T.C.
RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU

# ŞEBEKELER ÜSTÜ SERVİS (OTT) SİSTEMLERİNİN TEKNİK OLARAK İNCELENMESİ

**UZMANLIK TEZİ**

**DAVUT AZİZOĞLU**

**ANKARA**
**ARALIK, 2022**


RTÜK
RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU

**T.C.**
**RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU**

# ŞEBEKELER ÜSTÜ SERVİS (OTT) SİSTEMLERİNİN TEKNİK OLARAK İNCELENMESİ

**UZMANLIK TEZİ**

**DAVUT AZİZOĞLU**

**DANIŞMAN: DAİRE BAŞKAN YARDIMCISI V. YASİN YİĞİT**

**ANKARA**
**ARALIK, 2022**

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Başkanlığına,

Davut AZİZOĞLU adlı Üst Kurul Uzman Yardımcısının hazırladığı "Şebekeler Üstü Servis (OTT) Sistemlerinin Teknik Olarak İncelenmesi" başlıklı bu çalışma Tez Değerlendirme Komisyonu üyelerince oy birliği / oy çokluğu ile **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

| | Komisyon Üyeleri | İmza |
|---|---|---|
| Başkan | Ebubekir ŞAHİN<br>Üst Kurul Başkanı | …….. |
| Üye | Deniz GÜÇER<br>Üst Kurul Üyesi | …….. |
| Üye | Dr. İbrahim USLU<br>Üst Kurul Başkan Yardımcısı | …….. |
| Üye | Deniz GÜLER<br>Daire Başkanı | …….. |
| Üye | Yasin YİĞİT<br>Daire Başkan Yardımcısı V.<br>(Tez Danışmanı) | …….. |

ONAY

Bu tez Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Uzmanlığı Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca …/…/20... tarihinde kabul edilmiştir.

……

Ebubekir ŞAHİN

Üst Kurul Başkanı

# ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışmasında;

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 çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 19/12/2023

Davut AZİZOĞLU
Üst Kurul Uzman Yardımcısı

## TEŞEKKÜR

"Şebekeler Üstü Servis (OTT) Sistemlerinin Teknik Olarak İncelenmesi" isimli bu tezin hazırlanması sürecine ilişkin olarak; Sayın Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Başkanı ve Üyelerine, Üst Kurul Başkan Yardımcıları Sayın İbrahim USLU ve Sayın Orhan ÖZDEMİR'e, İzin ve Tahsisler Dairesi Başkan V. Sayın Aydın Demir'e, Başkan Yardımcısı V. Sayın Ali SARI'ya, tez danışmanım İzin ve Tahsisler Dairesi Başkan Yardımcısı V. Sayın Yasin YİĞİT'e, değerli mesai arkadaşlarıma ve hoşgörüsüyle sürekli yanımda olan sevgili eşim Hülya AZİZOĞLU ile canım kızım Asel AZİZOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# ÖZET

## ŞEBEKELER ÜSTÜ SERVİS (OTT) SİSTEMLERİNİN TEKNİK OLARAK İNCELENMESİ

AZİZOĞLU, Davut
Uzmanlık Tezi
Tez Danışmanı: Daire Başkan Yardımcısı V. Yasin YİĞİT
Aralık, 2022, 125

Multimedya dağıtımında kullanılan iletim teknolojileri birçok evrim geçirmiştir. Sonrasında iletim teknolojilerinden biri olan ve insan yaşamının önemli bir parçası haline gelen internet, multimedya dağıtımındaki payını artırmıştır. Erişim kolaylığı ve bant genişliğinde yaşanan artış ile günümüz internetinde yaygın olarak kullanılan OTT (Over-the-Top) hizmetleri özellikle isteğe bağlı video platformlar tüketiciler için giderek daha çekici hale gelmiştir.

İçeriklerin, ağ operatörlerinin kontrolü olmadan internet üzerinden teslim edilmesini ifade eden OTT hizmetleri internet servis sağlayıcıları ve içerik dağıtım ağı sağlayıcıları gibi birden fazla oyuncunun olduğu karmaşık bir ekosistemdir. Multimedya tüketiminde önemli bir yeri olan bu hizmetlerin teknik analizinin özellikle yayıncılık dünyasında bu yeni alanın tanınması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

OTT sistemleri üzerinden video dağıtımı aktif bir araştırma alanıdır. Bu tez çalışması konuya dair yetkin mercilerce hazırlanan verilerden yararlanarak OTT ekosisteminin teknik açıdan nasıl çalıştığını açıklar. OTT kavramı, akış teknolojileri, önceden getirme kavramı ve popüler önbelleğe alma algoritmaları incelenmiştir. Ayrıca OTT'de içerik, yönetilmeyen ağlar üzerinden dağıtıldığından farklı telekomünikasyon ağlarının yapıları ve OTT içerik tüketiminde kullanılan görüntüleme cihazları anlatılmıştır. Performans ölçümlenmesinde kullanılan hizmet ve deneyim kalitesi kavramları, dağıtım zincirinde önemli yeri olan CDN kavramı, program meta verileri, içerik oynatmada hız kontrolü sağlayan trick mode, medyanın coğrafi konuma göre dağıtımını kontrol eden coğrafi engelleme ve dijital hak yönetim sistemleri açıklanmıştır. Bunlarla birlikte medya varlık yönetimi, OTT sistemi oluşturma seçenekleri, ağ tarafsızlığı konusu, OTT'nin düzenlenmesi, ağ üzerindeki zorluklar ve sonuçlar incelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** OTT, CDN, Akış, QoE

## ABSTRACT

## ŞEBEKELER ÜSTÜ SERVİS (OTT) SİSTEMLERİNİN TEKNİK OLARAK İNCELENMESİ

AZİZOĞLU, Davut

Specialization Thesis

Thesis Advisor: Vice Head of Department Yasin YİĞİT

December, 2022, 125

The transmission technologies used in multimedia distribution have undergone many evolutions. Afterwards, the internet, which is one of the transmission technologies and has become an important part of human life, has increased its share in multimedia distribution. With the increase in accessibility and bandwidth, OTT (Over-the-Top) services, which are widely used in today's internet, have become increasingly attractive to consumers, especially video-on-demand platforms.

OTT services, which express the delivery of content over the internet without the control of network operators, is a complex ecosystem with multiple players such as internet service providers and content delivery network providers. It is thought that the technical analysis of these services, which have an important place in multimedia consumption, is of particular importance in terms of getting to know this new field in the broadcasting world.

Video distribution over OTT systems is an active area of research. This thesis study explains how the OTT ecosystem works technically by using the data prepared by the competent authorities on the subject. The concept of OTT, streaming technologies, prefetch concept and popular caching algorithms are examined. In addition, since the content in OTT is distributed over unmanaged networks, the structures of different Telecom networks and the display devices used in OTT content consumption are explained. The concepts of service and experience quality used in performance measurement, the concept of CDN, which has an important place in the distribution chain, program metadata, trick mode that provides speed control in content playback, geo-blocking that controls the distribution of media according to geographical location, and digital rights management systems are explained. Along with these, media asset management, OTT system creation options, net neutrality issue, OTT regulation, difficulties and consequences on the network are examined.



**Key Words:** OTT, CDN, Streaming, QoE

# İÇİNDEKİLER

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI ..... iii
TEŞEKKÜR ..... iv
ÖZET ..... v
ABSTRACT ..... vi
İÇİNDEKİLER ..... vii
TABLOLAR DİZİNİ ..... xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... xiv
KISALTMALAR/SİMGELER ..... xvi
GİRİŞ ..... 1
Problem ..... 2
Amaç ..... 2
Önem ..... 2
Sınırlılıklar ..... 3
Tanımlar ..... 3
Yöntem ..... 3
Verilerin Toplanması ..... 4
Verilerin Çözümlenmesi ..... 4
BÖLÜM 1 ..... 5
OTT TEKNOLOJİSİ ..... 5
1.1 IP (Internet Protocol) Tabanlı Multimedya Hizmetleri ..... 5
1.1.1 IPTV ..... 5
1.1.2 OTT ..... 6
1.1.3 OTT ve IPTV Arasındaki Farklılıklar ..... 8
1.2 OTT Ekosistemi ..... 9
1.3 Video Teknik Özellikleri ..... 11

1.4 Multimedya Akış Teknolojileri ..... 13
1.4.1 Geleneksel Akış ..... 14
1.4.2 Aşamalı İndirme ..... 15
1.4.3 Uyarlanabilir Akış Teknolojileri
(Adaptive Streaming Technologies-ABR) ..... 16
1.4.3.1 Microsoft IIS Smooth Streaming ..... 19
1.4.3.2 Apple HTTP Canlı Akışı (HTTP Live Streaming) ..... 20
1.4.3.2.1 Dağıtım Bileşeni ..... 21
1.4.3.2.2 İstemci Yazılımı ..... 22
1.4.3.3 Gerçek Zamanlı Mesajlaşma Protokolü (Real-Time Messaging
Protocol- RTMP) ..... 22
1.4.3.3.1 Handshake (Anlaşma) ..... 23
1.4.3.3.2 Bağlantı Oluşturma ..... 23
1.4.3.3.3 Akış Oluşturma ..... 24
1.4.3.3.4 Oynatma ..... 25
1.4.3.4 MPEG – DASH ..... 26
1.4.3.4.1 MPD ..... 29
1.5 Akış Sunucuları ..... 29
1.5.1 Darwin Akış Sunucusu (Darwin Streaming Server-DSS) ..... 30
1.5.2 Red5 ..... 30
1.5.3 Wowza Medya Sunucusu ..... 30
1.5.4 Flumotion Akış Sunucusu ..... 31
1.6 Önceden Getirme ..... 31
1.6.1 Popülariteye Göre Önceden Getirme ..... 32
1.6.2 Sürekli Önceden Getirme ..... 32
1.6.3 Eşik Önceden Getirme ..... 32
1.7 Multimedya Önbelleğe Alma ..... 34
1.7.1 Önbelleğe Alma Algoritmaları ..... 34

1.7.2 Proxy Önbelleğe Alma Çözümleri .....36
BÖLÜM 2.....38
TELEKOMÜNİKASYON AĞLARI VE GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARI.....38
2.1 Ağ Yapısı .....38
2.1.1 Çekirdek Ağ .....39
2.1.2 Erişim Ağı .....40
2.1.3 Tüketici Ağı.....41
2.2 Erişim Ağı Teknolojileri .....41
2.2.1 Dijital Abone Hattı (xDSL).....41
2.2.2 (FTTx) .....43
2.2.3 Hybrid Fiber-Coax (HFC).....44
2.2.4 Mobil Ağlar .....45
2.2.4.1 GSM.....45
2.2.4.2 GPRS.....46
2.2.4.3 UMTS .....46
2.2.4.4 HSPA .....46
2.2.4.5 LTE .....47
2.3 Düşük Katmanlı Ağ.....47
2.3.1 Bulut Tabanlı Olmayan Mimari .....47
2.3.1 Uç Bulut Tabanlı Mimari .....48
2.3.1 SDN/NFV Tabanlı Mimari.....49
2.4. OTT Görüntüleme Cihazları .....50
2.4.1 IP Set Üstü Kutuları (IP STB).....52
2.4.2 TV Medya Çubuğu (Dongle'lar) .....53
2.4.3 Multimedya Kişisel Bilgisayarlar.....53
2.4.4 Akıllı telefonlar .....54
2.4.3 Akıllı TV'ler .....55

2.4.4 Ağa Bağlı Oyun Cihazları ..... 56
BÖLÜM 3 ..... 57
OTT SİSTEMİ ..... 57
3.1 Hizmet Kalitesi ve Deneyim Kalitesi ..... 57
3.1.1 Hizmet Kalitesi (QoS) ..... 58
3.1.2 Deneyim Kalitesi (QoE) ..... 58
3.1.2.1 Trafik sınıflandırması ..... 61
3.1.2.2 Kalite Değerlendirmesi ..... 61
3.1.2.3 Trafik Yönetimi ..... 62
3.2 İçerik Dağıtım Ağları (Content Delivery Networks-CDN) ..... 62
3.2.1 CDN Altyapısı ..... 64
3.2.1.1 İçerik Dağıtım ve Yönetim Sistemi ..... 65
3.2.1.2 İstek Yönlendirme Sistemi ..... 66
3.2.2 İçerik Dağıtım Mimarileri ..... 67
3.2.2.1 Merkezi İçerik Teslimatı ..... 67
3.2.2.2 Proxy Önbelleğe Alma ..... 68
3.2.2.3 Peer-to-Peer (P2P) ..... 69
3.2.3 Content Delivery Network Interconnection (CDNI) ..... 70
3.2.4 Mobile Content Delivery Network (mCDN) ..... 72
3.2.5 CDN ve MEC Entegrasyonu Önerisi ..... 73
3.2.6 Örnek CDN Hizmetleri ..... 74
3.2.6.1 Open connect ..... 74
3.2.6.2 CloudFront ..... 77
3.2.6.3 Google peering ..... 78
3.3 Program Meta Verileri ..... 80
3.3.1 Meta Veri Standartları ..... 80
3.3.2 Program Rehberleri ..... 81

3.4 Trick Mode (Video Oynatıcı Hız Kontrolü) .....81
3.5 Coğrafi Engelleme .....83
3.6 İçerik Koruma ve Dijital Hak Yönetim (Digital Right Management–DRM) Sistemleri.....84
3.6.1 HTTP Canlı Akış DRM Koruması.....84
3.6.2 Microsoft PlayReady DRM Koruması .....85
3.7 Medya Varlık Yönetimi (Media Asset Management-MAM) .....85
3.7.1 İçerik Edinme .....86
3.7.2 Meta Veri Yönetimi.....86
3.7.3 İçerik Depolama .....86
3.8 Öneri Sistemleri .....88
3.8.1 Öneri Sistemleri Çeşitleri .....89
3.8.2 İçerik Öneri Sistem Verileri .....90
3.9 Playout Sistemi, Reklam Ekleme ve Abone Yönetimi .....91
3.9.1 Playout Sistemi.....91
3.9.2 Reklam Ekleme .....92
3.9.3 Abone Yönetimi .....92
3.10 OTT Sistem Seçenekleri .....93
3.10.1 Barındırılan OTT Sistemi.....93
3.10.2 Entegre OTT Sistemi.....94
3.10.3 Özel OTT Sistemi.....94
3.11 Ağ Tarafsızlığı .....95
3.11.1 Ağ tarafsızlığı için argümanlar.....95
3.11.1.1 Bilgi Kontrolü .....95
3.11.1.2 Rekabet ve yenilik.....96
3.11.1.3 Sahte hizmetlere karşı önlem .....96
3.11.2 Ağ tarafsızlığına karşı argümanlar .....96

3.11.2.1 Mülkiyet hakları ..... 96
3.11.2.2 Yenilik ve Yatırım ..... 97
3.11.2.3 Sunucu tarafında karşı ağırlık ..... 97
3.12 OTT Sektörünün Zorlukları ..... 97
3.12.1 Ölçeklenebilirlik ..... 97
3.12.2 Ağır Kuyruklu İçerikler ..... 98
3.12.3 Topluluğa Özel Paket Servisler ..... 98
3.12.4 Canlı TV ve Sınırlamalar ..... 99
3.13 Geleceğin OTT Trendleri ..... 99
3.13.1. Video Akışı için Blok Zincir ..... 99
3.13.2 OpenCache ..... 100
3.13.3 mABR (Multicast ABR) ..... 101
3.13.4 5G'nin OTT Üzerindeki Etkisi ..... 101
3.13.5 Sınırda CCN ..... 102
3.14 OTT'nin Düzenlenmesi ..... 102
3.14.1. OTT Düzenlemesine Yönelik Ülke Eğilimleri ..... 103
3.14.2 Türkiye'de OTT Düzenlemesi ..... 105
SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... 107
Sonuçlar ..... 107
Öneriler ..... 112
KAYNAKLAR ..... 114
ÖZGEÇMİŞ ..... 125

# TABLOLAR DİZİNİ

**Tablo** **Sayfa**

Tablo 1.1 FIFO önbellek Değiştirme İlkesi…….35
Tablo 1.2 LRU önbellek Değiştirme İlkesi…….....36
Tablo 1.3 MPU Önbellek Değiştirme İlkesi……36

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil** **Sayfa**

Şekil 1.1 OTT Servislerinin Sınıflandırılması……6
Şekil 1.2 TV Teknoloji Trendleri…….....7
Şekil 1.3 OTT ve IPTV Farklılıkları ……9
Şekil 1.4 OTT Teknik Konsepte Genel Bakış…….. ……9
Şekil 1.5 Yönetilen ve Yönetilmeyen IP Ağları Arasında
Mevcut Multimedya Dağıtımı……..10
Şekil 1.6 Oynatma Çubuğunda Aşamalı İndirme Gösteimi ……...16
Şekil 1.7 Uyarlanabilir Akışa Genel Bakış …….. ……..18
Şekil 1.8 Bölümlere Ayrılmış HTTP Uyarlamalı Akış……....18
Şekil 1.9 IIS Smooth Streaming Medya İş Akışı ……20
Şekil 1.10 HTTP Canlı Akışının Bileşenleri ……...21
Şekil 1.11 Handshake (Anlaşma) ……23
Şekil 1.12 Bağlantı Oluşturma ……. ……..24
Şekil 1.13 Akış Oluşturma …….....25
Şekil 1.14 Oynatma …….....26
Şekil 1.15 Tipik HTTP Akışı Mimarisi ……...27
Şekil 1.16 MPEG-DASH Standardının Kapsamı ……28
Şekil 2.1 Ağ Yapısının Ana Bölümleri ……...38
Şekil 2.2 xDSL Erişim Ağı …….....42
Şekil 2.3 ADSLFrekans Spektrumu ……....42
Şekil 2.4 HFC Ağ Şeması…….....44
Şekil 2.5 Bulut Tabanlı Olmayan Mimari …….....48
Şekil 2.6 Uç Bulut Tabanlı Mimari …….....49
Şekil 2.7 Temel OTT Sistemi …….....51
Şekil 2.8 OTT Görüntüleme Cihazları …….....52
Şekil 2.9 OTT IP STB …….....53
Şekil 2.10 OTT Mobil Görüntüleme …….....55
Şekil 2.11 Akıllı Televizyonda OTT İçerik Alınması ……56

Şekil 3.1 Multimedya İçeriği Teslimatında QoS ve QoE…….58
Şekil 3.2 Erişim Noktasının Mimarisi. …… ……..60
Şekil 3.3 İçerik Dağıtım Ağı Kullanılmadan
ve Kullanarak OTT Video Dağıtımı …….64
Şekil 3.4 Tipik CDN Altyapısı ……....65
Şekil 3.5 Merkezi OTT Teslimatı……....68
Şekil 3.6 Proxy Önbellek OTT Teslimi…….68
Şekil 3.7 P2P OTT Teslimatı…….69
Şekil 3.8 CDNI Kullanım Durumu 1…….70
Şekil 3.9 CDNI Kullanım Durumu 2…….71
Şekil 3.10 Tipik mCDN Altyapısı…….73
Şekil 3.11 İnternet Değişim Noktasında OCA Yerleşimi ……..75
Şekil 3.12 İnternet Değişim Noktası ve İSS'de OCA Yerleşimi ……....75
Şekil 3.13 Oynatma İşlemi Şeması …….76
Şekil 3.14 Cloudfront Akış Şeması …….78
Şekil 3.15 Google Peering Ağ Altyapısının Üç Farklı Unsuru ……...79
Şekil 3.16 Google Peering Veri Merkezi, Mevcut Noktalar
ve Node Lokasyonları…….79
Şekil 3.17 Program Rehberleri …….81
Şekil 3.18 Trick Mode İşlemi …….82
Şekil 3.19 Coğrafi Engelleme …….83
Şekil 3.20 Medya Varlık Yönetimi …….88
Şekil 3.21 Netflix Öneri İş Akışı…….89
Şekil 3.22 Netflix Film Hakkında Bölümü …….90
Şekil 3.23 OTT Sistem Seçenekleri …….93

## KISALTMALAR/SİMGELER

| Kısaltma | Açıklama |
|---|---|
| 3G | 3rd Generation |
| 3GPP | The 3rd Generation Partnership Project |
| 4G | 4th Generation |
| 5G | 5th Generation |
| ABR | Adaptive Bit Rate |
| ADSL | Asymmetric Digital Subscriber Line |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode |
| AVC | Advanced Video Coding |
| AVI | Audio Video Interleaved |
| AVoD | Advertising based Video on Demand |
| AWS | Amazon Web Services |
| BaaS | Blockchain as a Service |
| BTK | Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu |
| CATV | Cable Television |
| CDMA | Code Division Multiple Access |
| CDN | Content Delivery Networks |
| CDNI | Content Delivery Network Interconnection |
| CM | Cable Modem |
| CMTS | Cable Modem Termination System |
| CPU | Central Processing Unit |
| CRTC | Canadian Radio Television and Telecommunication Comission |
| DASH | Dynamic Adaptive Streaming over http |
| DCR | Degradation Category Rating |
| DMA | Digital Media Adapters |
| DNS | Domain Name System |
| DOCSIS | Data Over Cable Service Interface Specification |
| DRM | Digital Rights Management |

| | |
|---|---|
| DSLAM | Digital Subscriber Line Access Multiplexer |
| DSS | Darwin Streaming Server |
| DVB-S | Digital Video Broadcasting — Satellite |
| DVB-T | Digital Video Broadcasting-Terrestrial |
| EPG | Elektronic Program Guides |
| ETSI | European Telecommunicaitons Standarts Institute |
| E-UTRAN | Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network |
| FIFO | First-In-First-Out |
| FLV | Flash Video |
| FM | Frequency Modulation |
| fps | Frames Per Second |
| FR | Frame Relay |
| FTTB | Fiber To The Building |
| FTTC | Fiber to The Curb |
| FTTCab | Fiber To The Cabinet |
| FTTH | Fiber To The Home |
| FTTN | Fiber To The Node |
| FTTP | Fiber To The Premises |
| FTTx | Fiber To The X |
| GERAN | GSM EDGE Radio Access Network |
| GPRS | General Packet Radio Service |
| GSM | Global System for Mobile Communicaiton |
| HFC | Hybrid Fiber-Coaxial |
| HD | High Definition |
| HEVC | High Efficiency Video Coding |
| HLS | HTTP Live Streaming |
| HSPA | High Speed Packet Access |
| HTTP | Hypertext Transfer Protocol |
| IaaS | Infrastructure as a Service |
| IP | Internet Protocol |
| IPG | Interactive Program Guide |

| | |
|---|---|
| IPTV | Internet Protocol Television |
| IIS | Internet Information Services |
| İSS | İnternet Servis Sağlayıcıları |
| ITU | International Telecommunication Union |
| ITU-T | The Telecommunicaiton Standardization Sector |
| LAN | Local Access Network |
| LFU | Least Frequently Used |
| LRU | Least Recently Used |
| LTE | Long Term Evolution |
| mABR | Multicast Adaptive Bit Rate |
| MAM | Media Asset Management |
| mCDN | Mobile Content Delivery Network |
| ME | Multi Edge |
| MEC | Multi-access Edge Computing |
| MIMO | Multiple Input Multiple Output |
| MOS | Mean Opinion Score |
| MPD | Media Presentation Description |
| MPEG | Moving Picture Experts Group |
| MPLS | Multi-protocol Label Switching |
| MPU | Most Popularly Used |
| NFV | Network Function Virtualisation |
| OCA | Open Connect Appliances |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplexing |
| OTT | Over the Top |
| P2P | Peer-2-Peer |
| PaaS | Platform as a Service |
| QoCE | Quality of Customer Experience |
| QoE | Quality of Experience |
| QoS | Quality of Service |
| QoUE | Quality of User Experience |

| | |
|---|---|
| RAN | Radio Access Network |
| RDT | Real Data Transport |
| RTCP | Real-Time Control Protocol |
| RTMP | Real-Time Messaging Protocol |
| RTP | Real-time Transport Protocol |
| RTSP | Real Time Streaming Protocol |
| RTÜK | Radyo ve Televizyon Üst Kurulu |
| SaaS | Software as a Service |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy |
| SDN | Software Defined Network |
| SNR | Signal to Noise Ratio |
| STB | Set Top Box |
| SVoD | Subscription Video on Demand |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| TV | Television |
| TVoD | Transactional Video on Demand |
| UDP | User Datagram Protocol |
| URL | Uniform Resource Locator |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunication Service |
| VoD | Video on Demand |
| VoLTE | Voice Over LTE |
| W-CDMA | Wideband Code Division Multiple Access |
| WİMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access |
| WLAN | Wireless Local Area Network |
| WMV | Windows Media Video |
| WPAN | Wireless Personal Area Network |
| xDSL | Digital Subscriber Line |

# GİRİŞ

Görsel medya endüstrisi yıllar boyunca birçok teknolojik gelişim göstermiştir. Lineer televizyonun dağıtım yolları, analog yayından kabloya sonrasında uyduya geçerek birçok kez değişmiştir. Zamanla internet birçok endüstride olduğu gibi yayıncılık alanına da nüfus ederek medya endüstrisinde yıkıcı değişikliklere neden olmuştur. Son yıllarda artan internet erişim hızı ve mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte tüketici alışkanlıklarında değişim ve medya hizmetlerine karşı lineer olmayan video izleme oranında artış yaşanmıştır. Tüketiciler her zaman ve her yerde erişebilecekleri bu hizmetleri tercih etme eğilimine girmiştir. Bunların sonucu olarak dağıtımın yönetilmeyen bir operatör ağı üzerinden iletilmesi ile karakterize edilen OTT tabanlı servislerin sayısı yükselişe geçmiştir.

OTT sistemleri içeriğin oluşturulmasını, dağıtılmasını ve teslimini içeren karmaşık bir süreçtir. Ayrıca medya tüketim talepleriyle birlikte artan içerik yoğunluğu ve çeşitliliğin yüklendiği internet servis sağlayıcıları ve içerik dağıtım ağı sağlayıcıları gibi birden fazla oyuncunun yer aldığı bir ekosistemdir.

Bu kapsamda üç bölümden oluşan bu tez çalışmasının birinci bölümünde, OTT video hizmetlerini IPTV'den ayıran farklılığı anlamak adına IPTV anlatılmıştır. OTT kavramı ve bazı teknik kavramlar tanıtılmıştır. Birinci bölüm devamında geleneksel akıştan başlayarak, aşamalı indirmeye ve ardından uyarlanabilir akışa geçerek akış türlerinin gelişimi sunulmuştur. Ağ önceden getirme algoritmalarına odaklanarak önceden getirme kavramı açıklanmış ve popüler önbelleğe alma algoritmalarına genel bir bakış sağlanmıştır.

OTT'de içerik, yönetilmeyen ağlar üzerinden dağıtıldığından tezin ikinci bölümünde, farklı telekomünikasyon ağlarının yapıları anlatılmıştır. Ayrıca OTT içerik tüketiminde kullanılan görüntüleme cihazları tanıtılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde, performans ölçümlenmesinde kullanılan hizmet ve deneyim kalitesi kavramları açıklanmıştır. Sonrasında OTT video dağıtımının çok sayıda tüketiciye hizmet etmesi için kullanılan büyük ölçekli dağıtımı sağlayan, ağ verimliliğini artıran ve içeriğe eşzamanlı erişimi kolaylaştıran CDN kavramı tanıtılmıştır. İçerik ile ilgili bilgiler veren program meta verileri, içerik oynatmada hız kontrolü sağlayan trick mode, medyanın coğrafi konuma göre dağıtımını kontrol eden coğrafi engelleme ve dijital hak yönetim sistemleri açıklanmıştır. Dağıtılan içeriği tanımlamak, depolamak ve düzenlemek

için kullanılan medya varlık yönetimi anlatılmıştır. OTT sistemi oluşturma seçeneklerinden bahsedilmiştir. Sonrasında yüksek bant genişliğine sahip içeriklerin internet üzerinden iletilmesini sağlayan geniş bandın ortaya çıkışı, ağ tarafsızlığının korunup korunmaması ve ne ölçüde korunacağı tartışılan bir konu haline geldiğinden ağ tarafsızlığı ele alınmıştır. OTT ile içerik iletiminde yaşanan bazı zorlukların ve gelecek trendlerin neler olduğu açıklanmıştır. Mevcut OTT düzenlenmesinden bahsedilmiştir.

Sonuçlar ve öneriler bölümünde ise OTT sistemlerinin teknik incelemesi yapılmıştır. OTT sistemleri hususlarında birtakım önerilerde bulunulmuştur.

## Problem

OTT servislerinin artması ile yayın iletiminin teknolojik yapısı gelişmiştir. Böylece OTT hizmetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi yöntemlerinin belirlenmesi küresel ölçekte ele alınan bir konu haline gelmiştir. Bu çalışma, söz konusu denetime tabi hizmetlerin teknik olarak incelenmesi ihtiyacı doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

## Amaç

Çalışmanın temel amacı, OTT sistemlerinin gelişimini teknik detaylarla incelemektir. Gelişim aşaması devam eden OTT sistemlerinin gelecekte oluşması kaçınılmaz olan yeni fikirlerin etkileri ve sonuçları için bu sistemlerin teknik olarak incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın sektörün daha yakından tanınmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## Önem

OTT sistemleri, bu sektörde yer alan önceki teknolojik gelişmelerden farklılıklar içermektedir. Son yıllarda artış eğiliminde olan OTT hizmetlerinin mimarisine genel bir bakış sunan bu çalışma, OTT teknolojisi yayıncılık endüstrisinde büyük bir değişimi temsil ettiği için son derece önemlidir.

## Sınırlılıklar

OTT hizmetleri, sesli veya görüntülü mesajlaşma gibi iletişim servislerinden sosyal medya servislerine, video servislerinden eğlence servislerine kadar geniş bir alanı tanımlar. Bu nedenle bu tez çalışmasında RTÜK'ün görev ve yetki alanına giren OTT sistemleri üzerinden video hizmet dağıtımı konusuna ağırlık verilmiştir. Çalışmayı tüm açılardan ele alma konusunda genel bir bakış açısı sunabilmek ve bütünlüğü yakalayabilmek için çeşitli format ve standartlarda oluşturulan kaynakların karma şekilde kullanımı zorunluluğu doğmuştur.

## Tanımlar

Tez içerisinde OTT, CDN, QoE ve akış gibi kavramlar incelenmiştir. Bu kavramlara ait tanımlar aşağıda yer almaktadır.

**OTT:** Kendisine ait şebekesi olmayan ve hizmetlerini açık internet üzerinden ileten içerik dağıtım hizmetidir.

**CDN:** İçeriklerin hızlı teslimatını sağlamak için birlikte çalışan, coğrafi olarak dağıtılmış bir sunucu grubunu ifade eder.

**QoE:** Hizmet kullanıcısının memnuniyet veya sıkıntı derecesini ifade eder.

**Akış:** Akış hizmetleri, birden çok türde medya oynatma özelliğine sahip aygıtlarda internet bağlantıları aracılığıyla video bulma, seçme ve alma işlemini sağlar. Ayrıca erişim kontrolü (güvenlik ve faturalandırma), medya dönüştürme, oynatma ve etkileşimi sağlar.

## Yöntem

Bu çalışmada "Kaynak Tarama Yöntemi" kullanılarak OTT sistemleri alanında kaleme alınmış kitap, makale, tez, dergi ve teknik raporlardan çeşitli bilgilere erişilmiş ve bu veriler üzerinde analiz ve yorumlama yapılarak çeşitli değerlendirmelerde bulunulmuştur.

## Verilerin Toplanması

Çalışma alanına dâhil edilebilecek dokümanlar farklı türdeki kaynaklar arasından seçilmiştir. Buna göre; kitaplar, tez çalışmaları, akademik makaleler ve raporlar incelenerek tür çeşitliliği mümkün olduğunca geniş tutulmaya çalışılmıştır. Erişilen verilerin doğru ve güvenilir kaynaklar tarafından oluşturulmasına özen gösterilmiştir. Konuyla ilgisiz görülen kaynaklar, ilk aşamada yapılan yüzeysel kontroller ile tasnif dışı bırakılmıştır. Çalışmanın temel aldığı verilerin çeşitliliği ve kapsayıcılığı açısından elde edilen belgeler OTT sistemlerindeki teknolojik gelişmeleri farklı açılardan incelemektedir.

## Verilerin Çözümlenmesi

Edinilen veriler, ayrıntılı okuma ve inceleme ile analizden geçirilerek önceden oluşturulmuş başlıklar ve konular halinde kategorize edilmiştir. Analiz sonrası toplanan veriler bu sınıflandırmada değerlendirilerek ilgili bölüme aktarılmıştır. Çalışma sonucunda verilerin sağladığı bilgi ve bulgular bütüncül olarak yorumlanmıştır.

