

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106378

SENKRON SAYISAL HİYERARŞİ

Müh. Soner AY

F.B.E Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı Haberleşme Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

06378

Tez Danışmanı : Prof. Metin YÜCEL

Prof. M. Yahya Karşılığlı
Prof. Metin Yücel
Prof. Dr. Günşel DURUSOY

Y. Karşılığlı
M. Yücel
G. Durusoy

İSTANBUL, 2001

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİZASYON MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. İLETİŞİM AĞLARI	2
2.1 İletişim Ağlarının Gelişimi	2
2.1.1 Basit Telefon Ağı	3
2.2 İletim Teknolojisi	3
2.2.1 Analog İletim	4
2.2.2 Sayısal İletim	4
2.2.2.1 Zaman Bölmeli Çoklama	5
2.2.3 Sayısal Hiyerarşi	5
2.2.4 Sözde Senkron İletim	5
2.2.5 SDH Standartlarının Ortaya Çıkması	7
2.2.6 Açık Sistemlerin Ara Bağlantı Modeli (The Open System Interconnect Model)...	7
3. SENKRON SAYISAL HİYERARŞİNİN TEMELLERİ	9
3.1 Terimler ve Kavramlar	9
3.1.1 Basit Kavramlar	9
3.1.2 Senkron İletim Modülü (STM)	10
4. TEMEL ÇOKLAMA PRENSİPLERİ	15
4.1 Çoklama Yapısı	15
4.2 Temel Çerçeve (frame) Yapısı	17
4.2.1 Bölüm Başlığı	18
4.2.2 İdari Birim İşaretçileri	18
4.2.3 STM-N'in İdari Birimleri	18
4.3 STM-N'lerin Ara Bağlanımı	19
4.4 Karıştırma (Scrambling)	20
5. ÇOKLAMA METODU	21
5.1 STM-N İçinde İdari Birimin Çoklanması	21

5.1.1	STM-N İçinde AUG'lerin Çoklanması.....	21
5.1.2	AUG Üzerinden Bir AU-4'ün Çoklanması	21
5.1.3	AUG Üzerinden AU-3'lerin Çoklanması	22
5.2	VC-4 ve VC-3 İçinde Giriş (Tributary) Birimlerinin Çoklanması	23
5.2.1	VC-4 İçinde TUG-3 (tributary unit group-3)'lerin Çoklanması	23
5.2.2	TUG-3 Üzerinden Bir TU-3'un Çoklanması	24
5.2.3	Bir TUG-3 Üzerinden TUG-2'lerin Çoklanması	24
5.2.4	Bir VC-3 İçinde TUG-2'lerin Çoklanması	25
5.2.5	TUG-2'ler Üzerinden Bir TU-2'nin Çoklanması	27
5.2.6	TUG-2'ler Üzerinden TU-1'lerin Çoklanması	27
6.	İŞARETÇİLER (POINTERS).....	28
6.1	AU-n İşaretçisi	28
6.1.1	AU-n İşaretçi Yerleşimi.....	28
6.1.2	AU-n İşaretçi Değeri.....	29
6.1.3	Frekans Ayarı.....	30
6.1.4	Yeni Veri Bayrağı (new data flag- NDF)	34
6.1.5	İşaretçi Üretimi	34
6.1.6	İşaretçi Yorumu (interpretation)	35
6.1.7	AU-4 Ardışıl Sıralaması	35
6.1.7.1	Kolayca Yayılan AU-4'lerin Ardışıl Sıralaması.....	36
6.2	TU-3 İşaretçisi	36
6.2.1	TU-3 İşaretçi Yerleşimi	37
6.2.2	TU-3 İşaretçi Değeri	37
6.2.3	Frekans Ayarı.....	37
6.2.4	Yeni Veri Bayrağı (NDF)	38
6.2.5	İşaretçi Üretimi	38
6.2.6	İşaretçi Yorumu	38
6.3	TU-2/TU-1 İşaretçisi.....	39
6.3.1	TU-2/TU-1 İşaretçi Yerleşimi	39
6.3.2	TU-2/TU-1 İşaretçi Değeri	40
6.3.3	TU-2/TU-1 Frekans Ayarı	41
6.3.4	Yeni Veri Bayrağı (NDF)	41
6.3.5	TU-2/TU-1 İşaretçi Üretimi ve Yorumlanması	42
6.3.6	TU-2 Ardışıl Sıralama	42
6.3.6.1	Yüksek Mertebeli VC-3 İçinde Kolayca Yayılan TU-2'lerin Ardışıl Sıralaması	42
6.3.6.2	Yüksek Mertebeli VC-4 İçindeki TU-2'lerin Sanal Ardışıl Sıralaması	42
6.3.7	TU-2/TU-1 Boyutları.....	43
6.3.8	TU-2/TU-1 Çoklu Çerçevesini Gösteren Byte	43
7.	BÖLÜM BAŞLIĞI (SOH) VE YOL BAŞLIĞI (POH).....	45
7.1	SOH	45
7.1.1	Sanal Kap POH'u.....	45
7.2	SOH'un Tanımlanması	45
7.2.1	SOH Byte'larının Yerleşimi	45
7.2.2	SOH Byte'larının Tanımlanması	48
7.3	POH Tanımlamaları.....	50
7.3.1	VC-4-Xc / VC-4/VC-3 POH'u	50
7.3.2	VC-2 / VC-1 POH'u	51

8.	VC-N İÇİNDEKİ GİRİŞLERİN (TRIBUTARY) EŞLENMESİ (MAPPING)	53
8.1	VC-4 İçinde Eşleme.....	53
8.1.1	139 264 Kbit/s'nin Asenkron Eşlenmesi	53
8.2	VC-3 İçinde Eşleme.....	55
8.2.1	34 368 kbit/s'nin Asenkron Eşlenmesi	55
8.3	VC-12 İçindeki Eşleme.....	56
8.3.1	2048 kbit/s'nin Asenkron Eşlenmesi	56
8.3.2	2048 kbit/s'nin Byte Senkron Eşlenmesi.....	57
8.3.3	31 x 64 kbit/s'nin Byte Senkron Eşlenmesi.....	58
9.	KORUMA (PROTECTION)	60
9.1	Donanım Koruması.....	62
9.2	Yenileme	63
9.3	Ağ Koruması.....	64
9.3.1	Adanmış Yol (Dedicated Path) / VC Yol Koruması (VC Trail Protection)	64
9.3.2	Alt Ağ Bağlantı Koruması (Subnetwork Connection Protection- SNCP).....	65
9.3.3	MS Lineer Koruması (Multiplex Section Lineer Protection)	67
9.3.4	Kendini Düzelten Halkalar (Self Healing Rings)	69
9.3.4.1	Adanmış Korunmalı Halkalar	69
9.3.4.2	MS Paylaşımlı Koruma Halkaları (MS-SPRing).....	70
9.3.5	Koruma Planlarının Karşılaştırılması	73
9.4	Ara Bağlaşım Tipleri	74
10.	SDH AĞLARINDA YÖNETİM	75
10.1	Yönetim Ağı Organizasyon Modeli.....	75
10.2	SMN, SMS ve TMN Arasındaki İlişki	80
10.3	SMS Topoloji ve Referans Modelleri	82
10.4	Hata (Bakım) Yönetimi	84
10.5	Performans İzleme	86
10.5.1	Performans Verisi toplama	87
10.5.1.1	Bakım Amaçlı Performans Verisi Toplama.....	87
10.5.1.2	Hata Performansını Belirleme Amaçlı Performans Verisi Toplama	90
10.5.2	Performans İzleme Arşivi	91
11.	SONUÇLAR.....	92
	KAYNAKLAR.....	94
	EKLER	95
	Ek 1 Türkiye'deki SDH Alt Yapısı	96
	ÖZGEÇMİŞ	99

KISALTMA LİSTESİ

AF	Atomic Function (Atomik fonksiyon)
AIS	Alarm Indication Signal (Alarm belirti sinyali)
AP	Access Point (Erişim noktası)
API	Access Point Identifier (Erişim noktası belirteci)
APS	Automatic Protection Switching (Otomatik koruma bağlaşımı)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Asenkron transfer modu)
AU	Administrative Unit (İdari birim)
AUG	Administrative Unit Group (İdari birim grubu)
BBE	Background Block Error (Art bellek blok hatası)
BBER	Background Block Error Ratio (Art bellek blok hata oranı)
BIP	Bit Interleaved Parity (Bit dönüşüm eşliği)
BIP-X	Bit Interleaved Parity-X (Bit dönüşüm eşliği-X)
B-ISDN	Broadband ISDN (Geniş band ISDN)
CLR	Clear (Temizle)
CRC-N	Cyclic Redundancy Check-N (Çevrimsel hata denetimi-N)
CV	Code Violation (Kod zedelenmesi)
DCC	Data Communications Channel (Veri iletişim kanalı)
DCN	Data Communications Network (Veri iletişim ağı)
DEG	Degraded Signal (Alçaltılmış sinyal)
DS	Defect Second (Kusurlu saniye)
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexer (Yoğunluklu dalga boyu paylaşımli çoklayıcılar)
EB	Errored Block (Hatalı blok)
EBC	Errored Block Count (Hatalı blok sayısı)
ECC	Embedded Control Channel (Katılmış kontrol kanalı)
ES	Errored Second (Hatalı saniye)
ESR	Errored Second Ratio (Hatalı saniye oranı)
EXC	Excessive Errors (Yoğun hatalar)
FDM	Frequency Division Multiplexing (Frekans bölmeli çoklama)
FOP	Failure of Protocol (Protokol bozukluğu)
GNE	Gateway Network Element (Geçit ağ elemanı)
HDSL	High-speed Digital Subscriber Line (Yüksek hızlı abone hattı)
HP	Higher Order Path (Yüksek mertebeli yol)
IP	Internet Protocol (İnternet protokolü)
IS	Intermediate System (Ara sistem)
ISDN	Integrated Services Digital Network (Tümleşik servisler sayısal ağı)
ISO	International Organisation for Standardisation (Uluslar arası standartlaştırma organizasyonu)
ITU	International Telecommunication Union (Uluslar arası telekomünikasyon birliği)
LAPD	Link Access Protocol for D-channel (D kanalı için hat erişim protokolü)
LCN	Local communications network (Lokal haberleşme ağı)
LOF	Loss of Frame (Çerçeve kaybı)
LOM	Loss of Multiframe (Çoklu çerçeve kaybı)
LOP	Loss of Pointer (İşaretçi kaybı)
LOS	Loss of Signal (Sinyal kaybı)
LP	Lower order Path (Düşük mertebeli yol)
LTC	Loss of Tandem Connection (Tandem bağlantı kaybı)
MAF	Management Applications Function (Yönetim uygulama fonksiyonu)

MAINTREG	Maintenance Registers (Bakım kaydedicileri)
MCF	Message Communications Function (Mesaj haberleşme fonksiyonu)
MD	Mediation Device (Ara cihaz)
MF	Mediation Function (Ara fonksiyon)
MI	Management Information (Yönetim bilgisi)
MO	Managed Object (Yönetilen nesne)
MOC	Managed Object class (Yönetilen nesne sınıfı)
MP	Management Point (Yönetim noktası)
MS	Multiplex Section (Çoklu bölüm)
MS-AIS	Multiplex Section Alarm Indication Signal (Çoklu bölüm alarm belirti sinyali)
MSOH	Multiplex Section Overhead (Çoklu bölüm başlığı)
MSP	Multiplex Section Protection (Çoklu bölüm koruması)
MS-RDI	Multiplex Section Remote Defect Indication (Çoklu bölüm uzak kusur belirtisi)
MS-REI	Multiplex Section Remote Error Indication (Çoklu bölüm uzak hata belirtisi)
MS-SPRings	Multiplex Section Shared Protection Rings (Çoklu bölüm paylaşımlı koruma halkaları)
MSw	Manual Switch (Manuel bağlaşım)
NDF	New Data Flag (Yeni veri bayrağı)
NE	Network element (Ağ elemanı)
NEF	Network Element Function (Ağ eleman fonksiyonu)
NNE	Non-SDH Network Element (SDH olmayan ağ elemanı)
NNI	Network Node Interface (Ağ düğüm ara yüzeyi)
NTE	Network Terminal Equipment (Ağ uç birim donatısı)
OAM	Operation and Maintenance (Uygulama ve bakım)
OAM&P	Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (Uygulama, idare, bakım ve hazırlık)
ODI	Outgoing Defect Indication (Çıkış kusur belirtisi)
OEI	Outgoing Error Indication (Çıkış hata belirtisi)
OOS	Out-of-Service (Servis dışı)
OS	Operations System (İşletim sistemi)
OSF	Operations System Function (İşletim sistemi fonksiyonu)
OSI	Open Systems Interconnection(Açık sistemlerin ara bağlantısı)
P	Protection (Koruma)
PCM	Pulse Code Modulation (Darbe kod modülasyonu)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy (Sözde senkron sayısal hiyerarşi)
PDU	Protocol Data Unit (Protokol veri birimi)
PERFREG	Performance Registers (Performans kaydedicileri)
PJC	Pointer Justification Count (İşaretçi ayar sayısı)
PJE	Pointer Justification Event (İşaretçi ayar olayı)
PL	Physical Layer (Fiziksel katman)
PLM	Payload Mismatch (Yük uyumsuzluğu)
POH	Path Overhead (Yol başlığı)
PSTN	Public Switched Telephone Network (Genel bağlaşımlı telefon ağı)
PTR	Pointer (İşaretçi)
QoS	Quality of Service (Servis kalitesi)
RDI	Remote Defect Indication (former FERF) (Uzak kusur belirtisi)
REI	Remote Error Indication (former FEBE) (Uzak hata belirtisi)
RFI	Remote Failure Indication (Uzak bozukluk belirtisi)

RSOH	Regenerator Section Overhead (Yeniden üretim bölüm başlığı)
RTR	Reset Threshold Report (İlk durum eşik belirtisi)
SAPI	Service Access Point Identifier (Servis erişim noktası belirteci)
SD	Signal Degrade (Sinyal alçaltımı)
SDH	Synchronous Digital Hierarchy (Senkron sayısal hiyerarşi)
SES	Severely Errored Second (Yoğun hatalı saniye)
SESR	Severely Errored Second Ratio (Yoğun hatalı saniye oranı)
SF	Signal Fail (Sinyal hatası)
SMN	SDH Management Network (SDH yönetim ağı)
SMS	SDH Management Subnetwork (SDH yönetim alt ağı)
SNCP	Subnetwork Connection Protection (Alt ağ bağlantı koruması)
SOH	Section Overhead (Bölüm başlığı)
SONET	Synchronous Optical Network (Senkron optik ağ)
SSF	Server Signal Fail (Hizmet sinyali yetersizliği)
STM	Synchronous Transport Module (Senkron iletim modülü)
STM(-N)	Synchronous Transport Module (-N) (Senkron iletim modülü-N)
TCP	Termination Connection Point (Uç birim bağlantı noktası)
TDM	Time Division Multiplexing (Zaman bölmeli çoklama)
TE	Terminal Equipment (Uç birim donatısı)
TEI	Terminal End-point Identifier (Uç birim uç nokta belirteci)
TIM	Trace Identifier Mismatch (İz belirteç uyumsuzluğu)
TMN	Telecommunications Management Network (Telekomünikasyon yönetim ağı)
TP	Termination Point (Uç birim noktası)
TP	Transmission Path (İletim yolu)
TR	Threshold Report (Eşik raporu)
TSN	Time Slot Number (Zaman dilimi numarası)
TU	Tributary Unit (Giriş birimi)
TUG(-n)	Tributary Unit Group (-n) (Giriş birimi grubu-n)
UAS	Unavailable Second (Kullanılmayan saniye)
UAT	Unavailable Time (Kullanılmayan zaman)
UNEQ	Unequipped (Donatılmamış)
VC	Virtual Container (Sanal kap)
W	Working (Çalışma)
WAN	Wide Area Network (Geniş alan ağı)
WDM	Wavelength Division Multiplexer (Dalga boyu paylaşımlı çoklayıcılar)
WTR	Wait to Restore (Yenilemeyi bekle)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Uçtan uca ve operatör ağları.....	2
Şekil 2.2 Santral hiyerarşisi	3
Şekil 2.3 Zaman bölmeli çoklama	4
Şekil 2.4 Avrupa ve kuzey Amerika iletim hiyerarşisi.....	5
Şekil 2.5 Sözde senkron çoklama	6
Şekil 2.6 Sözde senkron ekle çıkar şeması	7
Şekil 2.7 OSI modeli.....	8
Şekil 3.1 SDH iletim 'borusu'	9
Şekil 3.2 Çoklama fonksiyonu.....	10
Şekil 3.3 STM trafik 'boruları'	12
Şekil 3.4 NNI yerleşimi	13
Şekil 3.5 Yol ve bölümler.....	14
Şekil 4.1 Çoklama yapısı	15
Şekil 4.2 AU-4 kullanılarak kap-1'den direk olarak çoklama metodu	15
Şekil 4.3 AU-3 kullanılarak kap -1'den direk olarak çoklama metodu	16
Şekil 4.4 AU-3 kullanılarak kap -3'den direk olarak çoklama metodu	16
Şekil 4.5 AU-4 kullanılarak kap -4'den direk olarak çoklama metodu	17
Şekil 4.6 STM-N çerçeve (frame) yapısı	17
Şekil 4.7 STM-1 çerçevesi içindeki idari birimler.....	18
Şekil 4.8 İki durumlu çoklama.....	19
Şekil 4.9 STM-N'lerin ara bağlanımı	20
Şekil 4.10 Çerçeve senkronizasyon karıştırıcısı (fonksiyonel diyagramı)	20
Şekil 5.1 STM-N içinde N tane AUG'nin çoklanması	21
Şekil 5.2 AUG üzerinden AU-4'ün çoklanması	22
Şekil 5.3 AUG üzerinden AU-3'lerin çoklanması.....	23
Şekil 5.4 Bir VC-4 içinde 3 TUG-3'ün çoklanması	23
Şekil 5.5 Bir TUG-3 üzerinden bir TU-3'ün çoklanması	24
Şekil 5.6 Bir TUG-3 üzerinden 7 TUG-2'nin çoklanması	24
Şekil 5.7 Bir TUG-3 üzerinden 7 TUG-2'nin çoklanması	25
Şekil 5.8 Bir VC-3 içinde 7 TUG-2'nin çoklanması	26
Şekil 5.9 Bir VC-3 içinde 7 TUG-2'nin çoklanma düzeni	26
Şekil 6.1 AU-4 işaretçi ofset numaralaması	28
Şekil 6.2 AU-3 işaretçi ofset numaralaması	29
Şekil 6.3 AU-n / TU-n işaretçi (H1,H2,H3) kodlaması	30
Şekil 6.4 AU-4 işaretçi ayar işlemi – pozitif ayar.....	31
Şekil 6.5 AU-3 işaretçi ayar işlemi – pozitif ayar.....	32
Şekil 6.6 AU-4 işaretçi ayar işlemi – negatif ayar	33
Şekil 6.7 AU-3 işaretçi ayar işlemi – negatif ayar.....	34
Şekil 6.8 VC-4-Xc yapısı.....	36
Şekil 6.9 TU-3 işaretçi ofset numaralaması.....	37
Şekil 6.10 Çok çerçeveli TU içinde VC düzenlemesi	39
Şekil 6.11 TU-2 / TU-1 işaretçi kodlaması.....	40
Şekil 6.12 TU-2 / TU-1 işaretçi ofsetleri	41
Şekil 6.13 H4 byte kullanılarak 500 µs'lik TU-1/2 çerçeve gösterimi.....	44
Şekil 6.14 TU çerçeve belirteç byte'ı (H4) kodlama dizisi	44
Şekil 7.1 STM-N için SOH byte'larının yer numaraları.....	46
Şekil 7.2 STM-1 SOH'u	46
Şekil 7.3 STM-4 SOH'u	47
Şekil 7.4 STM-16 SOH'u	47

Şekil 7.5 STM-64 SOH'u	48
Şekil 7.6 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 yol durumu (G1)	51
Şekil 7.7 VC-2/VC-1 POH'undaki V5 byte'ı	52
Şekil 8.1 VC-4'ün STM-1 içinde çoklanması ve 139 264 kbit/s'lik asenkron eşleme için VC- 4'ün blok yapısı	53
Şekil 8.2 VC-4 içindeki 139 264 kbit/s'lik girişin asenkron eşlenmesi	54
Şekil 8.3 VC-3 içindeki 34 368 kbit/s'lik girişin asenkron eşlenmesi	55
Şekil 8.4 2048 kbit/s'lik girişin asenkron eşlenmesi	57
Şekil 8.5 2048 kbit/s'lik giriş için byte senkron eşleme	58
Şekil 8.6 31 x 64 kbit/s için byte senkron eşleme	59
Şekil 9.1 Dayanıklılık	61
Şekil 9.2 1+1 ve 1:n koruma (protection)	63
Şekil 9.3 Adanmış Yol	65
Şekil 9.4 Yol korumalı halka	65
Şekil 9.5 Alt ağ bağlantı koruması	66
Şekil 9.6 Çoklama bölümü koruma planları	67
Şekil 9.7 Farklı yol koruması	68
Şekil 9.8 Farklı koruma yollarını aktif eden halka topolojisi	69
Şekil 9.9 Adanmış koruma halkası	70
Şekil 9.10 MS-SPRing	71
Şekil 9.11 Paylaşımlı koruma halka kapasitesinin avantajı	72
Şekil 9.12 Alt ağ ara bağlaşımı	74
Şekil 10.1 Yönetim organizasyon modeli	77
Şekil 10.2 SDH yönetim örnekleri	79
Şekil 10.3 SMN, SMS VE TMN arasındaki ilişki	80
Şekil 10.4 TMN, SMN ve SMS modeli	81
Şekil 10.5 OSF/MF fonksiyonlu SDH NE içeren bölgeler için SDH ECC topolojisi	82
Şekil 10.6 Aracı cihazlı bölgeler için SDH ECC topolojisi	83
Şekil 10.7 Uç ve orta sistemler kavramı	83
Şekil 10.8 ECC konfigürasyonu için referans modeller	84
Şekil 10.9 Kullanılamazlığın belirlenmesine ilişkin örnek	87
Şekil 10.10a Bakım amaçlı performans izleme verisi toplama ve arşivleme	88
Şekil 10.10b Toplamaya(ES, SES ve BBE) dair bakım amaçlı kaydedici işlemleri	89
Şekil 10.10c UAS (seçime bağlı) için kaydedici işlemleri	89
Şekil 10.11 Hata performansını belirleme amaçlı performans izleme verisi toplama ve arşivleme	90
Şekil Ek 1.1 DWDM'in yapısı	97
Şekil Ek 1.2 Bugünkü transmisyon	97
Şekil Ek 1.3 Dalga boyu bölmeli çoklama	98
Şekil Ek 1.4 WDM'li bir ağ modeli	98

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 6.1 TU-2/TU-1 boyutları	43
Çizelge 9.1 Koruma planlarının karşılaştırılması	73
Çizelge 10.1 Bozulma listesi ile ilgili atomik fonksiyon.....	85



ÖNSÖZ

Günümüz koşulları düşünüldüğünde, teknolojinin gelişimi ile birlikte yüksek hızlı haberleşme kaynaklarına olan bağımlılık artmıştır. Özellikle internetin gelişimi ve abone sayısının hızla artışı ve bunun paralelinde iş dünyasının yüksek kapasiteli iletişime olan ihtiyacının artması iletim ağlarını oluşturan omurganın bu hızlı iletişimi sağlayabilecek kapasitede olmasını gerektirmektedir.

Tez çalışmamda konu olarak SDH’i seçmemin nedeni, dünyada ve ülkemizde git gide yaygınlaşan bu yüksek hızlı, yüksek bant genişliğine sahip ve güvenilir optik tabanlı haberleşme sistemini daha yakından tanımak ve tanıtmaktır.

Bu çalışmada kaynak olarak çoğunlukla, başvurulmuş ilk kaynak oluşu ve daha ayrıntılı bilgi vermesi nedeniyle ITU standartlarından yararlandım. Anlaşılabilirliği arttırmak için özellikle temel konular üzerinde mümkün olduğunca çok örneği şekiller ile açıklamaya çalıştım.

Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen, Prof. Metin Yücel’e, başta Serkan Akdağ olmak üzere NETAŞ’daki çalışma arkadaşlarıma ve NETAŞ’a, Türk Telekom ve çalışanlarına, Deniz Ülker, Abdulkerim Çapar ve diğer dostlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.



ÖZET

SDH, senkron bir iletim sistemine sahip, optik tabanlı bir taşıma sistemidir. Ağdaki bütün birimler bir ağ saati tarafından kontrol edilirler. Avrupa'da yaygın olarak kullanılan SDH'in kuzey Amerika'daki eşdeğeri SONET'dir. Bu iki sistem arasında, taşınan işaret seviyeleri dışında pek bir fark yoktur. SDH üzerinde ATM, PDH, IP gibi her çeşit trafik taşınabilir. Bu özellik SDH in yüksek bant genişliğine bağlıdır.

STM-N çerçevesi, 125 μ s'lik bir boşlukta 9 x 270 x N byte kadar bir alanı kaplar. Bu çerçeve 3 ana bölüme ayrılır. Bunlar; bölüm başlığı (SOH), idari birim işaretçisi (AU-ptr) ve bilgi yüküdür. SDH ağı üzerinde taşınacak işaretler belli seviyelerdeki kaplar (C) içine yerleştirilir. Bu kaplara eklenen işaretçiler, yol başlığı, bölüm başlığı gibi bir bakıma yükün beynini oluşturan birimler ile sırasıyla VC, TU, TUG, AU, AUG ve son olarak da STM çerçevesi oluşturulur. Her bir adımda meydana gelebilecek kayıp, hız farkı gibi etkenler sistem tarafından ilave edilen ayar, boşluk, doldurma bitleri ve işaretçiler üzerinde gerçekleştirilen frekans ayarları ile giderilir. Dolayısıyla sistem senkron olarak çalışır.

SDH ağları uçtan uca yada halka şeklindedir. Ağ elemanları arasındaki hatlar iki yada dört fiberden oluşur. Böylelikle trafiğin gönderildiği fiberde bir bozulma olursa trafik diğer fiber üzerinden gönderilebilir. SDH ağları gelişmiş bir otomatik koruma algoritmasına sahiptir. Trafiğin gönderildiği çalışma kanalında meydana gelebilecek bir bozukluk SOH üzerindeki bazı bitler yardımıyla ağa bildirilir. Bu durumda ağ trafiği koruma kanalına geçer. Bu özelliklerden de anlaşılacağı gibi SDH halkası kendini iyileştirme yeteneğine sahiptir.

SDH ağları gelişmiş bir yönetim modeline sahiptirler. Ağ sürekli kontrol altında tutulur ve hatalar anında tespit edilir. Bu hatalar kullanılarak ağın performansını belirleyen veriler saklanır. Bu performans verileri sonraki adımlarda ağa yapılacak müdahalelerde göz önünde bulundurulacak kriterlerdir.

Bilgisayar teknolojisinin gelişimi ile meydana gelen veri patlaması özellikle iş çevrelerinin yüksek kapasiteli ve yüksek hızlı haberleşme sistemlerine olan gereksinimlerini arttırmıştır. Bunun sonucu olarak da SDH doğmuştur. Bunun yanı sıra özellikle bankacılık sektöründe, anlık kayıpların büyük zararlara neden olabileceği düşünüldüğünde, gelişmiş koruma algoritması ile SDH vazgeçilmez bir iletim sistemi haline gelmiştir.

Anahtar Kelimeler : Senkronizasyon, çerçeve, çoklama, işaretçi, koruma.

ABSTRACT

SDH is an optical fiber based transport network which has a synchronised transmission system. All the nodes in the network are controlled with a synchronised timing to ensure that information passed from one node to other is not lost.

SDH is mostly used in Europe and its equivalent network system in North America is SONET. The main difference between these two systems is the level of signal. SONET and SDH are the dominant technologies in the physical transport layer of today's optical fiber networks. SDH can carry different traffic and applications between destinations. These traffic applications can vary from private circuit and PDH to ATM, IP and data networks. This property depends on the high bandwidth that SDH has.

A STM-N comprises $9 \times 270 \times N$ bytes of information in a frame of $125\mu\text{s}$. An STM frame consists of 3 main parts. These are SOH, AU-*ptr*, and the container (payload).

In a SDH network, the information that will be carried is packaged into a synchronous transport network in order that it can be transported and managed across the network. First of all, the signal is packaged into a container. By adding SOH, POH and pointers, an SDH frame is produced. This process has many stages. These stages are constitution of VC, TU, TUG, AU, AUG, and STM frame.

In each stage, in order to avoid speed difference and loss of signal, justification, dummy, stuff bits and pointers are arranged. By doing this process, system works as a synchronised network.

SDH network has an end to end or ring topology. The network links between the network elements consist of two or four fibers. If the fiber carrying the traffic has a damage, the traffic will be carried on the other fiber. SDH networks have advanced automatic protection algorithm. The damage occurring on the working channel which carries the traffic, is reported to the network by using the bits on the SOH. Then the traffic is passed to protection channel. It is clear that SDH ring topology is a self healing system.

SDH network has an advanced network management system. The network is always controlled by the software and is always monitored by the operators so if a fault occurs, a react can be done immediately. By monitoring the whole network, statistical information for the performance of the network can be gathered. These information is used in long term planning and prediction of short term trends.

After development of computer technologies, the need for data communication with high capacity and high speed increased, especially for business purposes. For this reason, SDH was born. And also for banking sector, SDH with an advanced protection algorithm is a very important transportation system.

Keywords : Synchronization, frame, multiplexing, pointer, protection.

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, günümüz iletim teknolojisinde yerini almış olan senkron sayısal hiyerarşi'ye (SDH) değinilmiştir. Son yıllarda özellikle iş çevrelerinin gereksinim duyduğu yüksek kapasiteli ve hızlı iletim teknolojisi SDH'i doğurmuştur.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, basit telefon ağından günümüze kadar gelen iletim sistemleri ve bu sistemlerin gelişimi incelenmektedir.

Üçüncü bölümde, SDH'in temelleri ve kullanılan bazı terimler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, SDH için çoklamanın nasıl yapıldığı, temel çerçeve yapısı gibi konulara değinilmiş ve bu konuların devamı olan çoklama metotlarına ise beşinci bölümde değinilmiştir.

Altıncı bölümde, SDH çerçevesi içindeki işaretçilerin türlerinden, alabileceği değerlerden, frekans ayarının nasıl yapıldığından ve işaretçilerin üretimi ile yorumlanmasından söz edilmektedir.

Yedinci bölümde, SDH çerçevesi içindeki yükün yerini belirleyen, bakım ve performans izleme gibi idari fonksiyonları gerçekleştiren ve koruma prosedürünü aktif hale getirmek için gerekli hata faktörlerini bulan bölüm başlığı (SOH) ve yol başlığından (POH) söz edilmektedir.

Sekizinci bölümde, çeşitli sanal kaplar (VC-N) içine girişlerin (tributary) nasıl eşleştirildiği anlatılmaktadır.

Dokuzuncu bölüm, SDH'in önceki haberleşme sistemlerine göre en büyük avantajlarından biri olan koruma ile ilgilidir. Burada, koruma çeşitleri ve hata durumunda trafiğin nasıl koruma kanalına aktarıldığından söz edilmektedir.

Onuncu bölümde ise SDH ağı içindeki yönetim modelinden, hata yada bakım yönetiminden ve ağın performansını belirleyen verilerin nasıl toplanıp saklandığından söz edilmektedir.

2. İLETİŞİM AĞLARI

Bu bölümün amacı iletişim ağları ile ilgili temel bilgileri vermektir.

2.1 İletişim Ağlarının Gelişimi

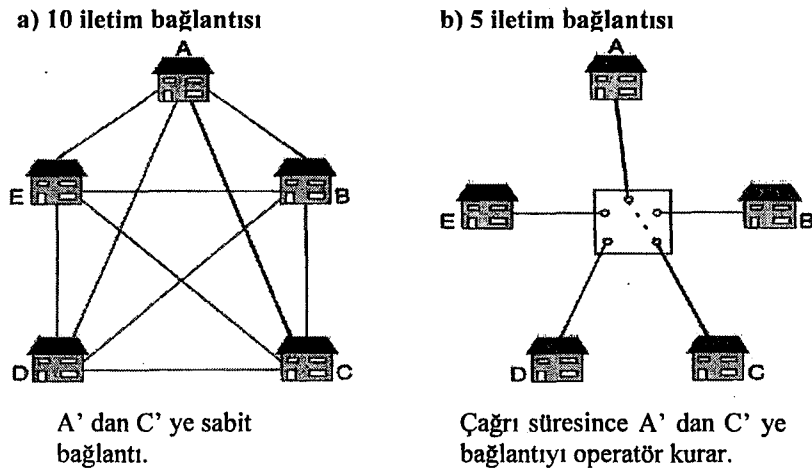
Başlangıçta, global iletişim ağı, telefon cihazları arasındaki konuşmaları iletmiştir. İlerleyen zamanlarda, telekomünikasyon'un gelişimiyle, taşınan trafiğin miktarı ve çeşidinde gelişme olmuştur. Dolayısıyla iletim ağına duyulan gereksinimler artmıştır. Geniş bir servis kuşağını iletmek ve bu servisleri son kullanıcıların istediği kalite seviyesinde dağıtmak için, güvenilir esnek ağlara gereksinim duyulmuştur.

Trafik tipi ne olursa olsun, optik fiber ağ alt yapısı üzerindeki trafiği yönetmek için fiziksel bir katmana ihtiyaç duyulur. SDH (Kuzey Amerika'daki eşdeğeri SONET'tir), optik fiber ağları için en önemli fiziksel katman teknolojisidir.

Esasen SDH bir iletişim protokolüdür; varış noktaları arasındaki, farklı trafik çeşitlerini ve kullanımları taşıyan ağın fiziksel taşıma (bearer) kanalıdır. Bu kullanımlar trafiği, sözde senkron hiyerarşi (Plesiochronous Digital Hierarchy –PDH), asenkron transfer modu (Asynchronous Transfer Mode-ATM) internet protokolü (Internet Protocol – IP) ve data ağları gibi çeşitli olabilir.

2.1.1 Basit Telefon Ağı

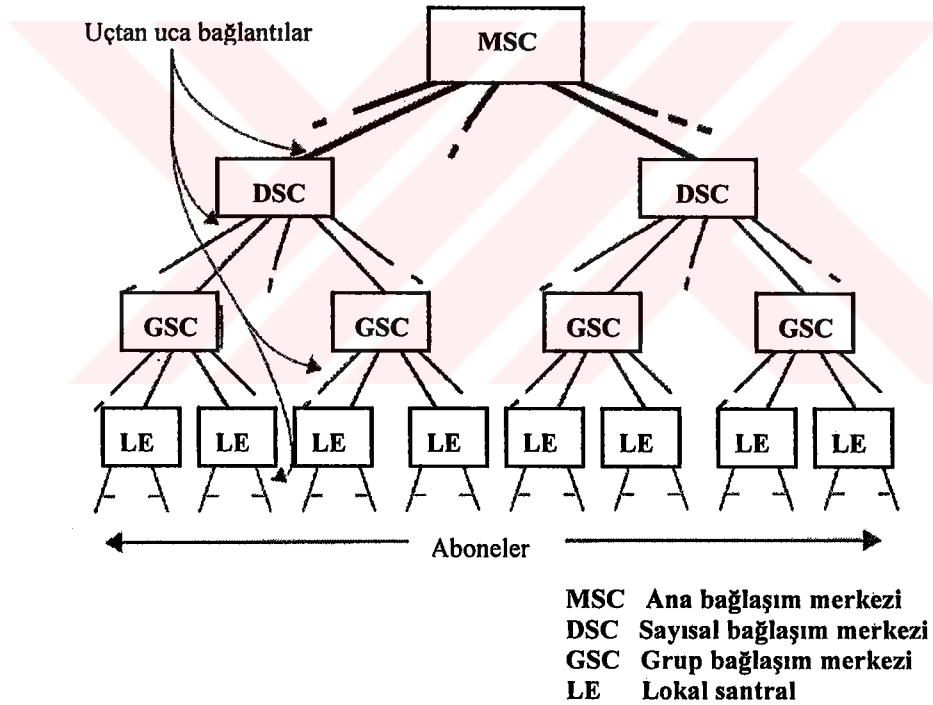
Haberleşme sistemi, aboneler arasındaki daimi bağlantılarla iletme başlamıştır. Bu sistemde, her abonenin konuşmak istediği abone ile arasına bir hat konulmuştur (Nortel Networks, 1999). Telefona olan talep arttıkça bu sistem talepleri karşılayamaz hale gelmiştir (Şekil 2.1a).



Şekil 2.1 Uçtan uca ve operatör ağları / (Synchronous Transmission Systems)

Sonrasında, tüm abonelerin bağlandığı merkezi bir nokta ortaya çıkmıştır. Bu merkezi noktada, iki abone istedikleri zaman birbirleri arasında bağlantı kurabilmiştir (Şekil 2.1b).

Daha fazla insan santrale bağlanmak isteyince ve bu telefon ağlarının coğrafi alanı genişleyince şekil 2.2'deki santrallere ihtiyaç duyulmuştur. Bu santraller, basit noktadan noktaya iletim bağlantıları ile birbirine bağlanan ve diğerlerine nazaran daha akıllı ağlar olmuş. 20, 30 yıl içinde taşınan ses trafik miktarında ve dolayısıyla ağ üzerindeki yükte çok büyük bir artış olmuştur. Bununla birlikte özellikle iş çevresinde yeni trafik tipleri kullanılmaya başlanmıştır. Kişisel bilgisayar ve data patlamasıyla sadece trafik miktarı değil güvenilirlikte önem kazanmıştır.



Şekil 2.2 Santral hiyerarşisi / (Synchronous Transmission Systems)

2.2 İletim Teknolojisi

2.2.1 Analog İletim

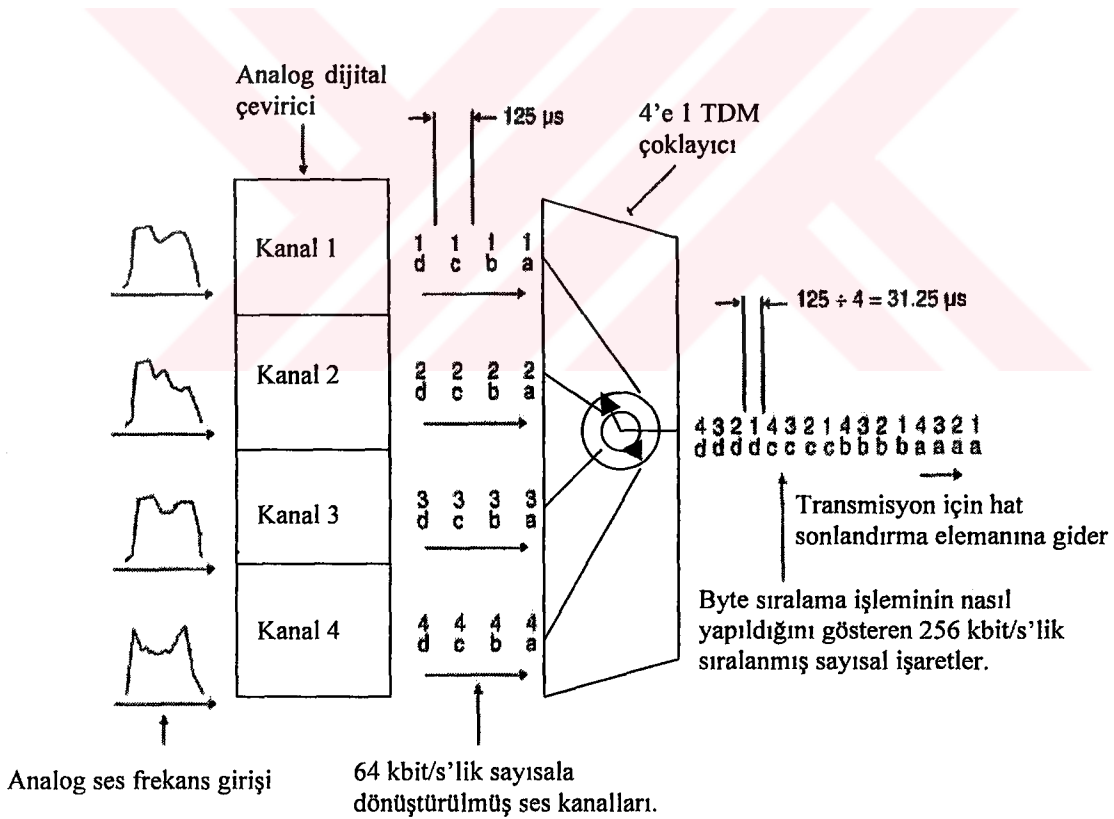
1970'lere gelene kadar ses sinyalleri analog olarak taşınmıştır. Basit bir koaksiyel kablo üzerindeki çoklu trafiği birleştirmek için (frekans bölmeli çoklama) FDM kullanılmıştır.

