



**WDM AĞLAR İÇİN ÜRETİCİDEN BAĞIMSIZ ÖN ETKİN ALARMLARIN
İZLENMESİ VE OPTİMİZASYONU**

Mustafa Serdar OSMANCA

**DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa Serdar OSMANCA

20/07/2022

WDM AĞLAR İÇİN ÜRETİCİDEN BAĞIMSIZ ÖN ETKİN ALARMLARIN İZLENMESİ VE OPTİMİZASYONU

(Doktora Tezi)

Mustafa Serdar OSMANCA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2022

ÖZET

Bilgiye erişim kolaylığının, haberleşme hızı ve kapasitesinin kritik önem taşıdığı ve bu ihtiyacın ağırlıklı olarak Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama (Wavelength Division Multiplexing-WDM) yapılan fiber optik ağları ile karşılandığı bilinmektedir. WDM ağları, büyük kapasitede ve uzak mesafelerde veri iletimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, WDM ağlarının performansının sürekli olarak ölçülmesi de dikkate değer bir öneme sahiptir. Büyük ağlarda üreticiden bağımsız şekilde uçtan uca performans metriklerinin manuel olarak analiz edilmesi önemli bir iş gücü ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Ayrıca manuel olarak yapılan bu analiz çıktılarında; çalışan tecrübesine göre başarı oranı değişkenlik gösterebilmektedir. Performans metriklerini etkileyen ilgili parametrelerin otomatik olarak ilişkilendirilmesi ve etki durumunun belirlenmesi manuel çalışmaların dezavantajlarının ortadan kalkmasını sağlayacaktır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar ile manuel performans takibi ve farklı vendor standartları performans metrikleri açısından ortadan kaldırılmıştır. Tek bir platform üzerinden performans verilerinin elde edilerek uçtan uca farklı vendor üzerinden geçen linklerinde performans metriklerini takip edip, otomatize ve ön etkin alarm takibi yapılması sağlanmıştır. Bu tez çalışmasında, farklı vendor alarmları ve performans verileri tek bir platformda otomatize ve ön etkin takip edilmekle birlikte farklı makine öğrenme yöntemleri ile müşterilere en uygun servis altyapısı sağlanacak şekilde çıktı üretmesi sağlanmıştır.

Bilim Kodu : 90523
Anahtar Kelimeler : DWDM, makine öğrenmesi, önetkin alarm izleme ve müdahale
Sayfa Adedi : 78
Danışman : Prof. Dr. Murat YÜCEL

MONITORING AND OPTIMIZATION OF VENDOR AGNOSTIC PRE-ACTIVE
ALARMS FOR WDM NETWORKS

(Ph. D. Thesis)

Mustafa Serdar OSMANCA

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2022

ABSTRACT

Ease of access to information, communication speed and capacity are of critical importance and this need is mainly met by fiber optic networks with Wavelength Division Multiplexing (WDM). WDM networks are widely used for data transmission at large capacity and over long distances. Therefore, continuous measurement of the performance metrics of WDM networks are also great importance. Manual analysis of end-to-end performance metrics in large networks , vendor agnostic analyses are causes a significant loss of labor and time. In addition, in these manual analysis outputs; The success rate may vary according to the experience of the employee. Automatic correlation of the relevant parameters affecting the performance metrics and determining the impact status will eliminate the disadvantages of manual work. In this context, manual performance tracking and different vendor standards have been eliminated in terms of performance metrics. By obtaining performance data on a single platform, it was ensured that automatic and proactive alarm monitoring was performed by following the performance metrics of the links passing through different vendors from end to end. In this thesis, different vendor alarms and performance data are monitored automatically and proactive on a single platform, and it is ensured that output is produced in a way that provides the most appropriate service infrastructure to customers with different machine learning methods.

Science Code : 90523
Key Words : DWDM, machine learning, pro-active alarm monitoring
Page Number : 78
Supervisor : Prof. Dr. Murat YÜCEL

TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında bana yardımcı olan Sayın hocam Prof. Dr. Murat YÜCEL'e, değerli fikirleriyle beni yönlendiren Tez İzleme Komitesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa ALKAN ve Sayın Prof. Dr. İsa NAVRUZ'a, sağlamış olduğu imkanlardan dolayı çalıştığım değerli Kurum olan Türk Telekom'a, varlıkları ile güvenlerini her daim hissettiren değerli annem, babam ve kardeşime, her zaman yanımda olup beni destekleyen sevgili eşim Burcu OSMANCA ve çocuklarım Defne Buse OSMANCA, Sude OSMANCA ve Salih Çınar OSMANCA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	5
2.1. Fiber Optik Haberleşme Sistemi.....	5
2.1.1. Optik verici	6
2.1.2. Optik fiber.....	8
2.1.3. Optik alıcı	9
2.2. Fiber optik çoğullama sistemleri	10
2.2.1. Optik çoğullayıcılar	10
2.2.2. İletim bandları.....	12
2.2.3. Dalga bölmeli çoğullama (WDM)	13
2.2.4. Geniş dalga bölmeli çoğullama (WWDM).....	14
2.2.5. Yoğun dalga bölmeli çoğullama (DWDM)	14
2.2.6. Kaba dalga bölmeli çoğullama (CWDM).....	16
2.3. DWDM’de Kullanılan Lifler	18
2.4. Optik Kaynaklar	20
2.4.1. Spektral genişlik	20
2.4.2. Dalga boyu kararlılığı.....	20

	Sayfa
2.4.3. Ayarlanabilir lazer diyotlar	21
2.4.4. Çok modlu ışık kaynakları	21
2.4.5. WDM için ışık kaynakları	22
2.5. Optik Alıcılar ve Filtreler	22
2.6. Filtreler	23
2.7. Optik Yükselteçler	25
2.8. Sübvansiyonlu Fiber Yükselteçler	26
2.8.1. Erbium katkılı fiber yükselteçler	26
2.9. Fiber Raman Yükselteçler	29
2.10. Yükselteçlerin Karşılaştırılması	31
2.11. Zayıflama	32
2.12. Bit Hata Oranı – BER (Bit error rate)	33
2.13. Sinyal Gürültü Oranı (OSNR)	33
2.14. İleri Hata Düzeltme (FEC)	33
3. MAKİNE ÖĞRENME METOTLARI	35
3.1. Random Forest	35
3.2. Decision Tree	35
3.3. Boosted Trees Regression	35
3.4. Linear Regression	36
3.5. Ridge Regression	36
3.6. Lasso	36
3.7. Elastic Net Regression	37
4. TASARLANAN SİSTEMİN UYGULAMASI	39
4.1. Kavramsal Tasarım	39
4.1.1. Üretici performans verilerine erişim metodları	39
4.1.2. Üretici performans verilerinin işlenmesi	41

	Sayfa
4.1.3. Üretici performans verilerinin eşleştirilmesi	43
4.2. Üretici bağımsız elde edilen veriler içerisinde performans ve alarm takibi	44
4.2.1. Üreticiden bağımsız oluşturulan platformun mimari yapısı	48
4.3. Makine öğrenme metodu ile uçtan uca performans takibi	60
4.4. Ön Etkin Alarm İzleme ve Tahminleme	63
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
5.1. Yapay Zekâ Analizleri.....	69
5.2. Ön Etkin Alarm İzleme ve Müdahale Yapısı	70
5.3. Kök Neden Analizleri	71
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. WDM teknolojilerine genel bakış.....	18
Çizelge 2.2. WDM iletimi için optik fiberlere genel bakış.....	19
Çizelge 2.3. WDM için ışık kaynakları	22
Çizelge 2.4. Ayarlanabilir optik filtreler.....	24
Çizelge 2.5. Optik filtre teknolojilerine genel bakış	25
Çizelge 2.6. OFA ve SOA'nın özellikleri	26
Çizelge 2.7. EDFA için dalga seçici kuplörlerin karşılaştırılması.....	27
Çizelge 2.8. Yükselteç özellikleri	31
Çizelge 4.1. Örnek veri seti.....	61
Çizelge 4.2. Makine öğrenme algoritma tablosu	62
Çizelge 4.3. FEC parametresine etki eden girdiler	62
Çizelge 4.4. Belirlenen alarm seviyeleri	66

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. RZ ve NRZ Şematik Görünüm	7
Şekil 2.2. Tek mod fiber yapısı.....	8
Şekil 2.3. Dalga bölmeli çoğullama şeması	11
Şekil 2.4. WDM ile TDM karşılaştırmalı gösterimi	11
Şekil 2.5. Fiber zayıflama eğrisi	12
Şekil 2.6. WDM teknolojisine göre iletim bandları.....	13
Şekil 2.7. Yoğun dalga bölmeli çoğullama kullanım bantları	15
Şekil 2.8. Yoğun dalga bölmeli çoğullama (DWDM) C bant örnek kullanım	16
Şekil 2.9. ITU WDM kanal aralığı.....	16
Şekil 2.10. CWDM pencere ve kanal dalga boyları.....	17
Şekil 2.11. Dalga boyu doğruluğu ile kanal sayısı karşılaştırması	18
Şekil 2.12. Optik kaynak spektrumları	20
Şekil 2.13. Çok modlu lazer.....	22
Şekil 2.14. Malzemelerin optik yayılma duyarlılığı	23
Şekil 2.15. Kaynaklı lifler [38] ve ince film girişim filtresi	27
Şekil 2.16. Erbiyum katkılı fiber yükselteç blok şeması	28
Şekil 2.17. EDFA'nın kazanç spektrumu	29
Şekil 2.18. 80 nm üzerinde düz kazançlı RFA yükseltecinin kazanç spektrumu	30
Şekil 2.19. Optik alıcıda FEC kullanma	34
Şekil 4.1. SSH komut şematik yapısı.....	40
Şekil 4.2. SFTP veri transfer şematiği	40
Şekil 4.3. NBI veri transfer şematiği	41
Şekil 4.4. SSH ile verilerin işlenmesi için örnek komut satırı	42
Şekil 4.5. SSH ile işlenen verilerin veritabanı çıktısı	42
Şekil 4.6. Performans metriklerinin tek platformda toplanması	44

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. A üretici firma envanteri.....	45
Şekil 4.8. B üretici firma envanteri	45
Şekil 4.9. C üretici firma envanteri	46
Şekil 4.10. A üretici firma DWDM haritası.....	46
Şekil 4.11. B üretici firma DWDM haritası	47
Şekil 4.12. C üretici firma DWDM haritası	47
Şekil 4.13. Birleştirilmiş DWDM harita görünümü.....	48
Şekil 4.14. Üretici firma bağımsız alarm örnek alarm listesi	48
Şekil 4.15. Oluşturulan platformun veri akış şeması	49
Şekil 4.16. DWDM network eleman envanteri.....	54
Şekil 4.17. DWDM fiber zayıflama listesi.....	54
Şekil 4.18. Örnek bağlantı topolojisi	55
Şekil 4.19. Üretici A bağlantı şeması.....	55
Şekil 4.20. Üretici B bağlantı şeması.....	56
Şekil 4.21. Üretici C bağlantı şeması.....	56
Şekil 4.22. Örnek zayıflama değerleri	57
Şekil 4.23. Örnek alarm listeleri	57
Şekil 4.24. Patchcord zayıflama listesi	57
Şekil 4.25. Hata grafiği	63
Şekil 4.26. Veri setine örnek DWDM bağlantısı	64
Şekil 4.27. DWDM bağlantısı için alınan örnek veri seti	64
Şekil 4.28. Beklenen ve gerçekleşen zayıflama değeri.....	65
Şekil 4.29. DWDM sistemlerinde takip edilen zayıflama alarmları.....	66
Şekil 4.30. Türkiye geneli zayıflama alarm durumu.....	67
Şekil 4.31. Zayıflama alarm durumu ve ticket mekanizması	67
Şekil 4.32. Alarm listeleri	68

Şekil	Sayfa
Şekil 5.1. Türkiye geneli DWDM sağlık tarama çıktısı.....	70
Şekil 5.2. Servis katmanı ve alt katman ilişkilendirmesi	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

gb	Gigabyte
gbps	Gigabit per second
ge	Giga Ethernet
kbps	Kilobit per second
mb	Megabyte
mbps	Megabit per second
mhz	Megahertz
mpps	Million packets per second
ms	Millisecond
tbps	Terabit per second
w	Watt

Kısaltmalar

Açıklamalar

AOF	Acoustic Optic Filter
APD	Avalanche Photodiode
ARFTS	Advanced Remote Fiber Test System
ASE	Amplified Spontaneous Emission
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AWG	Arrayed Waveguide Grating
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem Code
BTC	Block Turbo Code
CD	Chromatic Dispersion
CI-BCH	Continuously interleaved BCH
Coh-DPQPSK	Coherent Dual Polarization Quadrature Phase Shift Keying

Kısaltmalar**Açıklamalar**

CWDM	Coarse Wavelength-Division Multiplexing
DBPSK	Differential Binary phase-shift keying
DBR	Distributed Bragg Reflector
DCE	Dynamic Channel Equalizers
DCF	Dispersion Compensation Fiber
DCM	Dispersion Compensation Module
DFB-LD	Distributed Feedback Laser Diode
DFE	Dispersion Flattened Fiber
DGD	Diferent Group Delay
DPSK	Differential Phase Shift Keying
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying
DSF	Dispersion-Shifted Fiber cable
DSP	Digital Signal Processor
DWDM	Dense Wavelength-Division Multiplexing
EDFA	Erbium-Doped Fiber Amplifier
FBG	Fiber Bragg Gratings
FEC	Forward Error Correction
FP-LD	Fabry-Perot laser diode
FTTH	Fiber To The Home fiber optic line to the subscriber socket
FWM	Four-Wave Mixing
GCSR	Grating assisted Codirectionally coupled Sampled Reflector
HOM	High Order Mode
LAN	Local Area Network
LED	Light-Emitting Diode
MAN	Metropolitan Area Network
MFD	Mode Field Diameter
MFL	Multifrequency Laser
MLS	Monitoring Line System
MM	Multi-Mode
MQW	Multiple Quantum Wells

Kısaltmalar**Açıklamalar**

MZDI	Mach-Zehnder delay interferometer
MZI	Mach-Zehnder interferometer
NCG	Net Coding Gain
NRZ	Not-Return-to-Zero
NZDSF	Non Zero Dispersion-shifted Fiber
OFA	Optical Fiber Amplifiers
OOK	On-Off-Keying
OPC	Optical Phase Conjugation
OSNR	Optical Signal-to-Noise Ratio
OTDM	Optical Time Division Multiplexing
OTDR	Optical Time Domain Reflectometry
OTN	Optical Transport Network
OTU	Optical Channel Transport Unit
PDFFA	Praseodymium-Doped Fluoride Fiber Amplifier Fluoride fiber amplifier
PDG	Polarization Dependent Gain
PDL	Polarization Dependent Loss
PMD	Polarization Mode Dispersion
PSBT	Phase Shaped Binary Transmission
PSP	Principal States of Polarization
RFA	Raman Fiber Amplifier
RFTS	Remote Fiber Test System
RS	Reed-Solomon
RZ	Return-to-Zero
SBS	Stimulated Brillouin Scattering
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SFEC	Super FEC
SLED	Superluminescent Light-Emitting Diode
SM	Single-Mode
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SOA	Semiconductor Optical Amplifiers
SPM	Self-Phase Modulation

Kısaltmalar**Açıklamalar****SRS**

Stimulated Raman Scattering

SSG-LD

Sampled Grating Laser Diode

SSMF

Standard Single-Mode Fiber

STM

Synchronous Transport Module

TDM

Time Division Multiplexing

TFF

Thin-Film Filter

TWA

Traveling- Wave Amplifier

WAN

Wide Area Network

WDM

Wavelength-Division Multiplexing

WGR

Waveguide Grating Router

XPM

Cross-Phase modulation

1. GİRİŞ

Hızla gelişmekte olan bilgi teknolojileri günlük hayatımızı derinden değiştirmekte ve tüm sektörleri etkilemektedir. Bu gelişimin en önemli bileşenlerinden olan haberleşme sektörü çevirmeli ağ bağlantılarından eve kadar fiber teknolojilerine, GSM'den (Global System for Mobile Communications- Mobil İletişim için Küresel Sistem) 5G'ye büyük mesafeler kaydetmiştir. 19. yüzyılın sonlarında doğuşundan bu yana telekomünikasyon endüstrisi muazzam bir büyüme kaydetmiş ve dünya genelinde bugün 7 milyarlık bir nüfustan;

- 5,6 milyar mobil abonelik
- 4,66 milyar İnternet kullanıcısı
- 1,2 milyar sabit telefon hattı
- Ayda 396 Exabayt İnternet Protokolü (IP) trafiği

Bu büyümeyi desteklemek için pek çok teknoloji ve uygulama geliştirilmiş olsa da günümüzde küresel iletişimin düşük maliyetli ve kitlesel pazarda kullanılabilirliğinin daha az görünür ancak anahtar sağlayıcılarından biri fiber optik iletişim sistemleridir. Bir abone, ister dijital abone hattı (DSL) geniş bant bağlantısı aracılığıyla bir PC, ister uzun vadeli bir evrim (LTE) kablosuz akıllı telefon veya sabit hatlı bir telefon olsun, ağa hangi cihaz üzerinden erişirse erişsin, iletilen veri veya ses bir optik fiberden geçecektir. Bu sistemlere Dalga Bölmeli Çoğullama (WDM) sistemleri denilmektedir.

WDM sistemi 1990 yılları gibi erken bir tarihte ilgi uyandırmasına rağmen, 1996 yılına kadar ticari olarak kullanılabilir hale gelmemiştir. Son on yılda, WDM iletim sistemleri araştırmalarında (optik anahtarlara kıyasla) önemli ilerleme kaydedilmiştir. Bu alana ilgi hala artmakta ve internetin gelecek neslinin dalga bölmeli çoğullama'ya (WDM) dayalı omurga ağlarını kullandığı görülmektedir [1]. Günümüzün optik WDM iletim sistemleri, tek bir optik fiberde 320 kanal ile 100 Gbit/s'de 160 dalga boyunun (kanalların) iletilmesine izin vermektedir. Yeni Modülasyon teknikleri ve güçlü düzeltme kodları (Gelişmiş FEC) sayesinde, tek bir fiber üzerinden 32 Tb/s'nin üzerinde iletim hızlarına ulaşabilmektedirler [2].

Bu çalışmada; literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, uçtan uca WDM sistemlerinde performans takibinin yapılabilmesi ve özellikle üreticiden bağımsız olacak şekilde müşteri deneyimini artırmak için ön etkin alarm takip yapılması hedeflenmiştir. Ön etkin alarm takibinin yapılabilmesi amacıyla makine öğrenme metodları da incelemelerde kullanılmış olup, Türkiye genelinde uçtan uca 945 adet link için analizler tamamlanmıştır. En önemli motivasyon kaynağı ise farklı üreticiler ile oluşan DWDM Networklerinde üreticiden bağımsız olacak şekilde ve uçtan uca analizlerin yapılabilir olmasının sağlanmasıdır.

DWDM sistemleri Operatörlerde çok yaygın olarak kullanılmakta olup yüksek miktarda trafiğin tek fiziki fiber üzerinden iletilmesine olanak sağlamaktadır, ancak Operatörlerin karşı karşıya kalmış olduğu problemlerin başında kullanmış oldukları sistemlerin tedarikçilere olan bağımlılığı nedeni ile tedarik ve bakım giderlerinin sürekli artması gelmektedir. Geleneksel ağlar, tedarikçiye özgü donanım ve yazılım platformlarına dayanan amaca yönelik olarak oluşturulmuş ağ ekipmanları ile tasarlanmıştır. Bu yekpare ağ öğelerinin kullanılması, uzun geliştirme ve kurulum döngüleri (yeni ürün ve hizmetler için pazara çıkış süresini yavaşlatma), karmaşık yaşam döngüsü yönetimi uygulamaları ve artan yatırım düzeyleriyle sonuçlanmıştır.

Operatörlerin karşı karşıya olduğu bu problemlere ek olarak bu devasa büyüklükte trafik taşıyan sistemlerin performanslarını uçtan uca takip ve analiz etme zorluğu bulunmaktadır. Operatörlerin farklı üreticiler üzerinden satın aldıkları sistemlerin üreticilerin standartlarına bağlı olarak farklı isimlendirme veya farklı hesaplama metodları ile oluştuğu bilinmektedir, Bu durum büyük operatörlerde farklı sistemlerden geçen linklerin uçtan uca takibini zorlaştırmakta ve bu nedenle performans takibinde yüksek efor ve kullanıcı bilgi birikiminin üst seviyede olması gerekliliğini oluşturmaktadır. Oluşturulan yeni yapı ve ölçüm metodolojisi ile üretici bağımsız olacak şekilde uçtan uca performans takibi yapılabilmekte, iş gücünden kar elde edilmekte ve müşteri deneyimini üst seviyede tutacak şekilde ön etkin takip yapılabilmektedir.

Tez kapsamında yüksek trafik taşıyan Dalga Bölmeli Çokgüllama (WDM) sistemleri 2.Bölümde incelenmiştir, bu sistemler arasında CWDM, DWDM ve UDWDM sistemleri incelenmiş olup, bu sistemlerin tüm ekipmanları detaylandırılmıştır. WDM sistemleri ile birlikte yaptığımız uygulama kapsamında yer alan makine öğrenme algoritmaları çerçevesinde analizler yapılmıştır, yapılan bu analizlerin hangi makine öğrenme

algoritmaları ile olduğu ve bu makine öğrenme algoritmalarının açıklanması ve detaylandırılması sağlanmıştır. Tezin kavramsal yapısı, bu yapının içerisinde oluşturmuş olduğumuz sistemin katmanları detaylandırılmıştır, bu detaylandırılan kısımda veri setlerinin hazırlanması, makine öğrenme algoritmaları ile analizlerin yapılması, farklı üreticilerin yönetim sistemlerinden verilerin alınması ve sonuç olarak üreticiden bağımsız ön etkin alarm izleme sisteminin detayları aktarılmıştır. 3. Bölümde makine öğrenme algoritma detaylarından bahsedilmiştir. 4. Bölümde tasarlanan sistemin uygulama metodları, veriye erişim yöntemleri, verinin işlenmesi ve ön etkin alarm ve performans izleme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Son bölümde ise araştırmanın sonuçlarının bir özeti sunulmuştur, tartışma ve öneriler kısmında ön etkin alarm izleme ve üreticiden bağımsız yeni yapının değerlendirilmesi, yapay zekâ ve makine öğrenme metodları ile kök neden analizlerinin çıktılarından bahsedilmiştir. İlerleyen süreçlerde bu yapının yeni teknolojiler kapsamında SDN, NFV vb, orkestrasyon katmanında kullanılabilecek bir yapı olabileceği konuları da değerlendirilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Fiber Optik Haberleşme Sistemi

Optik fiber iletişim sistemleri 1980'den beri dünya çapında konuşlandırılmıştır ve iletişimin arkasındaki teknolojiye gerçekten devrim yaratmıştır. Veri iletiminde fiber optik kanal kullanmanın en büyük avantajı, telefon şebekelerinde kullanılan geleneksel koaksiyel bakır kablolarla kıyasla bant genişliğinin çok büyük olmasıdır. Ek olarak, optik kaynaktan uygun bir dalga boyu kullanılarak sinyaldeki kayıp en aza indirilebilmektedir. Örneğin, günümüzün standart tek modlu fiberi (SMF), 1550nm dalga boyunda yaklaşık 0.2dB / km'lik bir zayıflama değerine sahiptir. Fiber optik kanallar, yüzlerce kilometre boyunca yüksek bit hızlarında bilgi taşıyabildikleri için dünyanın iletişim ağlarının temel omurgasını oluşturmaktadır [3-6]. Denizaltı Fiber Optik kablolar üzerinden Dünyadaki Omurga trafiğinin ilk ayağını oluşturan bu sistemler 1990 yılından bu yana dünya okyanuslarında 600.000 km'den fazla yer almaktadır. İlk denizaltı fiber sistemleri sırasıyla 1988 ve 1989 yıllarında Atlantik ve Pasifik okyanuslarına kurulmuş ve kapasitesi ise 280Mbit / s 'dir [7]. Bu sistemler, gelen sinyali optikten elektrığe dönüştürüp, yeniden üretilir ve daha sonra iletim için optığe tekrar dönüştürerek fiber kablolar boyunca elektro-optik tekrarlayıcılar üzerinden iletmıştır. İletim kapasitesini artırmak adına 1300 nm yerine 1550 nm dalga boyuna sahip lazerler kullanılarak daha fazla tekrarlayıcı aralığı ile kapasite 280Mbit / s'den 100 Gbit / s'ye yükseltilmiştir. Bununla birlikte, optik fiberin yüksek bant genişliği ihtiyacında kullanılması, elektronik tekrarlayıcıların kapasitesiyle sınırlıydı. Bu nedenle, 1990'ların ortalarında, internet, e-posta gibi veri iletişim hizmetlerinin dramatik bir şekilde büyümesi nedeniyle büyük bant genişliğine olan talebin arttığı denizaltı fiber optik sistemlerinde optik tekrarlayıcılar kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde optik tekrarlayıcılar, bant genişliği ihtiyacını karşılayabilecek olan erbium katkılı fiber yükselteçlerden (EDFA, fiber Raman yükselteç vb.) oluşmaktadır. Bununla birlikte, birçok optik sinyalin fiber üzerinden aynı anda iletilmesi, vericide çoğullama gerektiren bir durum olduğu bilinmekteydi. Günümüzde fiber optik haberleşme sistemleri iki farklı çoğullama tekniği kullanmaktadır: WDM ve optik zaman bölmeli çoğullama (OTDM). WDM'de, farklı dalga boylarına sahip farklı veri kanalları tek bir akışta birleştirilir ve fiber kablo boyunca birlikte iletilir. Kanallar, her bir kanalın kendi hedefine gönderildiği ayrışma (demultiplexing) ile alıcıdan ayrılır. Bitişik kanallar arasındaki aralık, çoğullama / ayrışma işlemi sırasında kanal çakışmasını önlemek

için yeterince büyük olmalıdır. OTDM'de kanallar, bileşik bit akışını oluşturmak için zaman alanında birbirinden ayrılır. Bu nedenle, tüm kanallar aynı optik dalga boyu ile değiştirilebilir.

Tüm iletişim sistemlerine benzer şekilde, fiber optik iletişim sistemi üç ana bileşenden oluşur: verici, fiber kablo olan iletişim kanalı ve alıcı. Verici ve alıcı, optik iletişim kanallarının tüm ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır.

2.1.1. Optik verici

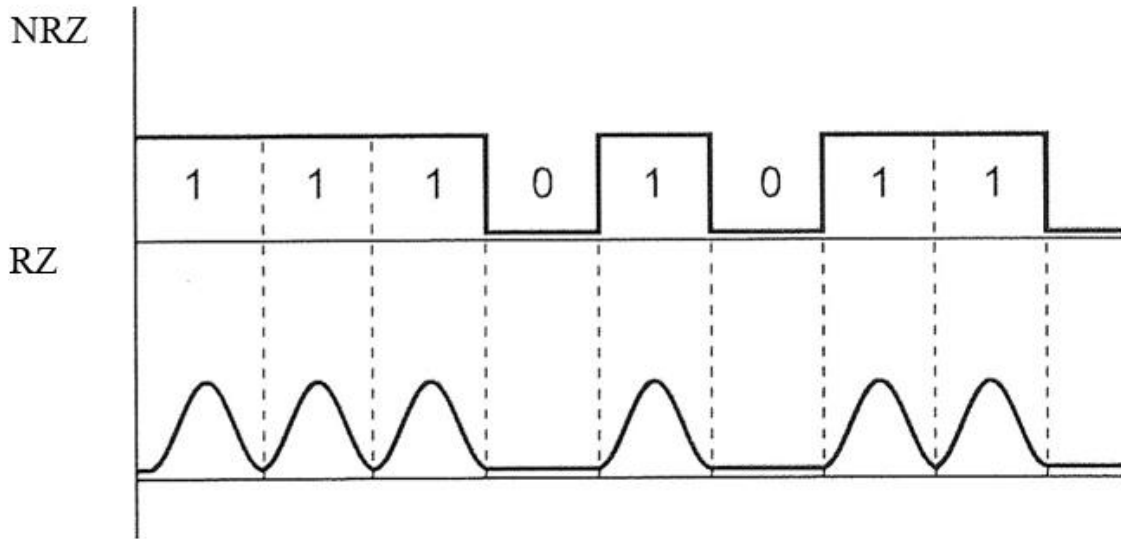
Optik verici, elektrik sinyalini optik bir forma dönüştürür ve ardından elde edilen sinyali iletim fiberine gönderir. Vericinin ana bileşeni, genellikle yarı iletken lazer veya ışık yayan diyot (LED) gibi yarı iletken bir yapıdaki optik kaynaktır [8]. Bu yarı iletken kaynakların aşağıdakiler gibi birçok avantajı vardır;

- Kompakt boyut
- Yüksek verimlilik,
- Uzun ömür dolayısıyla iyi güvenilirlik
- Fiber çekirdek boyutuyla uyumlu küçük yayma alanı.

