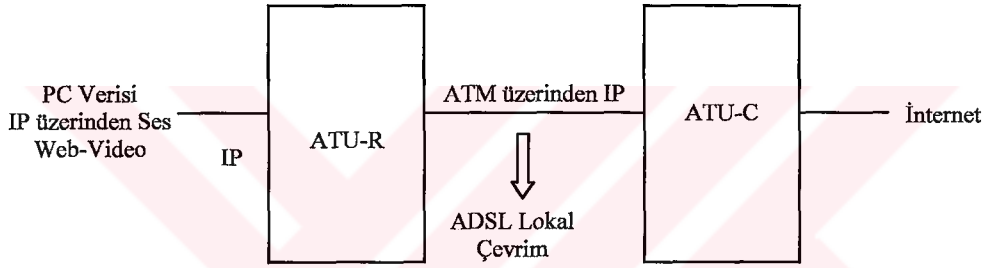
ATM hücresinin büyüklüğünün sabit olmasında iki önemli etken vardır. Bunlardan ilki, şebeke cihazları için verinin daha kolay ve daha hızlı olarak işlenmesidir. Diğer bir etken ise, hem belli bir gecikmeye izin verilen trafik tipi için, hem de belli bir seviyede hata kontrolü gerektiren trafiğin, sınırlı bir band kapasitesi kullanılarak taşınmasıdır. Bu işlem yapılırken de istenilen QoS sağlanmalıdır. ATM’de kullanılan dört temel trafik tipi vardır. Bu trafik tipleri, gecikmeye hassas (delay-sensitive) ve toplam taşıma (bulk-transport) trafik sınıfları olarak iki gruba ayrılır.

ATM’in ADSL için seçilmesinin temel nedeni, farklı QoS gereksinimlerine, sınırlı bir iletim bandında cevap verilebilmesidir. Ancak ADSL bağlantısında ATM kullanılmasının getirdiği temel bir problem vardır. ADSL çoğu zaman IP paketlerini taşır, ancak IP paketleri çoğu zaman veri dışında, ses ve görüntü bilgisi de taşır. Ancak ATM açısından, IP paketleri sadece veri olarak anlam taşır, yani ATM’in IP paketinin içeriği hakkında bilgi sahibi olması gerekir. Ancak bu mümkün değildir. Bu yüzden, ses, görüntü yada veri taşıyan IP paketleri ATM şebekede ayrıdır.

ATM’in ADSL üzerinden taşınmasına ilişkin referans model ve günümüzde kullanılan model Şekil 5.5’te verilmiştir. ATM sayısal formdaki “ses” sinyalini kotasabilir. Bu işlem sabit bit hızında (Constant Bit Rate; CBR) yapılır. ATM şebekesi, MPEG formatındaki veriyi gerçek zamanlı değişken bit hızı (Variable Bit Rate in Real Time; VBR-rt)’ nı kullanarak kotarır. IP paketleri ise ATM Adaptasyon Katman tipi -5 (AAL5) kullanılarak, belirsiz bit hızında (Unspecified Bit Rate; UBR) gerçekleştirilir.



a) ATM'in ADSL ile Birlikte Kullanılması



b) Uygulamada ATM'in ADSL ile Birlikte Kullanılması

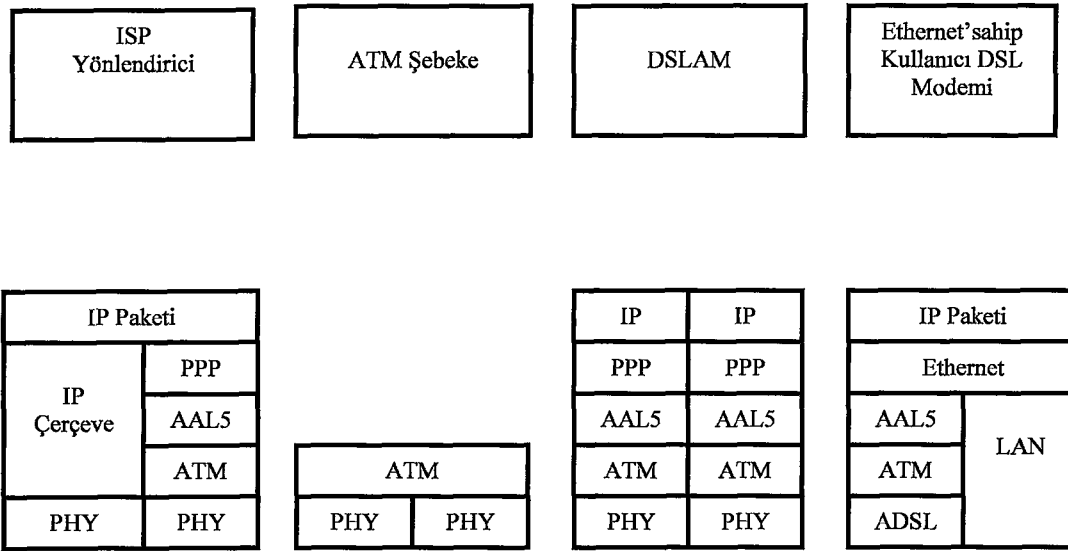
Şekil 5.5 ATM'in ADSL ile Kullanılması

5.1.2 Ethernet Kullanılması

Eğer ATM'in, IP yönleticiyi DSLAM'a bağlayan omurga şebeke bağlantısı dışında, çok fazla bir fonksiyonu yoksa, ATM'in tüm ADSL yapısından çıkartılması düşünülebilir. Çünkü DSL modemler, kullanıcı tarafındaki Ethernet LAN'dan IP paketi alırlar ve IP paketi gönderirler. Eğer ATM, DSL bağlantısı üzerinde kullanılmak zorunda ise IP paketlerini taşımak için PPP yerine ethernet kullanılması mümkündür. DSLAM ile yönleticisi arasında ATM kullanılmalıdır. Çünkü ATM sanal devre bağlantısı kullanmak, bir ağ-şebeke oluşturulması için önemlidir.

Böyle bir yapı sayesinde, DSL bağlantısı üzerinde, bir Ethernet Köprü oluşturulur. (Şekil 5.6) Bu durumda, ADSL çerçeveleri ve süperçerçeveleri PPP içeren ATM hücresi yerine, Ethernet çerçevesi taşıyan ATM hücrelerini taşırlar. Yani kullanıcı ile

DSLAM arasında Ethernet çerçeveleri taşıyan ATM hücrelerinin, ADSL çerçeveleri içinde taşınması söz konusudur.



Şekil 5.6 Bir Ethernet Köprü olarak DSLAM

Bu modeldeki temel fark, DSLAM ile ISP yönlendirici arasında halen PPP ve ATM hücrelerinin kullanılmasına karşılık, kullanıcı tarafında Ethernet çerçevelerine yerleştirilmiş IP paketlerinin kullanılmasıdır. Yani PPP'ye dönüşüm DSLAM tarafında yapılmaktadır. Kullanıcı PC'lerin genelde Ethernet NIC arabirimine sahip olmasından dolayı, bunun anlamı büyüktür. PPP'nin bir WAN protokolü olması, LAN protokolü olmaması, PPP'nin direkt Ethernet LAN üzerinden kullanılmasını zorlaştırır.

ADSL ve Ethernet'in birlikte kullanıldığı yapının da problemi vardır. Bu temel problem "güvenlik" ile ilgili problemdir. Diğer sorun ise, Ethernetin, DSL hizmet sağlayan birime, kullanıcıya ilişkin yetki sorgulama yeteneğini sağlamamasıdır. Ancak ISP için halen bir yetki sorgulama mekanizması çalışmaktadır.

Ethernet çerçeveleri, DSLAM'a gönderildiği zaman, güvenlik konusundaki problem daha önemli olmaktadır. Çünkü bu durumda DSLAM'ın ADSL bağlantısı tarafı, Ethernet köprüsünün bir parçası olmaktadır. Ethernet köprü, IP adresleri kullanır. IP adresler, 32 bittir ve kullanıcı tarafındaki cihazlara tahsis edilir. IP paketleri, paket başlığı içerisinde, hem kaynak adresi, hem de verinin hedef adresini içerir. IP adresinde, bir şebekeyi tanıtan kısım, bir de kullanıcı cihazını adresleyen kısım vardır. 21

bit şebekeyi adresler, 11 bit ise kullanıcı cihazını adresler. Yöneltilci (router) tarafında, IP adresinin içindeki şebekeyi gösteren kısım önemli rol oynar. Yöneltilci, verinin sadece hangi şebekeye gönderileceğini bilir, hangi kullanıcı cihazına gönderileceği konusunda ilgilenmez. Bu durumda, DSLAM, hangi ADSL bağlantısının, hangi IP adrese sahip olduğunu bilmelidir. Diğer tüm yöneltilcilerin, IP adresindeki şebekeyi gösteren kısmını bilmesi yeterlidir. Bu durumda DSLAM, yöneltilci tarafındaki arabirime sadece şebekeyi gösteren IP adresi gönderir (192.168.16.0/21 gibi) Burada sorun, Ethernet çerçevelerinin kullanıcı cihazına doğru köprülenmesi durumunda, çerçevenin tüm kullanıcı cihazlarına gönderilmesidir. Yani DSLAM'a bağlı bütün DSL modemlere aynı bilgi gönderilir. Gerçi DSL modemler, gelen verinin kendilerine ait olup olmadığını seçebilir. Ancak bir DSL modeme gelmesi gereken verinin, başka DSL modemlere de gitmesi güvenlik açısından sakıncalıdır. Buradaki problemin kaynağı Ethernet'in WAN protokolü olmamasıdır. Bu yüzden ethernet üzerinden yetki sorgulama işlemi gerçekleşmez. DSLAM ile DSL modem arasında böyle bir işlemi gerçekleştirmek için çeşitli yöntemler kullanılır. Kablo modemlerde de benzer teknikler kullanılır. Ancak bu yöntemler maliyeti artırır. Bu açıdan DSLAM ile DSL modem ve DSL modem ile kullanıcı bilgisayar arasında PPP' nin desteklendiği yapıların kullanılması şarttır.