2.2.2 Sayısal İletim

1970'li yılların başında (darbe kod modülasyonu) PCM 'in kullanımı ile sayısal transmisyon sistemi gelişmeye başlamıştır. PCM, analog işaretlerin binary (ikili) formda temsilini sağlar. Bu metodun kullanımı ile 300-3400 Hz'lik analog işaretler, 64 kbit/s'lik sayısal işaretlere dönüştürülür. PCM'de analog sinyal, örneklenir, kuantize edilir (en yakın tam değere yuvarlanır) ve ikili düzende kodlanır (Nortel Networks, 1999).

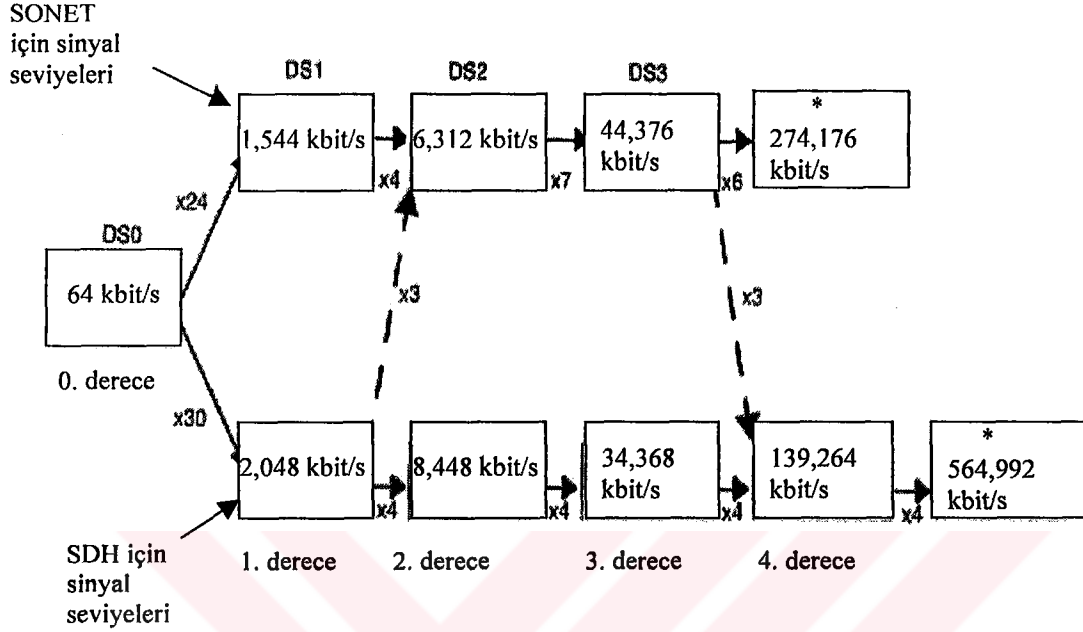
2.2.2.1 Zaman Bölmeli Çoklama

TDM ile bir çok 64 kbit/s'lik sayısal bit akımları, basit, yüksek hızlı bir bit akımı olarak birleştirilebilir (Şekil 2.3). Avrupa'da ve dünyanın büyük bir kısmında 30 tane 64 kbit/s'lik veri kanalı, kontrol ve işaretleşme bilgisini taşıyan iki kanalla birleşerek 2.048 Mbit/s'lik sayısal bir işaret oluşturulur. Bu TDM'in standart şemasıdır (Nortel Networks, 1999).



Şekil 2.3 Zaman bölmeli çoklama / (Synchronous Transmission Systems)

2.2.3 Sayısal Hiyerarşi



* ITU-T tarafından tanımlanmamış.

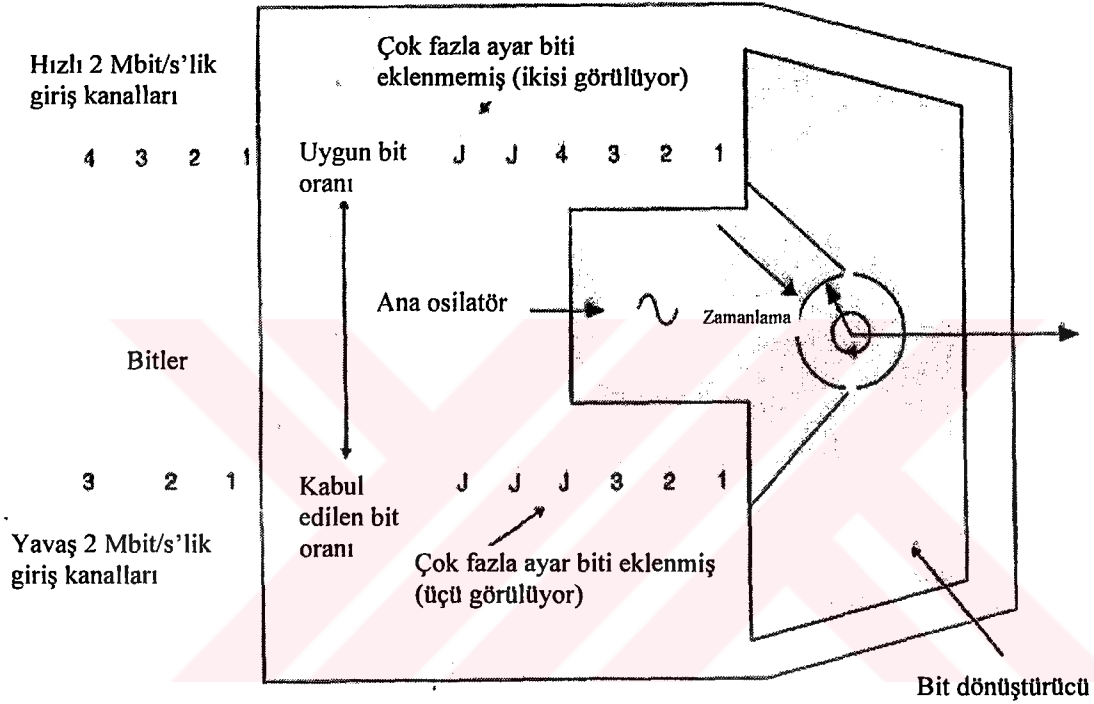
Şekil 2.4 Avrupa ve kuzey Amerika iletim hiyerarşisi / (Synchronous Transmission Systems)

Telefon trafiğinin artışıyla, 2 Mbit/s'lik standart sinyalin taşınması yeterli olmamaya başlamıştır. Bu nedenle 2 Mbit/s'lik 4 kanal birleştirilerek 8 Mbit/s'lik kanallar oluşturulmuştur (tam olarak 8.448 Mbit/s). Sonrasında 34 Mbit/s (34.368 Mbit/s), 140 Mbit/s (139.264 Mbit/s) ve 565 Mbit/s (564.992 Mbit/s)'lik kanallar geliştirilmiştir. Şekil 2.4'deki diyagramda üstte Kuzey Amerika'daki, altta ise Avrupa'daki iletim hiyerarşisi görülmektedir.

2.2.4 Sözde Senkron İletim

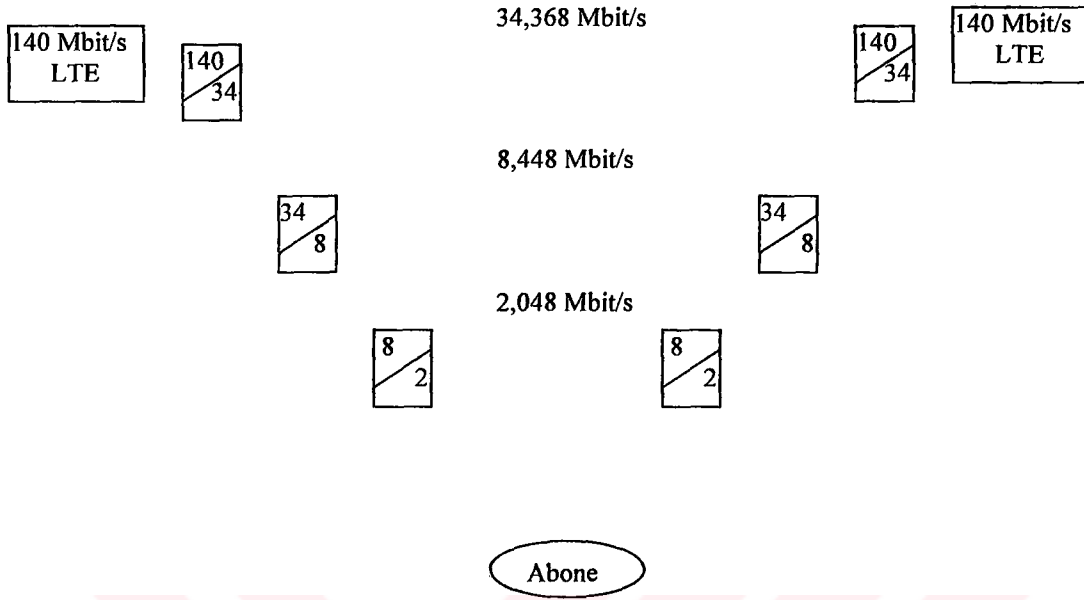
Çoklama hiyerarşisi, yukarıda oldukça basit tanıtıldığı halde pratikte daha komplikedir. Dikkatinizi çektiyse, çoklanan dört 2.048 Mbit/s'lik sinyal 8.192 Mbit/s'lik sinyali oluşturmalıydı, 8.448 Mbit/s'lik sinyali değil. Yüksek mertebeli sinyallerde de benzer farklar vardır. Bunun nedeni, çok sayıda 2 Mbit/s'lik işaret çoklanırken muhtemelen farklı eleman parçaları tarafından yaratılırlar. Her biri biraz farklı bir değeri üretir. 2 Mbit/s'lik kanallar bit dönüşümüne (bit interleaving) tabi tutulmadan önce aynı bit oranlarına sahip olsunlar diye "boşluk (dummy)" bilgi bit'i yada ayar (justification) bit'i eklenir (Nortel Networks, 1999).

Çoklama hiyerarşisinin her aşamasında meydana gelen bu problem, yukarıda bahsedilen senkronizasyon problemi ile aynıdır. Bu nedenle her aşamada ayar bit'i eklenir. Şekil 2.5 de sözde senkron (plesiochronous) çoklama işlemi görülmektedir.



Şekil 2.5 Sözde senkron çoklama / (Synchronous Transmission Systems)

PDH yapısında (şekil 2.6), 140 Mbit/s'lik yapı içinden 2 Mbit/s'lik hattı almak için 140 Mbit/s'lik yapı sırasıyla 34 Mbit/s ve 8 Mbit/s'ye indirgenir. 2 Mbit/s'den 140 Mbit/s'yi elde etmek için bunun tersi yapılır. Bu ekle-çıkartma algoritması esnek bir yapıya sahip değildir. Bu PDH'in en büyük dezavantajlarından biridir. Diğer kısıtlama ise PDH çerçeve yapısı, ağ yönetim bilgisini taşımada yeterli bir birikime sahip değildir.



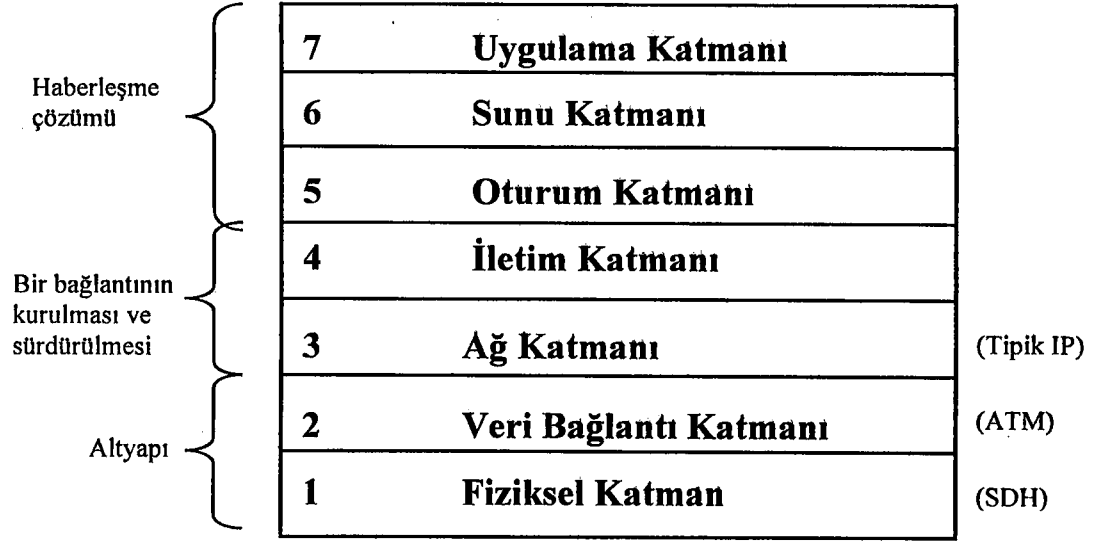
Şekil 2.6 Sözde senkron ekle çıkar şeması / (Synchronous Transmission Systems)

2.2.5 SDH Standartlarının Ortaya Çıkması

Senkron sayısal hiyerarşi (synchronous digital hierarchy- SDH), operatörler esnek bir ağa sahip olsunlar diye geliştirilmiştir. Kanalların eklenmesi ve çıkarımı basit bir çoklayıcı (multiplexer) ile gerçekleştirilmiştir. Ağı yönetme yeterliliği, standartlar içinde tanımlanmıştır. SDH, PDH'in eksiklerini kapayan senkron bir iletim sistemidir (Nortel Networks, 1999).

2.2.6 Açık Sistemlerin Ara Bağlantı Modeli (The Open System Interconnect Model)

ISO (International Organisation for Standardization), 7 OSI katmanını belirlemiştir (şekil 2.7). Bu model ile SDH bir iletim protokolüdür ve fiziksel yada taşıma kanalı için baskın bir teknolojidir. SDH 2-4 katmanlardaki kullanımlarda, örneğin ATM yada IP, fiziksel taşıma kanalı gibi davranabilir yada 1-4 katmanlarındaki gibi davranır ve direk olarak yüksek seviyeli kullanımları iletir. Rolü, fiber alt yapısının etkin kullanılmasıdır. Hatalar bulunur ve şeffaf olarak üst katmanlarda düzeltilir (Nortel Networks, 1999).

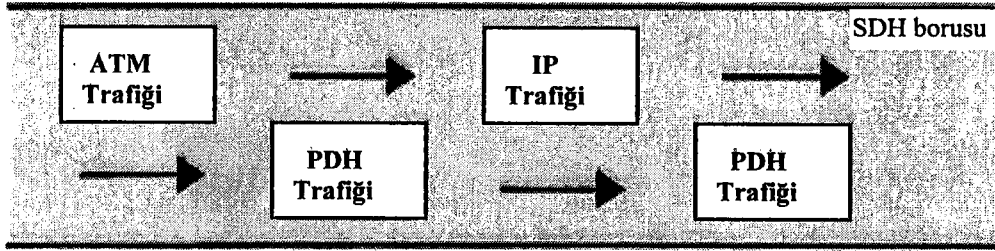


Şekil 2.7 OSI modeli / (Synchronous Transmission Systems)

3. SENKRON SAYISAL HİYERARŞİNİN TEMELLERİ

Günümüz optik fiber ağlarında, SDH ve SONET üstün bir teknolojidir. Rollerini, pek çok trafik çeşidini fiziksel alt yapı sistemi üzerinden iletmek ve yönetmektir (Nortel Networks, 1999).

SDH, yaygın olarak OSI modelinin 1. katmanı olan “fiziksel iletim katman protokolünde” görülür. SDH transmisyonu basit terimlerle bilgi paketi formunda trafik taşıyan bir boru olarak düşünülebilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 SDH iletim ‘borusu’ / (Synchronous Transmission Systems)

SDH pek çok farklı trafik çeşidini taşıyabilir. Örneğin ses, video, multimedya ve IP gibi veri uygulamaları üzerine kurulu paket gibi. Bununla birlikte rolleri gerçekte aynıdır; fiber alt yapı sistem kullanımlarını yönetmek. Bunun anlamı, çeşitli trafik tipleri taşınırken bant genişliğini etkin bir şekilde kullanımı, hataların bulunması ve üst katmanlarda şeffaf bir şekilde düzeltilmesidir.

3.1 Terimler ve Kavramlar

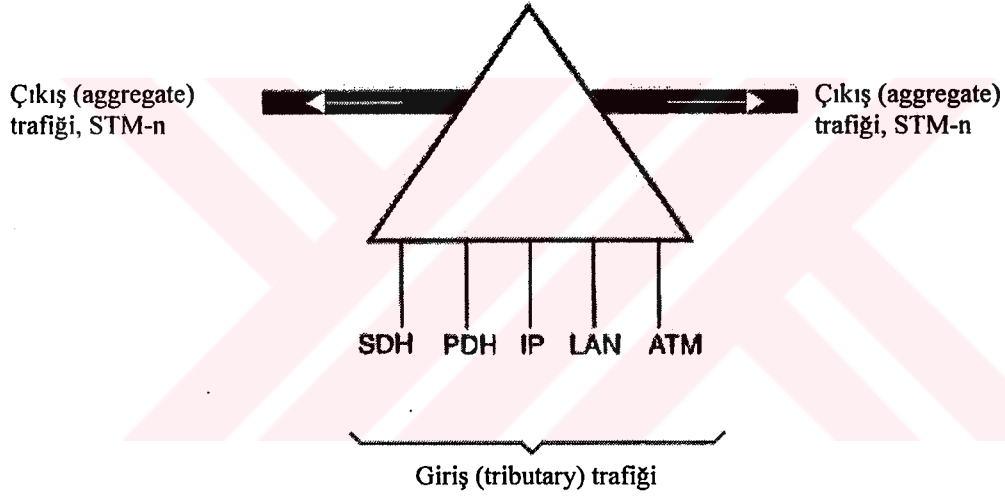
3.1.1 Basit Kavramlar

Bir iletim ağı; bir ağda abonelerle düğümler arasındaki trafiğin taşınmasına imkan veren bağlantılar ve bağlantılı elemanlar olarak düşünülebilir. Bu düğümlerde, yüksek katman fonksiyonları (bağlaşma yada yönlendirme gibi) gerçekleştiriliyor olabilir. Hatırlanacak olursa pek çok bağlantı farklı düğümlerle yada abonelerle bağlantı kurabilir ve bunlar aynı özel fiziksel taşıma bağlantısını paylaşabilirler. Bu taşıma bağlantısı üzerinde kapasite ayrılabilir. Örneğin, bir son kullanıcı, operatörden belli bir adanmış (dedicated) kapasite kiralayabilir. Buna kiralanmış hat (leased line) yada özel devre (private circuit) denir (Nortel Networks, 1999).

Ağ elemanları; SDH taşıma ağı içindeki her düğümde yer alan donanımdır. Bunlar ile çoklama ve yönlendirme gibi taşınan trafik üzerinde bazı fonksiyonlar gerçekleştirilir (Nortel Networks, 1999). Ağ elemanları ve fonksiyonları daha ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır.

Bir kol yada giriş (tributary); daha az sayıda çıkış trafik akımı vermek için çoklama fonksiyonları tarafından diğer kol akımlarıyla çoklanan bir trafik akımıdır (şekil 3.2).

Bir bütün yada çıkış (aggregate) sinyali ; çıkış trafiği ile ilişkili bir terimdir. (şekil 3.2)



Şekil 3.2 Çoklama fonksiyonu / (Synchronous Transmission Systems)

SDH ağ elemanları, SDH olmayan girişleri de (tributary) etkin bir şekilde taşıyabilir. Örneğin ağın düşük yada gelişim katmanında, bir SDH ağ elemanı aşağıdaki girişleri direk bir trafik olarak taşıyabilir (Nortel Networks, 1999).

- 2 Mbit/s, 34 Mbit/s ve 140 Mbit/s gibi PDH ara birim oranları.
- Analog ses ara birimi
- Ethernet ara birimleri
- ISDN/HDSL (high speed digital subscriber line) ara birimi

3.1.2 Senkron İletim Modülü (STM)

Bu kısımda STM içindeki bir bilginin nasıl paketlenildiği anlatılmaktadır (ITU-T G.707, 1996; Lee vd., 1996; Nortel Networks, 1999).

Kap -n (container, n=1,2,3,4): SDH sinyalinin temel elemanıdır. Bir kap tarafından

paketlenen bir PDH sinyalinin gelen bilgi byte'larından oluşur. Çeşitli kap tipleri vardır.

Yol Başlığı (Path Overhead): Her kap bununla ilgili bazı kontrol bilgilerine sahiptir. Bu bilgi, yolun başlangıç düğümünde üretilip sondaki düğümünde sonlandırılır yada başka bir deyişle ayrılır. Bu bilgi, operatörün koruma (protection) ve performans izleme (performance monitoring) amaçlı olarak ağdan geçen sinyali izlemek ve belirlemek için trafiği sınıflandırmasına izin verir.

Sanal Kap (Virtual Container – VC-n): Bir kap ile yol başlığının birleşimi ile oluşur. SDH borusu içinde taşınan PDH trafik paketi olarak düşünülebilir. Değişik tipte VC'ler vardır. Bir VC-12, 2 Mbit/s'lik bir PDH sinyalini taşıyan bir C-12 kapını kapsar, bir VC-3, 34 Mbit/s'lik bir PDH sinyalini taşıyan bir C-3 kapını kapsar, bir VC-4, 140 Mbit/s'lik bir PDH sinyalini taşıyan bir C-4 kapını kapsar.

Sanal kaplar iki grup altında toplanırlar;

- Düşük seviyeli sanal kaplar, VC-n (n=1,2,3)
- Yüksek seviyeli sanal kaplar, VC-n (n=3,4)

İdari Birim (Administrative Unit-n, AU-n): Bir İdari birim (AU-n), yüksek mertebeli yol katmanı ile çoklama bölümü katmanı arasındaki adaptasyonu sağlayan bilgi yapısıdır. Bir bilgi yükü (yüksek mertebeli VC-n) ve çoklama bölümü çerçevesinin başlangıcına bağlı yük çerçevesinin başlangıç ofsetini belirleyen İdari birim İşaretçisinden (Administrative Unit Pointer - AU ptr) oluşur.

İki AU-n tanımlanmıştır. AU-4, bir VC-4 ve STM-N çerçevesine göre VC-4'ün faz hizalamasını gösteren AU-ptr'den oluşur.

AU-3, bir VC-3 ve STM-N çerçevesine göre VC-3'ün faz hizalamasını gösteren bir AU-ptr'dan oluşur.

Her durumda, AU-ptr'in yeri STM-N çerçevesine göre sabittir. İlave olarak STM-N çerçevesi içinde (Administrative Ünit Group –AUG) idari birim grubu denen bir AU daha vardır. Bir AUG, homojen bir şekilde derlenen AU-3 ve AU-4'lerden oluşur.

Giriş Birimi (Tributary Unit – TU-n) : Düşük seviyeli yol katmanı ile yüksek seviyeli yol katmanı arasındaki adaptasyonu sağlayan bilgi yapısıdır. Bir bilgi yükü (düşük seviyeli sanal kap) ve yüksek seviyeli VC çerçevesinin başlangıcına bağlı yük çerçevesinin başlangıç ofsetini gösteren bir giriş birimi işaretçisinden (Tributary Unit Pointer – TU-ptr) oluşur.

TU-n (n=1,2,3) bir VC-n ile birlikte bir TU-ptr'dan oluşur. İlave olarak Tributary Unit Group

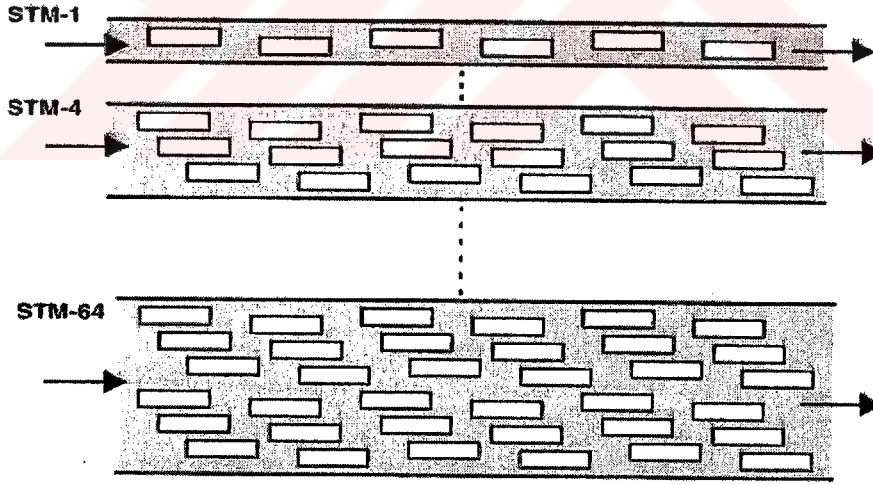
– TUG (Giriş Birimi Grubu) denen bir TU daha vardır. Adından da anlaşılacağı gibi TUG bir TU grubudur.

Bir TUG-2, benzer TU-2'lerin yada bir TU-2'nin homojen olarak toplanması ile oluşur. Bir TUG-3, benzer TU-3'lerin yada bir TU-3'ün homojen olarak toplanması ile oluşur.

Yuvalama (Nesting) : Bir sanal kap (VC) diğer VC'leri taşıyabilir ve bu olay yuvalama (nesting) olarak bilinir. Örneğin bir VC-4, 63 VC-12 ile paketlenebilir.

Senkron İletim Modülü (Senkron Transport Module STM-N) : Bir sinyal bir VC içinde paketlenir fakat iletim bağlantısı üzerinden gerçekte nasıl iletilir ? VC'ler STM içine yerleştirilir ve bu STM iletilir. VC'ler STM'in yük bölgesi içinde yer alır.

STM-1 çerçevesi SDH'in temel birimidir. 4 STM-1 çerçevesi çoklanarak yada birleştirilerek daha yüksek iletim hızına sahip STM-4 çerçevesini verir. STM16 ve STM-64 daha yüksek oranları sunabilir. Bu nedenle, yük içinde çok daha fazla sayıda sinyal gönderebilir (Şekil 3.3).



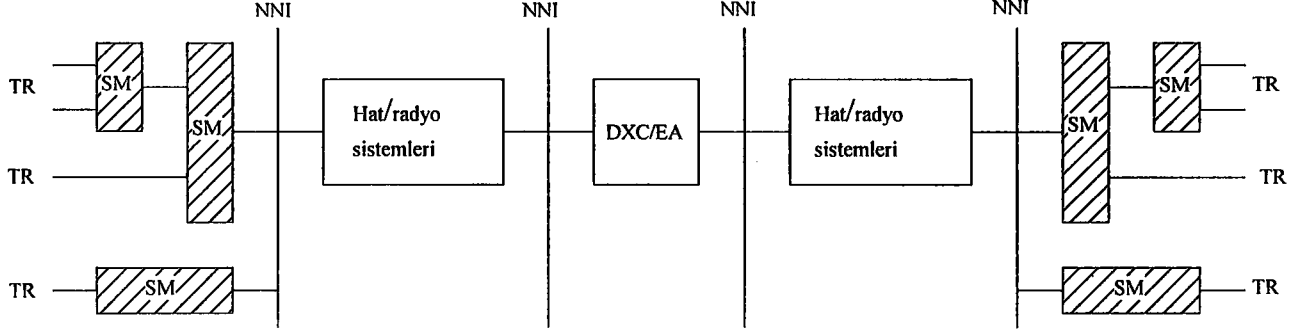
Şekil 3.3 STM trafik 'boruları' / (Synchronous Transmission Systems)

Bölüm Başlığı (Section Overhead – SOH) : SOH byte'ları komşu düğümler arasında bir haberleşme kanalı sağlayarak bağlantı üzerinden iletim kontrolüne izin veren bilgi byte'larıdır. Koruma bağlaşması oluşumu gibi bölüm hatasının olması durumunda, iki düğümün birbiri ile haberleşmesine izin verir.

Ardışıl Dizilme (Concatenation) : Bir çok VC'nin birleştirilerek ortak kapasitelerinin bit

dizisi bütünlüğünün sağlandığı, tek bir kap gibi kullanıldığı prosedürdür.

Ağ Düğüm Ara Yüzeyi (Network Node Interface – NNI) : Diğer ağ düğümü ile bağlantı kurmak için kullanılan bir ağ düğümündeki ara yüzeydir(Şekil 3.4).



DXC Sayısal çapraz-bağlantı elemanı (Digital cross-connect equipment)

EA Harici erişim elemanı (External Access equipment)

SM Senkron çoklayıcı (Synchronous Multiplexer)

TR Giriş (Tributary)

Şekil 3.4 NNI yerleşimi / (ITU-T Recommendation G.707)

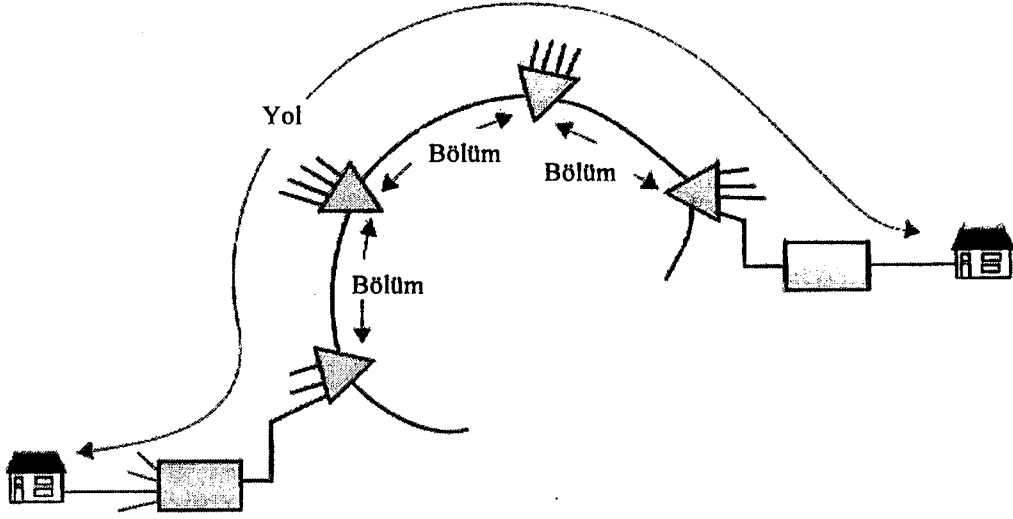
SDH Eşleştirme (Mapping) : Bir SDH ağı sınırları içinde, girişlerin (tributaries) VC'ler içine adapte edildiği bir prosedürdür.

SDH Çoklama (Multiplexing) : Çeşitli düşük seviyeli yol katman sinyallerinin, bir çoklama bölümü içinde, yüksek seviyeli bir yola yada çeşitli yüksek seviyeli yol (path) katman sinyallerine adapte edildiği bir prosedürdür.

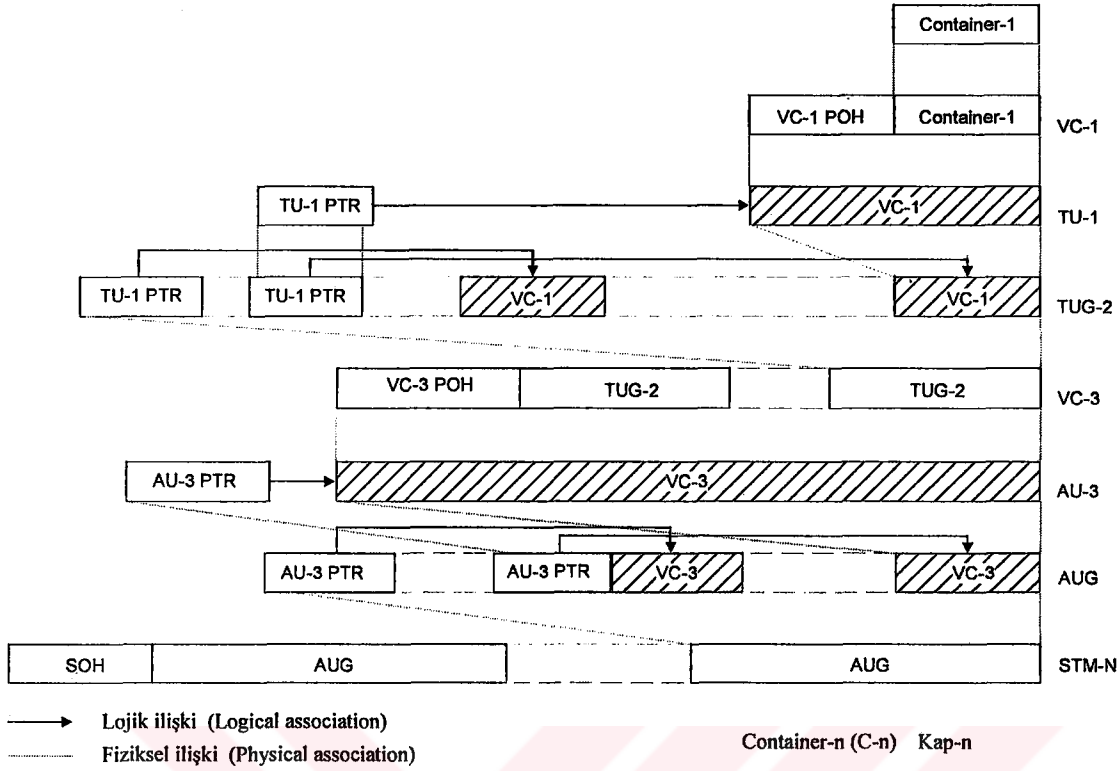
SDH Hizalama (Alingning) : Çerçeve ofset bilgisinin, desteklenen katmanın referans çerçevesine adapte edilirken TU yada AU içine dahil edildiği prosedürdür.

Bir yol, trafiğin uçtan uca olan devresini temsil eder. Bu, ağa karşı bir sanal kap (VC) tarafından alınan yoldur.

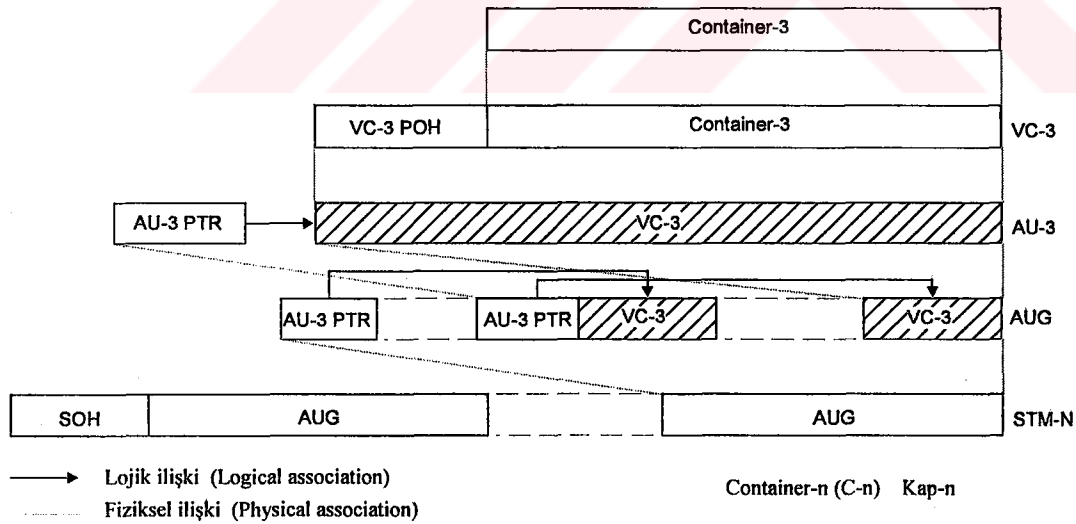
Bir bölüm (section), iki komşu düğüm arasındaki iletim bağlantısı olarak tanımlanır. Bir yol çok sayıda bölümden oluşmuştur. Şekil 3.5'de yol ile bölüm arasındaki ilişki gösterilmiştir.



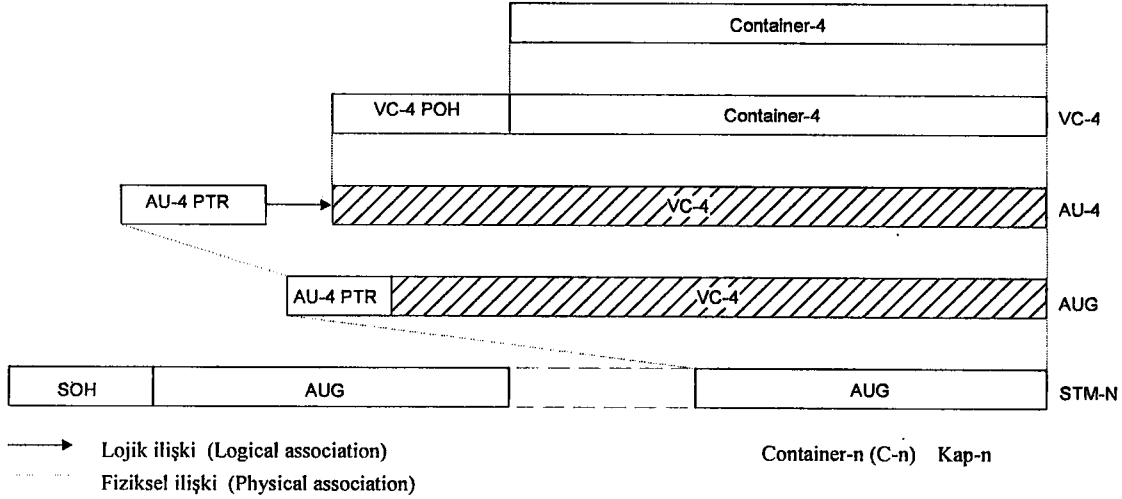
Şekil 3.5 Yol ve bölümler / (Synchronous Transmission Systems)



Şekil 4.3 AU-3 kullanılarak kap -1'den direk olarak çoklama metodu / (ITU-T Recommendation G.707)



Şekil 4.4 AU-3 kullanılarak kap -3'den direk olarak çoklama metodu / (ITU-T Recommendation G.707)

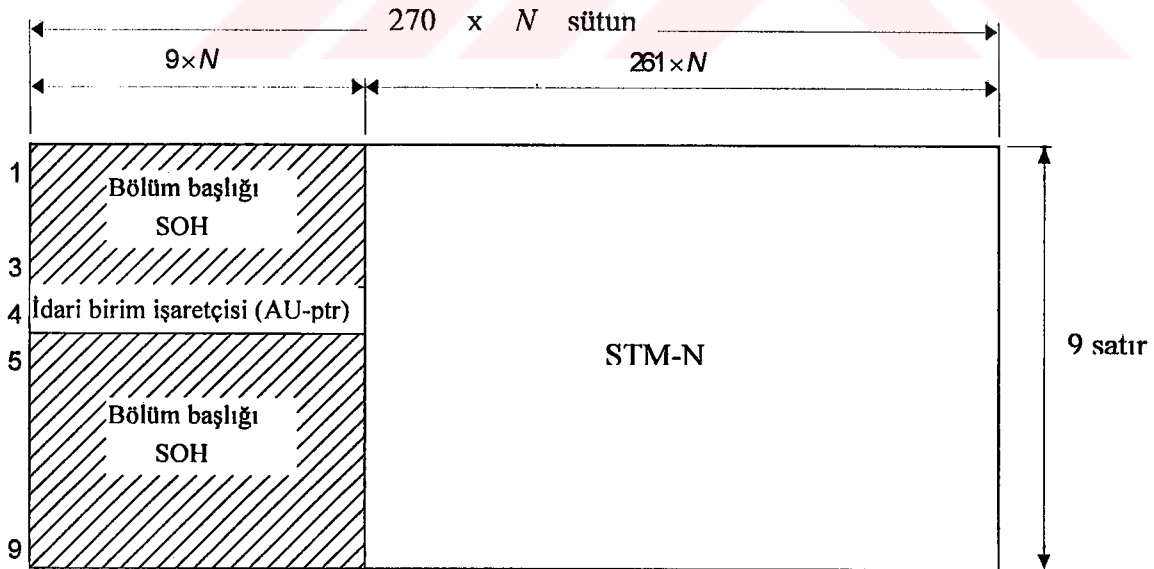


Şekil 4.5 AU-4 kullanılarak kap -4'den direk olarak çoklama metodu / (ITU-T Recommendation G.707)

4.2 Temel Çerçeve (frame) Yapısı

STM-N çerçeve yapısı Şekil 4.6 da görülmektedir. STM-N çerçevesinin 3 temel bölgesi belirtilmiştir (ITU-T G.707, 1996):

- SOH (Section Overhead) yani bölüm başlığı;
- İdari birim işaretçisi (Administrative Unit Pointer-AU PTR);
- Bilgi yükü (Information Payload);



Şekil 4.6 STM-N çerçeve (frame) yapısı / (ITU-T Recommendation G.707)

4.2.1 Bölüm Başlığı

Şekil 4.6 daki STM-N çerçevesinde, birinci sütundan 9*N. sütuna kadar olan bölgenin 1-3 ve 5-9 satırlarının oluşturduğu alanlar (taralı alan) SOH'a ayrılmıştır.