Yarı iletken lazer, uyarılmış yayılma yoluyla ışık yayar, LED ise kendiliğinden yayılma kullanır. Uyarılmış yayılmanın bir sonucu olarak, yarı iletken lazerler yoğun, tutarlı ve yarı monokromatik bir ışık kaynağı sağlayabilir [9]. Yüksek güçte (10mW'a kadar) ışık yayılmasına ve fiberde yüksek bağlantı verimliliğine izin verir. Genel olarak, fiber optik iletişim sistemlerinde, LED'lere kıyasla üstün performanslarından dolayı yarı iletken lazerler kullanır. Bununla birlikte, optik kaynağın çıkış dalgası, elektriksel veri sinyalini doğrudan optik kaynağa uygulayarak veya dolaylı olarak harici bir modülatör kullanarak modüle edilir. Açıkçası, doğrudan modülasyon verici tasarımını basitleştirir, bu nedenle uygun maliyetli bir seçimdir. Bununla birlikte, dolaylı modülasyon yaygın olarak yüksek bit hızlarında ($> 100 \text{ Gbit / s}$) kullanılır ve modülatörün yüksek bit hızlarında çalışan sistemler için vericinin bir başka önemli bileşeni olduğunu gösterir. Aslında, yoğunluk modülasyonu, iki tip optik modülatörün bulunduğu optik iletişim sistemlerinde yaygın olarak kullanılır: elektro absorpsiyon modülatörü (EAM) ve lityum niyobat (LiNbO_3) Mach-Zehnder modülatörü. EAM modülatörü, Franz-Keldysh etkisi prensibine dayanan bir yığın tabaka

cihazıdır [10], yani bir elektrik alanı uygulayarak yarı iletkenin bant aralığının yakınındaki absorpsiyon spektrumlarını değiştirir. Bu yapı, etkinin Stark etkisi olarak adlandırıldığı çok kuantumlu kuyu yapısı kullanılarak geliştirilmiştir [11].

LiNbO_3 Mach-Zehnder modülatörü, elektro-optik LiNbO_3 malzemesini ve Mach-Zehnder (MZ) interferometresini kullanır [12- 17]. Son LiNbO_3 modülatörleri 20dB'den fazla sönme oranı ve 75 GHz bant genişliği sağlayabilmektedir. Modülatörde, elektrik sinyalinin bir optik bit akışına nasıl dönüştürüleceğine, yani hangi modülasyon formatının gerekli olduğuna karar vermek gerekir. İki geleneksel kodlama biçimi vardır; sıfıra dönüş (RZ) ve sıfıra dönüş olmayan (NRZ) kodlama. RZ'de, bit süresi dolmadan önce genlik sıfıra döner. Bu nedenle, bit 1'i temsil eden darbe, bit süresinden daha kısadır [18]. NRZ'de, genlik birbirini izleyen iki 1 biti arasında sıfıra dönmez, bit süresi boyunca açık kalır. Bu, bit desenine bağlı olarak darbe genişliğinde bir değişikliğe neden olurken, RZ biçimindeki tüm darbeler için hala aynıdır.



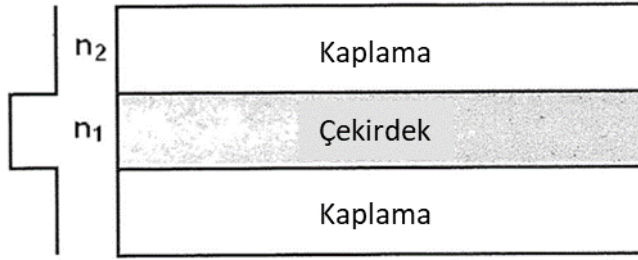
Şekil 2.1. RZ ve NRZ Şematik Görünüm

NRZ ve RZ kullanan bit akışı örneği şekil 2.1'de gösterilmiştir. NRZ formatının avantajı, temel olarak açma-kapama geçişlerinin daha az gerçekleşmesi nedeniyle RZ formatınınkinden daha küçük bant genişliğine sahip olmasıdır. Bununla birlikte, RZ darbeleri çoğu optik iletişim sisteminde kullanılır, çünkü bunlar kromatik dağılıma ve semboller arası parazite (ISI) daha toleranslıdır. WDM ve OTDM teknikleri kullanılarak yüksek kapasiteli haberleşme sistemlerinin tasarımında ilk dönemler için RZ darbelerinin

kullanıldığı tespit edilmiştir [19]. Sonraki dönemlerde bu modülasyon teknikleri çeşitlendirilerek hız gereksinimlerine ayak uydurmak üzere tasarlanmıştır. Bu Modülasyon tekniklerine örnek olarak QPSK ve QAM teknikleri gösterilebilir [20-21].

2.1.2. Optik fiber

Optik haberleşme sistemleri, optik verileri vericiden alıcıya taşıyan bir iletişim kanalı olarak optik fiber kullanır. Optik fiberler, kırılma indisi profillerine göre çeşitli tiplerde sınıflandırılır; burada iletişim sistemlerinde en yaygın kullanılan tip adım indeksli fiber olarak adlandırılır.



Şekil 2.2. Tek mod fiber yapısı

Şekil 2.2 bu tipin yapısını göstermektedir; elyaf, bir kaplama ile çevrili silindirik bir çekirdekten oluşur. Hem çekirdek hem de kaplama şeffaf silika camdan yapılır, ancak çekirdeğin kırılma indisi kaplamadan daha büyüktür. Bu nedenle, adım indisli fiber, optik sinyali toplam iç kırılma prensibini kullanarak taşır, yani olay açısı kritik açıyı aşmazsa, olay ışını normalden uzağa kırılır [22]. Fiberde, ışık çekirdek kenarlarına çarptığında tamamen içten yansıyor ve böylece fiber çekirdek boyunca yönlendirilecektir. Adım indisli fiberler, normalleştirilmiş frekans (V) adı verilen bir parametre tarafından ayrıştırılır.

$V < 2.405$ ise; fiberin temel modu olarak adlandırılan tek bir yayılma modunu destekleyebilir ve tek modlu fiber (Single Mode Fiber) olarak adlandırılır. Aksi takdirde, fiber birçok modu destekleyecek ve çok modlu fiber olarak adlandırılacaktır. Pratik olarak, tek modlu fiber, tüm yüksek mertebeden modların çalışma dalga boyunda kesileceği şekilde tasarlanmıştır. Bununla birlikte, günümüz haberleşme sistemlerinde genel olarak tek modlu fiber

kullanılmaktadır, çünkü 1550 nm dalga boyu civarında fiber optik kablo kaybı 0.2dB / km kadar olur ve ayrıca dağılımın etkisini azaltır.

2.1.3. Optik alıcı

Optik alıcı, sistem üzerinden iletilen verileri kurtarmak için fiberin çıkış ucunda alınan optik sinyali orijinal elektrik sinyaline dönüştürür [23]. Optik alıcının ana bileşeni, ışığı algılayan ve fotoelektrik etki yoluyla tekrar elektriğe dönüştüren bir fotodetektördür. Fotodetektörler genellikle tüm sistemle olan yeteneklerinden dolayı yarı iletken fotodiyotlar kullanırlar. Yarı iletken fotodiyotların başlıca avantajları, yüksek hassasiyet, hızlı tepki, düşük gürültü, düşük maliyet, yüksek güvenilirlik ve fiber çekirdek boyutuyla uyumlu küçük boyutlara sahip olmalarıdır. Optik haberleşme sistemlerinde kullanılan en yaygın yarı iletken fotodiyotlar PIN ve Çığ (APD) fotodiyotlardır. PIN fotodiyotları, yarı iletken malzemenin tükenme bölgesinin mümkün olduğunca büyük yapıldığı PIN yapısını kullanır. Bu, ağır katkılı p-tipi ve N-tipi malzemeler arasında hafif katkılı bir iç tabakaya sahip olarak elde edilir, böylece fotonların çoğu tükenme bölgesi içinde emilir. Emilen her foton ideal olarak bir elektrondeşik çifti, yani üretilen harici akımda akan bir elektron üretir. PIN fotodiyot içindeki algılama işlemi, her fotonun bir elektrondeşik çifti üretme olasılığı olan kuantum verimliliği ile karakterize edilir. APD fotodiyotlarında, birkaç olay fotonu, birçok taşıyıcının üretilmesine ve artan bir harici akıma neden olur. Bunun için APD, her bir birincil elektrondeşik çiftinin güçlü bir elektrik alanında hızlandırıldığı çığ çarpma fenomenine dayanır ve bu da darbe iyonizasyonunun etkisiyle birkaç ikincil elektrondeşik çifti oluşmasına neden olabilir. Bu, üretilen foto akımın artmasına neden olur [24-25]. Genel olarak, APD fotodiyotları PIN fotodiyotlarından daha hızlıdır ve daha yüksek hassasiyete sahiptir, ancak daha pahalıdır ve çok daha yüksek besleme gerilimi gerektirir.

Alıcının ikinci ana bileşeni, orijinal veri biti dizisini kurtarmak için kullanılan demodülatördür. Demodülatörün tasarımı modülasyon tipine bağlıdır, bu modülasyon tipleri de vericide kullanılır. Çoğu optik iletişim sistemi yoğunluk modülasyonu kullandığından, tüm modülasyon / demodülasyon şeması doğrudan algılamalı yoğunluk modülasyonu (IM / DD) olarak adlandırılır. Demodülasyondan sonra, sistemin performansı aşağıdaki parametrelerle ölçülebilir: BER, Q değeri veya göz diyagramının açılması. BER, alıcıda tespit edilen yanlış bitlerin ortalama olasılığı olarak tanımlanabilir. Bu, 10^{-6} 'lık bir BER'in milyon bit başına bir hataya karşılık geldiği anlamına gelir. Gerçek optik haberleşme

sistemleri, bu değerin kabul edilebilir performans için referans seviyesi olarak yaygın olarak kullanıldığı 10^{-9} 'dan çok daha düşük bir seviyede çalışır. Pratik olarak, doğrudan BER ölçümleri için alıcıda gelişmiş bir dijital bit hata oranı test cihazı (BERT) kullanılabilir. Q-değeri (Q-faktörü olarak da adlandırılır) alınan sinyalin kalitesini ölçer ve BER ile ilgilidir [26].

2.2. Fiber optik çoğullama sistemleri

Genel olarak Fiber optik haberleşme sistemlerinde yukarıda bahsedildiği gibi kaybı en aza indirerek ve iletim mesafesini uzatarak sorunsuz iletişim yapmayı sağlamak hedeflenmiştir, bu kapsamda farklı Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama sistemleri zamanla kullanılmaya başlanmıştır, bunlar sırasıyla CWDM, DWDM ve UDWM'dir. Tezin ilerleyen bölümlerinde bu yapılardan bahsedilecektir.

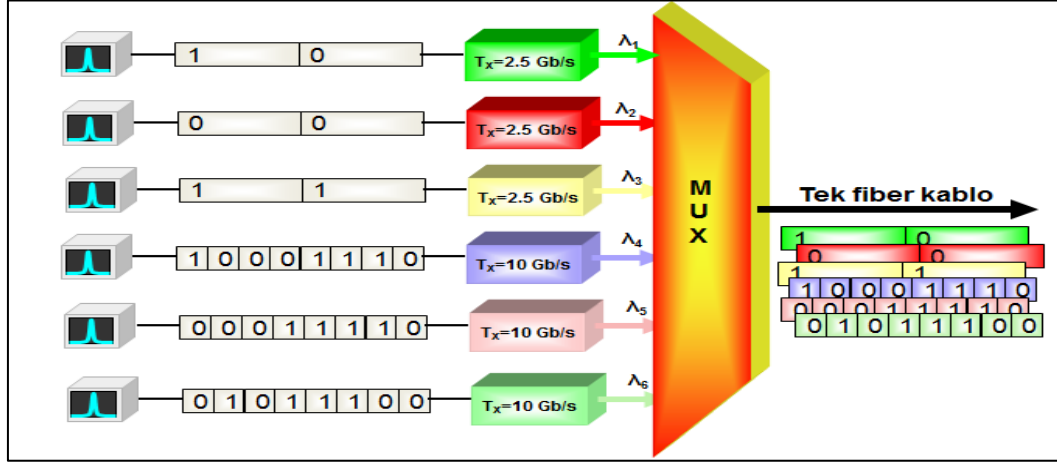
2.2.1. Optik çoğullayıcılar

Birkaç optik kanalın tek bir ortam üzerinden iletilmesi, sistemin kapasitesini 1 Tbit/s'nin üzerine çıkarmanın kolay bir yolunu sunmaktadır. Zaman Bölmeli Çoğullama (TDM) ve Frekans Bölmeli Çoğullama (FDM) sayesinde hem zaman hem de frekans alanında kanal çoğullama yapılabilir. Elektrik alanında TDM ve FDM çoğullama teknikleri uygulanabilir. Optik alanda ise Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama (WDM) tekniği kullanılmaktadır. Bu nedenle WDM, uzun yıllardır telefon iletim teknolojisinde kullanılan FDM'nin ana eşdeğeriştir.

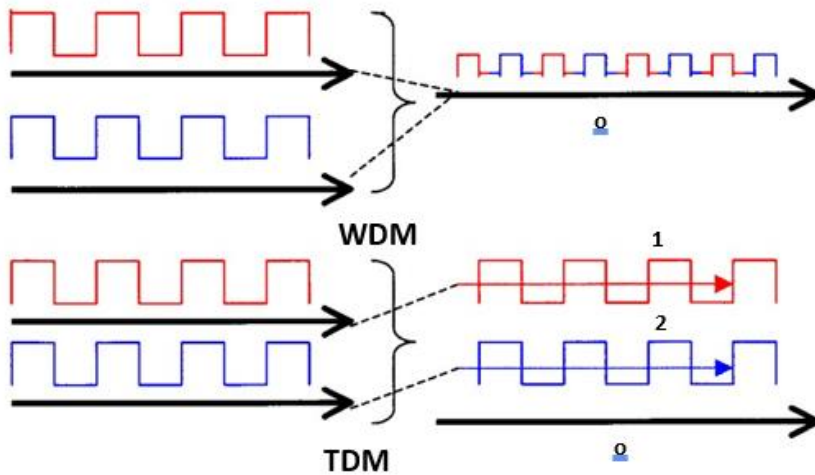
Dikgen optik frekans bölmeli çoğullama (OFDM) kanalları aynı dalga boyunda çalışır, ancak birbirlerine göre zaman kaydırmalı olmalıdır. Bu yöntem 160 Gbit / s'ye kadar hızları yakalayabilir [27], ancak karmaşık çoğullama çözme nedeniyle yaygın olarak kullanılmazlar.

Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama (WDM), optik iletim ağlarının temel teknolojisidir. Birkaç bağımsız kanalı birden çok kez iletmek için bir fiber optik (veya başka optik araçlar) kullanır (Şekil 2.3). WDM dalga boyu optik frekansları 192-196 THz aralığında iletilir. Bu durumda iletim bir elektron akışı olarak değil, $E = h \times \nu$ enerjisine sahip bir foton akışı olarak temsil

edilebilir [28]. TDM ve WDM teknikleri birlikte kullanılabilir. Bireysel yaklaşımlar Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Dalga bölmeli çoğullama şeması



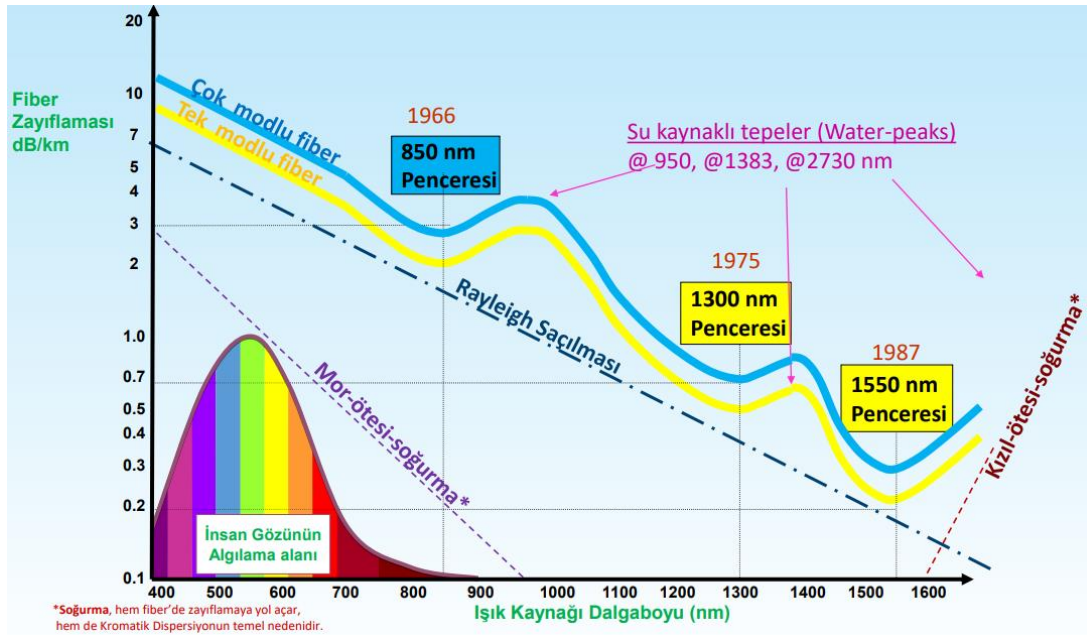
Şekil 2.4. WDM ile TDM karşılaştırmalı gösterimi

WDM dalga çoklayıcı, belirli bir yolun optik fiberine bağlı, modüle edilmiş n kanal dalga boyunu tek bir çıkışta birleştirmek için n girişe sahip bir kuplörü ifade eder. Tersine, WDM dalga çoğullayıcı bu sinyali alır ve kanalın ilgili dalga boyuna göre n çıkışa böler. Bu çıkışlardan sinyal, ayrı ayrı kanalların dedektörlerine beslenir ve burada daha fazla işlem için elektrik alanına geri dönüştürülür. Çoğullayıcı çözümler genellikle daha karmaşıktır, daha katı kriterlere tabidir ve optik filtreler olarak uygulanır.

Optik fiberler, 0,35 dB/km'nin altındaki düşük zayıflama bölgesinde potansiyel olarak 50THz'nin üzerinde bir optik frekans bant genişliği sunar. Bu alanda yaklaşık olarak 25 THz frekans genişliğine sahip, 1.55 μm dalga boyunda dağılmış bir bant bulunmaktadır. Bu frekans aralığı standart olarak ITU-T'ye göre dört banda bölünmüştür: S, C, L ve U.

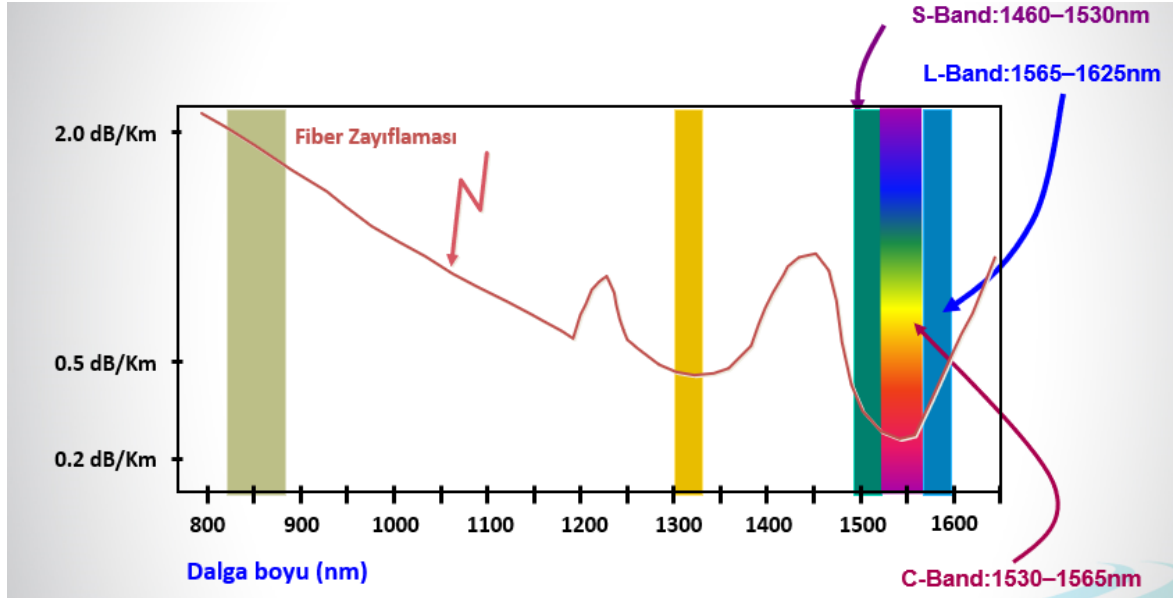
2.2.2. İletim bandları

İletim bandları S, C, L ve U olarak bilinmektedir, bu bantlar farklı WDM tiplerine göre iletim yapılan frekans-dalga boyu alanlarını resmetmektedir. Fiberin karakteristik olarak zayıflama eğrisine göre bu bantlar da iletim yapılacak alanlar seçilebilmektedir. Şekil 2.5'te görüleceği üzere en düşük kilometrik zayıflama 1550 nm dalga boyunda gözlenmektedir.



Şekil 2.5. Fiber zayıflama eğrisi

Sonraki bölümlerde anlatılacak olan WDM iletim çeşitlerine baktığımız bu bandların kullanıldığı aralıklar detaylı olarak incelenecektir. Şekil 2.6 da verildiği gibi Senkron dijital hiyerarşi (SDH), Yoğun dalga bölmeli çoğullama vb. tekniklerde iletim bant dağılımı görülebilmektedir.



Şekil 2.6. WDM teknolojisine göre iletim bandları

2.2.3. Dalga bölmeli çoğullama (WDM)

Dalga Bölmeli Çoğullama (WDM) sisteminin birkaç çeşidi bulunmaktadır, Çok Modlu (Multi Mode) fiberlerle uygulamalar 850 nm ve 1300 nm dalga boylarını kullanmakta iken Tek Modlu (Single Mode) fiberler için 1310 ve 1550 nm dalga boylarını kullanırlar. Bu tip dalga çoğullaması basit ve çok ucuza uygulanabilmektedir. En çok Fabry-Perot lazer diyotları (FP-LD), kuplörler ve dielektrik filtreler kullanılmaktadır. ITU-T Tavsiyesi G.671, WDM sistemlerinin üç kategorisini tanımlar: WWDM (Geniş Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama); DWDM (Yoğun Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama) ve CWDM (Kaba Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama).

Bireysel WDM sistemlerinin uyumluluğu nedeniyle, farklı üreticilerin WDM bileşenlerini standartlaştırmaya güçlü bir ihtiyaç vardır. Bu nedenle, ITU-T standardizasyon komisyonu, optik sistemlerin spektral raster adı verilen tek tip bir kullanılan dalga boyları seti belirlemiştir. ITU-T G.694.1, DWDM uygulamaları için bir dizi dalga boyu tanımlamaktadır, ardından ITU-T G.694.2, CWDM uygulamaları için bir dizi tanımlar. Şu anda ITU, WWDM için spektral raster spesifikasyonunun yararlı olduğunu düşünmemektedir. Bu nedenle, belirli bir spektral bantta iletilen WDM sistem kanallarının sayısı, bu raster aralığına bağlıdır.

2.2.4. Geniş dalga bölmeli çoğullama (WDM)

Geniş dalga boyu çoğullama olarak adlandırılan bu sistem WDM sisteminin ucuz bir çeşididir. Sıcaklık stabilizasyonu olmadan lazer diyot ve filtre kullanımına izin verir. Çalışma sıcaklığı aralığı 100 °C'dir [29]. Genellikle 850 nm bölgesinde (Multi Mode fiberler için) veya 1300 ve 1310 nm bölgesinde (Multi Mode veya Single Mode fiberler) sıcaklık stabilizasyonu ve dielektrik ince film filtreleri olmadan Dağıtılmış Geri Beslemeli Lazer (DFB-LD) kullanarak dört dalga boyunda çalışır.

ITU-T G.671, bu sistem için 50 nm'ye eşit veya daha büyük bir kanal dalga boyu aralığı belirtir. WDM çoğunlukla 10 Gigabit Ethernet iletimi ve erişim ağı işlevini uygulayabilmektedir.

2.2.5. Yoğun dalga bölmeli çoğullama (DWDM)

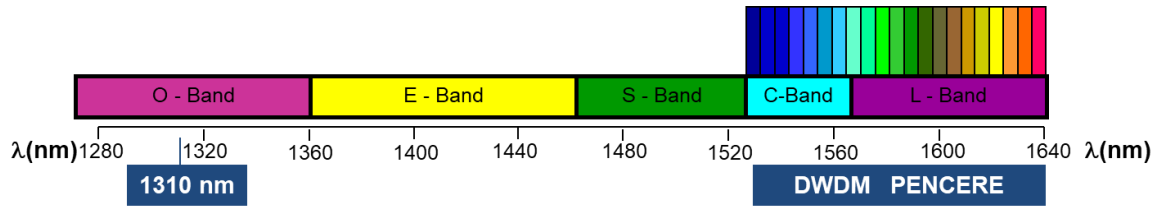
DWDM, yoğun dalga bölmeli çoğullama anlamına gelir. Bu yaklaşım, iletim kapasitesini, iletim mesafesini artırmak ve ilgili optik yükselteç alanında mümkün olan en yoğun dalga boyu aralığını sağlamak için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, son derece dar bir spektral çizgi ve hassas frekans kararlılığının (sıcaklık kontrolü, lazer diyotlarının ve filtrelerin durgun akımı) sağlanması gereklidir. Bununla birlikte, dalga boyu denetimine gerek kalmadan, sıcaklık kontrolü ile dalga boyu kontrolü sağlanabilir. Elektroabsorpsiyon modülatörlü DFB-LD, dalga boylarının her biri için bir sinyal kaynağı olarak kullanılır. İnce film filtreleri, dar bantlı girişim filtreleri, AWG fiber ızgaralar vb. çoğullama ve çoğullama çözme için sıklıkla kullanılır.

Daha önce bahsedildiği gibi, ITU-T Tavsiyesi G.694.1, DWDM için 193.1 THz'lik normalleştirilmiş bir pilot frekansına dayanan bir spektral çözünürlük alanı tanımlar. Bu öneri, 12,5 GHz ila 100 GHz ve daha fazla (100 GHz'in tamsayı katları) arasında değişen çeşitli kanal bölümlerini destekler. ITU-T G.671 daha sonra kanal aralığı aralığının üst sınırını 1000 GHz (dahil) ile sınırlar. Düzensiz bölünme de teşvik olabilir. 12,5 GHz; 25 GHz; 50 GHz ve 100 GHz. Kanal sayıları belirtilmemiştir, bu nedenle kullanılan banda bağlı olacaktır. Örneğin. 100 GHz bölümündeki 40 kanal ($100 \text{ GHz} \times 40 = 4.000 \text{ GHz} = 4 \text{ THz}$) tamamen C bandını işgal edebilir. Bu durumda 50 GHz bölümünü kullanırsak kanal sayısı iki katına çıkabilecektir.

Pratikte, 1490 nm (200.95 THz) ila 1620 nm (186.00 THz) dalga boyu aralığında (yani S, C ve L bantları) 40, 80 veya 160 kanal çalıştıran sistemlerle karşılaşırız. Ancak, bazı üreticiler bağlantıyı artırmak için 4.000 kanalı destekleyen DWDM ürünleri sunmaktadır.

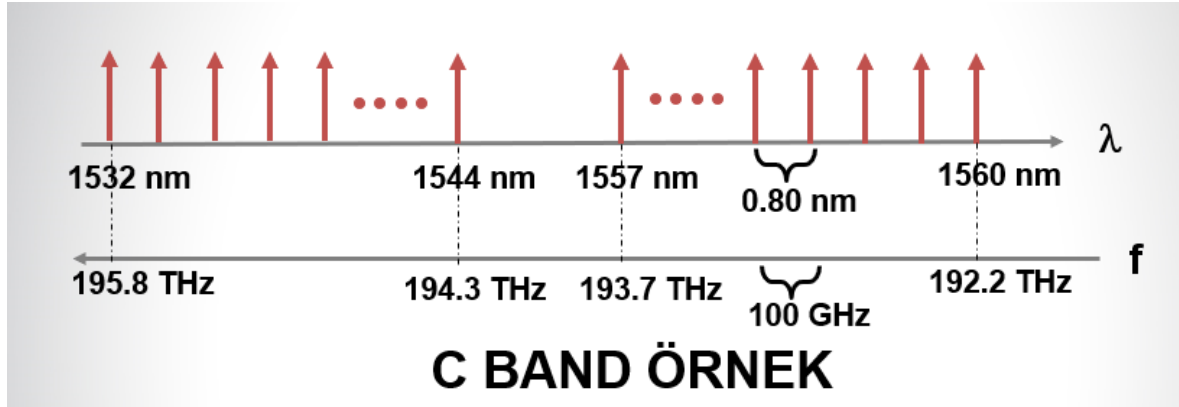
Ancak, dikkate alınan kanalların menzilin farklı olacağı ve kanaldaki iletim hızı arttıkça sinyal-gürültü oranına yönelik taleplerin arttığı vurgulanmalıdır. DWDM genellikle omurga ağlarında ve denizaltı sistemlerinde kullanılır.

Şekil 2.7’de görüldüğü üzere Yoğun dalga bölmeli çoğullama sisteminde genel olarak üreticiler tarafından kullanılan dalga boyu pencereleri görülebilmektedir. Yoğun olarak C bant ve L bant aralığını kullanır. Genellikle C bant (1530nm – 1565 nm) aralığı tercih edilir. Kullanılan bant içine mümkün olduğunca kanal sıkıştırılarak toplam bant genişliği artırılmaya çalışılır. Her bir kanal arasında 25GHz, 50GHz, 100GHz, 200GHz ve 400GHz boşluk bırakılabilir.



Şekil 2.7. Yoğun dalga bölmeli çoğullama kullanım bantları

Yoğun dalga bölmeli çoğullama sistemi üzerinden iletilecek her bir veri sabit aralıklarla yerleştirilir. Bunun nedeni sinyal verilerinin birbirlerine karışmasını önlemektir. Şekil 2.8 de görüleceği üzere C bandında 100 Ghz aralıklarla yerleştirilen dalga boyları gözlenmektedir.