# BÖLÜM 1

# OTT TEKNOLOJİSİ

Bu bölümde OTT kavramı ve bazı teknik kavramlar tanıtılmaktadır. Ayrıca geleneksel akıştan başlayarak, aşamalı indirmeye ve ardından uyarlanabilir akışa geçerek akış türlerinin gelişimi sunulur. Ek olarak ağ önceden getirme algoritmalarına odaklanarak önceden getirme kavramı açıklanır. Popüler önbelleğe alma algoritmalarına genel bir bakış sağlar.

## 1.1 IP (Internet Protocol) Tabanlı Multimedya Hizmetleri

İnternetin hayatın birçok noktasına sirayet etmesi ile tüketiciler multimedya içeriklerini internet ağı aracılığıyla almaya başlamıştır. Bu başlıkta IPTV ve OTT kavramları açıklanarak OTT'yi IPTV'den ayıran farklar anlatılacaktır.

### 1.1.1 IPTV

IPTV, İnternet Servis Sağlayıcısı (İSS) tarafından yürütülen bir ağ altyapısı kullanarak, genellikle sabit bir oranda kodlanmış multimedya verilerini güvenilir bir şekilde sunabilen multimedya hizmetlerine (doğrusal veya isteğe bağlı video) atıfta bulunur. Kullanılabilir bant genişliği, kullanıcı oturumları arasında bölünür. Bir kullanıcı yeni bir oturum başlatmaya çalıştığında, bant genişliği rezervasyonu için bir istek yapılır ve yeterli alan varsa oturum oluşturulur. Bu işlem, bant genişliği tükenene ve oturumlar reddedilmeye başlayana kadar devam eder (Blair, 2011, s.2).

IPTV'nin tüketicilere sunduğu özeliklerden biri de etkileşimli bir ortam sunmasıdır. IPTV dijital video kaydediciyi kullanarak zaman kaydırmalı programların izlenmesine olanak verir. Programlar daha sonra izlenmek için kaydedilebilir. IPTV servis sağlayıcıları sadece son kullanıcının talepte bulunduğu kanalın akış yapmasına izin verir. Bu özellik ağın bant genişliğinin korunmasını sağlar (O'Driscoll,2008, s2). IPTV'de

yayınlar servis sağlayıcı firma tarafından sadece abonelere açık olan sunucu üzerinden yüksek kaliteyle kullanıcılara sunulur (Akcan, 2017, s.65).

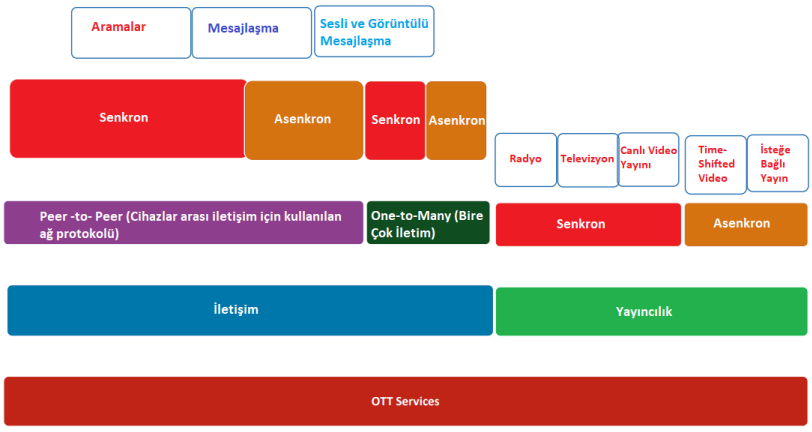
### 1.1.2 OTT

OTT kendisine ait şebekesi olmayan ve hizmetlerini açık internet üzerinden ileten içerik dağıtım hizmetidir. Veri hizmet sağlayıcı veya ağ operatörlerinin OTT hizmeti üzerinde kontrolü, hakkı ve sorumluluğu bulunmamaktadır (Unuth, 2020). OTT, başka bir servis sağlayıcı ağı üzerinden sunulan bir hizmeti ifade ettiğinden mevcut altyapının "en üstteki" olduğu gerçeğine atıfta bulunularak "şebekeler üstü servis" anlamında kullanılan over the top olarak ifade edilir (Waldenor, 2013, s.5). OTT'lerin evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı veya ortak anlayışının olmadığı belirtilmelidir. ITU-T D.262 Recommendation' da OTT: "Geleneksel uluslararası telekomünikasyon hizmetleri için doğrudan teknik/işlevsel olarak ikame olabilen, genel internet üzerinden erişilerek teslim edilen uygulama" şeklinde tanımlanmıştır.

OTT içeriklerin geleneksel iletim yöntemlerini kullanmadan internet üzerinden iletilmesidir (Wong, 2015, s.1). OTT hizmetleri şekil 1.1'de gösterildiği gibi sesli veya görüntülü mesajlaşma gibi iletişim servislerinden sosyal medya servislerine, video servislerinden eğlence servislerine kadar geniş bir alanı tanımlar.

**Şekil 1.1**

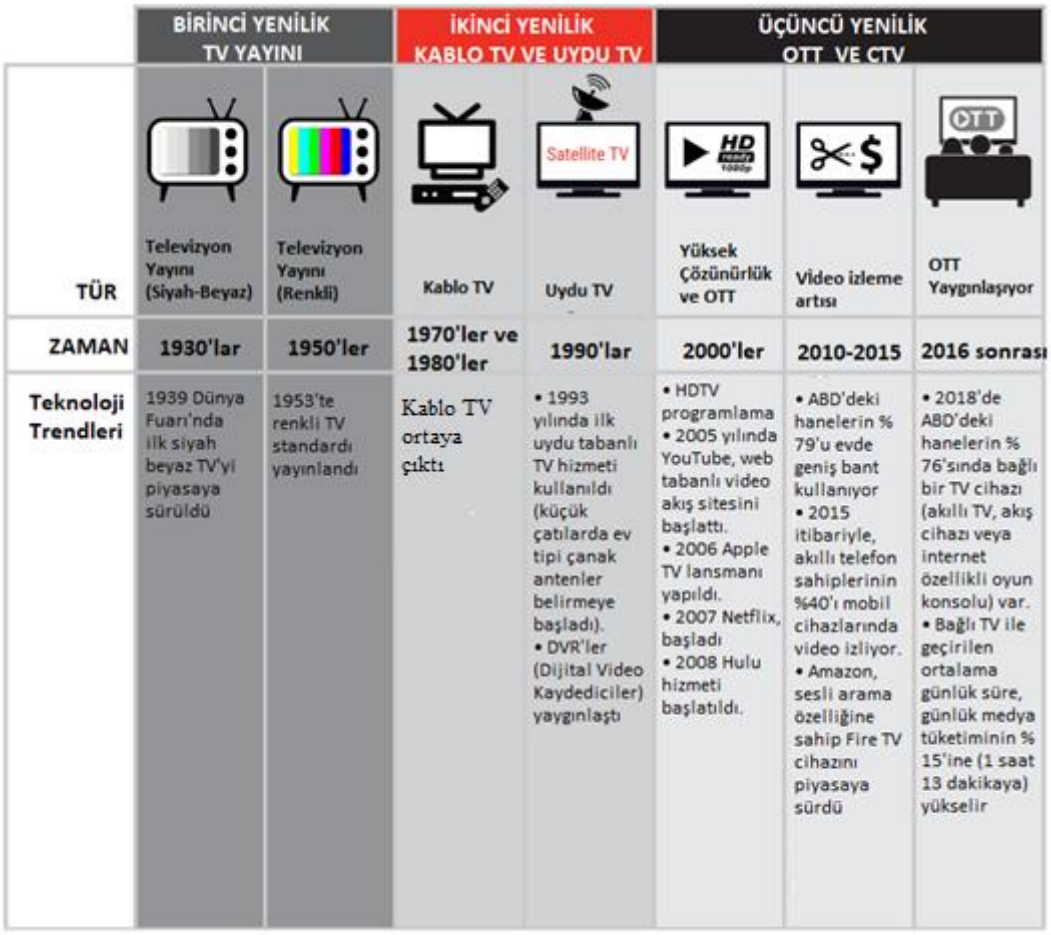
*OTT Servislerinin Sınıflandırılması* Emerging ICT Policies and Regulations. Sridhar, 2019, s.220



İnternetin büyümesi video dağıtımı için tamamen yeni kanalların kilidini açarak içerik oluşturucular için yeni iş modelleri sağlamıştır. Şekil 1.2'de TV izleme alışkanlıklarında değişen teknolojileri gösteren tablo bulunmaktadır.

**Şekil 1.2**

*TV Teknoloji Trendleri* OTT Streaming Video Playbook for Advanced Marketers. İAB, 2019, s.5




Kullanıcılar OTT içeriklerine bilgisayarlar, tabletler, akıllı telefonlar, set üstü kutular, akıllı televizyonlar, oyun konsolları ve internete bağlı cihazlarda platform için geliştirilen uygulamalar aracılığıyla erişim sağlar (Waldenor, 2013, s.6).

OTT hizmetleri arasında yer alan İsteğe Bağlı Video (Video-on-Demand-VoD), kullanıcıların belirli bir içeriği izlemek için aşağıdaki yollardan biriyle ödeme yapması gereken hizmetleri ifade eder:

**İşleme Dayalı Vod (Trancational VoD-TVoD):** Müşterilerin VoD kataloğundan bir içerik izlemek istediklerinde belirli bir miktar para ödemelerinin gerektiği bir video hizmet türüdür. Kiralama süresi operatörden operatöre değişir, ancak genellikle 24 veya 48 saattir ve bu süre boyunca birkaç kez izleyebilirler. TVoD hizmeti sunan hizmetlere Apple iTunes, Sky Box Office ve Amazon'un video mağazası örnek olarak verilebilir ("What is TVOD?," 2021).

**Abone Tabanlı VoD (Subscription VoD-SVoD):** Kullanıcıların sağlayıcı kataloğundan aylık bir ücret ödeyerek istediklerini sınırsız sayıda izlemelerine olanak sağlayan iş modeline karşılık gelir. Bu abonelik planları, kullanıcı tarafından devre dışı bırakılıncaya kadar otomatik olarak yenilenir. Başlıca SVoD platformlarına Netflix, Amazon Prime Video, Hulu, HBO, Disney örnek gösterilebilir ("What is SVOD?," 2022).

**Reklam Tabanlı VoD (Advertising based VoD-AVoD):** Tüketicilerin izlemeye karar verdiği içeriği ücretsiz izlemek için reklam izlemeleri gereken bir hizmet türüdür. Reklam tabanlı isteğe bağlı video hizmeti sunan platformlara örnek olarak YouTube, DailyMotion ve MX Player gösterilebilir ("What does AVOD mean in VOD platform & monetization," 2022).

### 1.1.3 OTT ve IPTV Arasındaki Farklılıklar

IPTV ve OTT, içerikleri IP ağları üzerinden dağıtan iki teknoloji ortamıdır. Ancak aralarındaki temel fark, IPTV'nin yönetilen bir ağ üzerinden kullanılmak üzere tasarlanmış olmasıdır. IPTV hizmet sağlayıcının hizmeti sunabilmesi için altyapıya sahip olması gerekir. OTT ise yönetilmeyen ağlar üzerinde içerik teslimi yapar (Akyol, 2012, s.69). OTT ve IPTV arasındaki farklılıklar ise Şekil 1.3'te belirtilmiştir.

**Şekil 1.3**

*OTT ve IPTV Farklılıkları OTT* ("What is the different between OTT and IPTV?" n.d.)

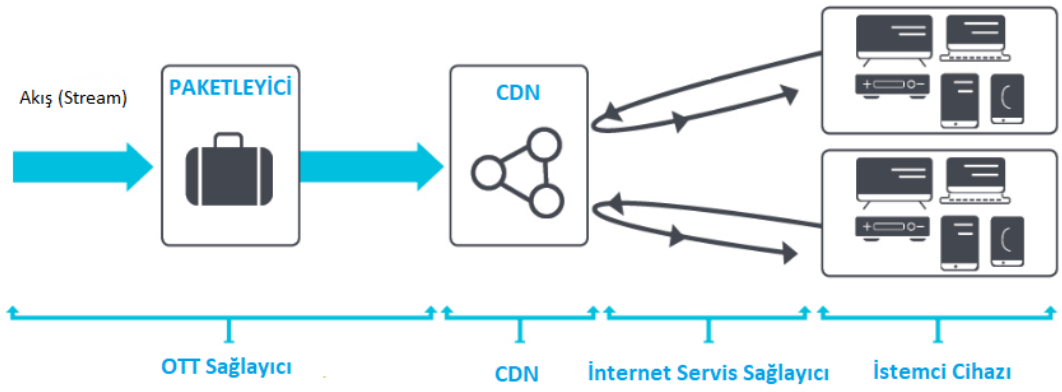
| | OTT | IPTV |
|---|---|---|
| **İçerik Teslimi** | Yönetilmeyen ağ kullanır. | Yönetilen ağ kullanır. |
| **Ağ Tipi** | Sağlayıcıdan açık ağ kullanılarak tüketiciye teslim edilir. | Özel ağ ile belirli bir internet servis sağlayıcısı aracılığıyla erişilir. |
| **Ağ Sahipliği** | Altyapı yatırımlarına gerek kalmadan. | Hizmetler, ağ ve cihaz özelliklerine uyacak şekilde optimize edilir ve özelleştirilir. |
| **Hizmet Kalitesi** | Garanti edilmez, en iyi çaba ile alınır. | Hizmet kalitesini garanti edilir. |
| **Protocol** | HTTP kullanılarak teslim edilir. | Geleneksel IPTV TS iletim teknolojisini kullanır. |
| **Yönlendirme Topolojisi** | Tek noktaya yayın (HTTP'ye dayalı) Simüle Çok Noktaya Yayın (UDP/TCP) | Çok Noktaya yayın |

## 1.2 OTT Ekosistemi

OTT ekosistemi, içeriği herhangi bir ağ üzerinden mümkün olan en iyi hizmet kalitesiyle ve en fazla sayıda bağlı cihaza dağıtmak için birlikte çalışan birden çok teknolojiden oluşur. Kavramsal olarak bu uçtan uca ekosistem, Şekil 1.4'te gösterilen adımlarla özetlenebilir.

**Şekil 1.4**

*OTT Teknik Konsepte Genel Bakış* ("What is OTT?" n.d.)

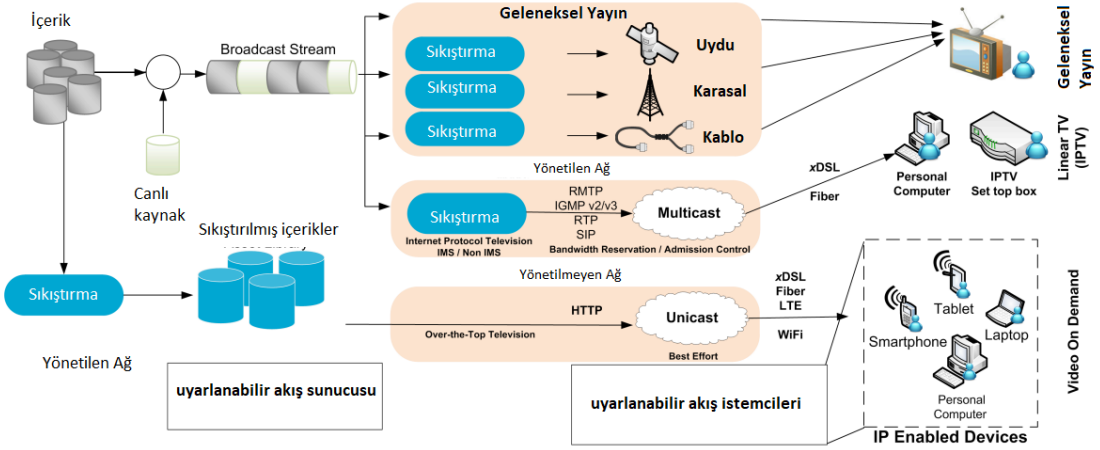


Yayını alma ve kodlama aşaması genellikle bir başlıkta gerçekleşir. İçerik farklı kaynaklardan (uydu, IP, hava yayını ve diğerleri) alınabilir ve özel gereksinimlere göre kodlanır. Paketleme işleminde kodlanmış akışlar, HTTP (Hyper-Text Transfer Protocol) hizmetlerine dayalı standart ağ sunucuları kullanılarak internet üzerinden paketlenir ve dağıtılır. Bu sunucular, istemci isteklerini kabul etmekten ve hazırlanmış medyayı ilgili kaynaklarla birlikte istemciye teslim etmekten sorumludur. Büyük ölçekli dağıtım için uç ağlar veya diğer içerik dağıtım ağları kullanılabilir (Grzenda, 2016, s.255).

Şekil 1.5, içeriğin hangi yollar ile dağıtıldığının bir temsilini verir. İçerik, yayın akışı oluşturmak için gerekirse canlı bir kaynakla birleştirilebilen ve daha sonra geleneksel yöntemlerle (karasal, uydu ve kablo) yayınlanan önceden kaydedilmiş medyayı depolar. IPTV akış yönetilen bir ağ ile IPTV mimarisi aracılığıyla yapılabilir. OTT mimarisi ise, içeriği alır ve sıkıştırmadan sonra, içeriği görüntülemek için IP özellikli cihazlara iletir. HTTP protokolü kullanılır, ancak belirli içerik yalnızca belirli cihazlarda kullanılabilir, örneğin OTT yalnızca IP özellikli cihazlarda kullanılabilir. OTT mimarisi, belirli ağ altyapısına veya teknik uzmanlığa bağlı değildir (Blair vd., 2011, s.3).

**Şekil 1.5**

*Yönetilen ve Yönetilmeyen IP Ağları Arasında Mevcut Multimedya Dağıtımı.* A Unified Architecture for Video Delivery Over the Internet. Blair vd. 2011, s.3




OTT içerik dağıtımı yönetilmeyen ağlar kullanılarak yapılır ve içeriği yayınlayan operatörün, içeriğin aktarıldığı ağ üzerinde hiçbir hakkı veya kontrolü yoktur. İstemciler

sunucular tarafından sağlanan verilerden donanım özelliklerine göre olan yazılımı talep etmek için daha uygun medyayı seçer. İndirilen kaynaklar medyanın kullanıcıya sürekli bir akış halinde sunulabilmesi için yeniden birleştirilir (Grzenda, 2016, s.255).

OTT sistemleri; medyayı yakalayarak, verileri sıkıştırarak, paketleyerek, ileterek, paket alarak, dekompresyon yaparak, kod çözerek ve medya sinyalini orijinal formuna geri dönüştürerek aktarır.

Medya yakalama, sinyalleri veya bilgileri toplama ve işleme sürecidir. OTT sistemleri için medya yakalama, analog videodan dijital videoya dönüştürmeyi içerebilir. Sıkıştırma, dijital bilgilerin depolama için gereken alanı azaltan bir biçimde işlenmesidir. Video ve ses için kullanılabilecek birkaç sıkıştırma türü vardır. Paketleme ise veri dosyalarının veya veri bloklarının daha küçük veri bloklarına bölünmesi işlemidir. OTT sistemleri için paketleme, medyanın sabit boyutlu veri paketlerine dönüştürülmesini içerir. Her paket yalnızca video bölümü veya ses bölümü gibi belirli bir ortam türünü içerir (Harte, 2021, s75).

Paket iletimi, paket veri ağındaki anahtarlama noktalarından geçerken paketlerin adreslenmesi, aktarılması ve kontrol edilmesi işlemidir. Paket veri ağına gönderilmeden önce her paketin başlık kısmına bir hedef adres eklenir. Paket alımı, doğru hedef adrese sahip paketleri tanımlama, toplama ve bunları alıcı cihaz içindeki uygun işleve veya hizmete (IP adresindeki bağlantı noktası numarası aracılığıyla) yönlendirme işlemidir. Paket alımı, eksik paketlerin yeniden iletilmesini talep etmeyi ve alınan tekrarlı paketlerin filtrelenmesini içerir (Harte, 2021, s76).

Kod çözme, kodlanmış verileri orijinal sinyal formatına dönüştürme işlemidir. OTT sistemleri için kod çözme işlemi, dijital ses ve videoyu oynatılabilen biçimlere dönüştürmeyi içerir. İçeriğin uygun şekilde oluşturulması işlemi ise bir insanın görebileceği, duyabileceği veya hissedebileceği bir forma dönüştürülmesidir (Harte, 2021, s76).

## 1.3 Video Teknik Özellikleri

OTT içerik trafiğinde video dağıtımının büyük bir payı vardır. Video dağıtımını anlamak için bazı temel video özelliklerini anlamalıyız.

**Container:** Video verilerini içeren dosya yapısıdır. Farklı parçaların nerede ve nasıl saklandığını, serpiştirildiğini ve hangi kodlayıcı bileşenlerinin kullanıldığını belirtir.

Video, ses ve meta veriler gibi diğer bileşenleri paketlemek için kullanılır. En bilinen dosya uzantıları aşağıda belirtilmiştir.

- **AVI (Audio Video Interleaved):** Windowsa ait standart multimedya uzantısıdır. Genel olarak uyumluluğu yüksek olmasına rağmen yığın probleminden dolayı OTT yayınları için uygun değildir.
- **MP4 (Moving Picture Experts Group 4-MPEG-4):** Yaygın olarak kullanılan bu container en popüler kodekler ile uyumlu çalışır.
- **FLV (Flash Video):** Adobe tarafından Flash oynatıcı için tasarlanmıştır.
- **WMV (Windows Media Video):** İstemcilere video ön izlemelerini e-postayla göndermek için kullanılır (Krings, 2018)

**Kodek:** İçerik kalitesinin başlıca unsurudur. Videoyu bir bit akışına göre kodlar. Ardından kodlanmış video bir container'a kaydedilir. Genel olarak, bir kodek bileşeni, video akışlarını kodlayan ve kodunu çözen bir yazılımdır (Henken, 2021). En bilinen dosya uzantıları aşağıda belirtilmiştir.

- **H.264/AVC (Advanced Video Coding):** Verimli ve yaygın olarak kullanılır. Düşük gecikmeli akış için mevcut en iyi seçimlerden biridir. Hemen hemen her cihazla uyumludur ve ayrıca Blu-ray ve kablolu yayında da benimsenmiştir. Burada listelenen en eski video kodek bileşeni olmasına rağmen, yaygın bir desteği de vardır. 4K ve daha yüksek çözünürlüğe sahip içerikler için uygun olmaması eksi yönüdür
- **H.265/HEVC (High Efficiency Video Coding):** Daha küçük dosyalar oluşturmak, bant genişliğini azaltmak, sıkıştırma verimliliğini artırmak ve 8K çözünürlüğü desteklemek için tasarlanmıştır.
- **VP 8-VP9:** Google tarafından açık ve telifsiz bir biçim olarak yayınlanmıştır. VP9, 4K olarak da yayın yapabilir.
- **AV1:** Amazon, Netflix, Google, Microsoft, Cisco ve Mozilla'nın ortak girişimi olan Açık Medya İttifakı (Alliance for Open Media-AOM) tarafından geliştirilmiştir (Henken, 2021).

Container ve kodek arasında, bazen aynı adları paylaşabilmelerine rağmen, önemli bir ayrım yapılmalıdır. Container'lar video, ses, açıklamalı alt yazı ve diğer ilişkili meta veriler dâhil olmak üzere belirli verileri içerecek şekilde tasarlanmış dosya biçimleridir. Genellikle birden çok türde kodek bileşeni girebilir, ancak belirtildiği gibi tüm oynatma platformları her contanier'ı veya kodek bileşenini kabul etmez. Cihaz veya program

içindeki kodek bileşenini destekliyorsa, contanier kodeklerin çalışmasına izin verir. Bu nedenle, farklı platformlara ve cihazlara içerik göndermek gerekiyorsa, çok formatlı kodlamayı kullanma önerilir ("Video formats.” n.d.).

**Dijital Depolama Alanı:** Kullanılan video/ses kalitesi ve kodlamaya bağlı olarak değişen bilgisayar veri ifadeleridir.

**Frames per second (fps):** Video yakalama, oynatma ve video oyunlarında görüntü aygıtı performansını ölçen bir birimdir. Saniyede art arda görüntülenen görüntülerin sayısını ölçmek için kullanılır ("What is frames per second (FPS)?” 2011).

**Video Bit Hızı:** Belirli bir süre boyunca iletilen bit sayısının bir ölçümüdür. Bir video dosyasının genel bit hızı, dosya içindeki video akışı, ses akışı ve meta verilerin birleşimine bağlıdır. Daha yüksek bit hızı daha iyi kalite sağlamakla birlikte dosyanın boyutu daha büyük olacaktır ("Explore video bitrate," n.d.).

**Çözünürlük:** Videonun her görüntüsünde bulunan piksel sayısı ile tanımlanır. Bu, videonun standart veya yüksek çözünürlüklü olup olmadığını belirler. Çözünürlük ne kadar yüksek olursa, video dosyası büyür ve görüntü daha net olur ("Video formats.” n.d.).

## 1.4 Multimedya Akış Teknolojileri

Akış hizmetleri, birden çok türde medya oynatma özelliğine sahip aygıtlarda internet bağlantıları aracılığıyla video bulma, seçme ve alma işlemini sağlar. Ayrıca erişim kontrolü (güvenlik ve faturalandırma), medya dönüştürme, oynatma ve etkileşim sağlar.

Akış, verilerin bir kanal aracılığıyla hedefine iletilmesi işlemidir. Burada veriler, cihaz aracılığıyla gerçek zamanlı olarak çözülür ve tüketilir. Akış ve akış olmayan senaryolar (dosya indirme olarak da bilinir) arasındaki fark: akış durumunda istemcinin tüm dosya iletilmeden önce verileri oynatmaya başlayabilmesidir. Akış olmayan durumda ise tüm veriler oynatılmadan önce aktarılır. Akış hiçbir zaman teslim edilen verinin bir özelliği değildir, dağıtım kanalının bir özelliğidir. Başka bir deyişle bu, teorik olarak çoğu medyanın akışa alınabileceği anlamına gelir (Kumar vd., 2008, s.96). İndirme modunda tam dosya aktarımının genellikle uzun aktarım süresine sahip olması ve yüksek hızlı ağlardaki son gelişmelerle akışlı ortam kullanımı önemli ölçüde artmıştır (Wu vd., 2011, s.92)

Tipik olarak, video akışı hizmetleri farklı türde medya akış protokollerini kullanır. Uygulama detaylarında farklılık gösterseler de push tabanlı ve pull tabanlı protokoller olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılabilirler.

Push tabanlı akış protokollerinde, istemci-sunucu bağlantısı kurulduktan sonra sunucu, istemci oturumu sonlandırana veya kesene kadar istemciye paketleri aktarmaya devam eder. Bu nedenle, push tabanlı akışta sunucu, istemciyle oturum durumunu sürdürür ve oturum durumu değişikliklerini dikkate alır. Gerçek Zamanlı Akış Protokolü (Real-Time Streaming Protocol-RTSP) push tabanlı akışta kullanılan en yaygın oturum kontrol protokolüdür (Begen vd., 2011, s.56).

Öte yandan, pull tabanlı akış protokollerinde medya istemcisi, medya sunucusundan içerik talep eden aktif varlıktır. Sonuç olarak sunucu, istemci isteklerini bekleyerek boşta kalır veya engellenir. HTTP, pull tabanlı medya tesliminde yaygın bir protokoldür (Begen vd., 2011, s.56).

Aktarılan içeriğin türü ve temel alınan ağ koşulları genellikle iletişim için kullanılan yöntemleri belirler. Örneğin, canlı akışta öncelik, ara sıra yaşanan iletim kayıpların olabileceği durumlarda düşük gecikme ve verimli iletimdir. İsteğe bağlı akışta ise içerik belirli bir zaman kısıtlaması veya zaman uygunluğu göstermediğinden kalite en önemli faktör haline gelir.

### 1.4.1 Geleneksel Akış

RTSP, geleneksel akışa iyi bir örnektir ve Gerçek Zamanlı Aktarım Protokolü'nü (Real-Time Transport Protocol-RTP) veya Gerçek Zamanlı Kontrol Protokolü'nü (Real-Time Control Protocol-RTCP) kullanabilir.

RTSP durum bilgili bir protokol olarak tanımlanabilir. Yani bir istemci-sunucu bağlantısı kurulduktan sonra sunucu, istemcinin oturum durumunu takip eder. İstemci, oynat (akışı başlatmak için), duraklat (aktarı duraklatmak için) veya sunucuyla bağlantıyı kes ve akış oturumunu kapat gibi komutlar kullanarak durumunu sunucuya iletebilir (Zambelli, 2009, s.5).

İstemci ve sunucu arasında bir oturum kurulduktan sonra sunucu, Kullanıcı Datagram Protokolü (User Datagram Protocol-UDP) veya Geçiş Kontrol Protokolü (Transmission Control Protocol-TCP) üzerinden, küçük paketlerin sabit bir akışı olarak medyayı göndermeye başlar. Sabit bir oturumu sürdürmek için, gönderilen bitler, paket

kayıpları gibi Hizmet Kalitesi (Quality of Service-QoS) verilerini toplamak için RTSP verileri RTP ve RTCP paketleri ile serpiştirilebilir. Kritik olmayan paket kayıpları durumunda, bu protokol oynatma kalitesinin düşmesini desteklediğinden canlı akış için kullanılır (Zambelli, 2009, s.5).

RTSP'nin ölçeklenebilirlik ve karmaşıklık gibi çeşitli sorunları vardır. Milyonlarca cihazın desteği, milyonlarca oturumun ve birden çok bağlantı noktasının yönetilmesini gerektirir. Bu nedenle video konferans gibi kullanım durumları hala mevcut olsa da ağ kapasitesi ve bant genişliğindeki gelişmelerle birlikte RTSP'nin kullanımı azalmıştır.

Geleneksel akış protokollerinin diğer örnekleri arasında Gerçek Zamanlı Mesajlaşma Protokolü (Real-Time Messaging Protocol-RTMP) (Adobe Systems'e aittir) ve Gerçek Veri Aktarımı (Real Data Transport-RDT) bulunur (Zambelli, 2009, s.6).

### 1.4.2 Aşamalı İndirme

Aşamalı indirme, yüksek ölçeklenebilirliğe izin verdiği için çok kullanılan akış yöntemlerinden biridir. Bu yaklaşım, bir HTTP ağ sunucusundan basit bir dosya indirme işlemidir. Aşamalı terimi medya oynatıcı bir miktar veri alır almaz indirme işlemi devam ederken (tipik olarak ağ tarayıcı önbelleğine) oynatmanın başlayabilmesi nedeniyle ortaya çıkmıştır (Zambelli, 2009, s.6).

Aşamalı indirmeler yoluyla durdurma gibi görsel yapaylıklar önlenirken, kesilme gibi diğer görsel yapaylıklar (çerçeve donmalarının neden olduğu) kalır. Bu tür görsel yapaylıklar genellikle kayıplı veya dar bantlı bağlantılarda meydana gelir. HTTP bağlantısı tarafından elde edilen aktarım hızı, video akışı için gereken aktarım hızından daha azsa, oynatma arabelleği zaman zaman tükenebilir. Bu durum, arabellek yeniden doldurulduğu için video oynatımının durmasına yol açarak oynatmanın kesintiye uğramasına neden olur (Bouten vd., 2013).

Aşamalı indirmenin nasıl çalıştığını daha iyi anlamaya yardımcı olan bir örnek şekil 1.6'da görülebilir. Bu örnekte, ilk açık mavi çubuk videonun ne kadar izlendiğini gösterir ve koyu mavi çubuk videonun video tarayıcısına ne kadar yüklendiğini gösterir. Böylece, arabellek birkaç saniyelik video ile dolduğunda, video gerçek zamanlıymış gibi oynamaya başlayacaktır.

**Şekil 1.6**

*Oynatma Çubuğunda Aşamalı İndirme Gösteimi* ("Progressive download," n.d.)




Bu teknik, çeşitli kodek bileşenlerinin kullanılmasına izin verir. Aşamalı indirme, istemcide paket kaybı olmadığı için geleneksel akıştan daha iyi kalite sağlar. HTTP üzerinden dosya indirme durumsuzdur (HTTP istemcisi bazı verileri talep ettiğinde sunucu, istemciyi veya durumunu hatırlamadan verileri göndererek yanıt verir) ve bu nedenle, proxy sunucuları, dağıtılmış önbellekleri veya İçerik Dağıtım Ağlarını (Content Delivery Networks-CDN) kolayca kullanılabilir.

Bu ölçeklenebilirlikle ilişkili sonuç, canlı akış desteği olmaması, QoS ölçümlerine dayalı ayarlanabilir akış olmaması veya zarif bozulma gibi RTSP'nin çeşitli özelliklerinin kaybıdır (eksik paketler, gerekli verilerin indirilmesini bekleyerek oynatmayı durduracaktır). Ancak aşamalı indirme, çoğu medya oynatıcı ve platform tarafından yaygın olarak kullanılır ve desteklenir (Zambelli, 2009, s.7).

