

**SDH AĞLARI İÇİN ÖZGÜN BİR DCN PLANLAMA MODELİ**

**Mehmet Şükrü AYGÜN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2011  
ANKARA**

Mehmet Şükrü AYGÜN tarafından hazırlanan SDH AĞLARI İÇİN ÖZGÜN BİR DCN PLANLAMA MODELİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Suat ÖZDEMİR  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :Doç.Dr.Mehmet Ali AKÇAYOL

Üye :Yrd.Doç.Dr.Suat ÖZDEMİR

Üye : Yrd.Doç.Dr.Hasan Şakir BİLGE

Tarih : 06/01/2011

Bu tez, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mehmet Şükrü AYGÜN

# **SDH AĞLARI İÇİN ÖZGÜN BİR DCN PLANLAMA MODELİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Mehmet Şükrü AYGÜN**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

**BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**Ocak 2011**

## **ÖZET**

**SDH ağları, geniş coğrafik alana yayılmış, optik olarak birbirine bağlanmış elemanlardan oluşmaktadır. Ağ yönetim sistemleri ile ağın konfigürasyon, hata, performans, güvenlik ve muhasebe yönetimi yapılmaktadır. Yüksek kalitede hizmet sağlamak için, ağ elemanları ile yönetim sistemleri arasında her koşulda sağlam ve güvenilir olarak çalışan bir iletişim kurmak esastır. Yönetim sistemleri tarafından, ağda yer alan her bir elemanın konfigürasyonu kontrol edilmekte ve yazılımların yeni sürümleri tüm elemanlara dağıtılmaktadır. Veri İletişim Ağı (DCN), yönetim sistemleri ile SDH elemanları arasındaki işletim mesajlarının taşınmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, SDH ağlarında sağlam, güvenilir bir DCN yapısının gereksinimleri belirlenmiş ve bunlara uygun DCN yapısını planlamak üzere özgün bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen model ile ilk olarak, ağdaki eleman sayısı, elemanlarca desteklenen yığın yapıları gibi ağın genel özellikleri ele alınmakta, ardından her bir elemanın trafik bağlantıları, topolojik konumu ve yönetimsel yükü değerlendirilerek, kullanılacak yönlendirme protokolüne uygun olarak ağın DCN planlaması yapılmaktadır.**

**Bilim Kodu** : 0902,1063  
**Anahtar Kelimeler** : optik ağ, SDH, yönlendirme  
**Sayfa Adedi** : 59  
**Tez Yöneticisi** : Yrd.Doç.Dr.Suat ÖZDEMİR

**AN ORIGINAL DCN PLANNING MODEL FOR SDH NETWORKS****(M.Sc. Thesis)****Mehmet Şükrü AYGÜN****GAZI UNIVERSITY****INSTITUTE OF INFORMATICS****January 2011****ABSTRACT**

**SDH Networks consist of optical connected elements spreading out wide area. Configuration, fault, performance, security and accounting management are performed with network management systems. To provide high quality service, it is essential to ensure robust and reliable communication between network elements and management systems. Controlling configuration of each network element and distributing new software updates to all network elements are performed by network management systems. Data Communication Network ensure the delivery of operating messages between management systems and SDH network elements. In this study, the requirements of robust, reliable DCN structure in SDH networks is determined and a novel DCN planning model is enhanced to plan a DCN structure satisfying these requirements. Firstly, the general properties of network such as number of network elements and network protocol types supported by these elements are discussed. Then the DCN plan is generated by evaluating traffic link count, the topologic position and management load of each network elements.**

**Science Code** : 0902,1063  
**Key Words** : optical network, SDH, routing  
**Page Number** : 59  
**Adviser** : Yrd.Doç.Dr.Suat ÖZDEMİR

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda değerli katkılarından dolayı Tez Danışmanım Yrd.Doç.Dr. Suat ÖZDEMİR' e ve maddi, manevi desteğini her an yanımda hissettiğim sevgili eşim Rüşhan AYGÜN' e teşekkürü bir borç bilirim.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. OPTİK İLETİŞİMİN GELİŞİMİ.....	3
3. SDH AĞLARININ YÖNETİMİ.....	7
3.1. Ağ Yönetim Fonksiyonları .....	9
3.2. SDH Ağlarının Yönetimsel Yapısı .....	11
3.3. SDH Ağlarının Yönetimi İçin Topolojiler .....	14
3.4. SDH Ağ Elemanlarının İletişim Esasları .....	16
3.4.1. Sadece OSI destekli DCC ağ .....	21
3.4.2. Sadece IPv4 destekli DCC ağ .....	21
3.4.3. Sadece IPv6 destekli DCC ağ .....	21
3.4.4. Karma (IP + OSI) destekli DCC ağ .....	21
3.5. Ağ Elemanlarının Erişebilirliği.....	21
3.5.1. Doğrudan erişilebilir ağ elemanları .....	22
3.5.2. Yerel alan ağı aracılığı ile bağlantı .....	22
3.5.3. Kiralık hatlar aracılığı ile bağlantı .....	22

4. YÖNLENDİRME .....	24
4.1. SDH Ağlarında Yönlendirme .....	24
4.2. SDH Ağlarında Kullanılan Yönlendirme Protokolleri .....	25
4.2.1. IS-IS yönlendirme protokolü .....	25
4.2.2. Tümlşik IS-IS yönlendirme protokolü .....	29
4.2.3. OSPF yönlendirme protokolü .....	31
5. SDH AĞLARININ DCN PLANLAMASI .....	34
5.1. SDH DCN’i Sağlam Bir Yapıya Kavuşturmak İçin Gereksinimler .....	35
5.1.1. Uygulama kaynaklı problem sahaları .....	35
5.1.2. Protokol kaynaklı problem sahaları .....	37
5.1.3. Ağ topolojisi ile ilgili problem sahaları .....	38
6. GELİŞTİRİLEN DCN PLANLAMA MODELİ .....	40
7. MODEL İÇİN GELİŞTİRİLEN UYGULAMA PROGRAMI.....	44
7.1. Programın Genel Tanıtımı .....	44
7.2. Programın Çalışması.....	44
8. MODELİN ÖRNEK BİR AĞDA UYGULANMASI .....	47
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR .....	55
ÖZGEÇMİŞ .....	59

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Klasik SDH/SONET teknolojisi .....	3
Şekil 2.2. WDM teknolojisi .....	4
Şekil 2.3. Gelecek nesil SDH/SONET teknolojisi.....	5
Şekil 2.4. Türkiye’ deki genişbant internet abone sayısı .....	5
Şekil 3.1. Kullanılabilirlik hesaplaması .....	10
Şekil 3.2. DCN kullanım amaçları .....	12
Şekil 3.3. DCN yapısı .....	13
Şekil 3.4. DCN doğrusal topoloji.....	14
Şekil 3.5. DCN halka topolojisi .....	15
Şekil 3.6. DCN göz topolojisi .....	15
Şekil 3.7. DCN yıldız topolojisi.....	15
Şekil 3.8. SDH/SONET temel iletişim hızları .....	16
Şekil 3.9. STM-1 çerçevesi .....	17
Şekil 3.10. STS-1 çerçevesi .....	18
Şekil 3.11. Sadece IP yığın yapısı.....	19
Şekil 3.12. Sadece OSI yığın yapısı.....	20
Şekil 3.13. İkili yığın yapısı.....	20
Şekil 3.14. Ağ elemanlarının erişilebilirliği.....	23
Şekil 4.1. IS-IS yönlendirmesi .....	26
Şekil 4.2. NSAP adres yapısı .....	27
Şekil 4.3. IS-IS yönlendirmesi kural-1 .....	28
Şekil 4.4. IS-IS yönlendirmesi kural-2 .....	28

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.5. IS-IS yönlendirmesi kural-3 .....	29
Şekil 4.6. OSPF yönlendirmesi .....	33
Şekil 4.7. IPv4 özel alan adresleri.....	33
Şekil 6.1. DCN planlama modeli süreç şeması.....	40
Şekil 6.2. OSPF alan standartları .....	42
Şekil 7.1. Uygulama programı arayüzü-1 .....	45
Şekil 7.2. Uygulama programı arayüzü-2 .....	45
Şekil 7.3. Uygulama programı arayüzü-3 .....	46
Şekil 8.1. Örnek SDH ağı .....	47
Şekil 8.2. Örnek ağın incelenmesi-1 .....	49
Şekil 8.3. Örnek ağın incelenmesi-2 .....	50
Şekil 8.4. Örnek ağın incelenmesi-3 .....	51

## KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>APS</b>	Otomatik Koruma Anahtarlama (Automatic Protection Switching)
<b>ANSI</b>	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute)
<b>ASON</b>	Otomatik Anahtarlama Optik Ağ (Automatically Switched Optical Network)
<b>ATM</b>	Asenkron Transfer Modu (Asynchronous Transfer Mode)
<b>CCIT</b>	Uluslararası Telgraf Ve Telefon Konsültasyon Komitesi (Comité Consultatif International De Télégraphique Et Téléphonique)
<b>DCC</b>	Veri İletişim Kanalı (Data Communication Channel)
<b>DCCM</b>	Veri İletişim Kanalı- Çoklayıcı Kısmı (Data Communication Channel- Multiplexer Section)
<b>DCCR</b>	Veri İletişim Kanalı- Rejenaratör Kısmı (Data Communication Channel- Regenerator Section)
<b>DCN</b>	Veri İletim Ağı (Data Communications Network)
<b>MSPP</b>	Çoklu Servis Yönetim Platformu (Multiservice Provisioning Platform)
<b>MTBF</b>	Hatalar Arası Ortalama Süre (Mean Time Between Failure)
<b>MTTR</b>	Ortalama Hata Çözme Süresi (Mean Time To Repair)

<b>NGN</b>	Gelecek Nesil Ağlar (Next Generation Networks)
<b>OC</b>	Optic Taşıyıcı (Optic Carrier)
<b>PSTN</b>	Genel Aktarmalı Telefon Şebekesi (Public Switched Telephone Network)
<b>PTO</b>	Genel Telekomünikasyon İşletmeni (Public Telecommunication Operator)
<b>RSOH</b>	Rejeneratör Bölümü Üstbaşlığı (Regenerator Section Overhead)
<b>SDH</b>	Eşzamanlı Sayısal Sıradüzeni (Synchronous Digital Hierarchy)
<b>SNMP</b>	Basit Ağ Yönetimi Protokolü (Simple Network Management Protocol)
<b>SONET</b>	Eşzamanlı Optik Ağ (Synchronous Optical Network)
<b>STM</b>	Eşzamanlı Transfer Modülü (Synchronous Transfer Module)
<b>STS</b>	Eşzamanlı Taşıma Sinyali (Synchronous Transport Signal)
<b>TDM</b>	Zaman Bölüşümlü Çoğullama (Time Division Multiplexing)
<b>TMN</b>	Telekomünikasyon Yönetim Ağı (Telecommunication Management Network)
<b>TOH</b>	Taşıma Üstbaşlığı (Transport Overhead)
<b>VIOD</b>	İsteğe Bağlı Video (Video On Demand)
<b>VOIP</b>	IP Üzerinden Ses Hizmeti (Voice Over IP)
<b>WDM</b>	Dalgaboyu Bölüşümlü Çoğullama (Wavelength Division Multiplexing)

## 1. GİRİŞ

İnsanların iletişime olan ihtiyacı, insanlık tarihi kadar eskidir. Yüzyılı aşkın süredir devam etmekte olan telefon hizmeti, insanoğlunun sesle iletişim kurma ihtiyacını büyük oranda karşılamaktayken, internetin hayatımıza girmesi ile insanların iletişime bakışı değişmiştir. Uygulamaların insanların hayal gücü ile doğru oranda çeşitlenmesi, her geçen gün bu iletişim imkanlarından faydalanan insanların sayısının artışı, beraberinde bu iletişimi sağlayan altyapının sorgulanması ve geliştirilmesini de zorunlu kılmıştır.

Bant genişliği, paket gecikmesi ve zaman sapması gibi özellikleri duyarlı olan ısmarlama video (VIOD), IPTV ve IP-üzerinde-ses (VOIP) gibi multimedya ve gerçek-zamanlı iletişim servisleri, günümüz IP telekomünikasyon dünyasının gelişen yüzüdür. Tüketici açısından, IP üzerinden yapılan telefon görüşmelerinde (VOIP) herhangi bir bağlantı maliyeti bulunmazken, PSTN altyapılarda her bağlantı ücretlendirilmektedir. Giderek kullanım yoğunluğu artan VOIP uygulamalarında, maliyet sıfır noktasına yaklaşırken, PSTN ağlarda durum tersine gelişmektedir [1].

Bu tip servislerin yanı sıra insanların birebir olarak iletişime geçtiği sosyal paylaşım amaçlı siteler, bilgisayarların kendi aralarında bilgi değişiminde buldukları dosya paylaşım siteleri ve insanların bilgisayarlardan alışveriş yapabildikleri sitelerin kullanımı da giderek artmaktadır. Gelişen bu süreç değerlendirildiğinde, erişim ağlarında taşınan bilginin oldukça büyük bölümünü giderek artan veri trafiğinin kapladığı görülmektedir.

Çeşitliliği ve kullanım yoğunluğu artan hizmetleri karşılamak üzere, esnek trafik kapasite kullanımı, akıllı yönlendirme şemaları, yüksek kapasiteli ve zamana bağlı değişken bant genişliği ve daha etkin yönetim stratejileri, düşük maliyetle yüksek ağ etkinliğini sağlamayı zorunlu hale gelmiştir.

Fiber optik iletişimin hedefi, en uzun mesafeye en fazla veriyi en az kayıpla iletmektir [2]. Bu tür teknolojilerin kullanıldığı ağların sağlamlığı ve yönetimi, taşınan yüksek miktardaki veri göz önünde bulundurulduğunda oldukça önem arz

etmektedir. Ağın sağlamlığı konusunda en kritik husus, kullanıcılara sağlanan hizmetler kesintiye uğramadan, link problemleri ya da ağ elemanlarında oluşan arızaların bir kaç on milisaniye içerisinde fark edilerek, gerekli tedbirlerin alınmasıdır .

SDH teknolojileri yüksek oranda güvenilirlik ve kullanılabilirliğe sahiptir. Servis sağlayıcılarının, ağ üzerinde sağlanan hizmetlerde kullanılabilirlik oranı ile ilgili yüksek beklentileri, karmaşık servis düzenleme mekanizmaları ile sağlanmaktadır.

Bu alışmada, SDH teknolojisine sahip elemanlar tarafından oluşan ağlarda, elemanlar ile yönetim sistemlerinin arasındaki iletişimi aksatacak nedenler ve bunlara yönelik ihtiyaç duyulan yönetimsel gereksinimler ortaya konularak, DCN planlaması yapmak için yeni bir model geliştirilmiştir.

Bu model, farklı üreticiler tarafından uluslar arası standartlara uygun olarak üretilmiş ait SDH ağlarının DCN planı, topolojideki ve kullanılan ağ yönetim sistemlerindeki değişim gereksinimlerine uygun olarak planlama yapmayı sağlamaktadır. Ayrıca herhangi bir SDH DCN yapısını test ve değerlendirme olanağı sunmaktadır.



## 2. OPTİK İLETİŞİMİN GELİŞİMİ

Önceleri bakır transmisyon sistemlerinde kapasite problemini çözmek için Zaman Bölüşümlü Çoğullama (TDM) kullanılmıştır. Ses trafiğindeki yoğun artış, 1980' li yılların başında optik teknolojinin ticarileşmesini ve fiber optik kablonun iletim ortamı olarak kullanılmasını beraberinde getirmiştir. İlk fiber sistemler 1300 nm. dalgaboyunda 400 Mbps. kapasitesinde veri taşımaya olanak sağlamıştır.

Bu ilk nesil fiber optik sistemlerinde kullanılan mimariler, donanımlar, hat kodları, çoklama teknikleri ve bakım prosedürleri tamamen üreticilere göre farklılık göstermekteydi. Farklı üreticilere ait farklı donanımlar arasında karşılıklı bağlanma ve çalışma imkanı neredeyse imkansızdı.

1980'li yılların ortasında, farklı donanımların karşılıklı çalışabilirliğini sağlamak üzere Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI), Eşzamanlı Optik Ağ (SONET) standardını, Uluslararası İstişari Telgraf ve Telefon Komitesi (CCITT) de Eşzamanlı Sayısal Hiyerarşi (SDH) standardını kabul etmiştir. İlerleyen dönemde Klasik SDH/SONET olarak anılan bu teknoloji, tamamen zaman bölüşümlü çoğullanmış (TDM) trafiği iletmekteydi (Şekil 2.1.).

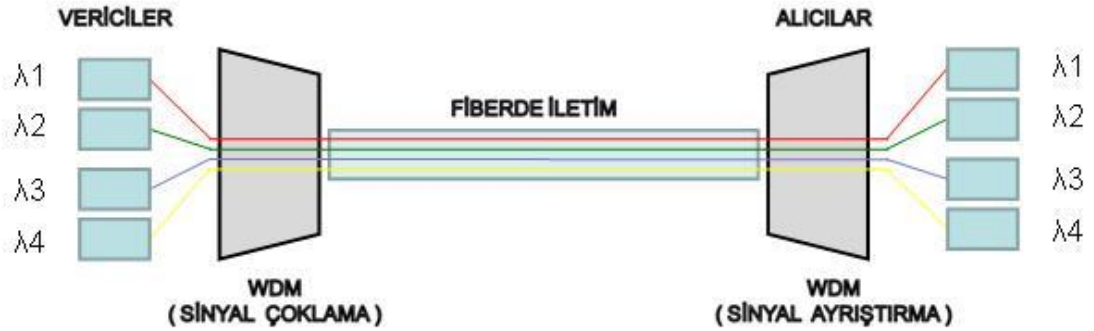


Şekil 2.1. Klasik SDH/SONET teknolojisi

ANSI SONET Kuzey Amerika' da, CCITT SDH Avrupa, Asya, Afrika, Güney Amerika ve Pasifik bölgelerinde servis sağlayıcılar ve donanım üreticileri tarafından kullanılmaya başlanmıştır.