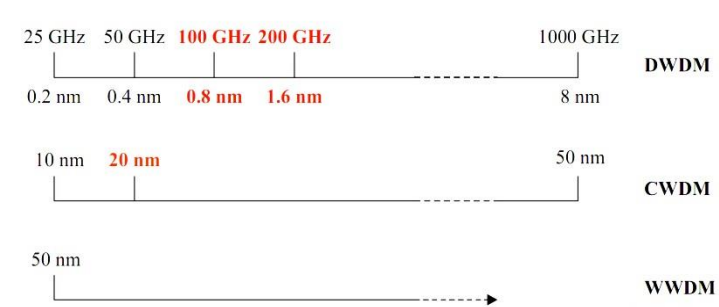
Şekil 2.8. Yoğun dalga bölmeli çoğullama (DWDM) C bant örnek kullanım

2.2.6. Kaba dalga bölmeli çoğullama (CWDM)

Kaba çoğullama adı verilen bu dalga çoğullama biçimi, DWDM'nin daha yeni ve daha ucuz bir çeşididir. CWDM, düşük maliyetler ile radyasyon kaynaklarının kararlılığına ve filtrelerin doğruluğuna yönelik daha düşük taleplere vurgu yapılan büyükşehir ağlarında kullanım için tasarlanmıştır. Bireysel iletim kanalları arasında daha büyük bir mesafe kullanır, bu da soğutmaya ihtiyaç duymadan lazer diyotların kullanımına izin verir.

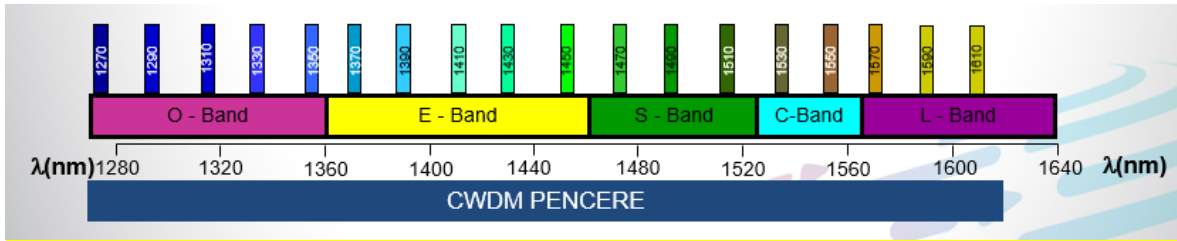
ITU-T G.671, 50 nm'den az, ancak 1000 GHz'den fazla olan bireysel kanalların aralığını tanımlar. ITU-T G.671 tavsiyelerine göre kanal bölünmesine genel bir bakış, Şekil 2.9'da verilmiştir.

ITU-T G.694.2, CWDM için 20 nm aralıklı bir dalga boyu rasterini ve nominal ortalama dalga boyundan $\pm (6-7)$ nm'lik bir filtre toleransı ve lazer kararlılığını belirtir.



Şekil 2.9. ITU WDM kanal aralığı

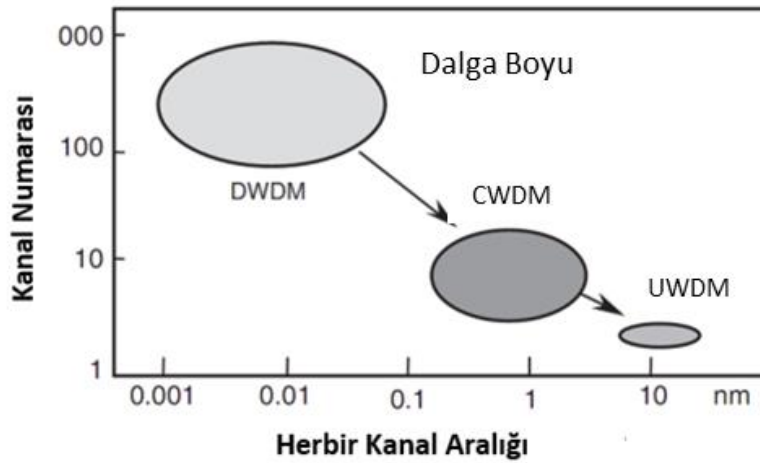
Pratikte $\pm 6,5$ nm aralığında bant genişliği kullanılır. Bu tarama, başlangıçta, soğutmasız optik kaynakların kullanımına izin vererek, yeterli ayırma ile birkaç 2,5 Gbit / s sinyali aynı anda iletmek üzere tasarlanmıştır. İletim için 1271 nm ila 1611 nm aralığında toplam 18 kanal tanımlanmıştır. Ancak, CWDM uygulamaları için optik arayüzlerin parametrelerini açıklayan ITU-T Tavsiyesi G.695, maksimum 16 optik kanalın kullanımını tanımlar. 18 kanalın tamamını kullanmak istiyorsak AllWave optik fiberleri G.652.c / G.652.d kullanılmalıdır. G.652.a ve G.652.b standartlarına karşılık gelen orijinal tek modlu 9/125um fiberler için, daha kısa mesafeler için yaklaşık 12 kanal, daha uzun mesafeler için 8 kanal kullanılabilir. Ancak, bu standart tek modlu fiberler, mevcut optik yolların çoğuna dahildir. Şekil 2.10'da tahsis edilen CWDM kanallarını görebiliriz



Şekil 2.10. CWDM pencere ve kanal dalga boyları

Tipik olarak, CWDM 20- 40 nm dalga boyu aralığı ile çalışır. DFB-LD, FP-LD lazerler, dielektrik ince film filtreler, kuplörler vb. kullanır. Dalga boyu kontrolü ortadan kalkar, ancak belirli bir soğutma türü uygundur. (Örneğin fanlar). CWDM, 50- 80 km menzilli LAN veya MAN çözümleri için kullanılmaktadır [30]. Bazı durumlarda, WWDM'yi de barındırabilir.

Şekil 2.11'de kanal sayısının (dalga boyları) bağımlılığını ve gerekli ayar doğruluğunu görebilmekteyiz. Azaltılmış sistem doğruluğu gereksinimleri sayesinde, WWDM ve CWDM ile düşük finansal maliyetler elde edilebilir fakat mevcut WDM sektöründe tercih sebebi değildir, çoğunlukla DWDM sistemleri kullanılmaktadır. WDM teknolojilerinin özelliklerinin bir özeti Çizelge 2.1'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.11. Dalga boyu doğruluğu ile kanal sayısı karşılaştırması

Çizelge 2.1. WDM teknolojilerine genel bakış

Uygulama / parametre	CWDM	DWDM	DWDM
Fiber Kanallar	4- 16	32- 80	80- 160
Kullanılan Spektrum	Bantlar O, E, S, C, L	C, L bölgeleri	Bantlar C, L, S
Kanallar Arasındaki Mesafe	20 nm (2500 GHz)	0,8 nm (100 GHz)	0,4 nm (50 GHz)
Dalga Boyu Kapasitesi	1.5 Gbit / sn	10 Gbit / sn	10- 40 Gbit/sn
Lif Kapasitesi	20- 40 Gbit/sn	100- 1000 Gbit/sn	Tbit / sn
Lazer Tipi	Soğutmasız DFB	Soğutmalı DFB	Soğutmalı DFB
Menzil	50- 80 km'ye kadar	Yüzlerce km	Binlerce km
Optik Yükselteç	Yok	EDFA	EDFA, Raman

2.3. DWDM'de Kullanılan Lifler

DWDM iletimlerinden sonraki optik dalga kılavuzları, yüksek iletim hızı için düşük zayıflama ve düşük dağılıma sahip olmalıdır. Doğrusal olmayan fenomenler, özellikle Dört Dalgalı Karıştırma (FWM) da iyi bir şekilde azaltılmalıdır. Bunlar, dar frekans bölümü ve uzun mesafeli iletimlere izin veren katı gereksinimlerdir. FWM'yi bastırmak için düzensiz kanal bölümü ve sınırlı fiber gücü kullanılır. Erişim ve metropol ağları esas olarak Tek Mod (SM) fiberleriyle çalışır. Birkaç optik fiber, WDM sistemlerinde kullanılmak üzere özel olarak optik fiberler tasarlanmıştır. G.655'te (1966), ITU-T, WDM iletimleri için yeni bir fiber kategorisi oluşturmuştur. Öncelikle denizaltı iletim yolları için tasarlanmış Sıfır Olmayan Dispersiyon Kaydırılmış Fiberler (NZDS F). Bunların dağılım katsayısı D, 01 ile

10 arasında yer alır ve 1530 nm- 1565 nm iletim bant alanı aralığındadır. Bu fiberler daha sonra FWM oluşumunu baskılayabilir. WDM sistemleri için iletim bandını genişletmek için, yine en çok erişim ve metropol ağlarında kullanılacak olan 1,3- 1,6 μm alanı için düşük zayıflamalı fiberler tasarlanmıştır [31]. WDM iletimleri için kullanılan farklı fiber tiplerine genel bir bakış Çizelge 2.2'de verilmiştir. Yaygın olarak kullanılan optik telekomünikasyon SM fiberlerinin parametreleri, bireysel spesifikasyonlar için ITU-T tavsiyesinde bulunur:

- a) G.652 A / B / C / D Tek modlu fiber kablo, SM: Standart tek modlu fiberler (1300 nm aralığında sıfır dağılım)
- b) G.653 Dağılım kaydırmalı fiber kablo, DSF: Dağılım kaydırmalı fiberler (1550 nm aralığında sıfır dağılım)
- c) G.654 Kesme kaydırılmış fiber kablo: 1550 nm'de düşük zayıflama ve kaydırılmış kesme dalga boyuna sahip fiberler, ayrıca küçük doğrusal olmama durumları
- d) G.655 Sıfır olmayan dağılım kaydırmalı fiber kablo, NZDSF: Sıfır olmayan ofset dağılım fiberleri (1530 nm- 1565 nm aralığında WDM iletimi için)
- e) Geniş bant optik taşıma için sıfır olmayan dağılıma sahip G.656 Fiber kablosu: CWDM ve DWDM için tasarlanmış kaydırılmış ve pozitif dağılımlı fiberler (1460- 1625 nm bölgesi için)

Çizelge 2.2. WDM iletimi için optik fiberlere genel bakış

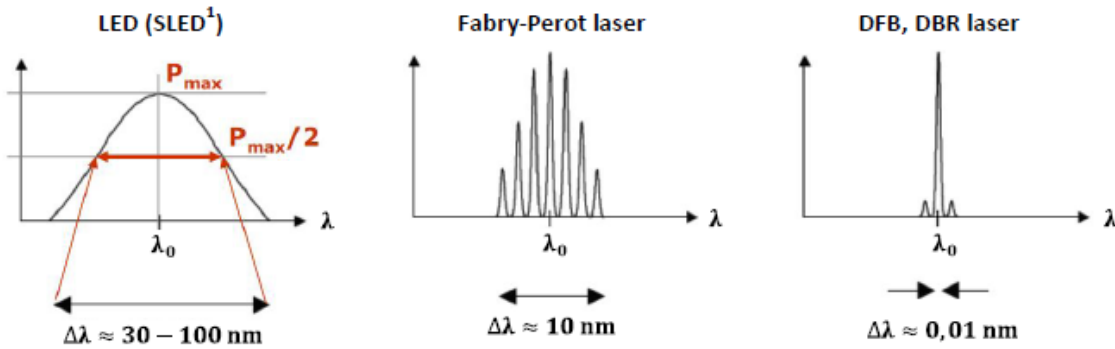
Tip	Ürün	Dağılım katsayısı D [ps / (nm × km)]	Fiber dağılım eğimi [ps / (nm ² × km)]	1550 nm'de MFD parametresi [μm]
1	TrueWave RS	2,6 ~ 6,0 1550 ~ 1565 nm	<0,050	8,4 ± 0,6
2	TrueWave XL	-1,4 ~ -4,6 1550 nm	<0,112	9,5 ± 0,6
3	TrueWave SRS	-1,4 ~ -4,8 1550 nm	<0,050	8,4 ± 0,6
4	MetroCor	-10,0 ~ -1,0 1530 ~ 1605 nm	-	7,6 ~ 8,6
5	YAPRAK	-2,0 ~ 6,0 1530 ~ 1565 nm	<0,120	9,2 ~ 10
6	TeraLight	5,5 ~ 10,0 1530 ~ 1565 nm	<0,058	9,2 ± 0,5

2.4. Optik Kaynaklar

WDM sistemleri için gereken lazerler, uzun mesafeli rotalar için gereken lazerlerle aşağı yukarı aynıdır. Ancak, bazı gereksinimler daha katıdır ve birkaç yeni gereksinim eklenmiştir. Temel gereksinimler ile ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir.

2.4.1. Spektral genişlik

DWDM sistemleri, spektrumlarında yalnızca bir çizgiye sahip lazerler gerektirir. Bunlar çoğunlukla DFB veya DBR (Dağıtılmış Bragg Reflektör) lazerleridir. Gerekli çizgi genişliği, söz konusu sistemdeki kanal sayısına ve ızgara ayrıştırıcı gibi diğer bileşenlerin toleransına bağlıdır. Hat, bitişik kanallara müdahale etmeyecek kadar dar olmalıdır. Genel olarak, çizgi genişliği ne kadar darsa o kadar iyidir. Elbette maliyetler yükselecektir. Aşağıdaki şekil (Şekil 2.12), kullanılan optik kaynakların çıkış spektrumlarını göstermektedir.



Şekil 2.12. Optik kaynak spektrumları

2.4.2. Dalga boyu kararlılığı

Uzun mesafeli bağlantıların çoğunda (tek kanal), dağılım ve modsal dağıtım gürültüsünün etkisini en aza indirmek için iyi bir taşıyıcı frekans kararlılığı ve dar bir lazer spektral çizgisi gerekir. Bir WDM sistemi için, zaman içinde dalga boyunda minimum bir değişikliğe ihtiyacımız bulunmaktadır. Birkaç saniye içinde 1-2 nm'lik bir kayma, tek kanallı WAN iletimini tehlikeye atmayabilir, ancak WDM çalışmasını kesintiye uğratabilir.

Buradaki temel sorun, lazer dalga boyunun zamanla kaymasıdır. Lazer boşluğundaki ve kenarlardaki yüksek enerji seviyesi, malzemenin kademeli olarak bozulmasına ve

dolayısıyla dalga boyunda bir kaymaya neden olur. Fosforsuz lazerlerin bu sorunu çözebildiği gözlenmiştir [32].

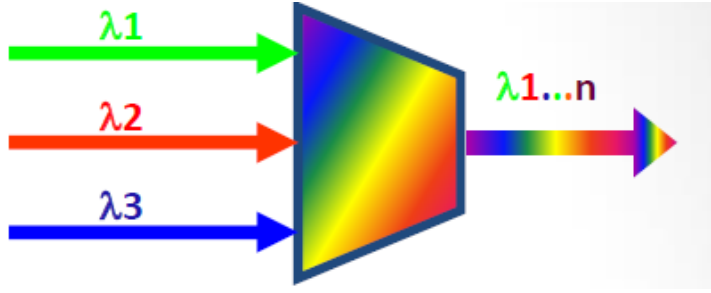
2.4.3. Ayarlanabilir lazer diyotlar

Ayarlanabilir lazer diyotları, gerekli dalga boyunu kolayca elde etmek için tasarlanmıştır. Genellikle salınım ve kontrol gibi işlevlerin her biri için birkaç bölüm içerirler. Lazer diyotlarını uygun dalga boyuna yeniden ayarlamak için devreleri olan bir kontrol işlemcisi gereklidir. Dalga boyunu yeniden ayarlamak için gereken süre, kararlılıkla birlikte bu kaynakların önemli bir parametresidir. Hem LAN hem de WAN ağlarında kullanılabilirler, ayrıca dalga yönlendiricili ağlarda da kullanılmaktadır. Bu durumda, yeniden ayarlama çok hızlı olmalı, ancak aynı derecede doğru da olmalıdır. Ancak, mevcut WDM sistemlerinin çoğunda hem verici hem de alıcı üzerinde yeniden ayarlanabilirlik gerekli değildir.

DBR lazerler genellikle, akımın ızgaradan akarken ızgaranın kırılma indisinin değiştiği ve lazerin ince ayarının yapılmasına izin verdiği yerlerde kullanılır [33].

2.4.4. Çok modlu ışık kaynakları

Çok hızlı ayarlama izin veren yaklaşımlardan biri, farklı dalga boylarında birkaç lazerin bir alt tabaka üzerinde birlikte kullanılmasıdır (Şekil 2.13). Akort, sadece aktif lazer seçilerek çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Sonunda, aynı anda birden fazla sinyal gönderilebilir. Böylece, çok modlu ışık kaynakları aynı anda farklı optik dalga boylarında salınır, böylece WDM sisteminin kesin olarak belirlenmiş bir dalga boyunda ışık kaynakları ölçeklendirmesi kullanma gereğini ortadan kaldırır. Bu ışık kaynakları WDM iletimleri için geliştirilmiştir. Spektrum paylaşım tekniği olarak adlandırılan tekniği kullanarak WDM filtreleri ve yönlendiricileri ile birlikte kullanılabilirler.



Şekil 2.13. Çok modlu lazer

2.4.5. WDM için ışık kaynakları

Çizelge 2.3 'de WDM iletimleri için ayrı optik kaynakların kullanımını görebilmekteyiz, Spektral özellikler bu kaynakların en önemli faktörlerindendir. Günümüz WDM sistemlerinde en çok LED'ler, FP-LD ve DFB-LD gibi kaynaklarla karşılaşmaktayız [34]. Ayarlanabilir lazer diyotları ve çok modlu ışık kaynaklarının çeşitli WDM uygulamalarında yaygın olarak kullanılması beklenmektedir.

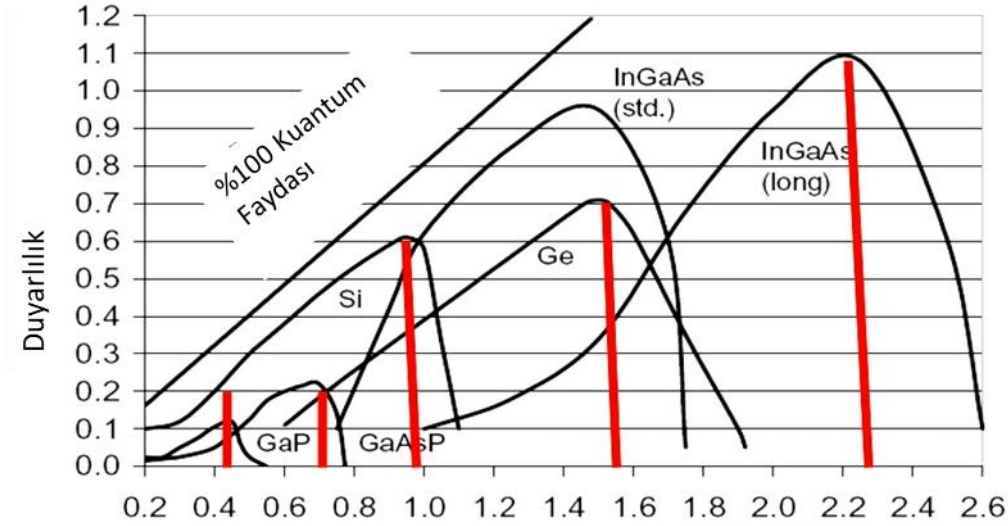
Çizelge 2.3. WDM için ışık kaynakları

	LED	FP-LD	DFB-LD	Hybrid Lazer	Diyot	SSG-LD	GCSR Laser	ASE	SC	MFL
WWDM	X	X								
CWDM		X	X		X					
DWDM					X	X	X	X	X	X

2.5. Optik Alıcılar ve Filtreler

Optik sinyalin doğrudan tespiti için temel dedektörler, PN bağlantısını kullanan fotodiyotlardır. Bu dedektörler çığ fotodiyotları (APD'ler) ve PIN fotodiyotlarıdır. Bunlar pratikte WDM sistemlerinde de kullanılmaktadır. Kullanılan malzeme tipine bağlı olarak 1,7 μm 'ye kadar geniş bir aralıktaki radyasyonu tespit edebilirler. Çalışma dalga boyu, optik çoğullama çözmede kullanılan WDM filtreleri tarafından verilir. 2.5 Gbit / s'nin üzerindeki hızlar için, bugün APD fotodiyotları yerine bir PIN fotodiyot ile optik ön yükseltmenin daha pahalı ama daha verimli bir kombinasyonu kullanılmaktadır. Her fotodiyotun önemli bir parametresi, fotodiyotun optik ve elektriksel alanı arasındaki dönüşüm faktörü olan

duyarlılık R'dir. Fotodiyot yapımında kullanılan malzemelerin hassasiyeti Şekil 2.14'de gösterilmektedir. Temel gereksinimler yüksek hassasiyet ve düşük güç tüketimidir.



Şekil 2.14. Malzemelerin optik yayılma duyarlılığı [34]

2.6. Filtreler

WDM çoklayıcının rolü, bireysel ışık ışınlarını tek bir dalga kılavuzunda birleştirmektir. Kuplörlerin veya ayırıcıların kullanılması, ışık sinyallerini tam istediğiniz şekilde birleştirmenize olanak tanır, ancak bunları her kullandığımızda optik gücün yarısını kaybederiz (zayıflama 3 dB). Örneğin 64 sinyali bu şekilde bağlarken, her kanalın çıkış gücü orijinal sinyale göre 18 dB zayıflayacaktır. Örneğin, Arrayed Waveguide Grating (AWG) dalga kılavuzları, 64 kanallı füzyon örneği için yalnızca 5 dB'lik bir toplam kayıp elde eder [35].

Demultiplexer'ın görevi, ışık demetini dalga boyuna göre kısmi ışınlara bölmektir. Bununla birlikte, çoğullama çözücü genellikle her zaman seçici üyeler içerir. Genellikle seçici üyeler karşılıklıdır ve bu nedenle hem çoğullama hem de çoğullama çözme için kullanılabilir. Filtreler ilkelerine göre, girişim, dağılma veya ayarlanabilir / sabit olarak ayrılırlar. WDM teknolojisinde kullanılan filtreler genel bir bakış aşağıdaki gibidir:

Ayarlanabilir filtreler

I. Standart (tipik olarak Fabry-Perot)

II. Mach-Zehnder interferometresi (MZI)

III. Akustik Optik Filtre (AOF)

IV. Elektro-optik

V. Sıvı kristalli Fabry-Perot

Sabit filtreler

a) Dizili Dalga Kılavuzu Izgarası (AWG)

b) Bragg Izgaraları (FBG)

c) İnce Film Filtresi (TFF)

Çizelge 2.4, ayarlanabilir filtrelerin temel parametrelerini gösterir.

Çizelge 2.4. Ayarlanabilir optik filtreler

Filtre tipi	Yaklaşık ayar aralığı [nm]	Yeniden ayarlama süresi [μ s]
Fabry-Perot	500	1 000- 10 000
Akustik-optik	250	~ 10
Elektro-optik	16	0,001- 0,010
Sıvı kristalli Fabry-Perot	50	0,5- 10

Demultiplexing içerisinde, Bragg ızgaralı sirkülatörler, Fabry-Perot filtreli dağıtım alanları, Littrow ızgaraları veya temelde AWG olarak çalışan dalga yönlendiricisi (Dalga Kılavuzu Izgara Yönlendiricileri, WGR'ler) kullanır.

Uygulamada, optik ızgaralar veya parazit filtreleri ile çalışan WDM sistemleri en sık kullanılanlardır. Az sayıda iletilen kanala sahip sistemler, birkaç dalga boyunda ışık yayan ışık kaynakları kullanılarak gerçekleştirilebilir veya kombine dedektörler Ayarlanabilir lazerlerle birlikte, esnek ve dinamik olarak yeniden yapılandırılabilir ağları uygulamak için ayarlanabilir optik filtreler kullanılabilir. Çizelge 2.5’de daha sonra bireysel dalga seçici üye teknolojilerinin özelliklerinin bir özeti bulunmaktadır.

Çizelge 2.5. Optik filtre teknolojilerine genel bakış

Teknoloji	Kayıp [dB]	Kanal aralığı [GHz]	Karışma [dB]	Ayarlanabilirlik	İleri Teknoloji
FBG	0,5	50	30	Evet	Yüksek
TFF	1	100	12	Evet	Yüksek
AWG	6	50	30	Numara	Yüksek
MZI	1	50	30	Numara	Yüksek
AOF	3	100	15- 20	Evet	Düşük
DCE	5	50	30	Evet	Yüksek

2.7. Optik Yükselteçler

Optik sinyaller, yükseltmeye gerek kalmadan, tipik olarak 80 km gibi uzun mesafelerde iletilebilse de optik ağlar ve özellikle uzun mesafeli bağlantılar tercihen optik yükselticiler kullanır [36].

Optik kazanç, optoelektronik kazançtan farklıdır, çünkü yalnızca sinyalin gücünü artırır, ancak şeklini ve zamanlamasını geri getirmez. Bu tip optik yükselticilere 1R (yeniden yükseltme) adı verilir ve veri şeffaftır (yükseltme sinyal modülasyonundan bağımsızdır). İkinci tip yükselteç, önce optik ışını bir elektronik veri sinyaline dönüştürür ve ardından sinyali tekrar optik olarak iletir. Bu işleme 3R (yeniden yükseltme, yeniden şekillendirme, yeniden zamanlama) denir. Yani bu yükseltme, şekil kurtarma ve zamanlama ile de ilgilidir. Şekil restorasyonu çoğu gürültüyü ortadan kaldırır. Öncelikle dijital olarak modüle edilmiş sinyaller için tasarlanmıştır, ancak analog sinyaller için de kullanılabilir. Zamanlama sıfırlama, sinyali orijinal zaman dilimi ve bit hızı ile senkronize eder. 2R sistemleri de vardır, ancak bugünün araştırmaları daha çok gelecek vaat eden 3R rejenerasyonuna odaklanmaktadır.

3R rejeneratörleri ilk DWDM sistemleri ile ortaya çıktı. Bu nedenle WDM sistemlerinde kullanılabilirler, ancak yükselticilerdeki çoklayıcıların ve çoğullayıcıların sınırlı kurulumu nedeniyle, elektriksel alana dönüştürülmeden optik yükselticilerin kullanılması daha avantajlıdır. Dezavantajı, optik yükselticilerin yalnızca optik sinyali değil aynı zamanda gürültüyü de yükseltmesidir. Aynı zamanda, yükseltecin kendisi optik yola gürültü (Yükseltilmiş Kendiliğinden Yayılma, ASE) getirir. WDM yükselteçlerinin en önemli özelliği, yükseltmeleri, çıkış güçleri ve özellikle yükseltilmiş dalga boylarının aralığıdır.

Optik yükselteçler iki temel gruba ayrılabilir: Optik Fiber Yükselteçler (OFA) ve Yarı İletken Optik Yükselticiler (SOA). OFA ve SOA yükselteçlerinin genel bir karşılaştırması Çizelge 2.6'da verilmiştir. Bu yükselteçlere ek olarak birde Raman fiber yükselteç (RFA) bulunmaktadır.

Çizelge 2.6. OFA ve SOA'nın özellikleri

Özellikleri	OFA	SOA
Maksimum dahili kazanç [dB]	25- 30	20- 25
Dahili kayıplar [dB]	0.1- 2	6- 10
Polarizasyon hassasiyeti	Biraz	<2 dB
Doğrusal olmayan fenomenlerin uygulanması	Biraz	Evet
Çıkış doygunluk gücü [dBm]	13- 23	5- 20
Gürültü değeri [dBm]	4- 6	7- 12

2.8. Sübvansiyonlu Fiber Yükselteçler

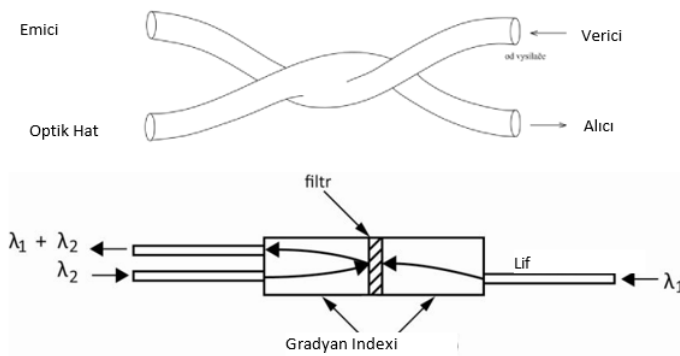
Bu yükselteçler, lazerlere benzer şekilde uyarılmış yayılma ile foton oluşturma ilkesine dayanmaktadır. Nadir toprak elementleri (Lantanoidler) ile katkılı, bir metre ile onlarca metre uzunluğunda özel bir optik fiberdir. Uyarılmış yayılmanın gerçekleştiği yer burasıdır. İterbiyum, Thulium, Praseodimyum, Neodimyum katkı maddesi olarak kullanılabilir, ancak en yaygın katkı maddesi Erbiyum'dur. Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteçlerin (EDFA) temel güçlendirilmiş bandı 1525- 1560 nm'dir [37]. Bu, yaklaşık 40 nm aralığında bir kazanç ile yardımcı katkılar ve yükselteçler kullanılarak genişletilebilir. İterbium, Erbiyum gibi 1550 nm penceresinde yükseltme sağlar, Tulyum 1400 nm bölgesinde çalışır ve Praseodimyum ve Neodimyum 1310 nm penceresinde yükseltme sunar [38]. EDFA'ya ek olarak, Praseodimyum-Doped Florür Fiber Amplifier (PDFFA) veya Yb-doped fiber yükselteç [38] gibi bir dizi sübvansiyonlu yükselteç vardır.

2.8.1. Erbiyum katkılı fiber yükselteçler

Yükseltme enerjisi, bir dalga seçici kuplör aracılığıyla katkılı fibere bağlı bir pompalama lazerinden (lazer pompası) pompalanır. EDFA için kullanılan bağlantı elemanlarının bir karşılaştırması Çizelge 2.7'de bulunabilir. Lazer pompasından gelen yayılma sayesinde fiberdeki katkı atomları daha yüksek bir enerji seviyesine uyarılır. Bu, iletilen sinyalin

uyarılmış atomları iletilen sinyalle aynı dalga boyunda ve fazda foton yayması için uyarmasına izin verir. Pompa lazer diyotu 980 veya 1480 nm dalga boyuna sahiptir (bugün mevcut diyotlar 450 mW güce sahiptir). 980 nm'de pompalama yaklaşık 10 dB/mW'lık bir kazanç gösterirken, 1480 nm'de pompalama yaklaşık 5 dB/mW'lık bir kazanıma sahiptir.