### 1.4.3 Uyarlanabilir Akış Teknolojileri (Adaptive Streaming Technologies-ABR)

Uyarlanabilir akış, daha önce analiz edilen her teknolojinin başlıca avantajlarından yararlanmanın bir yolu olarak ortaya çıkar. Bir yandan RTSP gibi bir miktar uyarlamayı tasarlarken diğer yandan aşamalı indirmenin aksine yüksek ölçeklenebilirlik sunar. (Miller, 2012, s.173).

Güvenilmez veya değişken ağ koşulları senaryolarında uyarlama, herhangi bir akış teknolojisinin çok önemli bir özelliğidir. Uyarlanabilir video akışı kavramı, video akışının

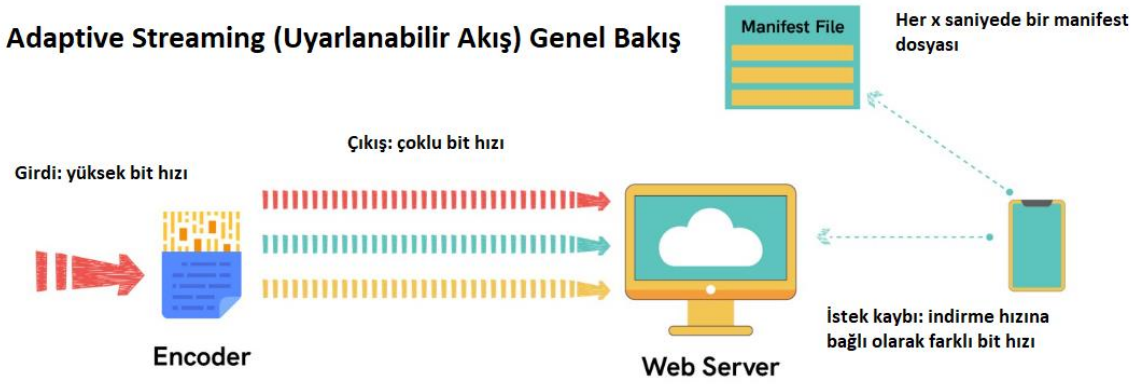
gerektirdiği bant genişliğini ağda mevcut olan verime uyarlama fikrine dayanır. Adaptasyon işlemi aktarılan videonun kalitesi ve dolayısıyla bit hızını değiştirerek gerçekleştirilir (Miller, 2012, s.173).

Aktarım sırasında akış protokolü, bildirim dosyasından mevcut koşullara uygun bir yığın talep ederek ağ koşullarını değerlendirebilir ve kaliteyi optimize etmeye çalışabilir. Ardından seçilen yığın, aşamalı dosya indirme kullanılarak indirilir. Karar verme, çalışma süresi boyunca istemcide gerçekleşir ve nihai olarak en uygun akış çözümünü oluşturarak süreci tamamlar. İstemci, mevcut yerel ağ durumunu izlemekten ve iletim süresini sonrasında da içerik kalitesini etkileyebilecek herhangi bir değişikliğe tepki vermekten sorumludur. Bu koşullara bağlı olarak istemci, videonun bir sonraki bölümü için aktarım süresini tahmin edecektir. İletim süresi, video segmentinin kalitesine ve yerelleştirilmiş ağ koşullarına bağlı olarak değişecektir. Bu nedenle tüketici, kalite seviyesini mümkün olduğunca yüksek tutmayı hedeflerken geç varış olasılığını en aza indiren uygun bir segment seçmelidir (Jarnikov & Özçelebi, 2010).

Video servis sağlayıcılarının bant genişliği aktarımı üzerinde hiçbir kontrolü olmadığı için mevcut bant genişliği değişim senaryosunda bile kesintisiz video iletimi sağlamak için uyarlanabilir akış kullanılır. Segmentler farklı bit hızı seviyelerinde sunulur. Uyarlanabilir akış bir kullanıcının bant genişliğini ve CPU (Central Processing Unit ) kapasitesini gerçek zamanlı olarak algılar ve video akışının kalitesini buna göre ayarlar. Tek bir kaynak videoyu birden çok bit hızında kodlayabilen bir kodlayıcının kullanılmasını gerektirir. Oynatıcı, mevcut kaynaklara bağlı olarak farklı kodlamaların akışı arasında geçiş yapar. Sonuç olarak çok az ara belleğe alma, hızlı başlatma süresi gibi iyi deneyimler elde edilir (Ravi & Shah,2014, s.78). Şekil 1.7'de uyarlanabilir akışa genel bir bakış örneği yer alır.

**Şekil 1.7**

*Uyarlanabilir Akışa Genel Bakış.* (Lochan,2021)

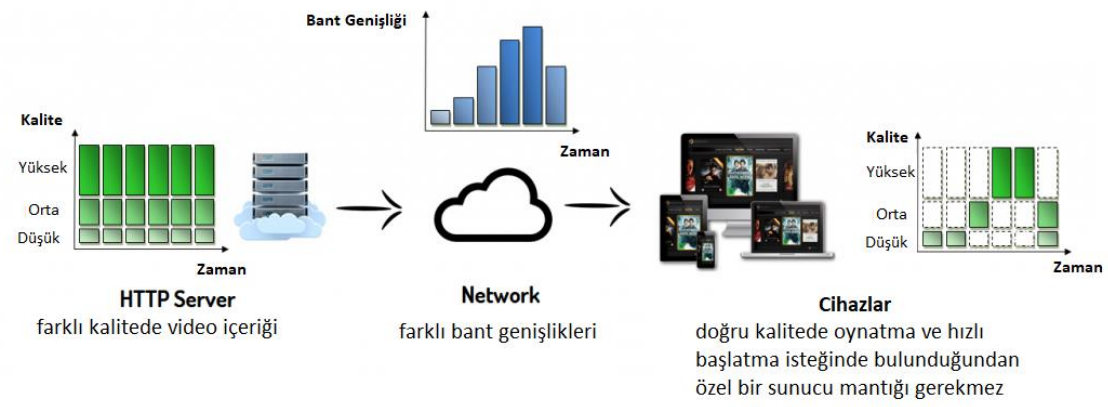



Uyarlanabilir Segmentli HTTP tabanlı teslimat ise aşamalı indirme akışının bir evrimi olarak görülür çünkü uyarlamayı veya canlı akışı desteklememenin dezavantajları olmaksızın aynı faydaları sağlar.

Bu yöntemin arkasındaki fikir, medya dosyasını genellikle 2 ila 4 saniye uzunluğunda parçalara bölmek ve ardından her parçayı farklı niteliklerde ve/veya çözünürlüklerde kodlamaktır. Bundan sonra müşteri tarafında çözünürlük uyarlaması, mevcut içerik çıktısı ve kullanıcının cihazı (pil seviyesi, mevcut bilgi işlem kaynakları) gibi çeşitli parametrelere dayalı olarak yapılır. Örneğin, bant genişliği izin verirse istemci daha yüksek bir bit hızına geçebilir (Zambelli, 2009, s.7). Bu yaklaşım şekil 1.8'de gösterilmektedir.

**Şekil 1.8**

*Bölümlere Ayrılmış HTTP Uyarlamalı Akış.* (Mueller, 2022)



İstemci, indirilen veriler üzerinde tam kontrole sahiptir. Böylece, aynı videonun farklı parçalarını karıştırabilir ve böyle bir işlemin tek etkisi medyanın kalitesi veya çözünürlüğüdür. Akış deneyimini optimize etmek için her parçanın en uygun temsiline karar verme algoritmik süreci, uyarlamalı akış sistemlerindeki en büyük zorluktur. Mevcut iş hacminin dinamiklerini tahmin etme, yerel ara belleğin/önbelleğin dolum düzeyini kontrol etme, akışın kalitesini en üst düzeye çıkarma ve kullanıcının isteği ile önbellek arasındaki gecikmeyi en aza indirme gibi çeşitli problemler ile karşılaşılır (Miller, 2012, s.173).

Bu teknolojinin kullanımı çeşitli zorluklara sahip olsa da potansiyeli nedeniyle kullanılmaya ve iyileştirilmeye devam etmektedir. Apple HTTP Live Streaming (HLS), Microsoft IIS (Internet Information Services) Smooth Streaming, MPEG Dinamik Uyarlamalı Akış (Dynamic Adaptive Streaming-DASH) gibi bölümlere ayrılmış HTTP tabanlı teslimatın birden çok uygulaması ortaya çıkmıştır.

#### 1.4.3.1 Microsoft IIS Smooth Streaming

Microsoft tarafından geliştirilen IIS Smooth Streaming, uyarlanabilir akış alanında kullanılmak üzere HTTP dosya formatı standartlarına dayanır (Johndeu, n.d.). Aynı kaynak içeriği çeşitli kalite seviyelerinde kodlamak için bir kodlayıcı (genellikle Microsoft Expression Encoder veya diğer uyumlu çözümler) kullanılması gerekmektedir. Ardından içerik, kaynak sunucu kullanılarak teslim edilir. IIS Smooth Streaming medya iş akışı, şekil 1.9'da gösterilmektedir.

**Şekil 1.9**

*IIS Smooth Streaming Medya İş Akışı (Iıs Smooth Streaming, n.d.)*




IIS Smooth Streaming, yerel bant genişliğini ve cihazın CPU koşullarını dinamik olarak algılayarak oynatıcının aldığı bir medya dosyasının video kalitesini neredeyse gerçek zamanlı olarak sorunsuz bir şekilde değiştirmeye çalışır. Yüksek bant genişliğine sahip olan kullanıcılar, yüksek kalitede akış deneyimi yaşayabilirken, daha düşük bant genişliği hızlarına sahip diğerleri, bağlantılarına uygun akışı alır (Zambelli, 2009, s.9).

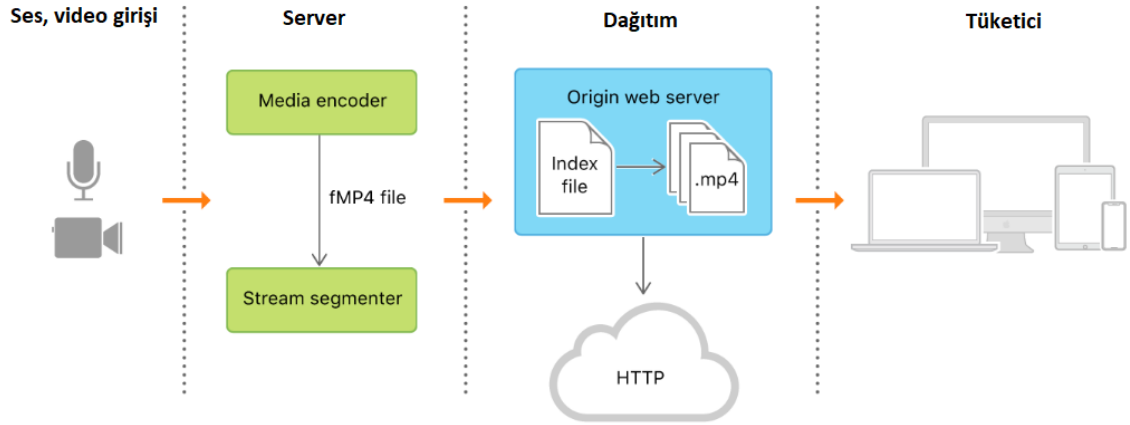
### 1.4.3.2 Apple HTTP Canlı Akışı (HTTP Live Streaming)

HLS'nin önemli bir özelliği, akış bit hızını uyarlama yeteneğidir. RTP akışında kullanılan tekniklerin aksine, akış kalitesine mevcut bant genişliğine göre (video sunucusuna değil) karar veren son kullanıcı cihazıdır. Bu yaklaşım, kesintisiz video akışını sağlamayı ve böylece yönetilmeyen bir ağ üzerinden olumlu bir kullanıcı deneyimi yaratmayı amaçlar. HLS, içeriği sıradan ağ sunucularını ve içerik dağıtım ağlarını kullanarak dağıtır. HLS canlı yayınlar ve önceden kaydedilmiş içeriği (isteğe bağlı video veya VOD), farklı bit hızlarında çoklu alternatif akışlarını, ağ bant genişliği değişikliklerine yanıt olarak akışların akıllı geçişini, medya şifreleme ve kullanıcı kimlik

doğrulamasını destekler. Şekil 1.10'da, bir HTTP Canlı Akışının bileşenlerini göstermektedir (HTTP Live Streaming, n.d).

**Şekil 1.10**

*HTTP Canlı Akışının Bileşenleri* (HTTP Live Streaming, n.d).




Sunucu bileşeni, medyanın giriş akışlarını almaktan ve bunları dijital olarak kodlamaktan sorumludur. Bunları teslimata uygun bir formatta kapsüller ve kapsüllenmiş ortamı dağıtım için hazırlar. Canlı etkinlikler için sunucu, kullanıma hazır medya kodlayıcı ve kodlanmış medyayı segmentlere ayırıp bunları dosya olarak kaydetmenin yolunu bulur. Medya akışı segmenter gibi bir yazılım olabilir. Apple veya entegre bir üçüncü taraf çözümünün parçası kullanılabilir (HTTP Live Streaming, n.d).

#### *1.4.3.2.1 Dağıtım Bileşeni*

Dağıtım sistemi, medya dosyalarını ve dizin dosyalarını HTTP üzerinden istemciye teslim eden bir ağ sunucusu veya ağ önbelleğe alma sistemidir. İçeriği teslim etmek için özel sunucu modülleri gerekmez ve genellikle ağ sunucusunda çok az yapılandırma gerekir. HTTP Canlı Akışını dağıtmak için, tarayıcılarda bir HTML sayfası veya alıcı görevi görecek bir istemci uygulaması oluşturmak gerekir. ("Understanding the HTTP Live Streaming Architecture", n.d.).

#### *1.4.3.2.2 İstemci Yazılımı*

İstemci yazılımı, talep edilecek uygun medyanın belirlenmesinden, bu kaynakların indirilmesinden ve ardından medyanın kullanıcıya sürekli bir akış halinde sunulabilmesi için yeniden birleştirilmesinden sorumludur. İstemci yazılımı, akışı tanımlayan bir URL (Uniform Resource Locator) ile dizin dosyası getirilerek başlar. Dizin dosyası, sırasıyla, kullanılabilir medya dosyalarının, şifre çözme anahtarlarının ve mevcut tüm alternatif akışların konumunu belirtir. Seçilen akış için istemci, mevcut her medya dosyasını sırayla indirir. Her dosya, akışın ardışık bir bölümünü içerir. Yeterli miktarda veri indirildiğinde, istemci yeniden birleştirilmiş akışı kullanıcıya sunmaya başlar ("Understanding the HTTP Live Streaming Architecture", n.d.).

İstemci, herhangi bir şifre çözme anahtarını almaktan, kimlik doğrulamaya izin vermek için bir kullanıcı arabirimini doğrulamaktan ve gerektiğinde medya dosyalarının şifresini çözmekten sorumludur. Bu işlem, istemci dizin dosyasında gerekli bir etiket ile karşılaşana kadar devam eder. Etiket yok ise dizin dosyası devam eden bir yayının parçasıdır. Devam eden yayınlar sırasında, istemci düzenli aralıklarla dizin dosyasının yeni bir sürümünü yükler. İstemci, güncellenen dizinde yeni medya dosyaları ve şifreleme anahtarları arar ve bu URL'leri kuyruğuna ekler ("Understanding the HTTP Live Streaming Architecture", n.d.).

### 1.4.3.3 Gerçek Zamanlı Mesajlaşma Protokolü (Real-Time Messaging Protocol-RTMP)

RTMP, bir Flash oynatıcı ve bir Flash Media Server arasında internet üzerinden ses, video ve veri akışı için Adobe Systems tarafından geliştirilen tescilli bir protokolü ifade eder. RTMP, uygulama düzeyi protokolüne aittir ve aktarım düzeyi protokolü olarak TCP üzerinden çalışır.

RTMP'nin bilgi iletmek için temel birimi mesajdır. İletim sırasında, çoğullama ve multimedya akışlarının paketlenmesi için, her mesaj bazı parçalara bölünür. Akış ortamı oynatma sürecinde, istemci akış ortamının oynatılmasını kontrol etmek için "bağlan", "Aktarım oluştur", "oynat", "duraklat" gibi komut mesajları gönderebilir. RTMP tabanlı bir akış ortamını oynatmak için istemci olarak Flash uygulamasını kullanmak gerekir. RTMP

tabanlı bir video akışı, Handshake (Anlaşma), Bağlantı Oluşturma, Akış Oluşturma ve Oynatma gibi adımlardan geçmelidir (Lei vd., 2012, s.192).

#### *1.4.3.3.1 Handshake (Anlaşma)*

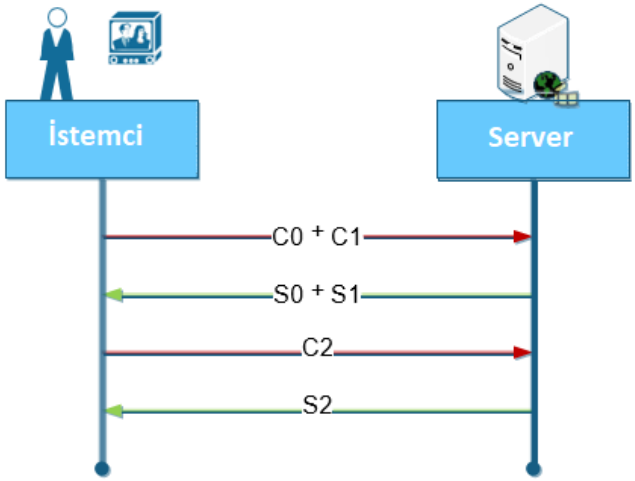
1. İstemci C0, C1 bloğunu gönderir. Sunucu C0 veya C1'i alır ve ardından S0 ve S1'i masajlarını gönderir.

2. İstemci S0 ve S1'i alırken C2'yi göndermeye başlar. C0 ve C1'i alırken, sunucu S2'yi göndermeye başlar.

3. İstemci S2'yi ve sunucu C2'yi aldığında, Anlaşma tamamlanmış olur. (Lei vd., 2012, s.194).

**Şekil 1.11**

*Handshake* Design and Implementation of Streaming Media Processing Software based on RTMP. Lei vd. 2012, s.194




#### *1.4.3.3.2 Bağlantı Oluşturma*

1. İstemci, sunucuya "bağlan" komut mesajını gönderir.

2. “Bağlan” komut mesajını aldıktan sonra, sunucu istemciye “pencere onay boyutu” mesajını gönderir ve komut mesajında belirtilen uygulamaya bağlanır.

3. Sunucu, çıktı bant genişliğini güncellemek için istemciye " bant genişliğini ayarla" mesajını gönderir.

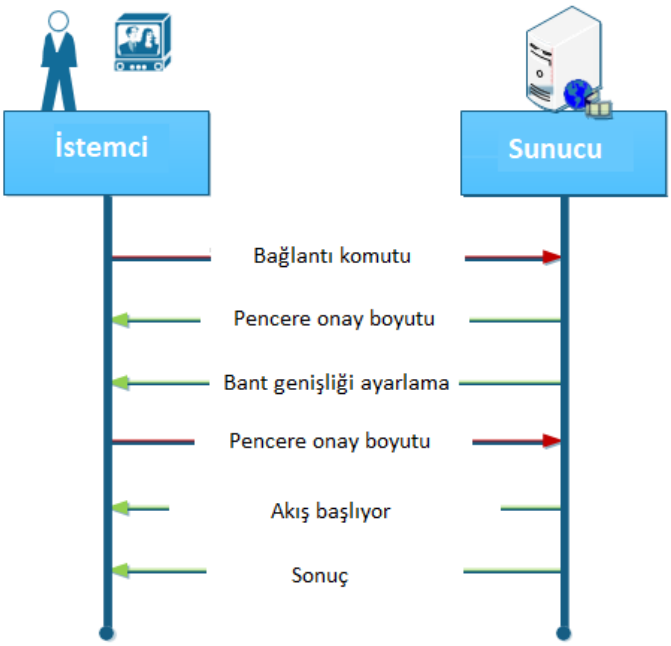
4. Belirlenen bant genişliği mesajı ile ilgilendikten sonra, istemci sunucuya “pencere onay boyutu” mesajını gönderir.

5. Sunucu, "akış başlıyor" kullanıcı kontrol mesajını istemciye gönderir.

6. Sunucu, istemciye komutun sonucunu bildirmek için "sonuç" komut mesajını gönderir (Lei vd., 2012, s.194).

**Şekil 1.12**

*Bağlantı Oluşturma* Design and Implementation of Streaming Media Processing Software based on RTMP. Lei vd. 2012, s.194




### *1.4.3.3.3 Akış Oluşturma*

1. İstemci, sunucu uygulama eş görünümüyle bir akış oluşturmayı istemek için sunucuya bir komut mesajı "akış oluştur" gönderir.

2. Sunucu, istemciye komutun sonucunu bildirmek için "sonuç" komut mesajını gönderir (Lei vd., 2012, s.194).

**Şekil 1.13**

*Akış Oluşturma* Design and Implementation of Streaming Media Processing Software based on RTMP. (Lei vd. 2012, s.194)




#### *1.4.3.3.4 Oynatma*

1. İstemci, sunucuya “oynat” komut mesajını gönderir.

2. "Oynat" komut mesajını aldığında, sunucu istemciye akışta kullanılan yığın boyutunu bildirmek için "yığın boyutunu ayarla" mesajını gönderir.

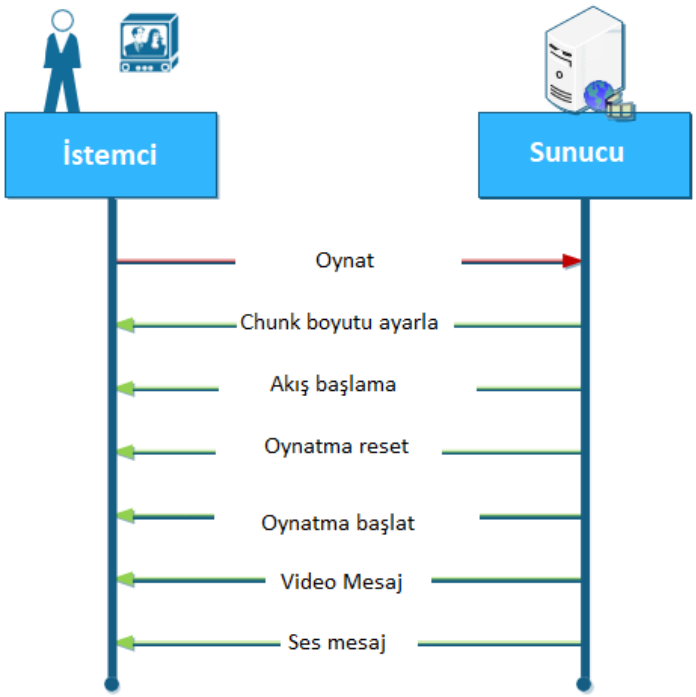
3. Sunucu, istemciye akışın işlevsel hale geldiğini bildirmek için “akış başlıyor” kontrol mesajını gönderir.

4. Sunucu, istemciye “oynat” komutunun başarılı olduğunu bildirmek için “oynatmayı başlat” veya “oynatmayı resetle” komut mesajlarını gönderir.

5. Bundan sonra sunucu, istemcinin oynattığı ses ve video verilerini gönderir (Lei vd., 2012, s.195).

**Şekil 1.14**

*Oynatma* Design and Implementation of Streaming Media Processing Software based on RTMP. Lei vd. 2012, s.194

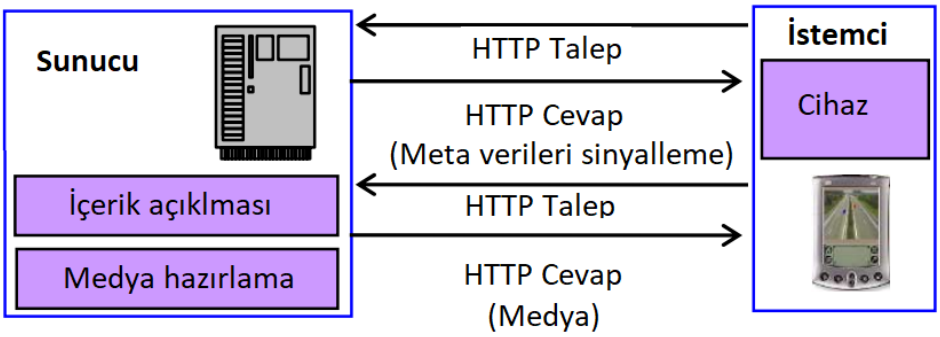



### 1.4.3.4 MPEG – DASH

MPEG-DASH olarak da bilinen HTTP üzerinden Dinamik Uyarlamalı Akış (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP-DASH), endüstride birlikte çalışabilirliği sağlamak için MPEG ve 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) tarafından geliştirilmiştir. Günümüz telekomünikasyon ağlarının heterojenliği nedeniyle, "uyarlanabilirlik" herhangi bir akış istemcisi için çok önemli bir gerekliliktir. DASH, dalgalanan bant genişliğine sahip ağlarda önemli bir rol oynama potansiyeline sahiptir. Verim varyasyonları ile ünlü olan HTTP'nin temel katmanı olan TCP'ye dayanmaktadır (Thang vd., 2012, s.78). Şekil 1.15'te tipik bir http akış mimarisi gösterilmiştir.

**Şekil 1.15**

*Tipik HTTP Akışı Mimarisi* Adaptive Streaming of Audiovisual Content using MPEG DASH. Thang vd. 2012, s.78

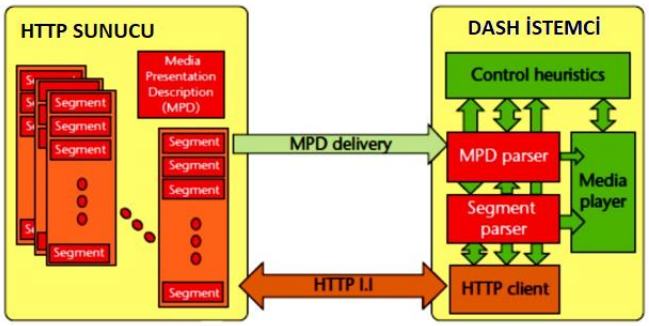



Tipik olarak HTTP akışında sunucu, istemci veya ağ durumu hakkında çok az bilgiye sahiptir, bu nedenle istemci, mümkün olan en iyi hizmet kalitesini sağlamak için içeriğin nasıl teslim edileceğine karar verme gücüne sahiptir.

İstemcilere veya ağlara "uyarlanabilirlik" konularında, her içerik bileşenin birden çok alternatif oluşturulmalı ve sinyal meta verileri her alternatifin özelliklerini (bit hızı, çözünürlük, vb.) içermelidir. Aynı ortamın bu çoklu sürümleri daha sonra istemci tarafından HTTP aracılığıyla ayrı ayrı talep edilebilecek bölümlere ayrılır. Bu, istemcinin aynı akış oturumu sırasında farklı nitelikler ve/veya çözünürlükler arasında geçiş yapmasını sağlar (Thang vd., 2012, s.78). Şekil 1.16'da MPEG-DASH Standartının kapsamı gösterilmektedir.

**Şekil 1.16**

*MPEG-DASH Standartının Kapsamı* Industry and Standards The MPEG-DASH Standard for Multimedia Streaming Over the Internet. Vetro & Sodagar, 2011, s.64




İçerik sunucuda iki kısımda bulunur:

**1. Medya Sunumu Açıklaması (Media Presentation Description-MPD):** Diğer özelliklerin yanı sıra çoklu profilleri ve ilgili URL adreslerini içeren mevcut içeriğin bir bildirimini tanımlar;

**2. Segmentler:** Tekli veya çoklu dosyalarda yığın biçimindeki gerçek multimedya bit akışlarını içerir.

İçeriği oynatabilmek için istemcinin önce MPD dosyasını edinmesi gerekir. DASH istemcisi, onu ayrıştırarak program zamanlamasını, medya içeriğinin kullanılabilirliğini, medya türlerini, çözünürlüklerini, minimum ve maksimum bant genişliklerini ve çeşitli kodlanmış multimedya bileşenlerinin alternatiflerinin varlığını, erişilebilirlik özelliklerini ve gerekli Dijital Haklar Yönetimini (Digital Rights Management-DRM) öğrenir. Bu bilgiyle, istemci uygun kodlanmış alternatifi seçebilir ve segmentleri getirerek içeriğin akışını başlatabilir.

Ağ dalgalanmalarına izin vermek ve bunu kontrol etmek için uygun arabelleğe alma yapılır ve istemci her zaman ağ bant genişliğini izler. Aynı zamanda, istemci sonraki segmentleri almaya devam eder ve ölçümlerine bağlı olarak yeterli bir arabellek ve oynatmayı sürdürmek için daha yüksek veya daha düşük bit hızlarına sahip segmentleri getirerek mevcut bant genişliğine nasıl uyum sağlayacağına karar verir (Vetro & Sodagar, 2011, s.64).

#### *1.4.3.4.1 MPD*

MPD, bir veya daha fazla periyotlardan oluşur. Bahsi geçen periyot, zamansal eksen boyunca bir program aralığını temsil eder. Birden fazla uyarlama setinden oluşan her periyodun başlangıç zamanı ve süresi vardır. Bir uyarlama seti ise bir veya daha fazla medya bileşeni ve onun çeşitli kodlanmış alternatifleri hakkında bilgi sağlar. Örneğin bir uyarlama seti, aynı multimedya içeriğinin farklı bit hızlarını içerebilir. Uyarlama setleri genellikle çoklu gösterimleri içerir. Gösterim diğer özelliklerin yanı sıra bit hızı, çözünürlük, kanal sayısı ile aynı medya bileşeninin kodlanmış bir alternatifidir. Her gösterim bir veya birden fazla bölümden oluşur. Bölümler, zamansal sırayla akış parçalarıdır. Her bölümün, HTTP talimatı kullanılarak indirilebilen ve sunucu üzerinde adreslenebilir bir konum olarak URL'si vardır.

İstemci içeriği oynatmaya çalıştığında, önce MPD belgesini indirir daha sonra ayrıştırır. Ardından kullanıcının tercihlerine ve tanımlayıcı öğelere göre MPD'deki kullanılacak gösterim kümesini seçer. Oynatıcı daha sonra bir zaman çizelgesi oluşturur ve uygun medya segmentlerini talep ederek multimedya içeriğini oynatmaya başlar. Her gösterimin açıklaması, her bir segment için isteklerin HTTP URL'si ve bayt aralığı cinsinden formüle edilmesini sağlayan segmentleri hakkında bilgi içerir. Ayrıca canlı sunumlar için MPD; segment kullanılabilirliği, başlangıç zamanı ve bitiş zamanı, yaklaşık medya başlangıç zamanı ve segmentlerin sabit veya değişken süresini ayarlar (Vetro & Sodagar, 2011, s.65).

## 1.5 Akış Sunucuları

Akış sunucuları, kullanıcının bilgisayarına, akıllı televizyonuna veya mobil cihazına canlı veya isteğe bağlı video içeriklerini depolayan ve sunan bir yazılımdır. Normal sunuculardan farkı, yüksek kaliteli video varlıklarını endekslemek, depolamak ve dağıtmak için kodekler ve yayın kalitesi özellikleri gibi ek teknolojiler kullanmasıdır (Vinikas,2021). Aşağıda, bazı akış sunucuları açıklanmıştır.

### 1.5.1 Darwin Akış Sunucusu (Darwin Streaming Server-DSS)

DSS, video ve sesin çeşitli formatlarda RTSP ve RTP protokolleri aracılığıyla iletilmesine olanak tanır. Bu yazılım, Apple'ın QuickTime akış sunucusunun açık kaynaklı bir sürümüdür. Bu yazılımın avantajı, daha yüksek düzeyde özelleştirmeye izin vermesi ve Windows, Mac OS X ve çeşitli Linux dağıtımları dâhil olmak üzere birden çok platformda çalışmasıdır. YouTube'un ilk mobil sürümleri, videoları mobil cihazlara aktarmak için DSS'yi kullandı (“Darwin streaming server” n.d.).

### 1.5.2 Red5

Red5, Java teknolojisine dayalı başka bir açık kaynak akış sunucusu çözümüdür ve yalnızca Linux tarafından desteklenir. Bu sunucu birden çok formatta video ve ses akışını, istemci akışlarını kaydetmeyi ve canlı yayın yayıncılığını destekler. Tüm uygulamalar Red5 ve Adobe Flash belgelerine göre oluşturulmalıdır. Bu özellik bir avantaj olarak görülebilir çünkü uygulamaları bu akış yazılımının üzerinde özelleştirmek mümkündür (“Red5”, n.d.).