5.1.3 Özel Sanal Şebekenin (Virtual Private Network; VPN) Kullanılması

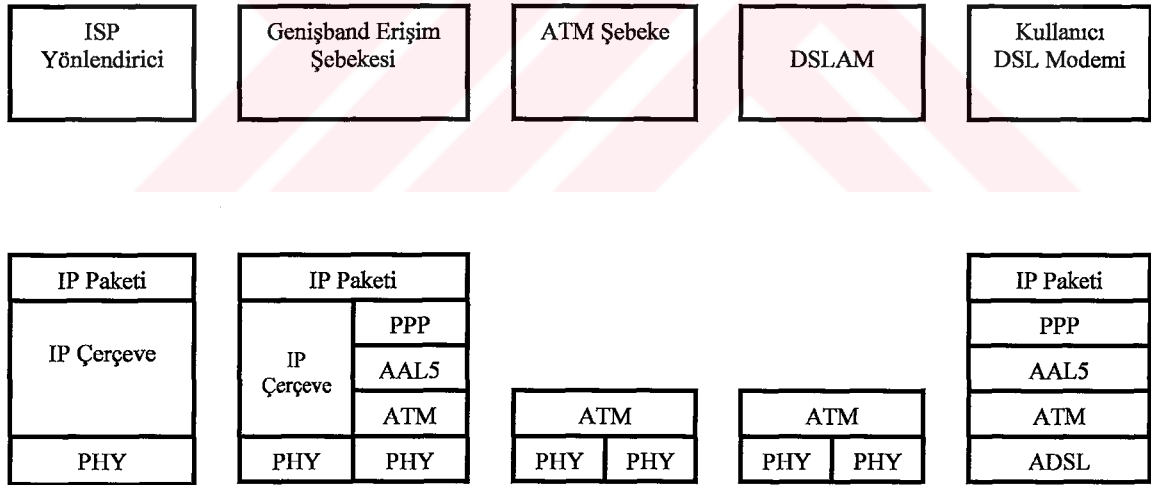
Bir diğer yöntem ise, IP paketlerinin bütün bir ADSL şebekesi boyunca taşınması için, verinin kullanıcı tarafında PPP'ye dönüştürülmesidir. ADSL şebekede, ATM'in birçok birimde kullanılması durumunda, PPP, şebekenin önemli bir parçasıdır. Ethernet ve PPP'nin aynı anda kullanılması zordur. Çünkü her iki protokol direkt olarak IP paketlerini taşımaktadır.

PPP ve Ethernet'in birlikte kullanılması zor ama imkansız değildir. ADSL, bu durum için PPP'nin yeni bir versiyonunu yaratmıştır. Bu versiyon Ethernet üzerinden PPP (PPP over Ethernet; PPPoE)'dir. DSL hizmeti sağlayan birimler arasında PPPoE çok kullanılan bir yöntemdir. Çünkü hem Ethernet'in DSL modem ile PC arasında bir LAN gibi kullanılmasına, hem de PPP çerçevelerinin Ethernet çerçeveleri içinde taşınmasına olanak tanır. Böylece sadece Ethernet kullanılması durumunda ortaya çıkan problemlere de çözüm bulunmuş olur. DSLAM ile ATM omurga şebekenin bulunduğu tarafa bakılırsa, PPPoE kullanılması, DSLAM ve ATM

şebekesi için, IP paketlerini daha görölür hale getirir. Ancak, PPPoE, genellikle ISP yönettici ile DSLAM arasındaki genişbandlı erişim hizmet biriminde kullanılır. Bu durumda genişbandlı erişim hizmet birimi ATM hücreleri içindeki PPP çerçeveleri yanında IP paketlerini de görebilir. Böyle bir ADSL şebeke yapısı Şekil 5.7’ de verilmiştir. Temel olarak, ISP yönettici ile DSLAM arasına genişband erişim hizmet birimi konulmuştur.

ATM ve Ethernet ADSL modeline alternatif olarak şimdiye kadar sadece PPPoE ve genişbandlı erişim hizmet biriminin bulunduğu model verilmiştir. Ancak PPP’nin şebeke içinde kullanılmasıyla, mevcut modele daha fazla özellikler eklenebilir. Buna “sanal özel şebeke” (Virtual Private Network; VPN) denir.

VPN, ADSL açısından önemli bir kavramdır. Çünkü PPPoE kullanılması, DSL hizmet birimine ATM hücrelerinin içeriğini okuma şansı tanır. PPP ve VPN kullanılması, PC ile ISP arasındaki yolda, IP paketlerinin tünellenmesi imkanını verir. Tünelleme işlemi, IP paketlerinin, başka bir formdaki çerçevelere konulmasıdır. Böylece bağlantı üzerinde, IP paketlerinin korunması sağlanır.



Şekil 5.7 Genişbandlı Erişim Hizmet Birimi ile PPP

ADSL’e VPN fonksiyonlarını kazandırmak için bazı yöntemler şunlardır.

- **L2TP veya PPTP** : Katman-2 tünelleme Protokolü (Layer 2 Tunnelling Protocol; L2TP) ve uçtan uca protokol (point-to-point protocol; PPP), PPP çerçeveleri içindeki IP paketlerini alır ve bunları başka bir IP adresine sahip IP paketlerine dönüştürür.

- **IPSec** : Güvenli (secure) IP, IP paketlerinin güvenliğini arttırmak için kullanılan diğer bir yöntemdir. Temel olarak L2TP'ye banzer.
- **MPLS** : Çoklu Protokol Etiket Bağlaşma (Multi-protocol Label Switching; MPLS), ATM şebekenin, sadece IP yöneltmenin yapıldığı bir modelle değiştirilmesi için kullanılır.

5.1.4 ATM'in Kullanılmadığı Yöneltme

ADSL şebeke modelindeki en son yöntem, kullanıcı PC'den ISP'ye kadar yol üzerinde ATM'in tamamen kaldırılmasıdır. Böyle bir sistemde, IP paketleri sadece IP yönelticiler tarafından yönetilir. ATM kullanılmasının şebekeye kazandırdığı sanal devre avantajı, MPLS kullanılarak sağlanır. MPLS gelen IP paketlerini, değişken uzunluktaki PPP çerçevelerine yerleştirir ve bu IP paketlerinin önüne bir etiket ekler. Bu etiket ATM'deki sanal devre tanıtcısı gibidir. Bir bakıma kısaca MPLS yapısı, ATM Omurga Şebekesi'ne benzer.

MPLS yeni bir IP teknolojisidir. ISP yönelticiler ile DSLAM arasındaki ATM bağlaşma elemanının yerini MPLS'nin alması gelecekte mümkün olan bir uygulamadır.

5.1.5 Günümüzde Kullanılan ADSL Şebekesi

Şimdiye kadar incelenen ADSL şebeke modellerine bakarsak;