Tipik kazanç 30 dB'dir, ancak 51 dB kazanç deneysel olarak bulunmuştur [38]. Burada, maksimum kazanç Rayling geri saçılması ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 2.15. Kaynaklı lifler [38] ve ince film girişim filtresi

Çizelge 2.7. EDFA için dalga seçici kuplörlerin karşılaştırılması [38]

Özellik	Fiber	Girişim filtresi
Yalıtım [dB]	20	60
Maks. Giriş kayıpları [dB]	0,4	0,4
Geri yansıma [dB]	-55	-68
Polarizasyona bağlı kayıplar [dB]	≤ 0.1	0.015
Sıcaklık kararlılığı [dB / ° C]	$\leq 0,002$	$\leq 0,005$
[nm] bandı aracılığıyla	20	30 (@ 980 nm) 60 (@ 1550 nm)

Temel olarak, EDFA yükselteçleri 3 tipe ayrılır:

- İletim sisteminin sonunda mikserin hemen arkasında bulunan güç yükselteci (Booster). Giriş gücü seviyesi nispeten yüksektir, bu nedenle amplifikatör bu sinyali barındırabilmelidir. Buradaki sınırlayıcı faktör, yükseltecin toplam çıkış gücüdür.

- Örneğin, 10 kanalı -5 dBm'den 8 dBm'ye yükseltmek için, toplam yükselteç çıkış gücü 3 dBm'lik (2 mW) 10 kanal olacaktır. Bu durumda yükseltecin gerekli gücü 20 mW'dir.
- Hat yükselteci nispeten düşük bir sinyal seviyesi alır ve bunu mümkün olan en büyük çıkış sinyaline yükseltmelidir (30 dB iyi bir sayıdır). Yaklaşık 70- 100 km [40] mesafelerde yerleştirilirler. Kazanç, gürültü ve genel çıkış gücü burada sınırlayıcıdır.
- Ön yükselteç özellikle hassas olmalı, düşük seviyede giriş gürültüsüne sahip olmalı ve yeterli kazanca sahip olmalıdır. Ancak, genellikle yüksek bir çıkış sinyali seviyesi gerekli değildir. Yeterli bir çıkış seviyesi kanal başına -20 dBm olabilir.

Birkaç EDFA yükselteç uzun menzilli ve kademeli olarak çalışıyorsa, aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır:

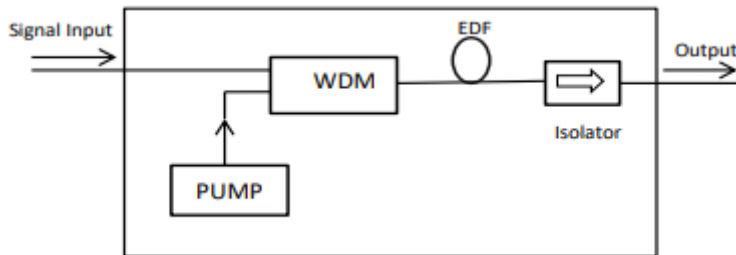
Kazanç spektrumunun dinamik doğrusal olmaması

Hızlı geçici güç dalgalanmalarının üretilmesi

Yükselteç tarafından üretilen gürültü (ASE)

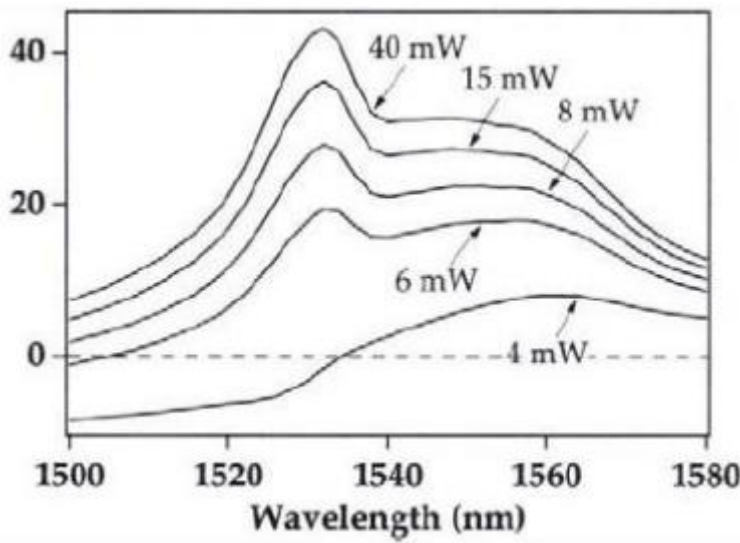
Polarizasyona Bağlı Kazanç (PDG; Polarizasyona Bağlı Kayıp, PDL; Polarizasyon Modu Dağılımı, PMD)

EDFA'nın avantajı, veri şeffaflığı, kanallar arasında düşük karışma, nispeten düşük gürültü rakamı, teorik 3dB sınırına yaklaşması ve ayrıca WDM sistemlerinde farklı dalga boylarında kazanıma izin veren geniş bir kazanç bandıdır. C ve L bantlarında güvenilir bir şekilde çalışır, ancak O ve S bantları için florür fiberleri veya Raman yükselteci kullanmak gerekir [39]. EDFA yükseltecinin blok yapısı Şekil 2.16'da gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Erbiyum katkılı fiber yükselteç blok şeması [40]

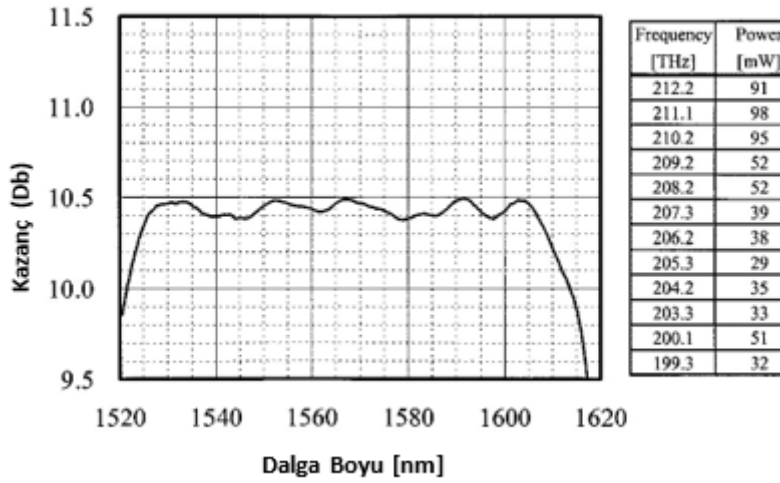
Optik yükselteçlerin sınırlaması, spektrumun eşit olmayan yükseltilmesidir. EDFA'nın yükseltme spektrumu Şekil 2.17'de gösterilmektedir. Bir optik yükselteç, bir dizi dalga boyunda yükseltme sağlasa da tüm spektrumunu eşit olarak büyütmek zorunda değildir. Bu özelliğe, optik yükselteçlerin gürültüyü de yükseltmesi ve yükseltecin aktif alanının kendiliğinden fotonlar yayabilir ve bu da gürültüye neden olur. Bu nedenle, bir dizi yükselteç üzerinden birden fazla dalga boyunda sinyal iletimi, her dalga boyunda eşit olmayan güçle sonuçlanabilir. Bir dizi EDFA yükselticisinin kazancını dengelemek için bir dizi yöntem vardır.



Şekil 2.17. EDFA'nın kazanç spektrumu [40]

2.9. Fiber Raman Yükselteçler

Bu tip yükselteç, yeni uzun mesafeli ve ultra uzun fiber optik iletim sistemleri için geliştirilmiştir. Raman yükselteçlerinin birkaç önemli avantajı vardır. Raman yükseltmesi, mevcut sistemlere uygun maliyetli bir çözüm ve kolay uygulama getiren her optik fiberde bulunur. Kazanç rezonanssızdır, 0,3 ila 2 μm aralığında fiberin tüm iletim alanında kullanılabilir. Diğer bir avantaj, pompalanan dalga boyunu değiştirerek güçlendirilmiş spektrumun kolay ayarlanmasıdır. Dalga bandını genişletmek ve düz bir spektrum sağlamak için birkaç pompa kullanılabilir. Ek olarak, Raman Fiber Güçlendiriciler (RFA'lar) nispeten geniş bantlıdır, kazanç spektrumu 20-30 THz'dir [41] ve kazanç, geniş bir dalga boyu aralığında nispeten düzdür (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. 80 nm üzerinde düz kazançlı RFA yükseltecinin kazanç spektrumu [41]

Ancak, Raman yükseltmesi dB kazanç başına yüzlerce miliwatt düzeninde yüksek güçlü pompalama gerektirir, EDFA ise dB başına sadece onlarca miliwatt yeterlidir [41]. Bu dezavantaj, gerekli dalga boylarında yüksek güçlü pompa lazerlerinin yetersiz mevcudiyeti ile birleştiğinde, başlangıçta RFA'nın gelişimini engellemiştir. Daha yüksek pompalanan güç, aynı zamanda, dört dalgalı karıştırma (FMW) gibi doğrusal olmayan olayların daha yüksek oranda görülmesine neden olmaktadır.

Optik sinyali yükseltmek için dalga kılavuzundaki güçlü Raman saçılması kullanılır. Gelen fotonun enerjisinin (Raman pompa lazeri) daha uzun dalga boyuna sahip bir optik dalgaya, sözde Stokes dalgasına ve optik fonona aktarıldığı, doğrusal olmayan (elastik olmayan) bir saçılma. Stokes dalgasının dalga boyunda ışığı yansıtan bir filamanın uçlarına bir çift Bragg ızgarası yazarak, o dalga boyu için bir rezonatör elde ederiz. Stokes dalgası daha sonra, enerjiyi pompadan karşılık gelen Stokes dalgasına etkin bir şekilde aktaran uyarılmış Raman saçılması ile güçlendirilir. Ek rezonatörler kullanarak, birkaç kapsüllenmiş rezonatör oluşturabilir ve tüm süreci 13.2 THz'lik sabit bir adımla daha uzun dalga boylarına taşıyabiliriz [41].

İletim kapasitesine yönelik artan talepler ve 1400 nm bant için pompa diyotlarının ticari olarak bulunmasıyla, Raman fiber yükselteçler DWDM sistemlerinde giderek daha sık kullanılmaktadır. EDFA'dan daha fazla bant genişliği ve ayrıca daha az gürültü rakamı sunar. Varsayılan olarak, fiber optik sinyal yayılma yönüne karşı pompalanır (pompalama

lazeri alıcı tarafındadır). Bu, Raman yükselmesi sayesinde tekrarlayıcı olmadan iletim mesafesini önemli ölçüde uzatır.

2.10. Yükselteçlerin Karşılaştırılması

Her bir yükselteç için ayrı yükselteçlerin kullanım alanı ve WDM sistemlerinde kullanımları anlatılmaya çalışılmıştır. Doğru yükseltecin seçimi veya bunların uygun bir karakteristikle kombinasyonu, gerekli uygulama tarafından verilir. Çizelge 2.8'de en önemli parametrelerin bir karşılaştırması görülmektedir.

Çizelge 2.8. Yükselteç özellikleri [41]

Yükselteç tipi	Kazanç alanı [nm]	Bant genişliği [nm]	Maksimum kazanç [dB]
Yarı iletken	-	40	25
EDFA	1 525- 1 560	35	30
PDFFA	1 280- 1 330	50	30
RFA	300- 2 000	100	20

İletim sistemlerinde gönderilen ve alınan veriler arasındaki farklılıklar performans ölçümleri ve sistemin temel göstergeleri üzerinden takip edilebilmektedir, bu aşamada sistemlerin temel göstergeleri ile ilgili kısımlar incelenecektir.

İletim yolundaki olumsuz olayların bir sonucu olarak, WDM sistemlerinde kritik olan karışma meydana gelir. Çapraz konuşma, bireysel dalga boylarını filtreleyen ve ayıran bir cihazda meydana gelir. Belirli bir kanala yönlendirilen optik radyasyonun küçük bir kısmı aslında bitişik (veya başka) bir kanala düşer. Bir kanaldan gelen bir sinyal diğerine geçerse, o kanalda gürültüye neden olur. Bu, sinyal-gürültü oranının (SNR) kötüleşmesine ve sonuç olarak sistem hata oranında bir artışa neden olur. Bu nedenle, karışma "en kötü durum senaryosu" olarak kabul edilir. Giriş sinyali seviyesi ile bitişik kanaldaki yoğunluğu arasındaki dB cinsinden kayıp olarak ifade edilir. Genel olarak, 30 dB kabul edilebilir bir değer olarak bilinmektedir.

2.11. Zayıflama

Metalik hatlarda olduğu gibi, optik fiberdeki sinyal g¼c¼, sinyal kaynağından uzaklaştıkça kademeli olarak azalır. Optik fiberin zayıflaması dB olarak verilir ve ilişkiye g¼re belirli bir dalga boyu λ için giriş ışık ıkışı P1 ve çıkış ışık ıkışı P2 oranı olarak tanımlanır [42].

Zayıflama, bir fiberdeki optik enerji kaybının genel bir ¼l¼s¼d¼r. Optik fiberin çekirdeğindeki ve kılıfındaki absorpsiyona ve saçılmaya bağlıdır. Daha y¼ksek g¼r¼ř daha fazla zayıflamaya sahiptir ve bu nedenle tek modlu fiber (SMF), çok modlu fiberden (MMF) daha d¼ř¼k zayıflamaya sahiptir. Absorpsiyon hızı ve saçılma miktarı, iletilen sinyalin dalga boyuna ve belirli bir optik fiberin ¼zelliklerine bağlıdır. G¼n¼m¼z¼n dalga kılavuzlarındaki çoğu optik kayıp, esas olarak saçılmadan kaynaklanır. Kayıplar ayrıca fiberin enine boyutlarındaki, mekanik veya termal stresindeki tesad¼fi dalgalanmalardan da kaynaklanır.

Doğrusal olayların temel b¼l¼m¼ aşağıdaki gibidir:

- Dahili zayıflama
- Malzeme emilimi
- Kendi kendini soğurma
- Yanlış emilim
- Malzeme dağılımı
- Doğrusal Rayleigh saçılması
- Mie saçılması
- Compton saçılması
- Stokes saçılması
- Dış zayıflama
- Dağınık yansıma
- Geometrik ve malzeme homojensizlikleri
- Eğilme kayıpları
- Mikro b¼k¼lme kayıpları
- Makro b¼k¼lme kayıpları

2.12. Bit Hata Oranı – BER (Bit error rate)

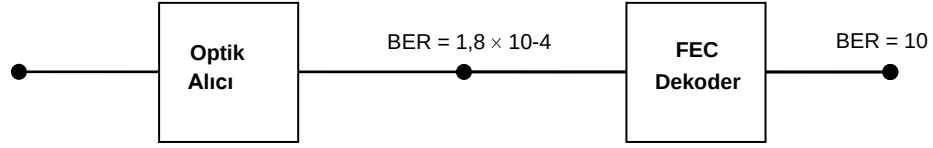
BER iletim hata oranını kullanarak dijital sinyal iletiminin kalitesi değerlendirilmektedir. BER, hatalı olarak iletilen bitlerin sayısının iletilen toplam bit sayısına oranıdır. ITU-T'ye göre iletim yolunun sonunda alınan sinyalin minimum BER değeri 10^{-12} 'den kötü olmamalıdır. Bu değer, her bir optik kanal için ve aynı zamanda iletim yolunun aşırı zayıflaması ve maksimum dağılım durumu için geçerlidir. Ancak bu, oldukça yüksek alıcı güçleri ve küçük kullanılabilir iletim bant genişlikleri gereksinimine yol açar. BER'i iyileştirmek için FEC (Forward Error Correction) düzeltme kodlarını kullanmak veya başka bir optik alıcı kullanmak gerekir. FEC kullanılıyorsa, bu kodların uygulanmasından sonra gerekli BER değeri dikkate alınır. Diğer uygulamalar için FEC uygulanmadan BER belirtilmesi gerekir.

2.13. Sinyal Gürültü Oranı (OSNR)

Sinyal kalitesini değerlendirmek için optik sinyal gücünün gürültü gücüne oranını belirtir. Zayıflama, optik sinyal yükseltilerek telafi edilebilir. Bununla birlikte, optik yükselteç gürültünün yanı sıra sinyali de yükseltir. Zaman ve mesafe içinde, alıcı sinyali gürültüden ayırt edemez ve sinyal tamamen kaybolur. Optik yükselteçler, pasif ve aktif elemanlar (örneğin lazerler) gibi kanala belirli bir miktarda gürültü ekler [43].

2.14. İleri Hata Düzeltme (FEC)

İleri düzeltme kodları, günümüzde yüksek kapasiteli uzun mesafeli optik iletim sistemlerini önemli ölçüde iyileştirmenin bir yoludur. İleriye dönük hata düzeltme, örneğin kablosuz iletişim sistemlerinde uzun süredir kullanılmaktadır. FEC, iletim sistemlerinin kod çözmeden önce (10^{-3} - 10^{-6}) nispeten yüksek BER değerlerini kabul etmesine izin verir, böylece bireysel ögeler için daha düşük gereksinimlere ve veri bağlantısının maliyet verimliliğine katkıda bulunur. Standart Reed-Solomon (RS) kodu (255,239), ITU-T Tavsiyesi G.975'i açıklar.



Şekil 2.19. Optik alıcıda FEC kullanma

3. MAKİNE ÖĞRENME METOTLARI

Genel olarak baktığımızda büyük networkler diyebileceğimiz networklerde yüksek kapasite ve hız ihtiyacını karşılamak adına DWDM sistemleri kullanılmaktadır , Operatörlerde genel olarak üreticiden bağımsız olacak şekilde hareket edilmektedir , buradaki amaç üretici maliyetlerini minimize edebilmek ve teknoloji olarak tek bir üreticiye bağlı kalmadan ilerleyebilmektir, büyük operatörler bu yöntemi seçerek maliyet ve teknolojik bağımlılık adımlarında olumlu sonuçlar alabilmekte fakat sistemlerin farklı üreticiler ile uçtan uca performans takibinin yapılabilmesi ve sistemlerin kendi içerisinde alarm , ölçüm yöntemi vb farklılıkları nedeniyle zorluklar yaşanabilmektedir. İlerleyen süreçte bu durumla ilgili yapılan çalışmalar detaylı şekilde aktarılacaktır, Makine öğrenme algoritmaları ile işgücünden ve yukarıda bahsedilen olumsuzluklarda minimize edilebilmektedir, ilerleyen bölümlerde detaylı şekilde bu konu aktarılacaktır.

3.1. Random Forest

Sınıflandırma işlemi esnasında birden fazla karar ağacı üreterek sınıflandırma değerini yükseltmeyi hedefleyen bir algoritmadır. Bireysel olarak oluşturulan karar ağaçları bir araya gelerek karar ormanı oluşturur. Buradaki karar ağaçları bağlı olduğu veri setinden rastgele seçilmiş birer alt kümedir [44].

3.2. Decision Tree

Sınıflama, özellik ve hedefe göre karar düğümleri (decision nodes) ve yaprak düğümlerinden (leaf nodes) oluşan ağaç yapısı formunda bir model oluşturan bir sınıflandırma yöntemidir. Karar ağacı algoritması, veri setini küçük ve hatta daha küçük parçalara bölerek geliştirilir. Bir karar düğümü bir veya birden fazla dallanma içerebilir. İlk düğüme kök düğüm (root node) denir. Bir karar ağacı hem kategorik hem de sayısal verilerden oluşabilir [45].

3.3. Boosted Trees Regression

Güçlendirilmiş regresyon ağaçları, ağaç tabanlı yöntemlerin önemli avantajlarını içerir, farklı türdeki tahmin değişkenlerini ele alır ve eksik verileri barındırır. Önceden veri

dönüştürmeye veya aykırı değerlerin ortadan kaldırılmasına ihtiyaç duymazlar, karmaşık doğrusal olmayan ilişkilere uyabilir ve tahminciler arasındaki etkileşim etkilerini otomatik olarak işleyebilirler. BRT'ye birden fazla ağaç sığdırmak, tek ağaç modellerinin en büyük dezavantajının üstesinden gelir: nispeten zayıf tahmin performansları. Metrobüs modelleri karmaşık olmasına rağmen, güçlü ekolojik içgörü sağlayacak şekilde özetlenebilirler ve tahmin performansları çoğu geleneksel modelleme yöntemlerinden üstündür [46].

3.4. Linear Regression

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi modellemede kullanılan metotlar arasında en yaygın olanıdır. Bağımlı değişkeni tahmin etmek için kurulan modelde giriş olarak tek bir bağımsız değişken kullanılıyorsa tekli regresyon, birden fazla bağımsız değişken kullanılıyorsa çoklu regresyon analizi olarak adlandırılır. Bağımlı ve bağımsız değişken ya da değişkenler arasındaki ilişki doğrusal (lineer) olabileceği gibi eğrisel de olabilir. Regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edinilebilir. Çoklu Lineer Regresyon'da n adet bağımsız değişken ($X_1, X_2, X_3 \dots X_n$) ile bağımlı değişken (Y) arasındaki doğrusal ilişki bulunmaktadır [47].

3.5. Ridge Regression

Çoklu doğrusal bağlantı olduğunda yanlış tahmin yöntemlerinden Ridge Tahmin Yöntemi gerekli olan tüm değişkenlerin modele alınmasını sağlar. Bu yöntem çoklu doğrusal bağlantı olduğunda EKK kestirimlerinden daha küçük varyanslı parametre kestirimlerinin elde edilmesini ve modelden gereksiz değişkenlerin çıkarılmasını amaçlamaktadır [48].

3.6. Lasso

En Az Mutlak Büzülme ve Seçim Operatörü Regresyonu (kısaca Lasso Regresyonu olarak adlandırılır), Doğrusal Regresyonun başka bir düzenlenmiş versiyonudur. Tıpkı Ridge Regresyonu gibi, maliyet fonksiyonuna bir düzenleme terimi ekler, ancak ağırlık vektörünün L_2 normunun karesinin yarısı yerine L_1 normunu kullanır [49].

3.7. Elastic Net Regression

Katsayıların hem L1 hem de L2 norm düzenlileştirmesi ile eğitildiği doğrusal bir regresyon modelidir. Elastic Net, Ridge Regresyonu ve Lasso Regresyonu arasında bir orta yoldur. Düzenlileştirme terimi hem Ridge hem de Lasso'nun düzenlileştirme terimlerinin basit bir karışımıdır ve karışım oranı r katsayısı ile kontrol edilebilmektedir. $r = 0$ olduğunda, Elastic Net, Ridge Regresyonuna eşdeğerdir ve $r = 1$ olduğunda ise Lasso Regresyonuna eşdeğerdir [50].

4. TASARLANAN SİSTEMİN UYGULAMASI

Haberleşme sistemlerinde taşınan servislerin kalitelerini etkileyen en önemli faktörler alarm ve performans metrikleridir. Üretici firmaların farklı terminolojileri ve yönetim sistemlerini kullandıkları için operatörler tarafından adaptasyon sürecinde zorluklarla karşılaşmaktadır. DWDM sistemleri uluslararası kuruluşlar tarafından genel standartları belirlenmiş sistemler olup farklı tedarikçi firmalar tarafından aynı amacın farklı yapıda cihazlar ile yapılabilmesi sağlanmıştır. Genel standartlar çerçevesinde DWDM sistemleri üzerinden taşınan telekomünikasyon verilerinin herhangi bir hata ya da bozulmaya uğramadan varmaları gereken yerlere taşınabilmesi için sistemlerin birtakım parametrelerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Kontrol edilmesi gereken bu parametrelerle ilgili veriler ilgili bölümlerde paylaşılmıştır. Farklı tedarikçilere ait sistemler kontrol edilerek taşınan servisin kalitesinin artırımı için gerekli aksiyonların tespiti sağlanmıştır.

4.1. Kavramsal Tasarım

Aynı servis etkisine sahip olan farklı üreticilerin farklı şekilde ifade ettiği kalite metriklerinin ve alarm sistemlerinin eş baza getirilebilmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan 3 farklı üreticinin alarm ve performans göstergeleri tek bir platformda yönetim sistemlerinden farklı metodlarla toplanmıştır.

4.1.1. Üretici performans verilerine erişim metodları

Bu çalışmada kullanılan 3 farklı üretici ihtiyaç duyulan verileri dış ortama aşağıdaki 3 metodla vermektedir;

SSH (Secure Shell)

İhtiyaç duyulan topoloji alarm ve performans bilgileri, optik ölçüm değerler vb. A üreticisinden SSH ile alınmaktadır. Bu Metodun kullanılabilmesi için öncelikle platformun ilgili ekipmanların tamamına IP üzerinden doğrudan erişimleri olmalıdır. Bu çalışmada kullanılan platform ile canlı networkte kurulu DWDM cihazların haberleşmesi DCN (Data Communication Network) ismi verilen kontrol altyapısı vasıtasıyla sağlanmaktadır. Şekil

4.1’de DCN Yapısı ve DWDM cihazlar görülebilmektedir. Platform ve cihazlar arasında DCN üzerinden IP erişimi sağlandıktan sonra aynı anda birden çok sisteme bağlanarak çalışan scriptler vasıtasıyla üretici firmanın belirlediği komut dizisi kullanılarak ihtiyaç duyulan topoloji alarm performans vb. parametreleri alınmakta ve database’e yazılmaktadır.



Şekil 4.1. SSH komut şematik yapısı

SFTP (Secure File Transfer Protocol)

B Üretici firmasına ait DWDM sistemlerindeki topoloji alarm ve performans metrikleri, ilgili firmanın yönetim sistemi üzerindeki belirtilen alanda bulunan dosyalar SFTP yöntemi ile alınmıştır. İhtiyaç duyulan veriler B Firmasının kendi yönetim sistemi üzerinde oluşturduğu batch file’lar aracılığı ile sağlanmaktadır. Şekil 4.2’de platform ile yönetim sistemi arasındaki veri transferi şematığı gösterilmektedir.



Şekil 4.2. SFTP veri transfer şematığı

NBI (North Bound Interface)

C Üretici firmasına ait DWDM sistemlerindeki topoloji alarm ve performans metrikleri, ilgili firmanın yönetim sistemi üzerindeki belirtilen alanda bulunan dosyalar Platform tarafından gönderilen NBI komutları vasıtasıyla platform üzerindeki ilgili alana iletilmektedir. Şekil 4.3'te platform ile yönetim sistemi arasındaki veri transferi şematığı gösterilmektedir.



Şekil 4.3. NBI veri transfer şematığı

4.1.2. Üretici performans verilerinin işlenmesi

Yukarıda bahsedilen verilere erişim yöntemi sonrasında platform üzerinde işlenen bu veriler ile uçtan uca performans alarmı vb. takipler üretici bağımsız yapılabilecek hale getirilmektedir.

SSH üzerinden alınan veriler

Üretici firma tarafından belirlenen komut dizileri aynı anda birden çok sisteme erişen scriptler vasıtasıyla DWDM cihazları üzerinde çalıştırılarak, sistemden alınan sorgu cevapları loglanmakta ve text editörleri vasıtasıyla ayrıştırılarak veritabanı üzerinde oluşturulan tablolarda ilgili yerlere yazılmaktadır. Şekil 4.4'te komut satırı görülebilmekte olup, çalıştırılan script vasıtasıyla alınan verilerin veritabanı'na işlenmiş hali Şekil 4.5'te görülmektedir.

```

5 con_db.autocommit = True
6 cur2 = con_db.cursor()
7 def pss_tpy(ipss,usser_,pass_):
8
9     import time
10    import re
11    import psycpg2
12    import socket
13    import paramiko
14    import datetime
15    from paramiko.ssh_exception import BadHostKeyException, AuthenticationException, SSHException
16    paramiko.util.log_to_file('pss_ssh.log')
17    global log_dosyasi
18    log_dosyasi=open('ssh_'+ipss+'log', 'a')
19    bugun = datetime.date.today()
20    log_dosyasi.write("\n===== "+str(bugun)+"===== \n\n")
21
22    print ("\n===== "+str(ipss)+"===== \n\n")
23    time.sleep(1)
24
25    def e_cmd(karakter_sayisi, cmd, b_cmd):
26        sayac = 0
27        chan.send(cmd + '\n')
28        time_out = time.time()
29        delta=0
30        while not chan.recv_ready():
31            time.sleep(0.2)
32            delta = time.time() - time_out
33            if delta >= 10:
34                print(str(ipss)+"while timeout oldu")
35                break
36        buff = ' '
37        time_out=time.time()
38        delta=0
39        while (buff[karakter_sayisi:-1] != b_cmd):

```

Şekil 4.4. SSH ile verilerin işlenmesi için örnek komut satırı

i_id_a	tpgya_id_s	tpgyb_id_s	link_no	dwdm_a	dwdm_b	line_a	kart_a	sfb_a	abz	line_b	kart_b	sfb_b
35	9.149	9.057	L35059	2.114	1.909	2/2/LINE	AHPHG	SL-16.20	18.34	1/2/LINE	AHPHG	SL-16.20
35	9.083	9.142	L35064	1.914	2.117	3/2/LINE	AHPHG	SL-16.20	8.05	2/2/LINE	AHPHG	SL-16.20
72	7.706	7.956	L72001	1.614	1.600	2/2/LINE	ALPHG	SS-16.20	8.49	1/3/LINE	ALPHG	SS-16.20
48	9.087	9.089	L48036	2.104	2.105	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20	4.33	1/2/LINE	AHPLG	SS-16.20
47	9.175	9.176	L47023	1.566	1.574	3/2/LINE	ALPHG	SS-16.20	3.77	1/2/LINE	ALPHG	SS-16.20
32	7.741	7.878	L32009	1.514	1.512	1/2/LINE	AHPLG	SS-16.20	4.52	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20
31	7.958	8.263	L31003	1.926	1.922	1/2/LINE	AHPHG	SS-16.20	8.99	2/2/LINE	AHPHG	SS-16.20
27	8.926	8.403	L27025	1.639	1.693	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20	5.32	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20
27	8.836	8.971	L27017	1.698	1.695	1/3/LINE	AHPLG	SS-16.20	2.91	3/2/LINE	AHPLG	SS-16.20
64	9.167	9.079	L64011	2.119	2.089	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20	10.03	2/3/LINE	AHPLG	SS-16.20
35	7.541	8.778	L35048	1.918	1.917	1/2/LINE	AHPLG	SS-16.20	2.85	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20
20	7.532	8.443	L20014	1.866	1.863	1/2/LINE	AHPHG	SS-16.20	9.81	1/2/LINE	AHPHG	SS-16.20
48	7.547	8.123	L48020	1.743	1.728	1/2/LINE	AHPHG	SS-16.20	9.5	1/3/LINE	AHPHG	SS-16.20
35	7.562	7.526	L35038	1.906	1.903	1/2/LINE	AHPLG	SL-16.20	7.22	1/2/LINE	AHPLG	SL-16.20
31	7.546	8.431	L31036	1.945	1.946	1/2/LINE	AHPLG	SS-16.20	4.72	2/2/LINE	AHPLG	SS-16.20

Şekil 4.5. SSH ile işlenen verilerin veritabanı çıktısı

SFTP üzerinden alınan veriler

Üretici firma tarafından yönetim sistemleri üzerinde oluşturulmuş topoloji alarm ve performans dosyaları platform üzerindeki SFTP client vasıtasıyla transfer edildikten sonra,

dosyaların içerisindeki ilgili ve ihtiyaç duyulan ölçüm değerleri platform üzerindeki text editör scriptleri tarafından ayrıştırılarak veritabanı üzerinde ilgili tablolara yazılmaktadır.