### 1.5.3 Wowza Medya Sunucusu

Wowza Media Server yazılımı; kişisel bilgisayarlara, akıllı telefonlara, tabletlere ve IPTV set üstü kutularına eşzamanlı akış yapmak için kullanışlıdır. Wowza Media Server; ABR akışı, zaman kaydırmalı canlı oynatma ve dijital hak yönetimi gibi çok sayıda işlevsellik sağlar. Çok çeşitli video oynatıcı teknolojileri ile uyumludur. Ayrıca, aşağıda yer alan birçok akış protokolünü destekler:

- Gerçek Zamanlı Mesajlaşma Protokolü (RTMP)
- Apple HTTP Canlı Akışı (HLS)
- Microsoft Kesintisiz Akış (IIS)
- Gerçek Zamanlı Akış Protokolü (RTSP)
- Gerçek Zamanlı Aktarım Protokolü (RTP)

Akışları farklı oynatıcı türlerine teslim etmek için ayrı kodekler ve istemciye özel sunucular kullanılır. Bu yaklaşım daha büyük bir yatırım gerektirir çünkü birden fazla

müşteriye özel kodlayıcı ve sunucu edinilmesi gerekir. Çoğu durumda ayrı altyapıları sürdürmesi teslimat seçeneklerini sınırlar.

Bu medya sunucusu, tek bir H.264 kodlayıcıdan (canlı veya isteğe bağlı) tüm istemci türlerine aynı anda akış yapmayı mümkün kılar. İstemciye özel kodlayıcılara ve sunuculara yatırım yapma ihtiyacını ortadan kaldırma yeteneğine sahiptir (Wowza Media Systems, 2011).

### 1.5.4 Flumotion Akış Sunucusu

Flumotion Akış Sunucusu, tek bir sunucudan canlı ve isteğe bağlı akış sağlayan açık kaynaklı bir medya sunucusu çözümüdür. Bu modüler çözüm; sinyal toplama, kodlama, çok formatlı çapraz kodlama, akış ve son teknoloji arayüz tasarımını içerir. Flumotion Akış Sunucusu; Linux, GStreamer ve diğer açık kaynaklı yazılımları kullanması sayesinde çok çeşitli giriş donanımlarını destekleme özelliğine sahiptir.

Flumotion, işlemin birden fazla makineye dağıtılmasına izin verir. Böylelikle daha fazla akışın daha fazla görüntüleyicisini daha çeşitli formatlarda ölçeklendirmesini ve işlemesini mümkün hale getirir. Bu platform doğrudan DVB-S veya DVB-T girişlerinden görüntü alabilir (Flumotion, n.d.).

## 1.6 Önceden Getirme

Önceden getirme, içeriği talep etmeden önce belleğe yüklenen bir şeye atıfta bulunmak için kullanılan genel bir terimdir. Ağ önceden getirme, ağ nesnelerini önceden tahmin ederek ve yakın gelecekte erişileceğini umarak kullanıcı tarafından algılanan gecikmeyi azaltan bir tekniktir (Gawade & Gupta, 2012, s.62). Bu nedenle, bir önbelleğe alma stratejisiyle birlikte bir önceden getirme mekanizmasının kullanılması gerekir.

Önceden getirme stratejileri çeşitlidir. İsabet oranını artırmak için en sık erişilen nesneleri önceden getirmek gerekir, ancak bununla birlikte bant genişliği tüketimini en aza indirmek için daha uzun güncelleme aralıkları olan nesneleri de seçmek gerekir (Wu & Kshemkalyani, 2006, s.2). Ön yüklemelerin çok az ek yük getirmesi için önceden getirme

etkili şekilde uygulanmalıdır (Vanderwiel & Lilja, 2000, s.178). Ayrıca hiç kullanılmayan verileri indirmek elbette kaynak israfıdır.

### 1.6.1 Popülariteye Göre Önceden Getirme

Popülariteyi kullanarak önceden getirme tekniği olarak "ilk on" kriteri önerilebilir. Her sunucu, sahip olduğu tüm nesnelerin erişim kayıtlarını tutar ve periyodik olarak en popüler on nesnenin bir listesini hesaplayarak bunları bellekte tutar (Wu & Kshemkalyani, 2006, s.4). Bu yaklaşımın sorunu, tüm kullanıcıların aynı tercihlere sahip olduğunu varsayması ve ayrıca mevcut oturum sırasında bir kullanıcının erişim geçmişini takip etmemesidir. Popüler nesnelere ihtiyaç duyulması daha olası olduğundan bu yaklaşımın en yüksek isabet oranına ulaşması beklenebilir (Wu & Kshemkalyani, 2004, s.62).

### 1.6.2 Sürekli Önceden Getirme

Bir içeriğin ömrü içeriğin iki ardışık değişikliği arasındaki aralık olarak tanımlanabilir. Önceden getirme, sunucu diski ve ağ bant genişliği gibi sistem kaynak gereksinimlerini artırdığından, ikinci değişiklik anı muhtemelen ana sınırlayıcı faktör olacaktır. Bu nedenle, nesne her güncellenme aşamasına girdiğinde içerik ağ sunucusundan indirildiğinden, bant genişliği tüketimini azaltmak için daha az sıklıkta güncellenen nesneleri seçmek doğaldır. Sürekli önceden getirme, yerel önbellekte çoğaltmak için en uzun ömre sahip m adet nesneyi seçer ve böylece ekstra bant genişliği tüketimini en aza indirmeyi amaçlar (Wu & Kshemkalyani, 2006, s.4).

### 1.6.3 Eşik Önceden Getirme

Erişim sıklığı ile güncelleme sıklığını dengeleyen ve yalnızca güncellenmeden önce erişilme olasılığı belirli bir eşiği geçen nesneleri getiren bir eşik algoritması önerilmiştir. Bu kullanımın sebebi nispeten daha yüksek erişim frekanslarına ve daha uzun güncelleme aralıklarına sahip nesnelerin önceden getirilme olasılığının daha yüksek

olmasıdır. Böylece, bu önceden getirme, boşa harcanan bant genişliğini sınırlamak için doğal bir yol sağlar (Venkataramani vd., 2002, s.367).

Yapılan bir çalışma, önceden getirme algoritmalarının tüketici davranışı ve içeriğin kendisi gibi çeşitli faktörleri hesaba katması gerektiğini ortaya koymaktadır. Farklı kullanıcı davranışları için farklı önceden getirme ve önbelleğe alma stratejilerinin potansiyeli hakkında araştırma yapılmıştır. Kullanıcının deneyim kalitesini iyileştirmek için geçgeç (televizyon kanalları arasında hızlıca geçip gitme) süresini, hızlı ileri veya geri sarmaya hızlı tepki verme süresini azaltmak amaçlanmıştır. Çalışmada tüketiciler davranışlarına göre geçgeçciler ve sadıklar olarak iki gruba ayrılmıştır (Andersson vd., 2016, s.1).

Geçgeçciler sınıfının ana özelliği, programlar arasında hızlı geçiş yaparak istenen içeriği aramaktır. Sadıklar olarak tanımlanan grup ise başka bir izleme talep etmeden önce ilk seçimi sonuna kadar tüketenlerdir. Ulaşılan ana sonuçlar, daha kısa oturumları olmasına rağmen geçgeçcilerin sadıklara göre oturum başına birkaç farklı yayın izlemeye daha yatkın olduklarıdır. Ayrıca bazı kanalların geçgeç yapmaya daha çok eğilimli olduğu keşfedilmiştir. Örneğin bir film kanalı, karma bir kanala kıyasla daha fazla sayıda geçme davranışına sahiptir. Aynı dizinin bölümlerinin farklı tahmin kazanımlarına ilişkin bir analiz de yapılmıştır. Sadıkların X bölümünden X + 1 bölümüne geçmesi geçgeçcilerden daha yüksek bir olasılığa sahiptir. Öte yandan geçgeçciler, sadıklara oranla önceki bölümleri daha fazla talep eder. Bu nedenle iyi bir önceden getirme algoritması hem tüketicilerin hem de içeriğin profiline uyum sağlayabilmelidir (Andersson vd., 2016, s.1).

Benzer bir yaklaşımda, ancak gruplara ayrılmadan, kullanıcıların görüntüleme özelliklerine ilişkin ayrıntılı bir analiz elde edilmiştir. Sonuçlar tüketimin gün boyunca özellikle hafta sonları ve pazartesi günleri çok yüksek düzeyde olduğunu göstermiştir. Tüketicilerin daha fazla boş zamanı olduğu için hafta sonları daha yüksek bir kullanım yapması beklenirken pazartesi günleri hizmet kullanımının kullanıcıların hafta sonları kaçırdıkları programları yakalamalarından kaynaklandığı açıklanır. 88.308 benzersiz programdan oluşan bir evrende, ilk 1000 program, toplam program isteklerinin yaklaşık %50'sinden sorumludur (Nogueira vd., 2016a).

Başka bir çalışmada kullanıcı oturumlarından toplanan bilgiler kullanılarak daha iyi tahmin performansları elde etmek için bir dizi "tahmin makinesi" olarak tanımlanan algoritma geliştirilmiştir. Bir kullanıcı oturumu, belirli bir kullanıcıdan gelen bir dizi ağ isteği olarak tanımlanır. Her istek, HTTP protokolü üzerinden belirtilen IP adresine sahip bir ana bilgisayardan gelen bir ağ sunucusuna yapılan tanımlayıcı isteğinden oluşur.

Kullanıcı, kaynak IP adresi ve istemci tanımlama bilgisinin bir kombinasyonu ile yaklaşık olarak tanımlanan anonim bir varlık olarak kabul edilir. Aynı siteye daha sonra bağlanan aynı kişi, farklı bir kullanıcı olarak tanımlanacaktır. Bir kullanıcıdan gelen istek, yalnızca HTTP yanıt kodu başarılı ise geçerli kabul edilir. Böylece evrimsel algoritma, bir dizi kullanıcı talebini yönetir, onlardan öğrenir ve kullanıcının bir sonraki eylemini tahmin etmek için bir model bulmaya çalışır (Bonino vd., 2003, s.141).

## 1.7 Multimedya Önbelleğe Alma

Multimedya önbelleğe alma, video gibi multimedya verilerini bir önbellekte saklama işlemi olarak tanımlanır. Önbellek depolama potansiyeli, kullanıcı davranışı, içerik popülerliği ve önbelleğe alma algoritmasının kendisi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, kullanıcı davranışını tahmin etmeye yardımcı olmak ve içeriğin önbellekle ilgili olup olmadığına daha iyi karar vermek için önbellek algoritması kullanılmalıdır (Abrahamsson & Bj¨orkman, 2013, s.916).

### 1.7.1 Önbelleğe Alma Algoritmaları

Bazı önbellek ilkelerinin nasıl çalıştığını anlamak için basit bir örnek verilecektir. (1,2,3,4,1,2,5,1,2,3,4,5) şeklindeki referans dizesinde yer alan farklı sayılar farklı içerikleri temsil eder ve önbellek boyutu ise 3 öğeden oluşur.

En basit sayfa değiştirme algoritmalarından birisi de FIFO (First-In-First-Out) algoritmasıdır. Bir FIFO değiştirme algoritması, her sayfa ile o sayfanın belleğe getirildiği zamanı ilişkilendirir. Bir sayfanın değiştirilmesi gerektiğinde en eski sayfa seçilir. Bu algoritmanın anlaşılması ve programlanması kolay olmasına rağmen performansı her zaman iyi değildir (Silberschatz vd., 2009). Tablo 1.1, referans dizisinin FIFO kullanan bir önbelleğe uygulanmasını gösterir. Uygulamada 9 sayfa hatasıyla birlikte 3 önbellek isabeti elde edilmiştir.

**Tablo 1.1**

*FIFO önbellek Değiştirme İlkesi*

| İterasyon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İstek | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sonuç | x | x | x | x | x | x | x | ✓ | ✓ | x | x | ✓ |
| Sayfa 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Sayfa 2 | | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| Sayfa 3 | | | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 |

LRU (Least Recently Used) değiştirme algoritması, yeni bir öğe eklemek ve yeterli alana sahip olmak için yakın zamanda erişilen öğeleri kaldırırak tahmin olarak yakın geçmişi kullanır (Silberschatz vd., 2009). Tablo 1.2, referans dizesinin LRU kullanan bir önbelleğe uygulanmasını gösterir. Uygulamada 10 sayfa hatasıyla birlikte 2 önbellek isabeti elde edilmiştir.

**Tablo 1.2**

*LRU önbellek Değiştirme İlkesi*

| İterasyon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İstek | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sonuç | x | x | x | x | x | x | x | ✓ | ✓ | x | x | x |
| Sayfa 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| Sayfa 2 | | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 |
| Sayfa 3 | | | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 |

LFU (Least Frequently Used), LRU'ya oldukça benzer. Temel fark, en son erişilen öğeyi kaldırmak yerine, her öğeye erişim sayısını depolaması ve en az kullanılan öğeleri kaldırmasıdır. Bu yaklaşımla ilgili sorun, bir sayfanın ilk aşamada yoğun olarak kullanılması ancak daha sonra bir daha asla kullanılmamasıdır. Yoğun olarak kullanıldığı için sayıca fazladır ve artık istenmese de hafızada kalır (Silberschatz vd., 2009).

MPU (Most Popularly Used) yaklaşımı ise, "öncelik haritalarına" dayalı önbellek değiştirme kararları vermek için içerik talebi bilgisinden yararlanır. Bu nedenle, MPU önbellek tahliye politikası, daha yüksek önceliğe sahip olan öğeleri tercih eder. Sonuçlar

MPU algoritmasının kullanımının, önbellek maliyet tasarrufu ve isabet oranı gibi önemli ölçüde iyi önbellek performans ölçümleri sağladığını göstermektedir. Tablo 1.3 MPU algoritmasının uygulamasını göstermektedir. Uygulamada 8 sayfa hatasıyla birlikte 4 önbellek isabeti elde edilmiştir (Nogueira vd., 2016b, s.1013).

**Tablo 1.3**

*MPU Önbellek Değiştirme İlkesi*

| İterasyon | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| İstek | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Sonuç | x | x | x | x | ✓ | ✓ | x | ✓ | ✓ | x | x | x |
| Sayfa 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Sayfa 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Sayfa 3 | | | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 |

Önbelleğe alma algoritmalarının performansı istek sırasına büyük ölçüde bağlı olduğundan, iyi bir önbelleğe alma algoritması, önbellek isabet oranını en üst düzeye çıkarmak için hangi öğelerin önbellekte tutulması gerektiğini bilen bir algoritmadır.

### 1.7.2 Proxy Önbelleğe Alma Çözümleri

Daha önce bahsedildiği gibi, OTT ağlarında video içeriği internet üzerinden teslim edilir. Geleneksel ağ sunucularından HTTP'yi kullanır. Uyarlanabilir Bit Hızı Akışı, ağ dalgalanmaları ve paket kayıplarının daha fazla olduğu kablosuz ağlarda, ağ dinamiklerinden yararlanarak HTTP tabanlı video dağıtımını iyileştirmeye yönelik bir teknik olarak sunulur.

Bu teknik yararlı olsa da istemcinin kendi özel ortam koşullarına uygun bir kalite düzeyi seçebilmesi için videoyu birkaç saniyelik bir süre ile ve birkaç kalite düzeyiyle daha küçük bölümlere ayırması anlamına gelir. İçeriği depolamak için daha fazla alan gerekmesine rağmen önbelleğin boyutu değişmediğinden, bu özelliklerin önbelleğe alma algoritmalarının performansı üzerinde anında bir etkisi vardır (Dong vd., 2015).

Bu nedenle, proxy önbelleğe alma çözümlerinin popülaritesi artmaktadır. Bu kavram, bir proxy sunucusunun bir kullanıcı ve bir içerik sağlayıcı arasında bir aracı olarak

hareket etmesine izin vererek dosyalar, resimler ve ağ sayfaları gibi en önemli veya sık içeriğin önbelleğe alınmasına ve bu kaynakların daha fazla kullanıcıyla paylaşılmasına olanak tanır. Bu çözümlerin gömülü sistemlere uygulanmaları gerekeceğinden, iyi performans göstermeli ve işlemede az kaynak gerektirmelidirler (Dong vd., 2015).

# BÖLÜM 2

# TELEKOMÜNİKASYON AĞLARI VE GÖRÜNTÜLEME CİHAZLARI

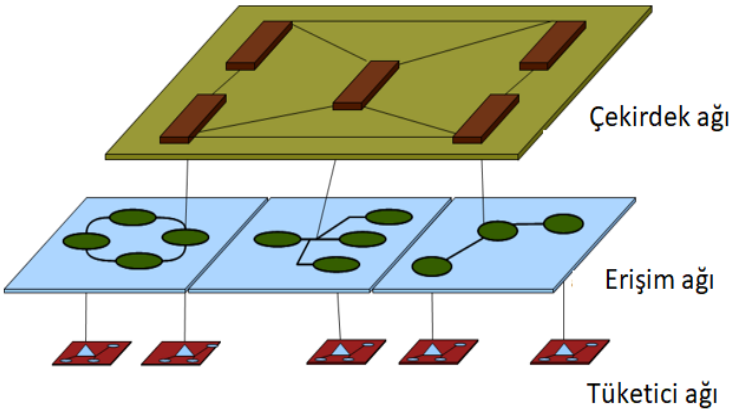
OTT'de içerik yönetilmeyen ağlar üzerinden dağıtıldığından, telekomünikasyon ağlarının yapılarını anlamak gerekir. Görüntüleme cihazları ise akışların oynatıldığı araçlardır. Bu bölümde telekomünikasyon ağları ve görüntüleme cihazları anlatılacaktır.

## 2.1 Ağ Yapısı

Temel bir ağ altyapısı üç ana bölüme ayrılabilir: Çekirdek Ağ, Erişim Ağı ve Tüketici Ağı. Aşağıdaki şekil 2.1 küresel bir telekomünikasyon altyapı modelini temsil etmektedir.

**Şekil 2.1**

*Ağ Yapısının Ana bölümleri* Telecommunications Network and Services: Concepts, Models and Fundamental Structures of Telecommunications Networks. Duarte, 2009.



### 2.1.1 Çekirdek Ağ

Çekirdek Ağ, bir telekomünikasyon ağının merkezi parçasıdır. Bu ağ, farklı erişim ağları arasındaki ara bağlantıyı desteklemek için temel altyapıyı kurmayı sağlar. Geniş mesafelerde yoğun veri trafiğinin taşınmasından sorumludur. Ayrıca erişim ağıyla bağlanan müşterilere sunulan çeşitli hizmetleri de destekler (Coelho, 2010 s.20)

Bu ağ segmentinde kullanılan en yaygın teknoloji Senkronize Sayısal Hiyerarşi (Synchronous Digital Hierarchy-SDH) teknolojisidir. Bu teknoloji elektrik, optik ve radyo ortamlarında senkronize veri iletimi sağlayan standart bir teknolojidir. Fiziksel düzeyde hareket eden yönetim ve bakım mekanizmaları, iletim güvenilirliğini ve kalitesini garanti eder. SDH ağları genellikle, döngünün iki yönünde de iletilmek için kullanıldığı çift halkalı bir topolojiye sahiptir; bu tür topolojinin sağladığı avantajlar büyük ağ esnekliği ve korumadır. SDH çerçevesi, diğer teknolojilere ait çerçeveleri içine alır. Çekirdek ağlarda hala kullanılan Asenkron Aktarım Modu (Asynchronous Transfer Mode-ATM) ve Çerçeve Aktarımı (Frame Relay-FR) gibi başka teknolojiler de vardır. Bu teknolojiler genellikle SDH üzerinden iletilir (Coelho, 2010 s.20).

ATM, dijital verileri 53 baytlık hücre birimleri ile yeniden düzenleyen ve dijital sinyal teknolojisini kullanarak fiziksel bir ortam üzerinden ileten özel bağlantı paket anahtarlama teknolojisidir. Ağın bu bölümünde, daha yüksek iletim hızlarını garanti etmek amacıyla uzun mesafeli veri taşımacılığının yanı sıra çeşitli erişim ağları arasındaki ara bağlantı gerçekleştirilir (Coelho, 2010 s.20).

FR teknolojisi, sesli görüşmeler gibi analog verileri iletmek için tasarlanmış eski paket anahtarlama teknolojisine dayanmaktadır. Uç noktalar, bırakılan çerçevelerin algılanmasından ve yeniden iletilmesinden sorumludur. Dijital ağlardaki hata oranının analog ağlara kıyasla olağanüstü derecede küçük olduğuna dikkat edilmesi gerekir. Çok protokollü Etiket Anahtarlama (Multi-protocol Label Switching-MPLS), çekirdek ağlarda kullanılan başka bir teknolojidir. Bu teknoloji, belirli bir paket dizisi için belirli bir yol oluşturulmasına izin verir. Bu paketler etiketle tanımlanır ve sonuç olarak yönlendiricinin paketi iletmek için sonraki düğümün adresini aramada gereken zamandan tasarruf sağlar. (Coelho, 2010 s.20).

### 2.1.2 Erişim Ağı

Erişim Ağı, çekirdek ve tüketici donanımlarını birbirine bağlayan ağ yapısıdır. Başlangıçta ses trafiği için geliştirilen bu ağlar, daha sonrasında veri trafiği için de evrilmiştir.

Erişim ağındaki ilk veri iletim teknolojilerinin büyük bir kusuru vardı; aynı anda ses ve verinin birlikte kullanımında verimli bir çalışma sağlanamadı. Sonrasında Dijital Abone Hattı (Digital Subscriber Line-xDSL), birden fazla trafik türünün aynı anda iletilmesine olanak sağladı.

Hibrit Fiber-Koaksiyel (Hybrid Fiber-Coaxial-HFC) kablo ise televizyon yayını yapmak amacıyla ortaya çıkmış ve xDSL ağlarına alternatif haline gelmiştir. HFC teknolojisi televizyon kanallarının yanı sıra ses ve veri trafiğine de izin verir.

Aktif veya pasif olabilen FTTx (Fiber To The x) teknolojileri bakırın ulaşamayacağı kalitelere ulaşarak çok çeşitli hizmetlere olanak verir.

Erişim ağlarında kullanılan çeşitli ortamlar vardır:

• Bakır bükümlü teller- en yaygın olanı, bükümlü tel çifti, DSL ağlarında yaygın olarak kullanılır.

• Bakır koaksiyel teller- Başlangıçta CATV (Cable Television) için kullanılırken, şimdi veri ve ses iletimi için de kullanılmaktadır.

- Kablosuz;
  - Telekomünikasyon: GSM Radyo Erişim Ağı (GSM Radio Access Network – GRAN), GSM EDGE Radyo Erişim Ağı (GSM EDGE Radio Access Network-GERAN), UMTS Radyo Erişim Ağı (UMTS Radio Access Network–UTRAN), Wi-Fi, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ve LTE (Long Term Evolution) gibi radyo iletim teknolojilerini kullanmak.
  - Optik fiber: Yüksek iletim hızları nedeniyle başlangıçta çekirdek ağlarda kullanılırken, zamanla erişim ağlarında daha fazla kullanılmaya başlanmıştır.

Teknoloji seçimi, bant genişliği ve mesafe gereksinimlerinin yanı sıra, müşteri sayısı ve sağlanacak ilgili hizmetleri hesaba katmalıdır. Örneğin, gereksinimlerden biri mobiliteyi içeriyorsa kablosuz tercih edilen bir seçenek olabilir (Coelho, 2010 s.23).

### 2.1.3 Tüketici Ağı

Tüketici ağları genellikle son kullanıcıyı erişim ağına bağlayan binaların, evlerin veya yerleşim alanlarının içine kurulan küçük ağlardır. Bu ağlar, işletmelerin veya konut müşterilerinin binaları içindedir ve onların sorumluluğundadır. Bu ağda, farklı hizmetler (TV, ses ve veri) kullanıcı tesis donanımları aracılığıyla sağlanır ve kullanıcı tesislerinde ilgili ulaşım ağlarına yönlendirilir. IP, Yerel Alan Ağı (Local Area Network - LAN) ile iletişim kuran baskın protokoldür. Bu iletişim, IEEE 802.11 standardına göre kablolu (LAN) veya Kablosuz Yerel Alan Ağı (Wireless Local Area Network- WLAN) kullanılarak yapılabilir (Coelho, 2010 s.24).

## 2.2 Erişim Ağı Teknolojileri

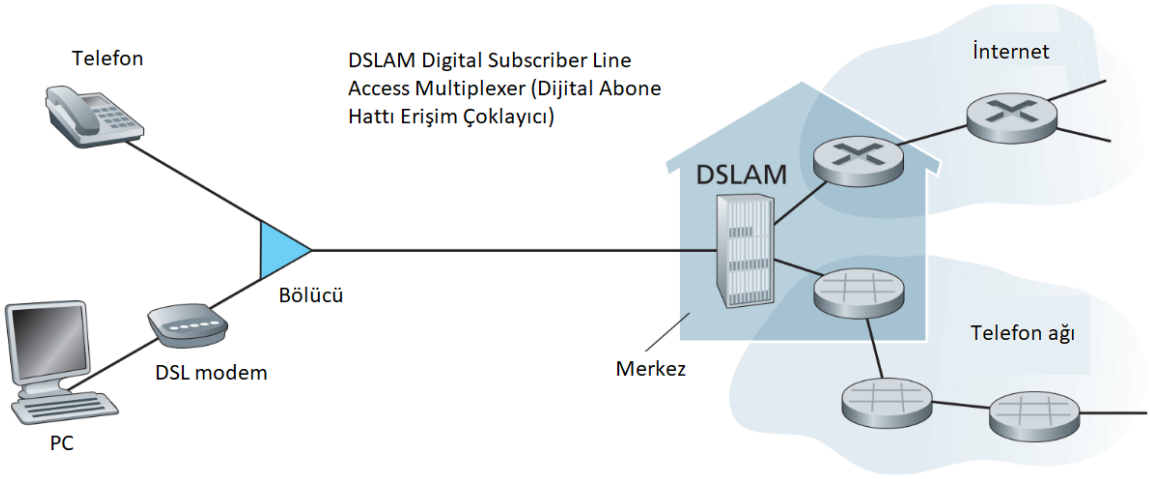
Erişim Ağı, daha önce bahsedildiği gibi çekirdek ve tüketici donanımlarını birbirine bağlayan ağ yapısıdır. Bu bölümde erişim ağına ait teknolojiler anlatılacaktır.

### 2.2.1 Dijital Abone Hattı (xDSL)

xDSL ağları, mevcut bakır telefon ağı altyapısından en iyi şekilde yararlanma girişimi olarak ortaya çıkmıştır. Bu teknoloji, kullanıcı ve servis sağlayıcı arasında daha yüksek bir aktarım hızı sunarak kalıcı bir devre kurar (Provolt, 2000, s.3).

**Şekil 2.2**

*xDSL Erişim Ağı* ("Computer networking, Chapter 1, computer networks and the internet, notes," 2018)

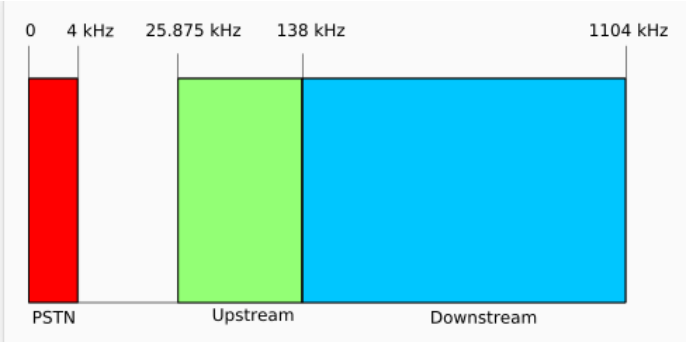



Mevcut bakır telefon ağı, 300 Hz ve 3400 Hz (ses sinyalleri) aralığındaki sinyalleri iletmek için optimize edilmiştir. Sonrasında ses sinyalleri boyunca veri iletimi için bant genişliğini sınırlayan filtreler kaldırılmıştır. Bunun sebebi veri iletişiminin, sesli iletişimden daha yüksek bant genişliği gerektirmesidir (Coelho, 2010 s.24).

Simetrik veya asimetrik hızlar sağlayan çeşitli DSL teknolojileri vardır. Asenkron Sayısal Abone Hattı (Asynchronous Digital Subscriber Line-ADSL), telefon şirketlerinin interneti teslim etmesinde ortaya çıkmıştır. xDSL'nin asimetrik kısmı, indirme bağlantısının, yukarı bağlantıdan çok daha fazla tahsis edilmiş bant genişliği olduğu anlamına gelir (Coelho, 2010 s.30).

**Şekil 2.3**

*ADSLFrekans Spektrumu (*"ADSL frequency plan.svg." n.d.).



xDSL performansı, telefon kablosunun kalitesi, göstergesi, malzemesi ve abonenin ekipmanı ile Dijital Abone Hattı Erişim Çoklayıcı (Digital Subscriber Line Access Multiplexer-DSLAM) arasındaki mesafeden etkilenir. DSLAM, yüksek hızlı veri trafiğinden gelen ses frekansı sinyallerini bölerek abone ve İSS arasındaki trafiği kontrol eder ve yönlendirir. Bu teknolojinin avantajı, hat operatör ile merkez arasında tam bir devre gibi işlev gördüğünden, belirli bir bölgedeki abone sayısı ile bant genişliği azalmaz. Bu avantaj, kablosuz teknolojilere karşı xDSL'in daha güçlü noktalarından biri haline gelir çünkü kablosuz aboneler, tahsis edilen alan bant genişliği aşırı kalabalıklaştığında trafik sıkışıklığına maruz kalabilir (Coelho, 2010 s.30).

### 2.2.2 (FTTx)

FTTx, farklı fiber optik tabanlı telekomünikasyon ağlarını tanımlayan genel bir ifadedir. Fiber optiğin sonlandırma noktasına bağlı olarak, bu mimarilerin çeşitli tanımları vardır. Düğüm noktasına fiber (Fiber To The Node-FTTN), kabinete fiber FTTCab (Fiber To The Cabinet-FTTCab), kaldırıma fiber (Fiber to The Curb-FTTC), tesise fiber FTTP (Fiber To The Premises-FTTP), binaya fiber ( Fiber To The Building-FTTB), eve fiber (Fiber To The Home-FTTH) tanımlamaları kullanılır.

• FTTN veya FTTCab, fiberin sokak tarafında veya direk üzerinde bir kabine genişletildiği bir ağ mimarisini ifade eder. Bu noktalar, kullanıcıdan yaklaşık 300m ile 1500m arasında bir mesafede bulunmaktadır. Bu noktadan sonra kullanıcıya ulaşmada; xDSL teknolojisi, bakır veya kablosuz iletim kullanılır. Bu mimariler küçük boyutlu alanlar ve düşük nüfus yoğunluğu için uygundur.

• FTTC, optik fiberin bir sokak kaldırımında yer alan kabinete kadar gittiği, çok küçük alanlara (yaklaşık 300m yarıçap) ve düşük nüfus yoğunluğuna hizmet ettiği bir ağ mimarisidir. Kullanıcılar mevcut bakır veya koaksiyel kablo altyapısı üzerinden bağlanır.

• FTTB, bu mimaride fiber optik binanın girişine kadar ulaşır ancak doğrudan kullanıcının evine ulaşmaz. Son kullanıcıya bağlantı, optik fiber kullanılarak değil, bakır veya koaksiyel kablo gibi diğer iletim araçları kullanılarak yapılır.

• FTTH, optik fiberin genellikle doğrudan son kullanıcıya bağlandığı bir mimariyi ifade eder. Tanım olarak, fiber optik iletişim yolu, iletişimin tek bir aboneye taşınması amacıyla tesis içinde sonlandırılmasıdır (Sinha, 2021).

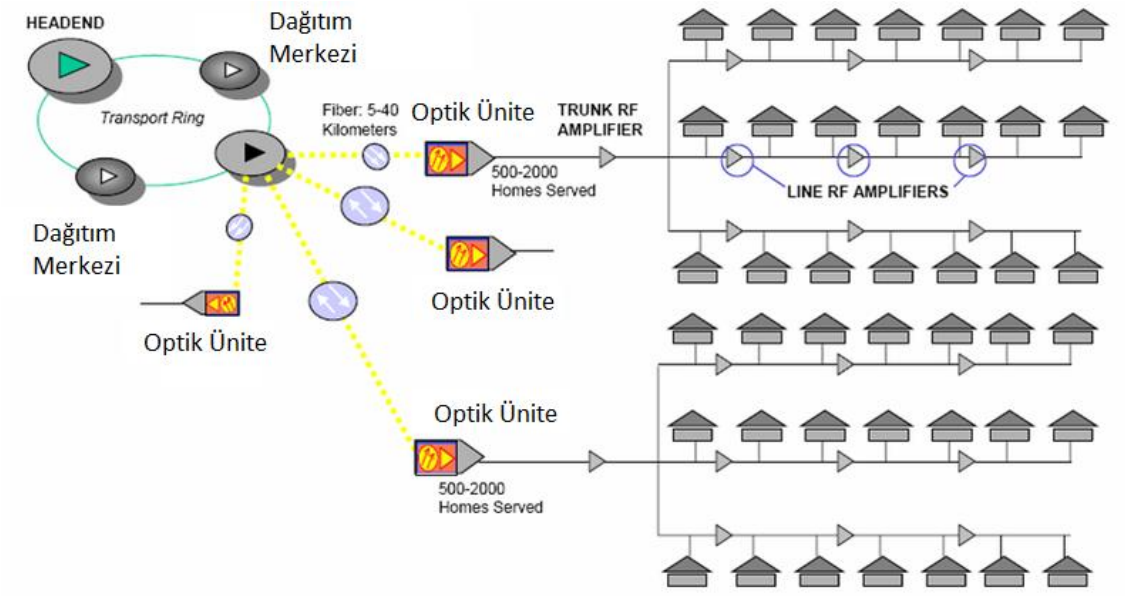
### 2.2.3 Hybrid Fiber-Coax (HFC)

HFC ağları, abonenin ikametgâhına kadar koaksiyel kablolama üzerinden video iletimi için tasarlanmıştır. Ancak bu ağlar, yalnızca televizyon yayınları değil, FM (Frequency Modulation), yüksek hızlı internet ve telefon gibi çeşitli telekomünikasyon hizmetleri sunan bir çoklu hizmet platformuna dönüşmüştür.