Fiber optik kablo üzerinde iletilen senkron veri kapasitesi tükeninceye kadar SDH/SONET oldukça kullanışlıydı. Mevcut fiber optik kabloların tükenmesi

problemi (fiber exhaust), telekomünikasyon endüstrisini gelişmiş optik ve fotonik teknolojilere yönlendirmiştir. Bu problemin çözümü Dalgaboyu Bölüşümlü Çoğullama (WDM) teknolojisi olmuştur. WDM ile birden fazla data modülasyonlu dalgaboyunu aynı fiberde çoklamak suretiyle, tek bir fiber üzerinde çok sayıda optik kanalı ve eşit veri kapasitelerini taşımak mümkün hale gelmiştir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. WDM teknolojisi

WDM' in kullanılarak farklı veri kapasitelerini desteklenmiş, bir kanalda iletilen sınırlı verinin oluşturacağı elektronik darboğazı azaltmak hedeflenmiştir [3]. WDM üzerinde taşınan SDH/SONET trafiği, etkinlik, servis esnekliği ve kapasite açısından acil ve telekomünikasyon pazarında rekabeti destekleyen bir çözüm olmuştur [4].

Bir SDH ağı çoklama ve yönlendirme görevlerini yerine getiren, SDH elemanlarından oluşmaktadır. Bu elemanlar, farklı seviyelerdeki karmaşık trafik yığını taşımaktadır. Elemanlardaki temel birimler üç bölüme ayrılmaktadır: Terminal çoklayıcı, ekle-bırak çoklayıcı, sayısal çapraz çoklayıcı [5].

SDH/SONET teknolojisi, artan trafik çeşitliliğine ve ihtiyaçlara paralel olarak, on yıllar içerisinde gelişimini sürdürmüştür. Servis sağlayıcıları, tanınan ve güvenilirliği ispatlanmış SDH/SONET üzerinde taşınan zaman bölüşümlü çoğullanmış trafik ile beraber Gigabit Ethernet (GE) trafiğini taşımak gereksinimi duymuştur. Ethernet, çoklu servis taşıma kabiliyeti olan bir teknoloji olarak görülse de, sadece veri iletimi için uygundur ve zaman bölüşümlü çoğullanmış ses ve video trafiğini taşıyamamaktadır. SDH/SONET teknolojisi ATM, ethernet ve TDM trafiğini

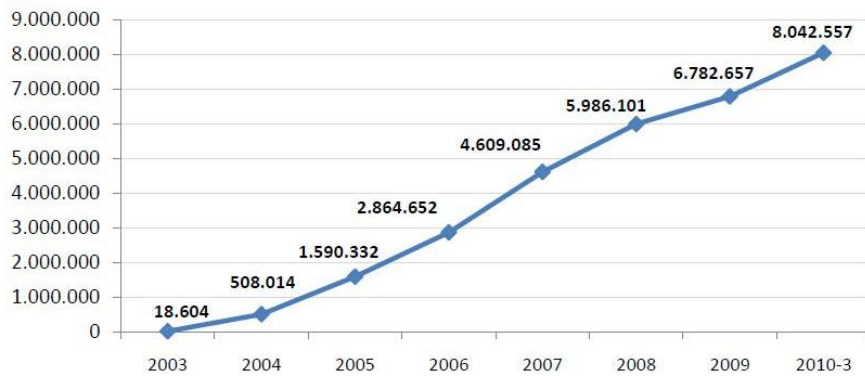
birarada taşıyabilmek için yüzünü çoklu servis hizmetlerini (MSPP) sağlayabileceği Gelecek Nesil Ağlara (Next Generation Networks (NGN)) çevirmiştir (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Gelecek nesil SDH/SONET teknolojisi

Paket anahtarlama servislerin kullanımı, klasik devre anahtarlama sistemlere göre farklı yapıdadır. Bu servisler altyapıyı sadece ihtiyaç duyduklarında kullanmaktadır. Ayrıca telekomünikasyon endüstrisi, sabit fiyat ile istenilen bantgenişliğinde müşterilerine hizmet sunmaktadır. Maliyet etkinliği ve pazarlama stratejisindeki başarı ile IP üzerinde taşınan servislerin gelişimi, beraberinde taşınan trafiğin artmasına neden olmaktadır [6].

Türkiye’ de, 2003 yılında sadece 18.604 genişbant internet aboneleri bulunmaktayken, bu sayı 2010 yılı üçüncü çeyreği itibariyle yedi yılda yaklaşık 430 kat artarak 8 milyonu aşmıştır (Şekil 2.4.) [7].



Şekil 2.4. Türkiye’ deki genişbant internet abone sayısı

Mobil yaşama olan istek ile multimedya, sayısal trafiğin hızla yayılması, herhangi bir yerde, herhangi bir zamanda ve herhangi bir araçla tüm servislerin kullanılabilmesi için paket anahtarlamalı ağlara yönelimi yakınsamaktadır. Gelecek Nesil Ağlar, IP ile telekomünikasyon servislerini ve multimedya verisini taşıyan birleşik bir ağ altyapısı sağlamayı hedeflemektedir [8].

SDH/SONET ağları oldukça güvenilir ağlardır. Bu ağlardaki kullanılabilirlik % 99,999 oranındadır ki, bu da bir yılda ortalama 6 dakikalık kesinti anlamına gelmektedir. Kesinti oluşturan en büyük sebepler, linkte yer alan fiber kablonun kopması yada ağ elemanının arızalanmasıdır. Ağda oluşan arızalarda, taşınan servisler otomatik olarak yeniden tesis olunmaktadır. Bu işlem APS protokolü ile yapılmaktadır. Servislerin yeniden onarılması için geçen süre 50 ms. den kısadır [5].

### 3. SDH AĞLARININ YÖNETİMİ

Ağ yönetimi, herhangi ağın önemli bir parçasıdır. Kullanılan teknoloji ne kadar özel olursa olsun, bir ağa uygulanması, sadece mevcut sistemler ile yönetilebilmesi ve birlikte çalışabilirliğine bağlıdır. Bir ağın işletme ve yönetim maliyeti, tekrarlayan bir maliyettir ve bazı durumlarda oldukça büyük miktarlara ulaşmaktadır [9].

Optik ağlarda sağlanan hizmetlerde devamlılığın sağlanması için oluşturulan planlama koruma ve yeniden yapılandırmayı içermektedir [10]. Bunun nedeni , oluşan arızalar büyük miktarda verinin kaybolmasına neden olmaktadır.

Oluşan arızalara müdahale etmek için daha az sayıda elemana sahip ağlar tek alanda bir merkez tarafından yönetilirken, çok büyük ağlar farklı alanlara bölünerek farklı operatörlerce yönetilmektedir [11].

Farklı alanlara bölünen ağlarda, her bir alan içerisinde geçit ve dahili olmak üzere iki tip eleman yer almaktadır. Dahili elemanlar kendi alanlarındaki fiziksel topoloji bilgisine sahipken, geçit elemanları hem dahil oldukları alt alanı hem de tüm ağa ait topolojik bilgilere sahiptir [12].

Telekomünikasyon ağları için genel olarak kullanılan iki yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar ITU-T tarafından kabul edilen Telecommunications Management Network (TMN) ve IETF tarafından kabul edilen Simple Network Management Protocol (SNMP) protokolleridir [13].

Yönetim sistemi ve ağ elemanı, hata yönetimini yapabilmek için kullanılan yönetim protokolü gereği birbirleri ile haberleşmektedir.

SNMP protokolünde, ağ elemanları düzenli olarak, yönetim sistemlerine izleme bilgisi göndermektedir. Alarm paketleri, yönetim sistemine, arıza bildirimini için benzer şekilde ulaşmaktadır. Yoğun şekilde gelen alarm paketleri, önem derecesine göre sıralanmaktadır. Bu şekilde gerçekleştirilen uygulama, arızanın yerini tespit

etmek işlemini karmaşıklaştırarak harcanan zamanı arttırmaktadır. Ayrıca arıza yerini tespit kararını alırken yapılacak hataları engellememektedir [14].

TMN, yüksek derecede ölçeklenebilirlik imkanı sağlarken, SNMP daha sınırlı ölçektedir ve daha basit bir yapıdadır [13].

Geniş bir alana yayılmış, karmaşık trafik yapısına sahip ağların TMN ile yönetilmesi tercih edilmektedir. TMN, telekomünikasyon ağları ve servislerine planlama, yapılandırma, işletme, yönetim, bakım ve tedarik gibi çok çeşitli yönetim alanlarında destek sağlamayı amaçlamaktadır.

TMN, telekomünikasyon ağları ve servisleri için yönetsel fonksiyonlar sağlamakta, diğer TMN' ler, telekomünikasyon ağları, servisler ile kendi arasında iletişim ortamı sunmaktadır.

TMN, telekomünikasyon ağları ve servislerini, birlikte çalışan sistemler bütünü olarak görmektedir. TMN mimarisi, tüm şebekenin üstünde düzgün bir etki sağlamak için, ayrı sistemlerin yönetimi eşgüdüm içerisinde yapmalıdır.

TMN aşağıdaki koşulları karşılamaktadır:

- TMN ortamı ile telekomünikasyon ortamı arasındaki yönetsel bilgi değişim yeteneği sağlamak,
- TMN bileşenleri arasında yönetsel bilgi değişim yeteneği sağlamak,
- Farklı TMN' ler arasında yönetsel bilgi değişim yeteneği sağlamak,
- Yönetsel bilgilerin bir formattan diğerine dönüşümünü sağlamak,
- TMN bileşenleri arasında yönetim bilgilerinin transferini sağlamak,
- Yönetim bilgilerini analiz etmek ve uygun bir şekilde reaksiyon geliştirmek,
- Yetkili kullanıcıların yönetsel bilgilere güvenli erişimini sağlamak,
- Yönetsel bilgileri bir düzene koyarak, kullanıcı için faydalı/anlamalı hale getirmek.

TMN yapıları, Genel Telekomünikasyon İşletmenlerine yönetsel olarak şu imkanları sağlamaktadır:

- Ağdaki olaylara, yönetsel müdahale sürelerini azaltmak
- Telekomünikasyon ağı tarafından taşınan yönetsel trafiğin oluşturduğu yükü asgariye indirmek
- Ağ işletim yaklaşımları üzerinde kontrolün coğrafi dağılımına izin vermek
- Güvenlik risklerini asgariye indirmek için tecrit mekanizmaları sağlamak
- Ağdaki hataları konumlandırmak ve kontrol etmek için tecrit mekanizmaları sağlamak
- Müşterilere yönelik servis yardımı ve etkileşimini geliştirmek [15].

### 3.1. Ağ Yönetim Fonksiyonları

Klasik olarak, ağ yönetimi hepsi oldukça önemli olan fonksiyonlardan oluşmaktadır. Beş alanda gruplandırılmış ağ yönetim fonksiyonları şunlardır [9]:

**Performans Yönetimi:** Performansın ölçümünü sağlayan çeşitli parametrelerin gözlenmesi ve yönetimi ile yapılır. Performans yönetimi, bir servis sağlayıcının hizmet sunduğu müşterilere sağladığı servislerin kalitesini garantiemesi için hayati bir fonksiyondur. Ağdaki servislerin kullanılabilirliğini ve yeterli bant genişliğini sağlamak için, ağdaki kaynakların atanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla ağda herhangi bir tıkanıklık yaşanmadan, kaynakların atanması için kurulan mekanizmalar kullanılmaktadır [16].

İletişim sistemlerinin kullanılabilirliği, önemli bir kalite ölçütüdür. Genellikle, kullanılabilirlik, birim zaman içerisinde müşterilerin sağlanan hizmetlere ulaşabildiği ortalama zamandır. Kullanılabilirlik, alternatif olarak, ağda hatalar arası ortalama süre (mtbf) ve ortalama hata çözme süresi (mttr) ile şu şekilde hesaplanmaktadır (Şekil 3.1.) [17]:

$$\text{Kullanılabilirlik} = \frac{\text{Hatalar arası ortalama süre}}{\text{Hatalar arası ortalama süre} + \text{Ortalama hata çözme süresi}}$$

Şekil 3.1. Kullanılabilirlik hesaplaması

Bu fonksiyon ayrıca, anormal durumlarda ağdaki hatanın yerini tespit etmek suretiyle, özellikle hata yönetimi gibi diğer yönetim fonksiyonlarını desteklemektedir.

- **Hata Yönetimi** : Ağda oluşan hatanın tespit edilmesi ve hatanın ayıklanması işlemlerini gerçekleştirmektedir. Ağ, ayrıca hatadan dolayı etkilenen trafiği yeniden yapılandırma özelliğine sahip olmalıdır.

- **Konfigürasyon Yönetimi** : Ağdaki değişikliklerin sistemli olarak yönetimini içeren fonksiyonlar kümesidir. Ağda yer alan bir elemanın temel yönetim fonksiyonu bu kategoriye aittir. Bu fonksiyon ile elemanların, yazılım sürümlerinin yönetimi, üzerinden geçen trafiğin yeniden yönlendirilmesi dahil olmak üzere izlenmesi ve yönetimi sağlanmaktadır.

Konfigürasyon yönetiminin diğer bir fonksiyonu bağlantı yönetimidir. Bu fonksiyon ile ağdaki bağlantıların kurulması, kaldırılması ve takip edilmesi işlemleri yerine getirilmektedir. Bahsi geçen işlemler, merkezi bir yönetim sistemi ile yapılmaktadır. Bu işlemler ayrıca, ağda bağlantı hataları meydana gelmesi veya ağın çok büyük olması durumunda dağıtık ağ kontrolü ile sağlanabilmektedir.

- **Güvenlik Yönetimi** : Bu fonksiyon, yönetim sistemleri kullanıcılarının kimlik doğrulaması ve okuma-yazma izinleri gibi özniteliklerin kullanıcı bazında ayarlanması şeklinde yönetimsel işlemleri kapsamaktadır. Güvenlik açısından, bir ağ hem dikey hem yatay olarak etki alanlarına bölünmektedir. Dikey bölünme, bazı kullanıcıların belirli sayıda ağ elemanına erişim sağladığı, diğer elemanlara erişiminin yasaklandığı yapılanmayı ifade etmektedir. Bu sayede, sahada çalışan bir



personel, ağın sadece sorumluluğunda yer alan bölümüne erişebilmektedir. Yatay bölünme ise, kullanıcıların tüm ağ elemanları üzerinde erişebilecekleri özellikleri sınıflandırma işlemidir. Örneğin olarak sadece bazı kullanıcılar ağ elemanı üzerinde performans kaydı açma yetkisine sahipken, diğerleri bu kayıtları görüntüleyebilmektedir.

- **Muhasebe Yönetimi** : Ağda sağlanan hizmetlerin ücretlendirilmesinde ve ağ elemanlarına ait ömür devrinin geliştirilmesinde kullanılır.

Ağ yönetim fonksiyonlarının gerçekleştirilebilmesi için ağ elemanlarının yönetim sistemleri tarafından ulaşılabilir olması gerekmektedir. Ağ tasarlanırken, donanımın trafik ağının ihtiyaçlarını (yükünü) karşılaması esasına göre planlama yapılır ve ağ yönetimi gereksinimlerinin karşılanması bu safhada şart değildir.

SDH ağ elemanları, oluşan fiber optik kablo kopuklarında, modül arızalarında ve optik linklerde oluşan ani performans düşüşlerinde yönetim sistemlerine alarmlar göndermektedir. Yönetim sistemleri alarmlardan elde ettiği bilgiler ile arızanın sebebini tespit ederek, gerekli durumlarda ağın gerekli olan kısmında arızayı tecrit edecek düzenlemeleri yapmaktadır.

Ayrıca SDH ağ elemanlarında tutulan performans kayıtları, ağdaki problemlerin teşhisi için çok faydalı bir kaynak oluşturmaktadır.

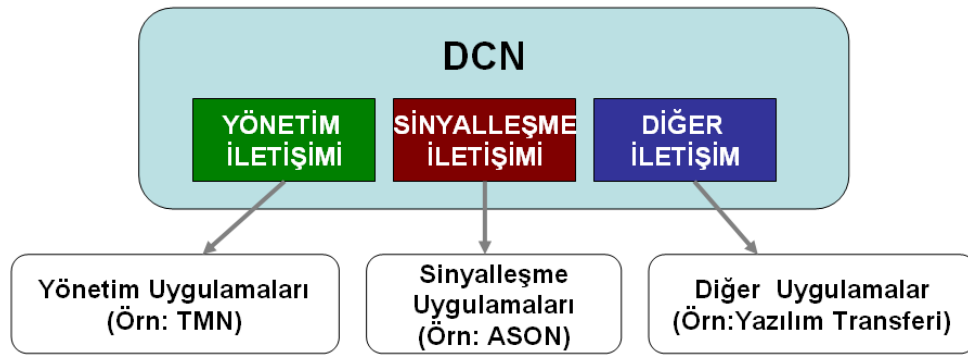
### **3.2. SDH Ağlarının Yönetimsel Yapısı**

Ağ yönetim sistemleri ile ağı oluşturan elemanların arasındaki yönetim amaçlı mesajların alışverişini sağlamak amacıyla Veri İletişim Ağı (Data Communication Network (DCN)) oluşturulur. Bu plan, ağda yapılan yapılandırma değişikliklerine paralel olarak güncellenir.

DCN, birbirine bağlı, farklı özellikteki bağımsız birkaç alt ağdan oluşabilmektedir. Geniş alana yayılmış dağıtık fiziksel bloklar arasında olabileceği gibi, bir tane yerel

bağdan da oluşabilmektedir. DCN, teknolojiden bağımsız olmakla birlikte, tek yada birden çok transmisyon teknolojisinin birleşimi de olabilir [15].

DCN, Telekomünikasyon Yönetim Ağı (Telecommunication Management Network (TMN)) ile ilgili dağıtık yönetim iletişimini taşımak, Otomatik Anahtarlama Optik Ağ (automatically switched optical network (ASON)) için sinyalleşme bilgilerini taşımak ve servis telefonu, yazılım transferi gibi özel amaçları gerçekleştirmek için tesis edilebilir (Şekil 3.2.).