NBI (North Bound Interface)

Platform üzerinde çalıştırılan NBI komutları vasıtasıyla üretici sistemin yönetim sistemi üzerindeki dosyalar yönetim sistemi tarafından platforma gönderilmektedir. SFTP formatına benzer şekilde işlemler yapılmaktadır.

4.1.3. Üretici performans verilerinin eşleştirilmesi

Farklı üretici firmalara ait performans verileri yukarıda bahsedildiği şekilde platforma yazılmaktadır. Platforma alınan bu veriler farklı vendor verileri olduğu için eş baza getirilerek işlenmesi gerekliliği oluşmakta olup, bu işlem platform üzerinde oluşturulmuş veritabanı tabloları arasında ilgili kolonların eşleştirilmesi ve aynı teknik parametreyi ifade eden farklı üretici firma isimlendirmeleri tek bir çatı altında toplanmaktadır. Şekil 4.6'da gösterildiği gibi farklı üretici isimlendirmeleri bulunmaktadır.

Bolge	İl	NE
ADANA	GAZİANTEP	027_FCAKMAK_B01
ADANA	GAZİANTEP	027_KARSIYAKA_B01
ADANA	MERSİN	033_GUNEYKENT_B01
ANTALYA	AFYONKARAHISAR	003_DINAR1_1830B01
ANTALYA	AFYONKARAHISAR	003_SULTNDG1_1830B01
ANTALYA	ANTALYA	007_ARPSUYU1_1830B01
ANTALYA	ANTALYA	007_CALLI1_1830AB01
ANTALYA	ANTALYA	007_CALLI1_1830AB01
ANTALYA	ANTALYA	007_CALLI1_1830AB01
ANTALYA	ANTALYA	007_ERMENEK_1830B01
ANTALYA	ANTALYA	007_GAZIPAS1_1830B01
ANTALYA	ANTALYA	007_HURMA1_1830B01
ANTALYA	ANTALYA	007_MRTPASA1_1830B01
ANTALYA	KONYA	042_HORZLHN1_1830B01
DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	021_CINAR_B01
DIYARBAKIR	MARDİN	047_SOGUTLU_B01
DIYARBAKIR	MARDİN	047_SOGUTLU_B01
DIYARBAKIR	ŞIRNAK	073_IDIL_B01
İZMİR	DENİZLİ	020_1200EVLER_B01
İZMİR	DENİZLİ	020_CAMELI1_1830B01
İZMİR	İZMİR	035_ALIAGA1_1830B01
İZMİR	İZMİR	035_BORNOVA1_1830B01
İZMİR	İZMİR	035_CANDARLI_1830B01
İZMİR	UŞAK	064_USAK_1830B01

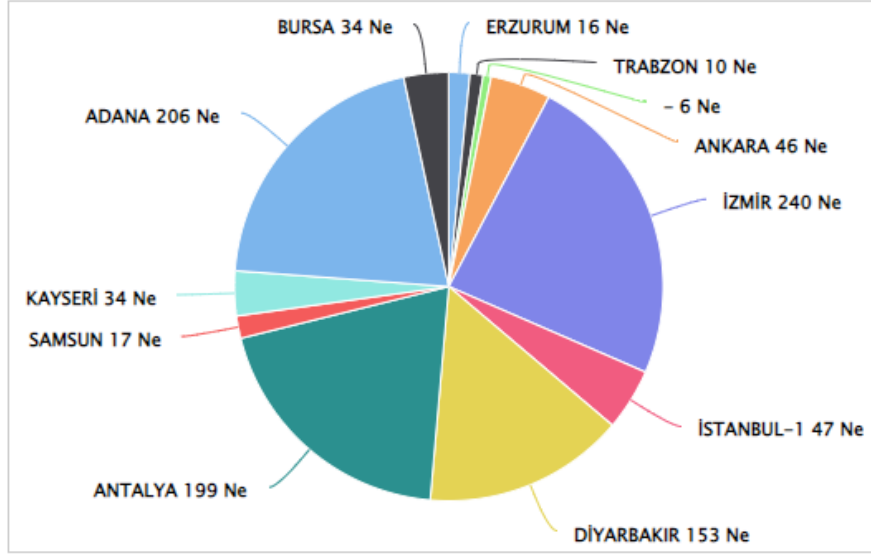
Şekil 4.6. Performans metriklerinin tek platformda toplanması

Yapılan bu işlem ile farklı üreticilerden geçen devrelerden alınan alarm ve performans verileri tek bir platformda uçtan uca gözlemlenebilir hale getirilmiştir.

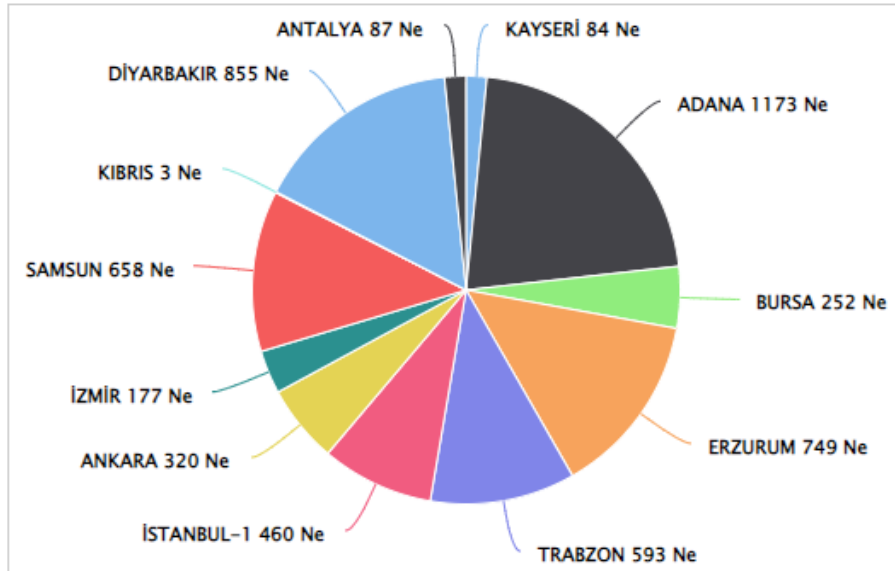
4.2. Üretici bağımsız elde edilen veriler içerisinde performans ve alarm takibi

Yukarıda bahsedilen şekilde Tüm Türkiye geneli veriler tek bir platformda işlenmek üzere alınmaktadır. Database tablosunda eşleştirilmiş farklı üreticilere ait veriler web arayüzü üzerinden güncel ve kolaylıkla erişilebilir durumdadır. Örnek olarak A Üretici firmasında R-LOSS olarak belirtilen alarm B Üreticisinde LOSS olarak geçebilmektedir. Benzer şekilde alınan performans verileri network topoloji envanterleri ile eşleştirilerek performans verileri üzerindeki alarm ve hataların canlı networkte hangi servis ve müşteriye etkilediği tespit edilmektedir. Farklı metodlarla elde edilen topoloji (Envanter) alarm ve performans metrikleri ile eşleştirilerek network üzerinde uçtan uca kalite ölçümleri yapılabilir.

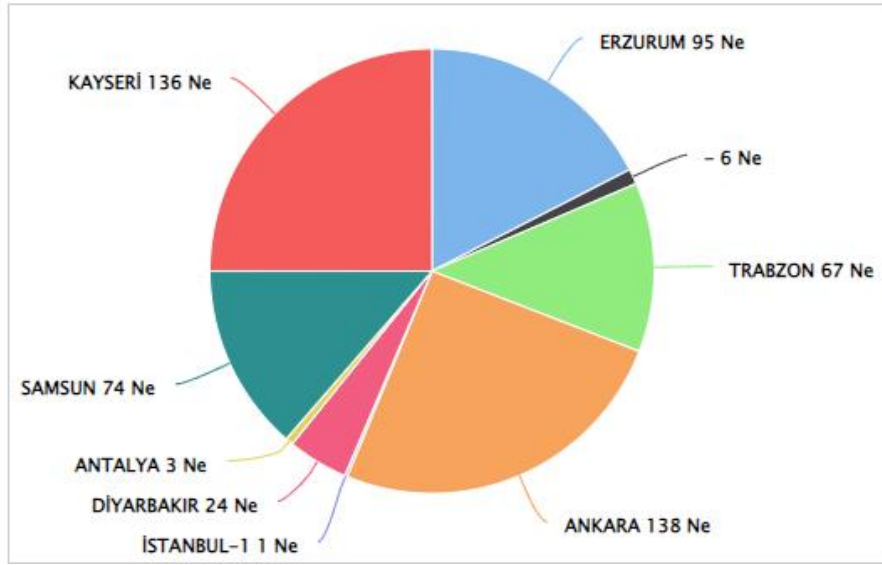
Platform üzerinden alınan envanter bilgileri Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da görülebilmektedir, bu verilerin ilgili üretici firma topolojileri de Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 ‘de görülebilmektedir.



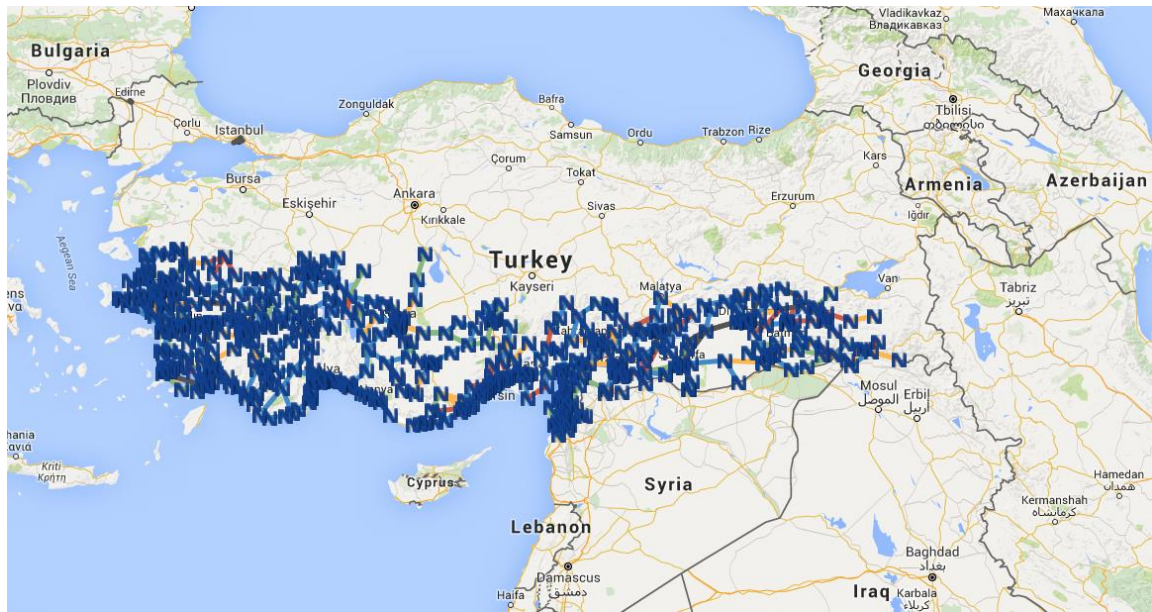
Şekil 4.7. A üretici firma envanteri



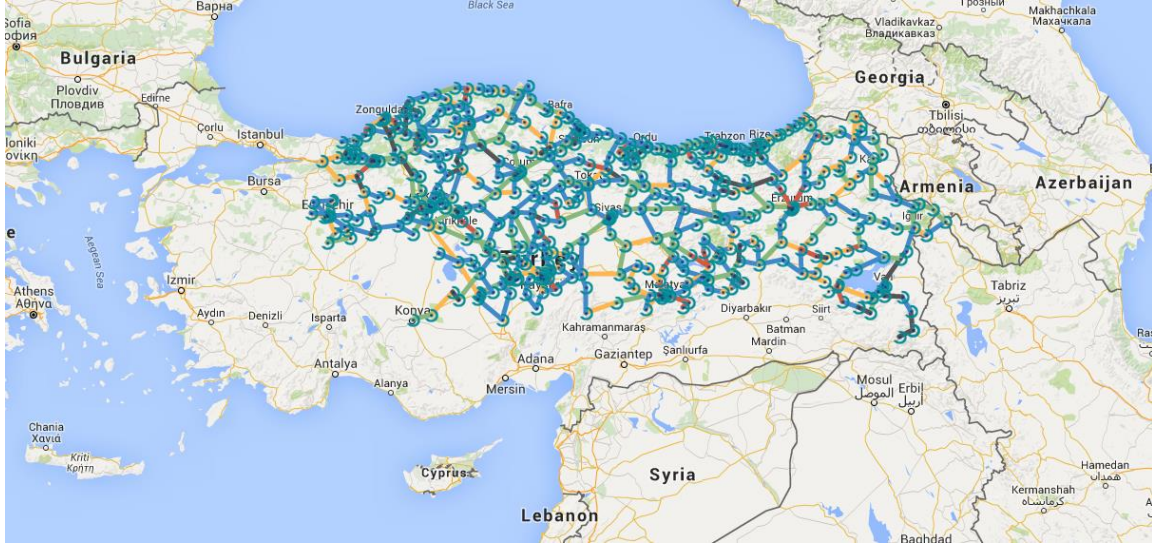
Şekil 4.8. B üretici firma envanteri



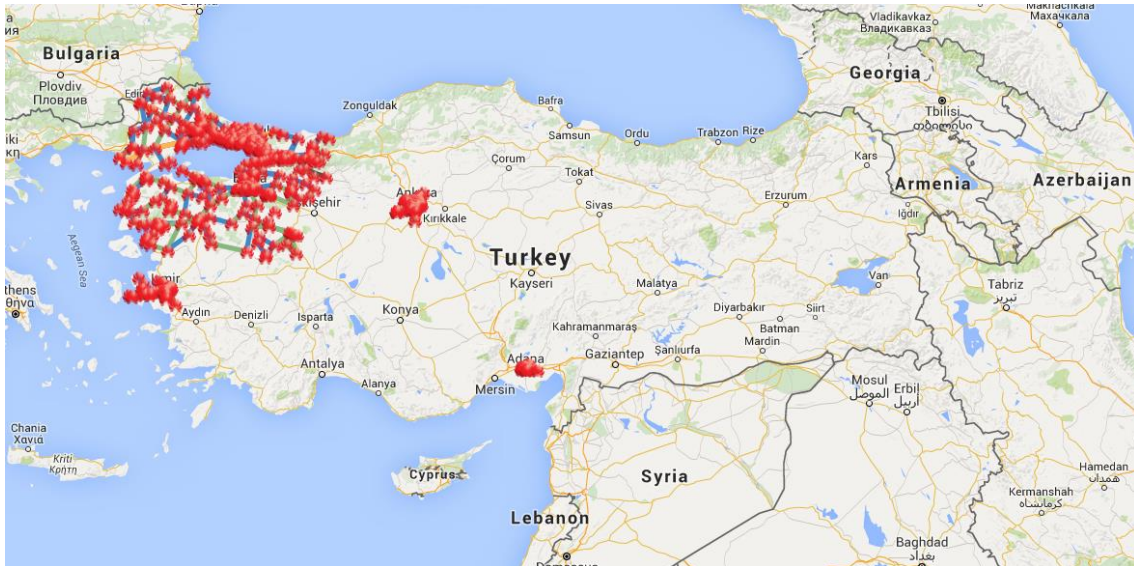
Şekil 4.9. C üretici firma envanteri



Şekil 4.10. A üretici firma DWDM haritası

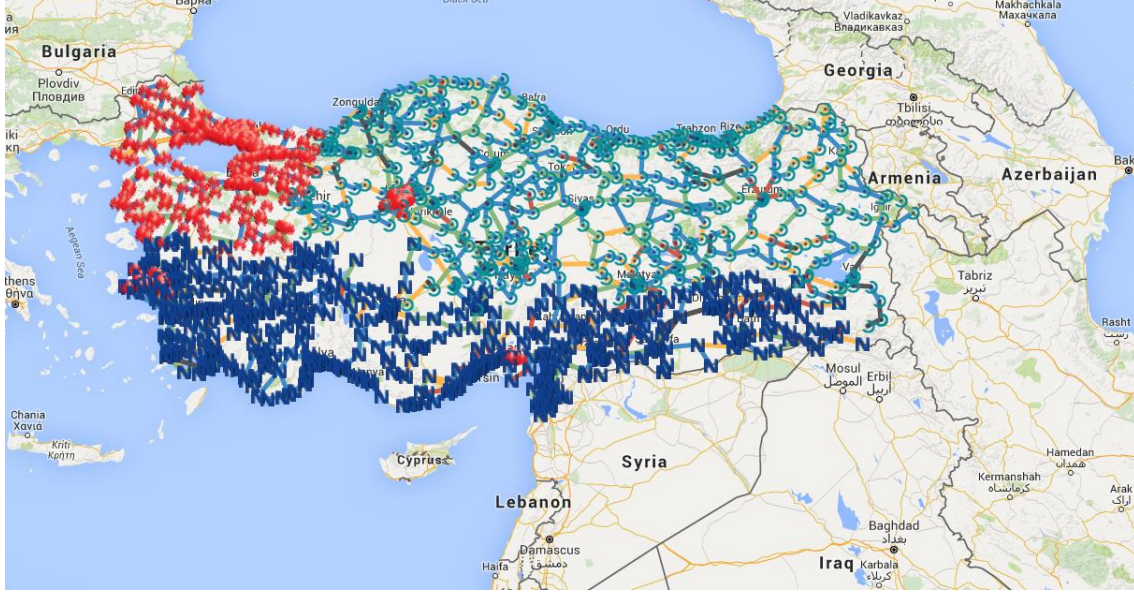


Şekil 4.11. B üretici firma DWDM haritası



Şekil 4.12. C üretici firma DWDM haritası

3 farklı Üretici firma networkleri üzerinden alınan Topoloji, Alarm ve Performans verileri ilgili platform çalışmamızda tablo ve harita olarak bir web arayüzü üzerinden birleştirilmiş halde gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Birleştirilmiş DWDM harita görünümü

Sistemler üzerinden toplanan topoloji verisinin yanı sıra, performans ve alarm verileri de tek bir platformda takip edilmektedir. Bu platform üzerinden yukarıdaki bölümlerde anlatıldığı üzere farklı isimlendirme standartlarına sahip üreticilerin tek bir platformda uçtan uca yönetilebilmesi adına alarm ve performans verileri de eş baza getirilerek takip edilmektedir.

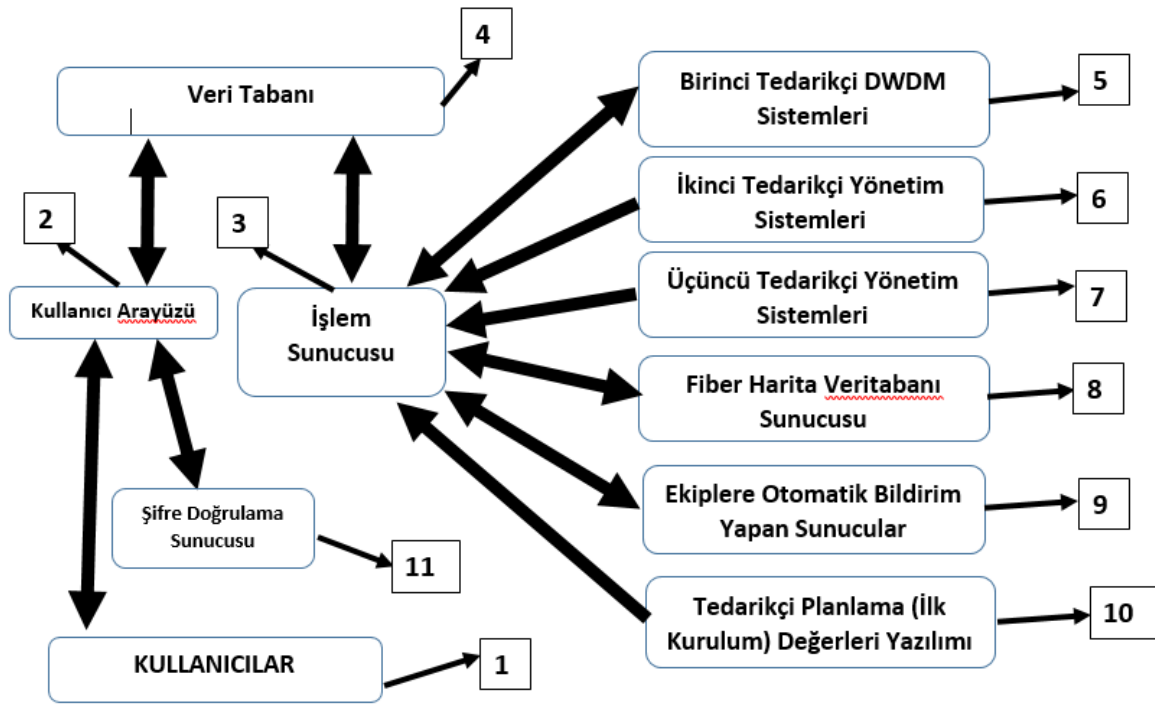
Yapılan bu işlem Şekil 4.13’de görülebileceği üzere farklı üretici firmalardan geçen linklerin performans ve alarm takibinin daha kolay yapılabilmesini sağlamakta ve kullanıcılar için takip mekanizmasını kolaylaştırmaktadır, Şekil 4.14’te görüleceği üzere tek bir link üzerindeki alarmlar tek platform üzerinden takip edilebilmektedir.

ALARM ZAMANI	NE	TEÇHİZAT	ALARM ÇEŞİDİ	ALARM SEBEBİ	HARDWARE	İl	Bölge	Up Time
7.12.2019 15:31	002_BESNI_B01	OTU2 2/11/L1	LOF	"[1:31m Loss of Frame - OTU"	11STMM10-[0m	ADIYAMAN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:09
7.12.2019 14:21	063_HARRANUNVRST_B01	OTU2 1/16/L1	LOS-P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STMM10-[0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07
7.12.2019 14:21	047_YENISEHIR_B01	OTU2 3/14/L1	LOS-P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STAR1-[0m	MARDIN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07
7.12.2019 16:33	021_SEHITLIK_B01	OCH 2/2/LINE	LOS-OUT	"[1:31m Outgoing channel absent"	AHPHG-[0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08
7.12.2019 16:31	027_ORGANIZE1_B01	OTU2 1/16/L1	LOS-P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STMM10-[0m	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07
7.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	LOS	"[1:31m LD Input LOS"	AHPHG-[0m	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07
7.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	LOS	"[1:31m Outgoing channel absent"	AHPHG-[0m	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07

Şekil 4.14. Üretici firma bağımsız alarm örnek alarm listesi

4.2.1. Üreticiden bağımsız oluşturulan platformun mimari yapısı

Şekil 4.15’te görülebileceği üzere oluşturulan platforma farklı üreticilerden veriler akmakta, bu veriler tek bir veri tabanı üzerinde eşleştirilip alarm ve performans takibi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.15. Oluşturulan platformun veri akış şeması

Şekil 4.15'te bahsedilen platform detayları için sistemde yer alan kısımlara ait unsurlarının birbirleriyle olan bağlantısı gösterilmektedir. Şekilde bazı unsurlar arasında kullanılan çift yönlü oklar, bu unsurlar arasındaki iki yönlü iletişimi göstermektedir.

Mimari Yapıya Ait Bölümler;

- 1) Kullanıcı
- 2) Web arayüzü
- 3) İşlem sunucusu
- 4) Veritabanı
- 5) Birinci tedarikçi DWDM sistemleri
- 6) İkinci tedarikçi DWDM yönetim sistemleri
- 7) Üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemleri
- 8) Fiber harita sunucusu
- 9) Bildirim sunucusu
- 10) Şifre doğrulama sunucusu

Mimari Altyapının ve İlgili Çalışmanın Detaylı Özellikleri:

Birinci tedarikçi DWDM sistemi, ikinci tedarikçi DWDM sistemi ve üçüncü tedarikçi DWDM sistemi canlı networkte kullanılan birer DWDM sistemi olmak üzere;

- 5 numara Doğrudan komutlar ile erişilebilen birinci tedarikçi DWDM sistemini ifade etmektedir,
- 6 numara Birbirinden bağımsız farklı çalışma yapısı olan, farklı algoritmalar ile verilerin alındığı ve işlendiği, ikinci tedarikçi DWDM sistemini yöneten ikinci tedarikçi DWDM yönetim sistemini ifade etmektedir.
- 7 numara Üçüncü tedarikçi DWDM sistemini yöneten üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemini ifade etmektedir.
- 1 numara Erişim sahibi yetkililerin tutulduğu server bilgisini ifade etmektedir.

Bu sistemde Türkiye geneli kurulu olan DWDM ler üzerinden;

- DWDM sistem sayısı,
- DWDM sistem adı,
- DWDM sisteminin bulunduğu coğrafi koordinatları,
- Bilgilerin hangi tedarikçiye ait olduğu verilerini içeren DWDM sistemi envanteri,
- DWDM sistemlerine ait linklerin fiber optik kablo zayıflama değerleri
- Hangi DWDM sistemlerinin birbirlerine bağlı olduğunu gösteren topoloji listeleri
- Farklı tedarikçilere ait DWDM link bağlantıları ve sistem haritalarının gerçek koordinatlarına, erişebilecek altyapı oluşturulmuştur.

Şekil 4.15'te 2. Olarak belirlenen ve Tek bir sayfadan erişilmesi/görüntülenebilmesi sağlanan, ayrı ayrı DWDM sistemlerine bağlanarak yukarıda bahsedilen performans ve alarm verilerini alabilmek adına kaybedilecek süreyi kısaltan, farklı metotlarla manuel olarak alınan verilerin otomatik olarak alınabilmesini sağlayan web arayüzü bulunmaktadır,

Yine Şekil 4.15'te 3.Olarak belirlenen ve Birinci tedarikçi DWDM sistemi, ikinci tedarikçi DWDM yönetim sistemi ve üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemi verilerini ilgili

yönetim sistemlerinden otomatik olarak alan ve komutları koşturan işlem sunucusu bulunmaktadır,

DWDM sistemleri ve fiber kablolardan sorumlu ekiplere işlem sunucusunun tespit ettiği kilometrik fiber kaybı, iki fiber kılı arasındaki span farkı, mevcut zayıflamanın beklenen fiber zayıflama değerinden (beklenen fiber zayıflama değeri (0-40 km ye kadar) = fiber uzunluğu (km) x 0,30 (dB/km) (40 km ve üzeri için) = fiber uzunluğu (km) x 0,25 (dB/km)) sapması gibi kriterlerine göre otomatik olarak ileten ve Şekil 4.15 'te 9.olarak gösterilen bildirim sunucusu bulunmaktadır.