Bu evrimle birlikte fiziksel ağ, yalnızca yayın modelinden, kullanıcı gizliliğinin tehlikeye atılmamasını sağlamak için ayrı kullanıcı iletişimiyle iki yönlü bir iletişim ağına dönüşmek zorunda kalmıştır (Conlan, 2009, s.386). Şekil 2,4'te görüldüğü gibi hibrit fiber koaksiyel ağ mimarisinde çekirdek ağda fiber optik kablolar erişim ağında koaksiyel kablolar kullanır.

**Şekil 2.4**

*HFC Ağ Şeması* ("HFC Network Diagram". n.d.)




Bu ağların bir avantajı, fiber optik kablonun parazit duyarlılığı (bariz yüksek bant genişliği dışında) gibi bazı özelliklerinin, kurulu koaksiyel kabloyu değiştirmek zorunda kalmadan kullanıcıya yaklaştırabilmesidir.

HFC ağlarını etkileşimli hizmetlere uyarlamak ve tedariki normalleştirmek için ITU-T, 1998'de birlikte çalışabilirliği ve veri hizmetlerine erişimi sağlayan Kablo Üzerinden Veri Servis Arayüzü Spesifikasyonunu (Data Over Cable Service Interface Specification- DOCSIS) standart (ITU-T J.112) olarak benimsedi. DOCSIS, CATV ağları üzerinden veri taşıma yöntemlerini belirtir. Bir DOCSIS mimarisi iki temel bileşen içerir: abonenin bulunduğu yerde bulunan bir kablo modem (CM) ve CATV'nin başında bulunan bir kablo modem sonlandırma sistemi (CMTS). İsteğe bağlı programlamayı destekleyen kablo sistemleri, hibrit bir fiber koaksiyel sistem kullanır. Fiber optik hatlar, dijital sinyalleri sistemdeki düğümlere getirerek modem sinyallerine koaksiyel ana hatlar üzerinden dönüştürür, bu da onu CMTS ile abone CM'leri arasında nokta-çok noktalı bir iletişim sistemi haline getirir. CMTS, işlev olarak xDSL sistemlerinde kullanılan bir DSLAM'a benzer. Bir düğüm tarafından hizmet verilen kullanıcı sayısı dikkate alınmalıdır. (Conlan, 2009, s.387).

### 2.2.4 Mobil Ağlar

Günümüzde farklı türde hizmetlere veya verilere her yerde ve her zaman erişme ihtiyacı giderek artmaktadır. Mobil ağlar bu hizmeti kullanıcıya sağlar. Mobilitenin önemi, mobil telefon ağlarının ve ardından mobil veri ağlarının büyük gelişimine yol açmıştır.

#### 2.2.4.1 GSM

GSM (Global Systems for Mobile Communications) ağı, Avrupa'da en çok kullanılan cep telefonu ağıdır. Bu telekomünikasyon sistemi, çağrı yönlendirme veya çağrıları askıya alma gibi diğer ek hizmetler arasında ses, veri ve mesaj hizmetlerini iletme yeteneğine sahiptir. 14,4 kbps'ye kadar iletim hızlarına izin verir. GSM sistemi, analog teknolojiden dijital teknolojiye geçiş yaparak gelişmiş güvenlik ve sağlamlık getirir (Upadhay, v.d.). Ancak OTT videosu, düşük iletim hızları nedeniyle GSM ağları üzerinden iletilemez.

#### 2.2.4.2 GPRS

GPRS (General Packet Radio Service), paket anahtarlama ile veri iletimini tanıtan GSM sisteminin bir evrimidir. GPRS ağı, GSM altyapısı üzerine uygulanır ve ağ donanımının çoğunu tutar. Bu sistem, 171 Kbps'ye kadar aktarım hızlarına izin verir (Ghribi & Logrippo, 2000, s.764). OTT içeriklerinin, GPRS üzerinden sınırlı aktarım hızları nedeniyle yalnızca en düşük profilli içerikleri dağıtılabilir.

#### 2.2.4.3 UMTS

Evrensel Mobil telekomünikasyon Sistemleri (Universal Mobile Telecommunications Systems-UMTS) ağı, üçüncü nesil mobil erişim teknolojilerinden biridir. Veri servislerine daha yüksek erişim hızı sağlayan GSM ve ardından GPRS teknolojisinin başarısını devam ettirmek için tasarlanmıştır. UMTS veri hizmeti, 144 Kbit/s'den (mobil erişim için) 2 Mbps'ye kadar (sabit kablosuz erişim için) iletim hızını destekler. W-CDMA (Wide-band Code-Division Multiple Access) ve CDMA2000 (Code Division Multiple Access), UMTS'de kullanılan modülasyonlardan bazılarıdır. Bu teknoloji, telefon ağları veya diğer veri ağları gibi telekomünikasyon sistemleriyle kolay ara bağlantı sağlayarak kullanıcının farklı ortamlar arasında hareket etmesine olanak tanır (Coelho, 2010 s.35).

#### 2.2.4.4 HSPA

Yüksek Hızlı Paket Erişimi (High-Speed Packet Access-HSPA), dünya çapında 3G operatörleri için geçiş yolunu tanımlayan bir dizi teknolojidir. Bu teknoloji 3GPP tarafından standartlaştırılmıştır. UMTS'den farklı olarak HSPA, mobil geniş bant verileriyle birlikte çok verimli ses hizmetleri sağlar ve sonuç olarak UMTS geniş bant boşluğunu doldurarak kullanıcının yukarı bağlantıda en az 1 Mbps ve aşağı bağlantıda 14,4 Mbps hızlara ulaşımasını sağlar. HSPA Evolved, Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (Multiple Input Multiple Output-MIMO) yetenekleri ile aşağı bağlantıda 21 Mbps'ye kadar daha yüksek verim hızları sağlar (Peisa v.d., 2007, s.819).

#### 2.2.4.5 LTE

Uzun Vadeli Evrim (LTE), 3GPP tarafından geliştirilen bir 4G kablosuz geniş bant teknolojisidir. Bu teknoloji aynı zamanda Gelişmiş UMTS Karasal Radyo Ağı (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network-E-UTRAN) olarak da bilinir. IP protokolünün her tür trafiği taşıyan bir aktarım protokolü olarak yükselişiyle birlikte, LTE üst katmanları TCP/IP'yi temel alır. LTE IP üzerinden karışık veri, ses, video ve mesajlaşma trafiğini destekler. LTE, OFDM (Ortogonal Frekans Bölmeli Çoğullama) ve MIMO anten teknolojisini kullanır. OFDM ile birlikte MIMO tarafından etkinleştirilen alıcıdaki daha yüksek sinyal-gürültü oranı (Signal to Noise Ratio-SNR), özellikle sinyalin yayılmasının daha zor olduğu yoğun kentsel alanlarda gelişmiş kapsama ve verim sağlar ("Lte" n.d.).

## 2.3 Düşük Katmanlı Ağ

Düşük katmanlı ağ, TCP/IP protokolünde fiziksel katman, veri bağlantı katmanı ve ağ katmanını ifade eder. Düşük katmanda, WiFi, koaksiyel kablo, güç hatları, fiber optikler gibi farklı medya ve iletişim sistemleri kategorileri ve ayrıca WLAN (IEEE 802.11), WPAN (Wireless Personal Area Network) (IEEE 802.15) gibi farklı kablosuz iletişim konfigürasyonlar kullanılabilir. En popüler mimariler şunlardır (Popescu, 2018, s.6):

• Bulut tabanlı olmayan mimari,

• Uç bulut tabanlı mimari,

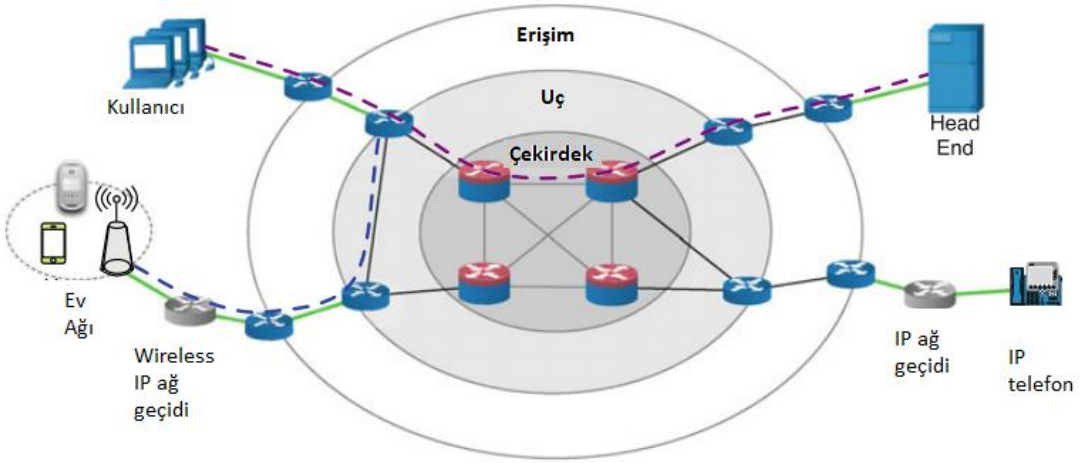
•Yazılım tanımlı ağ oluşturma/ağ işlevi sanallaştırma (Software-Defined Networking-SDN/ Network Function Virtualization-NFV) mimarileridir.

### 2.3.1 Bulut Tabanlı Olmayan Mimari

Bu mimarinin ana unsurları, uyarlanabilir bit akışı, çekirdek ağları, yönlendirme protokolleri, sabit ve mobil terminaller ile video kodlama/dönüştürme varlığıdır. Bu mimaride her bir bireysel ağ öğesi için enerji tüketimini en aza indirmek toplam enerjide tasarruf sağlar (Popescu, 2018, s.6). Şekil 2.5'te Bulut tabanlı olmayan mimari gösterilmektedir.

**Şekil 2.5**

*Bulut Tabanlı Olmayan Mimari* Greening Video Distribution Networks, Computer Communications and Networks Springer, Popescu, 2018, s.7

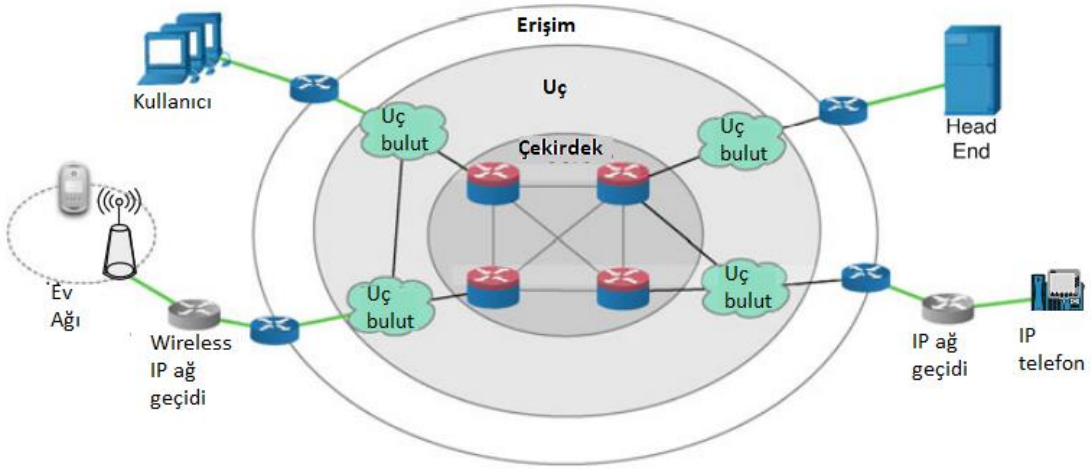



### 2.3.1 Uç Bulut Tabanlı Mimari

Uç bulut tabanlı mimari, uzak olan çekirdek derinliğindeki konumlarda bir bulut altyapısı kullanmak yerine, Şekil 2.6'da gösterildiği gibi uç internet servis sağlayıcıları ile ortaklaşa ağ ucunda birkaç küçük bulutun kullanıldığı bir mimaridir. Video içeriği kodlama/kod dönüştürme, 2D/3D grafik hesaplaması ve radyo iletişimi gibi enerjisi yoğun operasyonların boşaltılması avantajlarına sahiptir (Popescu, 2018, s.6).

**Şekil 2.6**

*Uç Bulut Tabanlı Mimari* Greening Video Distribution Networks, Computer Communications and Networks Springer, Popescu, 2018, s.7




Temel olarak bu mimari, yeniden çalışma ve merkezi bir hizmet olarak altyapı tesisleri gibi hizmetleri sağlamak için merkezi bir bulutla tamamlanan dağıtılmış bir bulut sistemidir. Dağıtılmış bulut sistemi, sunucu ile görüntüleme ve iletişim gibi karmaşık ve yüksek enerji tüketen terminal işlemlerini boşaltmak için kullanılabilir. Model, CDN gibi işlevsellik için bir platform olarak da kullanılabilir (Popescu, 2018, s.8).

Uç bilişim, mahremiyetten taviz vermeden yerel bir bağlamda profil oluşturmanın bir yolu olarak bağlam uyarlamasını kullanarak hizmetlerin kalitesini artırmayı mümkün kılar. Bulut bilişim, uç bilişim ve mobil uç bilişim gibi farklı isimler ile adlandırılan bu konuda çok fazla çalışma vardır (Satyanarayanan, 2017, s.31). Bu durumda ana soru, minimum enerji tüketimi ile birlikte son kullanıcılar için en iyi performansı sağlamaya benzer şekilde uç kaynaklar için en iyi yönetim sistemi oluşturma hakkındadır (Popescu, 2018, s.8).

### 2.3.1 SDN/NFV Tabanlı Mimari

SDN ve NFV, temel olarak ağdaki kontrol ve iletme veri düzlemlerinin ayrıldığı yeni ağ oluşturma paradigmalarıdır. SDN, ağ işlevlerini iki gruba ayırır: yerel kararlara dayalı olarak veri iletmekten sorumlu veri düzlemi ve veri paketleri için en uygun yolları

belirleyen merkezi karar verme algoritmalarından sorumlu kontrol düzlemidir. SDN, trafik akışlarını kontrol etmek, ağları bölmek ve uygulama esnasında QoS sağlamak için kullanılan veri aktarımını ve programlanabilme olanaklarını optimize etmeye odaklanır. Öte yandan NFV, yazılımda ağ işlevlerini uygulama, ağ işlevlerini sağlama, kontrol etme, dağıtımı sanallaştırma ve düzenlemeye odaklıdır. SDN ve NFV, esnek ağlar oluşturmak için birleştirilebilir ancak birbirlerine bağımlı değillerdir. SDN, ağ işlevlerinin geliştirilmesini ve dağıtımını desteklemek için NFV altyapısının programlanma yeteneğine izin verirken NFV, dinamik olarak oluşturulabilen ve dağıtılabilen ağ işlevleri oluşturmak amacıyla ayrılmış ağ kapasitesi ve işlevselliğe izin verir (Popescu, 2018, s.8).

NFV, mevcut ağ işlevlerini veya hizmetlerini yazılım uygulamalarına dönüştürmek ve pekiştirmek için kullanır. NFV gerçek zamanlı, ölçeklenebilirlik, güvenilirlik ve kullanılabilirlik açısından yüksek performansa sahip, taşıyıcıya özel sanallaştırma yazılımı gerektirir (Popescu, 2018, s.8).

SDN/NFV mimarisi; ağ üzerinde merkezi kontrol, daha hızlı ağ yapılandırması, ağda enerji tasarrufu gibi çeşitli avantajlar sağlar. Ağ trafiğinde ve cihazlarda programlama sağlayarak, ağdaki enerji tasarrufu açısından da artan esneklik ve verimlilik elde eder. Enerji tasarrufu, tipik olarak Çok Protokollü Etiket Anahtarlama (Multiprotocol Label Switching-MPLS) ile kullanılan optik fiber ağlar için özellikle önemlidir. SDN'yi bir MPLS ortamında kullanmak, dinamik kontrol düzleminin karmaşıklığını azaltır ve böylece esnek hizmet oluşturulmasına olanak sağlar (Lara, 2014, s.496).

## 2.4. OTT Görüntüleme Cihazları

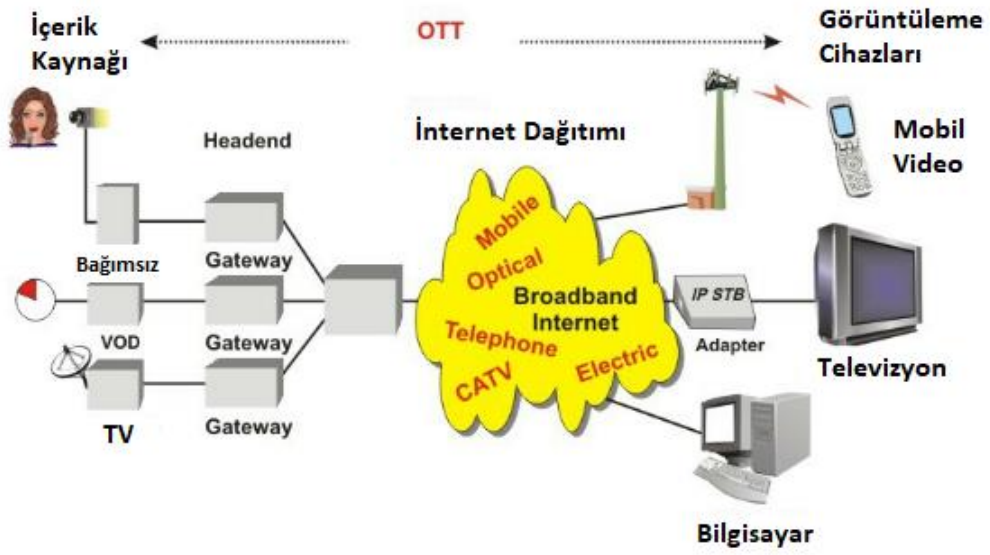
OTT görüntüleme cihazları, IP paket formatında medya alarak bunu kullanıcılar tarafından görüntülenebilecek medyaya dönüştürebilen cihazlardır. IP video sinyallerini dönüştürmek için dijital ortam adaptör kutuları kullanan standart televizyonlardan dijital video görüntüleme özelliklerine sahip cep telefonlarına kadar çeşitlilik gösterir.

Şekil 2.7, OTT sistemlerinin; içerik sağlayıcılar, geniş bant internet bağlantıları, video görüntüleme cihazları ve OTT servis sağlayıcılarından oluştuğunu göstermektedir. İçerik sağlayıcılar, mevcut televizyon ağlarını veya isteğe bağlı içerik sağlayıcılarını ve bağımsız içerik sağlayıcı şirketlerini içerir. Bu örnek, IP video paketlerini içerik kaynağından görüntüleme cihazlarına aktarmak için birçok sistem türünü kullanan bir

dağıtım ağını göstermektedir. OTT görüntüleme cihazları, standart televizyonları (set top box ile), multimedya bilgisayarları ve multimedya mobil cihazları içerir. OTT sistem operatörü, müşterilerin sisteme nasıl bağlanacağını ve hangi hizmetleri alabileceklerini yönetir.

**Şekil 2.7**

*Temel OTT Sistemi* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.6




OTT görüntüleme aygıtlarına dijital ortam bağdaştırıcıları (Digital Media Adapters DMA) veya akış aygıtları da denir. İnternet bağlantısı, ağı kontrol etme yolu (OTT servis sağlayıcıları), kanal seçimleri (uzaktan kumanda veya akıllı telefon veya tablette uygulama) gerektirir (Harte, 2021, s.48).

Şekil 2.8, çeşitli görüntüleme cihazlarını göstermektedir. IP set üstü kutuları (Set Tob Box-STB), dijital medya adaptörüdür. TV medya çubukları, akıllı telefonlarda veya tabletlerde uzaktan kumandalar veya uygulama kanalı kontrolü ile doğrudan TV izleme cihazına takılan akış adaptörleridir. Hibrit set üstü kutuları, izleyicilerin hem TV yayını hem de OTT almasına olanak tanır. Bağlı televizyonlar, TV'yi bir OTT sunucusuna bağlayabilen geniş bant internet bağlantılarını içerir. Ağa bağlı oyun konsolları, internet videosu almak için gelişmiş grafik işlemlerini kullanabilir. Cep telefonları, geniş bant veri bağlantılarından gelen videoyu işlemek için mikro oynatıcılar kullanır.

**Şekil 2.8**

*OTT Görüntüleme Cihazları* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.50




### 2.4.1 IP Set Üstü Kutuları (IP STB)

IP STB, internet iletişim ortamının kodunu çözen ve içeriği bir televizyon veya başka bir video görüntüleme cihazı tarafından görüntülenebilen bir biçimde oynatan elektronik bir cihazdır. Perakende IP STB sağlayıcılarından bazıları Roku, Apple ve Western Digital'dir.

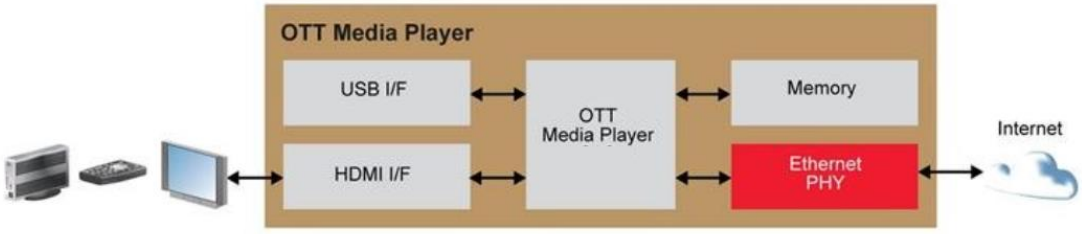
IP STB, yayıncının sistemiyle çalışmasını sağlayan belirli protokolleri ve yapılandırma ayarlarını içermelidir. Bunlar genellikle IP STB tarafından kullanılan uygulama platformu tarafından belirlenir. İnternet set üstü kutusuna giriş, kablolu ethernet, kablosuz yerel alan ağı veya başka türde geniş bant erişim bağlantısı olabilen bir veri bağlantısıdır. Medya kod çözücü kısmı, video ve ses ortamının sıkıştırmasını çözer ve donanım veya yazılım tabanlı olabilir. Genellikle birden çok türde medya kod çözme özelliği içerir. Teknoloji ve yazılım için lisans ücretleri genellikle ek yetenekler için ödendiğinden, birden çok türde medya kod çözme özelliğine sahip olanlar daha pahalı olma eğilimindedir (Pescador vd., 2006, s.254).

IP STB, internet bağlantısı olmadığında bile cihazın medya oynatmasına izin veren programlar (sabit disk ve/veya flash bellek) için bir depolama alanı içerebilir. Uygulama platformu, kullanıcının medya kaynaklarını seçmesini ve bunlara bağlanmasını sağlayan

medya sunucularının, alıcı cihazlarının, yazılım programlarının ve protokollerinin kombinasyonudur. Uygulama platformlarından bazıları Javascript veya HTML metin komutlarına dayanmaktadır. Diğer uygulama platformları, uygulama programı arabirimleri aracılığıyla medya sunucularıyla iletişim kuran istemci yazılım programlarını kullanır (Harte, 2021, s.53). Şekil 2.9, bir IP STB'a ait işlevsel bir diyagramını gösterir.

**Şekil 2.9**

*OTT IP STB* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.6




### 2.4.2 TV Medya Çubuğu (Dongle'lar)

TV medya çubukları (genellikle dongle olarak adlandırılır), bir izleme cihazına takılabilen, küçük aparatlardır. Bazı TV medya çubuğu üreticileri arasında Alticast, Tronsmart ve Ricomagic bulunur.

TV medya çubukları, doğrudan bir OTT servis sağlayıcısından (NetFlix, Google TV veya Amazon Prime gibi) akışları alır. Bir TV medya çubuğunda internet girişi tipik olarak WiFi bağlantısıdır. Bu bağlantı ilk cihaz kurulumunda kurulmalıdır. TV medya çubuğu, kullanıcının belirli bir WiFi ağı seçmesine ve erişim parolalarını girmesine olanak tanıyan mevcut WiFi bağlantılarını gösteren bir menü sağlar. Veri hızları yeterli değilse kullanıcılar programlarını görüntülemekte zorlanabilirler (Harte, 2021, s.56).

### 2.4.3 Multimedya Kişisel Bilgisayarlar

Pek çok bilgisayar ve tablet multimedya ve internete erişim sağladığından, OTT'yi izlemek zaten mümkündür. Bu tüketim için bir medya oynatıcı yazılım programı ve bazı

güvenlik süreçleri (erişim kontrolü ve içerik koruması) genellikle gereklidir. OTT'yi izlemek için bir multimedya bilgisayarı kullanmanın bazı avantajları arasında set üstü kutu için herhangi bir maliyet olmaması, bir STB'nin sunabileceğinden daha fazla kapasite ve kullanıma hazır bir müşteri aboneliğinin olması sayılabilir. Multimedya bilgisayarların OTT sistemleriyle çalışmasını sağlamak için, izleyicilerin bir yazılım programı indirmesi veya mevcut bir medya oynatıcısını kullanması gerekir.

### 2.4.4 Akıllı telefonlar

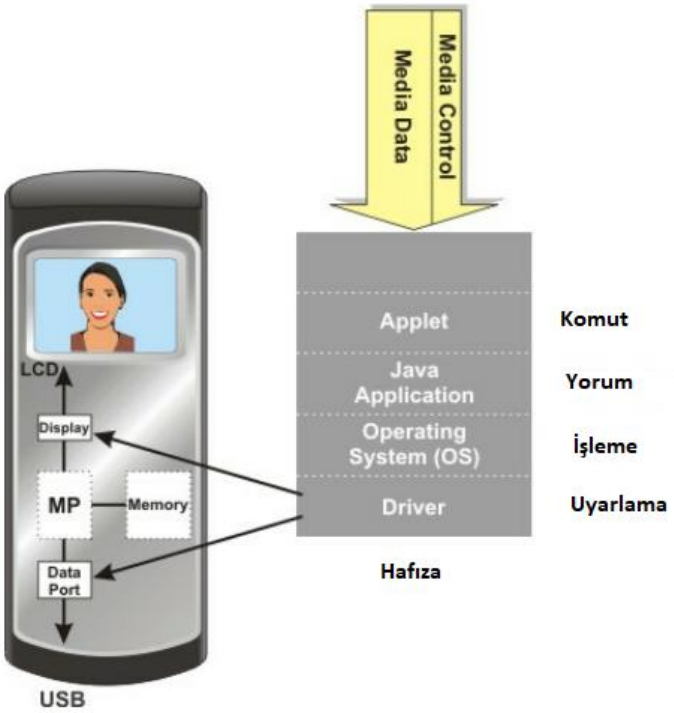
Akıllı telefonlar, dijital içerikleri alıp görüntüleyebilen kablosuz iletişim cihazlarıdır. Bir cep telefonuna geniş bant bağlantısı, bir cep telefonu sisteminden, kablosuz yerel alan ağından veya internete erişebilen başka bir geniş bant bağlantı biçiminden sağlanabilir. Kullanıcı yüksek kullanım maliyetlerinden kaçınmak için yalnızca belirli erişim bağlantı türlerini kullanarak OTT'ye bağlanmak isteyebilir (örneğin, yalnızca ücretsiz bir Wi-Fi bağlantısı mevcut olduğunda OTT'yi izlemek gibi).

Mikro oynatıcı, sınırlı miktarda işleme kapasitesine sahip cihazların yanı sıra küçük ekranlar (akıllı telefonlar ve diğer kablosuz taşınabilir cihazlar gibi) için tasarlanmış bir medya oynatıcıdır. Erken multimedya cep telefonları mikro oynatıcılar içermediğinden cihazlara yazılım istemci programlarının yüklenmesi gerekmekteydi. Farklı üreticilerin aygıtları, medya oynatıcı uyarlaması için farklı türde sürücüler gerektirirdi. Daha yeni mobil cihazlar, birden çok medya türünü görüntülemek için kullanılabilen mikro oynatıcıları içerir (Harte, 2021, s.66).

Şekil 2.10, internet videosunu görüntülemek için kullanılabilen bir Java medya oynatıcısına sahip bir cep telefonunun temel yapısını göstermektedir. Bu şema, bir mobil aygıtın bir mikroişlemci, yazılım programı talimatlarını tutan bellek, veri ile ekran ve veri bağlantı noktası bağdaştırıcı işlevlerini içerdiğini gösterir. Javascript medya oynatıcı, mobil cihazda medya oynatıcı işlevleri sağlamak için standart Javascruipt programlama dilini kullanan küçük bir programdır (Applet). Medya oynatıcı tarafından bir medya akışı alındığında, Applet bu medya kontrol komutlarını Java uygulamasının anlayabileceği talimatlara dönüştürür. Java programı daha sonra bu komutları işletim sisteminin anlayabileceği bir forma dönüştürür ve işletim sistemi, bilgileri kullanılabilecek bir biçime dönüştüren sürücü yazılımı kullanarak bilgileri ekran gibi belirli cihazlara gönderir (Harte, 2021, s.66).

**Şekil 2.10**

*OTT Mobil Görüntüleme* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.66




### 2.4.3 Akıllı TV'ler

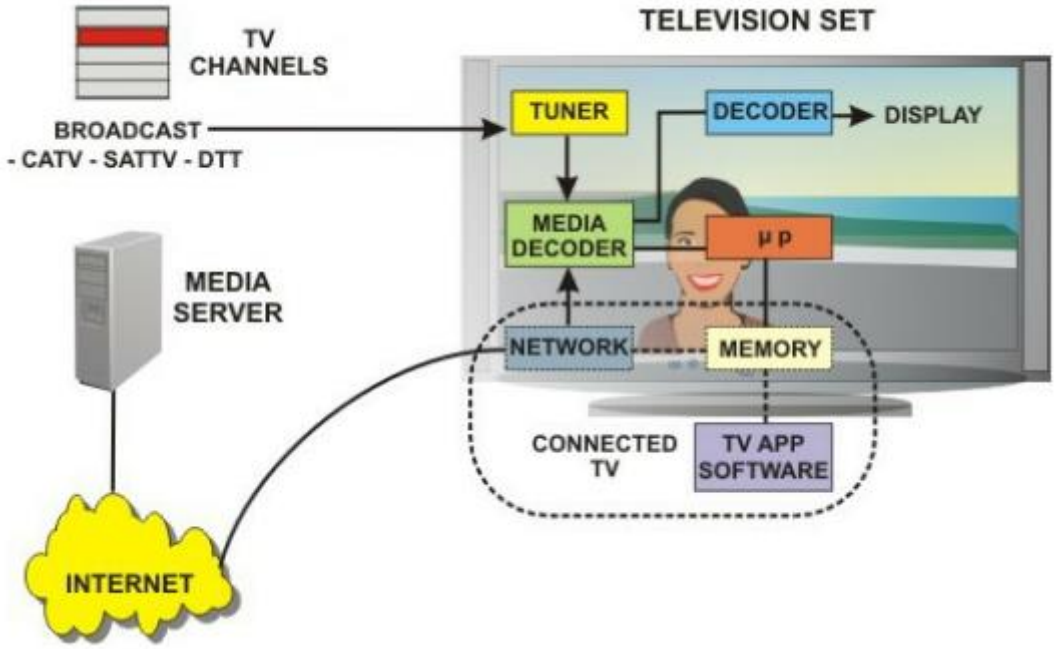
Akıllı televizyon, IP veri ağları aracılığıyla video dijital televizyon sinyallerini almak ve görüntülemek için özel olarak tasarlanmış bir görüntüleme cihazıdır. Akıllı televizyonlar, kablolu veya kablosuz olabilen geniş bant ağ veri bağlantılarını içerir. OTT medyasının kodunu çözmek için kullanılabilecek video ve ses kod çözme donanımına zaten sahiptir. TV'ler MPEG televizyon medya işleme özelliğine sahip olsa da, ek medya kod çözme yetenekleri türleri mevcut olmayabilir (AVC, HLS veya DASH gibi). Yayın için kullanılan medya sıkıştırma türleri genellikle akıştan farklıdır çünkü yayın sinyalleri çok kararlı olma eğilimindedir (düşük paket kaybı oranı) ve akış sinyalleri daha yüksek hata oranlarıyla paket kaybı yaşama eğilimindedir (Alam vd., 2017, s.35).