4.2.2 İdari Birim İşaretçileri

Yine şekil 4.6 da 1. sütundan 9*N. sütuna kadar olan bölgenin 4. satırı idari birim işaretçilerine ayrılmıştır.

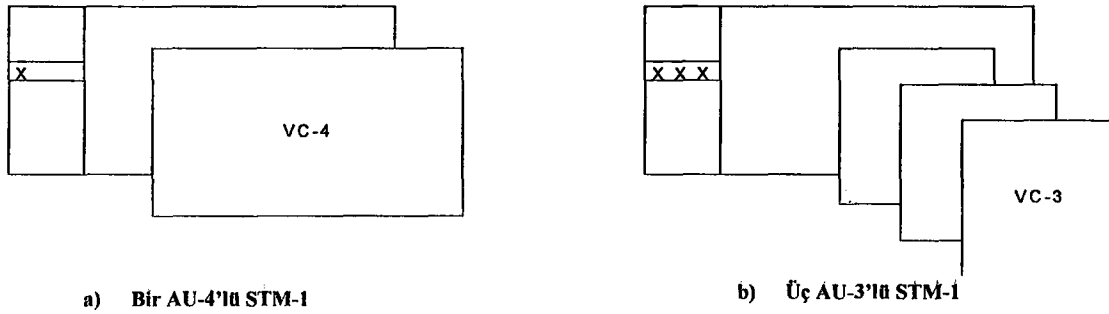
4.2.3 STM-N'in İdari Birimleri

STM-N yükü N AUG yi (idari birim grubu) desteklemektedir. (AUG, bir AU-4 yada 3 AU-3 den oluşabilir)

AU-N ile bağlantılı VC-N, STM-N çerçevesi ile ilişkili sabit bir faza sahip değildir. VC-n'in ilk byte'ının yeri AU-N işaretçisi tarafından belirlenir. AU-N işaretçisi STM-N çerçevesi içinde sabit bir yere sahiptir. Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8 de örnekler şekiller ile açıklanmaktadır.

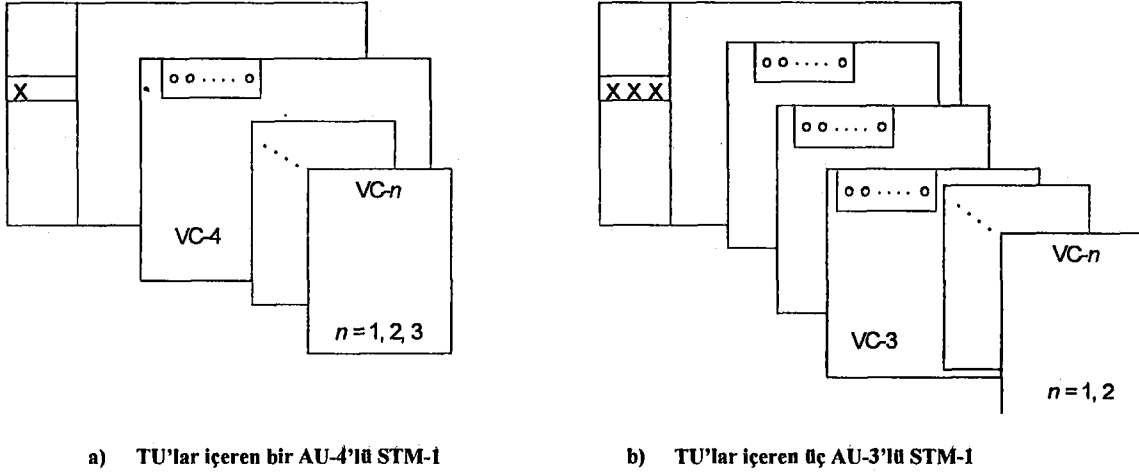
AU-4, VC-4 üzerinden çok sayıda TU-n'i (n=1,2,3) taşımak için kullanılabilir. Şekil 4.7a ve 4.8a da bununla ilgili bir örnek gösterilmektedir. TU-n ile bağlantılı VC-n, VC-4 başlangıcı ile ilgili sabit bir faz ilişkisine sahip değildir. TU-n işaretçisi VC-4 içinde sabit bir yere sahiptir ve VC-n'in ilk byte'ının yeri TU-n işaretçisi tarafından belirlenir.

AU-3, VC-3 üzerinden çok sayıda TU-n'i (n=1,2) taşımak için kullanılabilir. Örnek olarak Şekil 4.7b ve 4.8b gösterilmektedir. TU-n ile bağlantılı VC-n, VC-3 başlangıcı ile ilgili sabit bir faz ilişkisine sahip değildir. TU-n işaretçisi VC-3 içinde sabit bir yere sahiptir ve VC-n ilk byte'ının yeri TU-n işaretçisi tarafından belirlenir.



X AU-n işaretçisi
 AU-n AU-n işaretçisi + VC-n

Şekil 4.7 STM-1 çerçevesi içindeki idari birimler / (ITU-T Recommendation G.707)



X AU-n işaretçisi
 O TU-n işaretçisi
 AU-n AU-n işaretçisi + VC-n
 TU-n TU-n işaretçisi + VC-n

Şekil 4.8 İki durumlu çoklama / (ITU-T Recommendation G.707)

4.3 STM-N'lerin Ara Bağlanımı

SDH yaygın olarak tasarlanır ve geniş bir sinyal kuşağının iletimine izin verir. STM-N çerçevelerini birbirine bağlamak için aşağıdaki bağlantı kuralları uygulanır (ITU-T G.707, 1996).

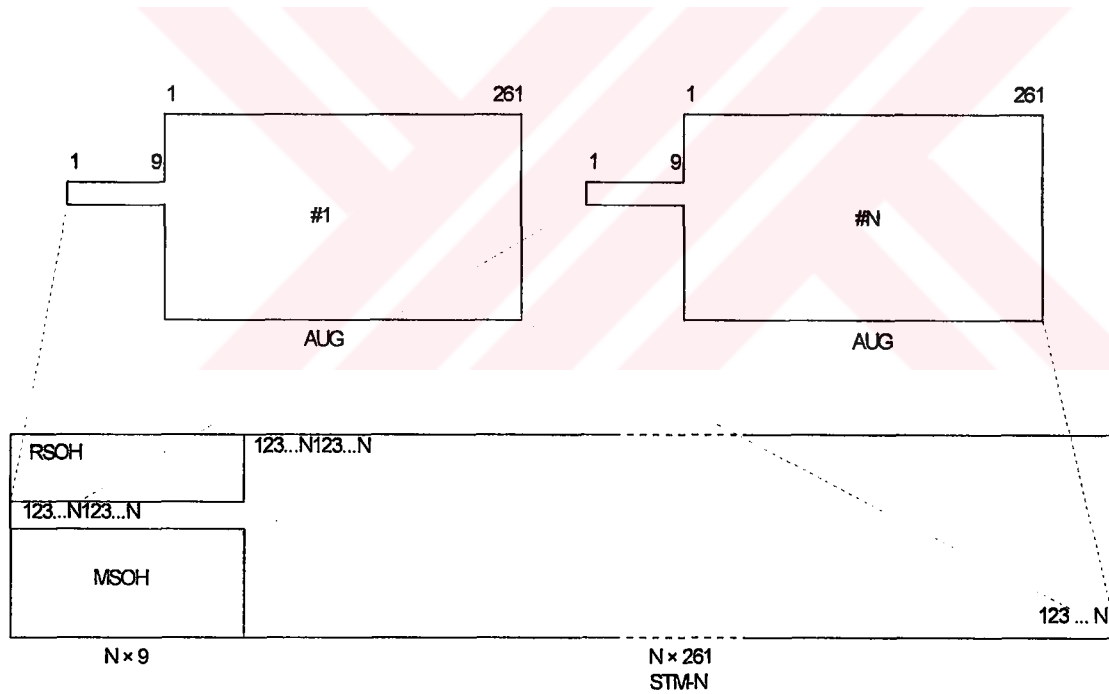
- AU-4 ve AU-3 denen iki farklı çeşit idari birim üzerine kurulan iki AUG arasındaki bağlantı kuralı, AU-4 yapısının kullanımını alacaktır. Bu nedenle, AU-3 üzerine kurulu olan AUG yük tipine göre VC-3 yada TUG-2'ye indirgenecektir (demultiplexing) ve TUG-3/VC-4/AU-4 yolu üzerinden bir AUG yeniden çoklanacaktır (multiplexing). Bu olay Şekil 4.9a ve 4.9b de gösterilmiştir.
- TU-11 ve TU-12 olarak bilinen değişik tipteki giriş (tributary) birimlerinin aracılığı ile iletilen VC-11'ler arasındaki bağlantı kuralı TU-11 yapısının kullanımı olacaktır (Şekil 4.9c).

5. ÇOKLAMA METÖDÜ

5.1 STM-N İçinde İdari Birimin Çoklanması

5.1.1 STM-N İçinde AUG'lerin Çoklanması

Şekil 5.1 de N tane AUG'nin STM-N içinde çoklanma düzeni görülmektedir. AUG 9 satır 261 sütun ve buna ilave olarak 4. satıra eklenen 9 byte'dan (AU-n pointer) oluşan bir yapıdır. STM-N bir SOH (bölüm başlığı) ve 9 satır $N \times 261$ sütun artı 4. satıra eklenen $N \times 9$ byte'dan oluşmuştur. N tane AUG ile bir STM-N oluşturulurken bir-byte-dönüştürme (one-byte-interleaved) denen bir yöntem başvurulur. Bu yöntemde her AUG'nin sırayla 1. byte'ı daha sonra 2. Byte'ı ve son olarak N. byte'ı alınır (ITU-T G.707, 1996).

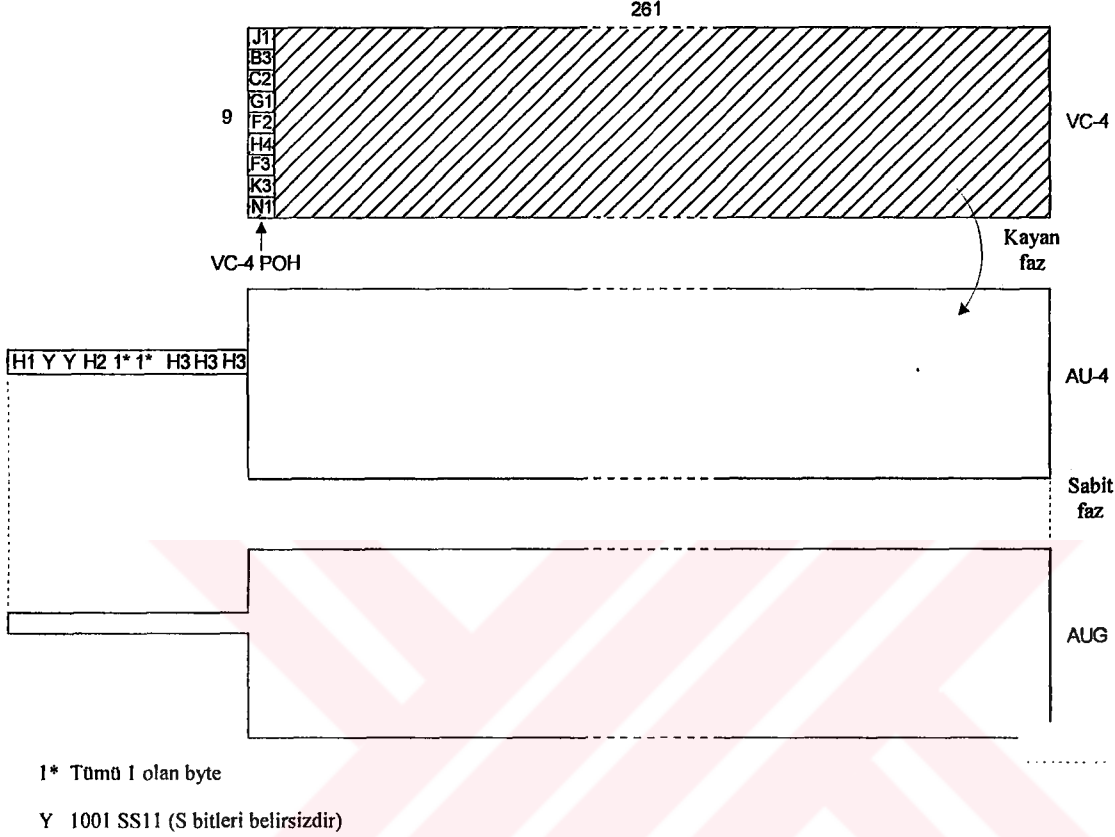


Şekil 5.1 STM-N içinde N tane AUG'nin çoklanması / (ITU-T Recommendation G.707)

5.1.2 AUG Üzerinden Bir AU-4'ün Çoklanması

Şekil 5.2 de AUG üzerinden basit bir AU-4 çoklama düzeni gösterilmiştir. 4. satırın başlangıcındaki 9 byte AU-4 işaretçisi (pointer) için ayrılmıştır. Kalan 9 satır, 261 sütun ise sanal kap-4 (virtual container-4 VC-4) için ayrılmıştır.

VC-4'un fazı AU-4'e göre sabit değildir. AU-4 işaretçisine göre VC-4'ün ilk byte'ının yeri işaretçi değeri tarafından belirlenir (ITU-T G.707, 1996). AU-4 direk olarak AUG içinde yer alır.



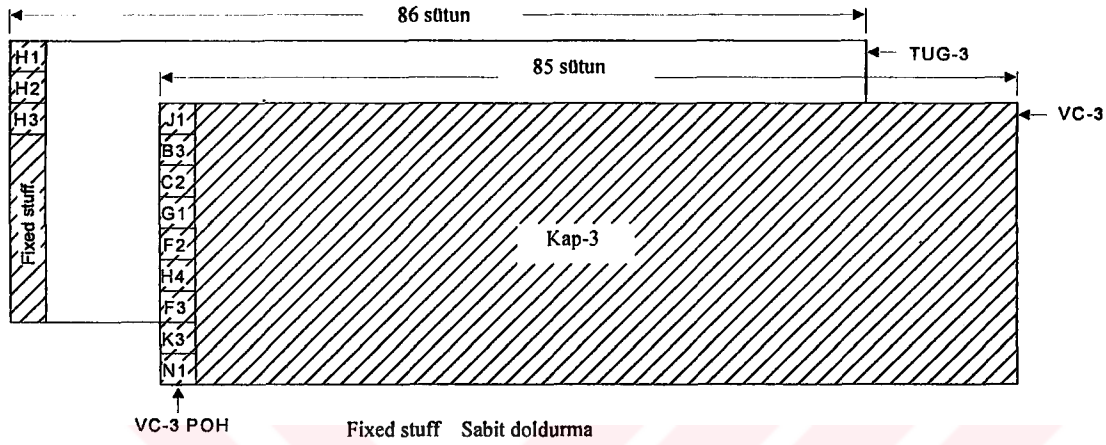
Şekil 5.2 AUG üzerinden AU-4'ün çoklanması / (ITU-T Recommendation G.707)

5.1.3 AUG Üzerinden AU-3'lerin Çoklanması

AUG üzerinden 3 AU-3'ün çoklama düzeni şekil 5.3 de gösterilmiştir. 4. Satırın başındaki 3 byte AU-3 işaretçisi için ayrılmıştır. Kalan 9 satır ve 87 sütundan oluşan kısım VC-3 ve iki sütunluk sabit doldurma (stuff) için ayrılmıştır. Her AU-3'un 2 sütunluk sabit doldurmasının her satırındaki byte aynı olmalıdır. VC-3 ve 2 sütundan oluşan sabit doldurmanın fazı AU-3'e göre sabit değildir (ITU-T G.707, 1996). AU-3 işaretçisi ile ilgili olarak VC-3'ün ilk byte'ının yeri işaretçi değeri tarafından belirlenir. 3 tane AU-3, AUG içinde bir-byte-dönüştürme işlemine tabi tutulur.

5.2.2 TUG-3 Üzerinden Bir TU-3'un Çoklanması

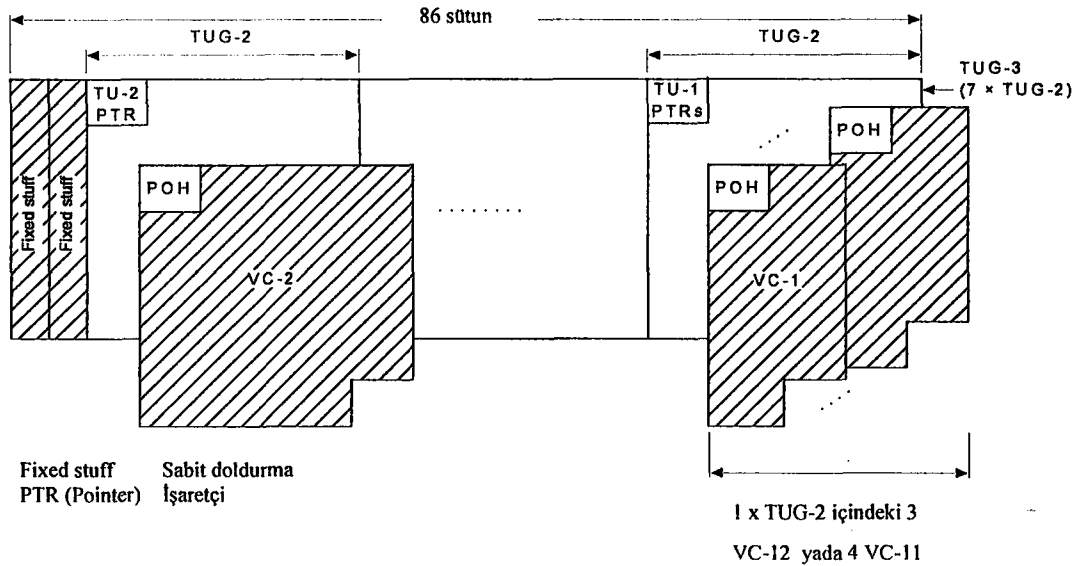
TUG-3 üzerinde tek bir TU-3 çoklaması, Şekil 5.5 de gösterilmektedir. TU-3, 9 byte'lık bir VC-3 POH'u ile birlikte VC-3'den ve TU-3 işaretçilerinden oluşur. 9 satır 86 sütunluk TUG-3'ün ilk sütunu TU-3 işaretçisi (H1,H2,H3 byte'ları) ve sabit bir doldurma için ayrılmıştır. TUG-3'e göre VC-3'ün fazı TUG-3 işaretçisi tarafından belirlenir (ITU-T G.707, 1996).



Şekil 5.5 Bir TUG-3 üzerinden bir TU-3'ün çoklanması / (ITU-T Recommendation G.707)

5.2.3 Bir TUG-3 Üzerinden TUG-2'lerin Çoklanması

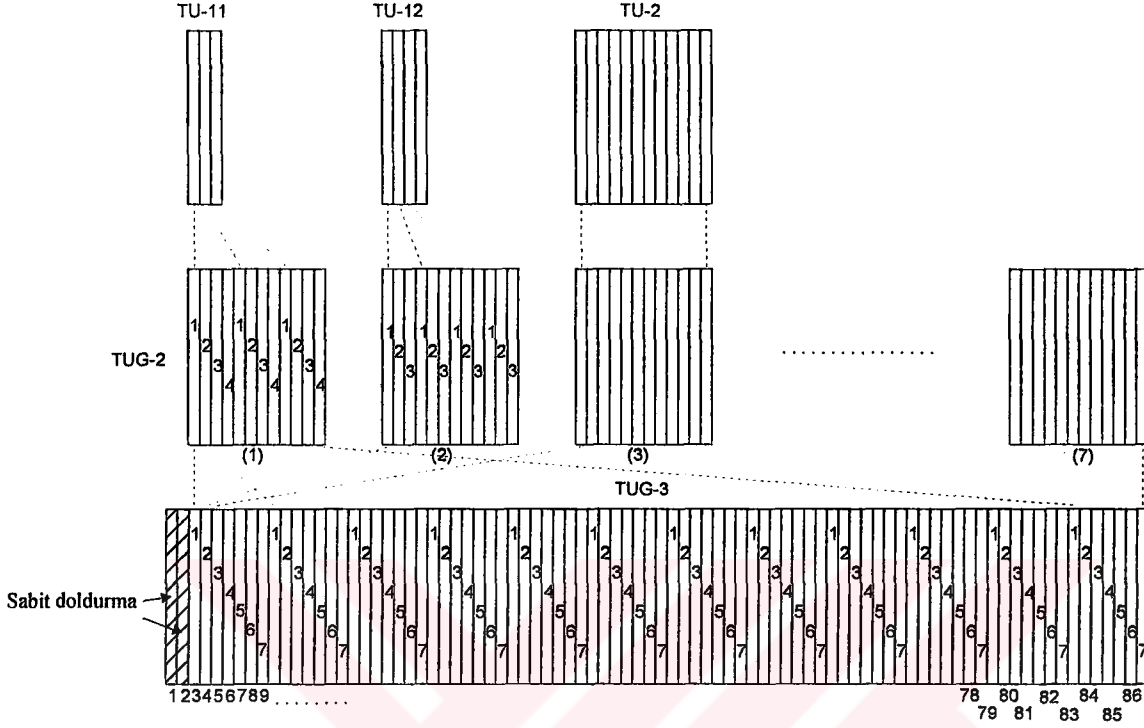
TUG-3 üzerinden, TUG-2 için çoklama yapısı Şekil 4-6 da gösterilmektedir. TUG-3 ilk iki kolonu sabit doldurma olan 9*86 byte'lık bir yapıdır.



Şekil 5.6 Bir TUG-3 üzerinden 7 TUG-2'nin çoklanması / (ITU-T Recommendation G.707)

7 TUG-2'lik bir grup Şekil 4-7 de gösterildiği gibi TUG-3 üzerinden çoklanır. TUG-2'ler

TUG-3 içindeki bir-byte- dönüşümüdür (ITU-T G.707, 1996).



Şekil 5.7 Bir TUG-3 üzerinden 7 TUG-2'nin çoklanması / (ITU-T Recommendation G.707)

5.2.4 Bir VC-3 İçinde TUG-2'lerin Çoklanması

Şekil 5.8 de bir VC-3 içinde, TUG-2'ler için çoklama yapısı gösterilmektedir. VC-3, VC-3 POH'u ve 9*84 byte'lık bir yükten oluşmaktadır, 7 TUG-2'lik bir grup VC-3 içinde çoklanabilir (ITU-T G.707, 1996).

5.2.5 TUG-2'ler Üzerinden Bir TU-2'nin Çoklanması

TUG-2 üzerinden bir tek TU-2'nin çoklanma düzeni şekil 5.9 da gösterilmektedir.

5.2.6 TUG-2'ler Üzerinden TU-1'lerin Çoklanması

TUG-2 üzerinden 4 TU-11 yada 3 TU-12'nin çoklama düzeni şekil 5.9 da gösterilmiştir. TU-1'ler, TUG-2 içinde bir-byte-dönüşümleridir.



6. İŞARETÇİLER (POINTERS)

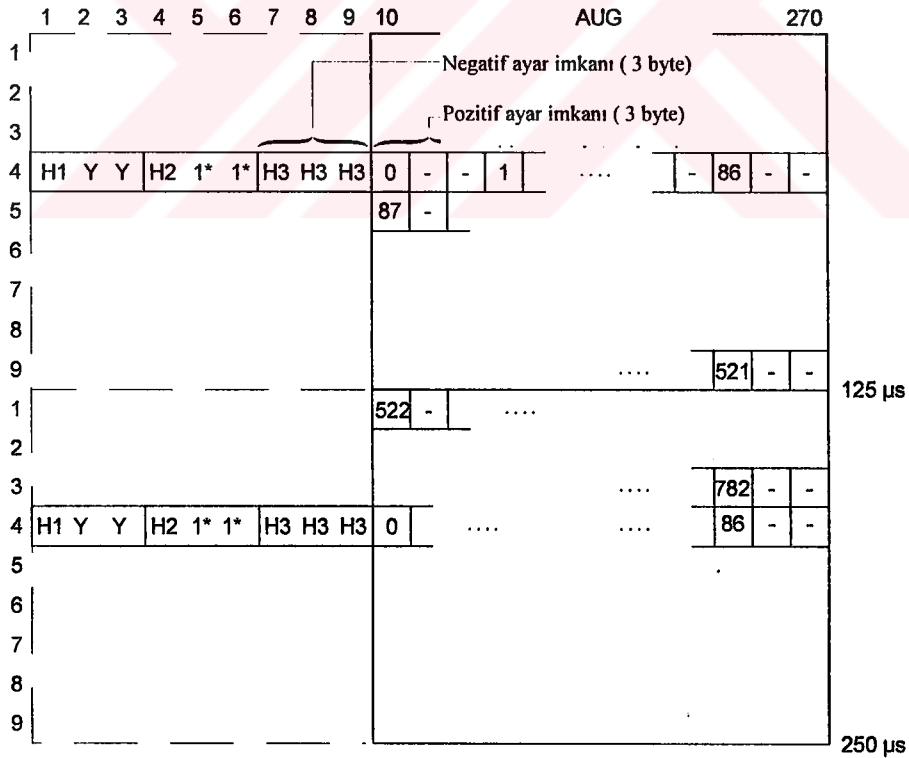
6.1 AU-n İşaretçisi

AU-n işaretçisi, AU-n çerçevesi ile VC-n'in dinamik hizalanmasını (dynamic alignment) ve kabul edilen bir esneklik metodunu sağlar (ITU-T G.707, 1996).

Dinamik hizalamanın anlamı, VC-n'in AU-n çerçevesi ile hareket etmesine izin verilmesidir. Bu nedenle işaretçi, farklı durumlara uyum gösterebilir, sadece VC-n ve SOH'un fazlarına değil aynı zamanda çerçeve oranlarına da.

6.1.1 AU-n İşaretçi Yerleşimi

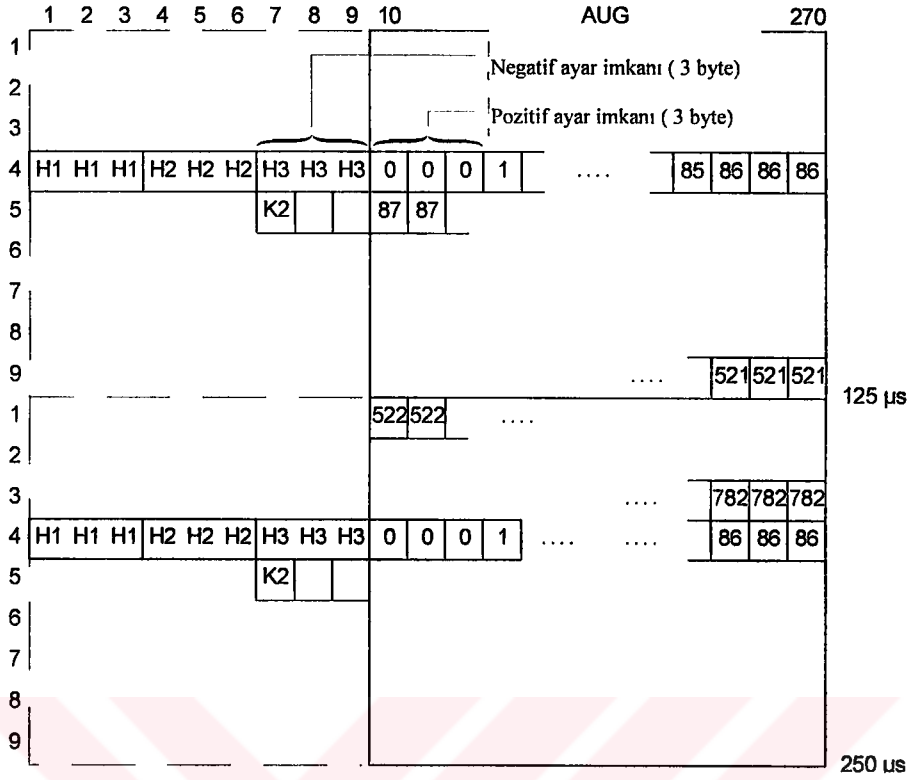
Şekil 6.1 de görüldüğü gibi, AU-n işaretçisini H1,H2 ve H3 byte'ları kaplamıştır. Şekil 6.2 de görüldüğü gibi, 3 ayrı AU-3 işaretçisini 3 farklı H1,H2,H3 byte'ları ile kaplanır (ITU-T G.707, 1996).



1* Tümü 1 olan byte

Y 1001 SS11 (S bitleri belirsizdir)

Şekil 6.1 AU-4 işaretçi ofset numaralaması / (ITU-T Recommendation G.707)



Şekil 6.2 AU-3 işaretçi ofset numaralaması / (ITU-T Recommendation G.707)

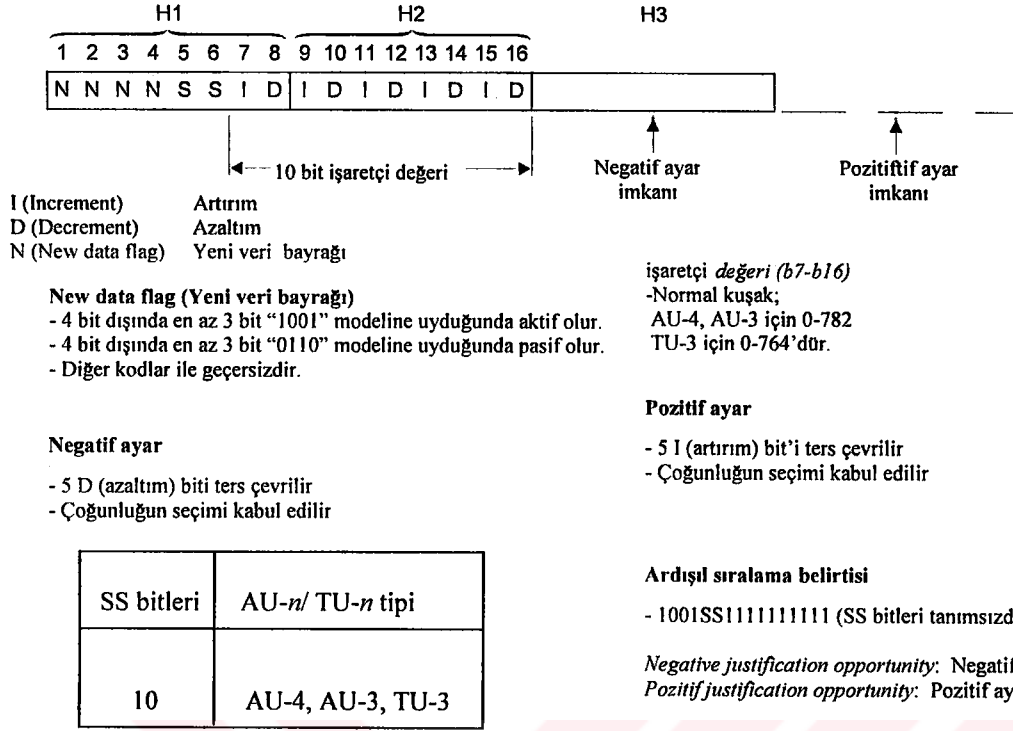
6.1.2 AU-n İşaretçi Değeri

H1 ve H2 ile kaplanan işaretçi, VC-n'in başlangıç byte'ının yerini belirler. İşaretçi fonksiyonuna ayrılan bu 3 byte, şekil 6.3 de görüldüğü gibi, bir word olarak görülebilir. İşaretçi word'ünün son 10 bit'i (7-16 bitleri) işaretçi değerini taşır (ITU-T G.707, 1996).

Şekil 6.3 de gösterildiği gibi AU-3 işaretçi değeri, VC-4'ün ilk byte'ı ile işaretçi arasındaki byte'ı gösteren 0-782 arası ikili bir sayıda olabilir. (şekil 6.1)

Şekil 6.3 geçerli bir ilave işaretçiyi de gösterir. Ardışıl sıralama belirtisi (concatenation indication), şöyle gösterilir; 1-4 bit'leri "1001", 5-6 bit'leri tanımsız ve 7-16 bit'lerinde 10 tane "1".

AUG üzerinde 3 tane AU-3 işaretçisi olduğu için her AU-3'ün kendi H1,H2,H3 byte'ları vardır. Şekil 6.2 de gösterildiği gibi, birinci H1,H2,H3 ilk AU-3'ü ikinci H1,H2,H3 ikinci AU-3'ü ve üçüncü H1,H2,H3 üçüncü AU-3'ü temsil eder. Her durumda, AU-n işaretçi byte'lari ofset içinde sayılmaz. Örneğin, değeri 0 olan bir AU-4 işaretçisi, VC-4'ün son H3 byte'ından hemen sonra başladığını gösterir. Bununla birlikte 87 ofseti, VC-4'ün K2 byte'ından 3 byte sonra başladığını gösterir.

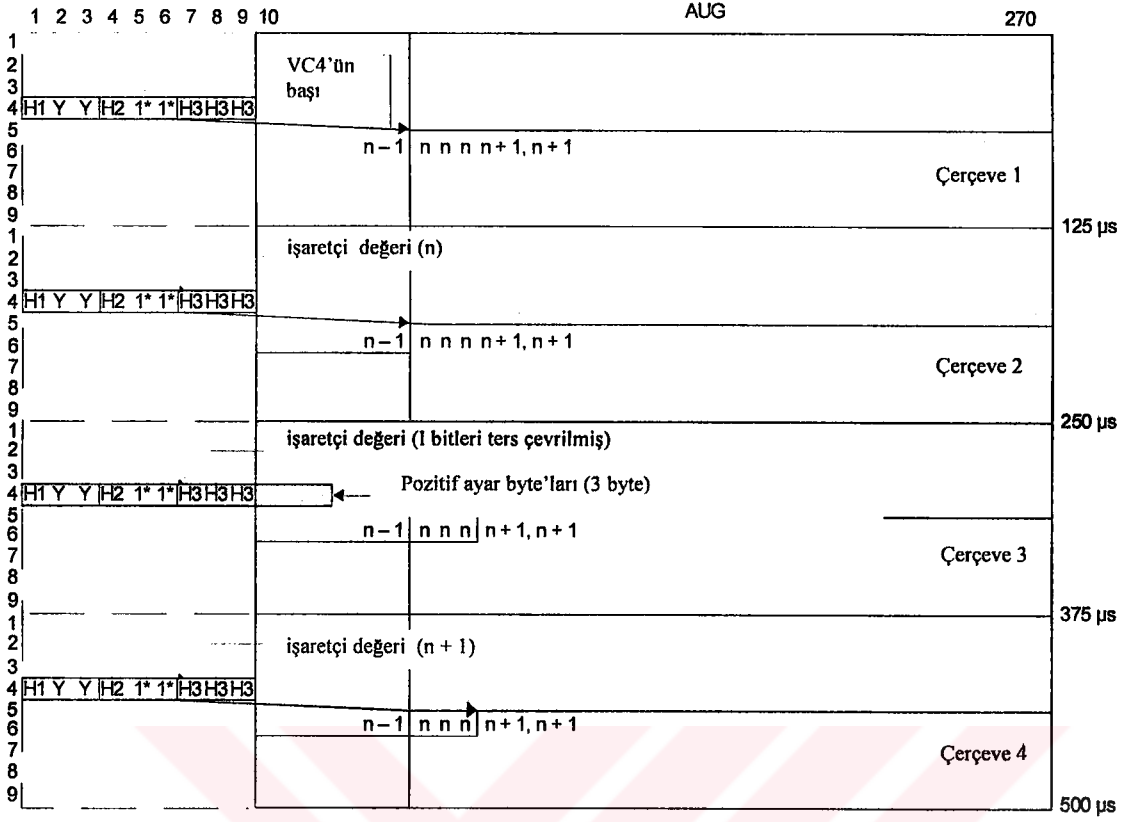


Şekil 6.3 AU-n / TU-n işaretçi (H1,H2,H3) kodlaması / (ITU-T Recommendation G.707)

6.1.3 Frekans Ayarı

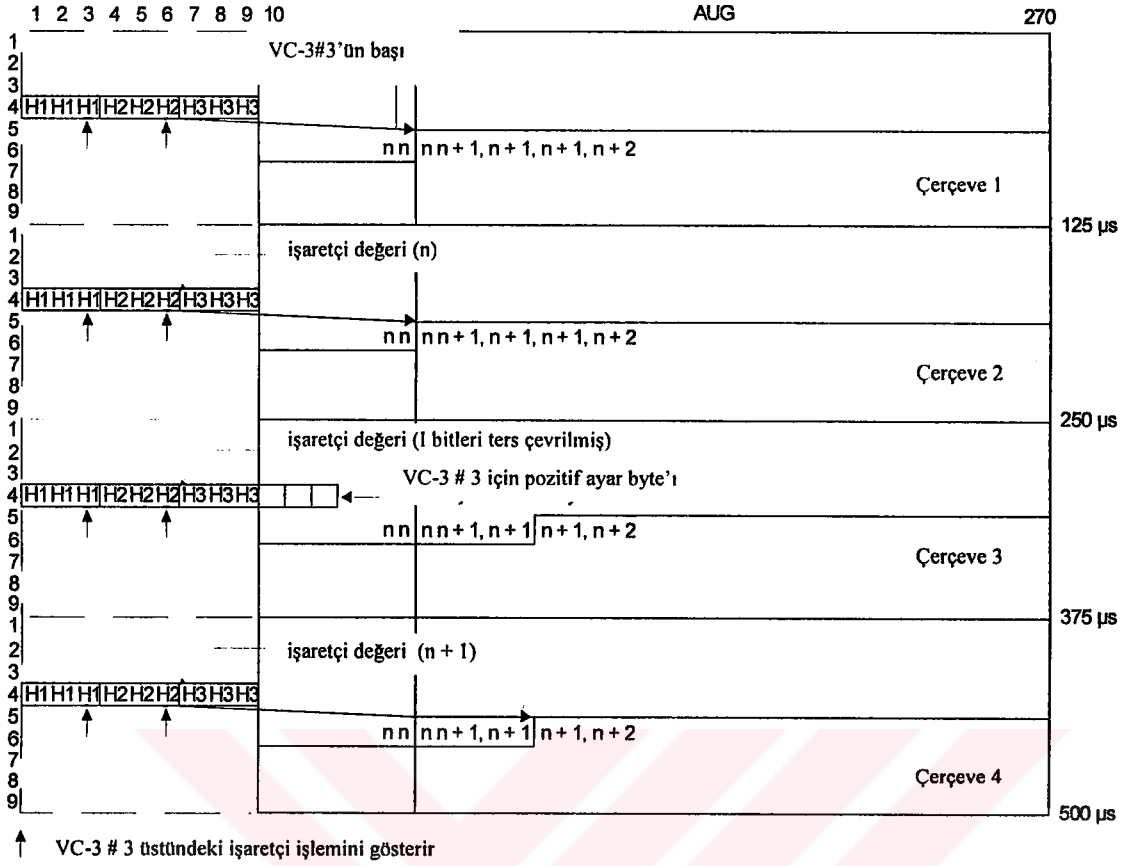
Eğer AUG ile VC-n çerçeve oranları, arasında bir frekans ofseti varsa (hızları farklıysa) pozitif ve negatif ayar byte'ları ile işaretçi değeri gerektiği kadar artırılıp azaltılacaktır.