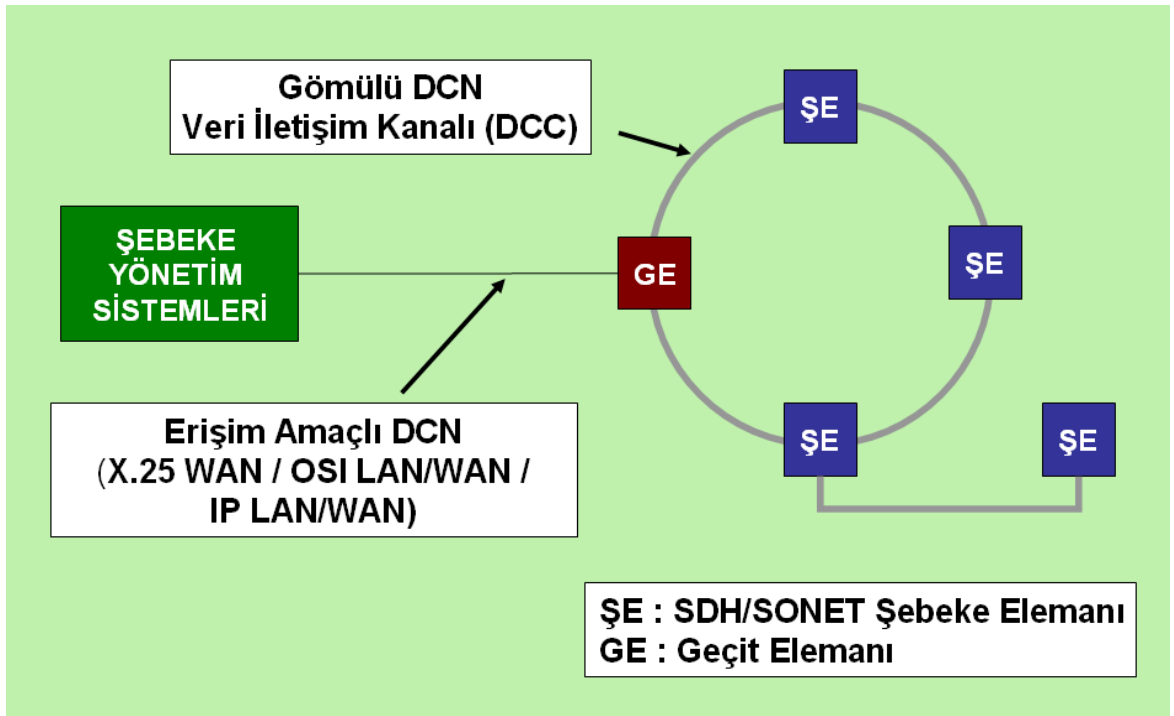
Şekil 3.2. DCN kullanım amaçları

DCN üzerinden taşınan trafik şunları içermektedir;

- Yönetim sistemi ve ağ elemanları arasındaki yönetim komutları, ağ elemanının cevapları ve bildirimler
- Yönetim sistemi ve ağ elemanları arasında yazılım güncellemesi, yapılandırma yedeklemesi ve çalışan servislerin onarımı için gönderilen dosyalar
- Ağa, sahadaki herhangi bir eleman üzerinden uzaktan erişim mesajları
- Yönetim sisteminde yer alan dizini sorgulama veya güncelleme mesajları
- Ağ mimarisi değiştiğinde, her bir ağ elemanına ait yönlendirme bilgilerinin yer aldığı mesajlar
- Ağda uygulanacak özel uygulamalara ait mesajlar

DCN, iki ana parçadan oluşmaktadır:

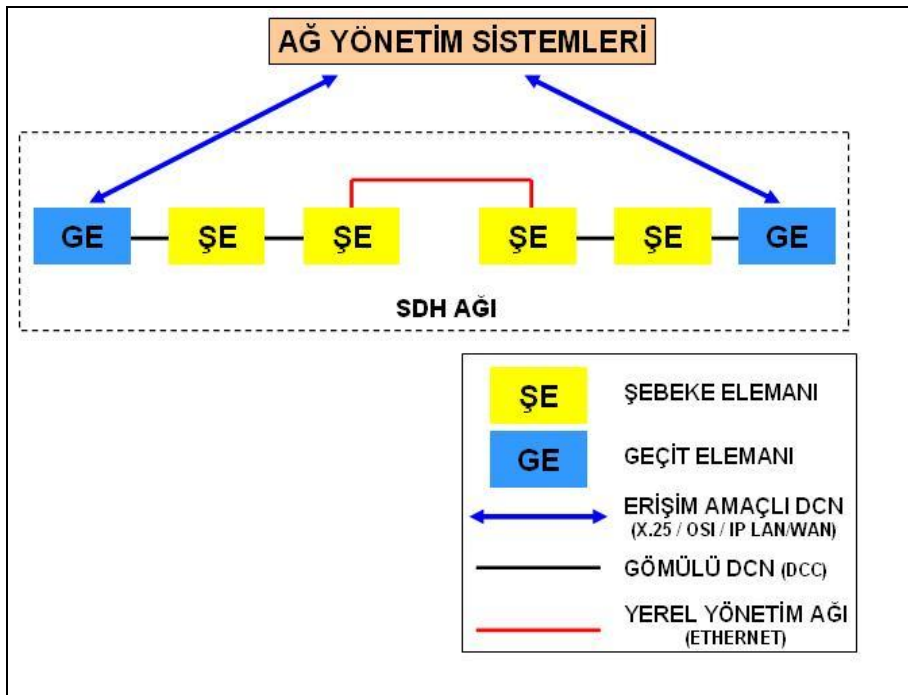
- **Erişim Amaçlı DCN (Access DCN):** Yönetim sistemini, ağ geçit elemanına (SDH ağının kenarında yer alan eleman) bağlayan DCN parçasıdır. Genel amaçlı trafiğe benzer olarak diğer SDH yönetim bilgilerinin taşınması için kullanılmaktadır.
- **Gömülü DCN (Embedded DCN):** Erişim amaçlı DCN ile son ağ elemanı arasındaki iletimi sağlayan DCN parçasıdır. Ağ yönetimine tahsis edilmiş bu yapı, diğer servislerin sağlandığı ağ topolojisine oldukça benzerlik göstermektedir. Gömülü DCN yapısında, SDH sinyal çerçevesindeki başlıkta bulunan DCC kanalları kullanılmaktadır (Şekil 3.3.) [18].



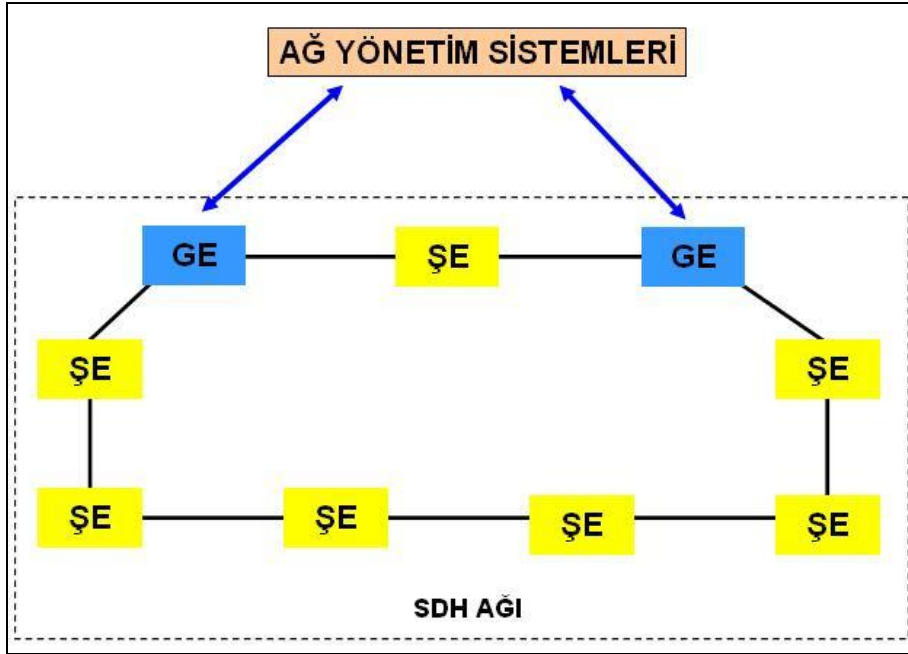
Şekil 3.3. DCN yapısı

### 3.3. SDH Ağlarının Yönetimi İçin Topolojiler

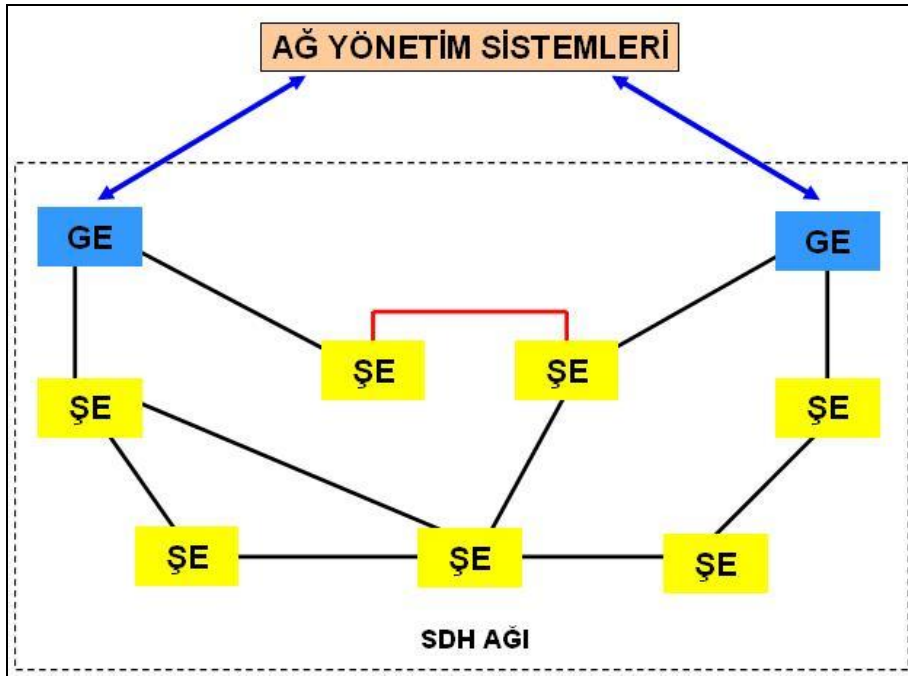
Ağ yönetiminde, elemanlar arasındaki trafikte gömülü iletişim kanalları ve yerel yönetim ağları (Örnek : Ethernet) kullanılarak doğrusal, halka, göz ve yıldız topolojileri kullanılmaktadır. Tüm topolojilerde, ağ yönetim sistemlerine güvenilir erişim sağlamak için genel olarak çift geçit elemanı kullanılmaktadır (Şekil 3.4.)(Şekil 3.5.)(Şekil 3.6.)(Şekil 3.7.) [19].



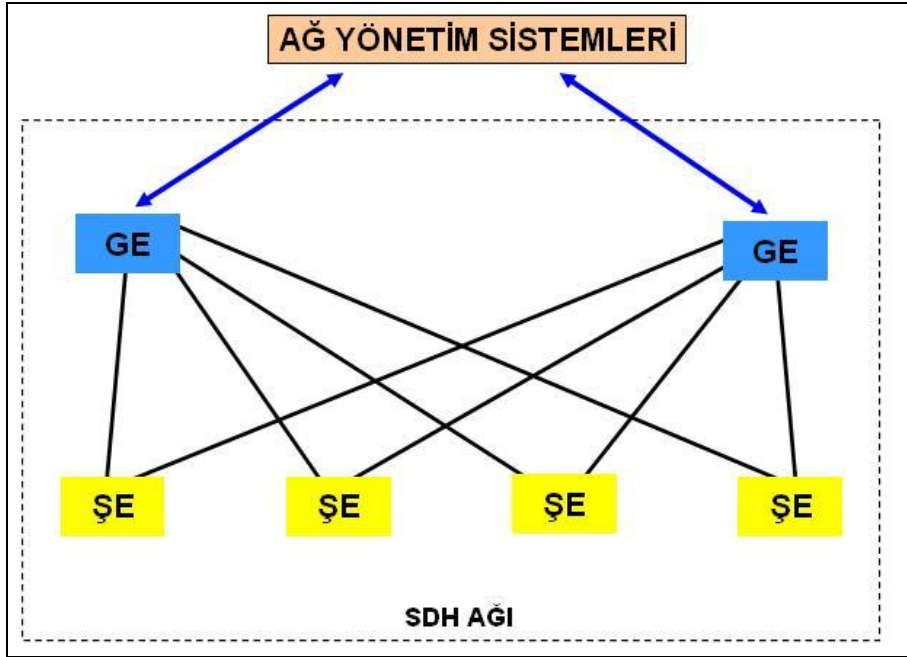
Şekil 3.4. DCN doğrusal topoloji



Şekil 3.5. DCN halka topolojisi



Şekil 3.6. DCN göz topolojisi



Şekil 3.7. DCN yıldız topolojisi

### 3.4. SDH Ağ Elemanlarının İletişim Esasları

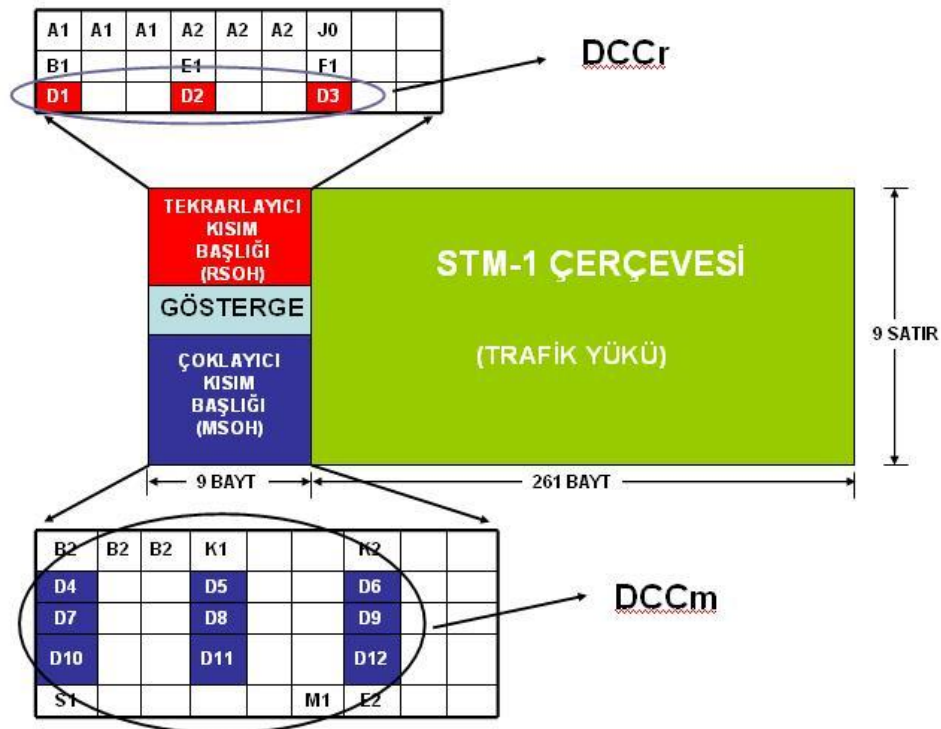
SDH/SONET ağları, sabit kapasiteli miktarları olan fiberler ile optik ara yüzler ile birbirlerine bağlı elemanlardan oluşmaktadır. Farklı fiberler, farklı link kapasitelerini taşımaktadır. Her eleman, öge anahtarlama şeklinde adlandırılan, temel hızlardaki (örnek: STM-1, STS-1) devreleri anahtarlama yeteneğine sahiptir [20].

SDH/SONET teknolojileri, eş zamanlı çoklama prensibine dayanmaktadır. Karşılıklı çalışan iki SDH/SONET ağ elemanı, belirlenen temel hızlarda iletişim kurmaktadır (Şekil 3.8). Optik taşıyıcı olarak ta bilinen bu hızlar, SDH için STM-N ( N= 1, 4, 16, 64, 256 ), SONET için OC\_N' ( N= 1, 3, 12, 24, 48, 192, 768 ) tir [21]. Eş zamanlı olarak yapılan iletişimde, 125 mikro saniyelik periyotlar ile çerçeve iletimi yapılmaktadır.

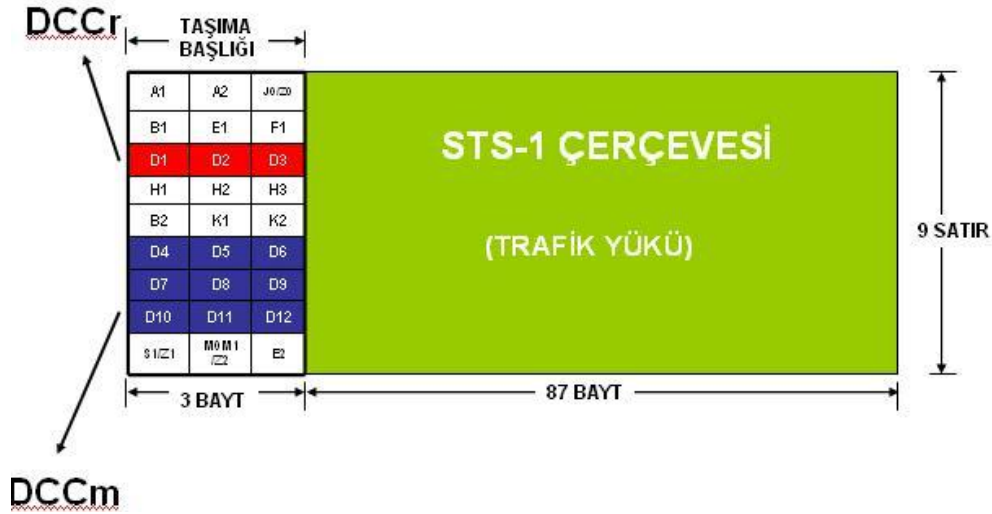
Bit Hızı (Mbit/sn)	SONET Seviyesi	SDH Seviyesi
51.840	STS-1	Yoktur
155.520	STS-3	STM-1
622.080	STS-12	STM-4
2488.320	STS-48	STM-16
9953.280	STS-192	STM-64
39813.120	STS-768	STM-256

Şekil 3.8. SDH/SONET temel iletişim hızları

Ağ elemanları, iletim yaptıkları çerçeveler ile kullanıcılara ait trafiğin yanı sıra kontrol ve yönetim amaçlı bilgileri de iletmektedirler. Bu bilgiler içerisinde, ağ elemanı ve ağ yönetim sistemleri arasındaki yönetim mesajlarını taşımak için kullanılan Gömülü Kontrol Kanalı olarak da adlandırılan iki Veri İletişim Kanalı (Data Communication Channel (DCC)) bulundurmaktadır (Şekil 3.9.)( Şekil 3.10.).