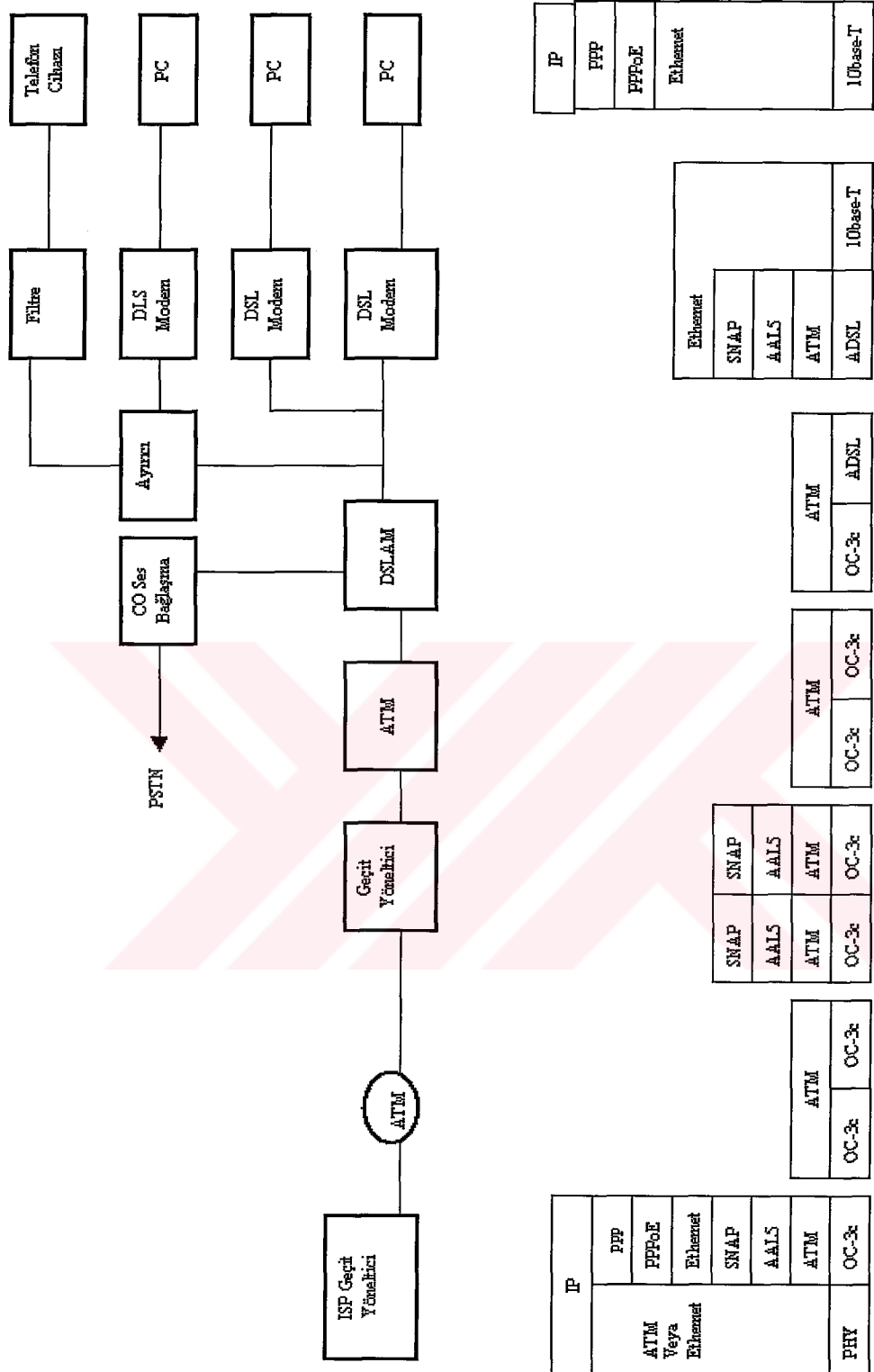
- **Uçtan uca ATM** : Orijinal ADSL yapısıdır ancak kullanıcı tarafında ATM desteklenmesi zor bir iştir.
- **Sadece Ethernet** : Güvenlik açısından yeterli değildir
- **VPN ile PPP** : PPPoE uygulamasıyla gerçekleşir.
- **MPLS** : ATM'in tamamen kaldırıldığı bu yöntem, gelecekte uygulanabilir gözükmemektedir.

Tüm bu şebeke modelleri arasında, DSL hizmet sağlayan birimler tarafından en çok tercih edilen yöntem PPPoE yöntemidir. Böyle bir ADSL şebekesine ilişkin model Şekil 5.8’ de verilmiştir.

Şekil 5.8, günümüz ADSL şebekelerini anlatması açısından önemlidir. Bu şeklin sağ tarafında, ADSL’in kullanıcı kısmı verilmiştir. Bu şekle bakıldığında, kullanıcı tarafında birçok alternatifin olduğu görülür. Birçok PC’nin bağlı bulunduğu bir LAN mümkündür. Bazı DSL modemler, Ethernet hub gibi çok porta sahip olabilir. Kullanılan tüm PC’lerin PPPoE’yi desteklediği varsayılmıştır. Tek PC’ler arabirim olarak 10 Base-T kullanır.

DSL modem, Ethernet çerçevesini alır ve bazı başlıklar ekler. Bu başlıklar mantıksal bağlantı kontrolü (Logical Link Control; LLC) yada Alt-şebeke Erişim Protokolü (Subnetwork Access Protocol; SNAP) olarak adlandırılır. Aynı zamanda ATM adaptasyon katmanı-5 (AAL5) başlığı eklenir. Daha sonra veri ATM hücre dizisi şeklinde ADSL fiziksel katmanı üzerinden gönderilir. DSLAM birçok ADSL bağlantısından gelen trafiği toplar, ATM bağlantısını tanıttıcı numaraları değiştirir ve ATM hücreleri ATM şebekeye gönderir. DSLAM, veri trafiği ile normal telefon servisi için kullanılan trafiği de ayırabilir ancak bu işlem genellikle DSLAM’dan önce yapılır.

Şekilde verilen ATM bağlaşma şebekesi geçit yönelticiye trafik göndermek için 155.52 Mb/sn hızında SONET OC-3c bağlantısı kullanır [5].



Şekil 5.8 PPPoE'in ADSL'de Kullanılması

6. ADSL KULLANILAN GENİŞBANDLI ŞEBEKELERDE PERFORMANS İNCELEMELERİ

ADSL'in içinde bulunduğu genişbandlı şebekler incelendiğinde, ADSL'in kendi yapısından dolayı, şebeke performansını etkileyen, temelde iki adet sorunla karşılaşmıştır. Bunlardan ilki, ADSL bağlantısının iletim kapasitesinin, ortam koşullarına göre zaman içinde değişiminin sebep olduğu olumsuzluklardır. İkinci temel problem ise ADSL'in özünde var olan asimetri özelliğinin, yani her iki yöndeki iletim kapasitelerinin birbirinden farklı olmasının, uçtan uca bir genişbandlı şebeke performansı üzerindeki olumsuz etkileridir. Bu bölümde, bu iki temel problemin çözümüne ilişkin kullanılabilecek iyileştirme teknikleri verilmekle birlikte daha çok ikinci temel problem üzerinde durulmuştur.

6.1 ADSL' de İletim Kapasitesinin Zaman İçinde Değişiminden Kaynaklanan Problemler

ADSL, çeşitli tipteki şebekelere erişim için kullanılan bir fiziksel katman protokolüdür. Verinin asimetrik olarak taşınması, ADSL'in temel özelliğidir. İletim kapasitesi, iletim hattının kalitesine ve hattın uzunluğuna bağlı olarak değişim göstermektedir.

ADSL'in asimetrik olma özelliğini düşündüğümüzde, geri akım yönündeki iletim hızı 1,5 Mp/sn ile 8 Mp/sn arasında değişir. İleri akım yönündeki iletim hızı ise 16 Kp/sn ile 1.1 Mp/sn arasındadır. ADSL sayesinde, normal telefon hatları, genişbandlı şebekeye erişim için kullanılan bir veri yoluna dönüştür.

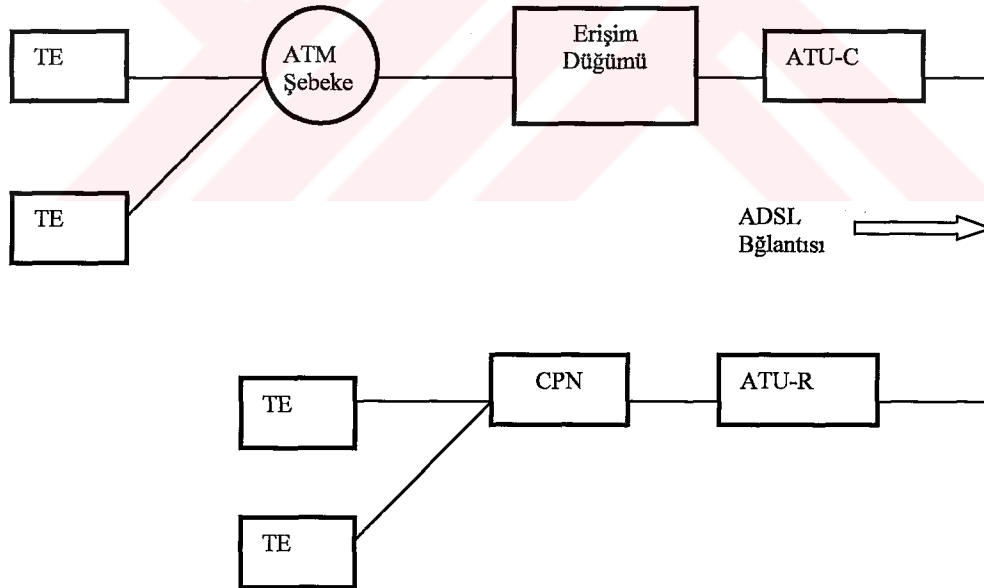
Bu bölümde, ileri akım ve geri akım yöndeki trafiği kontrol etmek için, ATM'de kullanılan Mevcut Bit Hızı (Available Bit Rate; ABR)' nın kontrol edilmesi, IP trafiğinin, "ADSL üzerinden ATM " şeklinde aktarıldığı şebekede, performansın iyileştirilmesi için önerilmiştir. Çeşitli koşullar altında, değişik bağlama algoritmalarının kullanıldığı ABR kontrol mekanizmalarının uygulanabilirliği

tartışılmıştır. ADSL iletim bandındaki değişimleri kotarmak için, Garanti Edilmiş Çerçeve Hızı (Guaranteed Frame Rate; GBR)'nın uygulanabilirliği incelenmiştir.

ABR Kontrol mekanizmasının kullanıldığı durumda, GBR'nın uygulanması geliştirilmiştir. Bu mekanizma, birçok sanal kanalı (virtual channel; VC) yönetebilen "Açık Hız Kontrolü" (Explicit Rate, ER Control) yöntemine dayanmaktadır.