AUG'ye göre VC-n çerçevesinin hızı yavaşsa, VC-n'in hizalanması (alignent) periyodik olarak geri kaymalı ve işaretçi değeri artırılmalıdır (ITU-T G.707, 1996; Chow, 1996). Bu işlem, işaretçi word'ünün 7,9,11,13 ve 15 nolu bitlerinin (I bitleri) ters çevrilmesiyle (inverting) yapılır. 3 pozitif ayar byte'ı, ters çevrilmiş I bitlerini içeren AU-4 çerçevesinin içindeki son H3 byte'ından hemen sonra belirir (şekil 6.4).



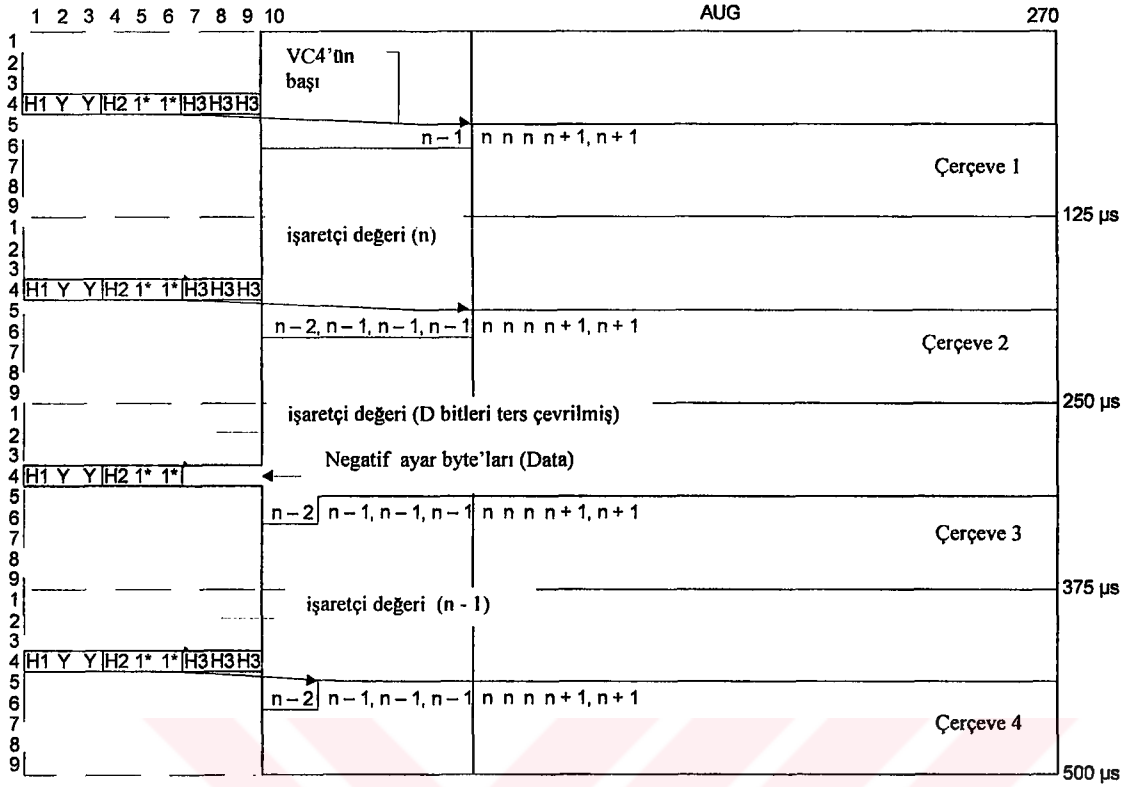
Şekil 6.4 AU-4 işaretçi ayar işlemi – pozitif ayar / (ITU-T Recommendation G.707)

AU-3 çerçeveleri için bir pozitif ayar byte'ı ters çevrilmiş I bitlerini içeren AU-3 çerçevesinin ayrı H3 byte'ından hemen sonra belirir. Bu durum şekil 6.5 de görülmektedir.



Şekil 6.5 AU-3 işaretçi ayar işlemi – pozitif ayar / (ITU-T Recommendation G.707)

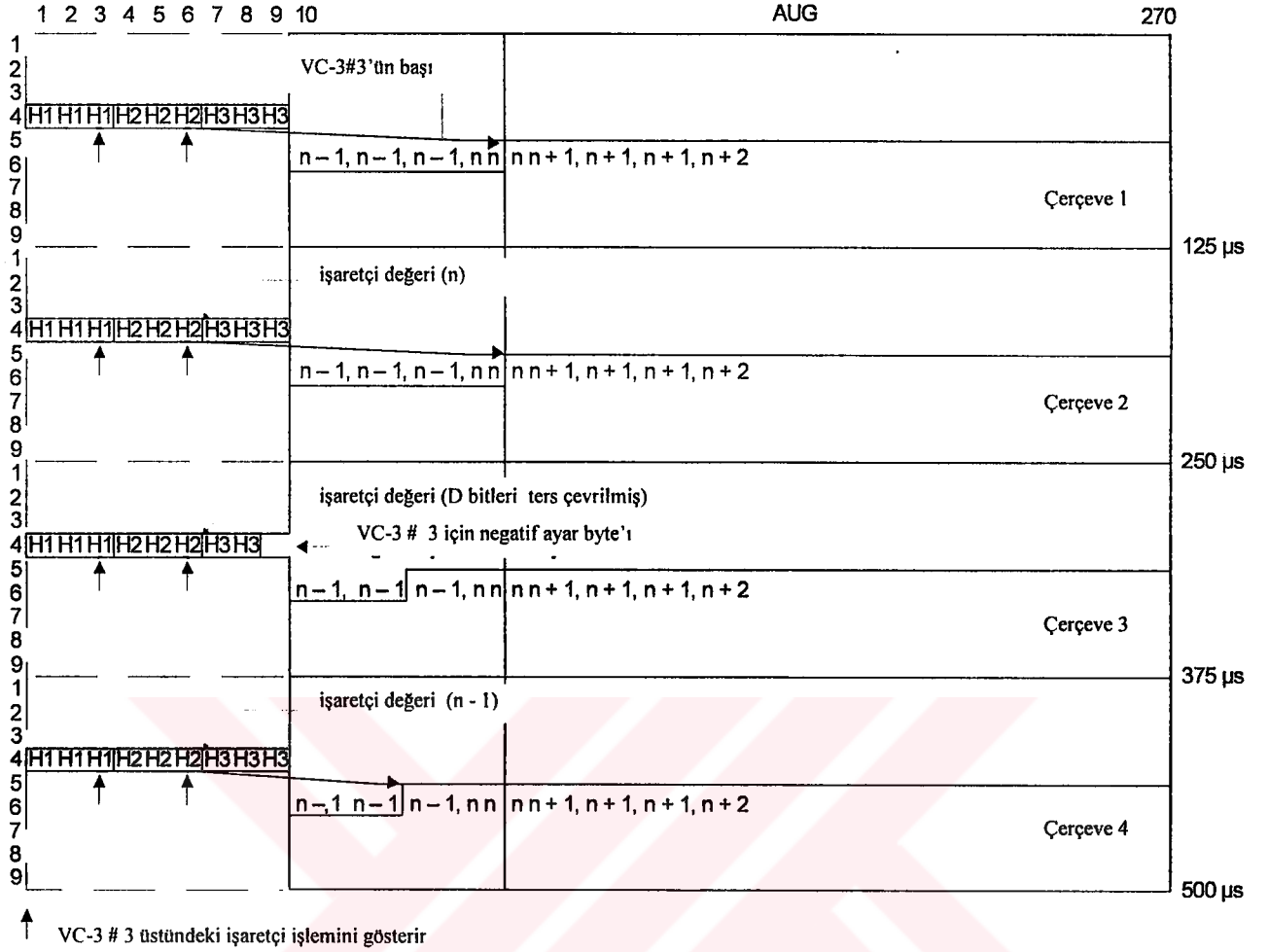
Eğer AUG'ye göre VC-n çerçevesinin hızı çok fazlaysa VC-n'in hizalanması periyodik olarak ileri kaymalı ve işaretçi değeri 1 azaltılmalıdır. Bu işlem işaretçi word'ünün 8,10,12,14 ve 16 nolu bitlerinin (D bitleri) ters çevrilmesiyle yapılır (ITU-T G.707, 1996; Chow, 1996). 3 negatif ayar byte'ı ters çevrilmiş D bitlerini içeren AU-4 çerçevesindeki H3 byte'ları içinde kendisini gösterir, bu durum şekil 6.6 da gösterilmektedir.



1* Tümü 1 olan byte
Y 1001SS11 (S bitleri belirsizdir)

Şekil 6.6 AU-4 işaretçi ayar işlemi – negatif ayar / (ITU-T Recommendation G.707)

AU-3 çerçevesi için, ters çevrilmiş D bitlerini içeren AU-3 çerçevesinin ayrı H3 byte'ı içinde negatif bir ayar byte'ı görülür. Sonraki işaretçiler yeni ofset değeri alırlar. Bu durum şekil 6.7 de gösterilmektedir.



Şekil 6.7 AU-3 işaretçi ayar işlemi – negatif ayar / (ITU-T Recommendation G.707)

6.1.4 Yeni Veri Bayrağı (New Data Flag- NDF)

İşaretçi word'ünün 1-4 bit'leri (N bitleri), işaretçi değerinde keyfi bir değişikliğe izin veren bir NDF taşır. 4 bit, hata düzeltimine imkan veren flag (bayrak) için ayrılmıştır. Normal durum, N bitlerinde "0110" kodunu gösterir. Bir NDF, 4 bitten 3 yada daha fazlası "1001" modeline uyduğunda aktif edilir. "0110" modeline uyduğunda ise pasif edilir. Geriye kalan değerler ("0000", "0011"... gibi) geçersizdir. Yeni hizalanma, NDF ile beraber gelen işaretçi değeri tarafından belirlenir. İşaret edilen ofsette etkisini gösterir (ITU-T G.707, 1996).

6.1.5 İşaretçi Üretimi

Aşağıda AU-n işaretçisinin oluşturulması için gereken kurallar verilmiştir (ITU-T G.707, 1996).

1) Normal operasyonda işaretçi AU-n çerçevesinin içindeki VC-n'in başlangıcında yer alır.

NDF "0110" a set edilir.

- 2) İşaretçi değeri ancak 3,4,5 operasyonlarıyla değiştirilebilir.
- 3) Pozitif bir ayar gerektiğinde, o anki işaretçi değeri ters çevrilmiş I bitleri ile gönderilir ve sonra gelen pozitif ayar imkanı "boşluk" bilgisi ile doldurulur. Sonra gelen işaretçiler 1 artırılan önceki işaretçi değerlerini taşırlar. Eğer önceki işaretçi maksimum değerde ise, sonraki işaretçi 0'a set edilir. Bu operasyonu izleyen en az 3 çerçeve için başka azaltma yada artırma işlemine izin verilmez.
- 4) Negatif bir ayar gerektiğinde, o anki işaretçi değeri ters çevrilmiş D bitleri ile gönderilir ve sonra gelen negatif ayar imkanında gerçek bilgi tekrar yazılır. Sonraki işaretçiler 1 artırılan önceki işaretçi değerlerini taşırlar. Eğer önceki işaretçinin değeri 0 ise sonraki işaretçi maksimum değerine set edilir. Bu operasyonu izleyen en az 3 çerçeve için başka artırma yada azaltma işlemine izin verilmez.
- 5) Eğer VC-n'in hizalanması kural 3 ve 4 dışındaki bir nedenle değişirse, yeni işaretçi değeri "1001" e set olan NDF ile birlikte gönderilir. NDF sadece yeni değerleri içeren ilk çerçevede bulunur. VC-n'in yeni yeri yeni işaretçi tarafından işaret edilen ofsetin ilk oluşumundan başlar. Bu operasyonu izleyen en az 3 çerçeve için başka artırma yada azaltma işlemine izin verilmez.

6.1.6 İşaretçi Yorumu

Aşağıda AU-n işaretçilerinin yorumu ile ilgili kurallar verilmiştir (ITU-T G.707, 1996).

- 1) Normal operasyon süresince, işaretçi AU-n çerçevesi içindeki VC-n'in başlangıcında bulunur.
- 2) Uygun bir yeni değer ardı ardına 3 kez alınmadıkça yada 3,4,5 kurallarından birisi tarafından önceden meydana getirilmemişse, o anki işaretçi değerindeki herhangi bir değişiklik göz ardı edilir.
- 3) İşaretçi word'ünün I bit'lerinin çoğunluğu ters çevrilmişse, pozitif bir ayar işlemine işaret edilir. Sonraki işaretçi değerleri 1 artırılmalıdır.
- 4) İşaretçi word'ünün D bit'lerinin çoğunluğu ters çevrilmişse, negatif bir ayar işlemine işaret edilir. Sonraki işaretçi değerleri 1 azaltılmalıdır.
- 5) Eğer NDF aktif olarak yorumlanırsa ve eğer alıcı, işaretçi kaybı (loss of pointer) anlamına gelen bir durumda değilse, yeni işaretçi değeri tarafından gösterilen ofsette rasgele işaretçi değeri o anki işaretçi değerini almalıdır.

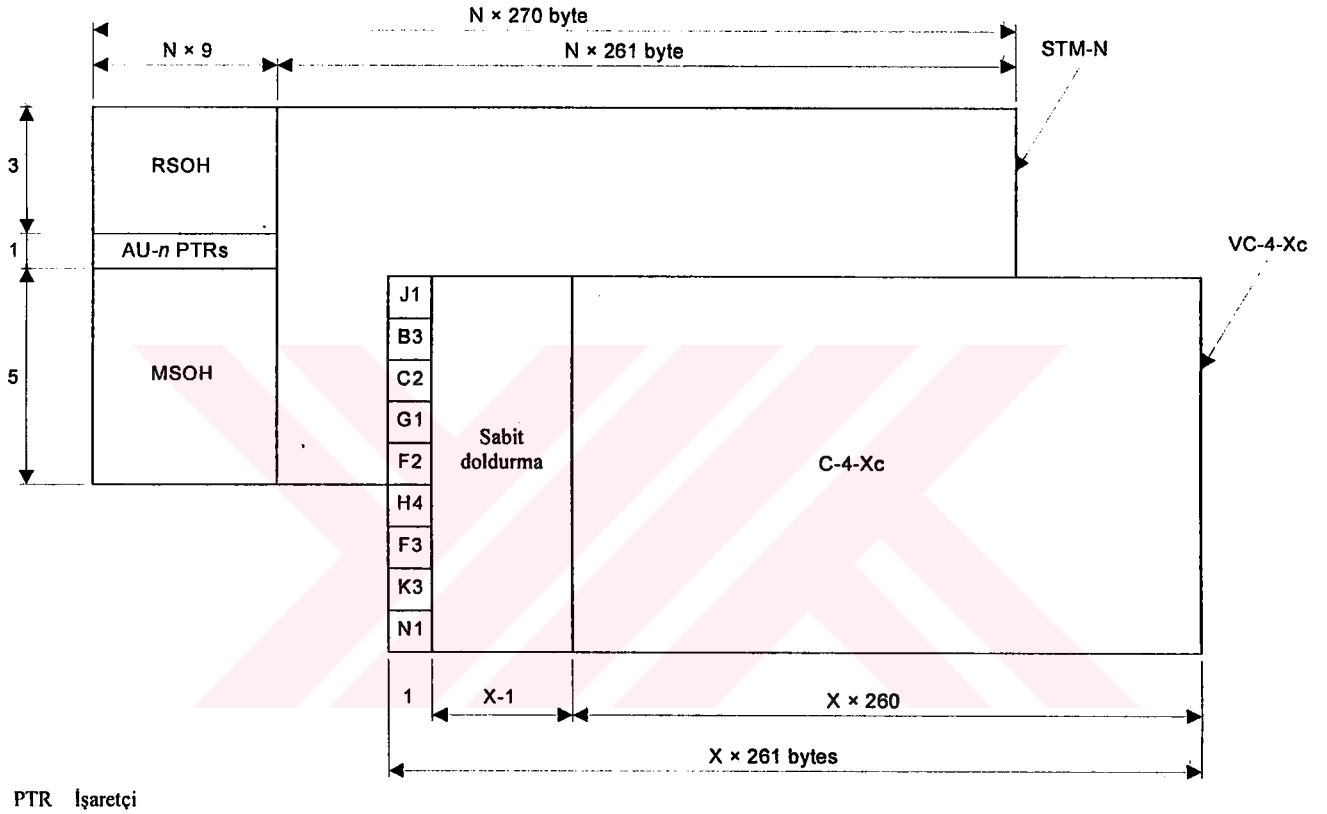
6.1.7 AU-4 Ardışıl Sıralaması

AU-4'ler kap-4 (container-4)'ün kapasitesinden daha yüksek kapasiteye ihtiyaç duyan yükleri taşıyabilen bir AU-4-Xc (x concatenated AU-4s)'yi oluşturmak için birlikte ardışıl sıralanırlar (ITU-T G.707, 1996).

6.1.7.1 Kolayca Yayılan AU-4'lerin Ardışıl Sıralaması

Bir ardışıl sıralama belirtisi (tek bir VC-4-Xc içinde taşınan çoklu kap-4 yükünün birlikte tutulması gerektiğini göstermek için kullanılır) AU-4 işaretçisi içinde taşınır.

Eşleme (Mapping) için gerekli kapasite (çoklu kap-4 için) kap-4 ün kapasitesinin x katıdır. VC-4-Xc ikinci sütundan x. sütuna kadar sabit doldurma ile doldurulmuştur. VC-4-Xc'nin ilk sütunu POH için kullanılır. VC-4-Xc şekil 6.8 de gösterilmektedir.



Şekil 6.8 VC-4-Xc yapısı / (ITU-T Recommendation G.707)

Bir normal AU-4-Xc'nin ilk AU-4'ü normal bir işaretçi değer dizisine sahiptir. AU-4-Xc'nin içindeki diğer AU-4'lerin tümü işaretçilerini 1-4 bit'lerinde "1001", 5-6 bit'lerinde belirsiz, 7-16 bit'lerinde AU-4-Xc'nin ilk AU-4'ü üzerinde gerçekleştirilen operasyonların aynılarını işaretçi işlemcilerinde de gerçekleştirmesi gerektiğini gösterir.

6.2 TU-3 İşaretçisi

VC-3'ün içeriğinden bağımsız olarak TU-3 çerçevesi içinde, VC-3'ün esnek ve dinamik olarak hizalanmasını sağlar (ITU-T G.707, 1996).

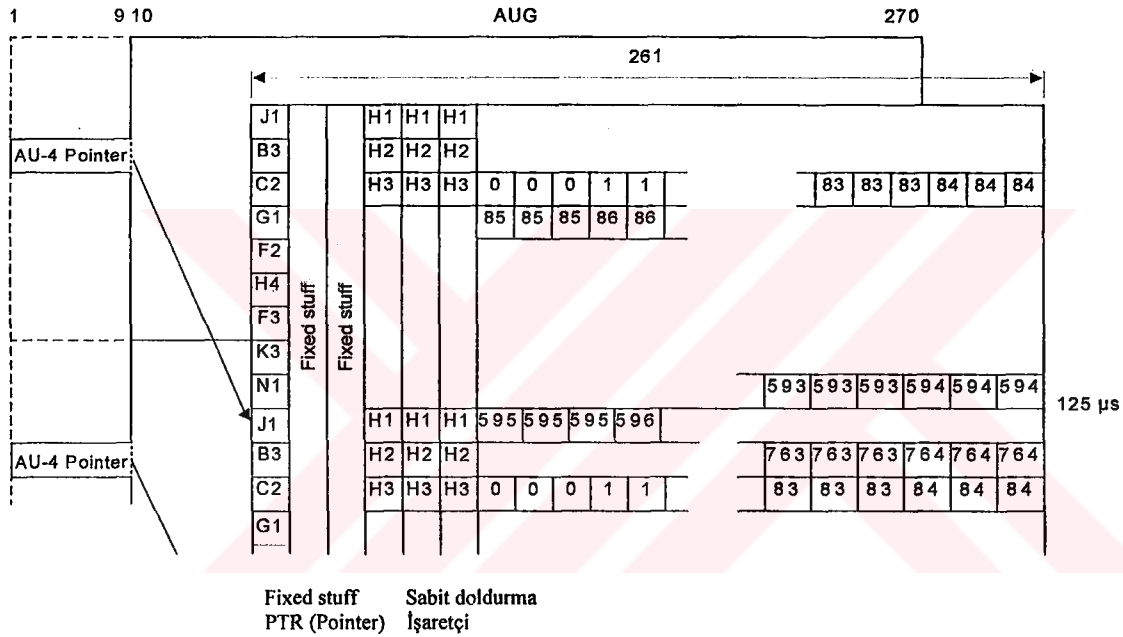
6.2.1 TU-3 İşaretçi Yerleşimi

Şekil 6.9 da görüldüğü gibi 3 ayrı TU-3 işaretçisi 3 ayrı H1,H2 ve H3 byte'ları içinde tutulur.

6.2.2 TU-3 İşaretçi Değeri

H1, H2 içinde kapsanan TU-3 işaretçisi VC-3'ün başlangıç noktasını gösterir. İşaretçi fonksiyonu için ayrılan 2 byte şekil 6.3 de görüldüğü gibi bir word olarak görülebilir. İşaretçi word'ünün son 10 bit (7-16 bit) işaretçi değerini taşır.

Şekil 6.9 da görüldüğü gibi TU-3 işaretçi değeri işaretçi ile VC-3'ün ilk byte'ı arasındaki ofseti gösteren 0-764 arası bir ikili sayıdır.



Şekil 6.9 TU-3 işaretçi ofset numaralaması / (ITU-T Recommendation G.707)

6.2.3 Frekans Ayarı

Eğer VC-3 ve TU-3 çerçeve oranı arasında bir frekans ofseti varsa, işaretçi değeri ilişkili bir pozitif yada negatif ayar byte'ı tarafından gerektiği kadar artırılacak yada azaltılacaktır. Ardışık işaretçi operasyonları işaretçi değerinin sabit kaldığı en az 3 çerçeve tarafından ayrılmalıdır.

Eğer VC-3 çerçeve oranı TU-3'e göre çok yavaşsa (hız farkı varsa) VC-3'ün hizalanması zamanla periyodik olarak geri kaymalı ve işaretçi mutlaka 1 artırılmalıdır. Bu operasyon işaretçi word'ünün 7,9,11,13 ve 15 bitlerinin ters çevrilmesiyle gösterilir. Pozitif ayar byte'ı,

I bit'lerini içeren TU-3 çerçevesi içindeki ayrı H3 byte'ından hemen sonra kendisini gösterir. Sonraki TU-3 işaretçileri yeni ofset içerecektir.

VC-3'ün çerçeve oranı TU-3'e göre çok hızlı olursa, VC-3'ün hizalanması zamanla periyodik olarak ileri kaymalı ve işaretçi mutlaka 1 azaltılmalıdır. Bu operasyon işaretçi word'ünün 8,10,12,14 ve 16. bit'lerinin ters çevrimi ile gösterilir. Bir negatif ayar byte'ı ters çevrilen D bitlerini içeren TU-3 çerçevesi içindeki ayrı H3 byte'ı içinde kendisini gösterir. Sonraki TU-3 işaretçileri yeni ofset içerirler.

6.2.4 Yeni Veri Bayrağı (NDF)

İşaretçi word'ünün 1-4 (N bitleri) bitleri, işaretçi değerinde keyfi bir değişime izin veren bir NDF taşır. (Eğer bu değişiklik VC-3 içindeki bir değişiklikten kaynaklanıyorsa)

4 bit, hata düzeltimi için flag'a ayrılmıştır. Normal operasyon, N bit'lerindeki "0110: kodu ile gösterilir. NDF, N bitlerinin "1001" olarak yorumlanmasıyla gösterilir. Bir NDF 4 bitin 3'ü yada daha fazlası "1001" modeline uyduğu zaman aktif olarak yorumlanır. "0110" da ise pasif olarak yorumlanır. Kalan değerler geçersizdir. Yeni hizalanma, NDF beraberindeki işaretçi değeri ile belirlenir ve belirtilen ofsette etki eder.

6.2.5 İşaretçi Üretimi

TU-3 işaretçilerini üretmek için gereken kurallar aşağıda verilmektedir.

- 1) Normal operasyon esnasında işaretçi, TU-3 çerçevesi içindeki; VC-3'ün başlangıcında yer alır.
- 2) O anki işaretçi değerinden gelen herhangi bir değişim, uygun yeni bir değer art arda 3 kez alınmadıkça yada 3,4,5 kurallarının biri ile önceden meydana gelmedikçe göz ardı edilir. Ardı ardına 3 kez alınan uygun bir yeni değer 3 yada 4 kuralının yerini alır.
- 3) İşaretçi word'ündeki I bitlerinin çoğu ters çevrilirse, pozitif bir ayara işaret edilir. Sonraki işaretçi değerleri bir artırılmalıdır.
- 4) İşaretçi word'ündeki D bitlerinin çoğu ters çevrilirse, negatif bir ayara işaret edilir. Sonraki işaretçi değerleri 1 azaltılmalıdır.
- 5) Eğer NDF aktif olarak yorumlanırsa rasgele işaretçi değeri alıcı, işaretçi kaybına (loss of pointer) ilişkin bir durumda olmadıkça, yeni işaretçi değeri tarafından gösterilen ofsetteki o anki işaretçi değerinin yerini alır.

6.2.6 İşaretçi Yorumu

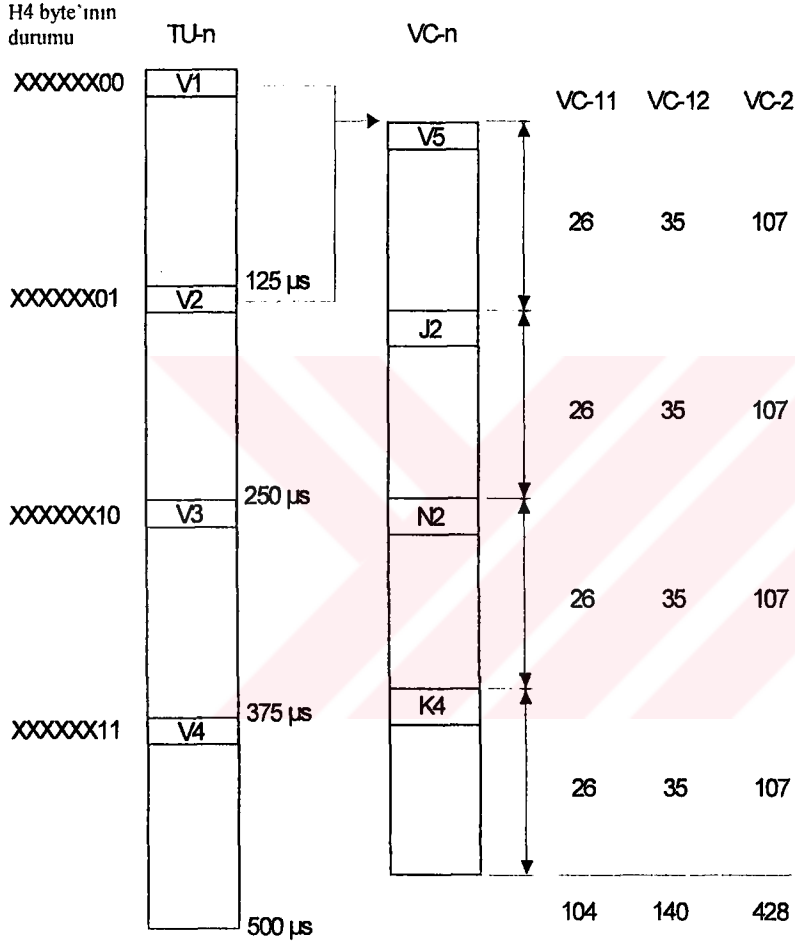
- 1) Normal operasyon süresince işaretçi, TU-3 çerçevesi içindeki VC-3'ün başlangıcında bulunur. Diğer maddeler 6.1.6'daki ile aynıdır.

6.3 TU-2/TU-1 İşaretçisi

TU-1 ve TU-2 işaretçileri, TU-1 ve TU-2 çoklu çerçeveleri (multi frame) içindeki VC-2/VC-1'in esnek ve dinamik hizalanmasına izin veren bir metot sağlar (ITU-T G.707, 1996).

6.3.1 TU-2/TU-1 İşaretçi Yerleşimi

Şekil 6.10 da görüldüğü gibi TU-2/TU-1 işaretçileri V1 ve V2 byte'ları içinde bulunur.



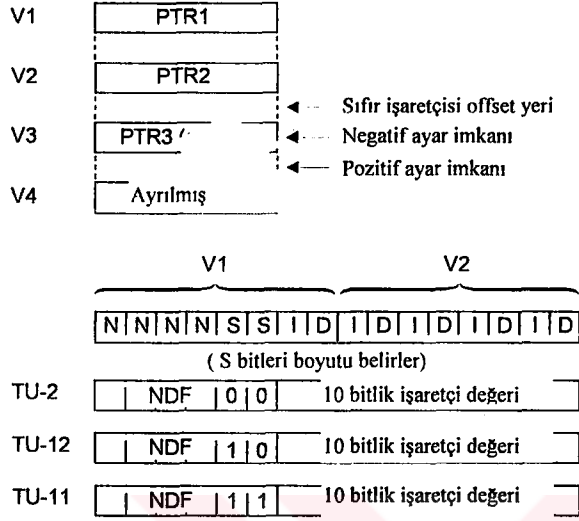
- TU Giriş birimi
- VC Sanal kap
- V1 VC'nin 1. işaretçisi
- V2 VC'nin 2. işaretçisi
- V3 VC'nin 3. işaretçisi
- V4 Ayrılmış

Not - V1, V2, V3 ve V4 byte'ları TU-n'in bir parçasıdır ve işaretçi işlemcisi tarafından sonlandırılır.

Şekil 6.10 Çok çerçevesel TU içinde VC düzenlemesi / (ITU-T Recommendation G.707)

6.3.2 TU-2/TU-1 İşaretçi Değeri

Şekil 6.11 de TU işaretçi word'ü görülmektedir. İki S biti (5 ve 6. bit'ler) TU tipini gösterir.



I (Increment) Artırım
D (Decrement) Azaltım
N (New data flag) Yeni veri bayrağı

New data flag (Yeni veri bayrağı)

- 4 bit dışında en az 3 bit "1001" modeline uyduğunda aktif olur.
- 4 bit dışında en az 3 bit "0110" modeline uyduğunda pasif olur.

Negatif ayar

- D bitleri ters çevrilir
- Çoğunluğun seçimi kabul edilir

Pointer değeri

- Normal kuşak;
- TU-2 için 0-427
 - TU-12 için 0-139
 - TU-11 için 0-103'dür.

Pozitif ayar

- 5 I bit'i ters çevrilir
- Çoğunluğun seçimi kabul edilir

Ardışıl sıralama belirtisi

- 1001SS1111111111 (SS bitleri tanımsızdır)

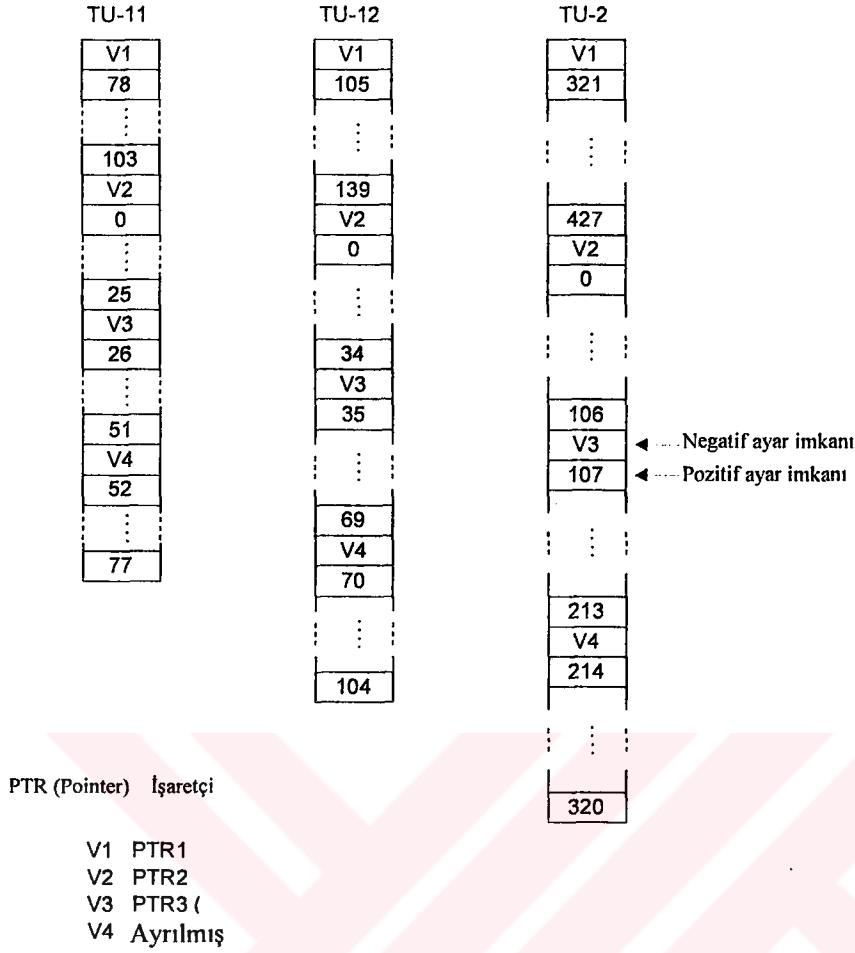
Negative justification opportunity: Negatif ayar imkanı

Positive justification opportunity: Pozitif ayar imkanı

Zero pointer offset location: Sıfır işaretçisi offset yeri

Şekil 6.11 TU-2 / TU-1 işaretçi kodlaması / (ITU-T Recommendation G.707)

İşaretçi değeri (7-16 bit'leri) V2'den VC-2/VC-1'in ilk byte'ına kadar olan ofseti gösteren ikili bir sayıdır. Şekil 6.12 de görüldüğü gibi her TU boyutu için farklı bir ofset kuşağı vardır. İşaretçi byte'ları ofset hesabında sayılmazlar.



Şekil 6.12 TU-2 / TU-1 işaretçi ofsetleri / (ITU-T Recommendation G.707)

6.3.3 TU-2/TU-1 Frekans Ayarı

TU-2/TU-1 işaretçisi VC-2/VC-1'in frekans ayarını yapmak için kullanılır. Burada VC-3'ün TU-3 işaretçisi kullanılarak frekans ayarını yapmakta kullandığı yolun tamamıyla aynıdır. V3 byte'ını hemen pozitif bir ayar imkanı izler. İlave olarak V3 negatif ayar imkanını da sunar (şekil 6.12). Bir ayar imkanının alınıp alınmadığının göstergesi o anki TU çoklu çerçevesindeki (multiframe'indeki) işaretçinin I ve D bit'leri sayesinde sağlanır. Negatif bir ayar için kullanılmadığı zaman, VC-3 içindeki değer tanımsızdır. Negatif ayar için kullanıldığında, alıcının VC-3 içindeki değeri göz ardı etmesi gerekir.

6.3.4 Yeni Data Bayrağı (NDF)

İşaretçi word'ünün 1-4 bit'leri (N bit'leri) bir NDF taşır. Bu mekanizma bir işaretçi değerinin keyfi bir değişimine izin verir.

TU-3 işaretçisinin NDF'inde olduğu gibi, normal değer "0110"dır ve "1001" değeri VC-n için

yeni bir hizalanmayı ve mümkün olan yeni bir boyutu gösterir. Bir NDF, 4 bit'ten 3'ü yada daha fazlası "1001" modeline uyduğu zaman aktif olarak yorumlanır. "0110" modeline uyduğunda ise pasif olarak yorumlanır. Kalan değerler geçersiz olarak yorumlanır.

6.3.5 TU-2/TU-1 İşaretçi Üretimi ve Yorumlanması

VC-2/VC-1 için TU-2/TU-1 işaretçisinin üretimi ve yorumlanmasıyla ilgili kurallar 6.2.5 ve 6.2.6 da TU-3 işaretçisi için sağlanan kurallarla aynıdır.

6.3.6 TU-2 Ardışıl Sıralama

Bir yük birden fazla kap-2 ye ihtiyaç duyduğu zaman TU-2 bir TU-2-mc oluşturmak için ardışıl sıralanırlar (m concatenated TU-2s). Bu tekli bir VC-2-mc içinde taşınan çoklu bir kap-2 (container-2) yükünü oluşturur. TU-2'yi ardışıl sıralama kuralları iki kategoriye ayrılır:

- Yüksek dereceli VC-3 içindeki kolay yayılan TU-2'lerin ardışıl sıralaması.
- Yüksek dereceli VC-4 içindeki TU-2'nin sanal ardışıl sıralaması.

6.3.6.1 Yüksek Mertebeli VC-3 İçinde Kolayca Yayılan TU-2'lerin Ardışıl Sıralaması

TU-2'ler, yüksek mertebeli VC-3'ler içinde zamanla kolayca yayılır. Bir TU-2-mc'nin ilk TU-2'si normal bir işaretçi değeri kuşağına sahip olmalıdır. TU-2-mc içinde sonra gelen tüm TU-2'ler, ardışıl sıralama belirtisine set olan işaretçi değerlerine sahip olmalıdırlar ("1001" bit 1-4, 5-6 bit'leri belirsiz, 7-16 bit'lerinin tümü "1"). ardışıl sıralama belirtisi, TU-2 işaretçi işlemcisinin TU-2-mc içindeki ilk TU-2 işaretçisi tarafından gösterilen tüm operasyonları gerçekleştireceğini gösterir.

6.3.6.2 Yüksek Mertebeli VC-4 İçindeki TU-2'lerin Sanal Ardışıl Sıralaması

Bu ardışıl sıralama metodu, işaretçi byte'ları içindeki ardışıl sıralama belirtisinin kullanımı olmadan m * TU-2 içindeki bir tek VC-2-mc'nin iletimine olanak sağlar. Metot, ardışıl sıralama fonksiyonlarını sağlamak için sadece yol (path) ayırım elemanına gereksinim duyar.

Sanal ardışıl sıralama, aynı işaretçi değeri ile başlatılan yolun başlangıcındaki ardışıl sıralanmış TU sinyallerine gereksinim duyar. Bu nedenle her ara birimde oluşturulan TU'lar bir tek yüksek mertebeli VC-4 içinde tutulmalıdır.

Ayrı ardışıl sıralanan VC-2 sinyallerinin gecikmelerinde, ortadaki elemanlarda yapılan işaretçi işlemi nedeniyle farklılıklar olabilir.