Otomatik olarak belli periyotlarda DWDM sistemleri üzerinde belirlenen değişiklik yapılabilen komutları koşturan ve komutlara karşılık DWDM sistemlerinin verdiği cevapları depolayan, Depolanan verilerin yetkili kişilerin anlayacağı ve işine yarayacağı şekilde anlamlı formata dönüştüren ve Şekil 4.15'te 4. Olarak belirtilen Veritabanı Sunucusu bulunmaktadır,

Kullanıcıların web arayüzü üzerinden internet tarayıcıları vasıtasıyla girdikleri kullanıcı adı ve şifreyi hem kendisinde hem de veritabanında yer alan yetkili kullanıcı listesinden kontrol eden ve Şekil 4.15'te 10. Olarak yer alan şifre doğrulama sunucusu bulunmaktadır,

Tedarikçiden bağımsız olarak performans ölçümü ve analizi yapabilen platform vasıtasıyla gerçekleştirilen işlemler aşağıda bahsedilen adımları içerir;

- Yetkililerin/Kullanıcıların, web arayüzüne internet tarayıcısı vasıtasıyla erişerek, kullanıcı adı ve şifrelerini girmesi,
- Şifre doğrulama sunucusunun, kişilerin web arayüzü üzerinden internet tarayıcıları vasıtasıyla girdiği kullanıcı adı ve şifreyi hem kendisinde hem de veritabanında yer alan kayıtlı/tanımlı kullanıcı listesinden kontrol etmesi,
- Kullanıcının, kayıtlı olması halinde, sistemin giriş ekranına yönlendirilerek, web arayüzünde, tanımlanan yetkileri dahilinde bilgi erişim linklerinin sunulması,
- İşlem sunucusunun, DWDM sistemlerine ait verileri birinci tedarikçi DWDM sistemine doğrudan, diğer DWDM sistemlerine ait verileri ise ikinci tedarikçi DWDM yönetim sistemi ve üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemi üzerinden erişerek, istenilen periyotlarda komutlar çalıştırarak alması ve verileri veritabanına kaydetmesi,

- İşlem sunucusunun, farklı tedarikçilere ait hangi verileri ve bunları nereden alacağını, üzerinde çalışan komut işleme yazılımı sayesinde otomatik olarak veri tabanından belirli periyotlarda okuması,
- İşlem sunucusunun, birinci tedarikçi DWDM sistemlerine (5) doğrudan erişerek, sistemler üzerinde koşturduğu komutlar vasıtasıyla gerekli bilgileri DWDM sisteminin kendisinden alması,
- İşlem sunucusunun, ikinci tedarikçiye ait bilgileri ikinci tedarikçi DWDM yönetim sistemlerine bağlanarak, ilgili yönetim sistemleri üzerinden alması,
- İşlem sunucusunun, üçüncü tedarikçiye ait bilgileri üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemlerine bağlanarak, ilgili yönetim sistemleri üzerinden alması,
- İşlem sunucusu üzerinde koşturulan komutların çıktılarının veritabanına kaydedilmesi,
- Girişin onaylanması durumunda, web arayüzünün veritabanı ile haberleşerek, yetkililerin, erişecekleri tüm bilgileri işlem sunucusundan çeken ve kaydeden veritabanı üzerinden alması,
- DWDM linklerine ait fiber optik kablo uzunluklarının, yetkililer tarafından manuel olarak web arayüzünden işlem sunucusuna yazılması ve/veya fiber optik kablo uzunluklarının coğrafi bilgilere göre kayıtlı oldukları fiber harita sunucusu üzerinden alınması,
- İşlem sunucusunun, tedarikçi firmaya ait planlama yazılımı üzerinde kayıtlı bulunan DWDM sistemlerinin ilk kurulduğu zamandaki DWDM fiber link zayıflama değerlerini alarak, mevcut zayıflama ve ilk kurulum sırasındaki zayıflama değerlerinin karşılaştırılması,
- İşlem sunucusunun, DWDM sistemleri üzerinden çalışan servislerin performans hatası yaşamaması için gerekli güç değerlerinin planlama yazılımındaki değerleri ile karşılaştırması,
- İşlem sunucusunun, kilometrik fiber kaybı, iki fiber kılı arasındaki span farkı, mevcut zayıflamanın beklenen fiber zayıflama değerinden sapması kriterlerine göre DWDM ve fiber optik kablo işletme bakımlarından sorumlu yetkililere bildirim sunucuları vasıtasıyla otomatik olarak uyarı ve bilgilendirme yapması,
- Birinci tedarikçi DWDM sistemleri, ikinci tedarikçi DWDM yönetim sistemleri ve üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemler üzerinde, ayarlanabilen periyotlarda işlem sunucusu tarafından koşturulan komutların çıktıları veritabanına kaydedilir ve oluşan tablolar işlenerek anlamlı hale getirilmesi,

- Veritabanına aktarılan ve kaydedilen veri tablolarındaki karmaşık verilerin, veritabanı içerisinde çalışan yazılımlar sayesinde birbirinden ayrıştırılarak yetkililerin anlayabileceği tablolar haline getirilmesi,
- Anlamlı hale getirilmiş yani anlaşılabilir bir formata sokulmuş olan bilgiler web arayüzüne aktararak yetkililere sunulması

Yapılan çalışmaya erişim yetkisi olan yetkililer, web arayüzü ile:

- DWDM NE envanterine (Şekil 4.16)
- DWDM linklerine ait fiber zayıflama değerlerine (Şekil 4.17),
- Bağlantı topolojisine (Şekil 4.18),
- Tedarikçi DWDM sistem ve linklerine ait haritalara (Şekil 4.19), (Şekil 4.20), (Şekil 4.21),
- DWDM sistemlerinin yani tüm tedarikçilere ve domainlere ait sahada kurulu DWDM cihazlarının gerçek koordinatlarına,
- DWDM linklerinin ilk kurulumu sırasındaki fiber optik kablo zayıflama değerlerine (Şekil 4.22),
- Birinci tedarikçi DWDM sistemlerine ait sistem yedek dosyalarına,
- Birinci tedarikçi DWDM sistem alarmlarına (Şekil 4.23),
- Birinci tedarikçi DWDM sistem kart envanterine,
- Birinci tedarikçi DWDM sistem içi patch cord fiberlerine ait zayıflama değerlerine (Şekil 4.24),

ulaşabilmektedir,

NE Listesi

50 satır

Search

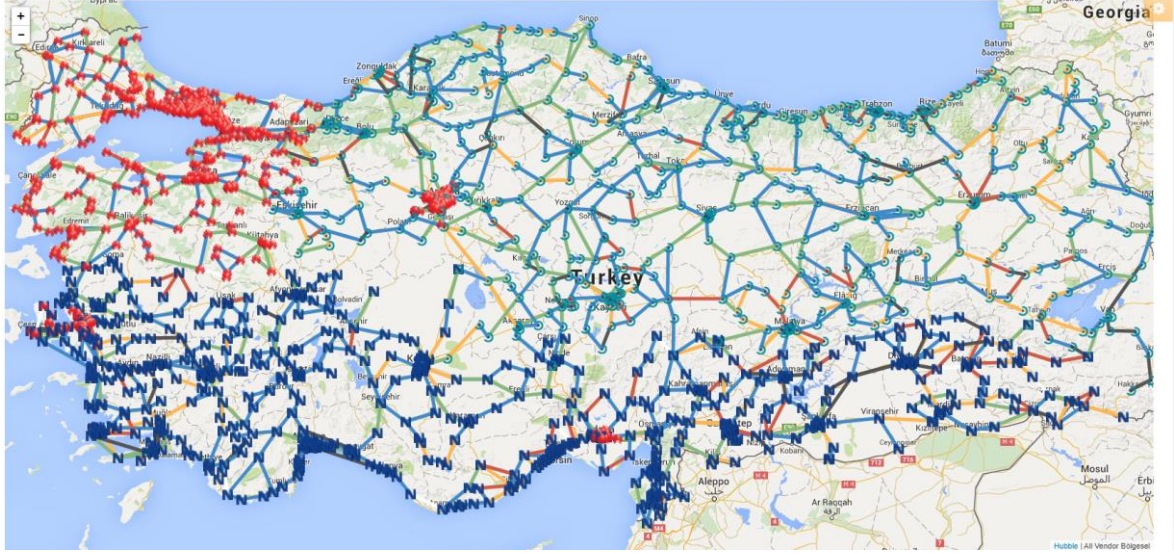
Domain	Bölge	İl	NE	NE İp	Planning Tool	TMS Eline	TMS ID	Merkez
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,IR YAKASI	CH0003A-ATADY11.2	10.4.16.155		ATADY1	23403000000001303	ATADY13
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,IR YAKASI	CH14_GAYRETTEPE13	10.4.44.155		GAYRETTEPE	23403700000000101	GAYRETTEPE13
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,IR YAKASI	CH0004A-STEPE12	10.4.42.155		GAYRETTEPE	23403700000000101	STEPE12
1578 Bölümüne	ADANA	ADANA	CH11_CEMALPAŞA12	10.5.23.155		CEMALPAŞA-3	1003000000000048	CEMALPAŞA12
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,IR YAKASI	CH17_TAHTAKALE12	10.4.23.155		TAHTAKALE	234038000000001001	TAHTAKALE12
1578 Bölümüne	ADANA	ADANA	CH14_BENCOSMAN12	10.4.33.155		MERKEZ-40	18040000000000001	BENCOSMAN12
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	EDİRNE	CH115_EDİRNE12	10.4.37.155		EDİRNE-1-54	22094000000000002	EDİRNE12
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	EDİRNE	CH0027_EDİRNE11	10.4.45.155		EDİRNE-1-54	22094000000000002	EDİRNE11
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,AND YAKASI	CH0003A-İNKILAP1.1	10.5.14.155		İNKILAP	340778000000000033	İNKILAP11
1578 Bölümüne	ANTALYA	ANTALYA	CH02A_ANTALYA11	10.4.25.155		MERKEZ-22	70220000000000105	ANTALYA
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,IR YAKASI	CH0003A-ATADY11.1	10.4.38.155		ATADY1	234030000000001303	ATADY11
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	EDİRNE	CH0011_EDİRNE	10.4.31.155		EDİRNE-1-54	22094000000000002	EDİRNE
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	EDİRNE	CH115_EDİRNE11	10.4.38.155		EDİRNE-1-54	22094000000000002	EDİRNE11
1578 Bölümüne	İZMİR	İZMİR	CH11_KONAK11	10.4.3.155		KONAK-65	35090000000000000	KONAK11
1578 Bölümüne	İZMİR	İZMİR	CH115_ALAYBEY1.1	10.5.5.155		ALAYBEY-65	35090000000000001	ALAYBEY11
1578 Bölümüne	İZMİR	İZMİR	CH0003A-KONAK1.2	10.4.2.155		KONAK-65	35090000000000000	KONAK12
1578 Bölümüne	ADANA	ADANA	CH14_BENCOSMAN11	10.4.23.155		MERKEZ-40	18040000000000001	BENCOSMAN11
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,AND YAKASI	CH0000A-ACIBADEM1.1	10.4.41.155		ACIBADEM	340722000000000032	ACIBADEM11
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,AND YAKASI	CH0000A-ACIBADEM1.2	10.4.42.155		ACIBADEM	340722000000000032	ACIBADEM12
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,AND YAKASI	CH0003A-İNKILAP1.2	10.5.15.155		İNKILAP	340778000000000033	İNKILAP12
1578 Bölümüne	İZMİR	İZMİR	CH18_HATAY11	10.5.5.155		HATAY-60	35090000000000004	HATAY
1578 Bölümüne	ANKARA	ANKARA	CH0003A-ULUS12_TEST	10.4.45.155		ULUS-18	60180000000000141	ULUS12
1578 Bölümüne	İZMİR	MUĞLA	CH12_MUĞLA11	10.4.21.155		MUĞLA-1-125	48125000000000002	MUĞLA
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,AND YAKASI	CH115_ACIBADEM13	10.4.45.155		ACIBADEM	340722000000000032	ACIBADEM13
1578 Bölümüne	ANKARA	ANKARA	CH0003A-ULUS12.1	10.4.15.155		ULUS-18	60180000000000141	ULUS21
1578 Bölümüne	İZMİR	İZMİR	CH115_ALAYBEY12	10.5.5.155		ALAYBEY-65	35090000000000001	ALAYBEY12
1578 Bölümüne	ADANA	ADANA	CH115_CEMALPAŞA12	10.4.15.155		MERKEZ-18-3	1003000000000002	ADANA12
1578 Bölümüne	ANKARA	ANKARA	CH12_ULUS11	10.4.34.155		ULUS-15	60180000000000141	ULUS21
1578 Bölümüne	İSTANBUL-1	İSTANBUL,IR YAKASI	CH0004A-STEPE1.1	10.4.35.155		GAYRETTEPE	234037000000000101	STEPE11
1578 Bölümüne	ADANA	ADANA	CH115_CEMALPAŞA11	10.4.15.155		CEMALPAŞA-3	10030000000000045	CEMALPAŞA11
1578 Bölümüne	ANKARA	ANKARA	CH115_ULUS11	10.4.35.155		ULUS-18	60180000000000141	ULUS21
1578 Bölümüne	İZMİR	MUĞLA	CH12_TURUNC11	10.4.23.155		TURUNC-128	48125000000000007	TURUNC
1578 Bölümüne	ANKARA	ANKARA	CH0003A-İNCESU1.2	10.4.13.155		İNCESU1A	60145000000000025	İNCESU1

Şekil 4.16. DWDM network eleman envanteri

10 satır

Bölge	İl	Link No	DWDM-A	Line-A	ATX	ARX	ATXZ	ARXZ	Fiber U. (km)	Pt Fiber U. (km)	Cbs Fiber U. (km)	BTXZ	BRXZ	BTX	BRX	Line-B	DWDM-B	PTZ	ABZ	BAZ	F_ABZ	F_BAZ	F_SF	FBZ	T_SF	BZ3	Km/Dk
ADANA	KİLİS	-	079_KİLİS_8800H001	S0/B24P2	-2.1	-23.5								-2.9	-24.1	S0/B25P2	027_BİNEVLER_8800H001	22	20.7	22	20.7	0.8	5.55	0.8	-0.75	0.27	
ADANA	HATAY	-	031_SAMANDAĞ_8800H001	S0/B25P1	-1.9	-27.7								-1.9	-27.5	S0/B4P1	009_KİBRİSİSKELE_8800H001	25.5	25.9	25.5	25.5	0.8	5.55	0.8	-0.75	0.27	
ADANA	ADANA	LY04501_2	021_CEHAN_8800H001	S0/B4P1	-3.40	-18.50			45.45	45.45				-2.30	-17.70	S0/B24P1	080_CSMANİYE_079_TURKİSOL_8800H001	18.57	14.3	16.3	14.3	15.3	2	12.57	2	3.43	0.35
ADANA	MERSİN	-	033_MUT_8800H001	S0/B4P1	-2.1	-28.3								-2.0	-28.9	S0/B25P1	070_YUNUSKENT_8800H001	26.8	25.3	25.8	25.3	1.3	2.82	1.3	3.48	0.57	
ADANA	HATAY	LY11800_1	031_SKENDERUN_8800H001	S0/B25P1	-0.5	-15.5			40.35	40.35				-2.50	-15.40	S0/B3P2	031_DORTYOL_8800H001	12.14	15.5	14	15.5	14	1.5	11.59	1.5	4.01	0.35
ADANA	MERSİN	-	033_TASUCU_8800H001	S0/B4P2	-1.3	-37.2								-3.1	-34.0	S0/B24P1	033_BAHCELEVLER_8800H001	32.7	34.1	32.7	34.1	0.2	1.55	0.2	0.45	0.35	
ADANA	GAZİANTEP	LY04501_3	027_YAKUZEI_8800H001	S0/B4P1	-2.3	-22.2			55.54	55.54				-2.5	-23.0	S0/B25P1	027_GAZİANTEPŞAHİNEV_8800H001	15.25	20.7	19.7	20.7	19.7	1	15.71	1	4.95	0.35
ADANA	KİLİS	LY11400	079_KİLİS_8800H001	S0/B24P2	-2.1	-23.5			50.53		51.111			-2.90	-22.50	S0/B25P2	027_BİNEVLER_8800H001		20.4	20.7	20.4	20.7	0.3	15.55	0.3	4.04	0.34
ADANA	MERSİN	LY03405	031_BAHCELEVLER_8800H001	S0/B24P2	-2.90	-8.40			3.52	3.52	3.02			-2.0	-5.5	S0/B24P1	033_MERSİN_8800H001	4.51	3.5	4.4	3.5	4.4	0.5	1.15	0.5	3.25	1.15
ADANA	MERSİN	LY11400_3	033_AYDINLAR_8800H001	S0/B4P1	-0.4	-10.3			40	40	13.25			-0.9	-15.4	S0/B4P2	033_KESLİTURKİMENI_8800H001	10.23	15	15.4	15	15.4	0.5	12	0.5	4	0.4

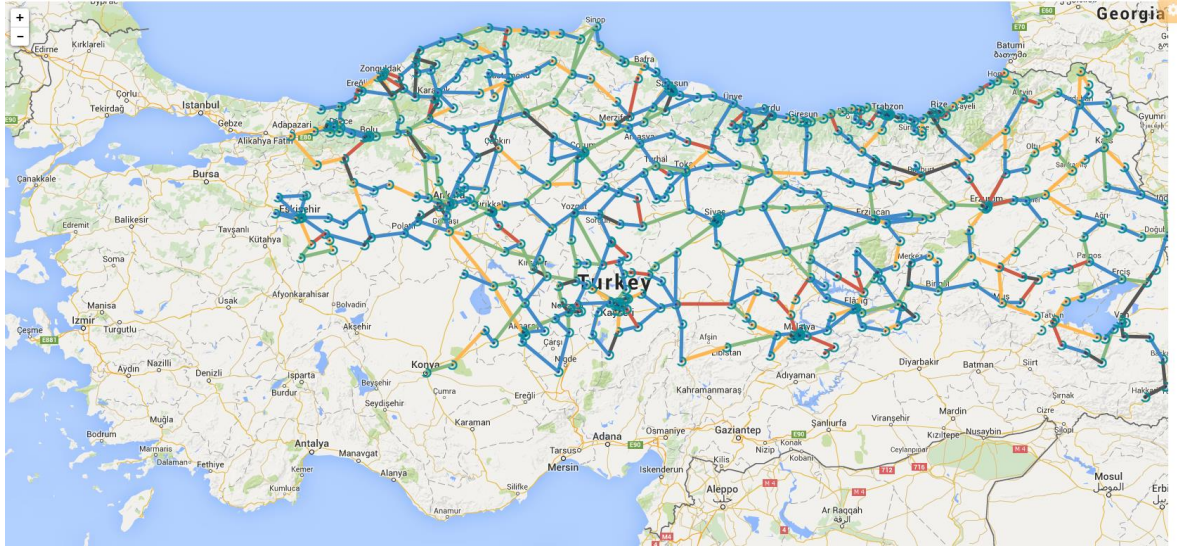
Şekil 4.17. DWDM fiber zayıflama listesi



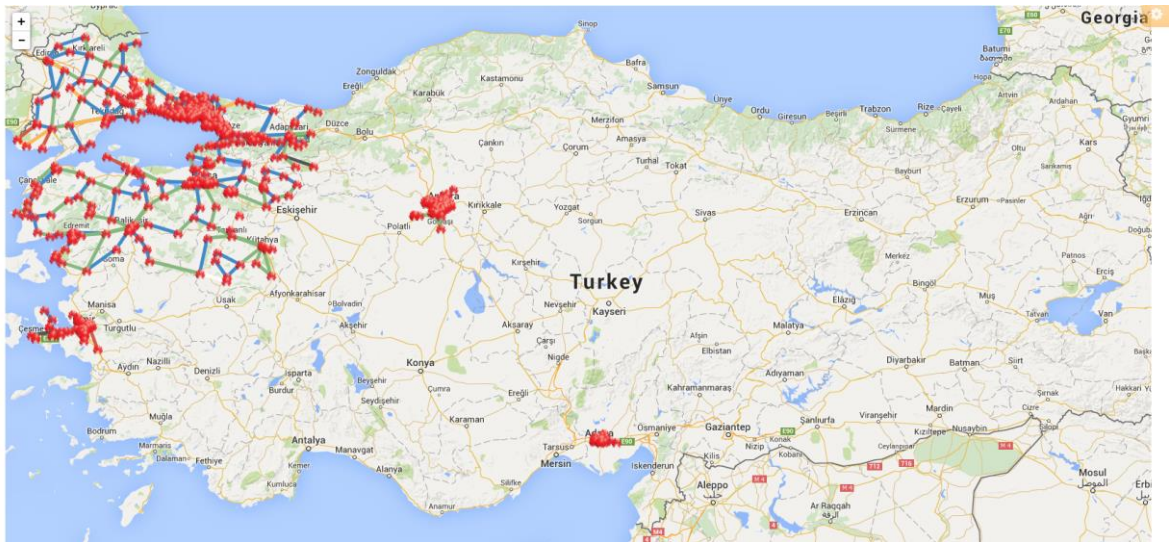
Şekil 4.18. Örnek bağlantı topolojisi



Şekil 4.19. Üretici A bağlantı şeması



Şekil 4.20. Üretici B bağlantı şeması



Şekil 4.21. Üretici C bağlantı şeması

10 satır

Search:

Bölge	İl	Link No	DWDM-A	LATX	LARK	ATX	ARX	ATXZ	ARXZ	Fiber U (km)	PT Fiber U (km)	Cba Fiber U (km)	BTXZ	BRXZ	BTX	BRX	LBTX	LBXZ	DWDM-B	PT-ABZ-MAX	PT-BAZ-MAX	PT-ABZ-MIN	PT-BAZ-MIN	ABZ	BAZ	F_ABZ	F_BAZ	F_SF	F_BZ	T_SF	BZS	dB/Km
ADANA	MERSİN		033_AYDINCI_1830N001	14/LINE	13/LINE	1.97	-12.00								2.44	-11.21	12/LINE	13/LINE	033_BOZVAD_1830N001					13.18	14.5	13.18	14.5	0.73	10.37	0.73	4.02	0.33
ADANA	ADANA	NL3700_0	001_CEMLPFA_1830N001	12/LINE	13/LINE	2.09	-8.32			2.5	2.5	2			2.00	-8.87	12/LINE	13/LINE	001_ADANA_1830N001	5	5	2	2	10.90	10.32	10.90	10.32	0.94	0.76	0.94	10.21	4.38
ADANA	ADANA		001_CAMPADO_1830N001	12/LINE	11/LINE	2.88	-7.93								2.85	-1.82	11/LINE	12/LINE	001_CEMLPFA_1830N001					4.8	10.59	4.8	10.59	17.32	22.86	17.32	-1.87	0.25
ADANA	ADANA	NL3800_1	001_KARASLA_1830N001	14/LINE	13/LINE	2.33	-18.68			66.41	66.41	16.18			2.68	-17.18	12/LINE	13/LINE	001_CEMLPFA_1830N001	16.18	16.18	16.18	16.18	19.81	21.23	19.81	21.23	1.72	16.8	1.72	8.63	0.38
ADANA	ADANA		001_CEVHAN_1830N001	13/LINE	83/LINE	2.70	-18.21								2.81	-18.89	83/LINE	14/LINE	001_ADANA_1830N001					21.68	20.72	21.68	20.72	0.73	18.34	0.73	0.66	0.29
ADANA	MERSİN	NL8000_3	033_AYDINCI_1830N001	13/LINE	15/LINE	2.48	-16.53			85.04	85.04	24.03			2.30	-17.79	13/LINE	14/LINE	033_SILIFKE_1830N001	27.03	27.03	24.03	24.03	20.26	18.83	20.26	18.83	1.42	7.28	1.42	-2.91	0.24
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	NL4300_3	048_SUCATI_1830N001	13/LINE	17/LINE	2.55	-16.88			81.19					2.30	-15.12	16/LINE	14/LINE	048_SOKSULU_1830N001					17.87	18.18	17.87	18.18	0.49	14.3	0.49	3.88	0.35
ADANA	GAZİANTEP	NL10400_1	027_SAHINBEY_1830N001	22/LINE	14/LINE	2.84	-24.39			87.28					2.07	-20.23	13/LINE	23/LINE	001_BIRECH_1830N001					27.77	28.48	27.77	28.48	1.31	23.32	1.31	4.48	0.32
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	NL4300_2	048_SUCATI_1830N001	14/LINE	14/LINE	1.92	-20.84			85.38					2.78	-19.89	13/LINE	13/LINE	048_NARLI_1830N001					21.88	23.62	21.88	23.62	1.74	22.84	1.74	0.78	0.28
ADANA	ADANA		001_ADINADO_1830N001	12/LINE	11/LINE	2.83	-8.87								2.88	-2.88	11/LINE	12/LINE	001_ADANA_1830N001					5.41	11.75	5.41	11.75	0.9	20.02	0.9	-0.87	0.28

4

Şekil 4.22. Örnek zayıflama değerleri

NE Alarm List

10 satır

1,154 satırdan 1 - 10

ALARM ZAMANI	NE	TEÇHİZAT	ALARM ÇEŞİDİ	ALARM SEBEBİ	HARDWARE	İl	Bölge	Up Time	SV
17.12.2019 15:31	002_BESNI_B01	OTU2 2/1/L1	LOS	[1.31m Loss of Frame - OTU]	11STMM10:0m	ADYAMAN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:05	CR
17.12.2019 14:21	003_HARRANUNVRST_B01	OTU2 1/16/L1	LOS.P	[1.31m Loss of Signal - OTU]	11STMM10:0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 14:21	047_YENISEHIR_B01	OTU2 3/14/L1	LOS.P	[1.31m Loss of Signal - OTU]	11STAR1:0m	MARDİN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 16:33	021_SEHITLIK_B01	OCH 2/2/LINE	LOS-OUT	[1.31m Outgoing channel absent]	ALPHG:0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08	CR
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTU2 1/16/L1	LOS.P	[1.31m Loss of Signal - OTU]	11STMM10:0m	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	LOS	[1.31m LD Input LOS]	ALPHG:0m	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 16:59	021_KAYAPINAR_B01	OCH 2/2/LINE	LOS-OUT	[1.31m Outgoing channel absent]	ALPHG:0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08	CR
17.12.2019 15:31	002_GOLBASI_B01	OTU2 1/1/L1	LOS.P	[1.31m Loss of Signal - OTU]	11STMM10:0m	ADYAMAN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08	CR
17.12.2019 16:08	033_SILIFKE_B01	KGBE 3/16/C1	LANLOS	[1.31m Loss of Signal]	11STMM10:0m	MERSİN	ADANA	17.12.2019 17:09	CR
17.12.2019 15:31	027_SAHINBEY_B01	OCH 2/17/L1	LOS.P	[1.31m Loss of Signal - OTU]	11DPM12:0m	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	CR

10 satır

1,154 satırdan 1 - 10

Şekil 4.23. Örnek alarm listeleri

10 satır

Search:

Bölge A	İA	DWDM-A	Link No	DWDM-B	İl B	Bölge B	AD	SM Ticket	SM Ticket Durum	User	Tarih
ADANA	ADANA	001_YUMURTALIK_B01	L10103	001_KARATAŞ_B01	ADANA	ADANA	CR	8508104	The same hubbited already exists	HUBBILASAR	2019-12-30 08:08:03
ADANA	ADANA	001_SAHINBEY_B01	L101019	001_FEHLE_B01	ADANA	ADANA	BN		Success	HUBBILASAR	2019-09-20 08:08:04
ADANA	ADANA	001_YUMURTALIK_B01	L10103	001_KARATAŞ_B01	ADANA	ADANA	CR	8508104	The same hubbited already exists	Tarso Dogan	2020-07-29 18:02:44
ADANA	ADANA	001_YUMURTALIK_B01	L10103	001_KARATAŞ_B01	ADANA	ADANA	CR	8508104	The same hubbited already exists	Tarso Dogan	2020-08-17 18:11:43
ADANA	ADANA	001_YUMURTALIK_B01	L10103	001_KARATAŞ_B01	ADANA	ADANA	CR	8508104	The same hubbited already exists	Tarso Dogan	2020-01-28 18:59:50
ADANA	ADANA	001_YUMURTALIK_B01	L10103	001_KARATAŞ_B01	ADANA	ADANA	CR	8508104	The same hubbited already exists	Tarso Dogan	2020-01-24 11:01:44
ADANA	ADANA	001_DOSMANENT_B01	L10104	001_KARATAŞ_B01	ADANA	ADANA	BN			HUBBILASAR	2020-01-11 12:41:37
ADANA	MERSİN	033_TARSUS_B01	L101018	033_MERSİN_B01	MERSİN	ADANA	FL	85187345	The same hubbited already exists	Tarso Dogan	2021-05-17 19:12:03
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	048_SOKSULU_B01	L101017	001_YUMURTALIK_B01	ADANA	ADANA	FL	78322894	The same hubbited already exists	HUBBILASAR	2020-01-12 08:08:02
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	048_PAZARCI_B01	L48030	048_CAD_CERIT_B01	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	MS	85027483	The same hubbited already exists	HUBBILASAR	2020-02-10 08:08:02

457 satırdan 1 - 10 (10 satır gösteri)

10 satır

Search:

Şekil 4.24. Patchcord zayıflama listesi

Yapılan çalışmaya web arayüzü ile erişilebilir olması, veritabanı üzerinde elle girilmesi gereken verilerin DWDM sistemleri üzerinden sisteme CLI (Comand Line Interface)

(Komut Satırı Arayüzü) ile bağlanarak otomatik olarak çekilen bilgilerin dışındaki verilerin yetkililer tarafından girilebilmesi ve değişiklik yapabilmesi, yetkililer açısından büyük bir kolaylık sağlamaktadır. İşlem sunucusu, DWDM sistemlerine birinci tedarikçi DWDM sistemi, ikinci tedarikçi DWDM sistemi, üçüncü tedarikçi DWDM sistemi ve DWDM yönetim sistemlerine (ikinci tedarikçi DWDM yönetim sistemi ve üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemi (DWDM sistemlerinin yönetildiği NMS (Network Management System)(Network Yönetim Sistemi) içerisinde bulunan listelerin tedarikçiden bağımsız olarak performans ölçümü ve analizi yapabilen platform tarafından alınması vasıtasıyla otomatik olarak belli periyotlarda bağlanır, komutları koşturur ve bilgileri otomatik olarak alır. Veritabanı tercihen SQL (Structured Query Language / Yapısal Sorgulama Dili) tabanlı olup, işlem sunucusunun otomatik olarak aldığı verileri işler ve arşivler. İşlem sunucusu, yazılımsal olarak çok sayıda sisteme aynı anda gönderilecek komutların tek bir ortam üzerinden kontrol edilmesini sağlar.

Birinci tedarikçi DWDM sistemine tercihen Telnet (uzak sunucu bağlantı protokolü) ve SSH (Secure Shell / Güvenli bir ağ protokolü) komut satırları ile erişilerek: NE bilgileri, link topolojisi, fiber zayıflama değerleri, sistem yedeklemeleri, kart envanter bilgileri (kartlara ait seri numarası, kart kodu, sıcaklık, hangi sistem üzerinde bulunduğu vb.) doğrudan alınmaktadır. Birinci tedarikçi DWDM sistemine doğrudan komutlar ile erişim sayesinde, DWDM sistemlerinin otomatik algılama özelliği ile kendiliğinden keşfedilmesi sağlanır. İkinci tedarikçi DWDM yönetim sistemlerinden ve üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemlerinden; NE bilgileri, link topolojileri yani hangi DWDM sisteminin hangi DWDM sistemine baktığı, hat fiberlerinin zayıflama değerinin hesaplanması için hat yönüne bakan kartların optik alış-veriş güç değerler alınır. Bu DWDM sistemlerine ait veriler, yönetim sistemlerinden alınırlar. Yönetim sistemleri üzerinde yapılan çalışmaya girdi olarak kullanılacak veriler (DWDM sistemlerine ait liste, DWDM linklerinin hangi portlar ile birbirine bağlı olduğunu gösterir liste, DWDM sistemi üzerindeki okunabilen tüm portlara ait güç değerleri gibi) text ya da xml formatında bulunmakta olup bu verileri alarak yukarıda belirtilen çıktıları elde etmektedir, bu sayede kendi başına bir anlamı olmayan veriler kullanıcılar için anlamlı hale getirilir.