6.1.2 Şebeke Yapısı

İncelemenin yapıldığı şebeke yapısı Şekil 6.1'de verilmiştir. Bu modelde, şebeke tarafındaki ADSL modem ATU-C, kullanıcı tarafında kullanılan ADSL modem ise ATU-R'dir. ADSL'e ilişkin iletim bandı kapasitesi, hattın fiziksel kaşlarına bağlı olarak değişmektedir. Herbir taşıyıcının işaret/gürültü oranı hesaplanarak, ATU-C ve ATU-R herbir taşıyıcıya gönderdikleri bit miktarını düzenler. Her iki birim, yaptıkları bu yeni düzenlemeden birbirlerini haberdar ederler. Bunun sonucu olarak, iletim bandı kapasitesi (yani taşınacak toplam bit sayısı), zaman içerisinde değişim göstermektedir [21].



Şekil 6.1 Şebeke Yapısı

6.1.3 ATM Trafik Kontrolü

6.1.3.1 ABR Kontrol Yöntemi

ABR, şebeke tarafından geribildirim yapılan trafik yoğunluğu bilgisine dayanarak, VC'lara giden ve gelen hücre hızını kontrol eden bir ATM hizmet sınıfıdır. Bu geribildirim bilgisi, özel kontrol hücreleri yardımıyla, verinin geldiği kaynağa iletilir. Bu hücrelere, Kaynak Yönetimi Hücreleri (Resource Management Cells; RM-Cells) denir.

ABR kontrolüne ilişkin model, Şekil 6.2'de gösterilmiştir. Daha detaylı olarak, ADSL bağlantısında, ileri akım yönünde bir değişiklik söz konusu olunca, ATU-R, o andaki band kapasitesini göstermek amacıyla, RM hücrelerinin içine ER'yi yazar. Alternatif olarak, eğer ATU-R tarafında, kuyrukta bekleyen verinin miktarı, daha önceden belirlenen uzunluğu geçerse, ATU-R, RM-hücresi içinde bulunan CI bitini "1" olarak set eder. Bu sayede her bir terminalin ileri akım yönündeki trafiği, o andaki band kapasitesine göre ayarlamasını sağlar. Böylece Mevcut Hücre Hızı (Available Cell Rate; ACR)'nin dengelenmesi sağlanır. Uçtan uca bir ABR kontrol mekanizması oluşturmak için, her iki uçtaki terminallerin, ABR kontrol yöntemine uyumlu olmaları zorunludur.

ATU-ların gerçekleşmesi için iki çeşit bağlaşma elmanı kullanılır. Bunlar "ikili mod bağlaşma" (binary-mode switch) ve "ER-modu bağlaşma" (ER-mode switch)'dir. İkili mod bağlaşma kullanan ABR kontrolü, ABR-Binary, "ER-mod" kullanan ABR kontrolü ile ABR-ER olarak adlandırılır.

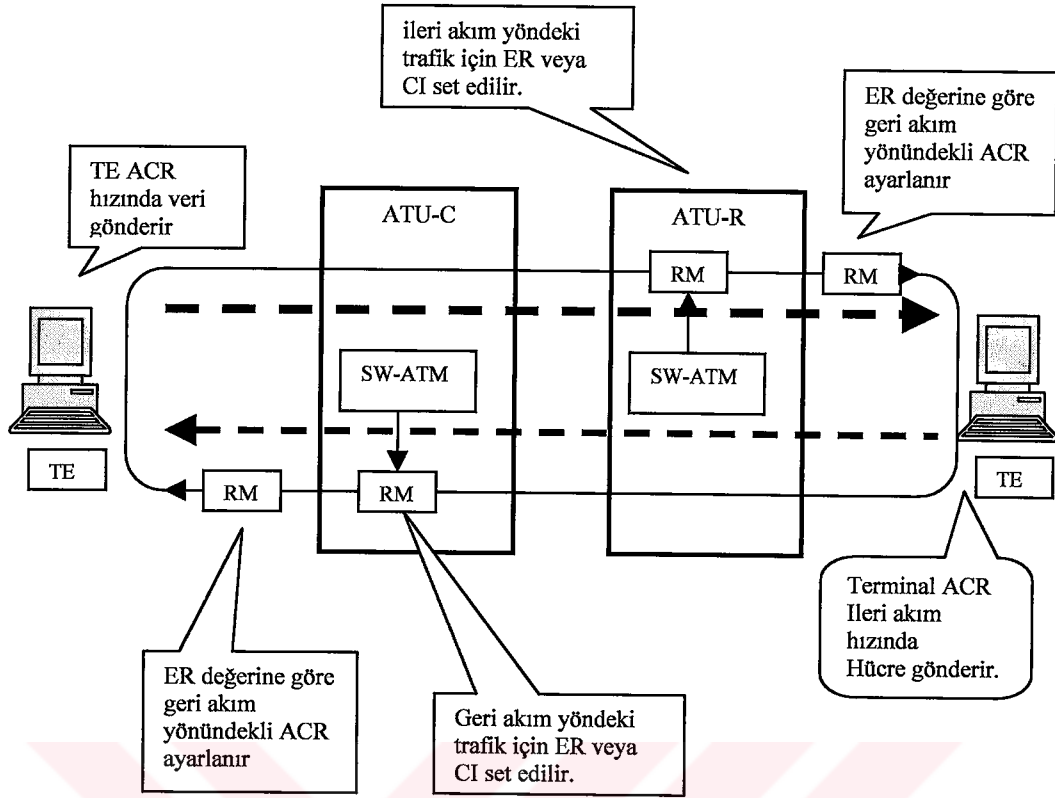
"ABR-Binary" kontrolünde, kaynak terminal cihazı, geri yönde RM hücrelerini aldığı zaman, aşağıdaki eşitlikleri kullanarak ACR'yi update eder.

$$\text{Eğer } CI=1 \text{ ise} \quad ACR=ACR-ACR \cdot RDF$$

$$\text{Eğer } CI=0 \text{ ise} \quad ACR=ACR+PCR \cdot RIF$$

$$ACR=\min[\min(ACR, PCR), ER]$$

$$ACR = \max (ACR, MCR) \quad (6.1)$$



Şekil 6.2 ABR Kontrolü

Tepe Hücre Hızı (Pick Cell Rate; PCR), Minimum Hücre Hızı (Minimum Cell Rate; MCR), Hız Arttırma Faktörü (Rate Increase Factor; RIF), Hız Azaltma Faktörü (Rate Decrease Factor; RDF), bağlantı kurulma aşamasında belirlenen ABR bağlantı parametreleridir.

Diğer yandan ABR-ER kontrolü ise, çeşitli ER kontrol algoritmalarını kullanır. Bunlardan en önemlisi, “Yığılmayı Önlemek için Açık Hız Gösterme” (Explicit Rate Indication for Congestion Avoidance; ERICA+) yöntemidir. ERICA+ algoritması, band kapasitesinde meydana gelen zayıflama ve kapasitenin verimli kullanılmasına ilişkin bir algoritmadır [23].

Bu algoritma, kuyrukta bekleme süresinin, daha önceden hedeflenen bekleme süresine (T_Q) yakın olması için, mevcut kuyruk uzunluğunu ve ölçülen toplam hücre hızını kullanarak ER’yi belirleyen bir algoritmadır. Herbir ölçüm için, ADSL bağlantısı üzerinden gönderilmesi beklenen hücre hızı, ER, aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır.

$$Q_0 = ABR \text{ _ kapasitesi} * T_0$$

$$R_0 = f(T_q) * ABR \text{ _ toplam _ kapasitesi}$$

$$F(t_q) = \max \left\{ QDLF, \frac{a * Q_0}{(a-1) * q + Q_0} \right\}, q > Q_0$$

$$F(t_q) = \frac{b * Q_0}{(b-1) * q + Q_0}$$

$$ER = \max \left\{ \frac{R_0}{m}, \frac{R_0}{(Rate * ACR)} \right\}, 0 \leq q \leq Q_0 \quad (6.2)$$

Bu denklemlerdeki Q_0 , önceden hedeflenen kuyruk uzunluğu, R_0 , hedeflenen hücre hızı, q , mevcut kuyruk uzunluğu, $f(T_q)$, kuyruklama kontrol fonksiyonu, m ise aktif VC sayısını göstermektedir.

6.1.3.2 GFR Trafik Kontrolü

GFR hizmet sınıfı, çerçeve seviyesinde, VC'lara, minimum hücre hızında (Minimum Cell Rate; MCR) bir hizmet sunmak içindir. Ancak kullanıcının MCR'ni üstüne çıkmasına da izin verilir. Yani kullanıcı, her zaman, en az MCR hızında bir iletme sahip olacaktır, bu hızın üstündeki trafik ise, o andaki şebeke kaynaklarının durumuna göre taşınacaktır. ABR'dan farklı olarak, GFR hizmetinde, kullanıcıya şebekedeki trafik yoğunluğu hakkında bir geribildirimde bulunulmaz.

Bu yüzden, ADSL linkinin band kapasitesi düştüğü zaman bile, kullanıcıya garanti edilen hızda hizmetin sağlanması zorunludur. Diğer yandan, şebekenin yoğun olmadığı anlarda, daha yüksek hızlarda hizmet sunulur [8]. Kullanıcıya, en azından MCR hızında bir hizmet vermek için, şebeke, buffer yönetimi ve planlanması gibi bazı yöntemler kullanır.

Bu tekniklerden biri olan “Per-VC-WRR” (Per-VC-Weighted Round Kabin) yöntemi hem buffer yönetimi hem de buffer planlanması tekniğini kullanır. Bu işlem şu şekilde yapılır. VC buffera, çerçevenin ilk hücresi geldiği zaman, eğer buffer kuyruğu, daha önceden belirlenen miktarı geçmişse, bu hücre ve ardından gelen hücreler atılır [8].