6.3.7 TU-2/TU-1 Boyutları

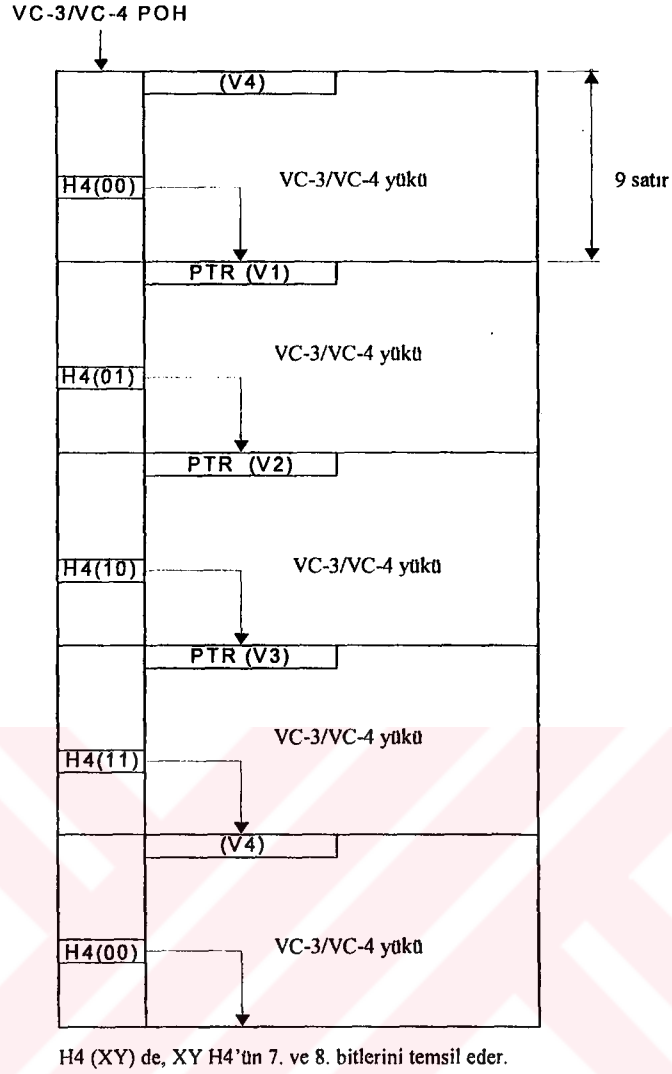
TU-2/TU-1 işaretçisinin 5 ve 6. bit'leri TU-n'in boyutunu gösterir. Halen tanımlı 3 boyut vardır, bunlar tablo 6.1 de gösterilmektedir.

Çizelge 6.1 TU-2/TU-1 boyutları / (ITU-T Recommendation G.707)

Boyut	Gösterim	TU-n pointer sınırı (500µs içinde)
00	TU-2	0-427
10	TU-12	0-139
11	TU-11	0-103
Not – Bu teknik sadece TU-2/TU-1 seviyelerinde kullanılır.		

6.3.8 TU-2/TU-1 Çoklu Çerçevesini Gösteren Byte

TU-2/TU-1 çoklu çerçevesini gösteren byte (H4), çoklama yapısının en düşük seviyesi ile bağlantılıdır ve çoklu çerçeve (4 çerçeve) için 500 µs sağlar. Şekil 6.10 da TU-2/TU-1 çoklu çerçevesini içindeki VC-2/VC-1 eşlenmesi görülmektedir. VC-4/VC-3 POH'undan okunan H4 byte'ının değeri sonraki VC-4/VC-3 yükünün çerçeve fazını belirler (şekil 6.13) H4 byte'ının kodlanması şekil 6.14 de gösterilmektedir.



Şekil 6.13 H4 byte kullanılarak 500 μ s'lik TU-1/2 çerçeve gösterimi / (ITU-T Recommendation G.707)

H4 bits								Frame N°	Time
1	2	3	4	5	6	7	8		
X	X	X	X	X	X	0	0	0	
X	X	X	X	X	X	0	1	1	
X	X	X	X	X	X	1	0	2	
X	X	X	X	X	X	1	1	3	500 μ s TU-n çoklu çerçevesi

X belirsiz içerik

Şekil 6.14 TU çerçeve belirteç byte'ı (H4) kodlama dizisi / (ITU-T Recommendation G.707)

7. BÖLÜM BAŞLIĞI (SOH) VE YOL BAŞLIĞI (POH)

7.1 SOH

SOH bilgisi, bir STM-N yaratmak için bilgi yüküne eklenir. Blok çerçeveleme bilgisi ile bakım, performans izleme ve diğer operasyonel fonksiyonlar için gerekli bilgiyi içerir. SOH, yeniden üretim bölüm başlığı (Regenarator Section Overhead- RSOH) ve çoklu bölüm başlığından (Multiplex Section Overhead- MSOH) oluşur. Şekil 7.2 de görüldüğü gibi SOH'un 1-3 satırları RSOH'u, 5-9 satırları MSOH'u oluşturur (ITU-T G.707, 1996).

7.1.1 Sanal Kap POH'u

POH, bir senkron yolun uçtan uca yönetiminde kullanılacak bilgiyi sağlar (ITU-T G.707, 1996). Sanal kap POH'u iki kategoride toplanır:

- Yüksek mertebeli sanal kap POH'u (VC-4/VC-3 POH)
- Düşük mertebeli sanal kap POH'u (VC-3/VC-2/VC1 POH)

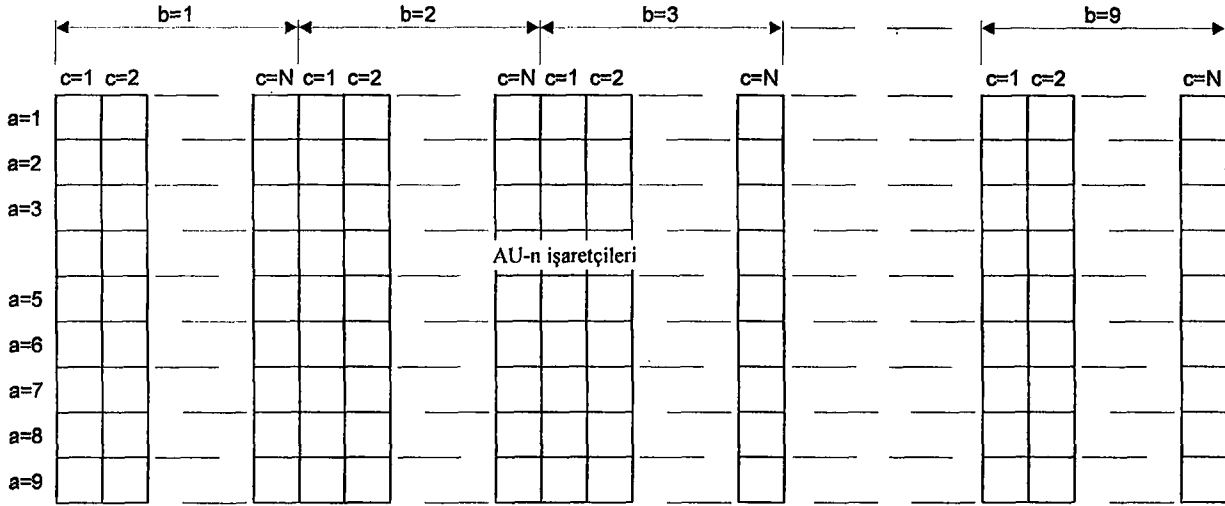
7.2 SOH'un Tanımlanması

7.2.1 SOH Byte'larının Yerleşimi

Bir STM-N çerçevesi içindeki SOH byte'larının yeri bir $s(a,b,c)$ üç koordinatlı vektör tarafından belirlenir (ITU-T G.707, 1996). Burada a (1-3, 3-9) satır numarasını b (1-9) bir çoklu sütün numarasını ve c (1-N) çoklu sütün içindeki birleşim derinliğini gösterir. Bu, şekil 7.1 de gösterilmiştir. Burada;

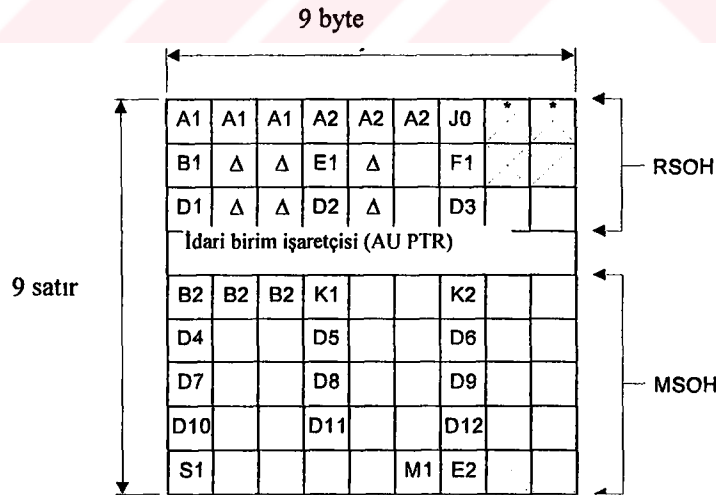
- Satır = a
- Sütün = $N(b-1) + c$ dir.

Örneğin bir STM-1 içindeki K1 byte'ı [satır, sütun] notasyonu içinde $S(5,4,1)$ yada [5,4] de yer alır.



Şekil 7.1 STM-N için SOH byte'larının yer numaraları / (ITU-T Recommendation G.707)

STM-1/4/16/64 çerçeveleri içindeki çeşitli SOH byte'ları Şekil 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 de gösterilmektedir.

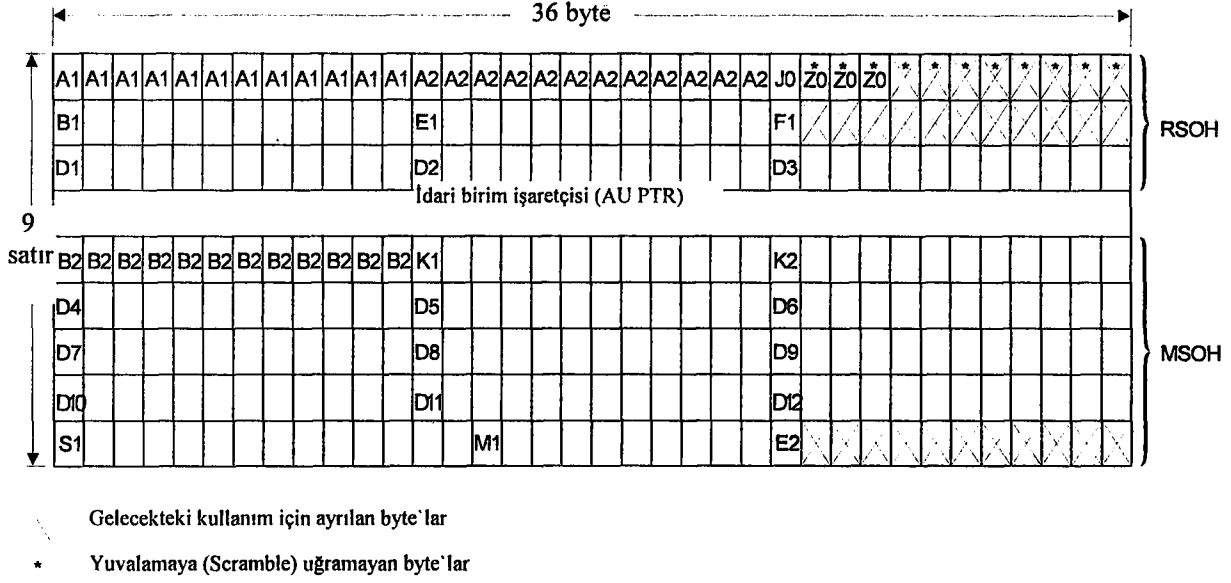


Gelecekteki kullanım için ayrılan byte'lar

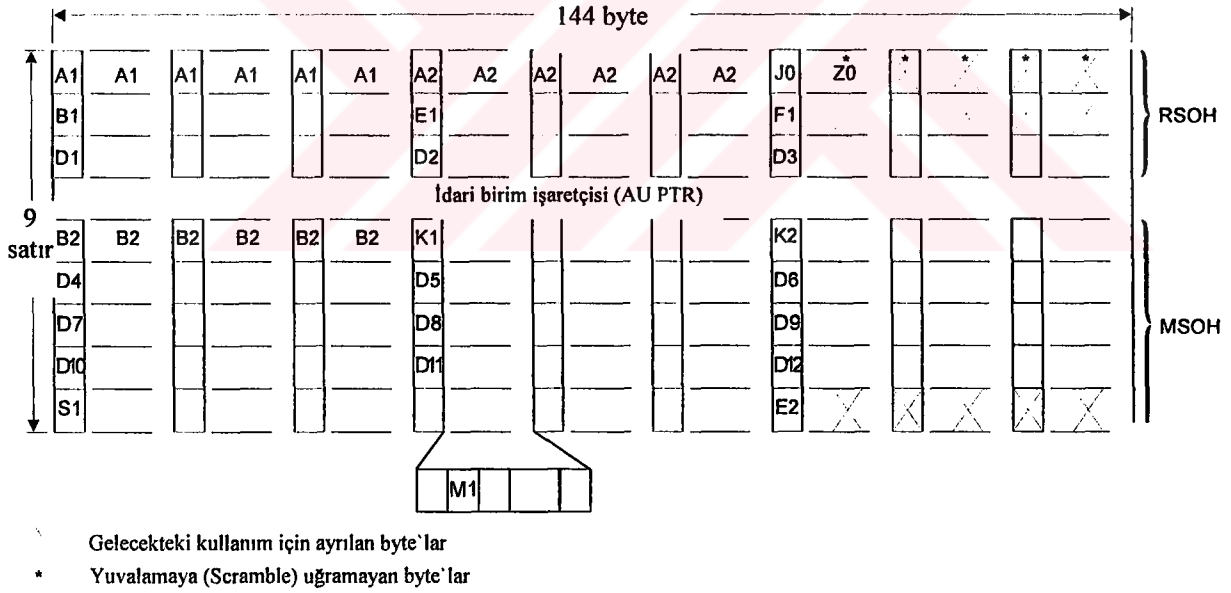
* Yuvalamaya (Scramble) uğramayan byte'lar

Δ Ortama bağımlı byte'lar

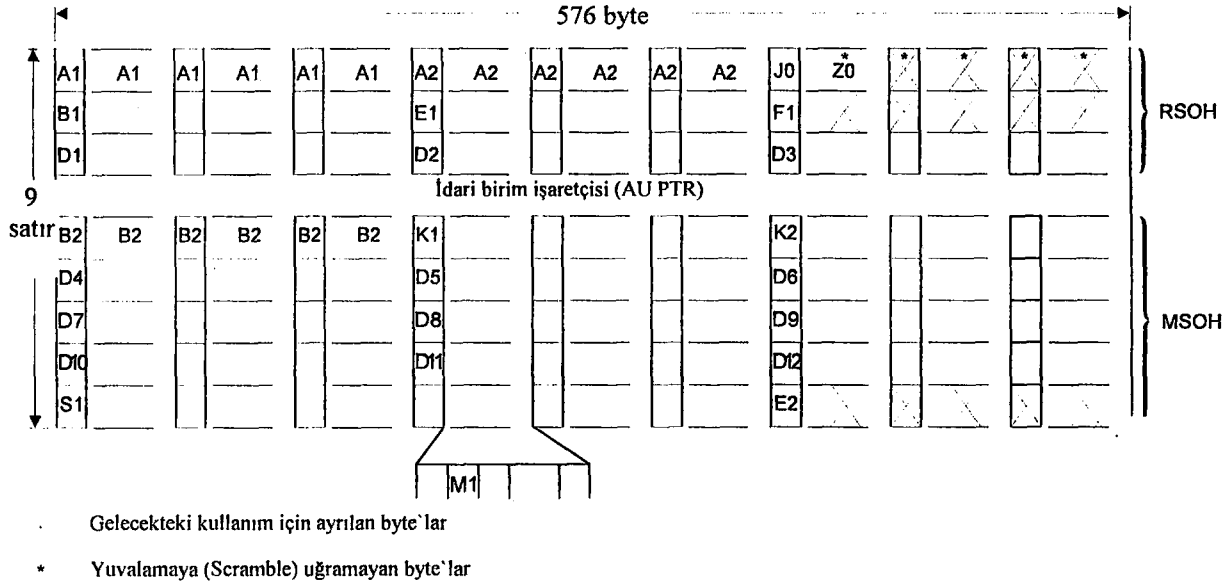
Şekil 7.2 STM-1 SOH'u / (ITU-T Recommendation G.707)



Şekil 7.3 STM-4 SOH'u / (ITU-T Recommendation G.707)



Şekil 7.4 STM-16 SOH'u / (ITU-T Recommendation G.707)



Şekil 7.5 STM-64 SOH'u / (ITU-T Recommendation G.707)

7.2.2 SOH Byte'larının Tanımlanması

A1 & A2 : Bu byte'lar çerçeve hizalaması için kullanılır. Aynı zamanda diğer byte'ları bulmamıza da izin verir (ITU-T G.707, 1996). Normal şartlarda;

A1 : 11110110

A2 : 00101000

değerlerini alır. STM-N çerçevesi içinde $3 \times N$ A1 byte'ı ve $3 \times N$ A2 byte'ı bulunur.

J0 : Bir STM-N içinde S (1,7,1) yada $[1,6N+1]$ de yerleşen J0 byte'ı bir RS (Regenerator Section) izine ayrılmıştır. Bu byte, bir bölüm erişim noktası belirleyicisini (Section Access Point Identifier) bir bölüm alıcısı, planlanan verici ile devam eden bağlantısını onaylasın diye tekrar, tekrar yayınlamak için kullanılır. Bölüm erişim noktası belirleyicilerinin gönderimi için 16 byte'lık bir çerçeve tanımlanmıştır. Dizinin ilk byte'ı bir çerçeve başlangıç işaretleyicisidir ve önceki çerçeve üzerinde hesaplanan bir CRC7(1C1C2C3C4C5C6C7) sonucunu içerir (ITU-T G.707, 1996). Bunu izleyen 15 byte, bölüm erişim noktası belirleyicisi için gereksinim duyulan 15 T.50 karakterinin (Ulusal Referans Versiyonu) iletimi için kullanılır(0XXXXXXXX).

Z0 : $[1,6N+2]$ den $[1,N]$ e kadar gerçekleşen bu byte'lar gelecekteki ulusal standartizasyon için ayrılmıştır.

(BIP-8) B1 : RS hata izlemesi için bir byte ayrılmıştır. Bu fonksiyon çift eşlik kullanan bir bit interleaved parity 8 (bit dönüştürme eşliği – BIP-8) kodu olabilir. BIP-8 karıştırma (scrambling) sonrası önceki STM-N çerçevesinin tüm bitleri üzerinden hesaplanır ve karıştırma öncesi o anki çerçevenin B1 byte'ı içinde yer alır. B1 regenerator'ler arasındaki bağlantıyı kontrol etmek için kullanılır (ITU-T G.707, 1996; ITU-T G.783, 1997).

E1 & E2 : Bu iki byte ses haberleşmesi amacıyla (64 kbit/s) orderwire kanalları sağlamak için kullanılır. E1, RSOH'un bir parçasıdır ve regenerator'lerde erişilir. E2, MSOH'un bir parçasıdır ve MS ayrışmalarında (MST) erişilir (ITU-T G.707, 1996).

F1 : Bu byte kullanıcı amaçları için ayrılmıştır (Örneğin özel amaçlı olarak geçici veri/ses kanal bağlantıları sağlamak gibi) . Kontrol işaretlemesi için 64 kbit/s, bir kanal olarak kullanılır (ITU-T G.707, 1996).

D1-D12 (Veri Haberleşme Kanalı – DCC) : D1, D2 ve D3 byte'larının kullanımıyla, bir RS DCC olarak 192 kbit/s 'lik bir kanal sağlanır. Bu byte'lar, bizim regenerator'ler arasında bir veri bağlantısına sahip olmamıza izin verir. D4'den D12'ye kadar olan byte'ların kullanımı ise bir MS DCC olarak 576 kbit/s'lik bir kanal tanımlanır. Bu byte'lar bizim çoklayıcılar arasında bir veri bağlantısına sahip olmamıza izin verir (ITU-T G.707, 1996).

B2 (BIP-N x 24) : Bu byte'lar bir MS hata görüntüleme fonksiyonu için ayrılmıştır. Bu fonksiyon çift parity kullanımı ile bir BIP-Nx24 kodu olabilir. BIP-Nx24, SOH'un ilk üç satırı haricinde önceki STM-N çerçevesinin tüm bitleri üzerinden hesaplanır ve karıştırma (scrambling) öncesi o anki çerçevenin B2 byte'ları içinde yer alır. B2 çoklayıcılar arasındaki bağlantıyı kontrol etmek için kullanılır (ITU-T G.707, 1996; ITU-T G.783, 1997).

K1, K2 (b1-b5) – Otomatik Koruma Bağlaşım Kanalı : MS koruması amacıyla APS (Automatic Protection Switching) işaretlemesi için iki byte (K1, K2) ayrılmıştır.

K2 (b6-b8) – MS-RDI : MS uzaktan hata belirleme, (MS-RDI) gönderilen uca (ki alınan uç bir giriş hatası bulur yada MS-AIS alır) bir belirtiyi geri göndermek için kullanılır. MS-RDI karıştırma öncesi K2'nin 6, 7, ve 8. pozisyonlarında bir "110" kodunun alınmasıyla üretilir (ITU-T G.707, 1996; ITU-T G.775, 1998).

S1 (b5-b8) – Senkronizasyon Durumu : [9,1] byte'ının 5 ile 8 arasındaki bit'leri senkronizasyon durum mesajları için ayrılmıştır.

M1 (MS-REI) : Bu byte, çoklayıcılar arasında gönderilen sinyaldeki bit hatalarının uzaktan

izlenmesini sağlar. STM-N seviyeleri için bu byte BIP-24-N (B2) tarafından hatalı bulunan dönüştürülmüş bit bloklarının ([0-255] dizisi içinde) sayısını taşır. STM-16 ve üzerindeki oranlar için bu değer 255'e indirgenmelidir (ITU-T G.707, 1996; ITU-T G.775, 1998).

7.3 POH Tanımlamaları

7.3.1 VC-4-Xc / VC-4/VC-3 POH'u

VC-4-Xc POH'u, Xx261 sütunluk VC-4-Xc yapısı tarafından birinci sütuna (9 satırlık) yerleştirilmiştir. VC-4 POH'u, 261 sütunluk VC-4 yapısı tarafından 1. sütuna yerleştirilmiştir. VC-4-Xc / VC-4/VC-3 POH'u "J1, B3, C2, G1, F2, H4, F3, K3 ve N1" ile gösterilen 9 byte'dan oluşmuştur. (Şekil 6.8, 5.2 ve 5.3). Bu byte'lar aşağıdaki gibi sınıflandırılır (ITU-T G.707, 1996).

- Yük fonksiyonundan bağımsız uçtan uca bağlantılar için kullanılan byte'lar yada bit'ler: J1, B3, C2, G1, K3 (b1-b4)
- Yük tipi özel byte'lar: H4, F2, F3
- Gelecekteki ulusal standartizasyon için ayrılan bit'ler: K3 (b5-b8)
- Bir operatör alanı içinde üzerine yazılabilen byte (B3 byte'ının uçtan uca performans izleme becerisini etkilemeden) : N1

J1 - Path Trace : Bu VC'nin ilk byte'ıdır. Yerleşimi, ilişkili AU-n (n=3,4) yada TU-3 işaretçisi tarafından belirlenir. Bu byte, bir yol alıcı terminal amaçlanan verici ile bağlantısının sürdüğünü onaylayabilsin diye tekrar, tekrar bir yol erişim noktası belirleyicisi göndermek için kullanılır. Erişim noktası belirleyicilerinin iletimi için 16 byte'lık bir çerçeve (VC'nin nerede yaratıldığını gösteren) tanımlanır. Bu 16 byte'lık çerçeve SOH'ta tanımlanan J0 'daki 16 byte'lık çerçeve ile benzerdir (ITU-T G.707, 1996).

B3 - Path BIP-8 : VC-4-Xc / VC-4/VC-3 içinde bir yol hatası izleme fonksiyonu için bir byte ayrılmıştır. Bu fonksiyon çift eşlik (parity) kullanan bir BIP-8 kodu olacaktır. Yol (Path) BIP-8, karıştırma öncesi önceki VC-4-Xc / VC-4/VC-3'ün tüm bitleri üzerinden hesaplanır. Hesaplanan BIP-8 karıştırma öncesi o anki VC-4-Xc / VC-4/VC-3'ün B3 byte'ı içinde yer alır (ITU-T G.707, 1996; ITU-T G.783, 1997).

C2 - Signal Label : VC-4-Xc / VC-4/VC-3'ün birleşimini yada bakım durumlarını göstermek için bir byte ayrılmıştır. C2, VC yaratılırken yaratılır ve kap içinde ne olduğunu gösterir (ITU-T G.707, 1996).

G1 - Path Status : G1 byte'ı, ağın bir ucundan diğer ucuna verinin ne kadar iyi taşındığını gösterir. Şekil 7.6 'da G1 içindeki bit'lerin ayrışımı gösterilmektedir. 1-4 bit'leri, hatalı olan dönüştürülmüş bit bloklarının sayısını gösterir. Bu sayı, 9 geçerli değere sahiptir, yani 0-8 hataları. 5. bit, bir VC-4-Xc / VC-4/VC-3 yolunun uzaktan hata belirteci (RDI) ise 1'e set edilir. Aksi takdirde 0'a set edilir. 6 ve 7. bitleri isteğe bağlı bir kullanım için ayrılmıştır. Eğer bu opsiyon kullanılmıyor ise 6 ve 7 bitleri "00" yada "11"e set olacaktır. 8. bit, gelecekteki bir kullanım için ayrılmıştır. Bu bit tanımlanan bir değere sahip değildir (ITU-T G.707, 1996).

REI				RDI	Reserved		Spare
1	2	3	4	5	6	7	8

Şekil 7.6 VC-4-Xc/VC-4/VC-3 yol durumu (G1) / (ITU-T Recommendation G.707)

F2, F3 - Path Users Channels : Bu byte'lar yol elemanları arasındaki kullanıcı haberleşme amaçları için ayrılmıştır.

H4 - Position Indicator : Bu byte, yükler için genelleştirilmiş bir pozisyon göstergesi sağlar ve yüke özel olabilir (H4, VC-2 ve VC-1 için bir çoklu çerçeve pozisyon göstergesi olarak kullanılabilir).

K3 (b1-b4) - Automatic Protection Switching Channel : Bu bitler VC-4 / VC-3 yol seviyelerinde APS (otomatik koruma bağlaşımı) koruma işaretleşmesi için ayrılmıştır. Yani çift yönlü koruma bağlaşımı için ayrılmıştır.

N1 - Network Operator Byte : Bu byte bir tandem bağlantı izleme (TCM) fonksiyonu sağlamak için ayrılmıştır.

K3 (b5-b8) - Spare : Gelecekteki kullanım için ayrılmıştır. Tanımlanan bir değere sahip değildir.

7.3.2 VC-2 / VC-1 POH'u

V5, J2, N2 ve K4 byteları VC-2 / VC-1 POH'u için ayrılmıştır. V5 byte'ı çoklu çerçevenin ilk byte'dır ve pozisyonu TU-2 / TU-1 işaretçisi tarafından belirlenir. Çoklu çerçeve içindeki bu byte'ların pozisyonları Şekil 6.10 da verilmektedir.

V5 Byte'ı : V5 byte'ı, VC-2 / VC-1'in yol durumu, sinyal etiketi ve hata kontrol

fonksiyonlarını sağlar. Şekil 7.7 de V5 byte'ının bit'leri görülmektedir. 1. ve 2. bit'ler hata izleme performansı için kullanılır. Bir BIP şeması belirlenir. 1. bit tek numaralı bit'ler için "1", 2. bit ise çift numaralı bit'ler için "1" dir. 3. bit bir VC-2 / VC-1 yolunun uzak hata belirtisidir (REI). Eğer BIP-2 tarafından bir yada daha fazla hata bulunmuşsa 1'e set edilir ve bir VC-2 / VC-1 orjinleyicisine doğru geri gönderilir aksi takdirde 0'a set edilir. 4. bit bir VC-2 / VC-1 yolunun uzak yetersizlik belirtisidir (Remote Failure Indication- RFI). Eğer bir failure bildirilirse "1"e set edilir. Aksi takdirde "0" dir. 5, 6 ve 7. bitler bir VC-2 / VC-1 sinyal etiketi sağlar. Bu üç bit içinde 8 farklı değer olması mümkündür (ITU-T G.707, 1996; ITU-T G.783, 1997; ITU-T G.775, 1998)

BIP-2		REI	RFI	Signal Label			RDI
1	2	3	4	5	6	7	8

Şekil 7.7 VC-2/VC-1 POH'undaki V5 byte'ı / (ITU-T Recommendation G.707)

J2 - Path Trace : J2 byte'ı, bir byte alıcı terminali amaçlanan verici ile bağlantısının sürdüğünü onaylayabilsin diye tekrar, tekrar bir düşük mertebeli yol erişim noktası belirleyicisi göndermek için kullanılır. 16 byte'lık bir çerçeve yol erişim noktası belirleyicisini göndermek için tanımlanır. Bu 16 byte'lık çerçeve J0'dakine benzerdir.

N2 - Network Operator Byte : Bu byte bir tandem bağlantı izleme (TCM) fonksiyonu sağlamak için ayrılmıştır.

K4 (b1-b4)- APS : Bu bitler düşük mertebeli yol seviyelerinde APS işaretlemesi ile işaretleme için ayrılmıştır.

K4 (b5-b7)- Reserved : K4'ün 5-7 bit'leri isteğe bağlı bir kullanım için ayrılmıştır. Eğer bu istek kullanılmazsa bu bitler "000" a yada "111" e set olacaktır.

K4 (b8)- Spare : Gelecekteki kullanım için ayrılmıştır. Tanımlanan bir değere sahip değildir.

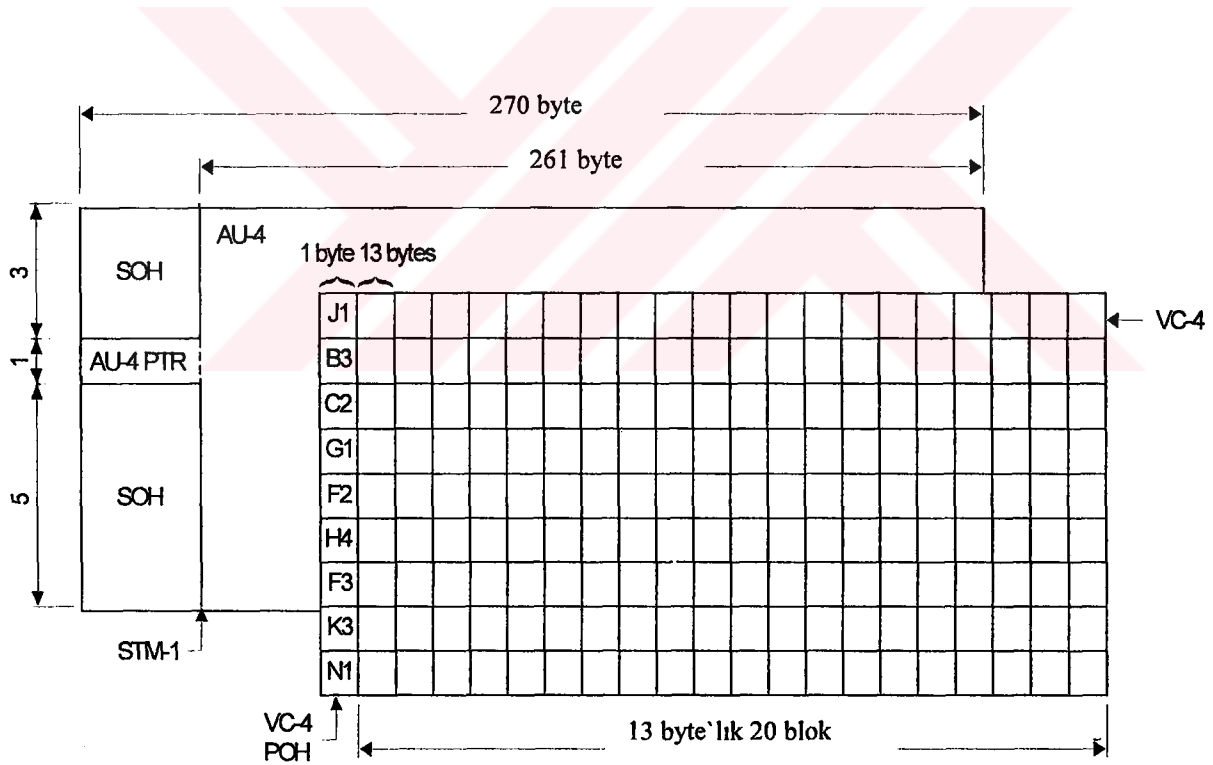
8. VC-N İÇİNDEKİ GİRİŞLERİN (TRIBUTARY) EŞLENMESİ (MAPPING)

Bu kısımda sadece SDH 'de kullanılan bazı seviyeler göz önüne alınacaktır.

8.1 VC-4 İçinde Eşleme

8.1.1 139 264 Kbit/s'nin Asenkron Eşlenmesi

139 264 Kbit/s'lik bir sinyalin, bir STM-1 çerçevesinin VC-4'ü içinde nasıl eşlenebileceği şekil 8.1 ve 8.2'de gösterilmiştir (ITU-T G.707, 1996). Şekil 8.1'de görüldüğü gibi VC-4, 9 byte'lık (1 sütun) bir POH artı 260 sütun 9 satırlık bir yük yapısından oluşur.



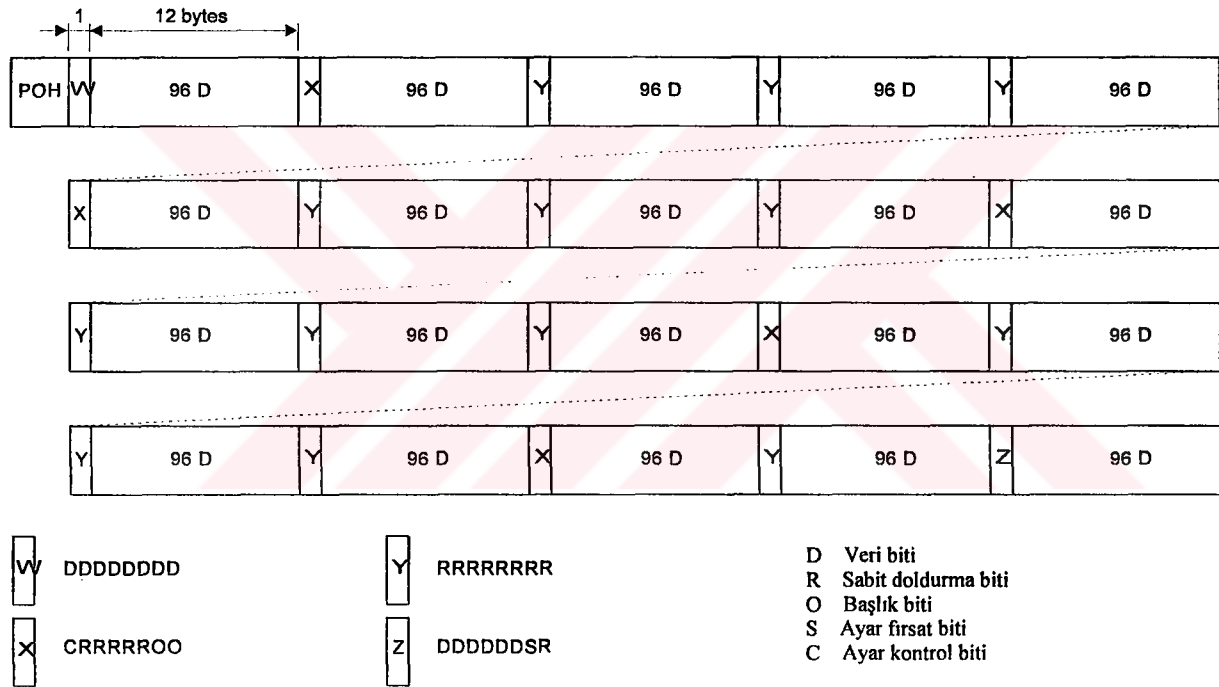
PTR İşaretçi

Şekil 8.1 VC-4'ün STM-1 içinde çoğullanması ve 139 264 kbit/s'lik asenkron eşleme için VC-4'ün blok yapısı / (ITU-T Recommendation G.707)

Bu yük bir 139 264 Kbit/s'lik sinyal taşımak için kullanılabilir:

- 9 satırdan her biri 13 byte'lık 20 blok'a ayrılır (şekil 8.1).
- Her satır içinde bir ayar fırsatı bit'i (s) ve 5 ayar kontrol bit'i yer alır (şekil 8.2).
- Her blok'un ilk byte'ı şunlardan oluşur;
 - Ya sekiz veri bit'i (D) (W byte'ı);
 - Ya sekiz doldurma (stuff) bit'i (R) (Y byte'ı);
 - Ya bir ayar kontrol bit'i (C) artı beş sabit doldurma bit'i (R) artı iki başlık bit'i (O) (X byte'ı)
 - Yada altı veri biti (D) artı bir ayar fırsat bit'i (S) artı bir sabit doldurma bit'i (R) (Z byte'ı)
- Bir bloktaki son 12 byte veri bitlerinden oluşur.

Tüm bu byte dizisi şekil 8.2' de görülmektedir.



Not : Bu şekil 9 satırlık VC-4 kap yapısının 1 satırını göstermektedir.

Şekil 8.2 VC-4 içindeki 139 264 kbit/s'lik girişin asenkron eşlenmesi / (ITU-T Recommendation G.707)

Başlık bitleri, daha ilerdeki başlık haberleşme amaçları için ayrılmıştır. Her satırdaki 5 kontrol bit seti ilişkili ayar fırsat bit'ini kontrol etmek için kullanılır. CCCCC = 00000, S bitinin bir bilgi bit'i olduğunu, CCCCC = 11111, S bitinin bir ayar biti olduğunu gösterir. Ayar bit'i olarak kullanıldığı zaman S bitinde taşınan değer tanımsızdır. Bir ayar biti olarak kullanıldığı her zaman bu bit'te taşınan değeri alıcının göz ardı etmesi istenir.

VC-3 POH'una ilaveten, VC-3 her 125 μ s'de 9x84 byte'lık bir yüke sahiptir. Bu yük üç alt çerçeveye bölünür. Her alt çerçeve şnlardan oluşur:

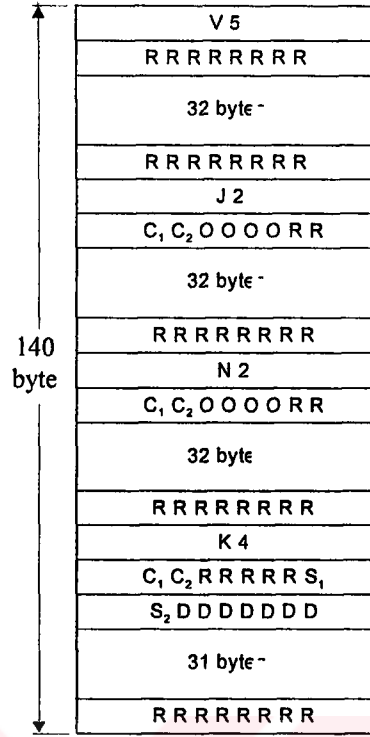
- 1431 veri biti;
- İki setlik bes ayar kontrol bit'i (C1, C2);
- İki ayar fırsat bit'i (S1, S2);
- 573 sabit doldurma bit'i.