Şekil 3.9. STM-1 çerçevesi



Şekil 3.10. STS-1 çerçevesi

- **Tekrarlayıcı veri iletişim kanalı (Regenerator Data Communication Channel (DCCr))** : SDH için her bir tekrarlayıcı merkezde oluşturulan ve STM-1 çerçevesinin Tekrarlayıcı Kısım Başlığı' (Regenerator Section Overhead (RSOH)) nda, SONET için STS-1 çerçevesinin Taşıma Başlığı' (Transport Overhead (TOH)) nda taşınan 192 Kb/s. kapasitesindeki kanaldır.

- **Çoklayıcı veri iletişim kanalı (Multiplexing Data Communication Channel (DCCm))** : SDH için her bir çoklayıcı merkezde oluşturulan ve STM-1 çerçevesinin Çoklayıcı Kısım Başlığı'(Multiplexing Section Overhead (MSOH)) nda, SONET için STS-1 çerçevesinin Taşıma Başlığı' (Transport Overhead (TOH)) nda taşınan 576 Kb/s. kapasitesindeki kanaldır.

Bu gömülü veri taşıma kanalları, servis sağlayıcılarına, harici bir kanal kullanmaksızın ağ elemanlarını yönetme imkanı sağlamaktadır.

SDH ağları büyüdükçe ve servis sağlayıcıları farklı üreticilerin ürünlerini kullanmaya başladıkça, bu ağları yönetmek daha zor ve karmaşık hale gelmiştir. Bu ağların yönetimsel karmaşıklığını ve maliyetini azaltmak için servis sağlayıcıları SDH/SONET çerçevesindeki Gömülü Veri İletişim Kanallarını kullanmışlar ve



üreticilerden kendi ağları ile uyumlu çalışabilir teçhizat üretmelerini beklemişlerdir. Tüm SDH elemanlarının uyumlu çalışabilirliğini sağlamak üzere ITU-T G.7712 standardı tanımlanmıştır.

Ağda taşınan veri trafiğinin artması ile birlikte devre anahtarlamalı trafik yerini paket anahtarlamalı trafiğe bırakmaya başlamıştır. Paket anahtarlamalı trafik doğası gereği devre anahtarlamalı sisteme göre daha karmaşıktır ve ağ elemanları arasında dinamik olarak değişen veri yolları kurmak ve tekrar bozmak için IP tabanlı sinyalleşme protokolleri kullanmaktadır [22].

Bir SDH/SONET ağı, Gelecek Nesil SDH/SONET elemanlar ile birlikte Klasik SDH/SONET elemanlarından oluşabilir. Gelecek Nesil SDH/SONET ağ elemanlarını yönetmek için, IP tabanlı mesajları gömülü veri iletişim kanalları üzerinden taşırken, bu elemanların DCC üzerinden sadece OSI tabanlı yönetim mesajlarının iletimini destekleyen Klasik SDH/SONET elemanları ile birlikte çalışabilir olması gerekmektedir. Bu gereksinim, İkili ( OSI + IP ) Yığın Yapısını desteklemekle karşılanabilmektedir (Şekil 3.11.) ( Şekil 3.12.) ( Şekil 3.13.).

SADECE IP YIĞIN YAPISI	
UYGULAMA	
SUNUM	HTTP,FTP TELNET, TL1
OTURUM	SNMP RMON
TAŞIMA	TCP
ŞEBEKE	UDP
BAĞLANTI	IP
	OSPF RIP
	ICMP ARP
FİZİKSEL	PPP over HDLC
	LLC1
	DCC
	LAN

Şekil 3.11. Sadece IP yığın yapısı

SADECE OSI YIĞIN YAPISI			
UYGULAMA	TL1	FTAM	CMIP ROSE
	ACSE		
SUNUM	SUNUM		
OTURUM	OTURUM		
TAŞIMA	TP4		
	TARP		
ŞEBEKE	IS-IS ES-IS CLNP		
BAĞLANTI	LAPD	LLC1	X.25 LAPB
FİZİKSEL	DCC	LAN	RS-449/ V.35

Şekil 3.12. Sadece OSI yığın yapısı

İKİLİ ( OSI + IP ) YIĞIN YAPISI						
UYGULAMA				TL1	FTAM	CMIP ROSE
				ACSE		
SUNUM	HTTP,FTP TELNET, TL1	SNMP RMON		SUNUM		
OTURUM				OTURUM		
TAŞIMA	TCP	UDP	TÜNEL	TP4		
				TARP		
ŞEBEKE	IP		OSPF,RIP IS-IS, ES-ES	CLNP		
BAĞLANTI	PPP over HDLC/LAPD			LLC1	X.25 LAPB	
FİZİKSEL	DCC			LAN	RS-449/ V.35	

Şekil 3.13. İkili yığın yapısı

Fiziksel Katman (Layer 1), Bağlantı Katmanı (Layer 2) ve Ağ Katmanını (Layer 3) destekleyen bir ağ olan DCN için DCC seviyesinde, dört farklı yapı tanımlanmıştır [19]:

### **3.4.1 Sadece OSI destekli DCC ağ**

Bu tür DCN yapısında ağ protokolü olarak CLNP (Connectionless Network Protocol) desteklenmektedir. Bununla birlikte, iki ağ elemanı arasında uçtan uca oluşturulan iz CLNP desteklediği gibi, herhangi bir zarflama işlemine ihtiyaç duyulmaz.

### **3.4.2 Sadece IPv4 destekli DCC ağ**

Bu yapıda, DCN, ağ protokolü olarak IPv4 desteklemektedir. İki ağ elemanı arasında uçtan uca oluşturulan iz için herhangi bir zarflama işlemine ihtiyaç duyulmaz.

### **3.4.3 Sadece IPv6 destekli DCC ağ**

Bu yapıda, DCN, ağ protokolü olarak IPv6 desteklemektedir. İki ağ elemanı arasında uçtan uca oluşturulan iz için herhangi bir zarflama işlemine ihtiyaç duyulmaz.

### **3.4.4 Karma (OSI + IP) destekli DCC ağ**

Karma yapıda DCN, farklı ağ katman protokollerini desteklemektedir (Örn: OSI, IPv4/v6). Bu yapı ile iki ağ elemanı arasında bir bölümü OSI protokolünü destekleyen, bir bölümü IP protokolünü destekleyen karma bir yol kurmak mümkündür. Bu şekilde iletimi sağlamak üzere, yolun farklı protokol kullanan bölümünde zarflama (encapsulation) işlemleri kullanılmaktadır.

## **3.5. Ağ Elemanlarının Erişilebilirliği**

SDH ağı, donanımın trafik ağı gerekliliklerini (yükünü) karşılayabileceği şekilde oluşturulur. Elde edilen topolojinin, DCN ağının gerekliliklerini karşılaması şart

değildir. DCN ağı için her SDH elemanının merkezi bir noktadan erişilebilir olması gereklidir. Dolayısıyla planlamadaki ilk adımlardan biri, ağ elemanlarının erişilebilir olduğundan emin olmaktır (Şekil 3.14.)[23].

### 3.5.1 Doğrudan erişilebilir ağ elemanları

Aşağıdaki ağ elemanları doğrudan erişilebilirdir:

- Telekomünikasyon Yönetim Ağı İşlemcisinin (TMN Processor) bulunduğu istasyondaki tüm ağ elemanları (Bu elemanlar Geçit Elemanı (Gateway Network Element (GNE)) olarak isimlendirilmektedir.)
- Bir tanesinin GNE olması şartıyla bir SDH eleman halkasındaki tüm ağ elemanları
- Yukarıda belirtilen iki koşuldan birini yerine getiren başka bir ağ elemanı ile bir STM-N / STS-N bağlantısı aracılığıyla bağlanan tüm ağ elemanları
- Sonlanma noktalarından birisinin GNE olması şartıyla bir zincir yönünün (terminal cihazları ve yineleyiciler) tüm ağ elemanları

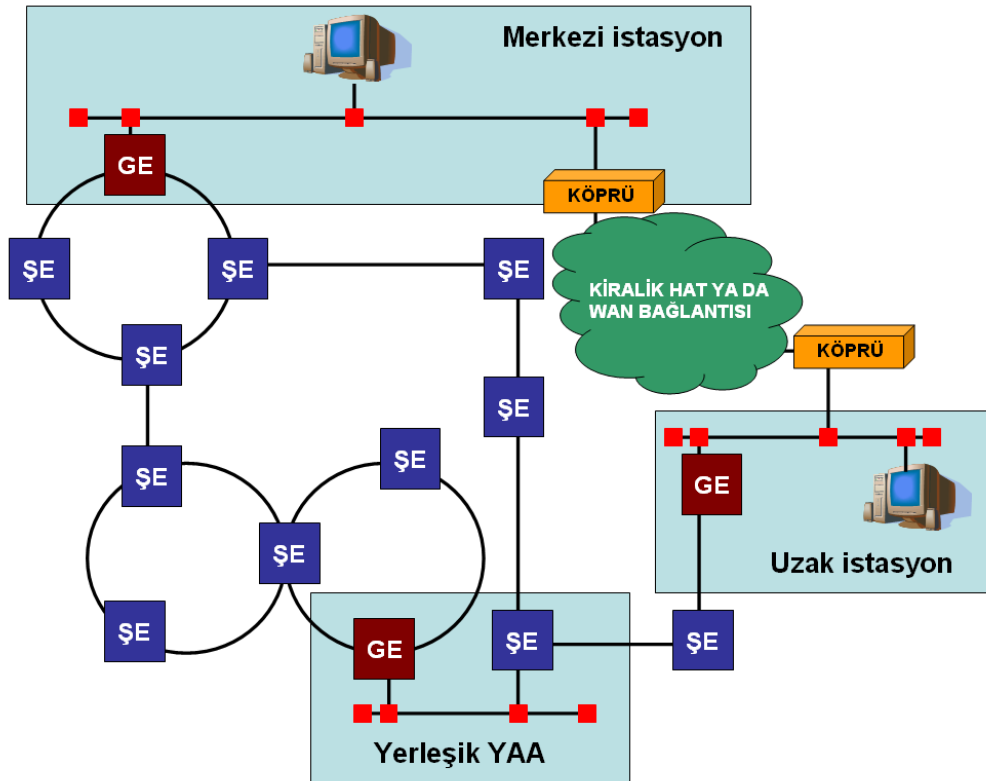
### 3.5.2 Yerel Alan Ağı aracılığı ile bağlantı

Aşağıdaki koşullardan herhangi birisini karşılamayan elemanlar TMN sistemine dolaylı olarak bağlanmalıdır. Bunu yapmanın bir yolu, bu elemanları bir LAN aracılığıyla bağlamaktır. Bu sayede, doğrudan erişilebilir olmayan elemanlar doğrudan erişilebilir olan ve aynı istasyon içerisinde bulunan bir eleman ile bağlanabilirler. Ağ elemanlarının Q arabirimleri bir Ethernet LAN'ı aracılığıyla bağlanır .

### 3.5.3 Kiralık hatlar aracılığı ile bağlantı

Bu bağlantı tipi, ağ elemanları “SDH adalarında” bulunduğu gereklidir. Başka bir deyişle, TMN işlemcisine sahip istasyona SDH bağlantısı olmadığında ya da varolan bir bağlantının cihaz şartları nedeniyle kullanılamaz olması durumunda gereklidir. Bu durumda bağlantı, köprüler yardımıyla kiralık hat ya da servis kanalı

aracılığıyla doğrudan TMN' den kurulur. Köprüler aracılığıyla kurulan bağlantılar TMN LAN'a "uzantılar" olarak davranır ve TMN işlemcisi için saydamdırlar. Dolayısıyla köprüler aracılığıyla bağlanan cihazlar standart algoritma ile işlenebilirler. Köprüler ile bağlantılar her iki uçta da bir LAN gerektirir.



Şekil 3.14. Ağ elemanlarının erişilebilirliği

## 4. YÖNLENDİRME

Yönlendirme, genel olarak hedefe en iyi ulaşmak için, bir sonraki düğümü seçme işlemidir. En iyi kavramı, belirsiz bir kavram olmaktan çok, genellikle en kısa yolu bulmak olarak tanımlanmaktadır. En iyi yol, kullanılan yönlendirme politikası ile belirlenmektedir. Yönlendirme terimi, iletmek konsepti ile beraber anılmaktadır. İletmek, bir arayüzden alınan paketin, gideceği adrese göre herhangi bir arayüzden gönderilmesidir[24].

### 4.1. SDH Ağlarında Yönlendirme

DCN, fiziksel, taşıma ve ağ katmanlarında fonksiyonellik ve birbirine bağlı linkler üzerinden yönlendirme ve anahtarlama işlevselliği sağlamaktadır. SDH Ağ Elemanları Ağ Yönlendirme Fonksiyonu (Network Routing Function (DCF)), Ağ katmanı paketlerini yönlendirmektedir. DCF, sadece OSI destekli ağlar için IS-IS, Karma Destekli ağlar için Tümlleşik IS-IS ve sadece IP Destekli ağlar için OSPF ve diğer IP yönlendirme protokollerini desteklemektedir.

Yönetimsel açıdan ağda bir yönlendirici gibi işlev gören SDH ağ elemanları, birbirine bağlı ağ kümelerinde paketleri almak ve yönlendirmekten sorumludur. Her eleman, yönlendirme işlevini, ağın topolojisi hakkında sahip olduğu bilgi doğrultusunda yapmaktadır .

SDH Ağlarında aşağıda yer alan yönlendirme yapıları kullanılmaktadır:

#### - Sistemde tanımlı yönlendirme

Mesajların yönlendirilmesi her ağ elemanı için önceden tanımlanmaktadır. Yani henüz alıcılarına ulaşmamış olan mesajlar belirli bir algoritmaya göre (“Sola Dön” algoritması gibi) yeniden yönlendirilmektedir.

### - Statik yönlendirme

Statik yönlendirmede ağ elemanı yönlendirme tablolarını kullanmaktadır. Mesajlar alıcıya bu statik girdilere göre yeniden yönlendirilmektedir.

### - İletim yönlendirmesi

Bir ağ elemanına varan ve ağ elemanının kendisine yönelik olmayan tüm mesajlar bu ağ elemanı tarafından bitişik tüm ağ elemanlarına gönderilmektedir.

### - Dinamik yönlendirme

Her ağ elemanı, ağın genel topolojisinde kendisi ile ilgili kısmı bilmektedir. Bu, her elemanın alıcıya bir mesaj göndermesine ya da alıcının erişilebileceği bir eleman bilmesine olanak vermektedir.

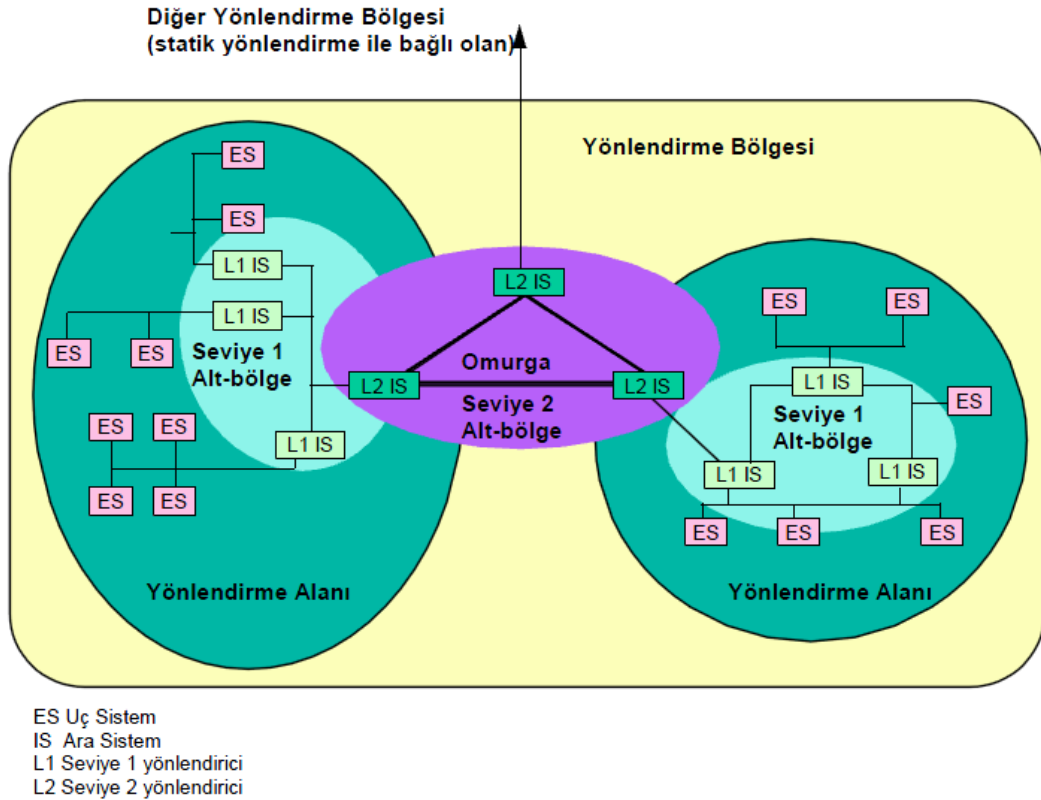
## 4.2. SDH Ağlarında Kullanılan Yönlendirme Protokolleri

### 4.2.1. IS-IS yönlendirme protokolü

IS-IS yönlendirme protokolü, sadece OSI ortamına yönlendirme sağlamak için geliştirilmiştir. Özellikle IS-IS , ISO 8473 (ISO Bağlantısız Ağ Katman Protokolü (Connectionless Network Layer Protocol (CLNP))) ve ISO 9542(ISO Son Sistem-Orta Sistem Protokolü(End System- Intermediate System (ES-IS))) nün birleşiminde çalışmak için tasarlanmıştır.