Bu sayede, kullanıcıya MCR hızında bir hizmetin sunulması, ADSL iletim kapasitesinin düştüğü durumlarda garanti edilmiş olur.

6.2 TCP ve ADSL : Asimetri Problemi

ADSL'in, yüksek hızlı Internet, multimedya, tele yarışma gibi uygulamalarda kullanılmaya başlamasıyla, "ADSL üzerinden ATM" ve TCP/IP' nin birlikte varlığı çok önem kazanmıştır. TCP/IP' nin asimetrik şebekeler üzerinden kullanıldığı durumda, uçtan uca TCP/IP performansı çok önemli bir noktadır. ADSL gibi asimetrik sistemlerde, iki yönlü iletimde, ileri yöndeki iletim hızı, geri yöndeki hıza göre daha düşük olur [24].

Temel olarak, şebekedeki bu asimetri, TCP gibi, gönderilen her veri için, karşı taraftaki birimden bir ACK bekleyen teknolojiler üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Verinin tek yönlü akışı söz konusu olduğunda, TCP'ye ilişkin ACK'lar, daha düşük hıza sahip olan geri doğru olan linki kullanarak kullanıcıdan hizmet birimine doğru gelir. Bu durumda, geri yöndeki hızın, ileri yöndeki hız üzerinde, yanı TCP verimi üzerinde sınırlayıcı bir özelliği olmaktadır. Eğer geri yönde gelen bu ACK'ların iletiminde bir yavaşlama olursa, kaynak taraf yeni TCP segmenti göndermek için ACK'ları beklediğinden dolayı, ileri yöndeki iletim hızında bir yavaşlama olacaktır. Böylece, ileri yönde yeterli bir iletim kapasitesine sahip olunsu bile, geri yöndeki kapasite, iletilen veri miktarı açısından belirleyici faktör olacaktır. Örneğin, düşük band kapasitesine sahip, ACK iletim yolu, TCP de "yavaş baslama" (slow start) sırasında pencere boyutunun küçük tutulmasına neden olacak ve ileri yöndeki kapasiteden bağımsız olarak iletim hızının yavaşlamasına neden olur.

TCP performansını etkileyen asimetriyi direkt olarak ileri yöndeki kapasitenin, geri yöndeki kapasiteye oranı şeklinde düşünmek yanlıştır. TCP performansını etkileyen asimetri, normalize edilmiş asimetri (k) olarak tanımlanır. Bu asimetri faktörü, her iki yönün kapasitelerini oranının, iki yönde iletilen veri paketi boyutlarının oranının birbirlerine oranı şeklindedir. Yani;

$$k = \frac{\text{İleri yöndeki hız/Geri yöndeki hız}}{\text{İleri yöndeki paket uzunluğu/Geri yöndeki paket uzunluğu}} \quad (6.3)$$

şeklinde hesaplanır.

$k > 1$ olması durumunda, ileri yöndeki iletim kapasitesi, geri yöndeki kapasiteyle sınırlanır ve iletim kapasitesi, ileri yöndeki kapasitenin k parametresine bölümüdür. Örneğin ileri yöndeki, 10 Mp/sn hızındaki kanal 1000 oktet'lik veri paketleri iletildiği ve geri yöndeki 100 Kp/sn'lik kanaldan 40 oktet'lik ACK'ların alındığını düşünelim. Bu durumda normalize edilmiş asimetri faktörü $k=4$ tür ve ileri yönde ancak 2.5 Mp/sn'lik bir iletim bandı efektif olarak kullanılabilir [25].

İki yönlü iletim söz konusu olduğunda asimetri problemi daha kötü bir durum alır. Çünkü bu durumda, geri yöndeki bağlantı kapasitesi hem veri için, hem de ACK'lar kullanılır. Yani kaynak birim tarafından TCP segmentleri için ACK'ların gelmesi daha uzun zaman alır ve iletim daha da yavaşlar.

6.2.1 TCP/IP , ATM ve ADSL

Çıkış verimi ve gecikme gibi sistem performansını belirleyen parametreler üzerinde IP datagramlarının ATM adaptasyon katmanına aktarılmadan önce, PPP zarflaması yapılmasının etkisi vardır. IP datagramların PPP ile zarflanması LLC ile yapılabilir [18].

LLC başlığında, USAP, SSAP ve FT alanları için birer oktet ayrılmıştır. NLPID alanı için 1 oktet, PI için bir yada iki oktet ayrılmış, IP datagramlarında bu çerçevedeki veri alanına (Information Field; IF) yerleştirilir. Bu durumda, PPP zarflama işleminden dolayı, IP datagramına fazladan 6 oktet eklenmiş olur ki bununda TCP performansı üzerinde etkisi vardır. Zaten ADSL'deki asimetriden kaynaklanan ve performansı etkileyen faktörler vardır. Fazladan bir başlık alanın kullanılması performans üzerindeki bu etkiyi daha kötü yapacaktır.

6.2.2 Önerilen Çözümler

Daha önceki bölümde, ADSL'in yapısında bulunan asimetrinin TCP verimindeki etkisi incelenmişti. Burada, ADSL üzerindeki, kullanıcıdan şebekeye doğru olan, geri

yöndeki taşıma kapasitesinin TCP verimini belirleyen temel faktör olduğu belirlenmiştir. ADSL üzerinde, ACK'ların taşındığı ileri akım yönünde meydana gelebilecek bir yığılma, ACK'ların akışını etkileyeceğinden, sistem verimi negatif olarak etkilenecektir. Burada normalize edilmiş asimetri faktörü (k) tanımlanmış ve $k > 1$ olması durumunda, toplam TCP çıkış veriminin, ileri yöndeki iletim kapasitesinin k 'ya bölümü kadar olacağı verilmiştir.

Asimetrik ADSL bağlantısı üzerindeki TCP performansını arttırmak için, geri yöndeki TCP ACK trafiğini düşürmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [25],[26],[27],[28]. Bir ADSL şebekesinde, TCP performansını etkileyen, uçtan uca bağlantı boyunca birçok faktör vardır. Bu çalışmada sadece, ADSL bağlantısının iki ucunda bulunan, iki şebeke elemanı arasındaki TCP performansını etkileyen asimetri üzerinde durulmuştur. Bunun için daha önce yapılan çalışmalarda, “gecikmeli TCP ACK tekniği” (Delayed TCP ACK Technique) ve “TCP/IP başlığının sıkıştırılması yöntemi” (TCP/IP Header Compression) önerilmiştir. Burada önerilen yöntem ise temelde ACK filtreleme tekniğine dayanmaktadır.

- **ACK Atma ve Tekrar Üretme Yöntemi:**

“ACK atma ve tekrar üretme” yöntemi, daha önce önerilen ACK Filtreleme tekniğinin uzantısı olarak düşünülebilir. Aslında bu yöntem, ACK filtreleme yöntemindeki çıkmazları ve problemleri çözmek için önerilmiştir.

ACK Filtreleme Tekniği [25], daha çok geçit (gateway) noktalarında uygulanan bir yöntemdir. Burada, daha düşük hızlı olan ileri akım yönünde taşınan ACK'ların kumulatif olma özelliğinden faydalanılır. Veriyi alan taraftan yeni bir ACK geldiği zaman, veriyi gönderen birim, aynı akış için, kuyrukta bulunan daha önceki ACK'ları tarar. Eğer kuyrukta aynı veri akışına ait eski ACK'lar varsa, bunları kuyruktan siler ve yeni ACK'yı kuyruğun sonuna ekler. Burada amaç kuyrukta diğer ACK'lar ve veri paketleri için fazladan yer açılmasıdır. Aynı zamanda ileri akım yönündeki ACK trafiği de azaltılmış olur. Burada, her bir bağlantı için ayrı bir durum ve kuyruklama söz konusu değildir. Ancak iki yönlü iletim söz konusu olduğunda, ileri akım yönünde ACK'lar ile birlikte veri paketleri de taşınır. Bu durumda, kuyrukta ACK'ların taranması daha zorlaşır. Bunun yanında ACK'ların bir kısmının atılması, ileri akım yönündeki trafiği azaltırken, geri akım yönündeki trafikte patlama

olacaktır. Çünkü “n” tane ACK atıldığı zaman, TCP kaynağı bir tane ACK aldığı anda (n+1) tane paket gönderdiğinden, aldığı her ACK’ye karşılık (n+1) tane paket gönderecek ve geri akım yönünde bir yığılmaya neden olacaktır. Diğer yandan, ACK filtreleme sırasında, çift ACK’lar atılırsa, bu durum, TCP hızlı tekrar iletme-iyileştirme işlemine neden olacaktır. Geri akım yönündeki trafik patlamasını ve yeniden iletim problemini ortadan kaldırmak için, “gönderen adaptasyonu” (sender adaptation) yöntemi önerilmiştir. Ancak bu yöntemin uygulanması, şebekedeki sonlandırıcı elemanda bazı değişimleri gerektirdiğinden uygulanması zor bir yöntemdir.

Burada tanımlanan “ACK atma ve tekrar üretme” algoritmalarında ise, ACK filtreleme ve diğer yöntemlerdeki çıkmazların çözümlenmesi amaçlanmıştır.

Böyle bir sistemde, ACK numaraları “ACK atma” tablosuna kopyalanır ve bu ACK atılır. Daha sonra en son alınan ACK numarası ve atılan diğer ACK numaraları, ilgili bağlantı için bir ACK ile birlikte karşı tarafa gönderilir.