İkinci tedarikçi DWDM yönetim sistemleri ve üçüncü tedarikçi DWDM yönetim sistemleri birbirinden bağımsız farklı çalışma yapısı olan, farklı algoritmalar ile verilerin tedarikçiden bağımsız olarak performans ölçümü ve analizi yapabilen platforma alındığı ve işlendiği

sistemlerdir. Ayrıca her bir tedarikçi için birden fazla yönetim sistemi bulunmakla beraber farklı tedarikçilerde farklı analiz ve tespit metotları uygulanmaktadır.

Daha Öncede bahsedildiği gibi, fiber kilometrik zayıflama değerleri DWDM sistemlerinde çalışan trafiklerin hatasız ve yüksek performansta çalışması için çok önemlidir. Fiber zayıflama değerleri kilometrik kayıp şeklinde; DWDM linkine ait karşılıklı portlardan ölçülen alışı ve verisi optik güçlerinin farkları alınarak belirlenen toplam link zayıflama değerinin, DWDM linkinin fiber uzunluğuna bölünmesi ile db/km cinsinden ölçülmektedir. Bu hesaplamaların geriye dönük olarak arşivlenmesi sayesinde fiber zayıflama trendi görülür. Bahsedilen DWDM sistemlerine otomatik olarak bağlanılarak, DWDM sistemlerinin anlık zayıflama değerleri de alınabilmektedir. Bazı DWDM sistemlerinin optik güç değerleri sisteme doğrudan gidilerek alınmakta olup, bazı DWDM sistemlerine ait bilgiler ise DWDM sistemlerinin NMS'lerindeki (Network Management System / Ağ Yönetim Sistemleri) tablolardan çekilmektedir. Bu ölçüm tekniği farklı tedarikçi firmaların verilerinin tek bir platformda toplanması ve standart ölçümlerin yapılması açısından da daha önce herhangi bir yerde kullanılmamış olup, fiber hatlarının kalitesi açısından çok önemli bir parametredir. Ölçüm tekniğindeki DWDM sistemleri üzerindeki portlardan veri okunması metodu ile sistemlerin algıladığı değerler tespit edildiği için bakılması gereken en doğru yere (her bir tedarikçi için farklı kart ve portlar belirlenmiştir) bakılmaktadır. Fiber zayıflama değerlerine göre sorunlu bölgenin öncelik durumunun belirlenmesi için şu faktörler etkilidir:

- DWDM bağlantılarına ait fiber kolları arasındaki zayıflama farkları (karşılıklı çalışan DWDM sistemlerinin bağlantılarında 2 fiber kolu kullanılır ve bu fiber kollarının zayıflamalarının birbirine yakın olması gerekir, bu sebeple kollar arasındaki zayıflama farkının ölçülmesi büyük önem arz eder),
- Fiberdeki beklenen kilometrik zayıflama değeri olan 0.25 db/km'lik kayıptan sapılması (Fiberden beklenen kilometrik zayıflama değeri = Fiber toplam zayıflaması (dB) / Fiber uzunluğu (km)),
- DWDM sistemlerinin algılaması gereken toplam zayıflama değerinden sapması. (Fiberde olması gereken toplam zayıflama değeri = Fiber uzunluğu (km) x 0,25 dB. Ayrıca DWDM linklerinde mevcut durumda; tedarikçi planlama yazılımındaki link toplam link zayıflama değerine eşit veya yakın değerde zayıflama olması gerekir)

Tedarikçi planlama yazılımı (ilk kurulum değerleri), DWDM cihazlarının ilk kurulumu sırasında sistemlerin en doğru şekilde çalışması için gerekli değerlerin tespit edildiği yazılımdır. DWDM link topolojileri: tüm NE'lerin gerçek GPS koordinatları sisteme girilmiş olup sistemler arasındaki linkler çizgi şeklinde doğrusal olarak gösterilmektedir. Detaylı fiber güzergâhları fiber harita sunucusu uygulamasında bulunduğundan, burada linkler doğrusal olarak gösterilmiştir. Bu sayede bir DWDM sistemine ait: kaç yönünün olduğu bilgisi, linklere ait link numaraları, fiber optik kablo kilometrik uzunlukları, toplam zayıflama değerleri, başlangıç ucu ve bitiş ucu, fiberde olması gereken zayıflama değeri ve hattın kritik, majör, minör şekillerdeki arıza seviyeleri harita üzerinde görülebilmektedir. DWDM topolojileri gerçek harita ve listeler üzerinde çıkarılır. Örneğin, farklı tedarikçilere ait DWDM bağlantılarına ait topolojilerin gerçek Türkiye haritası üzerinde gösterilebilir. Harita üzerinde yakınlaştırma ve uzaklaştırma özellikleri sayesinde her bölgedeki topoloji detaylı olarak incelenebilmektedir. Yetkili/Kullanıcı, belirtilen seçenek ve özellikler arasından web arayüzünde geçiş yapabilmektedir.

DWDM sistem listeleri: DWDM sistemlerine ait envanterin tutulabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Sistemlerin gerçek GPS koordinatları, envanterde kayıtlı bilgilerden manuel olarak alınmakta olup, uygulamanın içerisinde her bir sistem bazında saklanmaktadır. Farklı tedarikçilere ait DWDM sistemlerinin gerçek GPS koordinatları, web arayüzündeki haritalar üzerinde gösterilmektedir. DWDM sistemleri arasındaki bağlantıların kuş uçuşu mesafe ve yön olarak belirtilmesi, oluşturulan sistemin en önemli özelliklerinden birisidir.

Bu çalışmada anlatılan yapı bir platform olup, Fiber Optik kablo ve özellikleri açısından bakıldığında; fiber optik kablo uzunluklarının coğrafi bilgilere göre kayıtlı olduğu, sahada kurulu fiber optik kabloların gerçek harita üzerinde çizildiği ve fiberlerin harita uzunluklarını gösteren fiber harita sunucusu içermesidir.

4.3. Makine öğrenme metodu ile uçtan uca performans takibi

Üst Başlıklarda Bahsedildiği üzere Türkiye genelinde farklı vendor network yönetim sistemlerinden alınan veriler bir sunucu üzerinde tutulmaktadır. Bu veriler canlı network üzerinden alındığı ve herhangi bir simülasyon programı kullanılmadan direk canlı veriler üzerinden performansları takip edildiği için neredeyse %100 doğrulukta metrik bazlı veri setini gözlemlene imkânı sunmaktadır. Bu veri setinde yönetim sistemlerinde bulunmayan

ve kalite parametresine etki ettiğini düşündüğümüz aşağıdaki metriklerde farklı sistemler üzerinden alınarak manuel olarak eklenmektedir;

- Toplam link mesafesi,
- Yükselteç türü
- Kilometre başına düşen zayıflama (dB)
- Link fiber uzunluğu (km)
- Beklenen zayıflama verisi (dB)

Eklenen bu veriler ile farklı vendor geçişleri olsa da servis bazlı uçtan uca performans takibi yapılabilmekte, A vendoru üzerinden başlatılan servis için Türkiye geneli omurga geçişleri B vendoru veya C vendoru üzerinden olsa bile uçtan uca kalite metrikleri takip edilip problemli alanlar resmedilebilmektedir. Türkiye geneli DWDM veri setinden örnekler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örnek veri seti

FEC	OCH Adı	OCH KAPASİTESİ (10G, 40G, 100G)	TOPLAM LINK MESAFESİ (KM)	SPAN SAYISI	LINK FİBER UZUNLUĞU	A TO B ZAYIFLAM A	B TO A ZAYIFLAM A	BEKLENEN ZAYIFLAM A	dB/km	LİNK KANAL SAYISI	AMPLİFİYER TURU
188784226426	12703-Och-265314	100000	1100	18	61	20	18	275	0,33	77	EDFA
188784226426	Och-03478	10000	915	16	57	279	278	229	4,88	58	EDFA
188654204621	Och-03967	10000	913	12	76	281	264	228	3,70	56	EDFA
172532533595	Och-05940	100000	89	2	45	4	7	22	0,09	64	EDFA
171536459762	Och-01627	10000	761	12	63	218	221	190	3,43	58	EDFA
144418603283	Och-03478	10000	915	16	57	279	277	229	4,88	58	EDFA
127528229242	13307-Och-03967	10000	913	12	76	281	264	228	3,69	56	EDFA
97595563677	Och-01627	10000	761	12	63	217	221	190	3,42	58	EDFA
50612931046	Och-04108	10000	11072	208	53	2510	2514	2768	47,15	17	EDFA
39275210198	Och-272087	10000	426	20	21	168	162	106	7,89	78	EDFA
36924381446	Och-05953	10000	1186	15	79	263	276	297	3,33	32	EDFA
36924381446	Och-05953	10000	1186	15	79	263	276	297	3,33	32	EDFA
34963551392	ASON_Ch51_TRANSIT_061651	10000	6637	110	60	1936	1847	1659	32,09	0	EDFA
34187564397	Och-02297	10000	10	4	3	12	16	3	4,49	62	EDFA
26738451471	Ch39_TRANSIT_257639	10000	1497	27	55	446	459	374	8,05	0	EDFA
25879823376	Och-00052	10000	757	6	126	191	212	189	1,51	58	EDFA
25263220860	Och-04086	10000	1249	20	62	423	428	312	6,77	58	EDFA

Bu çalışmada, tüm makine öğrenmesi algoritmaları için her bir giriş değeri tek tek ele alınarak FEC değerine göre analiz edilmiş ve sürekli değerler ile tahminleme yapılmıştır. Veri setinin %20’si validasyon verisi olarak kullanılmıştır. Tüm algoritmalar için elde edilen çözümleme sonuçları Çizelge 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.2. Makine öğrenme algoritma tablosu

Algoritmalar	İterasyon Sayısı	Ağaç Sayısı	Ağaç maksimum derinlik sayısı	Çalışma Zamanı (Saniye)	Çözüm Yöntemi
Random Forest	10	10	6	0,0610	
Decision Tree	-	-	6	0,0094	
BoostedTree Regression	-	10	6	0,0704	
Linear Regression	-	-	-	0,0029	Newton
Ridge Regression	-	-	-	0,0033	Newton
Elastic Net Regression	-	-	-	0,0599	Fista
Lasso	-	-	-	0,0605	Fista

Çizelge 4.1’de sonuçları incelendiğinde, 945 adet girdi için FEC çıktısına yüksek seviyede etki eden parametreler makine öğrenme metodları ile tahminlenmiş ve Çizelge 4.3’te verilmiştir. Çizelge 4.3’te görüleceği üzere, FEC değerini etkileyen en önemli girdilerin;

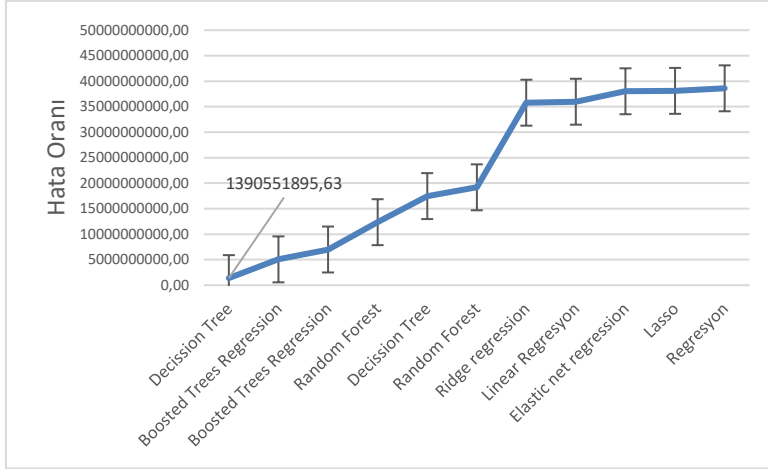
- Kanal sayısı
- Fiber zayıflama
- Fiber mesafesi

Olduğu ve bu değerlerin de canlı network ile karşılaştırıldığında birebir örtüştüğü gözlenmiştir.

Çizelge 4.3. FEC parametresine etki eden girdiler

En etkili parametreler	
Kanal sayısı	553132987,4
Fiber mesafesi	331980311,7
Fiber zayıflaması	192903430,5

Şekil 4.25’te ise tüm algoritmalarından alınan hata sonuçları verilmiştir. Yapılan analizler sonunda Decision Tree algoritması ile yapılan analizin ilgili giriş parametreleri ile en doğru FEC tahminlemesi yaptığı görülmüştür.



Şekil 4.25. Hata grafiği

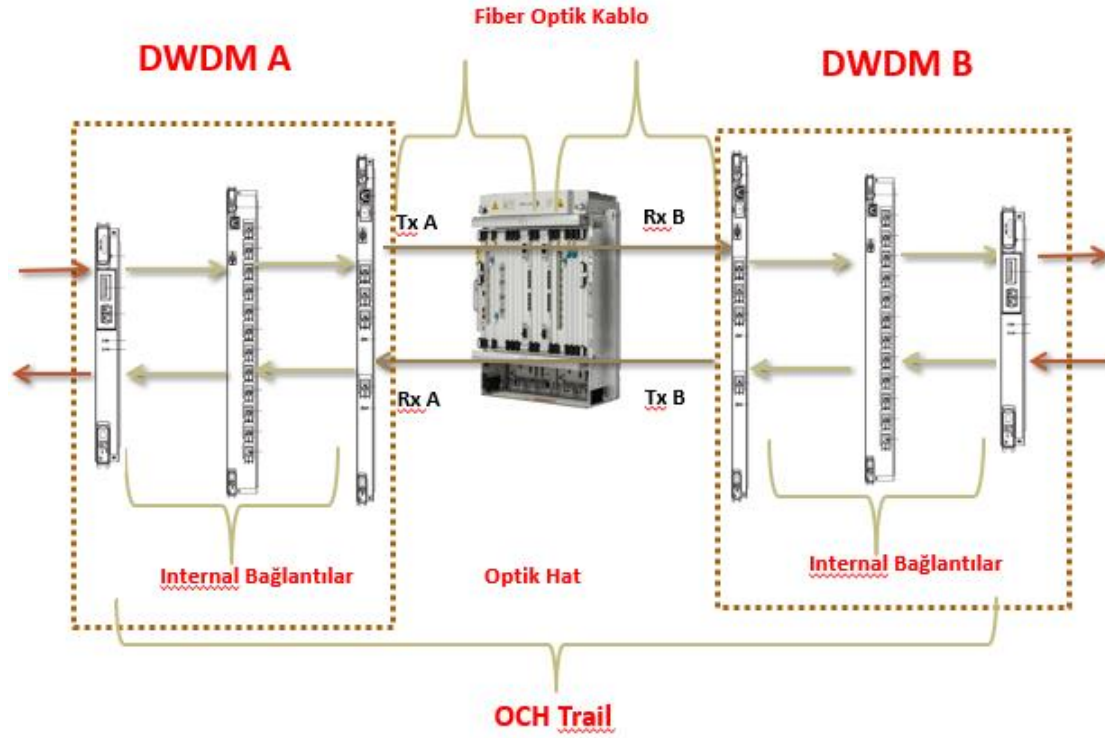
Canlı network üzerinden alınan parametre setleri tek bir platformda işlemek üzere veritabanı sistemine alınmıştır. Tüm Türkiye geneli omurga linkerden elde edilen bu veriler farklı vendor sunucularından alınarak işlenmeye ve uçtan uca analiz edilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu analiz sonuçlarında tüm dünya da geçerli olan en önemli kalite parametresi olan FEC parametresine bakılarak uçtan uca linkler optimize edilmiştir. Bu optimizasyon aşamalarının manuel olması, linklerin tek tek incelenmesi gerekliliği ve hangi parametrenin FEC değerine etkisinin yüksek olduğunun bilinmemesi zorluğuna karşın, bu çalışmada kullanılan 7 adet makine öğrenme algoritması sayesinde en doğru tahminleme ile FEC parametresini canlı network değerine en yakın olacak şekilde örneklenmiş ve FEC parametresine en çok etki eden 3 parametrenin hangileri olduğu belirlenmiştir.

Belirlenen kanal sayısı, fiber zayıflaması ve fiber mesafesinin bilinmesi ile optimizasyon noktasında FEC değerini iyileştirmek için hangi parametrelere bakılması gerekliliği otomatize edilmiştir. Bu analiz ile birlikte büyük network yöneten ve bu büyük networkte farklı vendor bulunan sistemlerde, operatörler için kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Ayrıca Manuel olarak FEC parametresinin takibi yerine network içerisinde yer alan göstergelerin Decision tree algoritmasına girdi olarak verilmesi ve bu sayede yeni açılacak linkler için Kalite değerlerinin tahminlemesinin yapılabilirliği sağlanmıştır.

4.4. Ön Etkin Alarm İzleme ve Tahminleme

Üretici sistemlerinden alınan ve tek bir platformda işlenen veriler arasında alarm verileri çok önemli bir noktadır. Platform üzerinde zayıflama ve beklenen zayıflama gibi veriler yer

almaktadır. Karşılaştırmalar gerçekte ölçülen ve beklenen DWDM zayıflama değerleri arasındaki farkı hesaplamak için kullanılır. DWDM ve A düğümünden B düğümüne fiber bağlantılar üzerinden bazı örnek değerler, değerlerin platform tarafından düğümlerden ve envanter sunucusundan elde edildiği Şekil 4.27’de görülebilmektedir.



Şekil 4.26. Veri setine örnek DWDM bağlantısı

25

▼

satır

Search:

Bölge	İl	Link No	DWDM-A	Line-A	ATX	ARX	ATXZ	ARXZ	Fiber U. (km)	Pt Fiber U. (km)	Cbs Fiber U. (km)	BTXZ	BRXZ	BTX	BRX	Line-B	DWDM-B	PTZ	ABZ	BAZ	F_ABZ	F_BAZ	FSF	FBZ	TSF	BZS	Km/Db
ADANA	NİĞDE	LY04001_1	001_ALTUNHISAR_800H001	S0B4P1	-2.2	-28.5			77.79					-2.5	-33.1	S0B24P1	005_AKISARAY_800H001		30.9	20	30.9	20	4.9	20.95	4.9	9.95	0.4
ADANA	HATAY	LY04204_2	031_HASSA_800H001	S0B4P2	-3.1	-23.1			88.85	88.85				-2.3	-23.3	S0B24P1	079_KILIS_800H001	29.09	20.2	20.8	20.2	20.8	0.6	23.71	0.6	-2.91	0.23
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	LY04403	048_KIMARASBİNEVLER_800H001	S0B24P2	-0.8	-8.1			5.33		4.109			-1.4	-6.2	S0B24P2	048_KALEDDİ_800H001		5.4	6.7	5.4	6.7	1.3	1.8	1.3	5.1	1.28
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	Y04402_4	048_GOKSUN_800H001	S0B4P1	-2.4	-20.8			65.01	65.01	21.101			-1.6	-21.4	S0B3P2	038_SARIZ_800H001	18.53	19	19.2	19	19.2	0.2	17.9	0.2	1.3	0.29
ADANA	HATAY	LY04204_1	031_HASSA_800H001	S0B4P1	-2.5	-27.8			83.74	83.74				-1.8	-27.4	S0B24P2	031_REYHANLI_800H001	27.8	24.9	28	24.9	28	1.1	22.44	1.1	3.57	0.31
ADANA	GAZİANTEP	LY04400	027_BİNEVLER_800H001	S0B24P1	-1.90	-4.70			7.35	7.35	3.701			-3.2	-8.2	S0B24P2	027_GAZİANTEPSAHİNEV_800H001	5.01	6.3	1.5	6.3	1.5	4.8	2.21	4.8	4.1	0.86
ADANA	MERSİN	LY03405	033_BAHCELEVLER_800H001	S0B24P2	-2.90	-5.40			3.82	3.82	3.02			-2.0	-5.5	S0B24P1	033_MERSİN_800H001	4.51	3.5	4.4	3.5	4.4	0.8	1.15	0.3	3.25	1.15
ADANA	HATAY	LY04208	031_ANTAKYAKSANKAY_800H001	S0B24P2	-2.7	-7.5			8.05		7.21			-1.8	-6.1	S0B24P2	031_HATAY_800H001		6.4	5.7	6.4	5.7	0.7	2.42	0.7	3.99	0.8
ADANA	KAHRAMANMARAŞ	Y04402_3	048_GOKSUN_800H001	S0B4P2	-0.9	-18.2			51.29	51.29	31.358			-1.3	-21.4	S0B4P1	048_SUCAT_800H001	18.49	20.5	19.9	20.5	19.9	3.6	14.32	3.6	8.18	0.4
ADANA	HATAY	LY03502_1	031_SAMANDAG_800H001	S0B4P1	-3.10	-14.20			29.92	29.92	42.218			-1.4	-16.3	S0B25P1	031_HATAY_800H001	9.6	13.2	12.8	13.2	12.8	0.4	8.98	0.4	4.22	0.44
ADANA	ADANA	LY03501_1	001_POZANTI_800H001	S0B4P1	-2.4	-23.8			88.12	88.12	67.402			-1.8	-24.4	S0B24P1	001_NİĞDE_800H001	17.36	22	21.8	22	21.8	0.2	23.03	0.2	-1.03	0.28

Şekil 4.27. DWDM bağlantısı için alınan örnek veri seti

Toplanan parametreler, merkez düğüm adlarını (A veya B), iletme ve alma gücü ölçümlerini ve iletme/alma fiziksel zayıflatıcı değerlerini içerir. DWDM servislerinin herhangi birinde ES, SES, UAS hataları varsa, önerilen kriterler kullanılarak tüm servis rotasının kontrol edilmesi, sorunun temel nedenini bulmak için çok önemli ipuçları verecektir.

Nitekim planlanan veya beklenen zayıflama değerleri ile gerçek zamanlı zayıflama ölçümleri arasında hem fiber kalitesi hem de DWDM açıklık kaybı karşılaştırmaları pratik uygulamalarda önem arz etmektedir. Bu noktada beklenen ve gerçekleşen fiber zayıflama verilerini 3 farklı üreticiden geçen link olsa bile şekil 4.28’de olduğu gibi gözlemleyebilmekteyiz.

PTZ	ABZ	BAZ	F_ABZ	F_BAZ	FSF	FBZ	TSF	BZS	Km/Db	AD	Açıklama	G Zaman	D
	30.9	26	30.9	26	4.9	20.95	4.9	9.95	0.4	CR	Fiberde Beklenen Zayıflamadan Sapma 7 dB den Büyük	19.06.2022 04:06:00	0

Şekil 4.28. Beklenen ve gerçekleşen zayıflama değeri

Şekilde bahsedilen verilerde de gözlemlenebileceği üzere beklenen zayıflama değeri ile sistemden ölçülen değer arasındaki farkın yüksek olması 2 sistem arasında hizmet alan müşteriler için kalite problemleri oluşturabilmekte , daha da ilerleyen süreçlerde kesintilere sebep olabilmektedir. Bu kapsamda sistem üzerinden görülebilen bu verilerin kullanıcı ya alarm olarak iletilmesi de çalışılmış olup , Şekil 4.29’da görüleceği üzere farklı alarm değerlerine göre kritik , majör , minör olarak takip edilmektedir.

17.12.2019 14:21	063_SANLIURFA_B01	OTU2 3/13/L1	LOS-P	"[1,31m Loss of Signal - OTU"	11QPA4::[0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:06	CR
17.12.2019 15:31	046_NARLI_B01	OTS 1/4/LINE	LOS	"[1,31m LD Input LOS"	AHPHG::[0m	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	17.12.2019 17:06	CR
17.12.2019 14:21	047_YENISEHIR_B01	OTU2 3/32/L1	LOS-P	"[1,31m Loss of Signal - OTU"	11STAR1::[0m	MARDİN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 14:21	063_SANLIURFA_B01	OTU2 1/15/L1	LOS-P	"[1,31m Loss of Signal - OTU"	11STMM10::[0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:06	CR
17.12.2019 14:21	063_SANLIURFA_B01	OTU2 1/13/L1	LOS-P	"[1,31m Loss of Signal - OTU"	11STAR1::[0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:06	CR
17.12.2019 14:21	063_CEYLANPINAR_B01	OTU2 1/16/L1	LOF	"[1,31m Loss of Frame - OTU"	11QPA4::[0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:06	CR
31.10.2019 12:52	073_HILAL_B01	EQPT 2/14/L1	EQPTPORT	"[1,31m Port failure - device"	11QPA4::[0m	ŞIRNAK	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	CR
04.12.2019 16:00	021_DICLEKENT_B01	10GBE 2/33/C1	LANLOS	"[1,31m Loss of signal"	11STAR1::[0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:05	CR
04.12.2019 16:00	021_DICLEKENT_B01	10GBE 1/14/C1	LANLOS	"[1,31m Loss of signal"	11STAR1::[0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:06	CR
17.12.2019 16:36	063_HARRANUNVRST_B01	OMS 1/2/LINE	SSF-OMS	'OMS Server Signal Failure'	AHPPLG	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/5/SIG	APRLINE	'APR Active - Line'	AHPPLG	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OMS 1/4/LINE	SSF-OMS	'OMS Server Signal Failure'	AHPHG	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	URU-S	'Underlying resource unavailable - card'	AHPHG	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	URU-S	'Underlying resource unavailable - card'	AHPHG	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	URU-S	'Underlying resource unavailable - card'	AHPHG	GAZİANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 15:31	046_NARLI_B01	OMS 1/4/LINE	SSF-OMS	'OMS Server Signal Failure'	AHPHG	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	17.12.2019 17:06	MJ
17.12.2019 15:31	046_NARLI_B01	OTS 1/5/SIG	APRLINE	'APR Active - Line'	AHPPLG	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	17.12.2019 17:06	MJ
17.12.2019 15:31	046_NARLI_B01	OTS 1/4/LINE	URU-S	'Underlying resource unavailable - card'	AHPHG	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	17.12.2019 17:06	MJ
17.12.2019 15:31	046_NARLI_B01	OTS 1/4/LINE	URU-S	'Underlying resource unavailable - card'	AHPHG	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	17.12.2019 17:06	MJ
17.12.2019 15:31	046_NARLI_B01	OTS 1/4/LINE	URU-S	'Underlying resource unavailable - card'	AHPHG	KAHRAMANMARAŞ	ADANA	17.12.2019 17:06	MJ
16.12.2019 15:01	033_BARBAROS_B01	COM SYSTEM	INTRUSION	-	Excessive Invalid Login Attempts by user(s)	MERSİN	ADANA	17.12.2019 17:07	MJ
14.12.2019 16:32	051_ALTUNHISAR_B01	COM SYSTEM	INTRUSION	-	Excessive Invalid Login Attempts by user(s)	NİĞDE	ADANA	17.12.2019 17:06	MJ
10.12.2019 13:36	073_HABUR_B01	COM SYSTEM	INTRUSION	-	Excessive Invalid Login Attempts by user(s)	ŞIRNAK	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:05	MJ
17.12.2019 13:04	073_GULYAZI_B01	COM SYSTEM	INTRUSION	-	Excessive Invalid Login Attempts by user(s)	ŞIRNAK	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:05	MJ
04.12.2019 17:23	021_PIRINCLIK_B01	COM SYSTEM	INTRUSION	-	Excessive Invalid Login Attempts by user(s)	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:10	MJ
31.10.2019 12:52	073_HILAL_B01	EQPT 2/14/L1	LASEROL	'Laser end of life'	11QPA4	ŞIRNAK	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	MJ
17.12.2019 17:07	063_VIRANSEHIR_B01	OCH 1/6/CLS8	OPR-OUT	'Outgoing Channel optical power out of range'	CWRB	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:10	MN
17.12.2019 15:42	047_YENISEHIR_B01	OTS 3/2/SIG	PWRMAXGAIN	'Gain Adjustment Exceeded Max Value'	ALPHG	MARDİN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	MN
17.12.2019 16:50	072_BESIRI_B01	OCH 2/2/LINE	OPR	'Channel optical power out of range'	AHPHG	BATMAN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:09	MN
04.12.2019 17:18	063_BIRECIK_B01	OTS 1/2/SIG	LOGAIN	'Amplifier out of operational range - amplifier gain too low'	AHPHG	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08	MN
17.12.2019 11:50	021_HUZUREVLERI_B01	OCH 2/2/LINE	OPR	'Channel optical power out of range'	AHPPLG	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:11	MN
17.12.2019 11:50	021_HUZUREVLERI_B01	OCH 2/2/LINE	OPR	'Channel optical power out of range'	AHPPLG	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08	MN

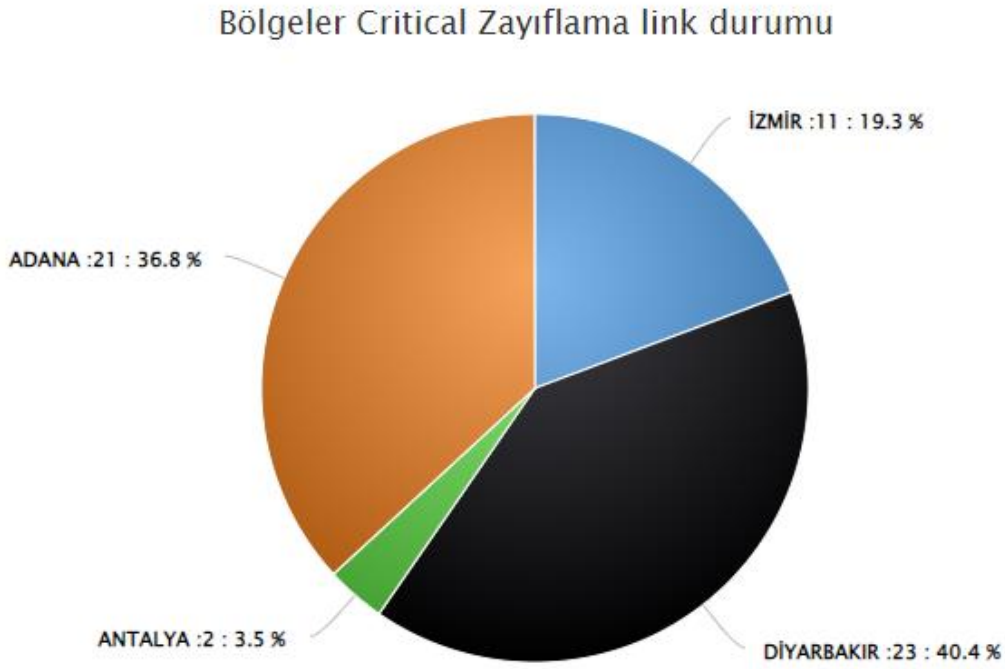
Şekil 4.29. DWDM sistemlerinde takip edilen zayıflama alarmları

Türkiye geneli farklı üretici verilerine göre kritik, majör ve minör alarm listeleri şekil 4.29’da görülebilmektedir.