IS-IS de , ağ yönlendirme alanlarına ayrılmıştır. Yönlendirme alanlarının sınırları , ağ yönetimi tarafından dış bağlantı (External link) olacak şekilde bazı linkler yerleştirilmek suretiyle tanımlanır. Eğer bir link dış bağlantı olarak işaretlenmiş ise, hiçbir IS-IS yönlendirme mesajı o linke gönderilmemektedir.

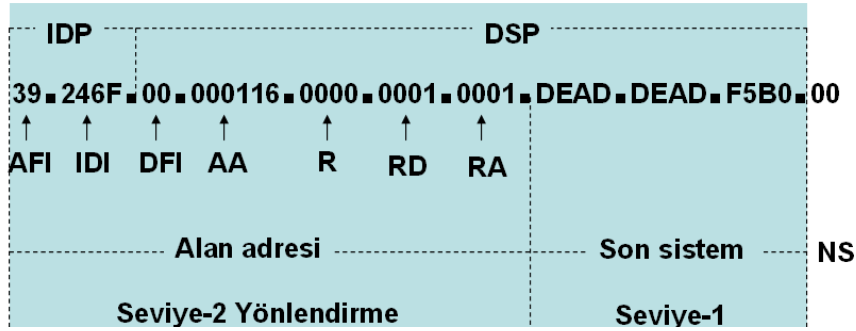
OSI IS-IS yönlendirme, iki seviyeli hiyerarşik yönlendirme kullanılmasını sağlamaktadır. Yönlendirme domaini alanlara ayrılmaktadır. Seviye-1 yönlendiricileri o alandaki topolojiyi , tüm yönlendiricileri ve son sistemleri kapsayacak şekilde bilmektedir. Fakat Seviye-1 yönlendiriciler , kendi alanlarının dışındaki yönlendiricilerin ve hedeflerin kimliklerini bilmemektedir. Seviye-1 yönlendiriciler kendi alanları dışındaki hedefleri kapsayan trafiği kendi alanlarına ait Seviye-2 yönlendiricilere göndermektedir. Benzer şekilde Seviye-2 yönlendiriciler, Seviye-2 topolojisini ve her Seviye-2 yönlendiricisi için hangi adresin ulaşılabilir olduğunu bilmektedir. Bununla birlikte Seviye-2 yönlendiricilerin Seviye-1 içindeki topolojiyi bilmelerine gerek yoktur. Ancak bir Seviye-2 yönlendiricinin aynı zamanda Seviye-1 yönlendirici olabileceği münferit alanlar bunun dışındadır. Sadece Seviye-2 yönlendiriciler yönlendirme akanları dışında bulunan harici yönlendiriciler ile data paketleri veya yönlendirme bilgilerini doğrudan paylaşabilirler (Şekil 4.1)[25].



Şekil 4.1. IS-IS yönlendirmesi



OSI ortamında, ağ elemanları Ağ Hizmet Erişim Noktası (Network Service Access Point (NSAP)) şeklinde adlandırılan adresleri kullanmaktadır. NSAP adresleri, Başlangıç Alan Parçası (Initial Domain Part (IDP)) ve Özel Alan Parçası (Domain Specific Part (DSP)) olmak üzere alt parçalara ayrılır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. NSAP adres yapısı

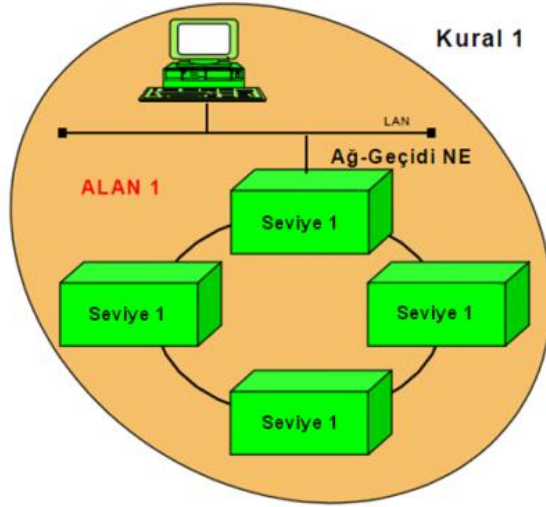
IS-IS 'de iki tip yönlendirici vardır :

- Seviye-1 orta seviye sistemleri: Bunlar ISO adresinin ID bölümü ile yönlendirme yapan düğümlerdir. Bu yönlendiriciler, tek alanda yönlendirme yapmakta, paketteki varış adresini (aynı alandaki) tanımlamakta ve tanırsa hedefe yönlendirmekte, tanımazsa en yakın Seviye-2 yönlendiricisine göndermektedir.

- Seviye 2 orta seviye sistemleri: Alan adresine göre yönlendirme yapan yönlendiricilerdir. (örnek olarak, [IDP,HO-DSP] kombinasyonlu). Alanın iç yapısına bakmadan alanlara yönlendirme yapmaktadırlar. Bir Seviye-2 orta seviye sistemi, Seviye-1 orta seviye sistemi olarak bir alanda olabilmektedir.

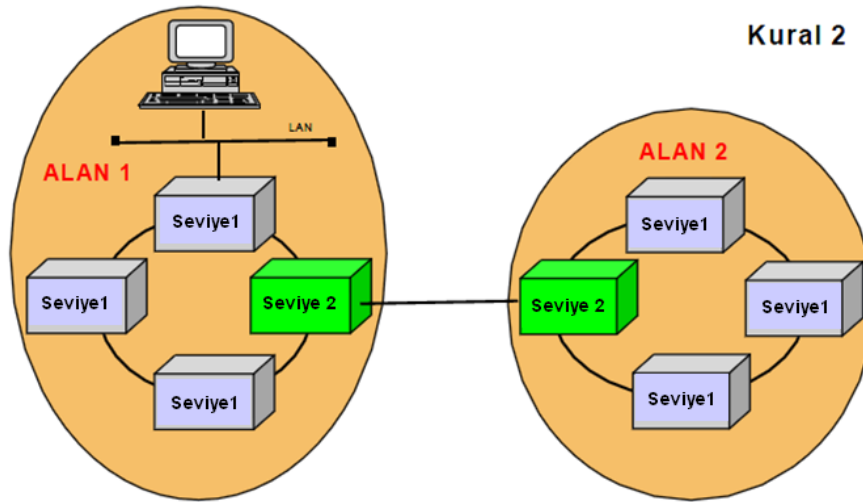
IS-IS protokolünde, bazı genel kurallara uyulması gereklidir:

**Kural 1:** Ağ-geçidi elemanları, tüm ağın tek bir alanda olduğu durum dışında genellikle Seviye-2 yönlendiriciler olmalıdır (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. IS-IS yönlendirmesi (Kural-1)

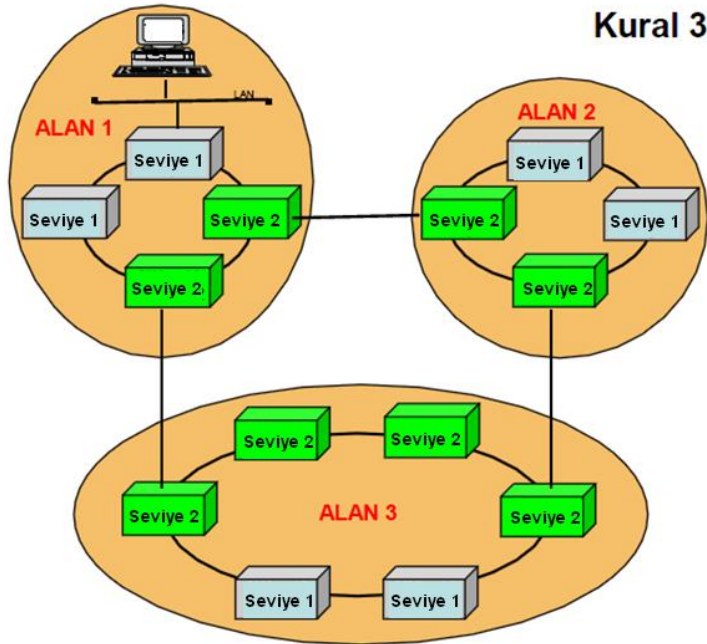
**Kural 2:** Sıradan halka elemanları, farklı alanların birbirine bağlanması için yol sağlama haricinde Seviye-1 yönlendiricileri olmalıdırlar (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. IS-IS yönlendirmesi (Kural-2)

**Kural 3:** Seviye-2 elemanlar. ağda kapalı bir zincir oluşturmalıdır. Bir Seviye-2 bölgesi, Seviye-1 bölgesinden geçmenin zorunlu olduğu yol değişimlerini sağlayamamaktadır. Bu yol değiştirme tipi, iki alt-ağ arasında kapalı bir Seviye-2 zinciri konfigüre edilerek başarılmaktadır. Bu, Seviye-2 yönlendirmenin IS'lerin komşuları ile aynı NSAP adresi ilk kısmına sahip olduklarında da etkinleştirilebileceği anlamına gelir. Temel olarak eğer ağda Seviye-2 yönlendirmesi

kullanılıyorsa, Seviye-2 gerektiren tüm noktalar kapalı ve yedek bir Seviye-2 yoluna bağlanmalıdır. Seviye-1 yönlendiricisinin temelinde bir sonraki Seviye-2 yönlendiricisine sadece varış noktası adresi başka bir alana karşılık gelen bir mesaj göndermesi gerekmesi nedeniyle, alandaki yalıtılmış bir Seviye-2 yönlendiricisi çevredeki Seviye-1 yönlendiricilerinin tüm mesajlarının kaybedilmesine neden olacaktır. Bu da, ağın ilgili kısmının TMN sistemine bağlantı kuramayacağı anlamına gelir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. IS-IS yönlendirmesi (Kural-3)

#### 4.2.2 Tümüleşik IS-IS protokolü

Tümüleşik IS-IS tek bir yönlendirme protokolü kullanarak IP ve OSI paketlerini yönlendirmeyi sağlar. Her iki IP ve OSI yönlendirmesinde aynı iki-seviyeli hiyerarşi kullanılmaktadır. Her bir alan, sadece IP (bu bölümde sadece IP trafiği yönlendirilebilir), sadece OSI (bölümde sadece OSI trafiği yönlendirilebilir) veya ikili (hem IP hem de OSI yönlendirilebilen alan) olabilmektedir.

Bu uygulama OSI alanları ile IP alanları arasında parçalı örtüşmeye izin vermemektedir. Örnek olarak, bir alan sadece OSI ise ve diğeri de sadece IP ise yönlendiricilerin her iki alanda olmasına izin verilmemektedir. Benzer olarak, yönetim alanında tek bir ana omurga kullanılmaktadır. Bağımsız OSI ve IP ana omurgalarının olmasına izin verilmez.

Sadece IP veya ikili alanlarda yönlendiricilerindeki, IP hedef adres bilgileri OSI içinde benzer olmalıdır. Örnek olarak, IP yetenekli Seviye-1 yönlendiricileri alanlarındaki topolojiyi bilir ve alandaki IP hedef adreslere direkt yönlendirme yaparlar. Fakat kendi alanı dışındaki IP hedef adresleri bilmezler. Bunu sadece en yakın Seviye-2 yönlendirici üzerinden yapabilirler. IP belirli son sistemden ziyade alt ağdaki yönlendirmeyi yapar, IP yönlendiriciler, ne üzerlerinde ne de yayımladıkları listelerde IP eleman tanıttıcı kimliklerini bulundurmazlar. (Alt ağ maskesi elemanları yönlendirir.).

IP adres yapısı alt ağlar yapmaya ve küçük ağları kendi içlerinde görüşme yeteneğine sahiptir. Fakat IP adresleme ve alt ağ oluşumlarına IS-IS protokolü içerisinde ihtiyaç duyulmamaktadır. Örnek olarak ikili yönlendiriciler kullanılan yapıda, önceden tanımlanmış IP ve/veya OSI adresleri vardır. Buna ek olarak, önceden IP adresi tanımlanmamış ise sonradan tanımlanabilmektedir. Bundan dolayı IP adresi ile alan yapısı arasında belirli bir ilişki olmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. IP adresleri tamamen bağımsız olarak OSI adresleri ve IS-IS alan yapısı ile oluşturulabilir.

Bir alanda, Seviye-1 yönlendiricileri IP adreslerini tanımlayan bağlantı durum paketleri ile her yönlendiriciye erişebilir. Belirli bir biçimde, her bağlantı paketi sıfır veya daha fazla (IP adres, alt ağ maskesi, metrik) kombinasyonu içermektedir. Her Seviye-1 yönlendiricisi her arayüzden erişilebilmek için önceden (IP adres, alt ağ maskesi, metrik) kombinasyonları ile konfigüre edilir. Bir Seviye-1 yönlendiricileri aşağıdaki gibi yönlendirme yapar :

Hedef adres bilgilerine (IP adres, alt ağ maskesi, metrik) erişebilecek aynı alanda ise, paketler Seviye-1 yönlendirmesi ile yönlendirilmektedir.

Hedef adres bilgilerine (IP adres, alt ağ maskesi, metrik) erişebilecek aynı alanda değil ise, en yakın Seviye-2 yönlendircisi üzerinden paketleri göndermektedir.

### 4.2.3. OSPF yönlendirme protokolü

OSPF, IS-IS ve Tümlşik IS-IS gibi, sadece IP destekli ağlarda kullanılan, bir link durum yönlendirme protokolüdür. Çok yollu eşit maliyet desteği ile birlikte, alan yönlendirme kabiliyeti ve yönlendirme protokol trafiğinde önemli ölçüde azalma sağlamaktadır.

OSPF, IP paketlerinin yönlendirmesini, IP paketinin başlığında yer alan hedef adres bilgisini kullanarak yapmaktadır. Özerk sistem içerisinde yönlendirilen IP paketleri, başka bir protokol tarafından zarflanmamaktadır.

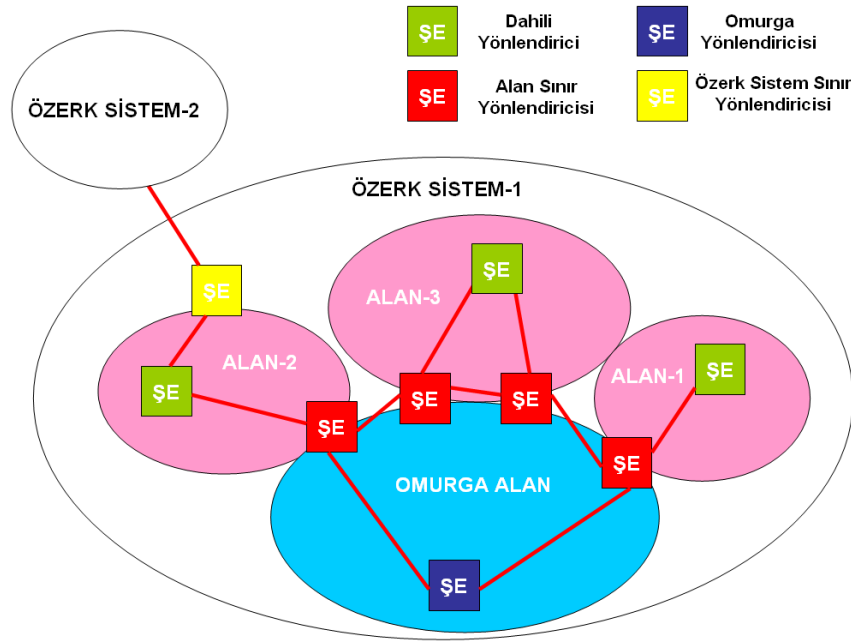
Her bir yönlendirici, özerk sistemin topolojisini “link durum” olarak adlandırılan veritabanında tutmaktadır [26]. Oluşturduğu en kısa yol ağacı ile yönlendirme tablosunu hesaplamaktadır. Dinamik bir protokol olan OSPF, ağda değişiklik olduğunda, minimum yönlendirme protokolü trafiği oluşturarak, kullanacağı yeni yönlendirme bilgisini çok çabuk hesaplamaktadır.

OSPF protokolünde, bütün elemanlar kesin olarak aynı algoritmayı kullanırken, yönlendiricilerin ağ içerisindeki yerel durumuna ( Ulaşabildikleri komşuları, kullandıkları arayüzler ) göre değişen Link-Durum Veritabanlarına sahiptirler. Link durum veritabanını kullanarak, her bir yönlendirici kendisini kök olarak düzenlediği, özerk sistem içerisinde bütün hedeflere yönlendirmenin nasıl yapılacağı bilgisini tutan en kısa yol ağaçlarını oluşturmaktadır. Eğer aynı hedefe ulaşan birden fazla en kısa yol var ise, yönlendirici, trafiği bu yollara dağıtmaktadır. Bir linke ait maliyet, tek bir metrik ile belirtilmektedir.

OSPF, ağ kümelerini, bir arada gruplamaya izin vermektedir. Bu gruplara alan ismi verilmektedir. Bir OSPF alanı, IPv4 için 32-bitlik alan belirteçleri ile tanımlanır. (Örnek Alan 0.0.0.1) Bu belirteçler, IP adresi olmadığı gibi, aynı zamanda çoklanabilirler. IPv6 içinde aynı 32-bitlik notasyon kullanılmaktadır. Her bir alana ait topoloji, özerk sistemin geri kalanı tarafından bilinmez. Alanların, diğer alanlara bakan yönlendiricileri Omurga Alanı oluşturmaktadır. Omurga alanda yer alan yönlendiriciler bir halka oluşturmaktadır. Bu sayede, yönlendirme trafiğinde önemli ölçüde azalma sağlanmaktadır. Ayrıca, yönlendirme bilgilerinin alanın kendi içerisinde oluşması, alanı dışarıdan gelecek hatalı yönlendirme bilgilerinin girişine karşı da korumaktadır.