ACK’ların atılmasını sağlayan algoritma, bir ADSL erişim şebekesinin kullanıcı cihazı (Customer Premises Equipment; CPE) tarafında, atılan paketlerin tekrar üretilmesini sağlayan algoritma ise ADSL linkinin diğer ucu olan DSLAM’da uygulanmalıdır. Uç noktadaki sistemlerde bir değişime ihtiyaç yoktur.

“ACK Atma” algoritmasını daha yakından inceleyelim. İleri akım kanalı üzerinden gönderilecek ACK’lar için bir FIFO kuyruğu varsayalım. Herhangi bir anda, bu kuyrukta herbir veri akışı için sadece bir tane TCP ACK tutulur. Bu işlem, her bir TCP bağlantısı için verilerin tutulduğu TCP bağlantı tablosu sayesinde yapılır. Her bir TCP veri akışı için bu tabloda bir satır tutulur. Bu satırda, bir TCP bağlantısına ilişkin, TCP bağlantı kimliği bulunur (IP kaynak ve hedef adresleri, TCP kaynak ve hedef portları). Yeni gelen bir ACK için, aynı TCP bağlantısına ait, o anda başka bir ACK olup olmadığını gösteren bir bitlik bir FLAG, o anda kuyrukta bulunan TCP ACK numarasını gösteren satır ve atılan ACK’ların numaralarını gösteren alandan oluşur

Yeni bir TCP bağlantısı kurulduğu zaman, bu bağlantı ACK atma tablosuna kaydedilir. Bu bağlantıya ilişkin ilk ACK geldiği zaman, ki bu durumda FLAG değeri “0” olacaktır, bu ACK kuyruğa konur ve FLAG “1” e set edilir. Bu ACK’ya

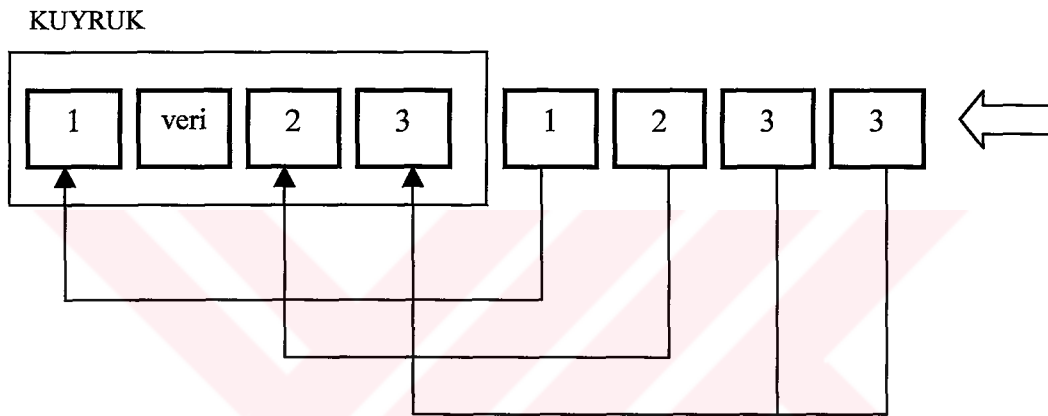
ilişkin ACK numarası tabloda ilgili yere yazılır. Eğer, bu TCP bağlantısına ilişkin yeni bir çift olmayan (duplicate) ACK gelirse ve o anda FLAG hala “1”set durumdaysa, ki bunun anlamı bir önceki ACK hala kuyrukta beklemektedir, o zaman tablodaki değerler güncellenir ve ACK atılır. Kuyrukta bekleyen ACK gönderildikten sonra, SAD tablosundaki en son ACK numarası başlık bilgisi içine kopyalanır ve FLAG “0” a set edilir. Bu ACK atma işlemine ilişkin algoritma EK A’da verilmiştir.

ADSL linkinin diğer tarafı olan DSLAM tarafında uygulanması gereken algoritmaya gelince, bunun için üç ayrı yöntem önerilmiştir. Bu seçeneklerden ilkinde, atılmış olan ACK’ların listesini, “ACK atma” tablosundan alarak, o anda gönderilen TCP ACK’nın IP başlığını içine kopyalamaktır. Diğer bir yöntem ise, atılan TCP ACK’lara ilişkin listeyi, küçük paketlere kopyalayarak, CPE ile DSLAM arasında kullanılan sinyalleşme bandı içinde taşımaktır. Atılan ACK ların listesi DSLAM’a iletdikten sonra, bu ACK’ların tekrar üretilmesi mümkündür. Üçüncü bir alternatif ise, atılan paketler hakkında DSLAM tarafına hiçbir veri göndermemektir. Bu durumda DSLAM, atılan ACK’ları, kendisine arka arka iletilen iki ACK’yı karşılaştırarak hesaplayabilir ve bu ACK’ları tekrar üretir.

ACK Filtreleme yönteminde, şebekenin en uç kısmında bulunan, TCP’yi gönderen kaynağa, gönderdiği birçok paket için tek bir ACK gönderildiğinden, geri akım yönünde bir trafik patlaması olmaktaydı. Burda kullanılan “ACK atma ve yeniden üretme” yönteminde ise, kullanıcı tarafında atılan ACK’lar DSLAM düğümünde tekrar üretildiğinden dolayı, DSLAM ile CPE arasında gerçekleşen senaryolardan uç noktada bulunan TCP kaynağının haberi olmamakta ve tüm sistem düşünüldüğünde normal TCP davranışı gözlenmektedir.

İkinci olarak, TCP hızlı-tekrar iletme sırasındaki çift ACK’lar iki yöntemle kotarılabilir. Eğer bir TCP bağlantısına ilişkin ACK alındığında, eğer o bağlantıya ilişkin ACK kuyrukta o anda varsa, ilgili ACK çift olsa bile atılır. Ancak bu durumda, atılan “duplicate” ACK’lar için ayrı bir bilgi tutulur. Böylece bu bilgi, ACK’ların tekrar üretildiği DSLAM’a aktarılarak, “duplicate” ACK’ların da tekrar üretilmesi sağlanır.

TCP Bağlantı Numarası				FLAG 0/1	ACK #	Atılan ACK Listesi
Kaynak		Hedef				
Adres	Port	Adres	Port			



- | | |
|------|---------------------------------|
| 1 | 1 Nolu TCP bağlantısına ilişkin |
| 2 | 2 Nolu TCP bağlantısına ilişkin |
| 3 | 3 Nolu TCP bağlantısına ilişkin |
| veri | veri paketi |

Şekil 6.3 ACK Atma İşlemi

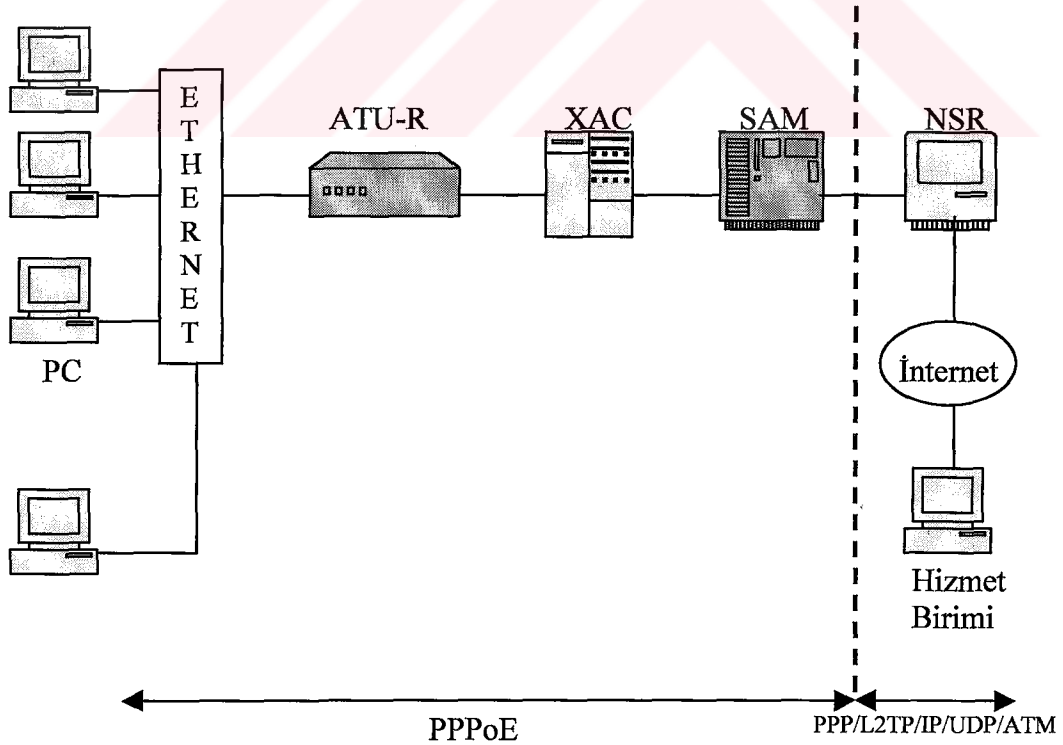
Diğer ikinci yöntem ise, atma işleminin sadece “duplicate” olmayan ACK’lar üzerinde yapılmasıdır. Böylece “duplicate” ACK geldiğinde, bu ACK’ya ilişkin bağlantı için, o anda kuyrukta başka bir ACK bulunsa bile “duplicate” ACK atılmaz, karşı tarafa iletilir.