Belirlenen bu eşik değerleri Çizelge 4.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Belirlenen alarm seviyeleri

Alarm Tipi	Fiber Zayıflama Aralığı (dB)	Fiber Kilometrik Kayıp (dB/km)	Beklenen Zayıflama ile arasında oluşan fark
Alarm yok (Yeşil)	0 ve 1	0,25- 0,3	0-2
Minör Alarm (Sarı)	1,1 ve 2,9	0,31-0,45	2,1-4
Majör Alarm (Turuncu)	3 ve 4,9	0,46-0,55	4,1-7
Kritik Alarm (Kırmızı)	>=4,9	>=0,56	>=7,1



Şekil 4.30. Türkiye geneli zayıflama alarm durumu

Bu alarm verileri kullanıcılara atanmakla beraber, yukarıda da bahsedildiği üzere ticket mekanizması ile uyarı seviyesi en üst noktada kullanıcılar ile takip sağlanmaktadır, bu takip ile müşteri deneyimini en üst noktaya getirmek ve kesinti olmadan önce ön etkin alarm ve performans takibi yapılması amaçlanmıştır. Şekil 4.31’ de gösterildiği üzere ticket mekanizması ve sistem üzerinde aktif takip edilen ticket’ler gösterilmektedir.

Bölge A	İA	DNDM-A	Link No	DNDM-B	İB	Bölge B	AD	SM Ticket	SM Ticket Durum	User	Tarih
SAMSUN	ÇORUM	019_SKULP_7500NB01	L19012	019_CORUM_7500NB01	ÇORUM	SAMSUN	MN			Altın Ertaş	2020-04-28 14:04:48
ANTALYA	ANTALYA	007_KALKIRI_1030B01	L40029	048_KEMER_1030B01	MUĞLA	İZMİR	FE		Success	Ali Çetinel	2019-04-12 14:25:19
İSTANBUL-1	İSTANBUL-1 YAKASI	234_İHHANLIYICI_8000H01	ML234197	234_İHHANLIYICI_8000H01	İSTANBUL-1 YAKASI	İSTANBUL-1	MN	SPDrenovation record added	Success	Burçin Kara	2020-07-28 08:35:17
İSTANBUL-1	EDİRNE	022_İPSALATCI_8000B01	22011	022_İNEZ_8000H01	EDİRNE	İSTANBUL-1	CR	SPDrenovation record added	Success	Burçin Kara	2020-07-28 08:35:17
İSTANBUL-1	İSTANBUL-1 YAKASI	234_İHHANLIYICI_8000H01	ML234197	234_İHHANLIYICI_8000H01	İSTANBUL-1 YAKASI	İSTANBUL-1	CR	SPDrenovation record added	Success	Burçin Kara	2020-07-28 08:35:17
İSTANBUL-1	EDİRNE	022_İPSALATCI_8000B01	22011	022_İNEZ_8000H01	EDİRNE	İSTANBUL-1	CR	AT5000455	Validation failed	Burçin Kara	2020-07-28 11:02:38
İSTANBUL-1	İSTANBUL-1 YAKASI	134_İHHANLIYICI_8000H01	ML134020	134_İHHANLIYICI_8000H01	İSTANBUL-1 YAKASI	İSTANBUL-1	MN		Success	Burçin Kara	2019-03-09 18:41:22
İZMİR	MANİSA	048_İHHANLIYICI_1030B01	L40029	048_İHHANLIYICI_1030B01	MANİSA	İZMİR	CR	01902708	The same published already exists	Cem Ayaz	2019-09-28 10:47:27
İZMİR	MANİSA	048_İHHANLIYICI_1030B01	L40029	048_İHHANLIYICI_1030B01	MANİSA	İZMİR	MN			Cem Ayaz	2019-09-28 10:44:14
ADANA	MERSİN	033_İHHANLIYICI_801	L33023	033_İHHANLIYICI_801	MERSİN	ADANA	FE	01902708	The same published already exists	Engin Demirel	2020-02-19 22:48:08

Şekil 4.31. Zayıflama alarm durumu ve ticket mekanizması

Zayıflama ticketleri haricinde yukarıdaki konularda bahsedildiği üzere 3 farklı üreticiden alınan tüm veriler birleştirilerek analizler yapılmaktadır, bu analizlerde zayıflama haricinde kart alarmları, shelf/slot alarmları vb. tüm alarmlar takip edilmektedir, şekil 4.32’de bu alarmların çıktıları gösterilmektedir.

17.12.2019 15:31	002_BESNI_B01	OTU2 2/11/L1	LOF	"[1:31m Loss of Frame - OTU"	11STMM10::[0m	ADYAMAN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:05	CR
17.12.2019 14:21	003_HARRANUNVRST_B01	OTU2 1/16/L1	LOS.P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STMM10::[0m	ŞANLIURFA	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 14:21	047_YENISEHIR_B01	OTU2 3/14/L1	LOS.P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STAR1::[0m	MARDIN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 10:33	021_SEHITLUK_B01	DCH 2/2/LINE	LOS-OUT	"[1:31m Outgoing channel absent"	AHPHG::[0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:08	CR
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTU2 1/16/L1	LOS.P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STMM10::[0m	GAZIANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 15:31	027_ORGANIZE1_B01	OTS 1/4/LINE	LOS	"[1:31m LD input LOS"	AHPHG::[0m	GAZIANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	CR
17.12.2019 10:59	021_KAYAPINAR_B01	DCH 2/2/LINE	LOS-OUT	"[1:31m Outgoing channel absent"	ALPHG::[0m	DIYARBAKIR	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:06	CR
17.12.2019 15:31	002_GOLBASI_B01	OTU2 1/11/L1	LOS.P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11STMM10::[0m	ADYAMAN	DIYARBAKIR	17.12.2019 17:09	CR
17.12.2019 16:08	033_SILFKE_B01	1GBE 3/16/C1	LANLOS	"[1:31m Loss of signal"	11STMM10::[0m	MERSİN	ADANA	17.12.2019 17:05	CR
17.12.2019 15:31	027_SAHINBEY_B01	DCH 2/17/L1	LOS.P	"[1:31m Loss of Signal - OTU"	11DPM12::[0m	GAZIANTEP	ADANA	17.12.2019 17:07	CR

Şekil 4.32. Alarm listeleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yapılan inceleme ve analizler sonucunda tek bir platform üzerinden farklı üreticilerin verileri genel standartlar çerçevesinde eşleştirilerek uçtan uca farklı domain ve firmalardan geçen servislerin kalite parametreleri gözlemlenmiş, hataların kök neden analizleri tespit edilmeye çalışılmış ve makine öğrenme algoritmaları ile sınıflama ve tahminlemelerde bulunulmuştur.

Uçtan uca ön etkin alarm izleme, üretici bağımsız standartlarda veri kontrolü ve özellikle büyük networklerde uzak mesafeler arası çalışan servislerin performans ve kalite çerçevesinde sürekli olarak kaliteli çalışmasını sağlamak vasıtasıyla yürüten görevlilerin manuel olarak uzun sürede yaptıkları ve gözlemleyebilecekleri noktaları daha kısa olarak tespit edebilmesini sağlamıştır.

Yapay zekâ ve makine öğrenme platformları ile birleştirilebilen bu yapı sayesinde üretici bağımsız ön etkin alarm ve performans izleme altyapısı kurulmuştur.

5.1. Yapay Zekâ Analizleri

Canlı network üzerinden alınan parametre setleri tek bir platformda işlemek üzere veritabanı sistemine alınmıştır. Tüm Türkiye geneli omurga linkerden elde edilen bu veriler farklı vendor sunucularından alınarak işlenmeye ve uçtan uca analiz edilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu analiz sonuçlarında tüm dünya da geçerli olan en önemli kalite parametresi olan FEC parametresine bakılarak uçtan uca linkler optimize edilmiştir. Bu optimizasyon aşamalarının manuel olması, linklerin tek tek incelenmesi gerekliliği ve hangi parametrenin FEC değerine etkisinin yüksek olduğunun bilinmemesi zorluğuna karşın, bu çalışmada kullanılan 7 adet makine öğrenme algoritması sayesinde en doğru tahminleme ile FEC parametresini canlı network değerine en yakın olacak şekilde örneklenmiş ve FEC parametresine en çok etki eden 3 parametrenin hangileri olduğu belirlenmiştir. Belirlenen kanal sayısı, fiber zayıflaması ve fiber mesafesinin bilinmesi ile optimizasyon noktasında FEC değerini iyileştirmek için hangi parametrelere bakılması gerekliliği otomatize edilmiştir. Bu analiz ile birlikte büyük network yöneten ve bu büyük networkte farklı vendor bulunan sistemlerde, operatörler için kullanım kolaylığı sağlanmıştır. Ayrıca Manuel olarak

FEC parametresinin takibi yerine network içerisinde yer alan göstergelerin Decision tree algoritmasına girdi olarak verilmesi ve bu sayede yeni açılacak linkler için kalite değerlerinin tahminlemesinin yapılabilirliği sağlanmıştır.

5.2. Ön Etkin Alarm İzleme ve Müdahale Yapısı

Farklı üretici sistemler arası geçişler , farklı isimlendirme formatları ve farklı teknolojik yaklaşımlar büyük networklerde işletim zorluğu olarak karşımıza çıkabilmektedir , bu zorlukları aşabilmek adına kurulan bu sistem ile tek platformdan uçtan uca alarm izleme sistemi oluşturulmuş, yapay zeka ve makine öğrenme destekli analizler ile servis uçtan uca takip edilebilecek duruma getirilmiştir, bu kapsamda alarm önceliklendirmeleri yapılarak çalışanlar için web arayüzü destekli bir yapı ile ön etkin alarm takibi sağlanmıştır.

Bu alarm önceliklendirmesi ile birlikte web arayüzünden majör, minör ve kritik seviyeler kullanıcıların önüne düşürülerek ön etkin takip yapılması amaçlanmıştır, farklı üreticilerin tek platformda toplanması operasyonel açıdan özellikle büyük telco operatörlerinin gittikçe karmaşıklaşan transport sistem altyapılarının basitleştirilmesi ve kolay yönetilebilir hale gelmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Operatörler yukarıda anlatıldığı gibi farklı üreticilerin farklı performans ve alarm metriklerini kök neden analizleri ile ve daha önce de bahsedildiği gibi yapay zekâ destekli olacak şekilde, çok düşük hata ve çok hızlı şekilde takip ederek müdahale edebilme yeteneğine kavuşmuşlardır.

Ön etkin alarm izleme ve müdahale noktasında kullanıcıların inisiyatifine bırakmaksızın ilgili network ekipmanları ile doğrudan haberleşerek sistem performans ve alarm takibi noktasında gelişim kaydedilmiştir. Şekil 5.1’de görüleceği üzere Tüm Türkiye geneli sağlık tarama sonuçları da paylaşılmıştır.

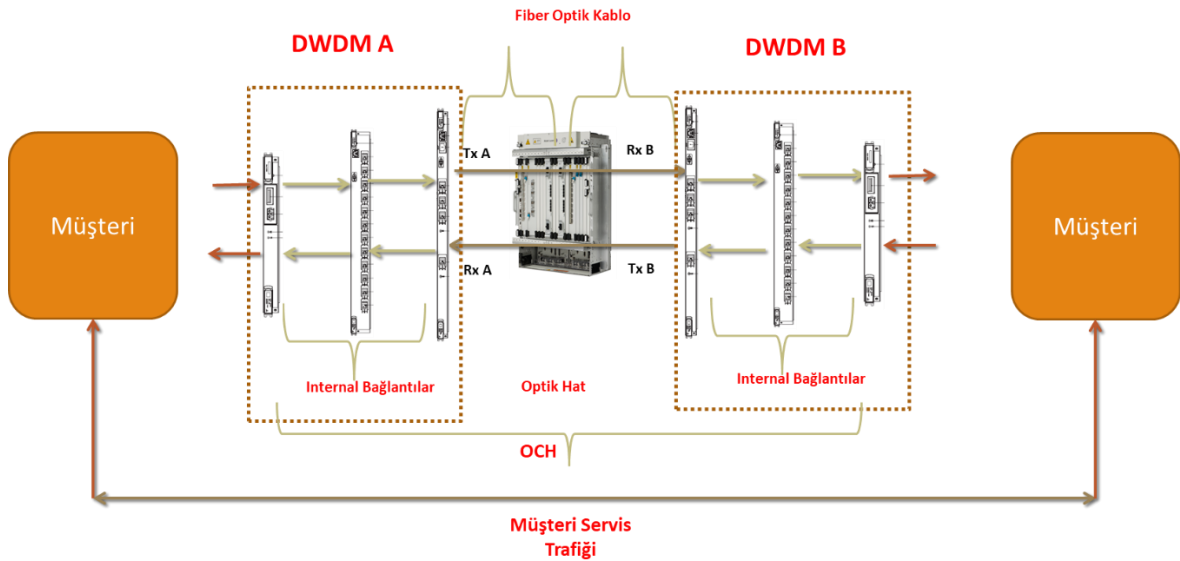
Domain	Site	İ	NE	IP	Ping Quality	Ping Loss	Backup Try	Redundancy	TimeZone	Free Memory	Cpu Usage	PortNetApp	Smp Status	Etiket Durumu	Etiketli Açıklama	SSH	Telnet	Time
Nokia Basecore	DIYARBAKIR	ŞANLIURFA	08L_KUVAL_1830N001	18.30.103.2	23.962	0								SSH_OK		OK	OK	2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	SAĞSUN	AMASYA	08L_KHASTA_1830N001	18.30.105.2	31.214	0								SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	İSTANBUL-1	KIRILARELİ	08L_KIRKAD_1830N001	18.30.139.20										SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	ERZURUM	AĞRI	08L_ELEKRT_1830N001	18.30.104.30	28.001	0								SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	ERZURUM	AĞRI	08L_AGR_1830N001	18.30.104.1	34.830	0		Yes	UTC					SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	ADANA	KAHRAMANMARAŞ	08L_DOKSUN_1830N001	18.30.140.1	108.101	0		Yes	UTC00:00					SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	SAĞSUN	SAĞSUN	08L_LADHTT_1830N001	18.30.105.4	28.800	0								SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	SAĞSUN	YOKAT	08L_TOKAT_1830N001	18.30.100.1	21.747	0								SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	ERZURUM	AĞRI	08L_KATNOS_1830N001	18.30.104.5	47.008	0								SSH_OK		OK		2022-07-08 19:28:16+03
Nokia Basecore	BURSA	BALIKESİR	010_DONEDU_1830N001	18.30.110.4	24.008	0	3	Yes	UTC	43	11	42	SSA1	SSH_OK		OK	OK	2022-07-08 19:28:17+03

Şekil 5.1. Türkiye geneli DWDM sağlık tarama çıktısı

Üreticilerin kendi yönetim sistemleri ile yapamadıkları bu işlemler ile paralel işlem gücü sayesinde servis kalitesini etkileyecek ve aslında tespit edilmesi ve servisle ilişkilendirilmesi çok zor olan ön etkin performans analizleri yapılmıştır.

5.3. Kök Neden Analizleri

Yapılan bu platform üzerinde tek noktadan takip edilen metriklerin ilişkilendirilmesi sayesinde sistemlere sadece farklı formatlarda alarm ve performans olarak yansıyan bağımsız metriklerin servis katmanında uçtan uca ilişkilendirilmesi sayesinde hata kök nedeninin tespiti kolaylıkla yapılmıştır. Bu ilişkilendirme normalde farklı birimlerde çalışan kişilerin bir araya gelerek eldeki verilerin değerlendirilmesi sonucunda elde edilebilir iken , yapılan bu platformda otomatize ve ön etkin şekilde elde edilebilmektedir.



Şekil 5.2. Servis katmanı ve alt katman ilişkilendirmesi

Şekil 5.2’ de görüleceği üzere sorunlu olduğu tespit edilen müşteri servisi alt katmanlar ile ilişkilendirilerek , servisin geçmiş olduğu tüm güzergahlardaki uçtan uca alarm ve performans metrikleri yapay zekâ ile analiz edilmektedir. Servis katmanında hataya sebep olan ve makine öğrenme metodları ile anormal bir durum olarak tespit edilen parametre operatörün önüne otomatik olarak gelmektedir. Örnek vermek gerekirse müşteri uçları arasındaki servis trafiğine gelen ileri hata düzeltme (FEC) hatası B sistemi içerisindeki onlarca iç bağlantı kablosu arasından bir tanesinin beklenen değerden yüksek olması sebebiyle oluşmuş olabilir, bu durum oluşturulan ilgili platformun olmadığı durumda,

yönetim sistemleri üzerinde yüzlerce bağlantının tek tek kontrol edilmesi sonucu tespit edilebilmektedir, bu durum kullanıcı iş gücü kaybına ve kullanıcıların ilgili üretici sistemlerini konusunda teknik bilgi yeterliliğine sahip olma durumunu gerektirmektedir. Ayrıca müşteri servislerinin hata tespit aşaması da yukarıda bahsedilen nedenlerle çok uzayabilmektedir. Oluşturulan bu platform ile bu olumsuz durum ve teknik bilgi gereksinimi ortadan kaldırılmış olup, kök neden analizleri tek platform ve web arayüzü ile çok kolay bir şekilde adreslenebilmektedir.

Yapılan bu platformun diğer bir özelliği ise, IP katmanında yer alan ve tüm dünyada aktif olarak kullanılan IP/MPLS altyapısının da uçtan uca takibi ve yönetilmesi açısından değerlendirilmesidir, ilerleyen süreçlerde özellikle yazılım dizayn networkler (SDN-Software Design Network) ve network sanallaşma konularında orkestrasyon katmanı olarak kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Mukherjee, B. (2006). *Optical WDM Networks*. New York: Springer Science, 135-136
2. Barguil, S., Lopez, V., and Fernveez-Palacios Gimenez, J. P. (2020). *Towards an Open Networking Architecture*. Paper presented at the 2020 International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM), Barcelona, Spain.
3. Yoshida, S, Kuwano, S. Yamada, M. Kanamori, T. Takachio, N and Iwashita, K (1995). 10 channel transmission experiment over 600 km with 100 km repeater spacing employing cascaded fluoride-based erbium doped fibre amplifiers. *Electronics Letters*, 31, 1678-1679.
4. Aisawa, S. Takachio, N and Iwashita, K (1996). *10 Gb/s 8 channel transmission experiment over 480 km with 120 km repeater spacing using frequency modulated RZ pulse format*. Optical Communication (ECOC '96)- 22nd European Conference, Oslo, 137-140.
5. Miyamoto, Y. Hirano, A. Yonenaga, K. Sano, A. Toba, H. Murata, K and Mitomi, O (1999). 320 Gbit/s (8 x 40 Gbit/s) WDM transmission over 367 km with 120 km repeater spacing using carrier-suppressed return-to-zero format. *Electronics Letters*, 35, 2041-2042.
6. Miyakawa, T. Edagawa, N and Suzuki, M (2000). *210 Gbit/s (10.7 Gbit/s x 21 WDM) transmission over 1200 km with 200 km repeater spacing for the festoon undersea cable system*. Optical Fibre Communication Conference (OFC 2000), Baltimore, 44-46.
7. Kaminow, I. P. Li, T (2002). *Optical fibre telecommunications IVB: systems and impairments*, Academic Press, San Diego, London.
8. Riccardi, E., Gunning, P., de Dios, O. scar G. lez, Quagliotti, M., Lopez, V., and Lord, A. (2018). An Operator view on the introduction of white boxes into optical networks. *Journal of Lightwave Technology*, 36(15), 3062–3072.
9. Luo, Y., Zhou, X., Effenberger, F., Yan, X., Peng, G., Qian, Y., and Ma, Y. (2012). Time-and wavelength-division multiplexed passive optical network (TWDM-PON) for next-generation PON stage 2 (NG-PON2). *Journal of lightwave technology*, 31(4), 587-593.
10. Jamro, M. Y., Senior, J.M. (2005). Chirp Control of an Electroabsorption Modulator to be used for Regeneration and Wavelength Conversion at 40 Gbit/s in All-Optical Networking. *Photonic Network Communications* 10, 267–278.
11. Miller, A. B. Chemia, D.S. Damen, T.C. Gossard, A.C. Wiegmann, W. Wood, T.H. and Burrus A.C. (1984), Band-edge electroabsorption in quantum well structures: the quantum-confined Stark effect. *Physical Review Letters*, 53, 2173-2176.
12. Thylen, L. (1988), Integrated optics in LiNbO₃: recent developments in devices for telecommunications. *Journal of Lightwave Technology*, 6, 847-861.

13. Noguchi, K. Miyazawa, H. and Mitomi, O. (1994). 75 GHz broadband Ti: LiNbO₃ optical modulator with ridge structure. *Electronics Letters*, 30, 949-951.
14. Noguchi, K. Mitomi, O. and Miyazawa, H. (1998). Millimeter-wave Ti: LiNbO₃ optical modulators. *Journal of Lightwave Technology*, 16, 615-619.
15. Howerton, M.M. Moeller, R.P. Greenblatt, A.S. and Krähenbühl, R. (2000). Fully packaged, broad-band LiNbO₃ modulator with low drive voltage. *IEEE Photonics Technology Letters*, 12, 792-794.
16. Li, G. L. and Yu, P.K.L. (2003). Optical intensity modulators for digital and analogue applications. *Journal of Lightwave Technology*, 21, 2010-2030.
17. Wooten, E.L. Kissa, K. M. Yi-Yan, A. MllQhy, E. J. Lafaw, D. L. Hallemeier, P. F. Maack, D. Attanasio, D. V. Fritz, D. J. McBrien, G. J. and Bossi, D. E. (2000). A review of lithium niobate modulators for fibre-optic communications systems. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 6, 69-82.
18. Ludwig, R. Fieste, U. Diefiich, E. Weber, H. G. Breuer, D. Martin, M. and Kuppers, F. (1999). Experimental comparison of 40Gbit/s RZ and NRZ transmission over standard singlemode fibre. *Electronics Letters*, 35, 2216-2218.
19. Nakazawa, M. Kubata, H. Suzuki, K. Yamada, E. and Sahara, A. (2000), Ultrahigh-speed longdistance TDM and WDM soliton transmission technologies. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 6, 363-396.
20. Yu, J., Zhou, X. (2010). Ultra-high-capacity DWDM transmission system for 100G and beyond. *IEEE Communications Magazine*, 48(3), 56-64.
21. Kahn, J. M., and Ho, K. P. (2004). Spectral efficiency limits and modulation/detection techniques for DWDM systems, *IEEE Journal of selected topics in quantum electronics*, 10(2), 259-272.
22. Yamei, F., Qing, L., and Qi, H. (2016). *Research and comparative analysis of performance test on SDN controller*. 2016 First IEEE International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI), Wuhan, China 207-210.
23. Natalino, C., Schiano, M., Di Giglio, A., Wosinska, L., and Furdek, M. (2019), Experimental study of machine-learning-based detection and identification of physical-layer attacks in optical networks. *Journal of Lightwave Technology*, 37:4173-4182.
24. Han, B., Gopalakrishnan, V., Ji, L., and Lee, S. (2015). Network function virtualization: Challenges and opportunities for innovations. *IEEE Communications Magazine*, 53(2), 90-97.
25. Herrera, J. G., Botero, J. F. (2016). Resource allocation in NFV: A comprehensive survey. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 13(3), 518-532.
26. Peterson, L., Al-Shabibi, A., Anshutz, T., Baker, S., Bavier, A., Das, S., Hart, J., Palukar, G., and Snow, W. (2016). Central office re-architected as a data center. *IEEE Communications Magazine*, 54(10), 96-101.

27. Zibar, D., Piels, M., Jones, R., and Schaeffer, C. G. (2015), Machine learning techniques in optical communication. *Journal of Lightwave Technology*, 34:1442-1452.
28. Dutta, A. K., Dutta, N. K., Fujiwara, M (2004), WDM technologies: optical networks. *Elsevier*.
29. Paul, E. Green, Jr (2006). Fiber to the Home: The New Empowerment, A *WileyInterscience publication*, 95-102.
30. Ye, H., Li, G. Y., and Juang, B. H. (2018), Power of deep learning for channel estimation and signal detection in OFDM systems. *IEEE Wireless Communication Letter*, 114–117.
31. K. P. Singh, N. Singh, G.S. Dhaliwal,(2012), Performance Analysis of Different WDM Systems , *International Journal of Engineering Science and Technology* , 1140-1144.
32. Srisuwarat, W., Akaranuchat, J., and Worasuchep, D. R. (2012) *Performance of 10 Gb/s optical receiver in 50-GHz DWDM transmission over 40-km SSMF*. In ECTI-CON2010: The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 992-995.
33. McKeown, N., Veerson, T., Balakrishnan, H., Parulkar, G., Peterson, L., Rexford, J., Shenker, S., and Turner, J. (2008). OpenFlow: enabling innovation in campus networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 38(2), 69-74.
34. Terefenko, D. (2018). A Comparison of Multiprotocol Label Switching (MPLS) and OpenFlow Communication Protocols. Master of Science Thesis, Institute of Technology Tallaght, Dublin.
35. F. Buchali, F. Steiner, G. Böcherer, L. Schmalen, P. Schulte and W. Idler,(2016), Rate adaptation and reach increase by probabilistically shaped 64-QAM: An experimental demonstration , *Journal of Lightwave Technology*, 34: 1599-1609.
36. F Duan, Q., Yan, Y., and Vasilakos, A. V. (2012). A survey on service-oriented network virtualization toward convergence. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 9(4), 373-392.
37. Srisuwarat, W., Akaranuchat, J., and Worasuchep, D. R. (2010). *Performance of 10 Gb/s optical receiver in 50-GHz DWDM transmission over 40-km SSMF*. In ECTI-CON2010: The 2010 ECTI International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 996-999.
38. Yucel, M., Goktas, H. H., and Celebi, F. V. (2011). Temperature independent length optimization of L-band EDFAs providing flat gain. *Optik*, 122(10), 872-876.
39. Yücel, M., Göktas, H. H., and Çelebi, F. V. (2011). *The effect of pump laser wavelength changes on the temperature dependence of EDFA*. IEEE 19th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 238-241.
40. Bonaccorsi, A., Rossi, C. (2003). Why open source software can succeed. *Research policy*, 32(7), 1243-1258.

41. Boydak, S., and Yücel, M. (2017). The Analysis of Raman Scattering in the Fiber Optic Cable. *Journal Of Polytechnic-Politeknik Dergisi*, 20(2).
42. Kim, E., Lee, M., and Oh, S. (2012), *Elastic-net regularization of singular values for robust subspace learning*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 915-923.
43. Wu, F., Yang, A., Guo, P., Qiao, Y., Zhuang, L., and Guo, S. (2018). QPSK training sequence-based both OSNR and chromatic dispersion monitoring in DWDM systems. *IEEE Photonics Journal*, 10(4), 1-10.
44. Cootes, T. F., Edwards, G. J., Taylor, C. J. (2001), Active appearance models. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence* 23, 681–685.
45. Clarke, A. and Johnston, N.M. (1999) Scaling of metabolic rate with body mass and temperature in teleost fish. *Journal of Animal Ecology*, 68, 893– 905.
46. Karadavut, U., Genç, A., Tozluca, A., Kınacı, İ., Aksoyak, Ş., Palta, Ç., Pekgör, A. (2005). Nohut Bitkisinde Verime Etki Eden Bazı Karakterlerin Alternatif Regresyon Yöntemleriyle Karşılaştırılması, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (3) 328-333.
47. De Leenheer, M., Tofigh, T., and Parulkar, G. (2016). *Open and programmable metro networks*. Paper presented at the 2016 Optical Fiber Communication Conference, Anaheim, CA, USA.
48. N Siqueira, M. Oliveira, J. Curiel, G. Hirata, A. Hooft, F.V. (2013). *An optical SDN controller for transport network virtualization and autonomic operation*. In: Proceedings of IEEE 11th Global Communications Conference Workshops; Atlanta, 1198-1203.
49. Li, F., Yang, Y., and Xing, E. (2005). From lasso regression to feature vector machine. *Advances in neural information processing systems*, 18.
50. Candes, E. J., Li, X., Ma, Y., and Wright, J. (2011). Robust principal component analysis, *Journal of the ACM*, 58-67.

3. Osmanca, M. S, Yücel, M., (2021). *AI-Assisted Comparision of Live Network Measurementes and Performance Metrics in DWDM Systems*. Latin American Conference on Natural and Applied Sciences, Mexico, November 5-6.

Hobiler

Basketbol, Kitap Okuma



GAZİ GELECEKTİR..