Şekil 2.11, bir televizyonun OTT hizmetlerini görüntüleme özelliğini nasıl içerebileceğini göstermektedir. İnternet bağlantısı (kablolu veya kablosuz) olan bir televizyonu göstermektedir. Kullanılan medya işleme (medya kod çözme donanımı) OTT içeriğinin kodunu da çözebilir. Akıllı televizyon ayrıca, kullanıcının OTT kanallarını ve

programlarını görüntülemesine ve seçmesine olanak tanıyan uygulama programları için bellek içerir.

**Şekil 2.11**

*Akıllı Televizyonda OTT İçerik Alınması* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.69




### 2.4.4 Ağa Bağlı Oyun Cihazları

Ağa bağlı oyun cihazları, çıkarılabilir, indirilebilir veya çevrimiçi (barındırılan) yazılım programlarıyla koordine edilen ses, veri ve video gibi çoklu ortam biçimlerini kullanabilen ve işleyebilen veri işleme düzenekleridir. Birçok oyun cihazı zaten multimedya ve internet için hazır olduğundan, video akışı için bir oyun cihazı kullanmak genellikle mümkündür. OTT'yi görüntülemek için kullanılabilecek ağ oyun cihazları arasında Xbox (Microsoft), Nintendo ve Playstation (Sony) bulunur.

Medya yürütücü, OTT medya sunucularını bulabilmeli ve bunlara bağlanabilmeli, sıkıştırılmış medya sinyallerini işleyebilmeli, bir bağlantıyı sürdürebilmeli ve televizyon kontrol özelliklerini işleyebilmelidir. Ağ oyun cihazları, set üstü kutulardan veya bağlı video cihazlarından çok daha fazla veri depolama ve medya işleme kapasitesine sahip olma eğilimindedir. Genellikle birçok uygulamayı tutabilen bir sabit disk içerir.

# BÖLÜM 3

# OTT SİSTEMİ

OTT video hizmetleri son zamanlarda yüksek çözünürlüklü içerikler sunmaktadır. Sağlayıcının içeriği iletirken ağ üzerinde herhangi bir kontrolü olmadığı için, deneyim kalitesini geliştirmek içerik sağlayıcıları için önem arz eder.

OTT içerik sağlayıcılar popüler hizmetlerini son kullanıcılara mümkün olduğunca yakın hale getirmek için CDN'leri kullanır. Kullanılan CDN'ler genellikle bir dizi karmaşık içerik konumu ve sunucu seçim stratejilerinden oluşan özel iş akışını kullanır. Ancak potansiyel maliyet artış riski ve hizmet kesintisi riski nedeniyle mimari olarak değiştirilemez konumdadırlar.

OTT sistemi içerisinde, medya içeriği bilgilerini taşıyan program meta verileri, medya sinyalinin akışı sırasında uzaktan hız kontrol işlemleri sağlama yeteneği olan Trick mode, medyanın coğrafi konuma göre dağıtımını ayarlayan coğrafi engelleme, öneri sistemleri, abone yönetimi, reklam ekleme, playout sistemi bulunur.

Tezin bu bölümde yukarıda bahsi geçen kavramlar detaylarıyla anlatılacaktır. Ayrıca ağ tarafsızlığı, OTT sektörünün zorlukları, gelecek OTT trendleri ve OTT'nin düzenlenmesi konuları açıklanacaktır.

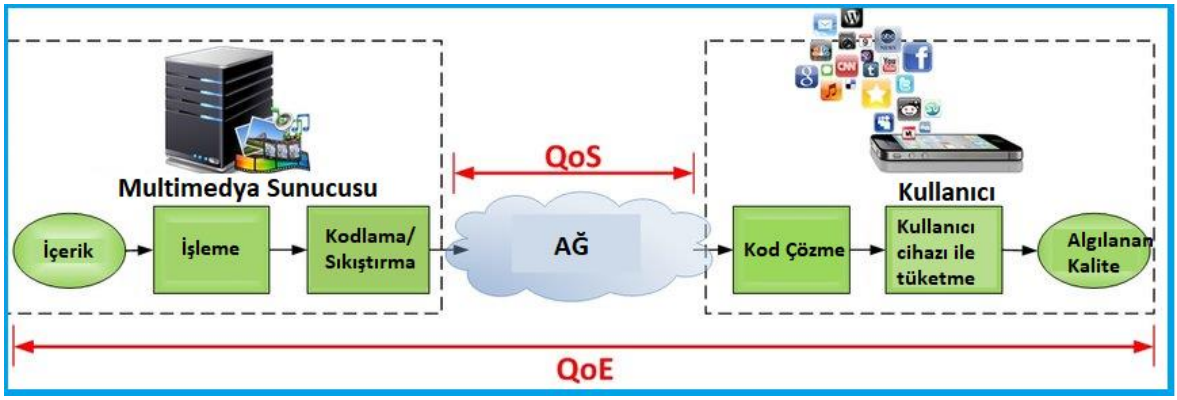
## 3.1 Hizmet Kalitesi ve Deneyim Kalitesi

Her genel veya özel ağ operatörü, ağının müşterileri için nasıl performans gösterdiğini anlamayı ister. Performans ölçümlenmesinde kullanılan parametreler hizmet kalitesi (Quality of Service-QoS) ve deneyim kalitesi (Quality of Experience- QoE)'dir.

Şekil 3.1, QoS ve QoE arasındaki temel farkı göstermektedir. Genel olarak, QoS, temel alınan veri taşıma ağıyla ilgilidir ve ağla ilgili parametreleri ölçer. QoE ise son kullanıcı tarafından algılanan hizmet kalitesi ile ilgilidir. Şekil 3.1'de gösterildiği gibi içerik sağlamadan başlayarak içerik teslim sürecindeki her aşama QoE ölçümlerine karmaşıklık katacaktır.

**Şekil 3.1**

*Multimedya İçeriği Teslimatında QoS ve QoE*. Seamless multimedia delivery within a heterogeneous wireless networks environment: are we there yet? Trestian vd., 2018, s.4




### 3.1.1 Hizmet Kalitesi (QoS)

QoS, bireysel uygulamalar veya protokoller arasında bir bant genişliği ilişkisini garanti eden bir dizi yöntemdir. QoS'nin temel amacı, trafiğe öncelik vermek ve özel bant genişliği veya gecikme kontrolü gibi iletişimin bazı yönlerini iyileştirmektir. Bir veya daha fazla akışın teslimine öncelik verilmesinin diğerinin başarısız olmasına yol açmamasını sağlamak da önemlidir.

Hizmet kalitesinin deneyim kalitesini doğrudan etkilemesi nedeniyle video akış teknolojilerinde hizmet kalitesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte en iyi çaba yöntemiyle çalışan ağlarda QoS mekanizmalarını kullanmayan bir ağa verilen ortak bir ad olduğunu unutmamak gerekir (Zhang & Ionescu, 2007, s. 964).

### 3.1.2 Deneyim Kalitesi (QoE)

İnternetteki multimedya miktarı önemli ölçüde artmıştır. İnternet servis sağlayıcılarının müşterileri satın aldıkları bant genişliğinin küçük bir kısmından memnun iken, bu müşteriler günümüzde multimedya trafiğinden dolayı ağ kapasitesinin önemli bir bölümünü tüketme eğilimindedir. Daha fazla bant genişliğine yatırım yapmak büyük sermaye ve operasyonel harcamalar gerektirir. Bu nedenle ağ operatörlerinin her ikisi için de yeni yollar bulmaları gerekmektedir.

Genel olarak QoE çok sayıda senaryoya uygulanabilen geniş bir terimdir. QoE, bir uygulamada hizmet kullanıcısının memnuniyet veya sıkıntı derecesidir. Kullanıcının kişiliği ve mevcut durumu ışığında uygulama veya hizmetten yararlanma ile ilgili beklentilerinin yerine getirilip getirilmemesini temel alır. Bu tanımdan QoE'nin tamamen teknik bir terim olmadığı ancak birkaç bilim alanını kapsadığı anlaşılabilir (Callet vd., 2012).

QoE iki farklı deneyimi kapsar: müşteri deneyimi kalitesi (Quality of Customer Experience-QoCE) ve kullanıcı deneyimi kalitesi (Quality of User Experience-QoUE). Kişi müşteri hizmetleri hattını ararsa ve yirmi dakika beklemesi gerekiyorsa kullanıcı olarak değil, müşteri olarak kendisine kötü davranıldığını hisseder. Ancak kişinin aldığı hizmet zayıfsa bu durum kullanıcı deneyiminin kalitesini bozar (Kilkki, 2008, s.615).

Bilgisayar ağları bağlamında kullanıcı ağın kendisini değil, ağ altyapısı üzerinde çalışan uygulamayı kullanır. Bant genişliği, gecikme, paket kaybı gibi QoS ile bağlantılı parametreler, kullanıcı tarafından algılanan kaliteyi yeterince tanımlamaz. Çünkü kalite büyük ölçüde uygulamanın kendisine (yalnızca ağ da değil) bağlıdır. Örneğin, yüzde 3'lük bir paket kaybı internette gezinirken neredeyse fark edilmeyebilir. Ancak aynı koşulda bir RTP videosu yayınlanırken multimedya kalitesi dayanılmaz olabilir (Seppanen & Varella, 2013, s.1621).

Bu gözlemlerden, QoE'nin kullanıcı ile uygulama arasında, QoS'in uygulama ile ağ arasında mantıksal bir bağlantı olduğu sonucuna varabiliriz. Ancak OTT tanımı gereği, ağ operatörleri tarafından kontrol edilmediğinden İSS'ler yalnızca kullanıcıların donanımı üzerinde değil, aynı zamanda internetteki sunucular üzerinde de kontrolden yoksundur. QoE kavramsal olarak uygulama katmanının üzerindedir. Kullanıcının aynı zamanda bir müşteri olduğu hatırlandığında, sorun "bir kullanıcının QoE'sini müşteri olarak sahip olduğu beklentileri karşılayacak şekilde iyileştirmek için ağda neler yapılabilir?" sorusuna dönüşür (Seppanen & Varella, 2013, s.1621).

OTT hizmetleri için QoE güdümlü ağ oldukça yeni bir kavram olsa da IPTV için halihazırda yayımlanmış birçok makale bulunmaktadır (Kerpez vd., 2006). Yönetim önerilerinde QoE güdümlü dikey geçiş, video kodek değişimi ve bit hızı azaltmanın verimliliği sunulmaktadır (Lewcio & Moller, 2011).

Daha detaylı işlenecek olan başka bir yaklaşımda ise müşteriler iki abonelik grubuna ayırılırlar: ayrıcalıklı kullanıcılar ve normal kullanıcılar. Normal kullanıcılar, en iyi çabayı gösteren bir internet bağlantısı satın almış müşterilerdir. Ayrıcalıklı kullanıcılara ise daha iyi hizmet kalitesi (örneğin daha yüksek bant genişliğine ek olarak) sağlayan üst

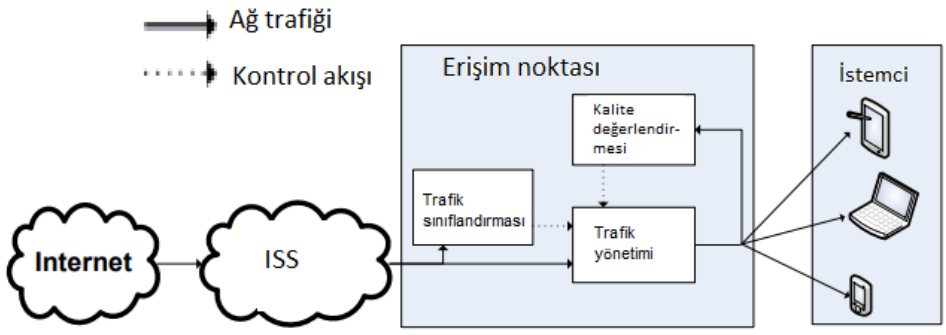
düzey bir bağlantı türü sağlanır. Bu tür bir farklılaştırma fikri, daha pahalı abonelik türünü ve en iyi çabadan daha iyi güvenilirliğe ihtiyaç duyan kullanıcılar için cazip hale getirmektir. Ayrıcalıklı müşteriler daha iyi hizmet kalitesi elde edebilir ancak çözüm normal müşterilerin deneyimini bozmamalıdır (Seppanen & Varella, 2013, s.1622).

Müşteri farklılaştırma çabasından bağımsız olarak tüm kullanıcılar mümkün olduğunca iyi kaliteden yararlanmalıdır. Ayrıca tüm uygulamalar QoE açısından eşit kabul edilemez. Kullanıcılar QoE'yi uygulama aracılığıyla değerlendirir, bu nedenle ağ üzerinden geçen uygulamaların gerçek zamanlı kısıtlamalarına göre tanımlanması ve ele alınması gerekir (Seppanen & Varella, 2013, s.1622).

Bu yaklaşım Şekil 3.2'de görülebilen üç bileşenden oluşmaktadır. İlk olarak, İSS'nin ağından gelen tüm trafik, trafik sınıflandırması ve trafik yönetimi modüllerine girer. Sınıflandırma modülü, ilgili her trafik akışının arkasındaki uygulamayı tanımlar ve bilgileri yönetim modülüne iletir. Son bağlantıya girmeden hemen önce trafik, gerçek zamanlı olarak ilgili her akışın algılanan kalitesini tahmin eden QoE değerlendirme modülüne yansıtılır. Akışın uygulamasını, istemci abonelik türünü (bu kurulumda IP adresiyle tanımlanır) ve tahmini algılanan kaliteyi bilerek, trafik yönetimi modülü, gerektiği şekilde algısal kaliteyi (ve dolayısıyla QoE'yi) artırmak için uygun ayarlamalar yapabilir (Seppanen & Varella, 2013, s.1622).

**Şekil 3.2**

*Erişim Noktası Mimarisi.* QoE-Driven network management for real-time over-the-top multimedia services. Seppanen & Varella, 2013, s.1622



### 3.1.2.1 Trafik sınıflandırması

Bir trafik akışının altında yatan uygulamayı önceden bilmenin basit ve açık bir yolu olmadığından, ağ düzeyindeki bilgilere dayalı olarak akışları gerçek zamanlı olarak sınıflandırabilen bir algoritmaya ihtiyaç duyulur. Kullanılacak yöntemlerden biri de ağ trafiğini akışların istatistiksel özelliklerine göre sınıflandırabilen iki aşamalı bir trafik sınıflandırmasıdır (Hirvonen, 2009).

Algoritma iki aşamada çalışır: ilk aşamada, ilk dört paketin yük boyutları gözlemlenir. İkinci aşamada, ilk 1000 paketin ortalama yük boyutunun, ortalama uydu-yer varış süresinin, uydu-yere gönderilen push paketlerinin sayısının ve uydu-yer veri paketlerinin sayısının istatistikleri toplanır. Toplanan istatistikler daha sonra en iyi şekilde eşleşeceği bir uygulama bulmak için ilk aşamada toplanan istatistiklerle karşılaştırılır (Seppanen & Varella, 2013, s.1622).

Uygulama tanımlandıktan sonra akış, yönetim sistemi için ilgili etiketle atanır. Bu çalışmada üç uygulama sınıfı kullanılır: toplu, akışlı ve etkileşimli. Birinci sınıf, düz dosya toplu indirmelerini içerir ve en düşük sınıftır, ikinci sınıf tek yönlü akışlı multimedya uygulamaları için ayrılmıştır. Son sınıf ise çevrimiçi çok oyunculu uygulamalardır. Bu sınıf bölümü hem normal kullanıcılar hem de ayrıcalıklı kullanıcılar için aşağıdaki şekilde mevcuttur (öncelik sırasına göre azalan):

1) Ayrıcalıklı etkileşimli medya

2)Normal etkileşimli medya

3)Ayrıcalıklı akışlı medya

4)Normal akışlı medya

5)Ayrıcalıklı toplu trafik

6)Normal toplu trafik / Varsayılan sınıf

En düşük sınıf, tüm trafiğin başlangıçta yönlendirildiği varsayılan sınıftır. Bir akış yalnızca algılanan kalitede bir bozulma algıladığında daha yüksek bir sınıfa yükseltilir (Seppanen & Varella, 2013, s.1622).

### 3.1.2.2 Kalite Değerlendirmesi

QoE bir kavram olduğundan, onu nicel olarak ifade etmek için bir metriğe ihtiyaç duyulur. Tipik olarak QoE, bir kullanıcı grubunun ortalama görüş puanı (Mean Opinion

Score - MOS) olarak ifade edilebilir. Video kalitesini değerlendirmek için, bozulma kategorisi derecelendirmesinde (Degradation Category Rating – DCR), 5 ifadesi video sinyalindeki bozulmaların "algılanamaz" olduğu, 1 ise bozulmaların "çok can sıkıcı" olduğu anlamına gelir (ITU-T Recommendation P.800, 1996).

#### 3.1.2.3 Trafik Yönetimi

Varsayılan olarak tüm trafik akışları, trafik yönetim sisteminde aynı FIFO kuyruğuna girer. Sistem QoE odaklı olduğundan yalnızca düşük MOS'tan mustarip akışlar sistem tarafından işlenir. Bir akışın tahmini MOS'u 3'ün altına düşerse yönetim sistemi, temel uygulamaya bağlı olarak akışı daha yüksek bir sınıfa yükseltir. Akış, belirli bir süre için tahmini MOS 4'ün üzerinde kalana kadar sınıfta kalır (Brown, 2006).

Yönetim sistemi 4 bölümden oluşur: sınıflar arası zamanlama, sınıf içi zamanlama, bant genişliği yönetimi ve kabul kontrolü. Sınıflar arası zamanlama, trafik sınıfları arasında çalışır. Kuyruktan çıkarma işleminde önceliğe sahip trafik kuyrukları boşaltılır. Bu arada sınıf içi zamanlama, aynı sınıfta bulunan trafik akışları arasında neredeyse tam adalet sağlayan adil kuyruklama ile uygulanır (Brown, 2006).

### 3.2 İçerik Dağıtım Ağları (Content Delivery Networks-CDN)

CDN'ler, OTT video hizmetlerinin dağıtımında sıklıkla kullanılan internet altyapısının önemli parçalarıdır. İnternetin dünya çapında etkileyici bir şekilde yayılması, başlangıç için düşünülen tasarımdan daha fazla değişim getirmiştir. Başlangıçta internet, esas olarak askeri ve bilimsel uygulamalar sebebiyle ana bilgisayarları bağlamak için arızaya dayanıklı bir ağ olarak tasarlandı. Günümüzde internetin ana kullanımlarından biri, multimedya tüketimi olup protokol sayısı bakımından en karmaşık sistemlerden biri haline gelmektedir. Sonuç olarak bu büyümeyi desteklemek için gerekli olan uçtan uca ölçeklenebilirliği sağlamada CDN'ler ortaya çıkmıştır.

CDN, çoklu hizmet içerik teslimi için paylaşılan platform, önbelleğe alınabilir içerik için düşük iletim maliyetleri, son kullanıcılar için geliştirilmiş QoE ve teslimat sağlamlığı gibi sayısız fayda sağlamak üzere geliştirilmiştir. Bu nedenlerle, genellikle büyük ölçekli içerik dağıtımı için kullanılırlar. Bu bağlamda içerik, yönetilen verilere

(video, ses, belgeler...) ve bunlarla ilişkili meta verilere atıfta bulunur. Bulut ve CDN hizmet sağlayıcıları daha önce İSS'ler için ana gelir kaynağı olan hizmetleri sunarlar.

CDN'lerin nasıl çalıştığını basitçe anlamak için bir kaynak isteyen ağ tarayıcısının basit bir örneğini alabiliriz. İlk adım her zaman bir DNS (Domain Name System) isteğinde bulunmaktır. DNS isteği, telefon rehberinde telefon numarası aramaya çok benzer: tarayıcı alan adını verir ve bir IP adresini geri almayı bekler. IP adresi ile tarayıcı, sonraki istekler için doğrudan ağ sunucusuyla iletişim kurabilirler. Basit bir internet sitesi için bir alan adının yalnızca tek bir IP adresi olabilir. Büyük internet uygulamaları için tek bir alan adının birden fazla IP adresi olabilir (Zakas, 2011).

Yüksek trafiğe sahip internet sitesi ve İSS'ler, içerik dağıtımı sağlayan CDN şirketinden hizmet alırlar. Öte yandan CDN şirketi, sunucularını veri merkezlerinde barındırmak için İSS'ye ve ağ operatörlerine ödeme yapar. Aynı zamanda, medya şirketleri içeriklerini son kullanıcılara ulaştırmak için CDN operatörlerine ödeme yapar. Bir diğer önemli gözlem, günümüzde giderek artan sayıda internet operatörünün içerik tesliminin kalitesini iyileştirmek ve kendi ağ altyapısı üzerindeki talepleri azaltmak amacıyla kendi CDN'lerini oluşturmasıdır (Popescu, 2018, s.12).

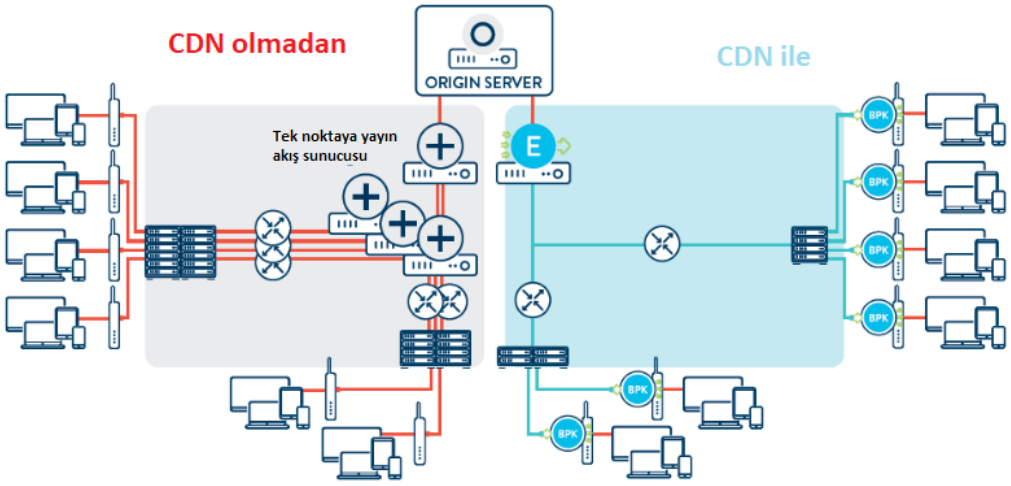
Türkiye'deki bir bilgisayardan Amerika kıtasındaki bir sunucuya erişmeye çalışmanın Türkiye'deki bir sunucuya erişmeye çalışmaktan daha uzun süreceği aşikârdır. Kullanıcı deneyimini (gecikme ve bağlantı hızı) iyileştirmek, iletim maliyetlerini ve sunucu yükünü azaltmak için büyük şirketler, stratejik coğrafi noktalarına veri kopyalarıyla sunucular kurar. Bu ağa CDN denir ve bu ağın parçası olan sunucular genellikle uç sunucular olarak adlandırılır.

İçeriğe erişmek için istek bir uç sunucuya gelir, önce içeriğin mevcut olup olmadığını görmek için önbelleği kontrol eder. İçerik önbellekte değilse veya önbellek girişinin süresi dolmuşsa uç sunucu, bilgileri almak için kaynak sunucudan bir istekte bulunur. Kaynak sunucusu her zaman kaynağı içerir ve CDN'de bulunan tüm içeriği sunma yeteneğine sahiptir. Uç sunucusu, kaynak sunucundan yanıt aldığında içeriği yanıtın HTTP başlıklarına göre önbellekte saklar (Zakas, 2011).

OTT akışları tek noktaya yayın akışlarıdır. Bu, her akış bant genişliğinin ekleneceği anlamına gelir. CDN ağı kullanılarak omurga ağ üzerindeki yük hafifletilir ve istemciye en yakın içerik önbelleğe alınır. Şekil 3.3'te İçerik Dağıtım Ağı kullanılmadan ve kullanılarak OTT video dağıtımı şeması bulunmaktadır.

**Şekil 3.3**

*İçerik Dağıtım Ağı Kullanılmadan ve Kullanılarak OTT video dağıtımı* Broadpeak delivers at convergence India 2020. Sandberg

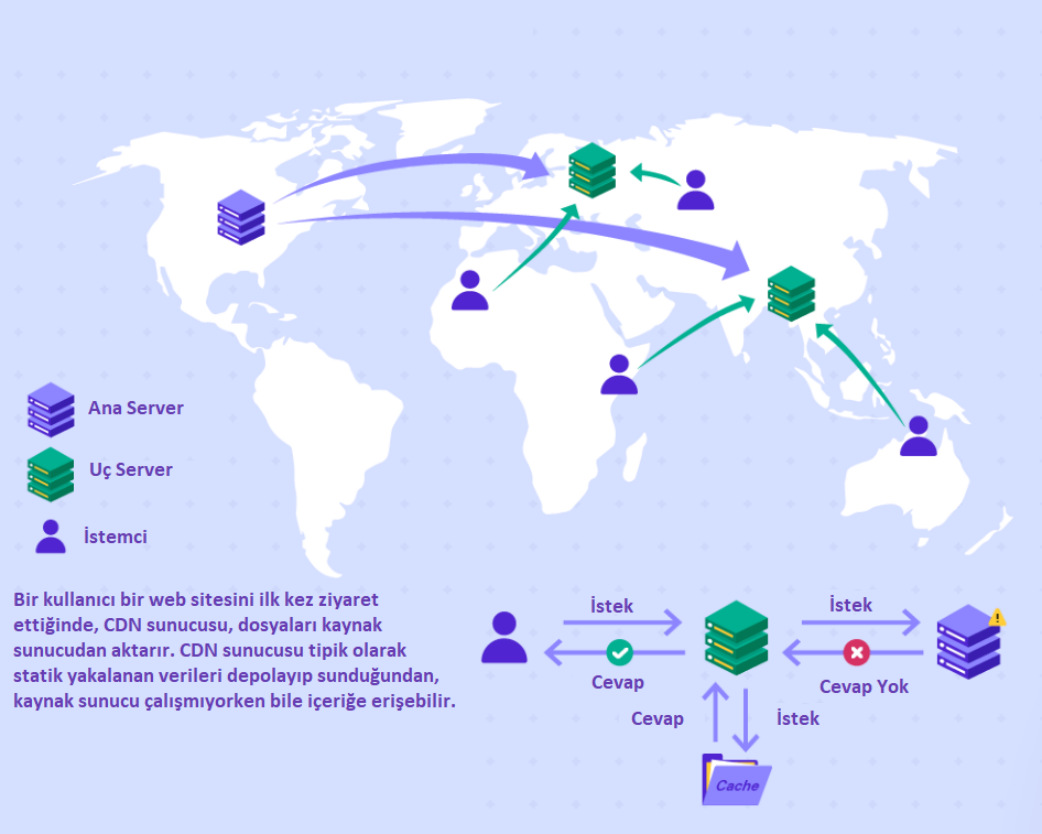



### 3.2.1 CDN Altyapısı

CDN'ler, farklı ağ düğümleri arasında içerik sunmak için iş birliği yapan birçok dağıtılmış bileşenle birlikte karmaşık bir yapıdır. Şekil 3.4'te tipik CDN altyapısı gösterilmektedir.

**Şekil 3.4**

*Tipik CDN Altyapısı* What is CDN? Content delivery network explained. Domantas G. & Tashia T., 2022




### 3.2.1.1 İçerik Dağıtım ve Yönetim Sistemi

Daha önce bahsedildiği gibi CDN'ler, tüm verileri içeren kaynak sunuculardan özel bir ağ kullanarak veri alan, çoğaltma veya vekil sunucular olarak adlandırılan CDN düğümlerinden oluşur. Bu vekil sunucuları, içeriği kendileri sunabilmeleri için kaynak sunucuların içeriğinin kopyalarını depolar ve kaynakların yükünü azaltır. İçeriği son kullanıcılara ulaştırmak için CDN yöneticileri, vekil sunucularının ağa stratejik olarak yerleştirildiğinden emin olmalıdır. Genel olarak amaç, m vekil sunucularını n farklı site (n>m) arasında en düşük maliyeti sağlayacak şekilde yerleştirmektir. Optimal sayıda vekil sunucusu kullanarak internet servis sağlayıcılar istemcileri için gecikmeyi azaltır. Ayrıca bant genişliği tüketimini azaltarak fayda sağlar. Çoğaltma sunucularını bir CDN'ye düzgün bir şekilde yerleştirdikten sonra başka bir sorun ortaya çıkar. Bu sorun sunuculardan hangi

içeriğin çıkartılacağıdır. Geleneksel olarak içerik dış kaynak kullanımı, üç ana kategori oluşturulmuştur (Pallis & Vakali, 2006, s.102).

**Cooperative push-based:** Çoğaltma sunucularından iş birliği ile önceden getirmeye dayalı içerik replikasyonu türüdür. İçerik, çoğaltma sunucularına önceden getirilir ve ardından çoğaltma sunucuları, çoğaltma ve güncelleme maliyetini azaltmak için iş birliği yapar. CDN ile içerik arasında bir eşleme sağlanır ve her istek en yakın istenen nesneye sahip olan çoğaltma sunucusuna veya istek kaynak sunucusuna yönlendirilir. Uygun içerik yerleştirme algoritmalarının ağ istemcileri ve CDN sağlayıcıları için mevcut olmayan veriler talep edildiğinde, bu yaklaşım geleneksel olarak ticari ağlarda kullanılmaz (Pallis & Vakali, 2006, s.103).

**Uncooperative pull-based:** Çalışma prensibinde önceden getirme ve iş birliği olmadan geleneksel önbelleklere benzer içerik çoğaltma vardır. Bu yaklaşımda, istemcilerin istekleri en yakın vekil sunucusuna yönlendirilir. İçerik önbellekte değilse istek başka bir çoğaltma sunucusuna veya kaynak sunucuya yönlendirilir. Diğer bir deyişle önbellek görevi gören vekil sunucular, bir önbellek eksikliği oluştuğunda kaynak sunucudan içerik çeker. Bu yaklaşımdaki sorun, CDN'lerin içeriğin sunulacağı en uygun sunucuyu her zaman seçememesidir. Bununla birlikte, bazı popüler CDN'lerde başarılı dağıtımların gerçekleşmesinin anahtarı basitliğinde yatmaktadır (Pallis & Vakali, 2006, s.104).

**Cooperative pull-based:** Bir önbellek kaçırma durumunda vekil sunucuların birbirleriyle iş birliği yaptığı, uncooperative pull-based yaklaşımının evrim geçirmiş halidir. Bu yaklaşımda, içerik önceden getirilmez. İstemci istekleri en yakın kopya sunucusuna yönlendirilir ancak önbellek eksikliği durumunda çoğaltma sunucuları, isteği yerine getirebilecek ve kaynak sunucuya yapılan istekleri önleyebilecek komşu sunucuları bulmak için iş birliği yapar. Bu yaklaşım tipik olarak eşler arası teknolojilerinden kavramlar ve algoritmalar alır (Pallis & Vakali, 2006, s.104). Önbellek içeriğinin Ağ proxy'leri arasında paylaşılması, internet trafiğini önemli ölçüde azaltır (Fan vd., 2000, 281).

#### 3.2.1.2 İstek Yönlendirme Sistemi

Bir istek yönlendirme sistemi, son kullanıcıların isteklerini en verimli çoğaltma sunucusuna iletmekten sorumludur. Bu seçim, hedef için özel olarak tasarlanmış bir dizi

algoritma aracılığıyla belirlenir. Bunun anlamı, istek yönlendirme bağlamında en iyi sunucu, fiziksel mesafe açısından en yakın sunucu olmak zorunda değildir (Chen, 2005, s.442). Seçim süreci; ağ yakınlığı (atlamalar açısından), istemci tarafından algılanan gecikme ve sunucu yükü gibi bazı yönleri dikkate almalıdır. İstek yönlendirme sistemi ayrıca CDN düğümlerinde depolanan içeriği güncel tutmak için içerik teslimi ve yönetim sistemi ile etkileşime girmektedir (Pathan vd., 2007, s.1).