OSPF yönlendirme protokolünde, ağ elemanları dört tiptir (Şekil 4.6.) :

- Dahili Yönlendirici (Internal Router) : Sadece kendi alanındaki elemanlarla haberleşen
- Alan Sınır Yönlendiricisi (Area Border Router) : Farklı alanlarla haberleşen
- Omurga Yönlendiricisi (Backbone Router) : Omurga alanda yer alan yönlendiriciler (Her alan yönlendiricisi aynı zamanda Omurga Yönlendiricisidir.)
- Özerk Sistem Sınır Yönlendiricisi ( Autonomous System Boundary Router) : Diğer özerk sistemlerle haberleşen



Şekil 4.6. OSPF yönlendirmesi

IP adreslerinin herhangi iki terminal cihazı arasında iletişime olanak vermek üzere dünya genelinde benzersiz olması gereklidir. Bununla birlikte bu IP adresleri gelişigüzel seçilememektedir. Bir IP adresi Versiyon-4 için 32 bit, Versiyon-6 için 128 bit uzunluğundadır.

SDH ağlarında, kullanılabilir IP adresi alanlarının kısıtlı olması nedeniyle, özel adres alanı kullanımı yapılmaktadır. IPv4 için kullanılan özel adres alanları Şekil 4.7.' dedir.

IP Aralığı	Şebeke Sayısı	Adres Sınıfı
10.0.0.0 - 10.255.255.255	1	Sınıf A
172.16.0.0 - 172.31.255.255	16	Sınıf B
192.168.0.0 - 192.168.255.255	256	Sınıf C

Şekil 4.7. IPv4 özel alan adresleri

## 5. SDH AĞLARINDA DCN PLANLAMASI

Gelecek Nesil Ağlar, farklı mimariler ile son kullanıcılara farklı önceliğe sahip servis sunmaktadır. Ağ operatörleri ve servis sağlayıcıları için başlıca görevlerden biri bu ağların yönetimidir [8].

Yüksek kapasiteli, geniş SDH Ağlarının yönetiminin iyi planlanmadığı durumlarda, DCN' in kullanılabilir bant genişliği kapasitesinin yetersiz kaldığı ve ağ elemanlarına ait işlemcilerin zorlandığı görülmektedir. Bahsi geçen olumsuz durumlar, yönetim sistemleri ile ağ elemanlarının haberleşmesini engeller ve ağda çeşitli problemlerin yaşanmasına yol açar. Yönetim sistemleri ile ağ elemanları arasında güvenilir ve uyumlu bir haberleşmeyi ihtiyaç duyulduğunda sağlamak oldukça güç gerçekleştirilebilmektedir.

SDH Ağlarında, ağ elemanından ağ elemanına yapılan DCN iletişimi, ağ yöneticilerini ayrı bir yönetim altyapısı oluşturmak zorunluluğundan kurtarmak suretiyle, işletim maliyetlerinde ciddi bir kar sağlamaktadır.

Tüm ağ elemanları ve yönetim sistemleri, Ağ Katman Mesajlarını gönderme ve alma yeteneğine sahiptir. Buna ek olarak, tüm ağ elemanları, ağda yer alan başka bir elemanın adına da tüm katman paketlerini iletebilmektedir.

Her bir SDH ağ elemanının DCN açısından ağda oluşturduğu bir yük söz konusudur. Büyük ve karmaşık ağlarda DCN planlamasının önemi, oluşan bu yük açısından büyüktür. Planlamada yapılabilecek hatalar,

- Ağ denetim sistemlerinin, elemanlara erişim hızını düşürecek,
- DCN yapısı içerisinde tıkanmalara neden olacak,
- Denetim sistemlerinin ile ağ elemanları arasındaki iletilen bilgilerde bozulmalara yol açacaktır.



SDH Ağlarının DCN planlaması yapılırken, yedekleme ( bir ağ elemanına olabildiği kadar çok yönden ulaşım) ve elemanların ağda oluşturacağı yükün doğru dağıtılması önemlidir.

### **5.1. SDH DCN' i Sağlam Bir Yapıya Kavuşturmak İçin Gereksinimler**

SDH ağına ait DCN yapısının sağlamlığı uygun bir planlama ile sağlanabilir. Meydana gelen arızaların servisleri etkilediği sırada SDH DCN' in yoğun trafiği taşıyabilmesi, ağın gözetiminin sağlanması ve ağın hızla yeniden yapılandırılması hayati öneme sahiptir. Aşağıda belirtilen muhtemel durumlar, DCN yapısının sağlamlığını zorlayacak nedenlerdir:

#### **5.1.1. Uygulama kaynaklı problem sahaları**

Ağ elemanlarında çalışan uygulamalar ve yönetim sistemleri, DCN kaynaklarının yoğun kullanıcılarıdır. Uygulama kaynaklı DCN baskıları beş ana başlıkta toplanabilir:

- **Alarm fırtınaları :** Ağda oluşan kablo kesintisinden onlarca milisaniye sonra tüm etkilenen elemanlar yönetim sistemlerine alarm mesajları göndermeye başlamaktadır. Bu tip alarm mesajlarının eşzamanlı olması nedeniyle SDH ağındaki trafikteki dalgalanmalar bir hatadan ziyade durumun gereğidir. Kesinti süresince ağ elemanlarınca iletilecek alarm mesajlarının sayısı aşırı derecede büyük olabilir. Örneğin, SDH ağında 2,5 Gb/s. kapasitesindeki STM-16 linkine ait kabloda oluşan bir kesinti, bu linkten geçen yaklaşık 1000 adet 2 Mb/s. hızındaki servisin etkilenmesi anlamına gelmektedir ki, her bir servisin geçtiği tüm ağ elemanları ayrı birer alarm mesajı ile durumu yönetim sistemine rapor etmektedir.
- **Yönetim bilgi tabanı güncellemesi :** Yönetim sistemleri, ağ elemanlarını sahip olduğu temel karakteristik bilgilerin yer aldığı Yönetim Bilgi Tabanı

(Management Information Base (MIB))' nı işletmek suretiyle yönetmektedir. Ana Yönetim Bilgi Tabanı ağ elemanında yer alırken, bir kopyası yönetim sisteminde saklanmaktadır. Yönetim protokolleri her iki kopyayı da, yönetim sistemi ile ağ elemanı arasındaki bağlantı varolduğu sürece tutmaktadır.

Yönetim sistemi ile eleman arasındaki bağlantının herhangi bir sebeple kaybolup tekrar sağlanması durumunda yönetim sistemi elemana ait bilgilerini, ağ elemanı üzerindeki ana Yönetim Bilgi Tabanı ile uyumlu hale getirir. Eğer kesinti süresi uzun olursa, iki Yönetim Bilgi Tabanı arasındaki farklılıklarda büyük olur ki, bu da aradaki bilgi transferinin büyük olacağı anlamına gelmektedir.

- **Yönetim sistemi başlatılması** : Yönetim sistemi başlatıldığında, yönettiği her eleman ile eşzamanlı olarak iletişime geçer ve kendinde tuttuğu Yönetim Bilgi Tabanı'nı senkronize etmektedir. Bu senkronizasyon ağda yoğun bir trafiğe neden olmaktadır. Oluşan trafiğin hacmi ağın büyüklüğü ile doğru orantılıdır.
- **Yönetim sisteminin coğrafi yedeğe devir işlemi** : Yönetim sistemleri, coğrafi olarak yedeklilik sağlamak için biri asıl diğeri yedek olmak üzere iki merkezde yapılandırılmaktadır. Asıl merkezden herhangi bir sebeple diğerine devir işlemi sözkonusu olduğunda, yedek merkez tüm elemanlar ile Yönetim Bilgi Tabanı'nı senkronize eder ki, bu durum da DCN trafiğini yoğunlaştırır.
- **Uzaktan yazılım yüklenmesi** : Ağ elemanlarına ait yazılımların yeni sürümleri DCN üzerinden uzaktan yapılabilmektedir. Bu işlemin eşzamanlı olarak yapılabilmesi, büyük ağlarda, güncellemenin hızlı olması için esastır. Yönetim mesajlarında cevap süresini kabul edilebilir bir kararda tutmak için, eşzamanlı yazılım güncellemesi yapılacak eleman sayısını kısıtlamak gerekmektedir. Bu sayede yazılım yüklenmesinde oluşacak hatalarda asgariye indirilmiş olacaktır.

### 5.1.2. Protokol kaynaklı problem sahaları

Protokol kaynaklı olumsuz durumlar, DCN yapısında fazlaca bir doluluk meydana getirmekte ve elemanların denetimlerinin bloke olmasına neden olmaktadır. Oluşabilecek protokol kaynaklı problemler dört ana başlıkta toplanabilir:

- **Dizin sorgu problemi** : Yönetim sistemleri elemanları kullanımı kolay isimlerle tanımlanmaktadır. Yönlendirme protokolleri tarafından gönderilen paketlerin iletilmesinde, elemanların farklı katmanlarındaki adreslerine ihtiyaç duyulmaktadır. Dizin servisleri isimleri adreslere çevirirken, en son çevirdiği isimleri belleğinde saklamaktadır. Yönetim sistemlerinin yeniden başlatıldığı durumlarda, bellek boş olacağından, yönetilen her bir elemana ait sorgular eşzamanlı olarak yapılır. Bu durumlarda DCN trafiğinde büyük ölçüde artış olur.

- **Ağ yapısında oluşacak ani değişiklikler** : Önceden ayrıık durumda bulunan iki farklı ağ yeni bir bağlantı ile birleştirildiğinde, yeni ağ topolojisini içeren link durum paketleri ve ağ katmanı yönlendirme paketleri DCN yapısında taşma meydana gelir. Topoloji değişimi sonucunda oluşacak paket sayısı, ağdaki toplam DCC sayısı ile orantılıdır.

Ağ elemanı kullanılan yönlendirme protokolüne bağlı olarak, yeni topoloji ile gelen link durum mesajını aldığıında, sahip olduğu yönlendirme tablosunu güncellemektedir. Yönlendirme tablolarının güncellenmesi, ağdaki link sayısına göre bir işlemci yükü oluşturan yoğun sayısal işlemlerdir. Eğer birleşen iki ağ da büyük ise elemanların işlemci yoğunluğu, ağda bir kararsızlığa yol açacaktır.

Hiçbir topoloji değişikliğinin olmadığı durumlarda, elemanlar link durum mesajlarını periyodik olarak birbirlerine yayınlırlar. Bu periyot oldukça düşük olmakla birlikte, aynı yönlendirme alanı içindeki eleman sayısına orantılı olarak artar. Arka planda gerçekleşen bu trafik, aynı yönlendirme alanındaki eleman sayısının sınırlı tutulmasını zorunlu tutar.

- **Ağ elemanlarındaki kararsız yönlendirme tabloları** : Her ağ elemanı, yönlendirme protokolleri tarafından dinamik olarak güncellenen birer yönlendirme tablosuna sahiptir. Eğer önemli sayıda yönlendirme paketi atılırsa yada ağ elemanına ait işlemci yetersiz kalırsa, yönlendirme tabloları kararsız hale gelecektir ki, bu durumda ağın doğru topolojisini tutamazlar. Yönlendirme tablolarının kararsızlığı geçici yönlendirme döngülerine ve DCN kapasitesinin düşüşüne neden olur. Yanlış yönlendirme tabloları, tüm uygulama mesajlarına ait tüm trafiği durdurabilir.

- **Devre dışı kalan taşıma bağlantıları** : Taşıma bağlantıları, uygulama mesajları için uçtan uca güvenli bir aktarma ortamı sağlar. SDH Ağlarında, taşıma bağlantıları, yönetim sistemleri ile elemanlar arasında mesajların transferini sağlar. Taşıma protokolleri, kayıp paketleri tespit eder ve tekrar gönderilmesini sağlar. Eğer kayıp paket oranı çok yüksekse, taşıma protokolü bağlantıyı iptal eder. Bu kayıpların, yönlendirme tablolarının güncellenmesi esnasında yoğunlaşması durumunda, taşıma bağlantısı kesilir ve tablolar kararsızlaşır. Bu durumda yönetim sistemi, elemana yeni bir bağlantı kurmayı dener ve sahip olduğu yönetim bilgi tabanları eleman ile eş duruma getirmeye çalışır. DCN trafiği bu yüzden yoğunlaşır.

### 5.1.3. Ağ topolojisi ile ilgili problem sahaları

Topolojinin neden olabileceği DCN problemleri iki başlıkta toplanabilir :

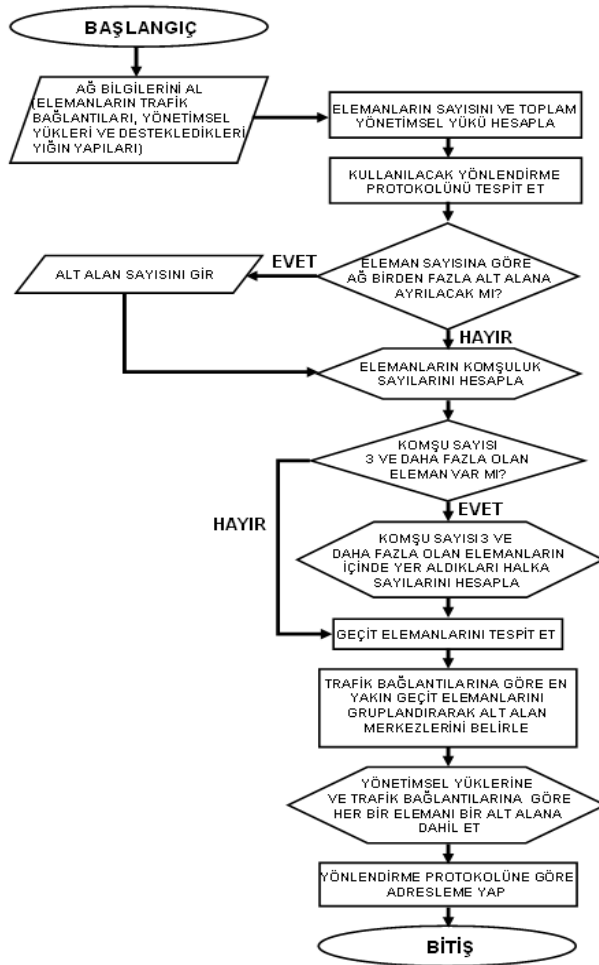
- **Darboğaz oluşturan ağ elemanları** : Geniş ağlarda, bir yönetim sistemi, yüzlerce elemanı denetleyebilmektedir. Ağın yapısına göre, yönetim sistemleri ile elemanlar arasındaki trafiğin çoğu – ağ geçit elemanı olarak bahsedilen – bir adet eleman üzerinden aktarılıyor olabilir. Böyle bir yapıda, bahsedilen eleman darboğaz oluşturacak ve uygulamalar bu elemanın ortaya koyduğu performans ile sınırlı kalacaktır. Elemanın aşırı yüklenmesi sonucunda, gelen paketleri atarak reaksiyon gösterecektir.

- **Çok komşulu elemanlardaki işlemcinin aşırı yüklenmesi** : Herhangi bir halka yada doğrusal topolojide yer alan elemanın genellikle iki-üç komşusu vardır. Fakat ağın sağlayacağı hizmet noktalarının yerleşimine uygun olarak yapılacak planlama sonucunda, elemanın sahip olduğu komşu sayısı daha fazla olabilir. Yönlendirme protokolleri ile yayımlanan link durum mesajları, çok komşulu elemanların işlemci yoğunluğunu arttırarak

## 6. GELİŞTİRİLEN DCN PLANLAMA MODELİ

SDH Ağlarında uygulanan DCN, uygulama, protokol, topoloji açısından oluşabilecek olumsuzluklardan, ağ elemanları ve F/O kablo altyapısında oluşan arızalar en az seviyede etkilenmelidir. Yukarıda bahsi geçen olumsuzluklar, ağ elemanı ile yönetim sistemleri, ağ elemanlarının birbirleri arasındaki iletişimin kaybolması ve sağlanan trafikte kesintilerin oluşması anlamına gelmektedir.

Yukarıda geçen bilgiler doğrultusunda SDH ağının DCN planlaması aşağıda yer alan süreç şeması ile yapılmaktadır (Şekil 6.1.):



Şekil 6.1. DCN planlama modeli süreç şeması

Modelin safhalarının nasıl uygulanacağı aşağıda yer almaktadır:

**- Ağ bilgilerinin alınması:**

Ağ elemanlarının birbirleri ile olan bağlantıları, her bir elemanın yönetimsel yükü ve desteklediği yönlendirme protokolü elde edilmektedir.

**- Eleman sayısı ve ağın toplam yönetimsel yükünün hesaplanması:**

Bu işlemler ile eleman sayısı ve toplam yönetimsel yük hesaplanmak suretiyle, daha sonraki safhalarda yapılacak alt alan sayısının ve bir alt alanda yer alacak elemanların oluşturacağı toplam yük miktarının tespiti için hazırlık yapılmaktadır.

**- Kullanılacak yönlendirme protokolünün tespit edilmesi:**

Ağı oluşturan elemanların hangi yığın yapısını destekledikleri incelenmektedir. Eğer tüm elemanlar IP yığın yapısını destekliyorsa OSPF, tüm elemanlar OSI yığın yapısını destekliyorsa IS-IS, eğer tüm elemanlar İkili yığın yapısını destekliyor ise Tümlşik IS-IS kullanılacaktır.

**- Alt alan sayısının tespit edilmesi:**

Eleman sayısı, ağ yönlendirme protokollerinin ihtiyaç duyduğu alt alanlara bölme işlemi için en önemli kriterdir. Hiyerarşik yönlendirme protokollerinde her alanın kendi link-durumu veri tabanı vardır. Bir alandaki tüm yönlendiriciler özerk bir sistemdeki yönlendiriciler yerine aynı link-durumu veri tabanını kullanır.