6.2.3 Simulasyon Metodu

Burada ADSL üzerinden bir TCP bağlantısı kurulması durumunda, ADSL'in asimetrik yapısının TCP net çıkış verimi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla Şekil 6.4' deki ADSL şebekesi modellenmiştir.

Şekil 6.4'deki ADSL kanalları ATU-R yada ATU-C denilen uç cihazlarda sonlanır. ATU-C modeminin fonksiyonları DSLAM cihazının içinde olduğu varsayılmıştır. Burada DSLAM iki temel yapıya ayrılmıştır. Bunlar "Hizmet Erişim Toplayıcısı" (Service Access Mux; SAM) ve "Erişim Yoğunlaştırıcısı" (Access Concentrator; XAC) birimleridir. Kullanıcı tarafındaki bilgisayarlara olan arabirim PPPoE (PPP over Ethernet) olduğu varsayılmıştır. Birden fazla PC, ATU-R cihazına Ethernet üzerinden erişim sağlar. Kullanıcı, erişim sağlayan birimden hizmet birimine L2TP tünellme yöntemiyle veya direk Şebeke Hizmet Yöneticisi (Network Service Router; NSR) üzerinden bağlanabilir.

Kullanıcı tarafındaki PC'ler Internetten 1.5 ile 8 Mb/sn arası hızlarda veri alabilirler yada geri yönde 64 Kb/sn ile 768 Kb/sn arası bir hızla veri gönderebilir.



Şekil 6.4 ADSL Şebeke Modeli

Böyle bir ADSL şebekesini simüle etmek için “şebeke simülatörü” (network simulator; ns)’ ü kullanılmıştır [29]. Buradaki band genişliği, paket kayıp oranı ve paket boyutu gibi parametreler tipik bir ADSL şebekesi göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Burada iki ayrı simülasyon yapılmıştır. Bunlar sırayla, tek bir TCP bağlantısının olduğu durum ve beş ayrı TCP bağlantısının olduğu durumlardır. Burada ölçülen performans parametresi ADSL linki üzerinden aktarılan TCP’ye ilişkin net çıkış verimidir. Net çıkış verimi;

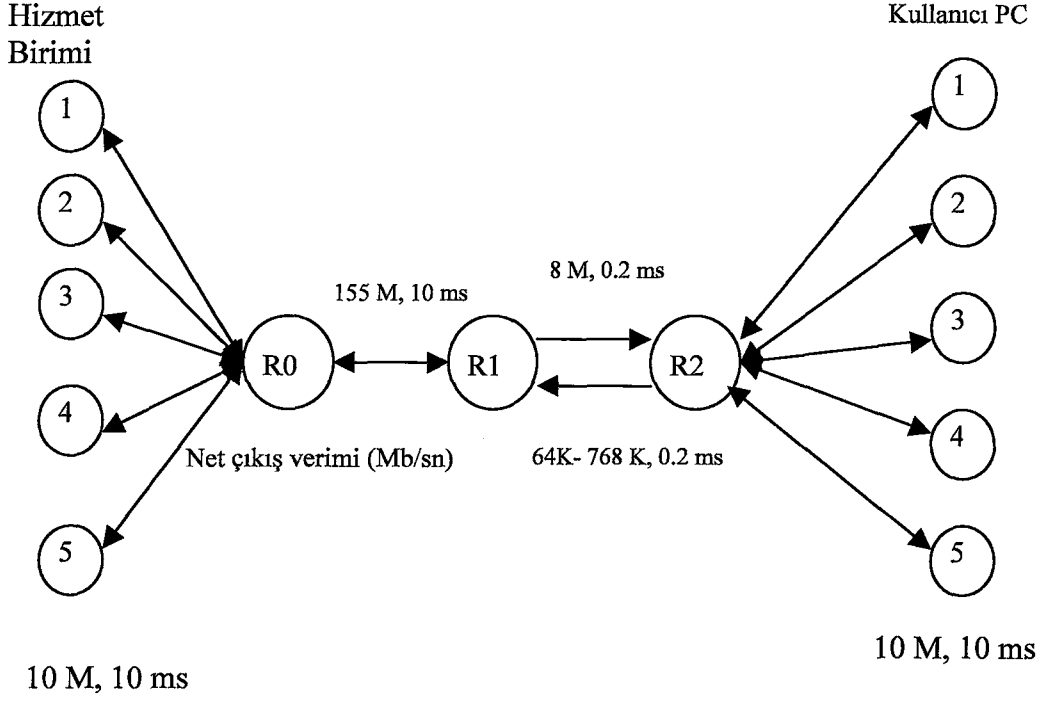
Net çıkış verimi=(iletilen paket sayısı* paket uzunluğu*8.0)/simülasyon zamanı

şekilinde hesaplanır.

Ayrıca yapılan bu simülasyonlarda, şebeke içinde herhangi bir paket kaybının olmadığı varsayılmıştır. Eğer paket kaybının olduğu bir ADSL şebekesi simüle edilek istenirse bu durumda, kullanılan şebeke modeline, bir kayıp molülü eklemek, ns (network simulator) kullanılarak mümkündür.

6.2.4 Simülasyon Sonuçları

Bu bölümde ADSL şebekesi üzerinden TCP transferi durumunda, tek bir TCP bağlantısı ve beş ayrı TCP bağlantısı olması durumunda, TCP net çıkış verimi incelenmiştir. TCP performansını arttırmak için kullanılan “ACK atma ve yeniden üretme” algoritmasının kullanıldığı durumda, kullanılan bu yöntemin performans üzerindeki etkisi incelenmiştir. Şekil 6.5’ de ns kullanılarak modellenen ve simüle edilen şebeke topolojisi verilmiştir.



Şekil 6.5 Şebeke Topolojisi

Simülasyon için UCB/LBNL/VINT/ şebeke simülatörü, versiyon-2, (ns, version-2) kullanılmıştır. Ns C++ da yazılmış, şebeke modellemek ve simüle etmek için kullanılan komut tabanlı bir programdır. Simülasyon modelinde, R1 ve R2 yönleticileri birer ADSL modeme karşılık düşürülmüş ve “ACK atma ve yeniden üretme algoritması R1 ve R2 düğümleri arasında uygulanmıştır. Bu simülatörde temel olarak şebek linkleri, kuyruklar ve düğümler module edilir. Bunun yanında, TCP, telnet, ftp gibi bilinen bir çok protokol, yönlatici algoritmalarının (paket atma gibi) ve trafik modellerinin (CBR gibi) gerçekleştirilmesine olanak tanır. Burada sunulan algoritma “ns” de uygulanmıştır.

Şekil 6.5’ deki simülasyon modelinde, amaç ADSL bağlantısı içeren şebekelerde, ADSL’ deki asimetrinin TCP’ye ilişkin net çıkış verimi üzerindeki etkilerini ve bu çalışmada sunulan algoritmanın, net çıkış verimi üzerindeki iyileştirici etkisini incelemektir. İleri akım ve geri akım kanallarına ilişkin parametreler tipik bir ADSL şebekesine dayanılarak seçilmiştir. Şebekenin “ns” de modellenmesine ilişkin konfigrasyon dosyası EK B’ de verilmiştir.

Paket gönderen ve paket alan noktalarındaki buffer kapasiteleri 100 paket olarak alınmış ve herbir paketin uzunluğu 1000 oktet, buna karşılık paketi alan taraftan gönderilen ACK uzunluğu 40 oktet olarak seçilmiştir.

Geri yönündeki band kapasitesinin ve kuyruk uzunluğunun ileri yöndeki kanal üzerinden aktarılan TCP' ye ilişkin net çıkış verimini belirleyen temel parametre olduğu daha önce belirtilmişti. Burada , ADSL linkinin iki uç noktasında, önerilen algoritmanın uygulanmasıyla, TCP' ilişkin net çıkış veriminin nasıl değiştiği gözlenmiştir.

Teorik olarak, 8 Mb/sn'lik bir geri akım, 128 Kp/s'lik bir ileri akıl kanalı, 1000 oktetlik veri paketi ve 40 oktetlik ACK kullanılması durumunda, asimetri faktörü k , $k = (8 \text{ Mb/sn} : 128 \text{ Kb/sn}) / (1000 : 40) = 2.5$ bulunur. Bu durmada ileri akım yönündeki kanaldan iletilebilen maksimum veri miktarı $8 \text{ Mb/sn} / 2.5 = 3.2 \text{ Mb/sn}$ şeklinde olacaktır.

Tablo 6.1' de tek yönlü ve tek bir TCP bağlantısının olduğu durum için, "ACK atma ve yeniden üretme" yönteminin uygulanmadığı ve uygulandığı durumlar için TCP net çıkış verimleri verilmiştir. Tablo 6.2' de ise aynı simülasyonun beş ayrı TCP bağlantısının olduğu durum için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Bu simülasyon sonuçları ayrıca EK C'de verilmiştir.