### 3.2.2 İçerik Dağıtım Mimarileri

Daha önce belirtildiği gibi, CDN'ler, önbelleğe alınabilir içerik için iletim maliyetlerini azaltmak, tüketicilere QoE'yi artırmak için ölçeklenebilir bir OTT dağıtım ağı sağlar. Bunu göz önünde bulundurarak, OTT dağıtımını merkezi olmayan hale getirmek gerekli hale geliyor. Bu nedenle, bu bölümde içerik dağıtım mimarileri hakkında bazı detaylar sunulacaktır. İlk olarak, ölçeklenebilirliği ve güvenilirliği artırmak için merkezi yaklaşım ve ardından Proxy-Caching ve P2P sunulacaktır.

#### 3.2.2.1 Merkezi İçerik Teslimatı

OTT dağıtımının en basit yaklaşımı merkezi içerik teslimatıdır. İstemciler, herhangi bir aracı olmadan doğrudan ana sunucularına bağlanır. İstemci belirli bir içerik istediğinde, doğrudan kaynak sunucu ile tüketici cihazı arasında tek noktaya yayın akışı oluşturulur (Shah & Gustavo, 2015, s.1).

Bu yaklaşımın avantajı, canlı içerik akışı sırasında en düşük teslimat gecikmesidir. Ancak bu yaklaşım birçok dezavantajı da beraberinde getirmektedir. İlk olarak, bu ölçeklenebilir olmayabilir. Bağlanan her yeni tüketici son derece pahalı olan fazla bant genişliği gereksinimi anlamına gelir. İkincisi, bu yaklaşımın coğrafi olarak dağılmış tüketicilerle düzgün bir şekilde ölçeklenmiyor olmasıdır. Tüketiciler kaynak sunucudan uzaklaştıkça içeriğe erişim gecikmesi artar. Başka bir sorun ise merkez sunucularına doğrudan erişimin güvenli olmamasıdır (Shah & Gustavo, 2015, s.1).

**Şekil 3.5**

*Merkezi OTT Teslimatı.*

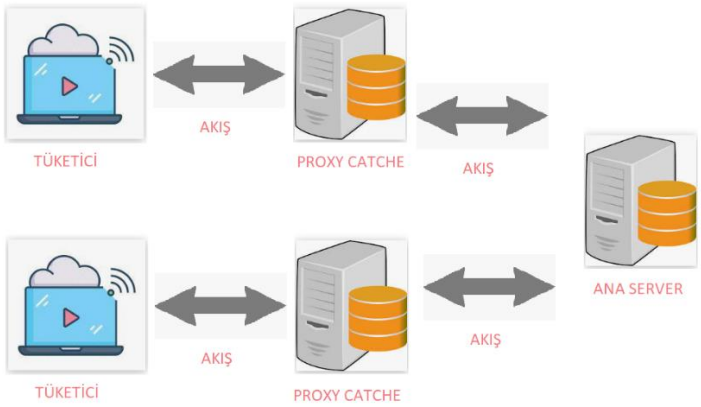



### 3.2.2.2 Proxy Önbelleğe Alma

Proxy önbelleğe alma yaklaşımı, merkezi çözümlere bir alternatiftir ve ana amacı OTT dağıtımını merkezden uzaklaştırmak, güvenlik ve ölçeklenebilirlik getirmektir. Bu mimari şekil 3.6'da gösterilmektedir.

**Şekil 3.6**

*Proxy Önbellek OTT Teslimi.*




Görüldüğü gibi, tüketiciler yalnızca, içeriği kaynak sunucudan temin edip önbelleğe alan proxy önbelleği (ara kısımda bulunan) ile doğrudan iletişim kurar. Her nesne için önbelleğe alınan segment sayısı, kabul ve değiştirme ilkeleri tarafından dinamik olarak belirlenir.

Proxy önbelleklerinin kullanılması, merkezileştirilmiş olana kıyasla çeşitli avantajlar sağlar. İlk ve en belirgin olanı ölçeklenebilirliktir. Bu yaklaşım, aynı anda daha fazla kullanıcıyı işleyebilir, çünkü proxy önbelleği, önbellek isabeti durumunda içeriği doğrudan tüketiciye ileterek kaynak istenmesine gerek kalmadan onu sıkıştırabilir. Bu durumda, proxy önbellekleri kullanıcıya daha yakın olduğu için kullanıcı QoE'sini de geliştirir (“What is proxy caching?” n.d.).

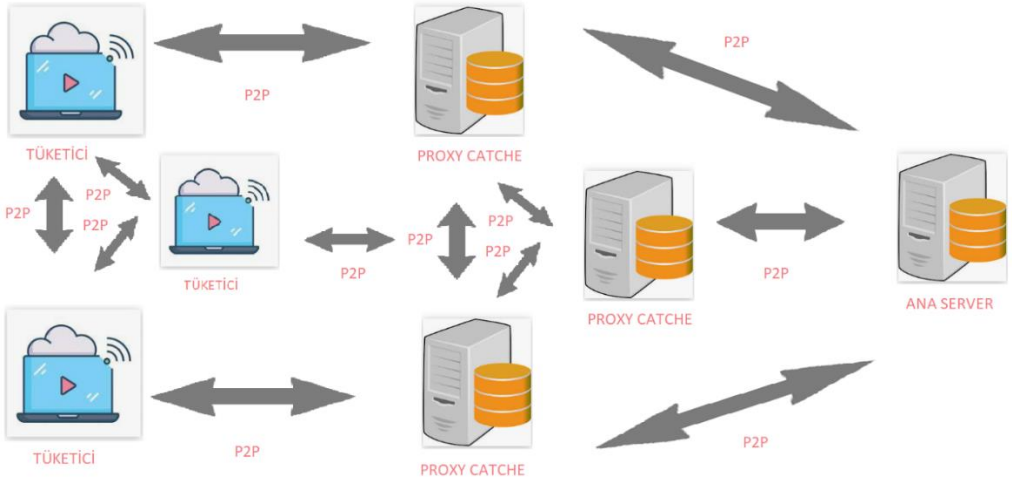
Tüketiciler, kaynak sunucu ile doğrudan etkileşime giremedikleri için güvenlik de artırılmıştır. Bant genişliği açısından, çekirdek ve transit ağ trafiğindeki tasarruflar sayesinde maliyetler de azaltılır. Bu yaklaşımın artan yönetim ihtiyacı, dağıtım karmaşıklığı ve önbellek kaçırma durumunda artan uçtan uca gecikme gibi bazı dezavantajları vardır.

#### 3.2.2.3 Peer-to-Peer (P2P)

P2P yaklaşımı, OTT dağıtımını merkezi olmayan hale getirmek ve ayrıca güvenliği ve ölçeklenebilirliği artırmak için başka bir olasılıktır. Bu mimari şekil 3.7'de gösterilmektedir.

**Şekil 3.7**

*P2P OTT Teslimatı*



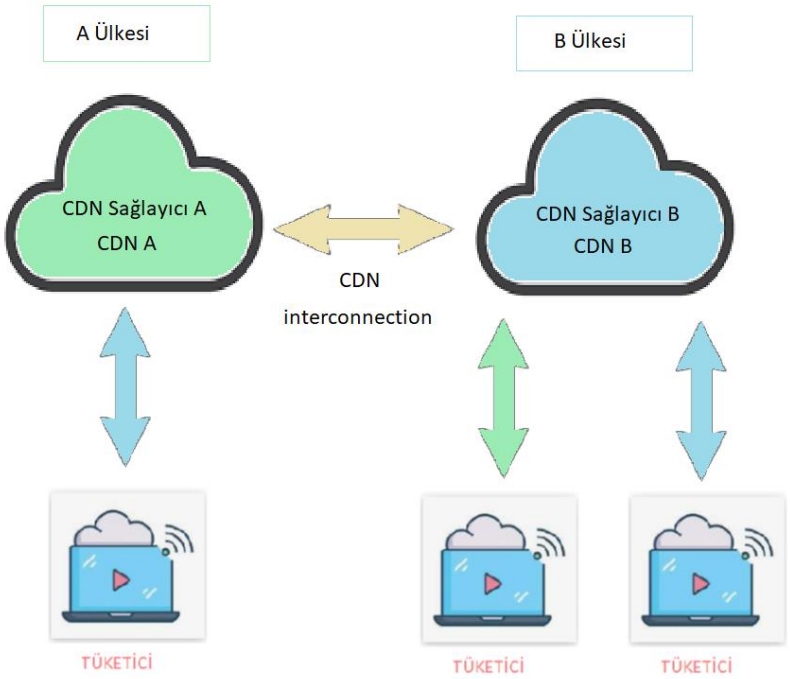
Bu yaklaşımda, tüketiciler ve proxy önbellekleri, kaynakları sağlamanın yanı sıra bunları kullanır. Her düğüm, belirli bir içeriğin eksik parçalarını bulmak ve değiştirmek için başkalarıyla iletişim kurabilir. P2P kullanmanın en büyük avantajı kullanıcıların ve proxy önbelleklerinin bağlantılarında uplink bağlantı kapasitesini kullandığından kaynak bant genişliğidir (Popescu, 2018, s.16). Ancak P2P akışının, yeni bir akış oturumunun başlatma gecikmesi gibi dezavantajları vardır (Huang vd., 2010, s.2).

### 3.2.3 Content Delivery Network Interconnection (CDNI)

Büyük ölçekli içerik dağıtımında sayısız fayda sağlayan CDN'ler, belirli bir içerik öğesinin, tüketicinin konumu veya ek ağından bağımsız olarak tüketiciye teslim edilebilmesini ister. Bu durum bağımsız CDN'leri birbirine bağlama ihtiyacı yaratır. Böylece birlikte çalışabilir ve toplu olarak tek bir dağıtım altyapısı gibi davranabilirler (Niven-Jenkis vd., 2012, s.4). İki farklı ülkede bulunan iki farklı CDN sağlayıcısı arasındaki bir CDNI örneği, şekil 3.8'de gösterilmektedir.

**Şekil 3.8**

*CDNI Kullanım Durumu 1*

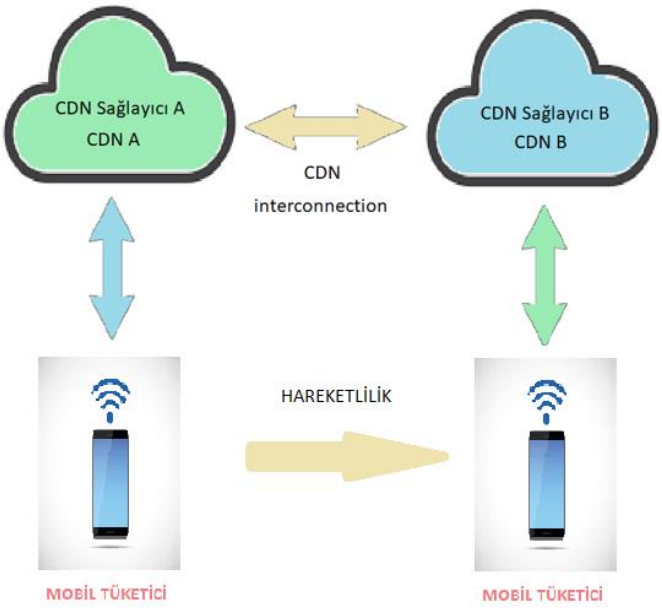


Görülebileceği gibi, CDNI, CDN B ile bir iş ortaklığı kurarak CDN A'nın A ülkesinde tutulan içeriği B ülkesindeki tüketicilere (ve tersi) iletmesini sağlar. Her ikisi de hizmetlerini kendi ağlarında ekstra yatırım yapmadan genişletme olanağından yararlanabilir. CDNI'nın içerik hizmeti sağlayıcıları için avantajlarından biri, birden fazla CDN sağlayıcısıyla iş ittifakları oluşturmadan müşteri sayısını artırmalarına olanak sağlamasıdır (Eardly & Ma, 2011, s.4).

CDNI'nın başka bir kullanım durumu, hareketliliği desteklemesidir. Telekomünikasyon operatörleri, kullanıcıları bir konum (ev) veya cihaz (TV) ile sınırlandırılmak yerine, kullanıcılara istedikleri içerik ve hizmetlere erişme ve çok çeşitli istemci cihazlar ile erişim sağlama imkânı istiyor. Sonuç olarak, CDNI ile kullanıcılar içeriğe akıllı telefonları veya tabletleri üzerinden ev dışındayken de erişebilirler (Eardly & Ma, 2011, s.8).

**Şekil 3.9**

*CDNI Kullanım Durumu 2*



### 3.2.4 Mobile Content Delivery Network (mCDN)

Kablosuz video dağıtımıyla gelen kısıtlamalar ve bozulmalar, kablolu hatla bağlantılı olanlardan önemli ölçüde daha şiddetli olduğu için bunu yüksek bant genişliğine sahip OTT multimedyanın yeni nesil dağıtımında potansiyel bir performans sıkıntısı olarak düşünmeye ihtiyaç vardır. Kablosuz video dağıtımı için dikkate alınması gereken üç temel sorun şunlardır:

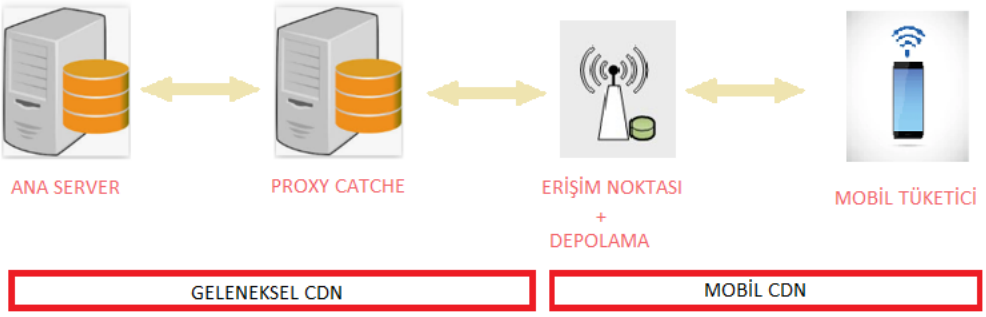
**Mobil Cihaz CPU, ekran ve pil sınırlamaları:** Mobil cihazlar tipik olarak farklı işlemcilere, ekran boyutlarına, çözünürlüklere ve pillere sahip çok amaçlı iletişim cihazlarıdır. Genellikle, daha küçük form faktörlerine sahip mobil cihazlar, örneğin tabletlerden daha düşük kapasiteye ve ekran boyutuna sahip işlemciler kullanır ancak pil daha uzun süre dayanır. Bu nedenlerden dolayı, video varlıklarının, aktarım ve kod çözme için hem kaliteli hem de kaynakların verimli kullanımını sağlayan formatlara dönüştürülmesi gerekmektedir. İstemci cihazına video teslimi için pil tüketimi en aza indirilmelidir.

**Kablosuz kanal verimi bozuklukları ve kısıtlamaları:** Wi-Fi ağlarının zorunlu olduğu yoğun nüfuslu alanlarda bir arada bulunması girişim sorunlarına yol açar. Bitişik kanal enterferansının etkisi, enterferans yapanların iletim gücüne, enterferans sinyali alan istasyonların alım filtrelerine ve enterferans yapanların spektrum kullanımının istatistiksel özelliklerine bağlıdır. Bu sorun, özellikle canlı video dağıtımında kablosuz ağların performansını önemli ölçüde etkileyebilir (Boscovic vd., 2011, s.630).

**Çeşitli kablosuz Radyo Erişim Ağı (RAN):** Video teslim çözümleri RAN'dan bağımsız olmalıdır. İstemci tarafı talep edilen video bit hızını kontrol ederse, gerekli aralığı yaymak için yeterlilik sağlandığı sürece RAN performansındaki farklılıklar otomatik olarak karşılanabilir (Boscovic vd., 2011, s.630). Şekil 3.10'da gösterilen mCDN altyapısında, mCDN'ler, kablosuz yönlendirici gibi bir erişim noktasına depolama ekleyerek mobil ağlarda (daha yüksek gecikme süresi, daha yüksek paket kaybı ve indirme kapasitesinde büyük farklılıklar olan) içerik dağıtımını optimize etmek için kullanılır. İçeriği (önbelleğe alınmışsa) düşük gecikme süresi ve yüksek kullanıcı deneyimi ile sağlar.

**Şekil 3.10**

*Tipik mCDN Altyapısı.*




### 3.2.5 CDN ve MEC Entegrasyonu Önerisi

Mobil Sınır Bilişimi (Mobile Edge Computing-MEC), genel kullanıcı deneyimini optimize etmek için çeşitli kolaylıklar sağlama konusunda anahtar teknolojilerden biri kabul edilmektedir. MEC sisteminin paydaşlarından biri de OTT oynatıcılardır (Sabella vd, 2016 s.84).

MEC'nin internet yanıt süresi azalmasında önemli bir yeri vardır (Kamiyama vd., 2016, s.1). Mevcut çalışmalar, ETSI (European Telecommunications Standards Institute) tarafından belirtilen mimariyi izleyerek, Mobil Edge (ME) ana bilgisayarı, ME platformu ve ME uygulamaları için bilgi işlem, depolama ve ağ kaynakları sağlayan sanallaştırma altyapısından oluşturmaya çalışmıştır. Sanallaştırma altyapısındaki veri düzlemi, ME platformundan alınan akış kurallarını takip ederek uygulamalar, hizmetler ve ağlar arasındaki trafiği yönlendirir. RAN'dan gelen trafiğin yerel ME uygulamalarına yönelik hedef adreste olduğu göz önüne alındığında, varsayılan olarak yüklenir. ME platformundaki DNS yönetimi, kullanıcı trafiğini istenen ME uygulamalarına yönlendirmek için yerel DNS proxy/sunucusu sağlar. ME platformu veya ME uygulaması tarafından sağlanabilen ME hizmeti, diğer ME uygulamalarının veya ME platformunun tüketimi için ara katman görevi gören bir hizmettir (Yu vd., 2018, s.2).

MEC sisteminde yerleşik CDN, sanallaştırma altyapısının üzerinde sanal makine olarak çalışan ME uygulamasıyla önbelleğe alma sunucusunu kurar. Mobil kullanıcı, içeriği yerleşik önbelleğe alma sunucusundan almaya yönlendirilir. Kullanılan şeffaf önbelleğe alma yaklaşımı, yerel önbellek sunucusuna yüklenen mobil kullanıcılardan

kaynaklanan tüm HTTP isteklerini içerir. Yüklenen istekteki içerik tanımlayıcısı (yani URL) incelenir. İlgili içeriğin yerel olarak mevcut olduğu göz önüne alındığında, mobil kullanıcı, ME ana bilgisayarı tarafından oluşturulan HTTP yanıtını takiben MEC sistemi içindeki önbellek sunucusuna yönlendirilir. Şeffaf olmayan önbelleğe alma yaklaşımında, yerel DNS proxy'si, mobil kullanıcı tarafından başlatılan DNS sorgusunu yakalar. Yerel önbelleğe alma sunucusunun IP adresiyle birlikte DNS yanıtı kullanıcıya geri gönderilir. Böylece istenen içerik yerel olarak teslim edilir (Yu vd., 2018, s.2).

İçerik yerleştirme ile ilgili olarak, içerik sağlayıcı içeriği MEC sistemine gönderebilir ve hangi önbellek sunucusunun onu barındırması gerektiğine karar verir. MEC sistemindeki önbelleğe alma sunucusu, istenen içeriğin önbelleğinin eksik olması durumunda içeriği orijinal OTT sunucusundan çekebilir. Sistemi daha da iyileştirmek için önerilen çözümlerden birisi, OTT CDN sisteminin ME ana bilgisayarının (yani IP adresi) tanımlayıcısından haberdar olmasını sağlamak için MEC sisteminde bölgeye özel proxy'yi sunmasıdır (Yu vd., 2018, s.2).

### 3.2.6 Örnek CDN Hizmetleri

CDN'lerin çoğu, veri merkezlerini farklı konumlarda dağıtmak için eşleme modeli uygular ve ardından İSS ağının kullanımını azaltır. Netflix, amazon ve google, OTT hizmetlerini son kullanıcılara sunmak için Open connect, Cloudfront ve Google peering ağları adlı kendi CDN hizmetlerine sahiptir. Genellikle ilgili ülkelerdeki İSS'lerle anlaşma gerektirmeyen bir eşlemeyi tercih ederler.

#### 3.2.6.1 Open connect

Open Connect, Netflix platformunun içeriklerini dünya çapındaki üyelere ulaştırmaktan sorumlu küresel ağın adıdır. İnternet tabanlı içeriği, izleme isteklerinin geldiği yere yaklaştırarak verimli bir şekilde hizmet sunan bir CDN hizmetidir.

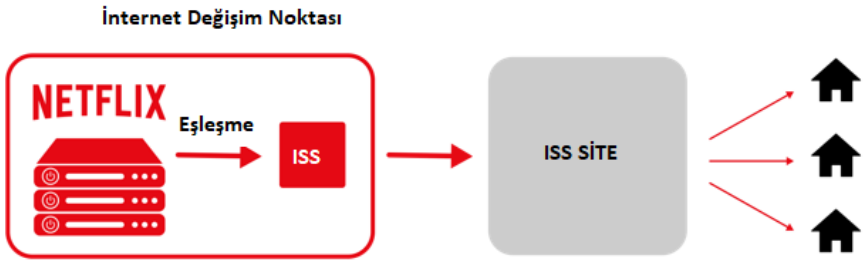
Open Connect'in yapı taşı, Open Connect Appliances (OCA) adı verilen amaca yönelik sunucu araçları paketidir. Bu cihazlar, kodlanmış video/görüntü dosyalarını saklar ve bu dosyaları HTTP aracılığıyla istemci cihazlara sunar. OCA'ler, oynatılabilir bitleri

istemci cihazlara mümkün olduğu kadar hızlı teslim etme sorumluluğuna sahiptir. OCA'den oluşan küresel ağ iki şekilde dağıtılır (“Open Connect Overview” n.d.).

İlk dağıtım şeklinde OCA'ler, dünya çapında internet değişim noktalarına kurulur. Bu OCA'ler, yerleşimden bağımsız genel veya özel eşleme aracılığıyla karşılıklı olarak mevcut İSS'lerle birbirine bağlanır (“Open Connect Overview” n.d.).

**Şekil 3.11**

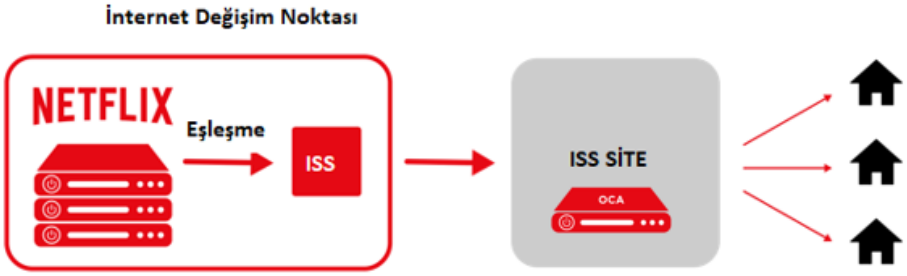
*İnternet Değişim Noktasında OCA Yerleşimi* Open Connect Overview




İkinci dağıtım şeklinde ise OCA'ler doğrudan İSS ağları içinde konuşlandırılır. Sunucu donanımı Open coonect tarafından sağlanır İSS'ler ise güç, alan ve bağlantı sağlar. İSS'ler, müşterilerinin hangilerinin gömülü OCA'lerin yönlendirileceğini doğrudan kontrol eder (“Open Connect Overview” n.d.).

**Şekil 3.12**

*İnternet Değişim Noktası ve İSS’de OCA yerleşimi* Open Connect Overview



OCA'ler müşteri verilerini saklamaz. Esasen, OCA sunucuları yalnızca aşağıdaki iki şeyi yapar:

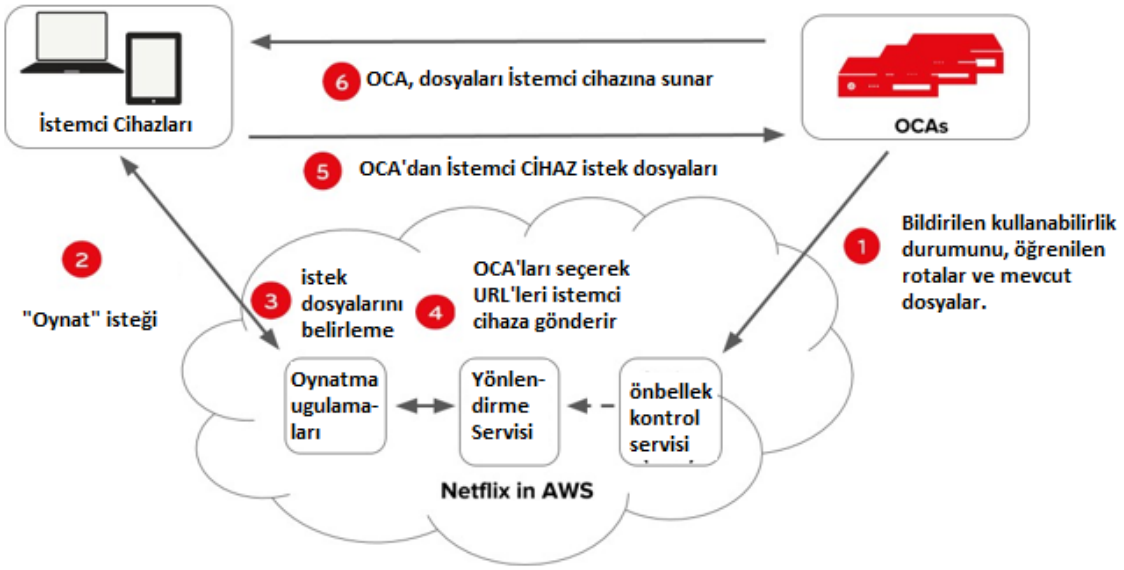
● Durumlarını Amazon Web Services (AWS) içindeki Open Connect kontrol düzlemi hizmetlerine bildirir.

● Bir istemci cihaz tarafından içerik talep edildiğinde HTTP/HTTPS aracılığıyla sunar.

AWS'deki kontrol düzlemi hizmetleri, OCA'lerın raporladığı verileri alır ve bunları dosya kullanılabilirliği ve istemciye ağ yakınlığını göz önüne alarak istemcileri URL aracılığıyla en uygun OCA'lere yönlendirmek için kullanır. Kontrol düzlemi hizmetleri ayrıca doldurma davranışını kontrol eder (her gece OCA'lere yeni dosyalar ekler). Dosya depolama gibi durumlar için en uygun davranışı hesaplar ve oynatma deneyimiyle ilgili bilgilerin depolanmasını ve yorumlanmasını yönetir (“Open Connect Overview” n.d.). Şekil 3.13’te oynatma işleminin nasıl çalıştığı gösterilir.

**Şekil 3.13**

*Oynatma İşlemi Şeması* Open Connect Overview




1. OCA'ler, öğrendikleri rotaları ve içerik kullanılabilirliği gibi durumları AWS'deki önbellek kontrol servisine düzenli olarak bildirir.

2. İstemci cihazındaki bir kullanıcı, AWS'deki oynatma uygulamasından bir başlığın (TV programı veya film) oynatılmasını talep eder.

3. AWS'deki oynatma uygulaması hizmetleri, kullanıcı yetkilendirmesini ve lisansını kontrol eder. Ardından oynatma isteğini işlemek için bireysel istemci özelliklerini ve mevcut ağ koşullarını hesaba katarak hangi belirli dosyaların gerekli olduğunu belirler.

4. AWS'deki yönlendirme hizmeti, istenen dosyaların sunulması gereken OCA'leri seçmek için önbellek kontrol servisi tarafından depolanan bilgileri kullanır. Bu OCA'ler için URL'ler oluşturur ve URL'leri oynatma uygulaması hizmetlerine teslim eder.

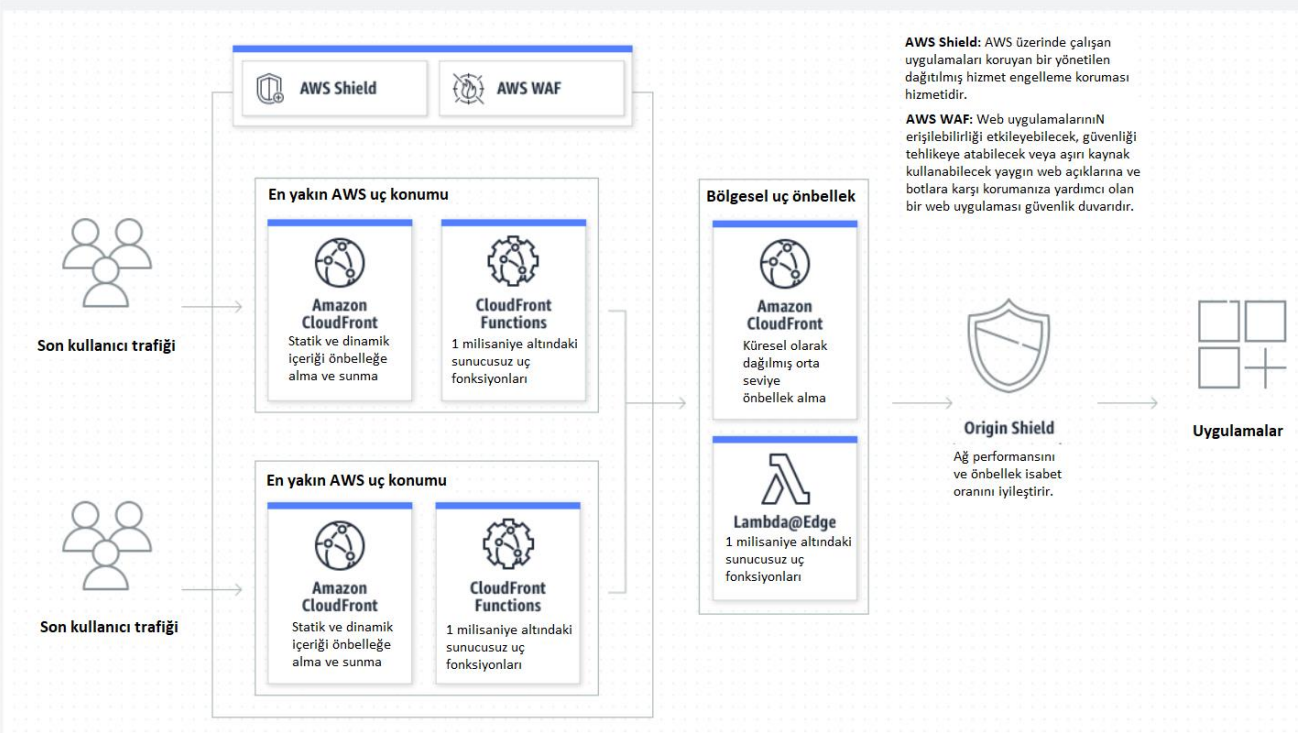
5. Oynatma uygulaması hizmetleri, uygun OCA'lerin URL'lerini istemci cihazına teslim eder ve OCA, istenen dosyaları sunmaya başlar (“Open Connect Overview” n.d.).

#### 3.2.6.2 CloudFront

CloudFront, Amazon’a ait CDN hizmetdir. CloudFront içeriği, uç konumlar adı verilen dünya çapındaki veri merkezleri ağı aracılığıyla sunar. CloudFront, her kullanıcı isteğini AWS omurga ağı üzerinden uç konuma yönlendirerek içeriğin dağıtımını hızlandırır. Şekil 3.14’te Cloudfront akış şeması gösterilmektedir ("What is Amazon CloudFront?" n.d.).

**Şekil 3.14**

*Cloudfront Akış Şeması* Amazon CloudFront




### 3.2.6.3 Google peering

Google peering hizmet yapısında bir kullanıcı istekte bulunduğunda söz konusu istek en yakın Google veri merkezine iletilir. Veri merkezi o anda kullanıcı için iyi bir deneyim sağlamak üzere optimize edilmiş bir yanıt oluşturur. Uygulama veya tarayıcı, istenen içeriği alır. İçerik veri merkezleri, Edge mevcut noktalar ve Edge Node'ları dâhil olmak üzere birden fazla Google konumundan gelebilir ("Google Edge Network," n.d.). Şekil 3.15'te Google peering ağ altyapısının üç farklı unsuru gösterilmektedir. Şekil 3.16'da ise Google peering veri merkezi, mevcut noktalar ve Node lokasyonları gösterilmektedir.