Alanlara bölme işlemi ile yönlendirme tablolarının boyutu azaltılır ve ayrıntılı bilgi de alan içinde kalır. Tüm alan, özet bir rota üzerinden diğer alanlar için bilinir hale getirilebilir. Bu yüzden, tüm iletişim ağına ulaşılabildiği halde link-durumu güncellemelerinin sayısı tüm özerk sistem düşürülerek taşırılmalıdır.

Alt alanların büyüklüğü, yönlendirme mesajlarının oluşturacağı trafiği belirleyecektir. Bununla beraber gibi gömülü iletim kanallarının (DCCr,DCCm)

kapasitesi de sınırlıdır. Yönetimsel bilgilerin iletimindeki oluşabilecek darboğazlar, ağın yönetimini olumsuz etkileyecektir.

Ağların DCN' i planlanırken, eleman sayısı ele alınırken, kullanılacak yönlendirme protokolü ile kısıtları da değerlendirilmektedir. Örnek olarak, IETF OSPF Standart Raporunda, OSFP iletişim ağı aşağıdaki tavsiyeler yapılmıştır (Şekil 6.2.):

	Minimum	Orta	Maksimum
Her özerk sistem için yönlendiriciler	20	510	1000
Her alan için yönlendiriciler	20	160	350
Her özerk sistem için alanlar	1	23	60

Şekil 6.2. OSPF alan standartları

IS-IS protokolünde ise bir alt alanda maximum 1000 adet eleman yer alabilmektedir. Bu kadar fazla elemanın aynı alanda yer aldığı ağlarda, olası bir link arızasında oluşacak kontrol trafiği tüm elemanlarını etkileyecektir [27].

Ayrıca, gelecekte ağın eleman sayısı açısından büyümesi durumu göz önünde bulundurularak alt alan ve alt alanda yer alacak eleman sayıları tespit edilmelidir.

#### - Elemanların komşuluk sayısının hesaplanması:

Her bir ağ elemanının komşu sayısı hesaplanmaktadır.Yapılan bu işlem seçilecek geçit elemanın tespitinde ilk aşamadır. En fazla komşusu olan eleman, oluşacak link arızalarından en az etkilenecek elemandır. İki komşulu elemanda oluşacak arayüz arızası veya elemanın trafik bağlantısını sağlayan iki optik kablonun eş zamanlı kopması, bu elemanı ağın geri kalan kısmından bağımsız hale getirmektedir. Bu sebepten dolayı, geçit elemanlarının seçiminde en az 3 komşulu elemanlar tercih edilmektedir.



**- 3 yada fazla komşusu olan elemanların içinde buldukları halka sayısının hesaplanması:**

Bu işlem adımının gerçekleştirilme nedeni, 3 yada fazla komşusu olan elemanların, sahip oldukları komşuların topolojik olarak kuyruk şeklinde ağa irtibatlı olma ihtimalleri bulunmaktadır.

Ölçüt olarak kullanılacak halkadaki eleman sayısı, ağın eleman sayısı % 20' si olarak tespit edilmiştir. Bunun gerekçesi algoritmik olarak, büyük halkaların değerlendirmeye alınması, DCN yapısının sağlamlığına engel olacaktır.

**- Geçit elemanlarının tespiti:**

Daha önceden tespit edilen alt alan sayısına göre, 3 ve daha fazla komşulu elemanlardan, en fazla halka içerisinde yer alan elemanlardan başlamak suretiyle, her bir alt alanda en az iki geçit elemanı olacak şekilde tespit yapılmaktadır. Bu şekilde geçit elemanları arasında da yedeklilik olması sağlanacaktır.

Bu aşamada tespit edilen geçit elemanları ile ağ yönetim sistemleri arasında erişim amaçlı DCN oluşturulacaktır.

**- Geçit elemanlarını kendi içinde gruplandırma:**

Tespit edilen geçit elemanları, trafik bağlantısı olarak yakınlıklarına göre gruplandırılmaktadırlar. Bu gruplar, oluşturacağımız alt alanların merkezi olacaktır.

**- Yönetimsel yüklerine göre her bir elemanın bir alt alana dahil edilmesi:**

Merkezleri belli olan alt alanlara, elemanlar eklenmektedir. Bu safhada, her bir alt alana mümkün olduğu kadar eşit yönetimsel planlanmaktadır.

**- Yönlendirme protokolüne uygun göre adresleme yapılması:**

Yapılacak adreslemede kullanılan adres uzayı, ağı oluşturan elemanların üreticisi tarafından lisanslandırılmaktadır.

## **7. MODEL İÇİN GELİŞTİRİLEN UYGULAMA PROGRAMI**

### **7.1. Programın Genel Tanıtımı**

SDH ağlarının yönetiminde, yönetim sistemleri ile ağ elemanlarının birbirleri ile yaptıkları kontrol amaçlı iletişimi sağlayan DCN yapısı verimli olmalıdır. Bu iletişimin sağlıklı olarak gerçekleştirilebilmesi için, ağın topolojik ve kullanılan yönetim sistemlerinin hassas yönleri iyi değerlendirilmeli, sağlıklı bir planlama yapılmalıdır.

Bu amaca yönelik olarak SDH ağları için DCN planlama programı geliştirilmiştir.

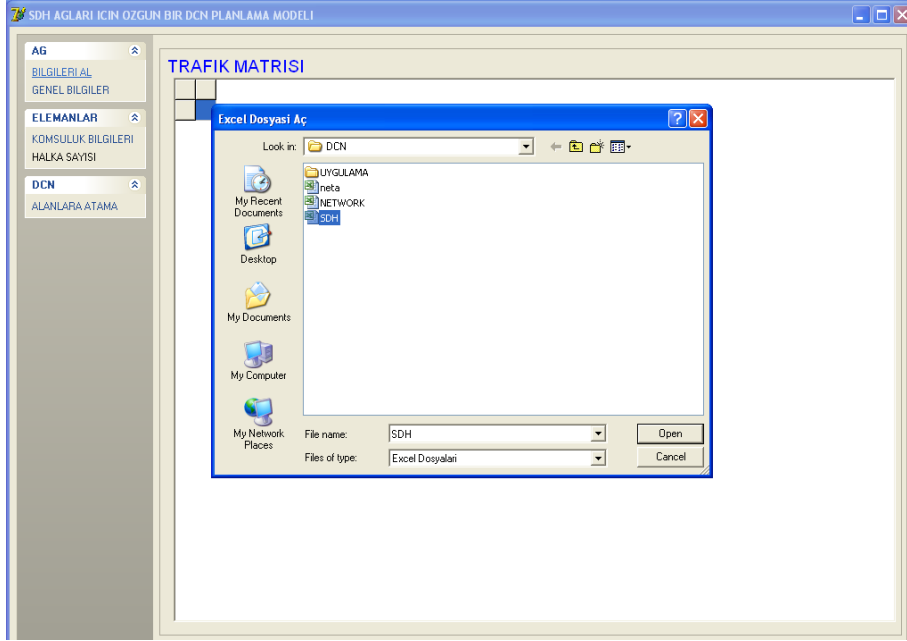
Kodların yazılması için Delphi Builder kullanılmıştır.

Programda, ağ elemanlarına ait bilgilerin ve trafik bağlantılarının yer aldığı iki tablo kullanılmıştır. Bunun dışında, kurulan algoritma için bir ve iki boyutlu diziler ve diğer değişkenler kullanılmaktadır.

### **7.2. Programın Çalışması**

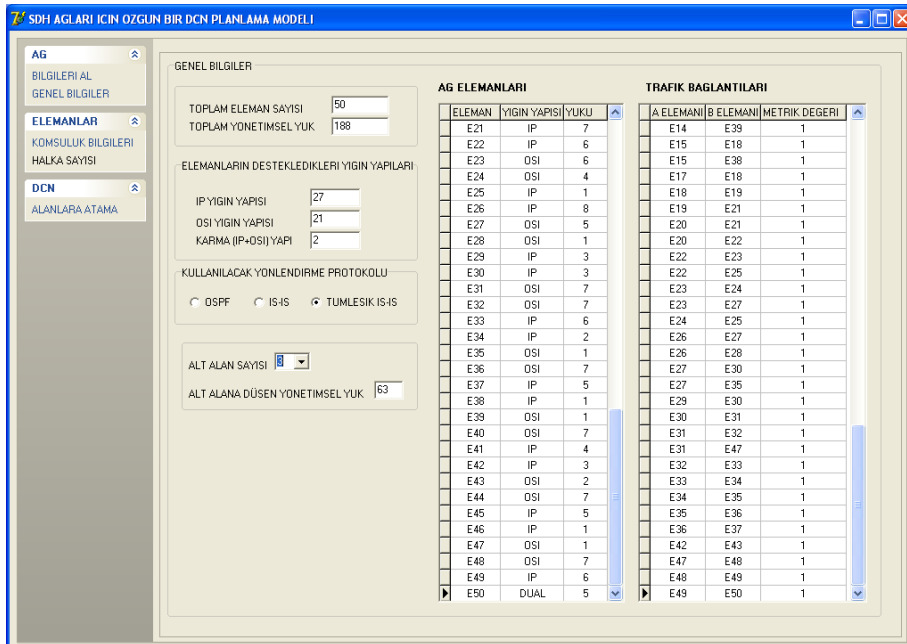
Planlama yapılacak SDH ağına ait bilgiler, uygulamaya bir Excel tablosunun yer aldığı kütükten okutularak alınmaktadır (Şekil 7.1.).

Alınan bilgiler elemanlar arasındaki komşuluklar, elemanlarca desteklenen yığın yapıları ve elemanların yönetimsel yükleridir.



Şekil 7.1. Uygulama programı arayüzü-1

Ağ bilgilerinin alınması ile ağdaki eleman sayısı, elemanların yönetimsel yükleri ve destekledikleri yığın yapıları değerlendirilmektedir (Şekil 7.2.). Bu aşamada oluşturulacak DCN yapısındaki alt alan sayısı, yönetimsel yükün alan başına ne kadar düşeceği gösterilerek kullanıcıdan alınmaktadır.



Şekil 7.2. Uygulama programı arayüzü-2

Her bir elemanın sahip olduğu komşuluk sayısı ile 3 ve daha fazla sayıdaki komşuya sahip elemanların içinde buldukları halka sayısı hesaplatılmaktadır(Şekil 7.3.).

ELEMAN	KOMSU SAYISI
E1	1
E2	2
E3	4
E4	4
E5	4
E6	2
E7	6
E8	3
E9	4
E10	2
E11	1
E12	4
E13	5
E14	3
E15	3
E16	1
E17	1
E18	3
E19	2
E20	2
E21	2
E22	4
E23	2
E24	3
E25	2
E26	2
E27	5
E28	1
E29	1

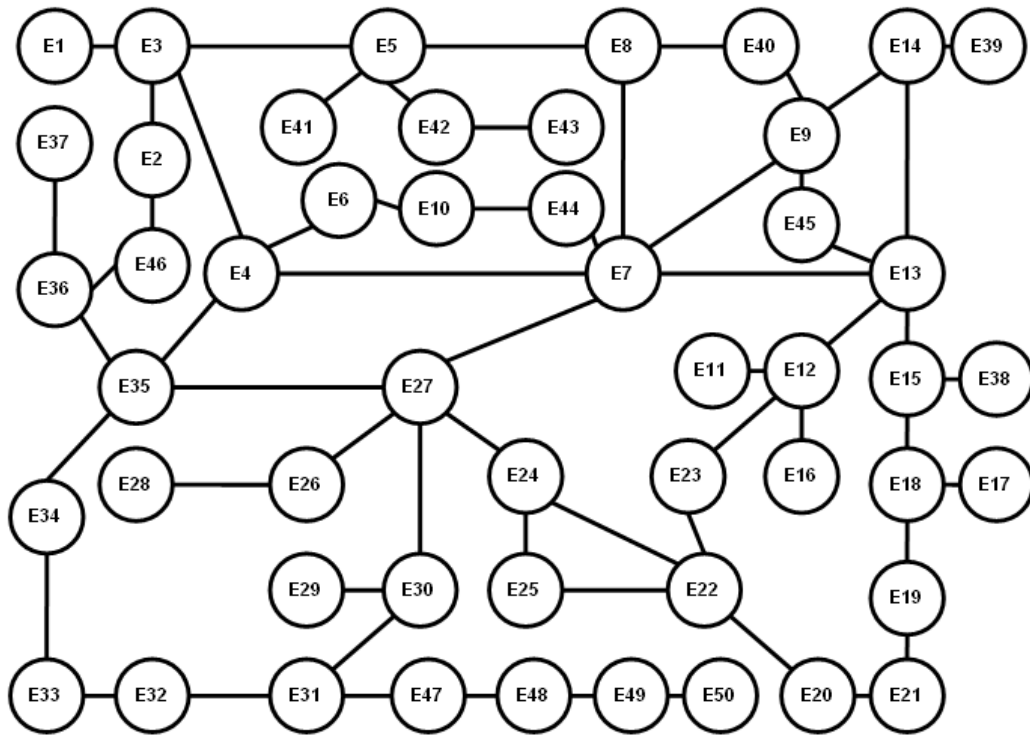
ELEMAN	KOMSU	HALKA SAYISI
E7	6	6
E13	5	5
E27	5	4
E4	4	4
E9	4	4
E35	4	4
E22	4	4
E8	3	3
E3	4	3
E24	3	3
E36	3	2
E31	3	2
E30	3	2
E14	3	2
E18	3	2
E15	3	2
E12	4	2
E5	4	2

Şekil 7.3. Uygulama programı arayüzü-3

Elde edilen sonuçlara göre her bir alt alanın merkezini teşkil edecek, geçit elemanları seçilmekte, ardından her bir ağ elemanı bu alt alanlardan birine dahil edilmektedir.

## 8. MODELİN ÖRNEK BİR AĞDA UYGULANMASI

Örnek SDH ağında, her bir elemana gömülü DCN ile ulaşılabilmektedir. Tüm ağ elemanlarının DCN yükünün aynı ve hepsinin IP Yığın yapısını desteklemektedir. Elemanların birbirleri ile olan trafik bağlantıları grafiksel olarak Şekil 8.1.' te yer almaktadır.



Şekil 8.1. Örnek SDH ağı

Modelin örnek ağa uygulanması şu şekildedir:

### - Ağ bilgilerinin alınması:

Grafiksel olarak Şekil 8.1. ile gösterilen ağa ait bilgileri modele kaydedilir.

### - Eleman sayısı ve ağın toplam yönetimsel yükünün hesaplanması:

Toplam 50 elemanın yer aldığı ağda, elemanların yönetimsel yükleri eşit olduğu için toplam yönetimsel yük te 50 olarak değerlendirilir.

**- Kullanılacak yönlendirme protokolünün tespit edilmesi:**

tüm elemanlar IP yığın yapısını desteklediği için OSPF yönlendirme protokolü kullanılacaktır.

**- Alt alan sayısının tespit edilmesi:**

OSPF yönlendirme protokolüne göre, alt alan sayısında herhangi bir kısıtlama yoktur. Yönetim bilgilerinin iletiminde oluşacak darboğazlara engel olmak üzere, bu ağda 2 alt alan yer alması uygun olacaktır.

**- Elemanların komşuluk sayısının hesaplanması:**

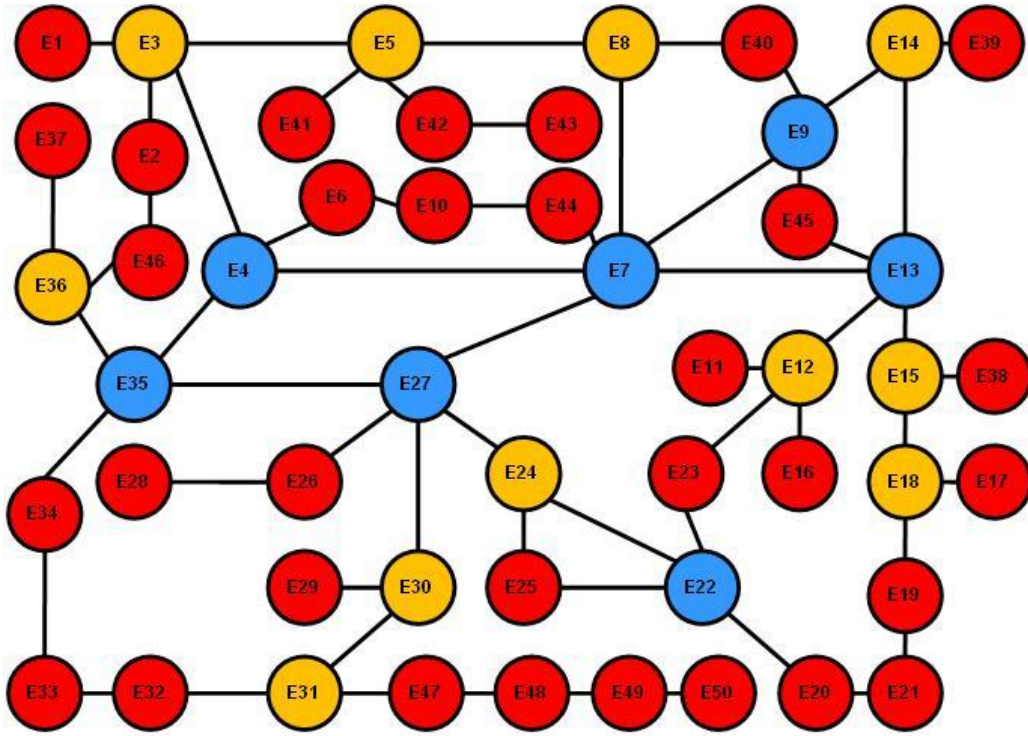
Her bir ağ elemanının komşu sayısı hesaplanmıştır. Şekil 8.2.' de sarı ve mavi renkle gösterilen, 18 adet elemanın 3 yada daha fazla komşusu olduğu tespit edilmiştir.

**- 3 yada fazla komşusu olan elemanların içinde buldukları halka sayısının hesaplanması:**

Ölçüt olarak kullanılacak halkadaki eleman sayısı  $50 \times 0,2$  (%20) = 10'dur. Elemanların içinde buldukları halka sayıları hesaplanmıştır.