Tablo 6.1 Tek Yönlü, Tek Bir TCP Bağlantısı Durumunda TCP Net Çıkış Verimi

Geri akım/ İleri akım Kanal Kapasitesi (Mb/sn, Kb/sn)	Normal Durum TCP	"ACK atma ve yeniden Oluşturma" yönteminin kullanılması durumunda TCP	k
	Net çıkış verimi Mb/sn	Net çıkış verimi Mb/sn	
8/64	1.52	6.20	5
8/128	3.01	6.79	2.5
8/250	5.98	7.28	1.25
8/640	7.46	7.45	0.5
8/784	7.46	7.46	0.41

Tablo 6.2 Tek Yönlü, Beş Ayrı TCP Bağlantısı Durumunda TCP Net Çıkış Verimi

Geri akım/ İleri akım Kanal Kapasitesi (Mb/sn, Kb/sn)	Normal Durum TCP	“ACK atma ve yeniden Oluşturma” yönteminin kullanılması durumunda TCP	k
	Net çıkış verimi Mb/sn	Net çıkış verimi Mb/sn	
6/64	1.48	5.92	5
6/128	3.37	5.92	2.5
6/250	5.94	5.92	1.25
6/640	5.94	5.92	0.5

Tablo 6.2’de beş ayrı TCP bağlantısının olması durumunda, geri akım kanalına ilişkin kapasite 6 Mb/sn olarak seçilmiştir.

Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’deki simülasyon sonuçlarına bakıldığında, bu çalışmada önerilen “ACK atma ve yeniden üretme” yönteminin, ADSL kullanılan genişbandlı şebekelerde, TCP net çıkış verimi üzerinde ciddi bir iyileşme sağlandığı görülmüştür.

7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, ADSL’ de kullanılan hat kodlama teknikleri ve ADSL’le ilişkin fiziksel katman protoköü detaylı olarak incelenmiştir. ADSL’ de kullanılan DMT hat kodlama yönteminin ADSL’in temelini oluşturduğu gösterilmiştir. ADSL’in diğer DSL teknolojileri içindeki yeri belirlenmiştir.

Bir ADSL bağlantısı içeren genişbandlı bir şebeke, uçtan uca bir iletimde kullanılan protokoller incelendiğinde, uçtan uca ATM kullanılmasının, kullanıcı cihazında ATM’i destekleyen birimlerin olmasını gerektirdiğinden pratik olmadığı görülmüştür. Sadece Ethernet kullanılması ise güvenlik açısından sakıncalıdır. Bu yüzden, ADSL içeren uçtan uca bir genişbandlı şebekede PPPoE şeklinde bir protokol yapısı kullanmak en optimum çözümdür.

Bunun yanında, internet dünyasında çok yaygın olarak kullanılan TCP’ nin ADSL içeren genişbandlı bir şebekeden iletilmesi durumunda, ADSL’in asimetrik olma özelliğinin şebeke performansı üzerindeki etkisi incelenmiş ve performans parametresi olan TCP’ye ilişkin net çıkış verimini arttırmaya yönelik bir yöntem sunulmuştur. Bir TCP bağlantısında, kaynak tarafından gönderilen her pakete karşılık, veriyi alan birimden bir onay paketi beklenir. Eger ADSL üzerinden bir TCP bağlantısı kurulmuşsa, gönderilen veri paketlerine ilişkin onay paketleri ADSL’in daha düşük iletim kapasitesine sahip olan, “ileri akım” kanalı üzerinden iletilir. Eger onay paketleri istenilen sürede alınamassa, bu durumda veriyi gönderen kaynak, veri gönderme hızını azaltır ve böylece iletim kapasitesi düşer. Diğer bir deyişle, bir TCP bağlantısında, iletim hızını belirleyen ADSL’ e ait “ileri akım” kapasitesinin hızı olmaktadır.

Bu çalışmada asimetri probleminin çözümüne ilişkin bir algoritma sunulmuştur. Bu algoritma, ADSL ileri akım kanalı üzerinden aktarılan onay paketlerinin bir kısmının atılmasına dayanır. Atılan bu paketler ADSL bağlantısının diğer ucunda tekrar üretilir. Böylece onay paketlerinin veriyi gönderen kaynağa daha hızlı

bir şekilde iletilmesi sağlanır. Bu durumda kaynak birim daha fazla paket gönderir, ADSL bağlantısı üzerinden daha yüksek kapasitede veri aktarılır.

Yapılan simülasyonlarda, veri paketi kaybının olmadığı varsayılan bir ADSL Şebekesi göz önüne alınmış ve önerilen algoritmanın, TCP net çıkış veriminde ciddi bir iyileşme sağladığı gözlenmiştir. Böyle bir yöntemin, gerçek bir ADSL Şebekesinde uygulanması durumunda, ADSL'in asimetrik yapısının, Şebeke performansı (net çıkış verimi)  zerindeki olumsuz etkisini azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Daha ileri bir çalışmada , ADSL Şebekesi üzerinde veri paketi kaybının göz önüne alındığı durum analiz edilebilir ve ADSL bağlantısının asimetrik olması özelliği ile paketi kaybının olduğu durumun Şebeke performansı üzerindeki etkisi incelenebilir.



REFERANSLAR

- [1] www.adsl.com/adsl-tutorial.htm
- [2] **Kessler, G. C. And Soutwick, P.**, 1998. ISDN Concepts, Facilities and Services, McGraw-Hill, New York.
- [3] **Summers, C. K.**, 1999. ADSL Standarts, Implementation and Architecture, CRC Press LLC, London.
- [4] **Summers, C. K.**, 1995. ISDN Implementor's Guide, Standars, Protokols and Services, McGraw-Hill, New York.
- [5] **Garaiski, W.**, 1998. ADSL and DSL Technologies, McGraw-Hill, New York.
- [6] **Handel, R., Huber, M., and Schroder, S.**, 1998. ATM Networks: Concepts, Protocols, Applications, Addison-Wesley.
- [7] **Black, U.**, 1999. PPP and L2TP: Remote Access Communications, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
- [8] **The ATM Forum Technical Committee**, 1999. *Traffic Management Specification Version 4.1*, March;
<ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-tm->
- [9] **Stevens, W. R.**, 1994. TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.
- [10] **Azcorra, A.**, et al., IP/ATM Integrated Services over Broadband Access Copper Technologies, *IEEE Communications Magazine*, vol. 37, no. 5, pp. 90-97.
- [11] **Kwok, T. C.**, Residential Broadband Architecture over ADSL and G.Lite (G.992.2):PPP over ATM, *IEEE Communications Magazine*, vol. 37, no. 5, pp.84-89.
- [12] **Romanow, A. and Floyd, S.**, 1995. Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks, *IEEE JSAC*, vol. 13, no. 4, pp. 633-641.
- [13] **Bernet, Y.**, 2000. The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network, *IEEE Communications Magazine*, vol. 38, no. 2, pp.154-162.
- [14] **IntServ Working Group WebSite:**
<http://www.ietf.org/html.charters/intservcharter.html>.

- [15] **DiffServ Working Group Web Site:**
<http://www.ietf.org/html.charters/diffservcharter.html>
- [16] **Stevens, W. R.,** 1994. TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.
- [17] **Carlson, J.,** 1998. PPP Design and Debugging, Addison Wesley, Reading, MA.
- [18] **Gross, G., et al.,** July 1998. PPP over AAL5, IETF RFC 2364.
- [19] **Townsley, W., et al.,** August 1999. Layer Two Tunneling Protocol (L2TP), IETF RFC 2661.
- [20] **ADSL Forum,** March 1998. Core Network Architectures for ADSL Access Systems, *white paper 98-017, version 1.01*.
- [21] **Kawahara, R., Saito, H.,** February 2000. Performance of TCP/IP over ATM over an ADSL, *IEICE Transaction Communications*, pp. 140 - 154.
- [22] **Giroux, N., Ramanam, S.,** December 1998. Handling Physical Rate Changes in ADSL and Other Technologies, *ATM FORUM - Contribution / 98-0825*.
- [23] **Jain, R., Kalyanaraman, S., Goyal, R., Fahmy, S., Viswanathan, R.,** August 1996. ERICA Switch Algorithm: A Complete Description, *ATM FORUM-Contribution / 96-1172*.
- [24] **Lakshman, T. V., Madhow U., and Suter, B.,** April 1997. Window-based error recovery and flow control with a slow acknowledgement channel: a study of TCP/IP performance, *in Proc. Of Infocom'97*.
- [25] **Balakrishnan, H., Padmanabhan, V. N. and Katz, R. H.,** September 1997. The Effects of Asymmetry on TCP Performance, *in Proc. of ACM Mobicom'97*.
- [26] **Jacobson, V.,** February 1990. Compressing TCP/IP headers for low speed serial links, IETF RFC 1144.
- [27] **Kalampoukas, L., Varma, A. and Ramakrishnan, K. K.,** June 1998. Improving TCP Throughput over Two-Way Asymmetric Links: Analysis and Solutions, *in Proc. of Sigmetrics'98*.
- [28] **Zhou, L. and Tam, I. M.,** August 1999. ADSL access network simulation, *Opnetwork'99*.
- [29] **UCB/LBLN/VINT Network Simulator-ns (version 2),** 1997.
www.isi.edu/nsnam.

EKLER

EK A, EK B, EK C bilgisayar disketine verilmiştir.



ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Çanakkale'nin Yenice ilçesinde doğdu. İlk ve ortaokulu Yenice'de, liseyi Balıkesir' de tamamladıktan sonra, 1993 yılında İ.T.Ü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği bölümüne girdi. 1997 yılında mezun oldu. 1998 yılında İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Anabilimdalı, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nde yüksek lisans programına başladı. Buna paralel olarak 1998 yılında Alcatel Teletaş firmasında işe başladı. Halen aynı firmada S12 telefon santralleri üzerine, test ve saha uygulamaları konusunda çalışmaktadır.