Beş kontrol bitinin iki seti, C1 ve C2, sırasıyla iki ayar fırsat bit'i S1 ve S2'yi kontrol etmek için kullanılır. C1C1C1C1C1 = 00000, S1'in bir veri bit'i olduğunu, C1C1C1C1C1 = 11111 ise S1'in bir ayar bit'i olduğunu gösterir. C2 bitleri aynı yolla S2'yi kontrol eder. S1 ve S2 içinde taşınan değer ayar bitleri olduklarında tanımsızdır. Ayar bitleri olarak kullanıldıkları her zaman, bu bitlerin içinde taşınan değeri alıcının göz ardı etmesi istenir.

8.3 VC-12 İçindeki Eşleme

8.3.1 2048 kbit/s'nin Asenkron Eşlenmesi

Bir 2048 kbit/s'lik sinyal bir VC-12 içinde eşlenebilir. Bu şekil 8.4'de 500 μ s'lik bir periyot üzerinde gösterilmiştir (ITU-T G.707, 1996).



- D Veri biti
- R Sabit doldurma biti
- O Başlık biti
- S Ayar fırsat biti
- C Ayar kontrol biti

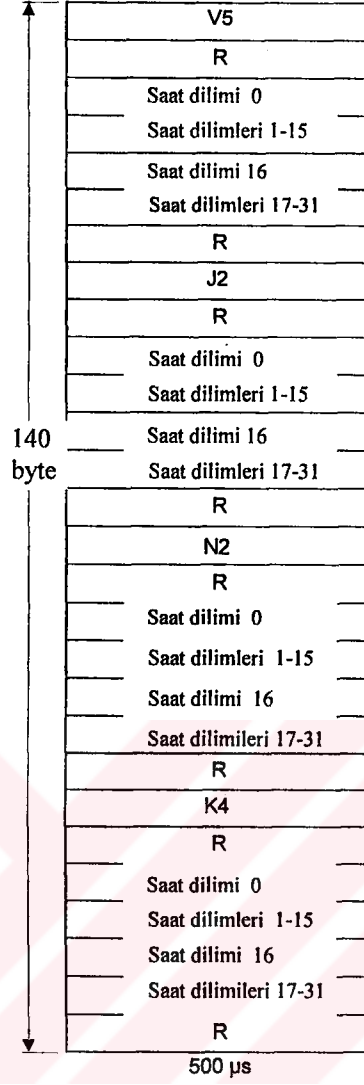
Şekil 8.4 2048 kbit/s'lik girişin asenkron eşlenmesi / (ITU-T Recommendation G.707)

VC-1 POH'una ilaveten VC-12, 1023 veri biti, 6 ayar kontrol bit'i, 2 ayar fırsat bit'i ve 8 başlık haberleşme kanalı bit'inden oluşur. Geriye kalanlar sabit doldurma bit'leridir. O bit'leri gelecekteki başlık haberleşme amaçları için ayrılmıştır. İki set'lik (C1, C2) üç ayar kontrol bit'i sırasıyla iki ayar fırsatı S1 ve S2'yi kontrol etmek için kullanılır. C1C1C1 = 000, S1'in veri bit'i, C1C1C1 = 111 S1'in ayar bit'i olduğunu gösterir. C2, S2'yi aynı yol ile kontrol eder.

Ayar bit'leri oldukları zaman S1 ve S2'de taşınan değer tanımsızdır. Ayar bit'leri olarak kullanıldıkları her zaman bu bitlerde taşınan değeri alıcının göz ardı etmesi istenir.

8.3.2 2048 kbit/s'nin Byte Senkron Eşlenmesi

Şekil 8.5'de bu eşlemenin nasıl yapıldığı gösterilmektedir (ITU-T G.707, 1996).

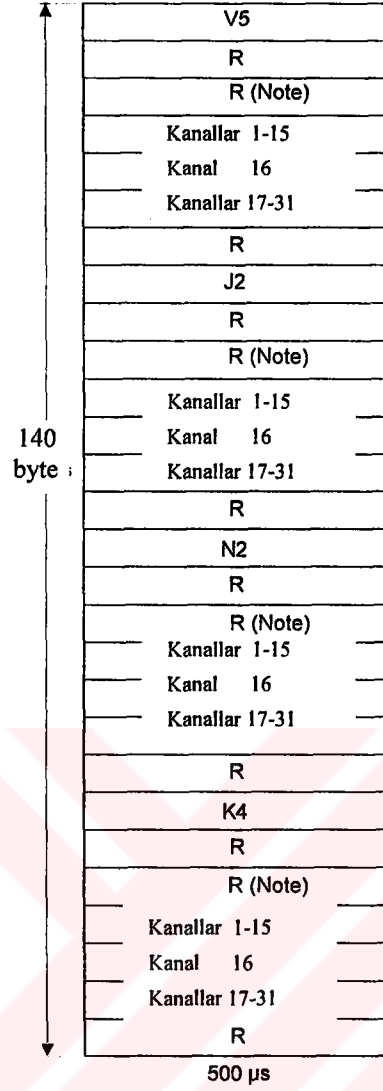


R Sabit doldurma byte'ı

Şekil 8.5 2048 kbit/s'lik giriş için byte senkron eşleme / (ITU-T Recommendation G.707)

8.3.3 31 x 64 kbit/s'nin Byte Senkron Eşlenmesi

Şekil 8.6'da 31x 64 kbit/s girişlerinin byte senkron eşlenmesi görülmektedir (ITU-T G.707, 1996).



R Sabit doldurma byte'ı

Not : G.704 Standartına göre buraya time slot 0 konulur.

Şekil 8.6 31 x 64 kbit/s için byte senkron eşleme / (ITU-T Recommendation G.707)

9. KORUMA (PROTECTION)

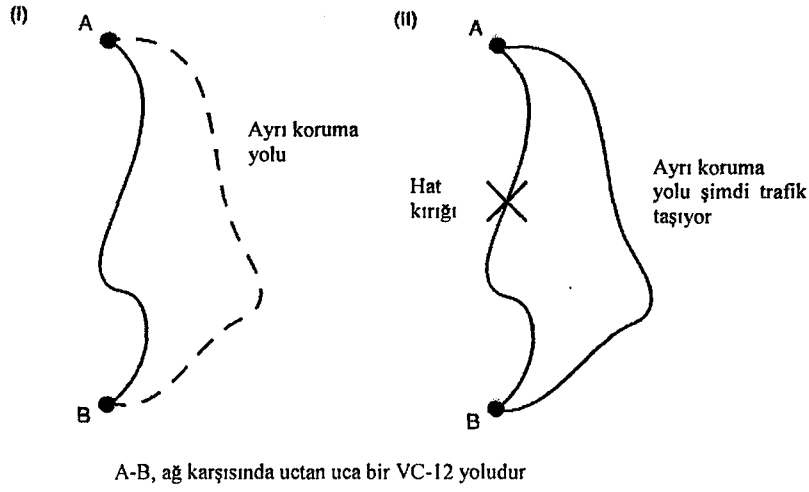
Modern toplumun gelişimi ile iletim ağlarına olan bağımlılık gittikçe artmıştır. İş sahası, coğrafik olarak yayılmış ve global hale gelmiştir. Veri ve ses trafiği için iletim bağlantılarına güvenilmiştir. Trafik miktarının yükselmesi yanında son kullanıcılarda daha ilgi gerektiren bir hale gelmiş ve operatörlerden daha güvenilir servisler beklenmeye başlanmıştır. Örneğin birkaç saniyelik trafik kaybı, bir banka için büyük bir para kaybına neden olabilir.

Bir bağlantı hata verirse ne olur ? Örneğin bir kazı makinesi bir fiber boruyu zedeleyebilir. Dolayısıyla bir fiber kırığı oluşabilir. Bu tip eksikliklerde bile, son kullanıcı servis kaybına tolerans göstermeyecektir. Alternatif olarak güç kesimi yada gerekli bakımlarda oluşabilecek hatalarda gösterilebilir. Esnek bir ağ, bir hata durumunda trafiğin otomatik olarak yeniden yükleneceğini garanti eder. SDH iletim sistemleri otomatik koruma planlarının (APS) yayınına olanak sağlar.

Ağ koruma konusu pek çok terim ve kavramlara sahiptir. Üstelik bazı terimler için kabul edilen genel bir tanım yoktur. Bu bölümde bu terim ve kavramlar açıklanacak ve daha sonra yaygın koruma planlarıyla bunların temel çalışmasının nasıl yapılacağına değinilecektir (Nortel Networks, 1999).

Alt Ağ (Subnetwork) : Bir tek ağ, pek çok alt ağın ara bağlaşımı olarak görülebilir. Bir halka bir alt ağa basit bir örnektir. Bu alt ağlar değişik coğrafik bölgelerde organize edilebilir yada alt ağlar farklı operatörlere ait olabilir.

Dayanıklılık (Survivability) : Bir ağ, herhangi iki düğüm arasında başarısız bir nokta yok ise dayanıklı olarak varsayılır (Şekil 9.1). Yani trafik, hatalı bir noktanın varlığında bile kesilmemelidir.



Şekil 9.1 Dayanıklılık / (Synchronous Transmission Systems)

Kullanılabilirlik (Availability) : Kullanılabilirlik, bir ağın son kullanıcılara servis sağlayabilme zamanı oranının bir ölçüsüdür. Ağın, hangi sıklıkta yada sürekli olarak ihtiyaç duyduğu iletim fonksiyonlarının sürebildiğini gösterir.

Köprü (Bridge) : Çalışma kanalının koruma kanalına bağlanmasıdır.

Bağlaştırıcı (Switch) : Koruma kanalının çalışma kanalına bağlanmasıdır.

Hat (Span) : İki komşu düğüm arasındaki bir SDH hat setidir.

Donanım Koruması : Donanım kullanılabilirliği, ağ elemanının kendisi içinde uygulanan lokal koruma tarafından geliştirilebilir. Örneğin güç kaynağı, sistem saati yada giriş(tributary) birimleri çiftlenebilir. Bozuk kartın yerini bir koruma kartı alabilir.

Ağ Esnekliği : Ağın dayanıklılığını ve tüm kullanılabilirliği artırmak için ağ bağlantıları korunur. Bozuk bir iletim bağlantısının bir çalışma bağlantısı ile yer değiştirdiğini garanti etmek için prosedürler uygulanır. Bu yöntemle, servisin düzeltildiğini garanti etmek için yararlanılan iki çeşit mekanizma vardır:

- **Yenileme (Restoration) :** Bu bir servis kaybından sonra trafiği düzeltmek için yedek kapasite kullanan bir yavaş otomatik yada manuel işlemdir. Bulunan bozukluk üstünde, trafik alternatif bir yol üzerinden yeniden yönlendirilir.
- **Koruma :** Çalışma kanalında meydana gelebilecek bir hata durumunda trafiğin alternatif bir yoldan sürdürülebileceğini garanti eder. Otomatik bir koruma mekanizması vardır. Hata tespit edilir ve servisin bu hatadan etkilenmesi önlenir.

Bozukluk Nedenleri : SDH iletim ağı içindeki bozukluğun fiziksel kaynakları aşağıdaki kategoriler içinde sınıflandırılabilir.

- **Fiber ve Kablolar** : Fiber ve kablolardaki bozukluğun başlıca nedeni, mühendislik çalışmaları ile deprem yıldırım düşmesi gibi dış etkenler tarafından verilen hasardır.
- **Donanım**, değişken bileşenlerin gerilmesi, nemin artması gibi etkilerden dolayı bozulabilir.
- **Başlıca güç bozuklukları**, ağ operatörünün kontrolü dışında meydana gelir. Büyük sistemler ikincil güç kaynakları ile yedeklenir, fakat sinyallerin üzerinde geçici etkiler olması mümkündür.
- **Bakım** : Program dışı bakım ve bakım süresince oluşan hatalar servisin kullanılabilirliğini etkiler.
- Operatörün neden olduğu yönlendirme hataları da servisin kullanılabilirliğini etkiler, fakat bunlar ilave edilen koruma bağlaşım tetikleyicileri tarafından (Ağ elemanları içindeki yol iz alarmları gibi) minimize edilebilir.
- Çevresel yada insan kaynaklı felaketler genellikle büyük ağ bileşenlerinin yok olması gibi geniş ve şiddetli etkilere sahiptir.

9.1 Donanım Koruması

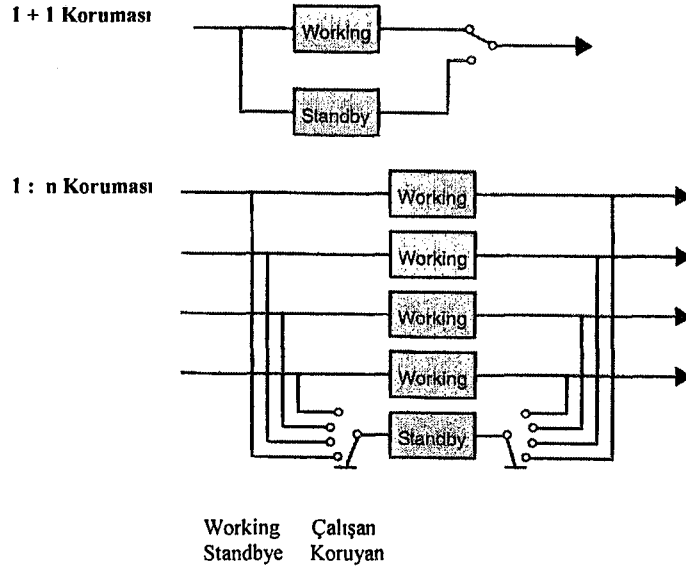
Kalite hedefleri bir SDH iletim ağı elemanları için koyulur ve bunlar ağıın kullanılabilirlik ölçüsünü etkiler. Kullanılabilirlik gereksinimlerini elde etmek için bazen ağ elemanı içindeki modüllerin çiftlenmesi gerekir.

Bir ağ elemanı içindeki her bileşen onunla ilgili bir bozulma oranına sahiptir (Nortel Networks, 1999). Bu, devre kartlarının bozulma oranlarını hesaplamak için etkileşimli bileşenlere ilişkin bilgi ile kullanılır. Benzer şekilde devre kart hata oranları ve etkileşim bilgisi bir ağ elemanının bozulma oranını hesaplamak için kullanılır.

Bozulmanın önüne geçmek için hazır bekleyen (Standby) bir bileşenin sağlanması ile kullanılabilirlik artırılabilir. Bu lokal koruma yaygın olarak pek çok birime uygulanır; güç kaynağı, saat üretimi, anahtar matris ve giriş (tributary) kartları.

Örneğin hazır bekleyen bir giriş kartı, ağ elemanı içinde donatılabilir. Çalışma giriş kartının bozuk olması durumunda, trafik otomatik olarak standby karta bağlaştırılır. Bu işlem esnasında son kullanıcıya kadar olan serviste bir kesilme olmaz. Standby kartlar, alışılmış bakım süresince de kullanılır. Çalışma kartına bakım yapılırken, trafik manuel olarak standby karta bağlaştırılır.

Koruma donanımı için çeşitli standart planlar vardır. Örneğin her çalışma kartı için bir standby kartı vardır. Bu kartlar 1+1 korumalıdır (şekil 9.2).



Şekil 9.2 1+1 ve 1:n koruması (protection) / (Synchronous Transmission Systems)

Çok sayıda konuşma kartı için bir koruma kartının sağlanması da yaygındır. Herhangi bir çalışma kartındaki bozulma durumunda, trafik otomatik olarak koruma kartına bağlaştırılır. Bu 1:n korumasıdır. Örneğin bir STM-16 çoklayıcı içinde, STM-1 giriş kartları üstünde 1:16 koruması yerine getirir. Yani biri koruma (standby) ve 16'sı çalışma olmak üzere toplam 17 kart vardır. Çalışma kartlarının birisinde bozulma olduğunda trafiği koruma kartı taşır. Koruma kartı gerektiğinde ekstra trafik de taşıyabilir. Fakat bu ekstra trafikin koruması yoktur.

Donanım koruması ayrı ağ elemanlarının kullanılabilirliğini artırabilir. Fakat bütün bir ağ eleman kaybına karşı koruma yapamaz. Bir ağ elemanı kaybolduğunda trafiğin yeniden yönlendirilebileceğini garanti etmek için ağın dayanıklılığını artıran koruma planları yerine getirilmelidir.

9.2 Yenileme

Yenileme, uçtan uca bir servis yolunun kullanılabilirliği ile ilgilidir. Tüm ağın bir ucundan diğer ucuna çalışır ve trafiği bakım servisine yeniden yönlendirir (Nortel Networks, 1999). Bir sinyal kaybı bulunduktan sonra trafik yedek kapasite üzerinden yeniden yönlendirilir. Yeniden yönlendirme algoritmaları ağ elemanı yazılımı içinde programlanır. Alternatif yol, düşük öncelikli trafiğin çıkarılması yada yedek kapasitenin kullanımı ile bulunabilir.

Bazı koruma planları içinde bir bağlantı, çalışma bağlantısı için bir koruma bağlantısı olarak

ayrılır. Bu yedek kapasitenin paylaşılabilirdiği yenileme içindeki bir durum değildir. Bu strateji büyük esneklikler sunmasına rağmen sık, sık önemli sayıda yeniden yönlendirme opsiyonları olacaktır. Bu nedenle algoritmalar karmaşıktır. Alternatif bir trafik yönünün bulunması için gereken zamanın hesabı, etkilenen trafiğin hızlı bir şekilde yenilenmesinin zor olduğunu gösterir.

Yenileme, ağ yönetim sistemi tarafından sadece bir sinyal kaybı bulduktan sonrada başlatılır, bozulma gerçekten meydana geldiğinde değil. Bu nispeten ağır yenileme zamanlarına önderlik eder.

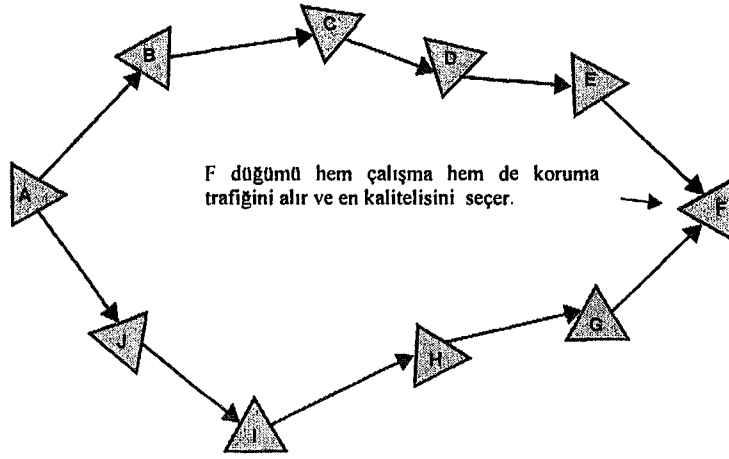
9.3 Ağ Koruması

Ağ koruma prosedürleri, ağ bozukluklarını kendi içinde düzeltmesi için görevlendirilmiştir. Tanımlanan pek çok koruma mekanizması vardır. Çoğunlukla hazırlanan planlar, bölüm (Section) katmanında koruma ve yol (Path) katmanında yada alt ağda koruma olarak bölünebilir. Ortak planlar tartışıldığında farklar daha belirgin hale gelecektir, fakat basit bir giriş olarak şunlar verilebilir:

- Bölüm katmanındaki koruma, bir bölümdeki tüm trafiğin alternatif bir fiber bölümüne bağlaştırılmasını içerir.
- Yol katmanındaki koruma bir alt ağ içinde uçtan uca bir yol üstündeki bir VC'nin korunmasını içerir.

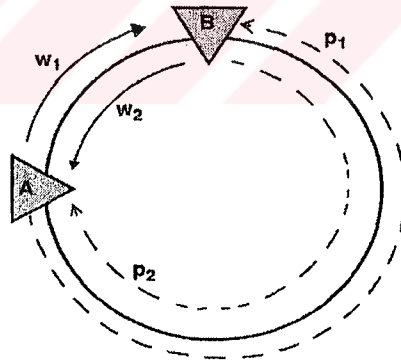
9.3.1 Adanmış Yol (Dedicated Path) / VC Yol Koruması (VC Trail Protection)

Bu tip korumada, trafik ağın bir ucundan diğer ucuna doğru her iki yönden de gönderilir. Adanmış bir koruma yolu trafiği bir yönde ve bir çalışma yolu trafiği diğer yönde taşır (ITU-T G.842, 1997; ITU-T G.841, 1998; Nortel Networks, 1999). Ağ elemanı trafiği aldığı anda her iki yoldan gelen sinyalin kalitesini karşılaştırır ve yüksek kalitede olan sinyali seçer. Bu çalışma yolu olarak kabul edilir. Bu yolda bir bozulma olması durumunda sondaki alıcı diğer yola bağlaştırılacaktır (Koruma yolu).



Şekil 9.3 Adanmış Yol / (Synchronous Transmission Systems)

Bu tip mekanizmaya özel bir örnek yol korumalı halkadır. Trafik halkaya girdiğinde halka çevresindeki her iki yönden de gönderilir, seçimi çıkış düğümü yapar.



Şekil 9.4 Yol korumalı halka / (Synchronous Transmission Systems)

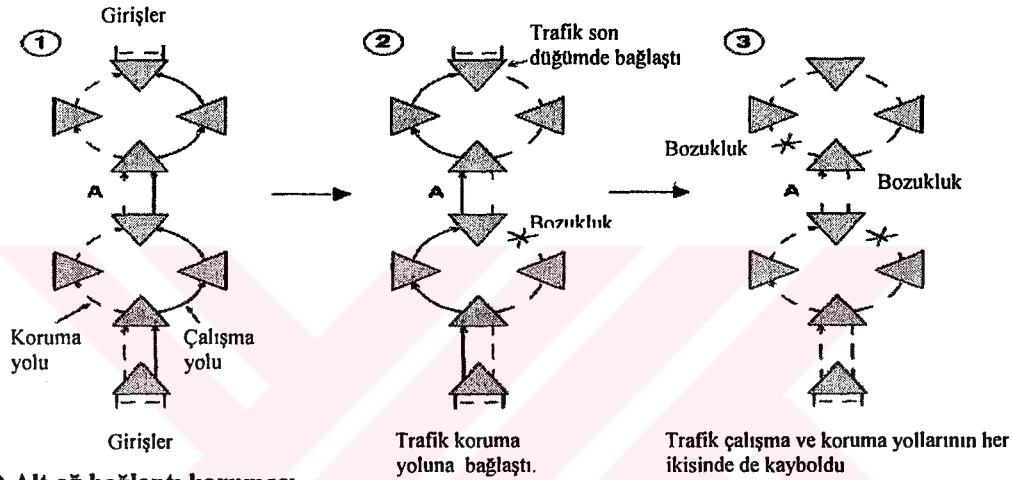
9.3.2 Alt Ağ Bağlantı Koruması (Subnetwork Connection Protection- SNCP)

SNCP yol korumasına benzerdir. Fakat adanmış yol koruması uçtan uca bir yolun sonundaki bağlaştırmayı içerirken, SNCP bağlaştırması yolun sonunda yada ortadaki bir düğümde başlatılabilir (Şekil 9.5). Ağ, çok sayıda ara bağlaşımlı alt ağlara ayrılabilir (ITU-T G.841, 1998; Nortel Networks, 1999). Her alt ağ içinde koruma yol seviyesinde sağlanır ve iki yol

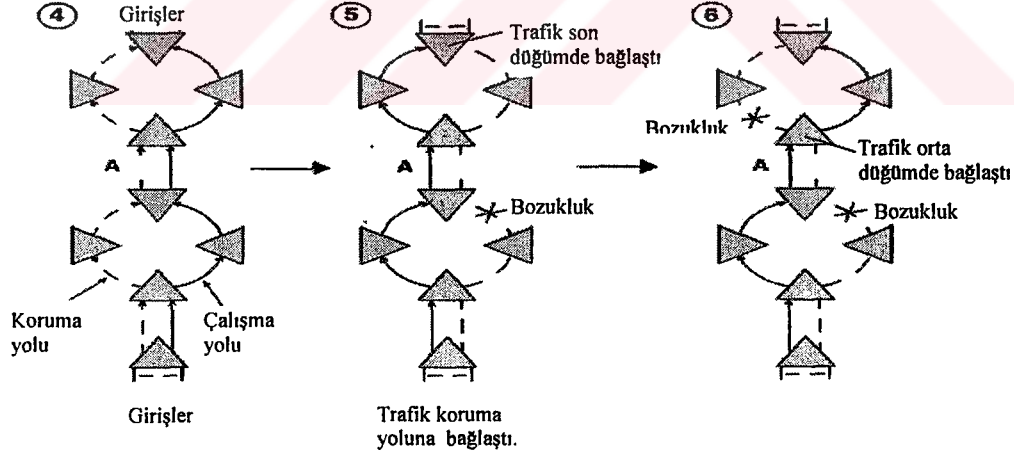
arasındaki otomatik koruma bağlaşımı alt ağ sınırlarında sağlanır.

En kaliteli sinyalin seçimi sadece yolun sonundaki ağ elemanı tarafından değil aynı zamanda yol üzerinden geçen her alt ağın çıkışındaki orta düğümler tarafından da gerçekleştirilir. VC, ortadaki ağ elemanında ayrılmaz, onun yerine iki giriş port'undaki sinyal kalitesini karşılaştırır ve en kaliteli olanı seçer. Bununla yol koruması arasındaki fark aşağıdaki örnekte şekiller ile açıklanmaktadır.

(i) Adanmış yol



(ii) Alt ağ bağlantı koruması



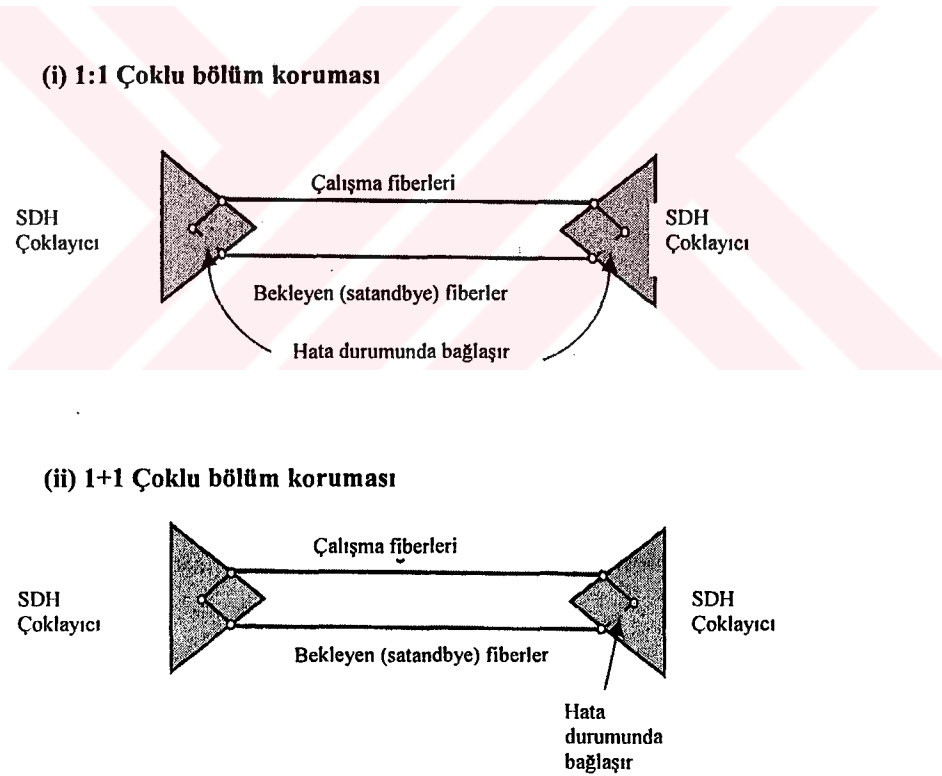
Şekil 9.5 Alt ağ bağlantı koruması / (Synchronous Transmission Systems)

İki eş zamanlı bozulma durumunda, trafiğin en uçtaki düğüme ulaşması için koruma bağlaşımı "A" orta düğümünde gerçekleşmelidir. SNCP, bağlantı için adanmış yoldan daha yüksek bir kullanılabilirlik sonuçları verir. Çünkü SNCP eş zamanlı iki bozulma durumunda ağın hayatta kalmasını sağlarken, adanmış yol koruması bunu yapamaz.

Yol koruması prensibinde, uçtan uca pek çok cazip özelliğe sahip olduğu görülür; bir uçtan diğer uca ağın korunması mümkündür ve ayrı yollar seçilerek korunabilir. Bununla birlikte farklı yönlerin tamamen garantiye alınması karmaşık bir kontrol gerektirir. Büyük bir kapasite kullanılır. Tüm ağı içeren programlı bakım çalışmalarının düzenlenmesi çok zordur. Bu nedenle yol koruması alt ağ seviyeleri ile sınırlandırıldığında daha uygun hale gelir, yani SNCP. SNCP özellikle halkalar üzerinde iyi çalışır. Çünkü ayrı fiber yönleri garantiye alınır.

9.3.3 MS Lineer Koruması (Multiplex Section Linear Protection)

Prosedür, iki komşu düğüm arasındaki trafik bölümünde çalışır. Bu iki düğüm arasında, çalışma ve koruma olmak üzere iki farklı fiber üstünde iki ayrı bağlantı vardır. Bağlantının bozulması durumunda tüm sinyal çalışma fiberinden koruma fiberine bağlaşacaktır (ITU-T G.842, 1997; ITU-T G.841, 1998; Nortel Networks, 1999).



Şekil 9.6 Çoklu bölüm koruma planları / (Synchronous Transmission Systems)

MSP'nin farklı tipleri vardır.

1:1 Koruması çift uçludur. Trafik başlangıçta sadece çalışma bağlantısı üzerinden gönderilir. Trafik alınmadığı zaman uzak uçta bir bozulma saptanır. Çalışma kanalında trafik varken, önceliği düşük trafik, koruma kanalından gönderilebilir. Bu trafik koruma bağlaşımı

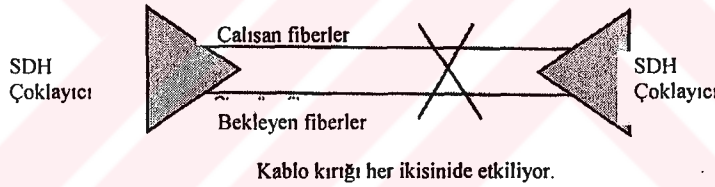
başlatıldığında kaybedilir.

$1:n$, yukarıdakine benzerdir fakat burada çok sayıda (n) çalışma kanalı, bir koruma kanalı ile korunur.

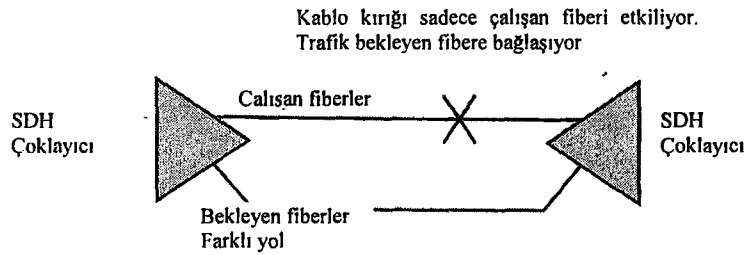
$1+1$ MSP'de trafik başlangıçta hem çalışma hem de koruma yollarından gönderilir. Alıcı uçta bir trafik kaybı saptanırsa koruma yoluna bir bağlaşma yapılacaktır. Geriye doğru işaretlemeye ihtiyaç yoktur. Bununla birlikte, koruma bölümü diğer trafik için kullanılmaz ve bu nedenle fiber kapasite ihtiyaçları yüksektir.

MSP komşu ağ elamanları arasındaki trafiği korur. Fakat sadece bu iki düğüm arasındaki bağlantılar korunur. Tam bir düğüm bozulmasına karşı koruma yoktur. Diğer sınırlama, çalışma ve koruma fiberleri için fiziksel olarak farklı yollara ihtiyaç duyulmasıdır. Eğer koruma ve çalışma fiberleri aynı fiziksel boru içinde olsaydı bozulurdu ve hem çalışma hem de koruma yolları kaybedilirdi.

(i) Çalışan ve bekleyen fiberler aynı kabloda

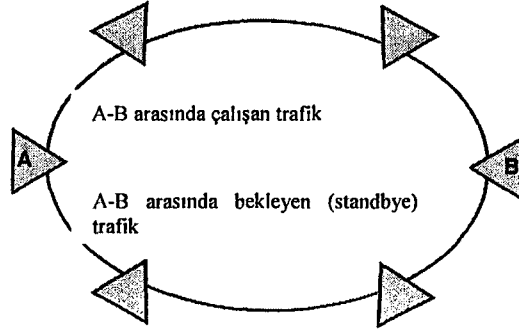


(ii) Çalışan ve bekleyen fiberler farklı yollarda



Şekil 9.7 Farklı yol koruması / (Synchronous Transmission Systems)

Bu nedenle iki komşu düğüm çifti arasında uzanan alternatif yönler olmalıdır. Bu, bu tip koruma planları hazırlandığı zaman göz önünde tutulur. MS lineer koruması tipik olarak lineer uyumlu ağlar için kullanılır.



Şekil 9.8 Farklı koruma yollarını aktif eden halka topolojisi / (Synchronous Transmission Systems)

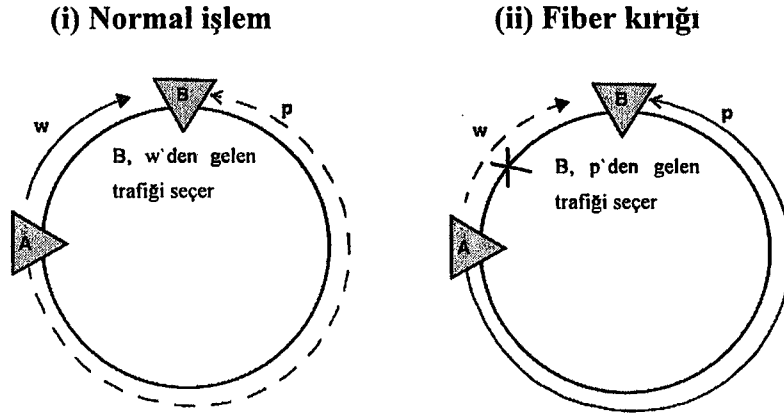
9.3.4 Kendini Düzelten Halkalar (Self Healing Rings)

Kendini düzelten bağlantı koruma prosedürleri gittikçe yaygın hale gelmektedir. Çünkü koruma için farklı bir yön sağlarlar ve bu nedenle fiber kullanımı verimlidir. Çok sayıda bağlantı koruma planları vardır. Bunlar, bölüm katmanındaki koruma amaçlı olanlar ve yol katmanındakilere ayrılabilir. Daha sonra bunlar, tek yönlü ve çift yönlü planlara bölünebilir. Burada iki çeşit kendini düzelten halka mekanizması düşünülecektir (ITU-T G.842, 1997; ITU-T G.841, 1998; Nortel Networks, 1999).

- Yol korumalı çift yönlü halkalar (Adanmış Korumalı Halkalar yada Yol Korumalı Halkalar).
- Çift yönlü paylaşımlı koruma halkaları (SPRing)

9.3.4.1 Adanmış Korumalı Halkalar

Bu, bir halkaya uygulanan bir tip adanmış yol korumasıdır. Trafik, A düğümünde halkaya girdiğinde (Şekil 9.9) halka çevresindeki iki yöne de gönderilir. Bir yön bir çalışma yolu “w” diğer yön koruma yolu “p” olarak düşünülebilir. Alıcı düğüm en kaliteli bağlantıyı seçecektir. Örneğin en kaliteli sinyalin “w” olduğunu varsayalım. Fiberin “w” üstünde A ile B arasında kırılması durumunda; B “p” yolundan gelen trafiği seçecektir.



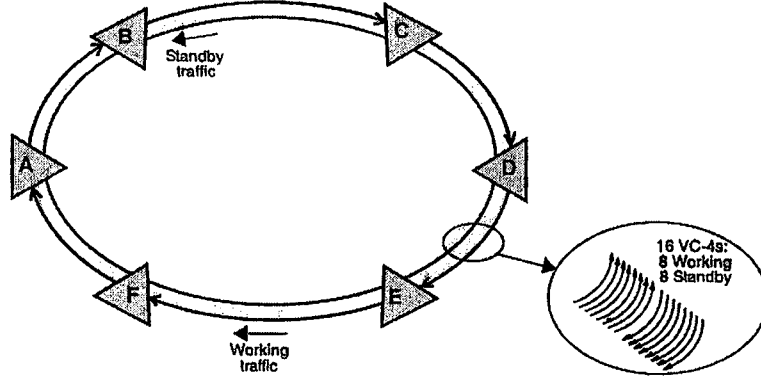
Şekil 9.9 Adanmış koruma halkası / (Synchronous Transmission Systems)

9.3.4.2 MS Paylaşımlı Koruma Halkaları (MS-SPRing)

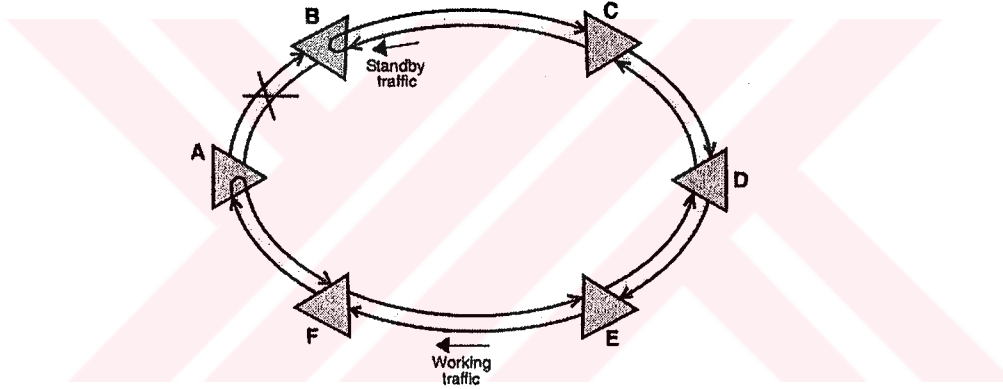
MS-SPRing'ler bir halka koruma mekanizmasıdır. Adanmış koruma halkasına zıt olarak trafik halka üzerinde sadece bir yönde gönderilir. Her çalışma yolunun koruması için bir koruma yolu ayrılmaz. Bunun yerine koruma için halka üstünde kapasite ayrılır ve bu çok sayıda çalışma yolunun koruması için paylaşılabilir. Koruma bağlantısı, MS lineer korumadakine benzer bir yolla bölüm seviyesinde başlatılır. Bozulma durumunda, bir bölüm üstündeki tüm trafik bağlaştırılır. Bu mekanizma ile kapasite daha iyi kullanılır ve operatöre bir halka üstündeki çalışma yollarının sayısının artırma olanağı sağlar.

Bu durumda MS-SPRing nedir? A'dan gelen normal modda, B'de sonlanan bir trafik ile VC sadece A ile B arasındaki bölüm üstünde A'dan B'ye gönderilir (Şekil 9.10i). A ile B arasında bir bozulma durumunda (Şekil 9.10ii) bu bölümdeki tüm trafik, koruma için ayrılan kapasite üstünde yeniden yönlendirilir. Bu, MSP ile benzer bir yoldur. Bir bölümdeki tüm trafik bir koruma bölümüne bağlaştırılır. O an bir fiber kırığı vardır.