**- Geçit elemanlarının tespiti:**

3 ve daha fazla komşulu elemanlardan, en fazla halka içerisinde yer alan elemanlardan yapılan seçim sonucunda, Şekil 8.2.' de mavi renkle gösterilen 7 adet eleman geçit elemanı olarak tespit edilmiştir .



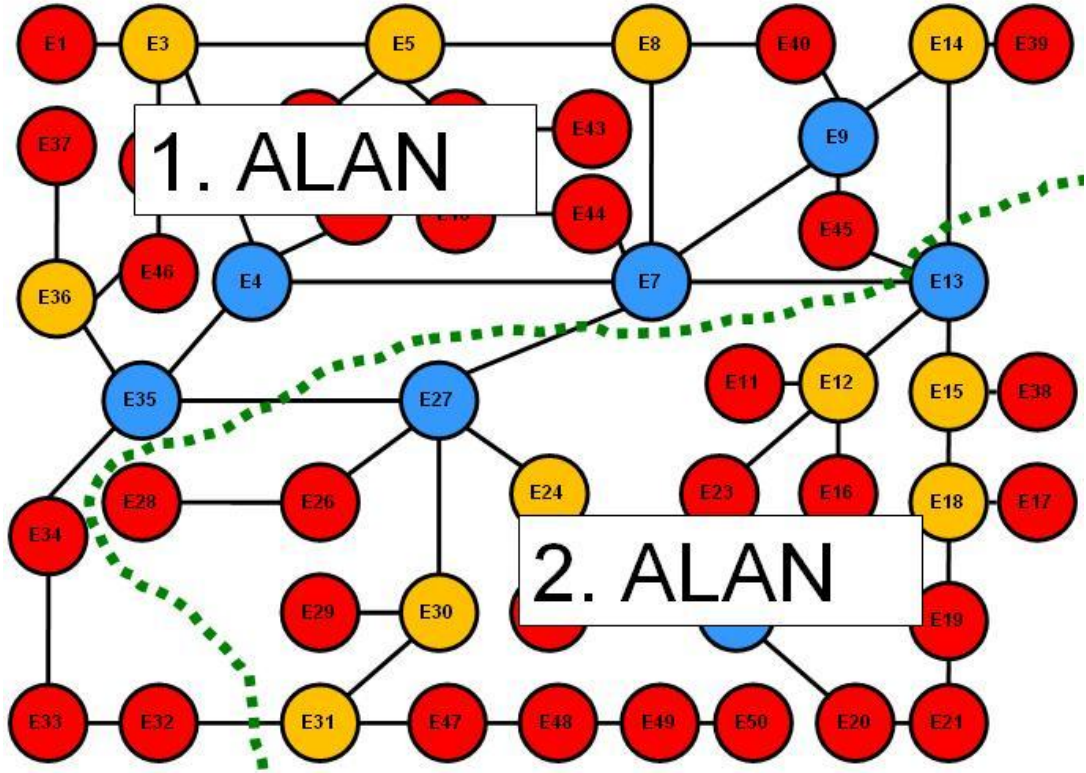
Şekil 8.2. Örnek ağın incelenmesi-1

**- Geçit elemanlarını kendi içinde gruplandırma:**

Tespit edilen geçit elemanları, trafik bağlantısı olarak yakınlıklarına göre gruplandırılmış, 2 alt alana göre 7 geçit elemanı 4-3 olarak bölünmüştür. Oluşan geçit elemanı grupları: [E35,E4,E7,E9], [E27,E22,E13].

**- Yönetimsel yüklerine göre her bir elemanın bir alt alana dahil edilmesi:**

Merkezleri belli olan alt alanlara, elemanlar eklenmiştir. (Şekil 8.3.)

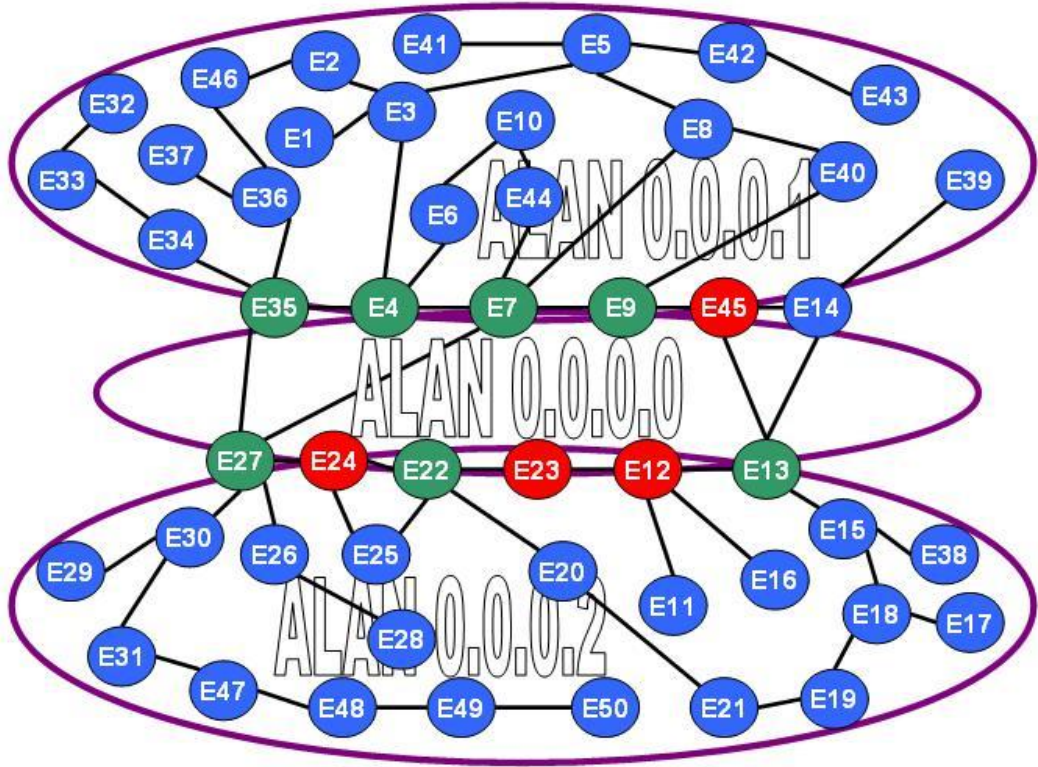


Şekil 8.3. Örnek ağın incelenmesi-2

**- Yönlendirme protokolüne uygun göre adresleme yapılması:**

Adresleme için ağ elemanlarına, üretici tarafından lisanslandırılan adresler atanacaktır. Kullanılacak yönlendirme protokolüne göre, tespit edilen ağ yapısı Şekil 7.4.' te yer almaktadır.





Şekil 8.4. Örnek ağın incelenmesi-3

## 9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz iletişim dünyasının karasal altyapısını oluşturan optik iletişim, teknolojinin ilerlemesi ve iletişim ihtiyacının hızla artması sonucunda, giderek önem kazanmaktadır.

Bant genişliği konusunda yaşanan problem, WDM teknolojisinin geliştirilmesi ile çözülmüştür. Mevcut iletişim uygulamaları için WDM üzerinde taşınan SDH/SONET standartlarına göre çoklanmış TDM ve veri iletimi ihtiyacı karşılanmaktadır.

SDH/SONET teknolojisi 1980' li yıllardan bu yana kullanılmakta olup, servis sağlayıcılar tarafından sağlanan iletişim olanakları ve uygulamaların çeşitlenmesi sonucunda, sürekli yenilenmiştir. Günümüzde TDM ile beraber, zaman uyumsuz veri iletişimini sahip olduğu arayüzlerle sağlayan, zarflayan GFP (Generic Framing Procedure), LCAS (Link Capacity Adjustment Schema ) ve birleştirme gibi trafik esnekliği sağlayan Gelecek Nesil SDH/SONET kullanılmaktadır.

SDH Ağlarında taşınan trafiğin ve kullanılan uygulamaların çeşitliliğin artması, bu ağların yönetimini daha da önemli kılmıştır. Ağda oluşan problemlere süratli ve etkin şekilde yapılan müdahaleler, sunulan hizmetin kalitesini artıracaktır.

SDH Ağlarının daha etkin ve güvenilir yönetimi için DCN yapısı dikkatle planlanmalı ve uygulanmalıdır. DCN planlamasında, trafik ihtiyaçlarına göre oluşturulan ağın topolojik yapısı, kullanılan protokollerin özellikleri, elemanların yönetimsel özellikleri değerlendirilmektedir.

Tüm ağ elemanları birebir yönetim sistemleri ile haberleşme kuramayacağından dolayı DCN yapısı Erişim ve gömülü olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Ağ elemanlarının birbiri ile iletişim sağladıkları gömülü kanallar, direkt olarak yönetim sistemine ağın bilgilerini aktaran geçit elemanında sonlanmaktadır. Geçit elemanı

kiralık hatlar gibi daha geniş bant genişliğine sahip ortamları kullanmak suretiyle, yönetim sistemlerine bilgi aktarımı yapmaktadır. Geçit elemanları, yönetim amaçlı trafiğin iletiminde ağda oluşabilecek darboğazlar için en açık adrestir.

Fiziksel, bağlantı ve ağ katmanlarını destekleyen DCN içerisinde, SDH ağ elemanları, temel olarak yönetim kontrol amaçlı trafiğin iletimini sağlamaktadır. Her bir eleman ağ katmanında bir yönlendirici olarak görev yapmaktadır.

Genel olarak bu ağlarda IS-IS, Tümlük IS-IS ve OSPF gibi hiyerarşik yönlendirme protokolleri kullanılmaktadır. Bu protokollerin ortak özelliği ağı alanlara bölmek suretiyle, yönlendirme amaçlı trafiği sınırlı tutmalarıdır.

Bu çalışma kapsamında, DCN yapısı ve yönlendirme protokolleri detaylı olarak incelenmiş, ağa yönetimsel olarak baskı yapacak unsurlar ortaya konulmuştur. Ağların yönlendirme protokolleri tarafından kullanılacak alanlara ayrılması ve geçit elemanlarının sayı ve konum olarak belirlenmesi, DCN planlamasının en önemli kısmıdır.

Yapılan çalışmadan şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Ağda oluşturulan alt alan sayısına paralel tespit edilen geçit elemanlarının, yönetim sistemlerine ulaştırmakla yükümlü oldukları trafik yükü, DCN planlamasına etki eden en önemli unsurdur. Bununla beraber, aralarında trafik bağlantısı bulunan iki ağ elemanının, iki farklı alt alana düşmesi durumunda, iletilen trafik devam ederken, gömülü kontrol kanalları kullanılamaz duruma düşmektedir. Elemanların gereğinden fazla alt alana ayrılması, aralarındaki trafik bağlantılarında iletilen gömülü kontrol kanalların, yönetim açısından etkin olarak kullanılmasına izin vermez. Dolayısı ile alt alan sayısının, yönetimsel yük göz önünde bulundurulurken, alt alanların en az sayıda tutulması oldukça önemlidir.

- Aynı alt alan içerisindeki geçit elemanları, aralarında işletimsel yedeklilik sağlamaktadır. Geçit elemanlarından herhangi birinde oluşan arıza, diğeri tarafından, yönetim zafiyeti oluşmamasını sağlamaktadır. Fakat geçit elemanları ile yönetim sistemleri arasındaki iletişimi sağlamak için IP/OSI WAN tesis edilmesi ve oluşturulan bu harici (out-band) iletimin ilave olarak parasal ve işletim maliyeti gerektirmektedir. Ağ taşınan trafiğin yoğunluğu ve elemanların coğrafi konumlarına göre, geçit elemanı sayısı tespit edilmelidir.

- Ağ elemanlarının, alt alanlara atanmasında, fiziksel altyapının (F/O ve elektriksel kablo güzergahları) değerlendirilmeye alınması, yapılan planlamanın başarımını artıracaktır. Kısa mesafelere göre uzun mesafede iletişim sağlayan iki elemanın arasındaki altyapının zarar görmesi olasılığı daha fazladır. Gerek geçit elemanlarının tespitinde, gerekse elemanların alt alanlara atanmasında bu husus değerlendirmeye alınmalıdır.

- SDH ağlarının tesisi, taşınacak trafik ihtiyacına göre yapılmaktadır. Trafik planlamasında, ağ elemanlarının sayısı ve yerleri, fiziksel altyapının uzunluğu ve kapasitesi, en uygun maliyet ile en sağlıklı yapının tesisini esas almaktadır. DCN planlaması yaparken, ağın bekasını artırmak üzere tesisinde fayda görülen altyapı ihtiyaçları tespit edilmeli ve ağın altyapı itibari ile genişlemesi durumunda değerlendirmeye alınmalıdır.

Bu çalışmanın devamında, optik bir ağda oluşan arızalar ve bunların sonucunda oluşan yönetsel problemlerin, yeni bir DCN planlaması için girdi olarak kullanılması sağlanabilir. Örneğin ortalama değerleri ile ağ elemanları arasındaki F/O kablo altyapısının, ne kadar kesintiye uğradığı, hangi elemanların bu süre zarfında denetlenemediği gibi bilgiler, yapılacak yeni planlamayı daha sağlıklı kılacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Bijl, P.W.J., Peitz, M., “Regulatory legacy, VoIP adoption, and investment incentives”, *Telecommunications Policy*, 598 (2010).
2. Randhawa, R., Sohal, J.S., “Comparison and Performance of Routing Protocols in SONET Based Networks”, *Optics*,1 (2008).
3. Dhodhi, M.K.,Tariq, S., Saleh, K.A., “Bottlenecks in next generation DWDM-based optical networks”, *Computer Communications*, 1728, (2001).
4. Alwayn, V. , “Wavelength-Division Multiplexing”,Optical Network Design and Implementation, *Cisco Press*, (2004).
5. Perros, H.G., “SONET/SDH and the generic frame procedure (GFP)”, Connection-Oriented Networks: SONET/SDH, ATM, MPLS and Optical, *John Wiley & Sons*, West Sussex/İngiltere, 33-34,35 (2005).
6. Huigen, J., Cave, M., “Regulation and the promotion of investment in next generation networks—A European dilemma”, *Telecommunications Policy*, 715, (2008).
7. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, “Üç Aylık Pazar Verileri Raporu 2010 Yılı 3. Çeyrek Temmuz-Ağustos-Eylül”, *Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü*, Ankara, 26 (Kasım 2010).
8. Kotsopoulos, K., Lei, P., Hua, Y. F., “SOA-based information management model for next-generation network”, *Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering*, Kuala Lumpur/Malezya, 1057,1058 (2008).

9. Ramaswami, R., Sivarajan, K. N., “Control and management”, *Optical Networks* 2<sup>nd</sup> ed. A Practical Perspective, **Elsevier**, San Francisco, 495-497 (2002).
10. Guo, L., Wang, X., Song, Q., Wei, X., Hou, W., Yang, T., Yang, F., “New insights on survivability in multi-domain optical networks”, *Information Sciences*, 3635, (2008).
11. Drid, H., Cousin, B., Molnar, M., Lahoud, S, “A survey of survivability in multi-domain optical networks”, *Computer Communications*, 598, (2010).
12. Yu, G., 1, Cao, D., “The Changing Faces of Network Management for Next Generation Networks”, *The 1 st International Conference on Next Generation Network*, Kore, 192-193 (2006).
13. Guo, L., Wang, X., Li, Y, Wang, C., Li, H., Wang, H., Liu, X., “A novel domain-by-domain survivable mechanism in multi-domain wavelength-division-multiplexing optical networks”, *Optical Fiber Technology*, 192, (2008).
14. Zheng, Y., Huang, S., Zhang, X., Gu, W., “Fault management: analysis of fault location algorithm in optical network”, *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, Pekin / Çin, 25 (2009).
15. ITU-T, “Principles for a telecommunications management network”, *ITU*, ITU-T Recommendation M.3010, 8-9, 25 (2000).
16. Schröder, J., Götzer, M., Müller, R., “Resource management in next generation networks”, *International Jurnal Electronics and Communications*, 117, (2006).

17. Duck, M., Read, R., "Network management", Data Communications and Computer Networks for Computer Scientists and Engineers 2nd ed., *Prentice Hall*, Essex/İngiltere, 341 (2003).
18. Budka, K.C., Dipasquale, R.J., Rijsman, B.W.A., Sripad, A.B., "Engineering Large SONET/SDH Management Networks", *Bell Labs Technical Journal*, 136-145 (1999).
19. ITU-T, "Architecture and Specification of Data Communication Network", *ITU-T*, ITU-T Recommendation G.7712, 7,12 (2008).
20. Shen, L., Yang, X., Ramamurthy, B., "A load-balancing spare capacity reallocation approach in the next-generation SONET metro networks", *Optical Switching and Networking*, 40 (2007).
21. Graber, H., Roche, H. J., "Multi-Service Switches and the Service Intelligent Optical Architecture for SONET/SDH Metro Networks", *Bell Labs Technical Journal*, 113 (2003).
22. OpenCon Systems, "DCC Solutions for SONET/SDH Systems", *OpenCon Systems*, ABD, 9 (2003).
23. Siemens, "SDH'te DCN", Siemens AG Dokümanı, *Siemens*, Almanya, 4 (2004).
24. Davies, G., "Routing protocols", Designing and developing scalable IP networks, *John Wiley & Sons*, Telindus/İngiltere, 49 (2004).
25. IETF, "OSI ISIS for IP and Dual Environments", *IETF*, IETF Request for Comments RFC-1195, 22 (1990).

26. Stallings, W., "Data and Computer Communications 8<sup>th</sup> ed", *Prentice Hall*, 623(2007).
27. White, R., Retana, A., "Deploying IS-IS networks", *IS-IS: Deployment in IP Networks*, *Pearson Education*, Boston/ABD, 45(2003).



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYGÜN, Mehmet Şükrü  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 04.02.1976 Karabük  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (312) 402 56 10  
e-mail : msaygun26@yahoo.com

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet
Lisans	Kara Harp Okulu/ Sistem Mühendisliği	1998
Lise	Kuleli Askeri Lisesi	1994

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998-2010	Gnkur Bşk.lığı.	BS Subayı

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayımlar

### Hobiler

Masa Tenis, Satranç, Sinema, Müzik