(i) Normal işlem



(ii) Fiber kırığı



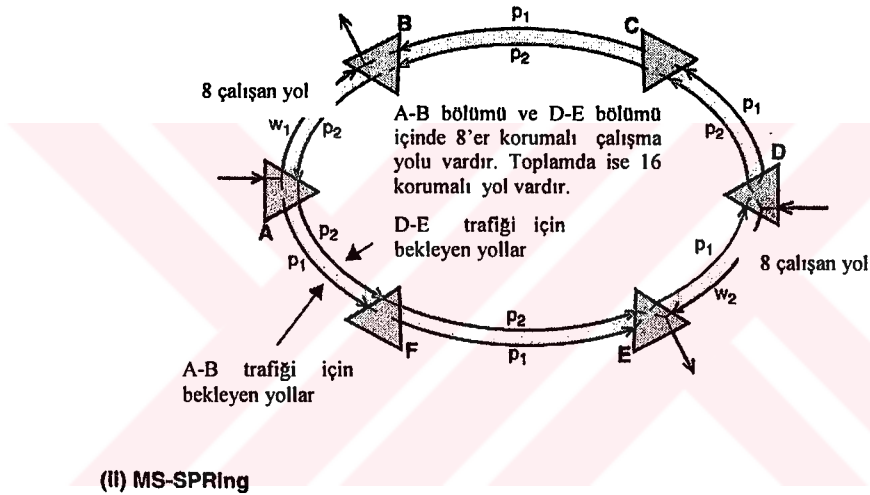
Şekil 9.10 MS-SPRing / (Synchronous Transmission Systems)

Halka üzerindeki her bölüm koruma için kapasite ayırmıştır. Örneğin fiberin STM-16 trafiği taşıdığını varsayalım. Bu durumda her bölüm üstünde 16 STM-1 kanalının eş değeri vardır yada 16 VC'lik trafik; VC-4'ler. Her bölümde 8 STM-1 kanalı çalışma trafiğini taşıyacak ve diğer 8'i koruma için ayrılacaktır.

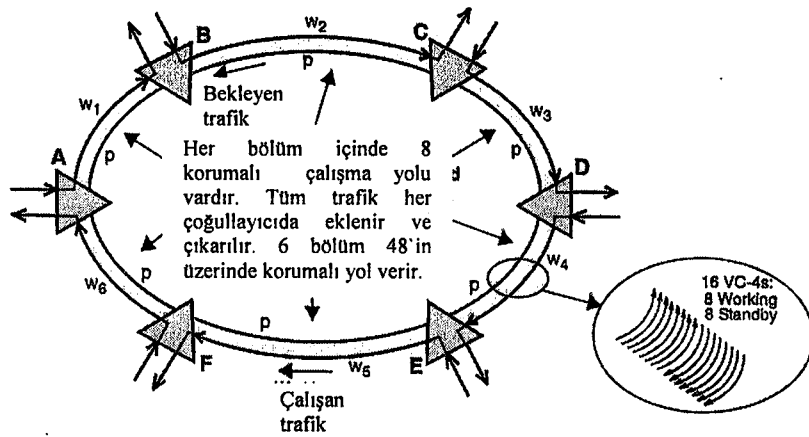
STM-16'lık bir kapasite ile 6 düğümlük bir halkayı örnek alalım. Düzenli bir trafik modeli düşünün ki bu şekilde halkaya giren trafik komşu düğümde çıksın. Adanmış koruma halkasına örnek şekil 9.11i de gösterilmektedir. Trafiği w_1 yönünde yönlendirmek için A ile B arasında 8 STM-1 eş değerine ihtiyaç vardır. Tabi ki p_1 yönü içinde 8 STM-1 eş değerine ihtiyaç vardır. Eğer trafik w_2 , p_2 üstünde D ile E arasında benzer bir şekilde yönlendirilirse, STM-16 üzerindeki tüm kapasite kullanılır (A – B üzerinde 8 ve D- E üzerinde 8).

Şimdi aynı halkayı alıp MS-SPRing kullanalım (Şekil 9.11ii). A ile B arasındaki trafik w_1 üstünde 8 STM-1 eşdeğerini kullanır fakat halka üzerinde diğer yönde koruma için gereksinim duyulan 8 STM-1 değeri p_2 üstünde paylaşılır. Eğer trafiğin tamamı mevcutsa ve komşu düğümde girdiyse, tüm komşu düğümler arasında çalışma yollarına sahip olmak mümkündür. Yani 8 STM-1 eşdeğeri tüm halka üzerinde çalışma trafiği için kullanılır ve her bölüm üstünde 8 STM-1 eşdeğeri bu çalışma yollarının paylaşılabilir koruması için hala geçerlidir.

(i) Adanmış koruma halkası



(ii) MS-SPRing



Şekil 9.11 Paylaşımlı koruma halka kapasitesinin avantajı / (Synchronous Transmission Systems)

Her bölüm (w_1 - w_6) üstünde çalışma yollarına sahip olmak mümkündür ve her bölümde 8

STM-1 kanalı vardır. Toplam 48 (8x6) yol aktif olabilir. Adanmış koruma halkasında ise 16 yol aktiftir. SPRing'ler, koruma için ayrılan kanalların tekrar kullanımı ile fiber üstündeki kapasiteyi arttırabilir. Pek çok ağda, düşük maliyetli yüksek band genişliğine sahip servislere talep vardır. Örneğin IP trafiği, SPRing'de bir fiber kırığı olduğunda koruma band genişliği dinamik olarak ayrılır. Bunun anlamı, koruma için sürekli olarak kullanılan büyük bir band genişliğine gerek yoktur.

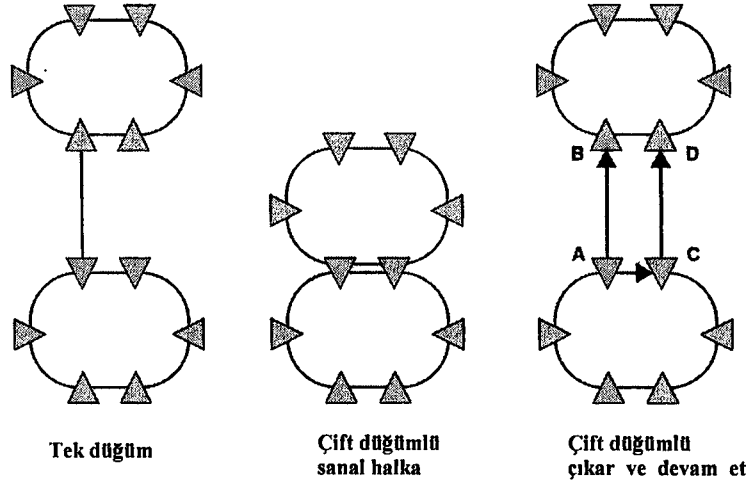
Örnekler, iki fiberli SPRing'i tanıtmıştır ki burada bir fiber 8 çalışma ve 8 koruma kanalına bölünür. Fakat SPRing'i 4 fiberli versiyonu da mümkündür. Bu düzende, bir tek fiber kapasitesi çalışma ve koruma kanallarına bölünmez. Her biri için ayrı fiber kullanılır. 4 fiberli halkalar aynı anda meydana gelen iki span bozulmasıyla baş edebildiği halde 2 ve 4 fiberli halkalar için temel kullanılabilirlik aynıdır. Bu nedenle 4 fiberli halkalar kullanılabilirlik içinde büyük bir gelişme sağlar. Tabii ki 4 fiberli halkalar daha fazla fibere gereksinim duyar fakat aynı zamanda 2 fiberli halkanın 2 katı kadar trafik taşıyabilir. Bir halka hatasına karşı koruma yaptığı gibi, SPRing'ler halkadaki bir düğümün bozulmasına karşıda koruma sağlarlar. Bu, lineer MSP'de yoktur.

9.3.5 Koruma Planlarının Karşılaştırılması

Çizelge 9.1 Koruma planlarının karşılaştırılması / (Synchronous Transmission Systems)

Ağ	Neyi koruyor?	Koruma nerede meydana geliyor?	Tipik topoloji	Koruma bant genişliği tekrar ediyor mu?	Tipik bağlaşma
MS SPRing	Bölüm üstünde olan tüm trafik	Halkadaki herhangi bir düğümde	Halka	Evet	<50ms
1+1 MSP	Bölüm üstünde olan tüm trafik	Komşu düğümde	Lineer	Hayır	<50ms
VC-Trail/ Adanmış Path	Özel VC	Yolun sonundaki düğümde	Karışık	Hayır	<50ms
SNCP	Özel VC	Yolun sonundaki yada ortasındaki düğümde	Karışık	Hayır	<50ms
Yenileme	Özel VC	Koruma bağlaşımı	Karışık	Evet	>1 min

9.4 Ara Bağlaşım Tipleri



Şekil 9.12 Alt ağ ara bağlaşımını / (Synchronous Transmission Systems)

Alt ağların ara bağlaşımının çeşitli yolları vardır. Şekil 9.12 kullanılabilen tek ve çift düğüm planlarını gösterir (Nortel Networks, 1999). Çift düğüm ara bağlaşımını, her alt ağda iki düğümün bağlantılı olduğunu gösterir. Her iki alt ağ arasında iki yol aktiftir ve bu nedenle bir uçtan uca bağlantı, alt ağların birindeki bir bozulmaya karşı korunur. Bir tek düğüm ara bağlaşım planı, ağ içinde bir tek bozuk noktayı içerir. Eğer ara bağlaşım bağlantısı hata verirse yada ara bağlaşım düğümlerinden biri hata verirse trafik kaybedilir. İki çeşit çift düğüm ara bağlaşımını vardır:

Virtual (Sanal) Halka : Çalışma ve koruma yolları fiziksel olarak ayrıdır. Her ağda iki ara bağlaşım düğümü olabilir yada ara bağlaşım düğümler şekil 9.12'de görüldüğü gibi alt ağ boyunca paylaşılır. Bu mekanizma bir tek alt ağ kadar sağlamdır çünkü alt ağlar arasında iki yol vardır. Bununla birlikte eğer ara bağlaşımın her yanında, alt ağlarda bozulmalar olsaydı trafik kaybedilirdi.

Çıkar ve Devam Et (Matched Nodes) : Bu çift düğüm ara bağlaşım formundan daha sağlamdır. Birinci düğüm A'daki trafik, B düğümü üzerinden ikinci alt ağa geçer fakat C'ye de ve D'ye de geçer. Bu nedenle trafiğin iki kopyası ikinci ağa geçer. Her alt ağda aynı anda bozulma olması durumunda trafik kaybedilmez.

10. SDH AĞLARINDA YÖNETİM

10.1 Yönetim Ağı Organizasyon Modeli

Bir SDH ağ yönetimi, dağıtılmış çok sayıda sıralanmış yönetim işlemlerini kullanır. Bu organizasyonun en alt katmanı taşıma hizmetini sağlayan ağ öğelerini (NE) içerir (Şekil 10.1). Bu NE'ler içindeki yönetim uygulama fonksiyonları (MAF) diğer NE'ler, ara aygıtlar veya işletim sistemleriyle iletişim kurar ve yönetim desteği sağlar. Bu iletişim işlemi her bir eleman içindeki mesaj iletişim fonksiyonu (MCF) ile sağlanır (ITU-T Q.822, 1994; Gedik, 1998; ITU-T G.784, 1999).

Her bir eleman içindeki MAF birinci durumda yalnızca temsilcileri (agents), ikinci durumda yalnızca yöneticileri (manager), üçüncü durumda hem temsilcileri hem de yöneticileri içerir. Çok katmanlı bir organizasyon modelinin her bir katmanı ek yönetim fonksiyonları sağlar. Bir SDH NE içindeki yönetici, bir veya daha fazla yönetilen NE'lerden gelen ortak arıza ile ilgili mesajları yok ederek yerine yeni bir alarm mesajı üretir ve yeni mesaj OS/MD' ye yönlendirilir ve problemin kaynağını belirtir. Bu mesaj formatı hiyerarşide en üst noktaya çıkıncaya kadar bozulmadan kalır.

Yönetim uygulama fonksiyonu (MAF), sistem yönetimine katılan bir uygulama işlemidir. Bu yönetim uygulaması yönetilen bir temsilci ve bir yöneticiden oluşur. Her bir SDH ağ aygıtı (NE) ve iletişim sistemi veya aracı aygıt (OS/MD) en az bir temsilci içeren bir yönetim uygulama fonksiyonunu desteklemek zorundadır.

Yönetici, yönetim uygulama fonksiyonlarının bir parçasıdır. Yönetici, alarm kayıtlarının yeniden gönderilmesi, eşik belirleme ve alarm, performans gibi olayları yayınlama yeteneğine sahiptir. Eğer SDH OS/MD'ler en az bir yönetici içeriyorlarsa SDH NE'ler yönetici içermeyebilir.

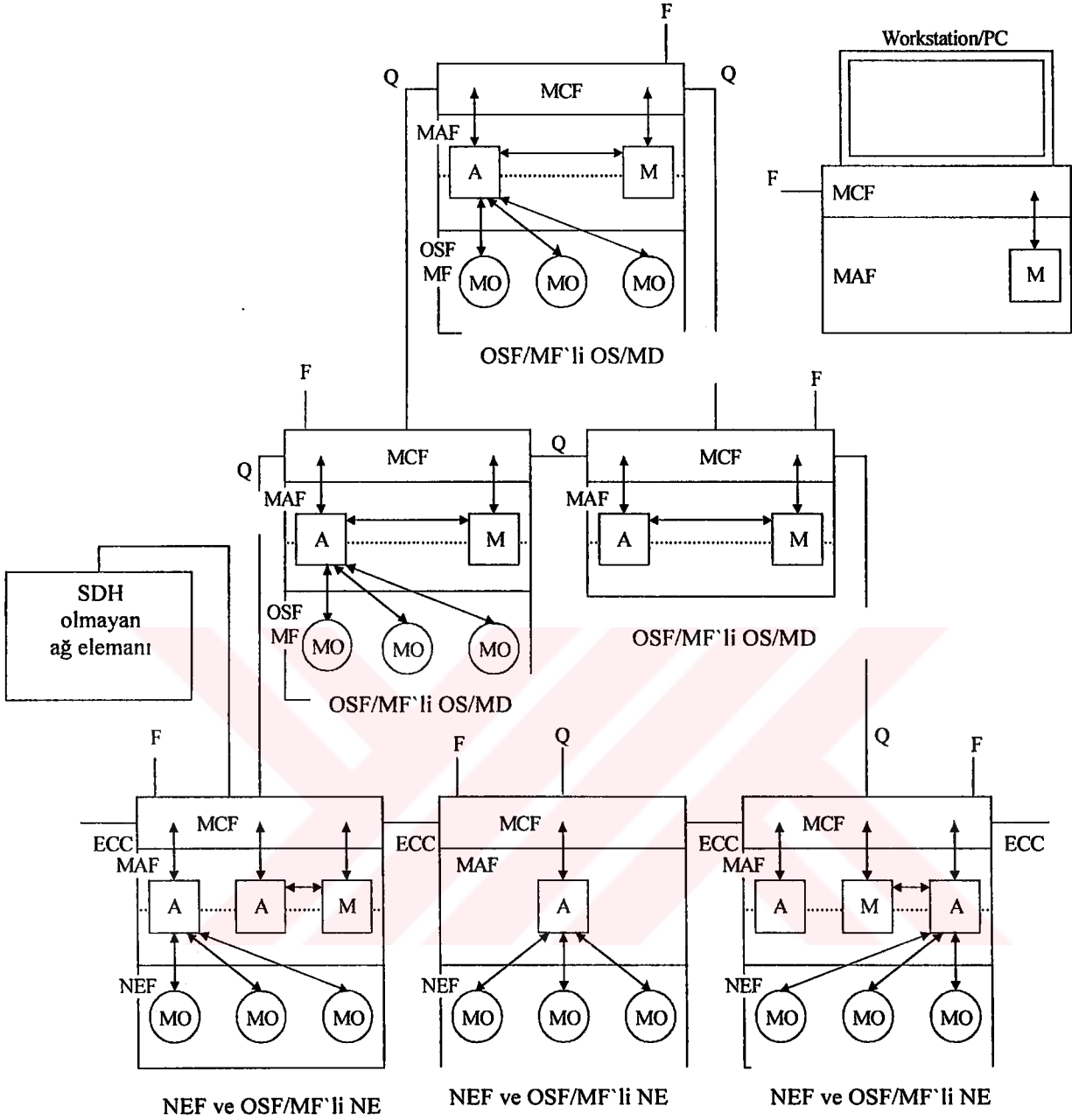
Temsilci, MAF'ın bir parçasıdır ve yönetici tarafından yayınlanan yönetici ağ yönetim işlemlerini cevaplama yeteneğine sahiptir. Uygulama sistemi ve aracı elemanı (OS/MD), OS/MF'leri destekleyen tek bir fiziksel varlıktır ve NEF'leri desteklemez. Bir MAF ve bir mesaj iletişim fonksiyonunu (MCF) içerir. Sistem iletişim fonksiyonu ve aracı aygıt fonksiyonu (OSF/MF), SDH ağını izleyen ve kontrol eden ve bilgileri yöneten bir telekomünikasyon yönetim ağ varlığıdır.

Ağ aygıt fonksiyonu (NEF), yeniden üretim, çapraz bağlantı ve çoğullama gibi SDH tabanlı

ağ taşıma hizmetlerini destekleyen bir fonksiyondur. Mesaj iletişim fonksiyonu (MCF), MAF'a ve MAF'dan telekomünikasyon yönetim ağ mesajlarının taşınmasına olanak sağlar. SDH yönetim ağı (SMN), telekomünikasyon yönetim ağının (TMN) bir alt gurubudur ve SDH NE'lerin yönetilmesinden sorumludur. TMN, PDH ve SDH düzeninde bir telekomünikasyon ağını yönetmek için global ağ yönetim protokollerini destekleyen bir ağıdır. Katılmış kontrol kanalı (ECC), fiziksel katman olarak bir veri iletişim kanalı (DCC) kullanarak SDH NE'ler arasında mantıksal işlemler sağlar.

SDH yönetim alt ağı (SMS), birbirinden ayrı bir grup SDH ECC'ler ve verilen herhangi bir SDH taşıma topolojisinde bir veri iletişim kontrol ağı işlemlerini biçimlendirmek için birbirine bağlanmış veri iletişim bağlantularından oluşur.

Bir STM-N içinde iki tip veri iletişim kanalı (DCC) vardır. Bunlardan biri D1,D2, ve D3'den oluşur ve 192 kbit/s'lik bir kanal verir. Diğeri ise D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11 ve D12 byte'larından oluşur ve 576 kbit/s'lik bir kanal verir. D1-D3'lere (DCCr) tüm SDH NE'ler erişebildiği halde D4-D12 RSOH'un bir parçası olmadığı için RS'de bu byte'lara erişilemez. D1-D3 SDH NE kullanımına ayrılır. D4-D12 bir geniş alan gibi SDH olmayan uygulamaları da içeren telekomünikasyon yönetim ağlarını destekleyen iletişim kanalı olarak kullanılabilir.



- MCF Mesaj iletişim fonksiyonu
 MAF Yönetim uygulamalar fonksiyonu
 NEF Ağ aygıt fonksiyonu
 A Temsilci
 M Yönetici
 MO Yönetilen nesne

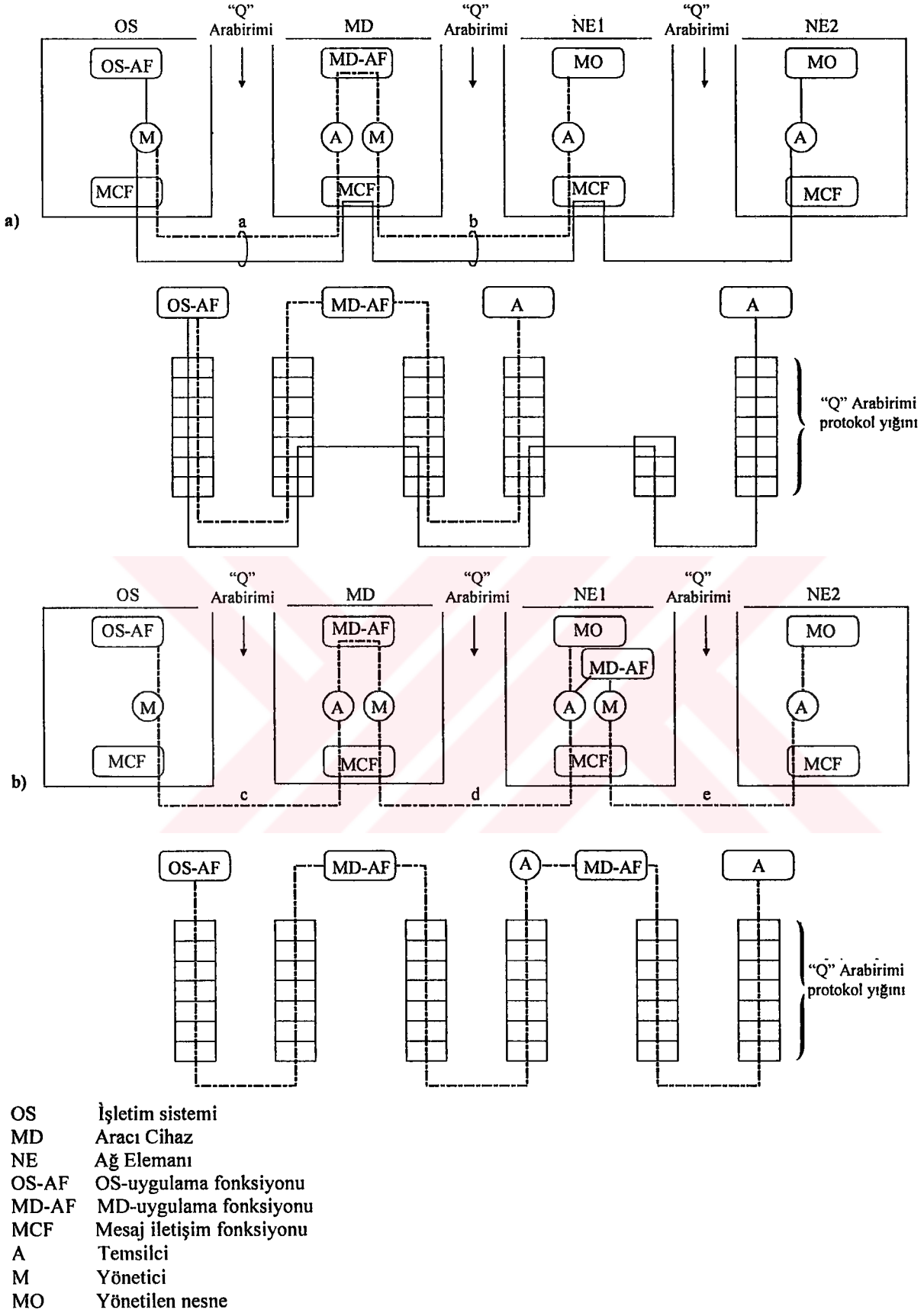
Şekil 10.1 Yönetim organizasyon modeli / (ITU-T Recommendation G.784)

Şekil 10.2a'da Q ara bağdaşımı kullanılarak MCF'de gerçekleştirilen yönetim iletişimi gösterilir. Bu gerçekleştirilmede tek bir fiziksel ara bağdaşım üzerinde mantıksal olarak

bağımsız iletişimler sağlanır. Bu iletişimler şunlardır; OS içindeki bir yönetici ile iki farklı temsilci arasında bir iletişim sağlanır. Temsilcilerden biri MD (mediation device) içinde diğeri NE2 (ara bağdaşım a) içindedir. MD içindeki bir yönetici ile NE1 içindeki bir temsilci arasında ve OS içindeki bir yönetici ve NE2 içindeki bir temsilci arasında mantıksal olarak bağımsız iletişimler kurulur (ara bağdaşım b).

Şekil 10.2b'de ise Q ara bağdaşım protokolleri kullanılarak MCF içinde gerçekleştirilen yönetim iletişimi gösterilir. Bu iletişimler; OS içindeki bir yönetici ile MD içindeki bir temsilci arasında (ara bağdaşım c) , MD içindeki bir yönetici ile NE1 içindeki bir temsilci arasında (ara bağdaşım d), NE1 içindeki bir yönetici ile NE2 içindeki bir temsilci arasında (ara bağdaşım e) mantıksal olarak bağımsız iletişimler sağlanır.



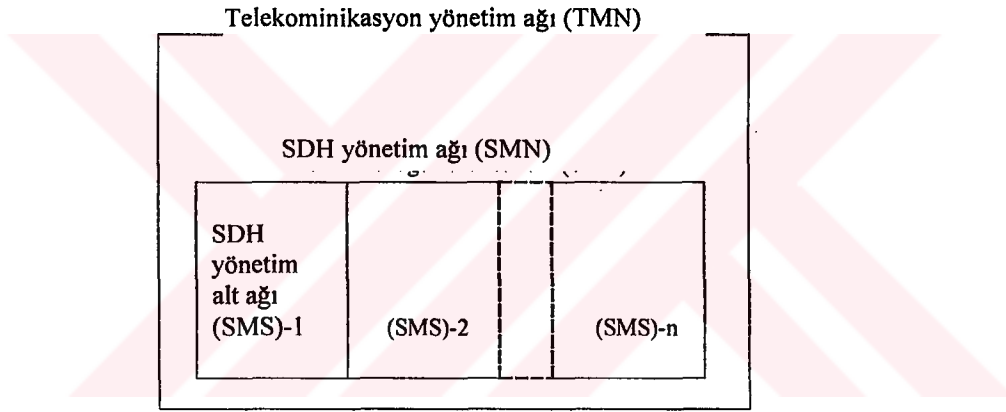


Şekil 10.2 SDH yönetim örnekleri / (ITU-T Recommendation G.784)

10.2 SMN, SMS ve TMN Arasındaki İlişki

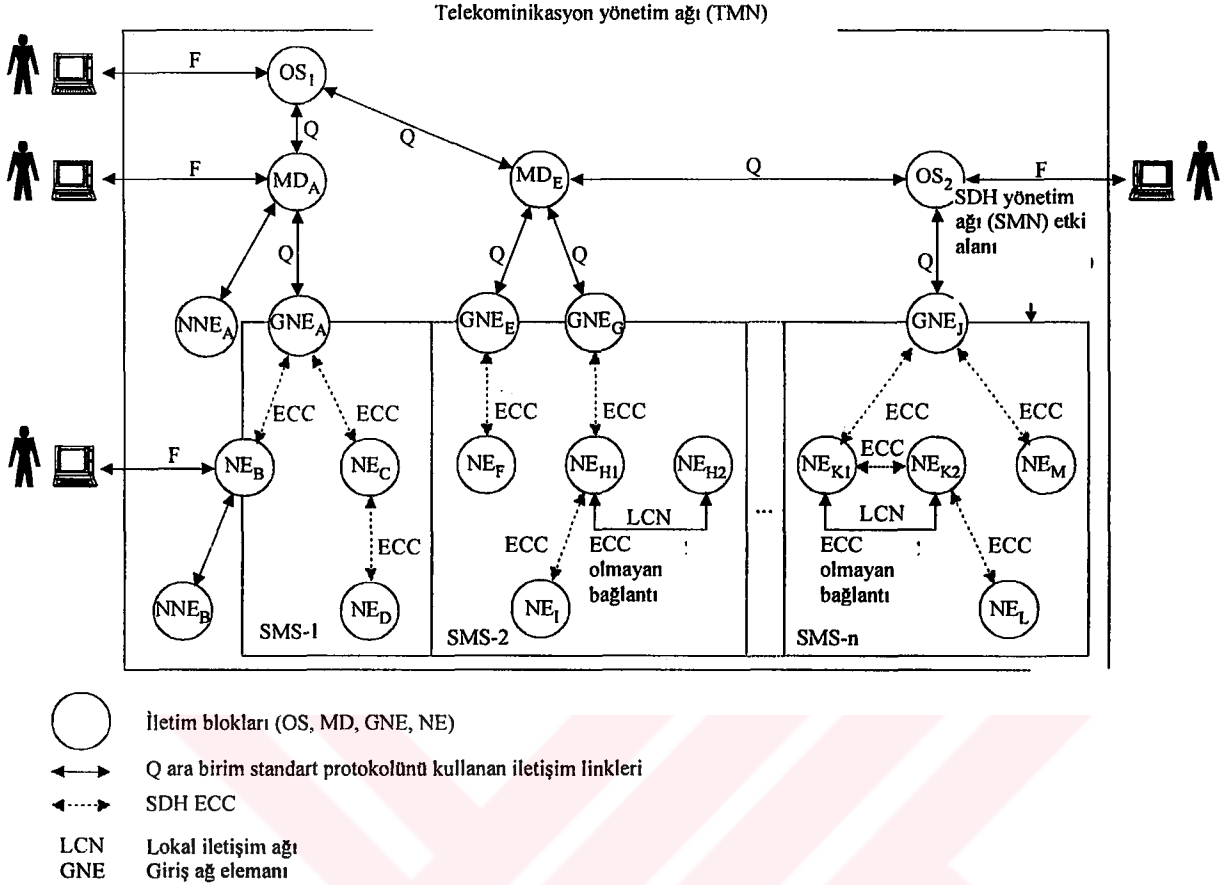
Şekil 10.3'de SMN, SMS VE TMN arasındaki karşılıklı ilişkiler gösterilir. TMN, SMS ve SMN'i kapsar. SMS'e erişim bir SDH NE fonksiyonel blok aracılığıyla olur. SDH NE telekomünikasyon yönetim ağının diğer kısımlarına, çalışma istasyonu (F), aracı aygıt (bir Q ara bağdaşımı), operasyon sistemi (bir Q ara bağdaşımı) ve SDH olmayan NE gibi ara bağdaşımalar yoluyla bağlanır (Gedik, 1998; ITU-T G.780, 1999; ITU-T G.784, 1999).

Q ara bağdaşımı, B1, B2 veya B3 protokol takımlarından birine sahip olan ve SMS'in telekomünikasyon yönetim ağ ile (TMN) iletişimde kullandığı ara bağdaşımdır. Bu üç protokol takımından hangisinin seçileceği ağ sağlayıcısının kararına bağlıdır.



Şekil 10.3 SMN, SMS VE TMN arasındaki ilişki / (ITU-T Recommendation G.784)

SDH NE tarafından desteklenen gerekli fonksiyonlar, sağlanacak Q ara bağdaşım tipini belirleyecektir. Örneğin SDH NE'lerin iki temel çeşidi şunlardır; aracı fonksiyonlar (MF) ile beraber olan SDH NE'ler ve normal SDH NE'lerdir.



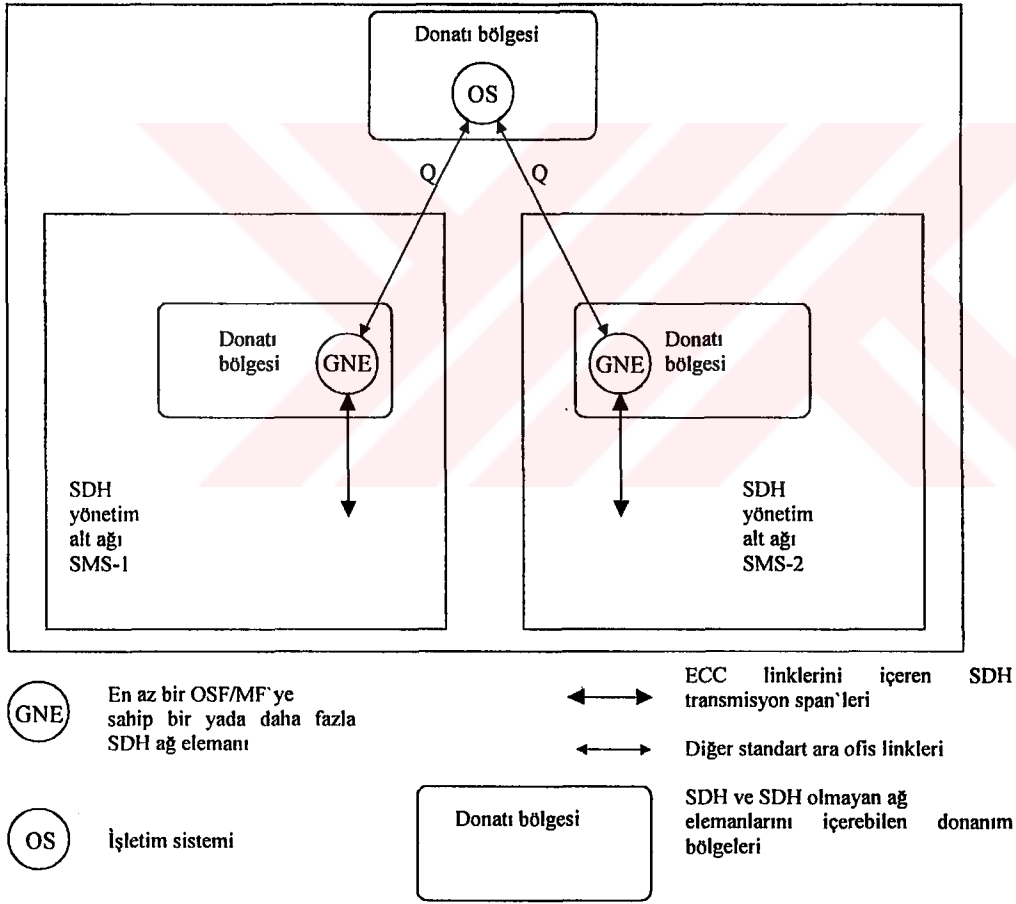
Şekil 10.4 TMN, SMN ve SMS modeli / (ITU-T Recommendation G.784)

SDH yönetim alt ağ yapısı şekil 10.4'de gösterilmektedir. Burada görüldüğü gibi tek bir bölgede, birden fazla adreslenebilir SDH NE olabilir. Örneğin NE_e ve NE_g tek bir donatı bölgesinde olabilir. SDH NE'nin mesaj iletişim fonksiyonu ECC üzerinde sonlanır, yönlendirilir veya mesajı işler yada dış bir Q ara bağdaşım yolu ile bağlanır.

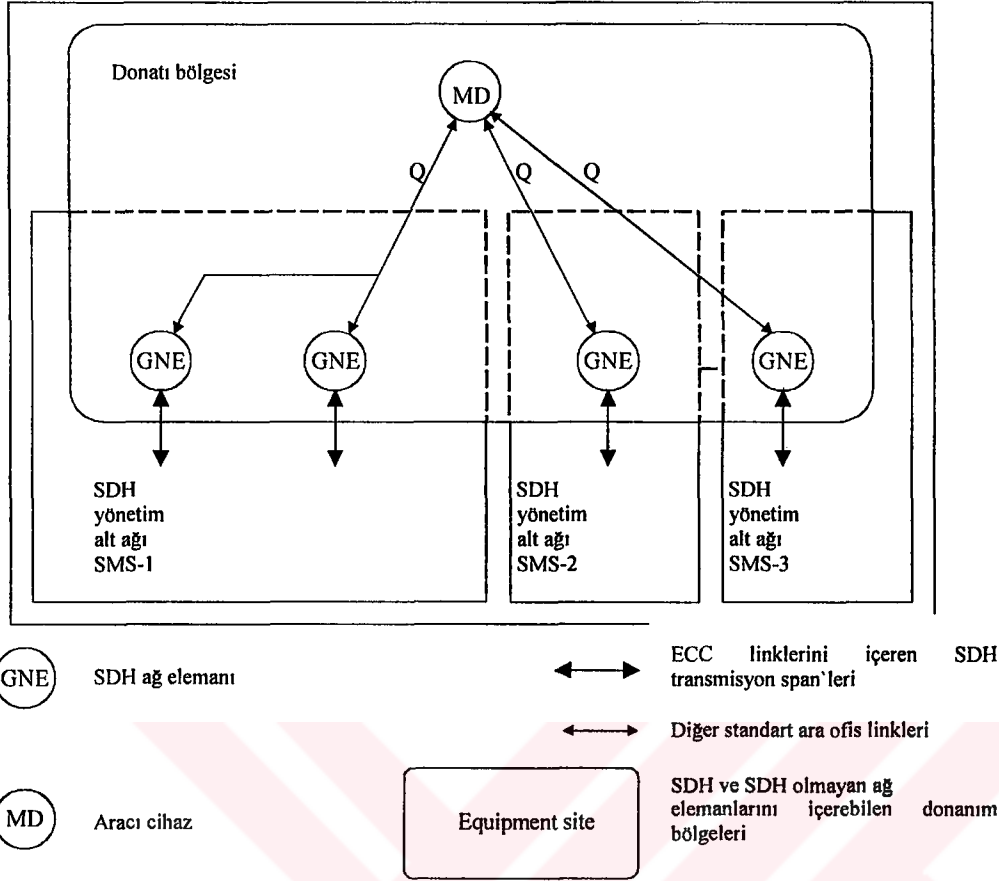
Tüm NE'lerin ECC'yi sonlandırması gerekir. Yani her bir NE bir son sistem fonksiyonlarını yerine getirmek zorundadır. NE'lere NE içinde tutulan yöneltici kontrol bilgilerine göre bağlantı arasında ECC mesajlarının yönlendirilmesi için ihtiyaç duyulabilir. NE'ler Q ve F ara bağdaşımını desteklemelidir. Mekanlar veya ofislerdeki SDH NE'ler arasındaki iletişim bağlantıları normal olarak SDH ECC'lerden oluşur. Belirli bir yerde SDH NE'ler o yerdeki iç SDH ECC yoluyla veya SDH ECC hat olmayan yerel iletişim ağı yoluyla aralarında iletişim kurabilirler.

10.3 SMS Topoloji ve Referans Modelleri

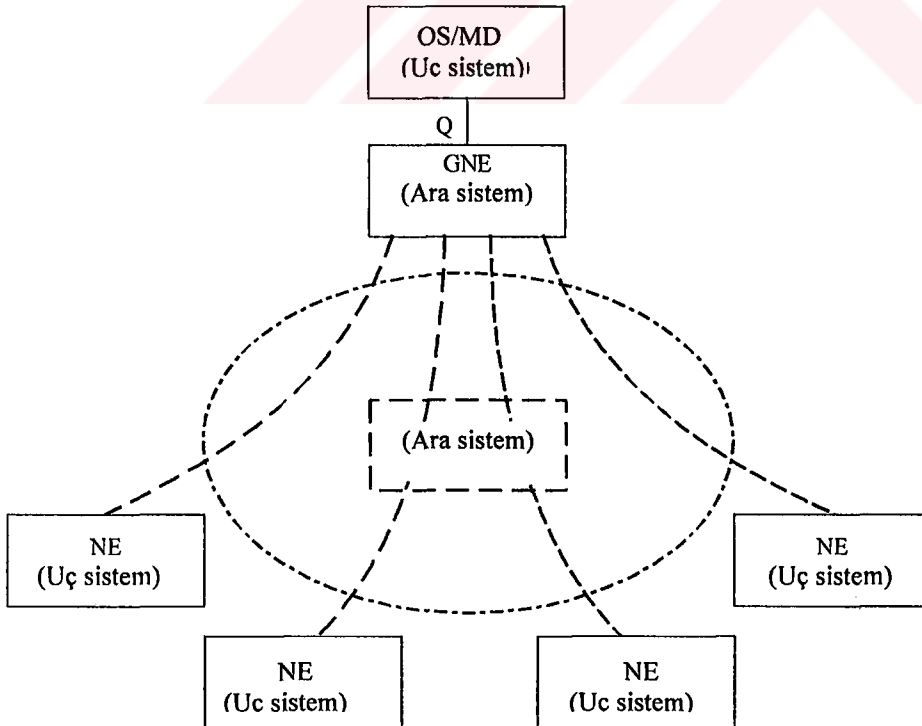
Her bir SDH yönetim alt ağının (SMS) OS/MD'ye bağlanan en az bir elemanı olması gerekir. Bu ağ geçidi (gateway) elemanı (GNE) olarak adlandırılır ve şekil 10.5, 10.6 ve 10.7'de gösterilir. GNE, SMS içinde herhangi bir son sistem için hedeflenen ECC mesajları için bir orta seviye sistem ağ yönlendirme fonksiyonunu gerçekleştirebilme yeteneğine sahip olmalıdır. Şekil 10.7'de iletişim fonksiyonu görülmektedir. OS/MD ve alt ağ içindeki herhangi bir son sistemler arasındaki mesaj geçişi GNE yoluyla yönlendirilir (Gedik, 1998; ITU-T G.784, 1999).



Şekil 10.5 OSF/MF fonksiyonlu SDH NE içeren bölgeler için SDH ECC topolojisi / (ITU-T Recommendation G.784)

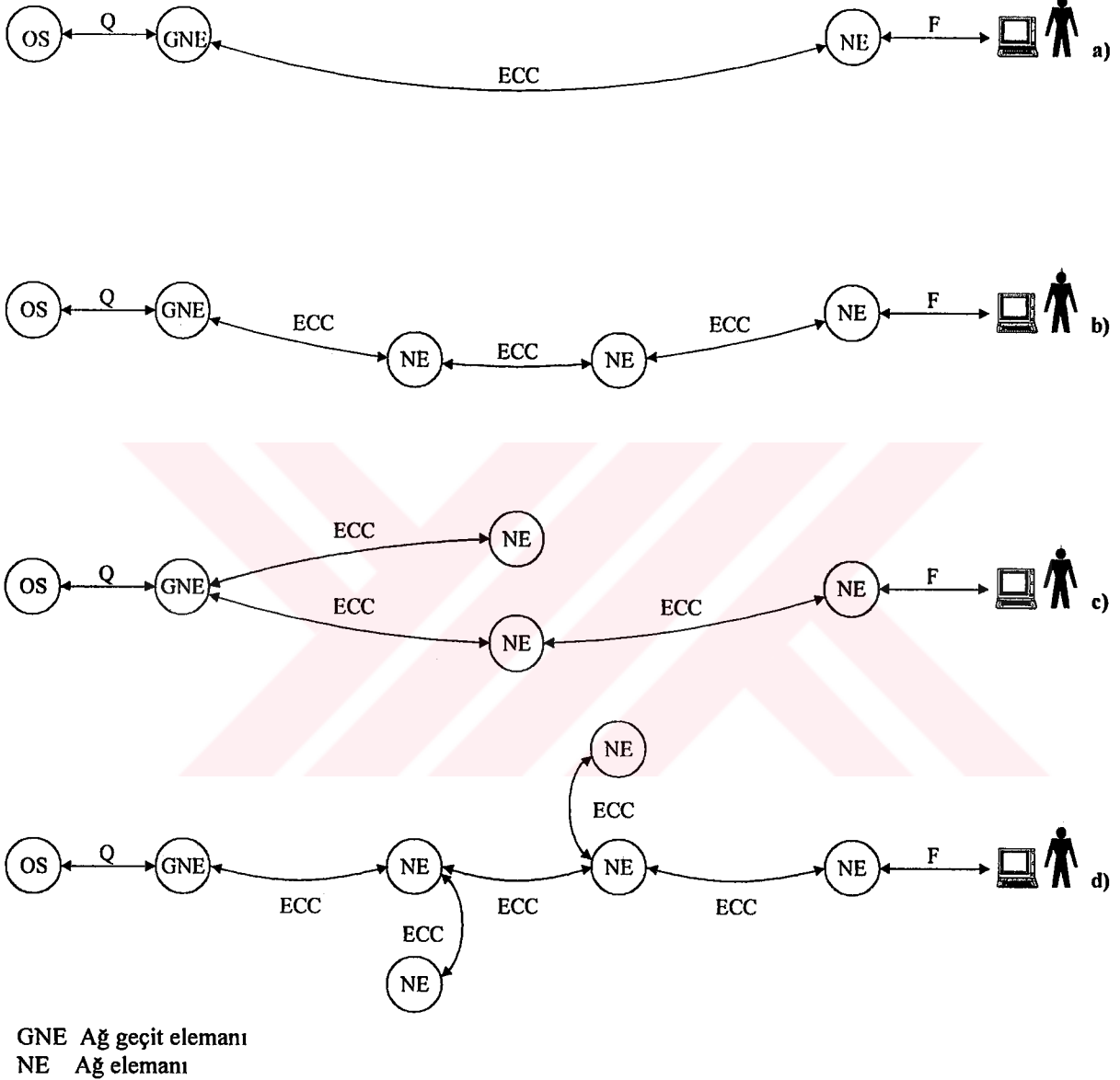


Şekil 10.6 Aracı cihazlı bölgeler için SDH ECC topolojisi / (ITU-T Recommendation G.784)



Şekil 10.7 Uç ve orta sistemler kavramı / (ITU-T Recommendation G.784)

Referans modelleri test durumları ve tasarım doğrulamalar için kullanılır. Şekil 10.8'deki referans konfigürasyonları SMS yönetim için test durumlarının örneklerini verir.



Şekil 10.8 ECC konfigürasyonu için referans modeller / (ITU-T Recommendation G.784)

10.4 Hata (Bakım) Yönetimi

Bir iletim bozulması, hata $2,5 \pm 0,5$ s içinde devam ediyorsa bildirilmelidir. Eğer bozulma $10 \pm 0,5$ s kadar devam etmezse temizlenmelidir. İletim bozulmaları Tablo 7-1'de listelenen üç çeşit atomik iletim fonksiyonları (ayrılma, adaptasyon, bağlantı) ile ilgilidir. Her atomik

fonksiyon ile ilişkili belirli bozulma grubu, atomik fonksiyon içinde tanımlı belirli hatalar grubundan elde edilir.

Çizelge 10.1 Bozulma listesi ile ilgili atomik fonksiyon

Ayrılma kabı	Adaptasyon kabı	Bağlantı
fUNEQ (unequipped) (donatılmamış)	fLOF (loss of frame) (çerçeve kaybı)	fFOP (failure of protocol) (protokol bozulması)
ftIM (trace identifier mismatch) (yol belirteç uyumsuzluğu)	fLOM (loss of multiframe) (çoklu çerçeve kaybı)	
fEXC (excessive errors) (yoğun hatalar)	fLOP (loss of pointer) (işaretci kaybı)	
fDEG (degraded) (alçaltılmış)	fAIS (alarm indication signal) (alarm belirteç sinyali)	
fLOS (loss of signal) (sinyal kaybı)	fPLM (payload mismatch) (yük uyumsuzluğu)	
fRDI (remote defect indication) (uzak hata belirtisi)		
fODI (outgoing defect indication) (çıkış hata belirtisi)		
FLTC (loss of tandem connection) (tandem bağlantı kaybı)		
fAIS (alarm indication signal) (alarm belirti sinyali)		

Alarm gözetimi, tespit ve ağda meydana gelen olay (event) ve durumların raporlanması ile ilgilidir. Alarmlar, bir bozulma bildiriminin sonucu olarak bir NE tarafından otomatik olarak üretilen belirtilerdir. OS, hangi olay ve durumların özerk raporlar ürettiğini ve hangisinin isteğe bağlı raporlandığını belirleme kabiliyetine sahip olmalıdır (Gedik, 1998; ITU-T G.780, 1999; ITU-T G.784, 1999).

Aşağıdaki alarm bağlantılı fonksiyonlar desteklenmelidir.

- Alarmların özerk raporlanması;
- Tüm alarmların raporlanması isteği;
- Tüm alarmların raporlanması;
- Özerk alarm raporlama yasağı yada izni;
- Ayırışım noktalarındaki ayırışım nokta tarzının kontrolü;

- Atomik fonksiyon içindeki AIS, RDI ve ODI hata nedenlerinin bildirimini aktif yada pasif edilmesi;
- İsteğe bağlı olarak ayrışım noktalarındaki port tarzının kontrolü;
- Koruma bağlaşım olaylarının raporlanması.

Ağ içinde alarmlar, tarihlerine göre kaydedilirler. Tarihsel veri NE içindeki kaydedicilerde saklanmalıdır. Her kaydedici bir alarm mesajının tüm parametrelerini içerir. Kaydediciler, isteğe bağlı yada periyodik olarak okunabilir olmalıdır. OS, kaydedicilerdeki işlem mod'unu wrapping olarak belirleyebilir yada dolu ise durdurabilir. Wrapping, kaydedici dolduğunda yeni kayıtların kaydedilmesini sağlamak için en eski kayıtların silinmesidir. Flushing, kaydedicideki tüm kayıtların çıkarılmasıdır. OS aynı zamanda kaydedicileri tamamen silebilmeli (flushing) yada herhangi bir zamanda kaydı durdurabilmelidir.

10.5 Performans İzleme

Bu bölümde performans izleme verisi toplama ve arşivleme işlemlerinden bahsedilecektir. Fakat bu konulardan bahsetmeden önce bu konularda söz edilen bazı olayları açıklamak faydalı olacaktır (ITU-T G.826, 1999; ITU-T G.829, 2000). Bu olaylara hata performans olayları denmektedir.

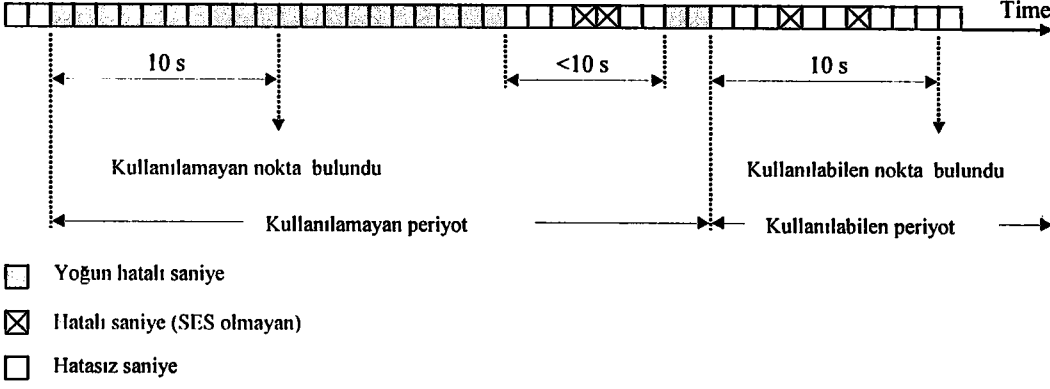
Hatalı Blok (EB) : Bir yada daha fazla biti hatalı olan blok.

Hatalı Saniye (ES) : Bir yada daha fazla blok yada en az bir defect'e sahip bir saniyelik periyot.

Yoğun Hatalı Saniye (SES) : %30'undan fazlası hatalı blok yada en az bir defect'i olan bir saniyelik periyot. SES, ES'in bir alt grubudur.

Hata performans olayları dışında aşağıdaki olayı da açıklamakta fayda vardır.

Kullanılmayan Saniye (UAS) : Kullanılmayan bir zaman periyodu, ardışık 10 SES olayının başlangıcında başlar. Bu 10 saniyenin kullanılmayan saniyenin bir parçası olduğu düşünülür. Kullanılabilir bir zaman periyodu ardışık SES olmayan 10 olaydan sonra başlar. Bu 10 saniyenin kullanılabilir zamanın bir parçası olduğu düşünülür. UAS şekil 10.9'da gösterilmektedir.



Şekil 10.9 Kullanılamazlığın belirlenmesine ilişkin örnek / (ITU-T Recommendation G.826)

10.5.1 Performans Verisi Toplama

Performans verisi toplama, BBE, ES, SES gibi her performans olayının birleşiminin sayılması olayı ile ilgilidir (ITU-T G.784, 1999).

İki tip performans verisi toplama tanımlanmıştır.

- Bu tip toplama, her yönde bağımsız iletim bilgisi üstüne kurulmuştur.
- Bu tip toplama ise her iki yönde beraber iletim bilgisi üzerine kurulmuştur.

10.5.1.1 Bakım Amaçlı Performans Verisi Toplama

Bu tip toplama, 15 dakikalık ve 24 saatlik sabit zaman periyotları üzerindeki olayları sayar (şekil 10.10a, 10.10b, 10.10c). Sayım kullanılmayan zaman esnasında durur.

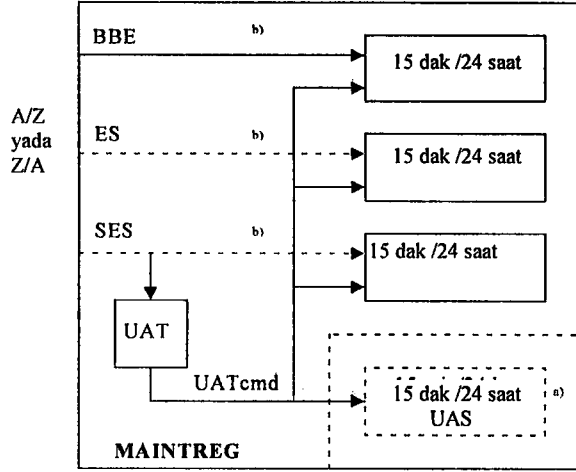
Bu sayıcılar şu şekilde çalışır;

15 dakikalık sayıcı

Performans olayları (SES gibi) olay başına bir sayıcı içinde sayılır (şekil 10.10b, 10.10c). Bu sayıcılara güncel kaydediciler (current registers) denir. 15 dakikalık periyot sonunda güncel kaydedicilerin içerikleri sonra gelen ilk kaydedicilere aktarılır. İçerik sıfır ise güncel kaydedicinin içeriğinin sonraki kaydediciye taşınması bir opsiyondur. Harici bir komut yöntemi ile özel bir güncel kaydediciyi sıfırlamak mümkün olmalıdır.

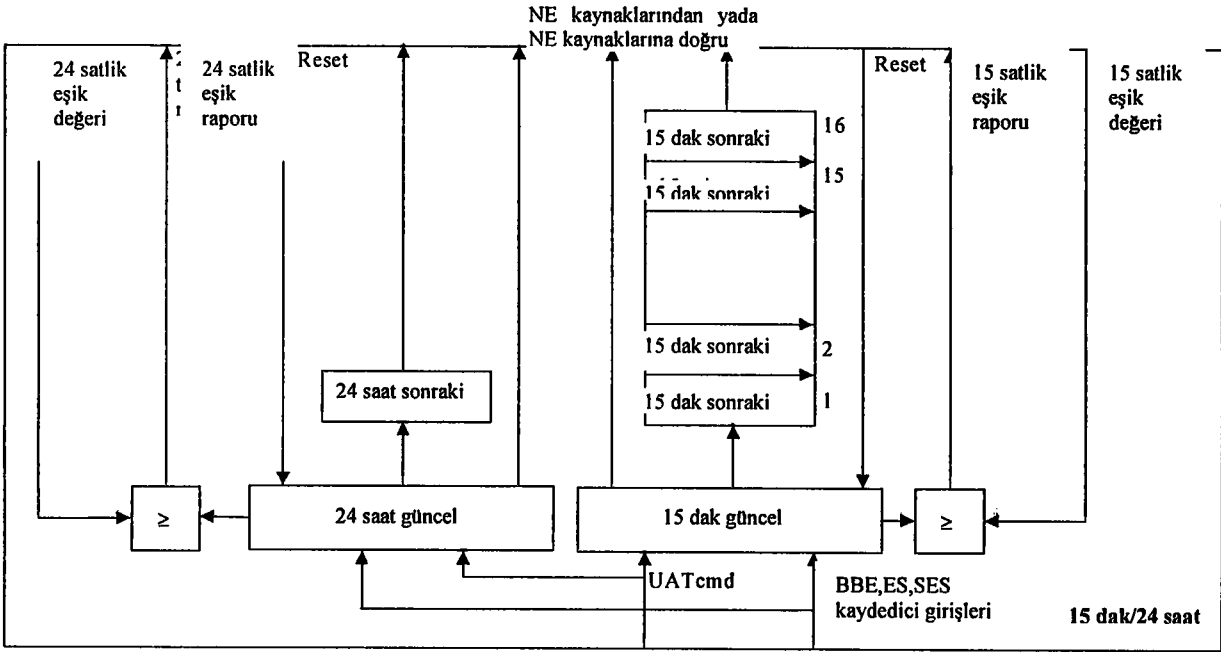
24 dakikalık sayıcı

Performans olayları, 15 dakikalık sayıcılardan bağımsız olarak olay başına bir sayıcı içinde sayılır (şekil 10.10b, 10.10c). Bu sayıcılara güncel kaydediciler denir. 24 saatlik periyot sonunda güncel içerik sonraki kaydedicilere aktarılır. Harici bir komut yöntemi ile özel bir güncel kaydediciyi sıfırlamak mümkün olmalıdır.



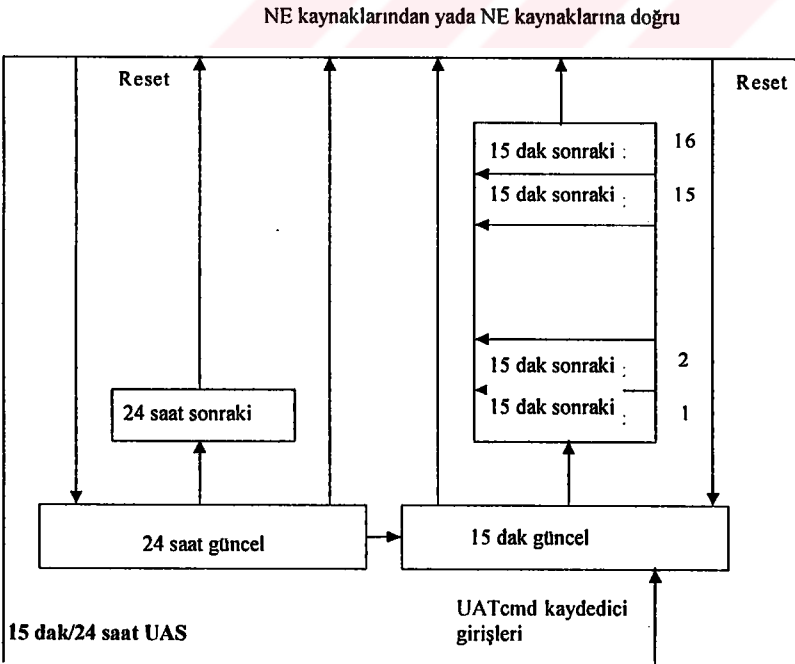
- a) 15 dakikalık ve 24 saatlik kaydediciler kullanılmayan saniyeler (UAS) için seçime bağlıdır.
- b) Kullanılabilen ve kullanılmayan zamanın saptanması 10 saniyelik bir gecikme ile ortaya çıkar.

Şekil 10.10a Bakım amaçlı performans izleme verisi toplama ve arşivleme / (ITU-T Recommendation G.784)



Not – 15 dakikalık ve 24 saatlik güncel kaydediciler (15 min/24 h current) kullanılabilen zaman içindeki saniyeler için olan kaydedici giriş değeri ile kaydedici içeriğini artırır. Kullanılmayan zaman saniyeleri için kaydedici giriş değeri göz ardı edilir. UATcmd, bir saniyenin kullanılabilir olup olmadığını gösterir.

Şekil 10.10b Toplamaya(ES, SES ve BBE) dair bakım amaçlı kaydedici işlemleri / (ITU-T Recommendation G.784)



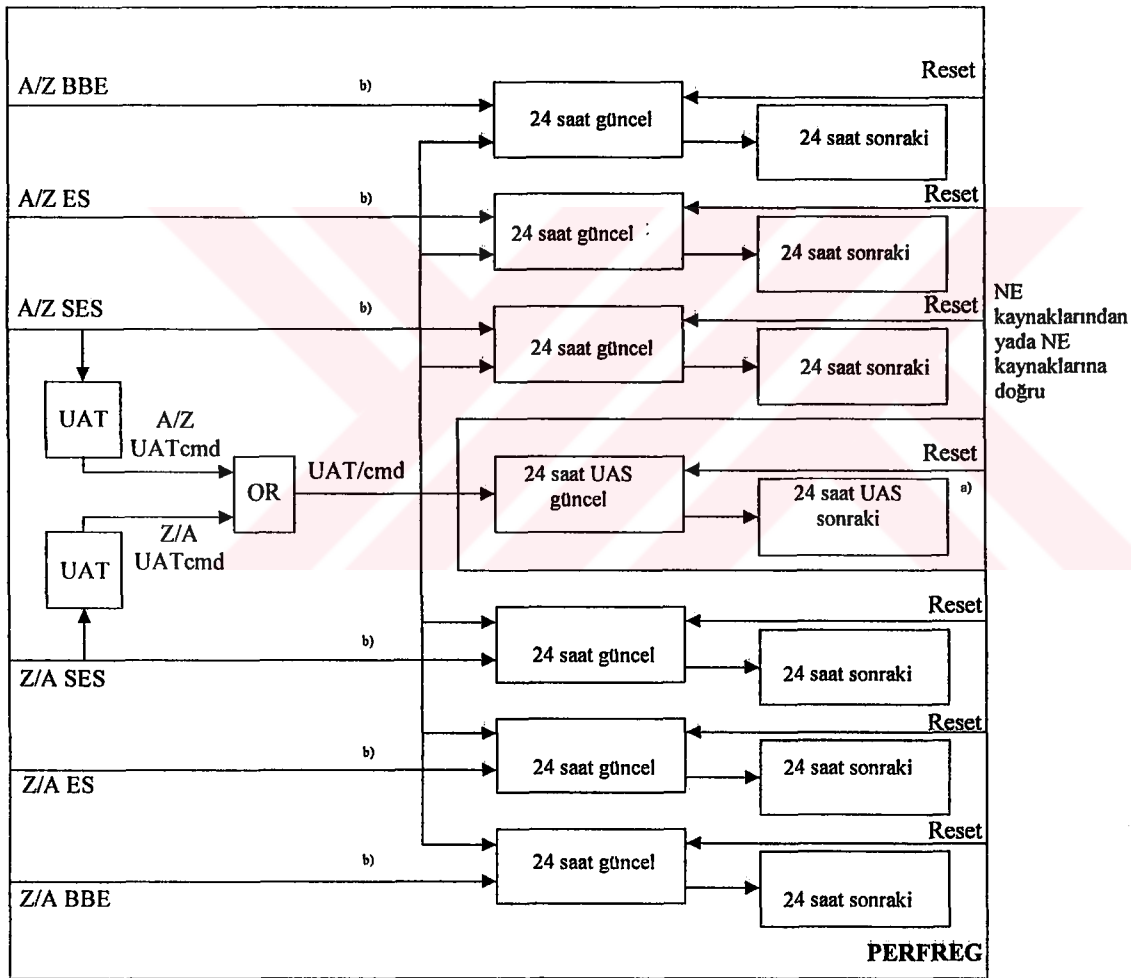
Not – 15 dakikalık güncel kaydedici (15 min current) kaydedici giriş değeri (UATcmd) ile kaydediciyi artırır. UATcmd, bir saniyenin kullanılabilir olmadığını gösterir.

Şekil 10.10c UAS (seçime bağlı) için kaydedici işlemleri / (ITU-T Recommendation G.784)

10.5.1.2 Hata Performansını Belirleme Amaçlı Performans Verisi Toplama

Bu tip toplama, sadece sabit 24 saatlik periyotlar üzerinden olayları sayar (şekil 10.11). Sayım, kullanılmayan zaman süresince durur. Sayıcılar şu şekilde çalışır;

Performans olayları (SES gibi) olay başına bir sayıcı içinde sayılır. Bu sayıcılara güncel kaydediciler denir. 24 saatlik periyot sonunda güncel kaydedicideki içerik sonraki kaydedicilere aktarılır. Harici bir komut yöntemiyle özel bir güncel kaydedici sıfırlanabilmelidir.



- a) 24 saatlik kaydediciler kullanılmayan saniyeler (UAS) için seçime bağlıdır.
b) Kullanılmayan zamanın saptanması 10 saniyelik bir gecikme ile ortaya çıkar. Bu gecikme BBE,ES,SES sayıldığı zaman düşülmelidir.

Şekil 10.11 Hata performansını belirleme amaçlı performans izleme verisi toplama ve arşivleme / (ITU-T Recommendation G.784)

10.5.2 Performans İzleme Arşivi

Performans arşiv verisi, iletim sisteminin sonraki performansını belirleyebilmek için gereklidir. Bu bilgi, hataları bölgeselleştirmek ve aralıklı (süresiz) hataların kaynağını belirlemek için kullanılır. Arşivlenmiş veri, NE içindeki kaydedicilerde yada NE ile bağlantılı ara cihazlarda saklanabilir (ITU-T G.784, 1999). Özel uygulamalar için, arşivlenmiş veri saklanmayabilir. Arşivleme kaydedicileri aşağıdaki gibi çalışır.

15 dakikalık kaydediciler

15 dakikalık izlenen arşiv, izlenen olay başına 16 kaydedicilik bir yığın içinde kapsanır. Bu kaydedicilere sonraki kaydediciler denir. Her 15 dakikada, güncel kaydedicilerdeki veri sonra gelen ilk kaydediciye taşınır. Tüm 15 dakikalık kaydediciler dolduğunda, en eski bilgi çıkarılacaktır.

24 saatlik kaydediciler

24 saat izlenen arşiv, izlenen olay başına bir tek kaydedici içinde kapsanır. Bu kaydediciye sonraki kaydedici denir. Her 24 saatte güncel kaydedicinin içeriği sonraki kaydediciye taşınır. 24 saat sonunda tüm 24 saatlik veri sonraki kaydediciden çıkarılır.

11. SONUÇLAR

SDH, günümüzde gereksinim duyulan geniş bant genişliğine sahip yüksek hızlı bir iletim sistemidir. Ayrıca hata durumunda mevcut trafiğin korunması, bu sistemi vazgeçilmez bir hale getirmiştir.

SDH çeşitli sayıda kaplara (C) sahiptir. Bu kaplar içinde, değişik seviyelerdeki sözde senkron sayısal hiyerarşi (PDH) işaretleri taşınır. Daha sonra her bir kap'a, kontrol bilgilerini içeren yol başlığı (POH) eklenir ve bunun sonucu olarak sanal kap (VC) oluşur.

VC 'ler bir işaretçinin eklenmesi ile giriş birimini (TU) oluşturur. Eklenen işaretçi VC'nin TU içindeki yerini belirler ve bu işaretçilerin değeri VC'nin hızına göre artırılıp azaltılabilirler.

Sonrasında belli sayıda TU birleşerek bir giriş birim grubunu (TUG) oluştururlar. Bu TUG'a eklenen bir POH bilgisi ile daha yüksek mertebeli bir VC oluşturulur. VC'ye eklenen bir işaretçi, idari birimin (AU-n) oluşmasına neden olur. TU'lara benzer şekilde, seviyesine göre bir yada üç AU bir idari birim grubunu oluşturur. Son olarak kontrol ve yönetim bilgilerini içeren bir bölüm başlığının (SOH) bu AUG'ye eklenmesi ile senkron taşıyıcı modül (STM-N) oluşturulmuş olur.

SDH içindeki kaplara taşınan PDH işaretleri 2, 34, 140 Mbit/s'lik hızlara sahiptir. Buna karşın STM, 155Mbit/s ile 10 Gbit/s arasındaki seviyelerde işaretler taşıyabilir (STM-1, STM-4, STM-16, STM-64).

SDH iletim ağını oluşturan hatlar iki yada dört fiberden oluşur. Birden fazla fiber kullanımı ile fiberlerin birinde oluşabilecek kırılma durumunda trafik diğer fiber üzerinden gönderilir. SDH için tanımlanan çeşitli koruma protokolleri vardır. SDH ağı uçtan uca yada bir halka şeklinde olabilir. Uçtan uca ağlarda 1+1 yada 1:n koruması kullanılır. 1+1'de trafik hem çalışma hem de koruma kanalından gönderilir. Çalışma kanalının bozulması durumunda sistem koruma kanalına bağlaştırılır. Koruma kanalından ekstra bir trafiğin taşınmaması dezavantajdır. 1:n korumada ise, n çalışma kanalı ve bir koruma kanalı vardır. Normal şartlarda düşük öncelikli bir trafik koruma kanalından taşınır. Çalışma kanallarının birinde oluşabilecek bir hata durumunda bozuk olan kanaldaki trafik koruma kanalına aktarılır. Tabi bu durumda koruma kanalı üzerindeki düşük öncelikli trafik kaybedilir. Halka şeklindeki ağlarda ise trafik her iki yönden de aynı anda gönderilir. Sondaki düğüm, bu trafiklerden iyi olanını seçer. Buna ilave olarak daha ileri bir halka koruma modelinde ise orta düğümlerde, trafiğin kaliteli olanını seçme özelliğine sahiptir. Düğümler arasındaki bir hatanın algılanması

ve trafiğin alternatif yola yönlendirilmesi işlemleri SOH içinde yer alan K1 ve K2 byte'ları yardımı ile yapılır. Koruma algoritmasına ise otomatik koruma bağlaşımı (APS) denir.

SDH ağları, üzerlerinde oluşabilecek hataları tespit eder ve bu hatalardan yola çıkarak performansını belirler. Veriler 15 ve 24 saatlik kaydediciler üzerinde saklanabilir ve ağın performansına bakılarak yapılan bakım çalışmaları belli noktalara yoğunlaştırılabilir.

SDH'in Kuzey Amerika'daki eşdeğeri SONET olarak adlandırılır. Yapısı SDH ile hemen hemen aynıdır. Fakat VC'ler içinde taşınan sinyal seviyeleri farklıdır. Örneğin SDH için VC-12 2Mbit/s'lik işaret taşırken SONET'de VC-11 1,5Mbit/s'lik işaret taşır.

Sonuç olarak SDH IP, ATM, PDH vb. işaretleri taşıyabildiği için, yüksek iletim hızına ve trafik korumasına sahip olduğu için önümüzdeki yıllarda da güncelliğini koruyacaktır. Dünya üzerinde fiber optik alt yapısının her geçen gün daha da genişlemesi, gelecekte de optik tabanlı haberleşme sistemlerinin kullanılabilceğinin bir göstergesidir.

KAYNAKLAR

Chow M.-C. (1996), Understanding SONET/SDH:Standards and Applications, Andan Publisher, New Jersey.

Gedik Z. (1998), SDH Şebekeler ve SDH Şebekelerde Yönetim, Y. L. Tezi, İTU, İstanbul.

ITU-T Recommendation G.707 (1996), Network node interface for the SDH.

ITU-T Recommendation G.775 (1998), Loss of signal, alarm indication signal and remote defect detection and clearance criteria for PDH signals.

ITU-T Recommendation G.780 (1999), ITU-T Vocabulary of terms for synchronous digital hierarchy networks and equipment.

ITU-T Recommendation G.783 (1997), Characteristic of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks.

ITU-T Recommendation G.784 (1999), SDH Management.

ITU-T Recommendation G.826 (1999), Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate.

ITU-T Recommendation G.829 (2000), Error performance events for SDH multiplex and regenerator sections.

ITU-T Recommendation G.841 (1998), Types and characteristics of SDH network protection architectures.

ITU-T Recommendation G.842 (1997), Interworking of SDH network protection architectures.

ITU-T Recommendation Q.822 (1994), Performance Management.

Lee B. G., Lee J., Kang M. (1996), Broadband Telecommunications Technology, Artech House, Inc., Norwood.

Nortel Networks (1999), Synchronous Transmission Systems, London.

Türk Telekom Eğitim Dökümanı (2001), WDM ve DWDM Sistemleri, İstanbul

EKLER

Ek 1 Türkiye'deki SDH Alt Yapısı



Ek 1 Türkiye'deki SDH Alt Yapısı

Türkiye'deki SDH alt yapısı Türk Telekom ile 1995 de başlamıştır. Özellikle iş çevrelerinin özel amaçlı fiber hat taleplerinde alt yapı masraflarını karşılaması faktörü ülkemizde SDH altyapısının hızla gelişimine yardımcı olmuştur. Türk Telekom genellikle NETAŞ, ALCATEL, SIEMENS ve ERICSSON'un SDH sistemlerini kullanmıştır.

Fiber altyapısının dışında SDH radyo deneni bir sistemde kullanılmaktadır. Bu RF iletim özellikle stratejik noktalarda kullanılmaktadır. Şu an bu yöntemle sadece 155 Mbit/s'lik bir iletim gerçekleştirilmektedir. Türk Telekom şehirler arası bağlantılarda çapraz bağlantı (cross-connect) yapısını kullanmaktadır. Metropoller arası ve metropol içi büyük trafikler için WDM ve DWDM deneni sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler hakkında gerekli açıklama daha sonra yapılacaktır.

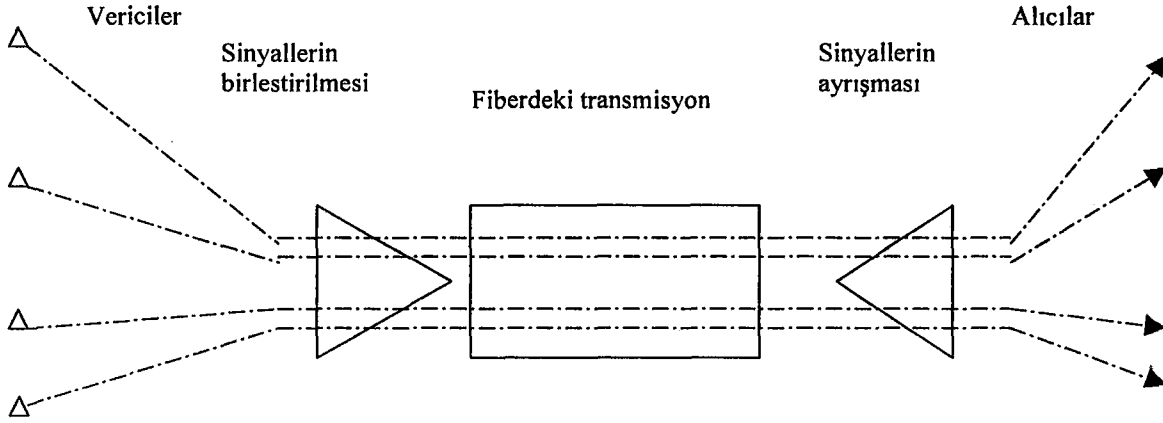
Türk Telekom, Ağ Eleman Yönetimi (Network Element Manager) deneni bir yönetim modelini kullanmaktadır. Bu yöntem ile DCC kanalları kullanılarak, şehirdeki tüm halkalar ve bu halkalara bağlı elemanlar tek bir üs'den yönetilebilmektedir. Her hangi bir problem durumunda arıza efektif bir şekilde tespit edilip giderilmektedir. Fakat bu yapı sadece İstanbul, Ankara ve İzmir'de kullanılmaktadır. Koruma yapısı olarak ise genellikle şehir içinde MS-SPRing, şehirler arasında ise MSP kullanılmaktadır.

Dalga Boyu Paylaşımlı Çoklayıcılar (Wavelength Division Multiplexer – WDM)

Bir çift fiber kılı üzerinden pek çok ayrı kanalın taşınması işlevini görür. Farklı renklerdeki ışıkların her biri bir kanalı oluşturur. Her fiberde iki trafik kanalı vardır (Türk Telekom, 2001).

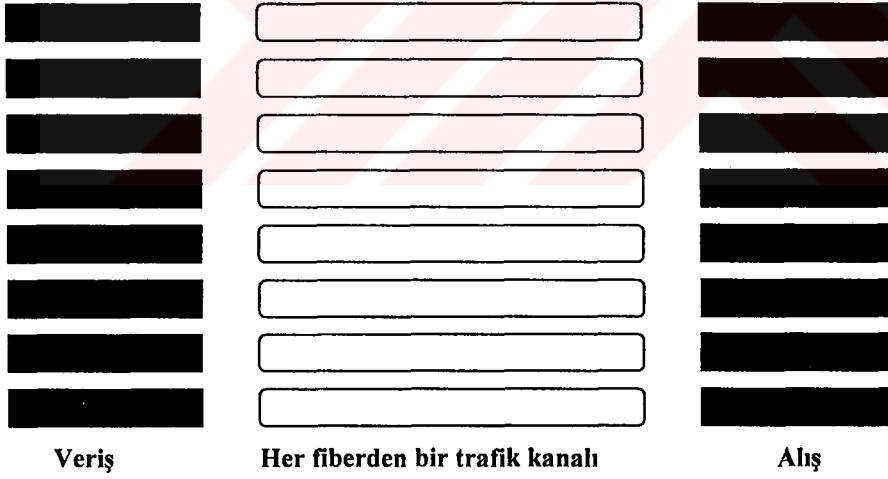
Yoğunluklu Dalga Boyu Paylaşımlı Çoklayıcılar (Dense Wavelength Division Multiplexer – DWDM)

WDM' den farklı olarak DWDM sistemlerinde 2 den fazla dalga boyu 8, 16, 32, 40, 80 veya 160 dalga boyuna kadar kanal taşınabilmektedir (Türk Telekom, 2001)..



Şekil Ek 1.1 DWDM'in yapısı / (WDM ve DWDM Sistemleri)

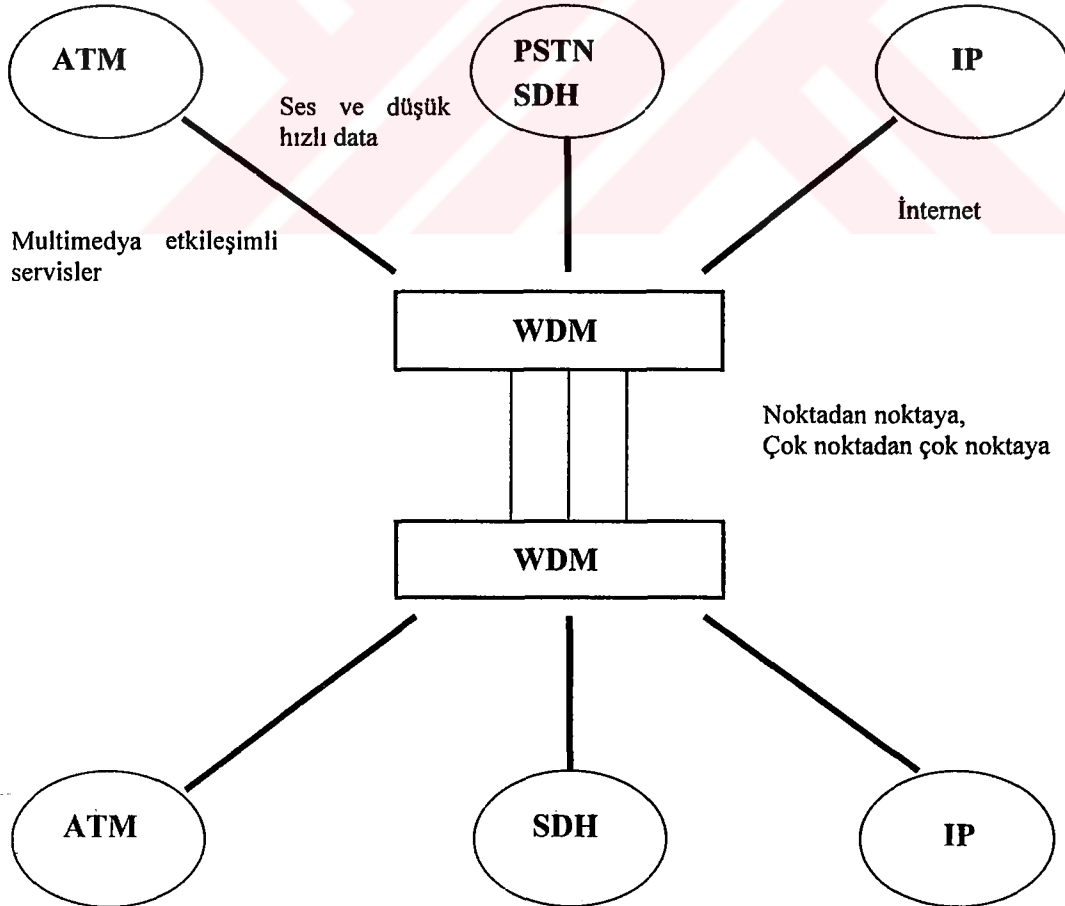
DWDM sistemlerinin avantajlarını aşağıdaki karşılaştırmalı şekiller ile görebiliriz.



Şekil Ek 1.2 Bugünkü transmisyon / (WDM ve DWDM Sistemleri)



Şekil Ek 1.3 Dalga boyu bölmeli çoklama / (WDM ve DWDM Sistemleri)



Şekil Ek 1.4 WDM'li bir ağ modeli / (WDM ve DWDM Sistemleri)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	13.02.1974	
Doğum yeri	Hamur/Ağrı	
Lise	1987-1990	İst. Dnz. ve Su Ü. Mes. L.
Lisans	1992-1997	Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fak. Elektronik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elek. ve Hab. Müh. Ana bilim Dalı, Haberleşme Programı
Çalıştığı kurum		
	1999-2001	NETAŞ

YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSYON BİRİMİ