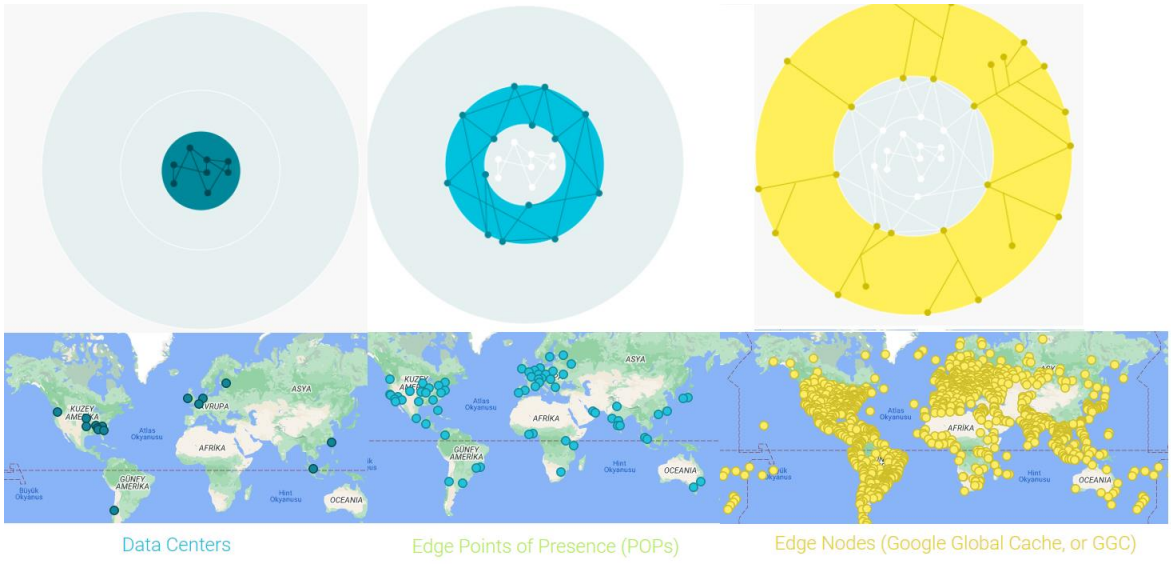
**Şekil 3.15**

*Google Peering Ağ Altyapısının Üç Farklı Unsuru* Google edge network infrastructure




**Şekil 3.16**

*Google Peering Veri Merkezi, Mevcut Noktalar ve Node Lokasyonları* Google edge network infrastructure



## 3.3 Program Meta Verileri

Program meta verileri; medyanın program başlığı, medya formatı ve çalışma zamanı gibi özelliklerini tanımlayan bilgilerdir. Elektronik program kılavuzları (Elektronic Program Guides-EPG) oluşturmak ve maliyetleri tanımlamak gibi diğer amaçlar için kullanılır. Programla birlikte ayrı bir veri akışı olarak iletilir. Fiziksel bir aktarım ile iletilen bir kanal birden fazla içerik kanalı (sanal kanallar) içerebileceğinden, meta veriler her bir sanal kanalı tanımlar. Her program kanalı ayrıca birden çok medya kanalından (video, ses ve veri) oluşur ve meta veriler programın her bir bileşen akışını tanımlar (Harte, 2021, s.106).

İçerik meta verisi bilgilerinin kaynakları, içerik geliştiricisinden, sahibinden, dağıtıcısından veya meta veri bilgilerini oluşturan ve dağıtan şirketlerden (Rovi, Gracenote ve Tribune medyası gibi) gelebilir.

### 3.3.1 Meta Veri Standartları

Meta veri standartları, meta verilerin nasıl gönderilebileceğini ve yapısını açıklayan belgelerdir. Çeşitli yayın sistemleri meta veri iletimini ve veri yapılarını tanımlamıştır. Bu standartlar benzer işlevlere sahip olmakla birlikte farklı yöntemler ve medya yapıları kullanabilirler.

Örneğin MPEG-7, akışa alınan veya depolanan dijital medya nesneleri ile ilgili özellikleri ve bilgileri açıklayan bir endüstri standardıdır. Kullanıcıların veya uygulamaların içerikleri tanımlamasına, kategorilere ayırmasına veya filtrelemesine yardımcı olur. Bu düşük seviyeli tanımlayıcılar, içeriğin metin dışı görsel açıklamalarına dayalı olarak içerikleri karşılaştırmak, filtrelemek veya göz atmak için kullanılabilir. Tanımlayıcı özellikleri nedeniyle, bu tür MPEG-7 görsel metin olmayan tanımlayıcıları geliştirmenin zorluğu, çeşitli uygulamalar bağlamında anlamlı olmaları gerekliliğidir. Kullanıcı etki alanları ve uygulama ortamları farklılığından dolayı ayrı şekilde kullanılacaklardır. Seçilen uygulama örnekleri arasında dijital kitaplıklar (görüntü ve video kataloğu), yayın ortamı seçimi (TV kanalları) ve multimedya düzenleme (kişiselleştirilmiş elektronik haber servisi, medya yazma) bulunur (Sikora, 2001, s.696).

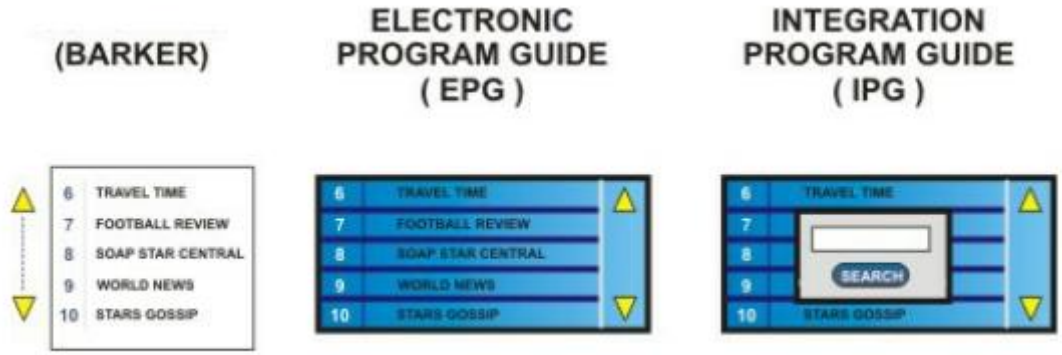
### 3.3.2 Program Rehberleri

Program rehberleri, tüketicinin mevcut içerik ortamlarının olası listelerinin ön izlemesine ve bunlardan seçim yapmasına olanak tanıyan bir liste veya arayüzdür. Program rehberleri, basit kaydırmalı dizin listelerinden, kullanıcının program kılavuzlarında tema, zaman dilimi veya diğer ölçütlere göre arama yapmasına dinamik olarak izin veren etkileşimli filtrelere kadar değişebilir. Program rehberleri arasında, Barker Channel, EPG ve Etkileşimli Program Rehberi (Interactive Program Guide-IPG) bulunur (Harte, 2021, s.109).

Şekil 3.17, TV yayıncılarının sağlayabileceği bazı program kılavuzu türlerini gösterir. Bu örnek, program üst verilerinin (tanımlayıcı bilgiler), ayrıntılarıyla birlikte bir program listesi oluşturmak için kullanıldığını gösterir. Bir kanal listesinin basit bir formatı, kanal program zamanlarının listesini kaydırır (Baker Channel). EPG, İzleyicinin kanal listeleri arasında gezinmesini sağlar. IPG, kullanıcının program listelerini aramak, filtrelemek ve yeniden düzenlemek için bilgi girmesine olanak tanır (Harte, 2021, s.109).

**Şekil 3.17**

*Program Rehberleri* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.109




## 3.4 Trick Mode (Video Oynatıcı Hız Kontrolü)

Trick mode, medya sinyalinin akışı sırasında hız kontrol işlemleri sağlama yeteneğidir. OTT sistemleri için izleyicinin programın oynatma modunu geri sarma veya

hızlı ileri sarma gibi özelliklere izin vermek için bu mod kullanılır. Kullanıcı oynatma modunu değiştirdiğinde, sistem medyaların kaynağını, akış programının farklı bir oynatma hızında depolanmış başka bir sürümü ile değiştirir. Bu, aynı video programının dönüştürülmesi ve farklı bit hızlarına sahip birden çok sürümde saklanması gerektiği anlamına gelir (Harte, 2021, s.111).

Bir kullanıcı modu değiştirdiğinde, yeni bir medya kaynağı bir görüntü karesi başlatmalıdır. Sıkıştırılmış ortam dosyalarındaki bazı resimler önceki çerçevelerden farklı olarak yalnızca geçiş reklamı ortam çerçeveleri içerir. Bu durum oynatma modundaki bir değişikliğin medya sunucusunun önceki bir ana kareyi bulması ve yeni bir başlangıç ana karesi oluşturması gerektiği anlamına gelir. Aynı zamanda, yeni akışları başlatmak için yeterli kapasiteye sahip değilse, trick mode için birçok eşzamanlı isteğin sistemi yorabileceği anlamına gelir (Zhu vd., 2010). Sistemi yoracak bir olaya örnek olarak, bir spor olayı sırasında meydana gelebilecek birçok eşzamanlı geri sarma ve tekrar oynatma talebi verilebilir. Şekil 3.18, çoklu hızlı oynatma sağlamak için trick mode'un nasıl kullanılabileceğini gösterir. Dijital video programı, medya oynatıcılarda çoklu hızlarda (4x, 2x, standart, 1/2x ve 1/4x) saklanır. İzleyici hızlı ileri sarmayı (2x) veya yavaşlamayı (1/2x) seçtiğinde trick mode sistemi oynatıcıyı uygun kaynak ile değiştirir.

**Şekil 3.18**

*Trick Mode İşlemi* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.111



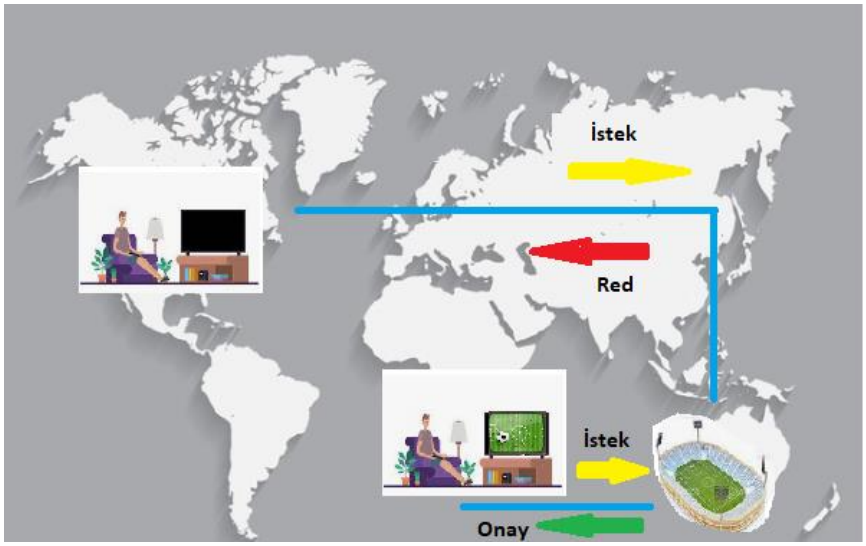
## 3.5 Coğrafi Engelleme

Coğrafi engelleme sistemi, medyanın coğrafi konuma göre dağıtılmasını kontrol eder. OTT sistemleri, içeriğin teslimini alıcının konumuna göre kontrol etme yeteneğine sahip olabilir. Konumun tespiti kullanıcının manuel olarak girmesi veya IP adresi kullanarak otomatik yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Konum kaydı, bir cihazın coğrafi konumunun girişidir. Kullanıcı, hesabı ilk kurulduğunda coğrafi konumunu girebilir. IP adresi coğrafi kodlaması ise IP adresi kullanılarak internete bağlı bir cihazın konumunun tanımlanmasıdır. Konum bilgisi kontrolü içeriğin ülkeler gibi belirli coğrafi bölgelerde bulunan cihazlara dağıtımını durdurmak veya sınırlamak için kullanılabilecek kurallar ve işlemlerdir ("Geo-blocking video & geo restrictions across territories guide," 2022).

Şekil 3.19, OTT sistemlerinin konumlarına göre medyanın izleyicilere dağıtımını nasıl tanımlayıp kontrol edebileceğini gösterir. Amerika'daki bir izleyicinin Avustralya'da gerçekleşen bir spor karşılaşmasını izlemeyi seçtiğini göstermektedir. Avustralya'da hizmet tarafından talep alındığında, Amerika Birleşik Devletleri'nin IP adresinin bulunduğu yerde içeriğin görüntülenmesi için yetkilendirilmediği belirlenir. Afrika'dan bir izleyici hizmeti Avustralya'dan izlemek istediğinde o kullanıcının IP adresinin konumu incelenir ve izleyicinin kanalı almaya yetkili olduğu belirlenir sonrasında bağlantı kurulur.

**Şekil 3.19**

*Coğrafi Engelleme*



## 3.6 İçerik Koruma ve Dijital Hak Yönetim (Digital Right Management–DRM) Sistemleri

Video içeriğinin dağıtımında güvenlik önemli bir yer tutar. Geleneksel olarak, telekomünikasyon operatörleri, içeriği korumak için baştan sona kadar tüm iletim zincirini kontrol ettikleri büyük özel ağları sürdürürler. Bu ağlar, içeriği korumak için fiziksel güvenlik ve ağ erişim kontrolüne sahiptir. Sonuç olarak, A ağında kullanılacak tüketici donanımı B ağında kullanılamaz veya tam tersi şekilde gerçekleşir.

İçeriği doğrudan kullanıcıya ulaştırmak için OTT içerik sağlayıcılar bu kapalı alandan çıkmak zorunda kalırlar. Ayrıca herhangi bir kontrole sahip olmadıkları ağlarda içerik iletmek zorunda kaldıklarından dolayı bu sorunu çözmek için bazı çözümler geliştirilmiştir.

### 3.6.1 HTTP Canlı Akış DRM Koruması

DRM şifrelemesi kullanarak Apple HLS akışını korumanın birkaç yolu vardır. En çok kullanılanlardan biri AES-128'dir. Akış segmentlerini içeren medya dosyaları ayrı ayrı şifrelenebilir. Dizin dosyasında bir anahtar dosyası, listelenen sonraki medya dosyalarının şifresini çözmek için gerekli bir şifre anahtarı içerir.

Şifreleme 3 yöntem kullanılarak yapılandırılabilir:

1. Diskteki bir anahtar dosyasının yolunu belirtmek mümkündür. Bu modda, mevcut anahtar dosyasının URL'sini dizin dosyasına ekler. Bu anahtarı kullanarak tüm medya dosyalarını şifreler.

2. Video bölümleyici rastgele bir anahtar dosyası oluşturabilir. Anahtar dosyasını belirli bir konuma kaydedebilir ve dizin dosyasında buna referans verebilir. Tüm medya dosyaları, rastgele oluşturulmuş bu anahtar kullanılarak şifrelenir.

3. Segmenter her n medya segmentinde yeni bir rastgele anahtar dosyası oluşturabilir, bunu belirli bir konuma kaydedebilir ve dizin dosyasında buna referans verebilir. Bu yönteme anahtar döndürme denir. Her n dosya grubu farklı bir anahtar kullanılarak şifrelenir.

Anahtar dosyalar, HTTP kullanılarak paylaşılabilir. Ayrıca, oturum tabanlı kimlik doğrulama şemalarını kullanarak anahtar dosyaların teslimini korumayı seçmek de mümkündür (Fairplay streaming, n.d.).

### 3.6.2 Microsoft PlayReady DRM Koruması

PlayReady, Microsoft'a ait bir DRM teknolojisidir. Genel ve sahip olunmayan ağlar arasında içerik hizmetlerinin dağıtımı, yetkisiz yollarla dağıtılmamasını sağlama ihtiyacını beraberinde getirir. Bu nedenle içerik sağlayıcıların dijital hak kurallarının uygulanmasını ve içeriklerinin yetkisiz kullanımlardan korunmasını sağlamak zorunludur (Microsoft, 2008).

Microsoft PlayReady, veri dosyalarını şifreleyerek içeriği korur ancak şifrelemenin kendisi yeterli olmayabilir. Bu nedenle dosyanın herhangi bir kısıtlama olmaksızın kopyalamaya veya dağıtıma karşı korunması gerekir. İçerik korumasını sağlamak için bir istemci şifreli bir içerik aldığında, şifresini çözmek için aşağıdaki adımlardan geçer;

1. Kullanıcı, PlayReady teknolojisiyle uyumlu bir oynatıcı kullanarak korumalı bir video akışını oynatmaya çalıştığında, istemci dağıtım sunucusuna istekte bulunur.

2. Bu durumda, istemci içeriğin bir kısmını ve içerik başlığını video dağıtım sunucusundan indirir.

3. İstemci, genellikle lisansın URL'sinin açıklandığı başlığı okur. İstemci uygulaması, içeriğin şifresini çözmek için bir lisans talebinde bulunacaktır. Lisans yerel lisans deposunda mevcut değilse istemci lisans almak için lisans sunucusu ile iletişime geçecektir.

4. Lisans sunucusu isteği onaylarsa, istemcinin video akışının şifresini çözmesine yardımcı olacak bir anahtar verir. Bu süreç kesintisiz ve kullanıcı için şeffaftır.

5. Videonun şifresi çözülür ve akış oynatılır (Microsoft, 2008).

## 3.7 Medya Varlık Yönetimi (Media Asset Management-MAM)

Bir OTT sistemi, dağıtılan içeriği depolamak ve düzenlemek için bir medya varlık yönetimi sistemi kullanır. İçerik varlıkları, iş akışı sistemleri tarafından yönetilir. Medya dağıtımı için iş akışı yönetimi; içerik edinme, meta veri yönetimi, içerik depolamayı içerir.

### 3.7.1 İçerik Edinme

İçerik edinme, ağlardan, toplayıcılardan ve diğer kaynaklardan içerik toplamayı içerir. İçerik alındıktan sonra veya içerik aktarımı sırasında varlık yönetim sistemine alınır, uyarlanır ve saklanır. İçeriğin bir uydu bağlantısından veya veri bağlantısından alındığı ve ilk video sunucularına yüklendiği bir süreçtir. İçerik alındıktan sonra reklamları eklemek için de düzenlenebilir, bir oynatma sunucusuna taşınabilir veya doğrudan iletim zinciri içinde oynatılabilir (Harte, 2021, s.143).

İçerik edinme, genellikle içeriğe ilişkin maliyetlerin yanı sıra karmaşık bir içerik lisanslama gereksinimleri ve kısıtlamaları kümesinin uygulanmasını içerir. Bu lisans koşulları, içerik dağıtım sözleşmelerine dâhildir. İçerik lisanslama koşulları, kullanımına izin verilen belirli sistem türlerini (kablo, İnternet veya mobil video), içeriğin yayınlanabileceği coğrafi alanları, izin verilen izleyici türlerini ve belirli kullanımı tanımlayabilir. İçerik edinme sistemi, medya için telif ücretleri ve diğer maliyetleri hesaplamak için bir faturalandırma sistemine bağlıdır (Harte, 2021, s.143).

### 3.7.2 Meta Veri Yönetimi

Her içeriğe bir tanımlama kodu, açıklayıcı meta veriler ve içerikle ilişkili lisanslama kullanım koşulları ve maliyetleri tahsis edilir. Meta veri açıklamaları ve biçimleri değişebilir. Bu nedenle meta veriler normalleştirilebilir. Meta veri normalleştirme, program tanımlayıcı öğelerinin daha güvenilir bir şekilde düzenlenmesine, seçilmesine ve sunulmasına izin vermek için meta veri öğelerinin standart biçimlere ayarlanmasıdır. Meta veriler, bir elektronik programlama kılavuzu (EPG) oluşturmak veya tamamlamak için kullanılabilir. Meta veri için EPG kullanılabilir (Harte, 2021, s.144).

### 3.7.3 İçerik Depolama

İçerikler, gerektiğinde program alımına izin veren kısa vadeli veya uzun vadeli depolama sistemlerine aktarılır. Varlık yönetim sistemleri içerisinde farklı erişim türleri, depolama ve aktarım yeteneklerine sahip birkaç tür depolama aygıtı kullanır. Önbellek depolama, çevrimiçi depolama, yakın depolama veya çevrimdışı depolama kullanılabilir.

Çevrimiçi depolama, diğer cihazlar veya sistemler tarafından doğrudan ve anında erişilebilen verileri depolayan sistemdir. Çevrimiçi depolama türleri, disk sürücülerden elektronik bellek modüllerine kadar değişebilir (Kochovski, 2021). Önbelleğe alma, bilgilerin işlenmesine veya gelecekte bir sistemin diğer bölümlerine aktarılmasına yardımcı olmak için bilgilerin geçici bir depolama alanına taşınması işlemidir (Xu, vd., 2017).

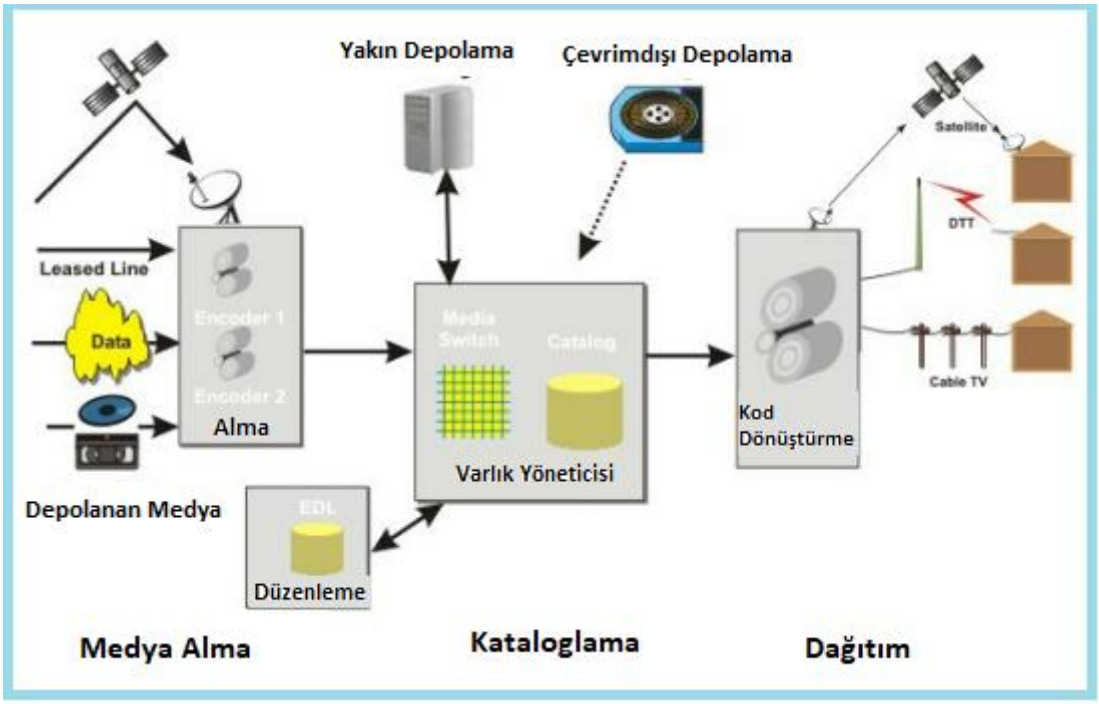
Yakın depolama, bazı bağlantı kurulum süreçleri veya gecikmelerle erişilebilen bir cihaz veya sistemdir. Sistemdeki medya için bir bağlantı bulma ve kurma gereksinimi nispeten küçüktür. Aktarılması planlanan veri, çevrimiçi depolama sistemine taşınmadan önce yakın depolamaya taşınabilir (Fujimoto, vd.).

Çevrimdışı depolama, hemen erişilemeyen verileri depolayan bir cihaz veya sistemdir. Çevrimdışı depolama sistemlerindeki medya, bağlantı veya aktarımın sağlanabilmesi için konumlandırılmalı ve kurulmalıdır. Çevrimdışı depolama sistemlerine örnek olarak depolama bantları ve çıkarılabilir diskler gösterilebilir (Liu, 2014).

Şekil 3.20, bir medya varlık yönetimi sistemini göstermektedir. Bir MAM'ın temel işlevleri; alım, kataloglama ve dağıtımı içerir. İçeriğin canlı yayınlar, analog ve dijital depolanmış medya formatları dâhil olmak üzere çeşitli kaynaklardan alınabileceğini göstermektedir. Yeni içerik, mevcut varlıkların düzenlenmesi ve üretilmesi yoluyla da oluşturulabilir. Varlık yöneticisi, medyanın çevrimiçi, önbellek, yakın ve çevrimdışı depolarda depolanmasını koordine eder. Varlık yöneticisinin sistem ve kullanıcıların medyayı bulmasına, düzenlemesine ve almasına izin vermek için katalog bilgilerini oluşturduğunu ve kullandığını gösterir.

**Şekil 3.20**

*Medya Varlık Yönetimi* OTT and Streaming TV. Harte, 2021, s.147



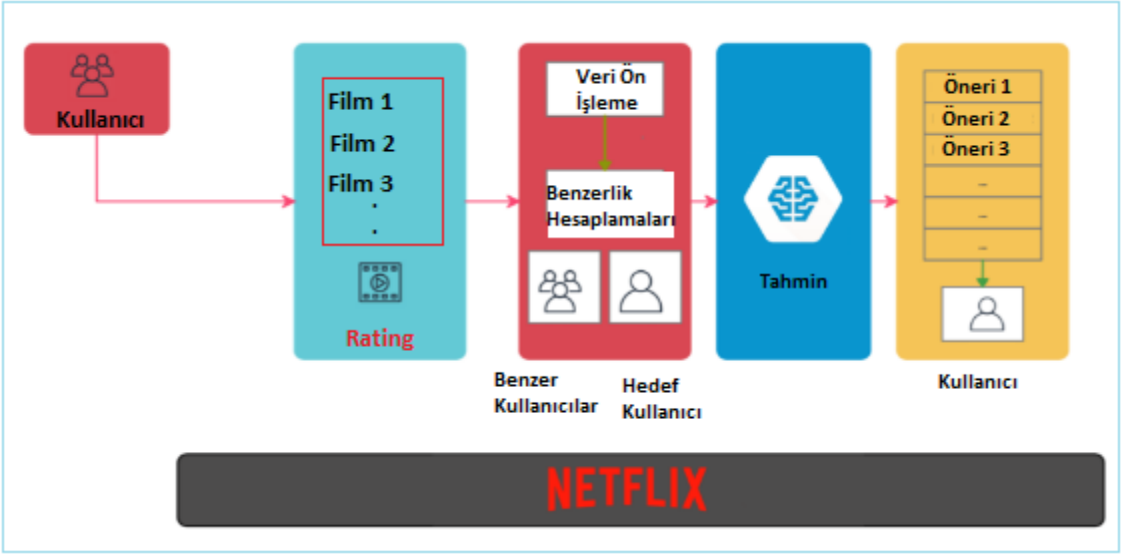

## 3.8 Öneri Sistemleri

Öneri sistemleri, kullanıcılarına kişiselleştirilmiş önerilerde bulunan bir hizmeti tanımlar. Kullanıcı tercihlerinden ve davranışlarından veri toplar, analiz eder ve internet sitesi veya uygulama deneyimlerini iyileştirmek adına özelleştirilmiş öneriler sunar. Öneri sistemleri, kullanıcının hangi içerikleri tüketmek isteyebileceğini tahmin etmek için kullanılır ("Recommendation engines for OTT platforms to personalize video streaming," 2021)

OTT platformları için yapay zekâ güdümlü öneri motorları önemli yer tutar. Öneri motorları yapay zekâ verilerinden beslenir. OTT'deki öneri sistemlerinin son veri uygulamaları, tamamen tüketici verilerinden elde edilen iç görüler üzerinde çalışır (Naresh, 2022). Şekil 3.21'de Netflix öneri sistemine ait iş akış diyagramı yer almaktadır.

**Şekil 3.21**

*Netflix Öneri İş Akışı* Recommendation system tutorial with python using collaborative filtering. Parveez, S. & Iriondo, 2021




### 3.8.1 Öneri Sistemleri Çeşitleri

Öneri sistemleri çalışma prensibi açısından üç farklı şekilde çalışabilir:

**İçerik tabanlı filtreleme:** Öneri motorunun kullanıcılara ürün veya hizmet özelliklerine ilişkin tercihlerine göre en doğru ve alakalı içeriği önermesini sağlar.

**İşbirlikçi filtreleme:** Öneri motoru çok sayıda kullanıcının tercihleriyle ilgili verileri toplayarak bir kullanıcının tercihlerini tahmin edebilir. İşbirlikçi filtrelemeye dayalı öneri motorunun basit ama etkili bir yaklaşımı vardır. İnsanlar genellikle en yararlı tavsiyeyi benzer zevke sahip diğer insanlardan alır.

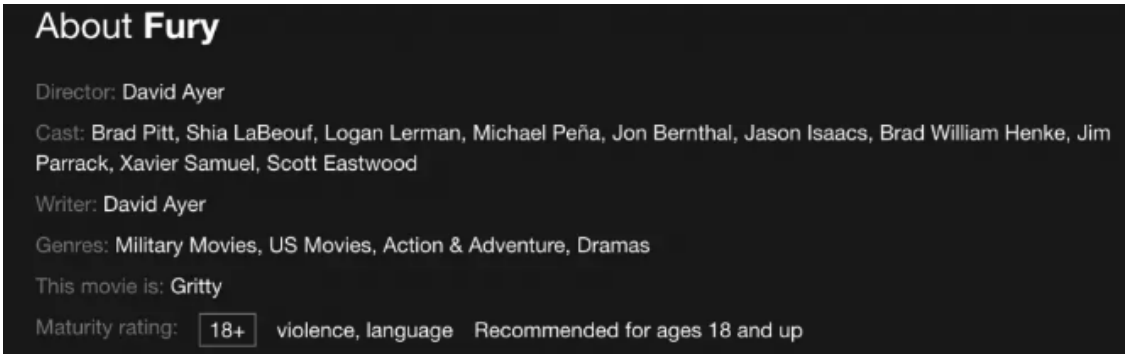
**Hibrit tavsiye sistemleri:** Esasen çeşitli derecelendirme ve sıralama algoritmalarının birleşimidir. Örneğin, müşterilere daha geniş bir ürün yelpazesini doğru bir hassasiyetle önermek için her iki filtreleme sisteminin verilerini, yani işbirlikçi filtrelemeyi ve içerik tabanlı filtrelemeyi kullanır (Naresh, 2022).

### 3.8.2 İçerik Öneri Sistem Verileri

Öneri sistemleri, içerikleri önermek ve tanımak için doğru miktarda ve kalitede çok sayıda veriye ihtiyaç duyar. Bu veri türlerinden birisi de meta verilerdir. Film meta verileri stüdyolardan veya içerik oluşturuculardan elde edilebilir ve tek seferlik bir veri alımıdır. İçerik sağlayıcılar, bu tür bilgilerin olmadığı durumlarda web sitelerinden de meta veriler elde edebilir (Vijayanagar, 2021). Şekil 3.21'de Netflix platformu içerisinde Fury isimli bir filmin hakkında bölümünde yer alan ait meta veriler gösterilmektedir.

**Şekil 3.22**

*Netflix Film Hakkında Bölümü* How do content recommendation engines work? Vijayanagar, 2021




Öneri sistemlerinde, film meta verilerinin yanı sıra kullanıcının izleme modellerini, seçimlerini, beğenilerini ve beğenmediklerini açıklayan verilerde kullanılır. Ancak, kullanıcı bilgileri toplanırken kullanıcının gizlilik hakkını koruyan yasalara uyulması gereklidir (Vijayanagar, 2021).

Öneri motorları, platformda bir süredir bulunan ve çok fazla veriye sahip olan kullanıcılara içerik önermede başarı sağlayabilir. Ancak platforma yeni bir kullanıcı ilk kez kaydolduğu zaman platform, kullanıcı hakkında herhangi bir bilgiye sahip değildir. Bu durum öneri motorlarında "soğuk başlangıç" olarak adlandırılır. Bu sorunu aşmanın bir yolu, kullanıcının bulunduğu coğrafyada popüler içerik sunmak olabilir. Veya kayıt aşamasında elde edilen bilgiler kullanabilir (Vijayanagar, 2021).

## 3.9 Playout Sistemi, Reklam Ekleme ve Abone Yönetimi

Bu bölümde medya akışını başlatabilen, yönetebilen ve sonlandırabilen bir cihaz ve yazılım kombinasyonu olan playout sistemi, program içinde görünen medyanın bir kısmını reklamlar ile birleştirme veya değiştirme işlemi olan reklam ekleme, her bir izleyiciyi tanımlama ve edinemeye yetkili oldukları içerik türlerini belirleyen abone yönetimi kavramları anlatılacaktır.

### 3.9.1 Playout Sistemi

Playout sistemi, önceden belirlenmiş zaman çizelgelerinde doğrusal televizyon kanallarındaki zaman dilimleri gibi kullanıcılara veya dağıtıcılara medya akışını başlatabilen, yönetebilen ve sonlandırabilen bir cihaz ve yazılım kombinasyonudur. Playout sistemleri, içerikleri izleyicilere yayınlanmadan kısa bir süre önce depolamadan almak için kullanılan program rezervasyonlarını yönetmek için de kullanılabilir. Playout sistemleri, birincil ve ikincil olayları seçme yeteneğine sahip olabilir. Birincil olaylar, yayınlanacak programlardır ve ikincil olaylar, birincil olaylarla birleştirilecek veya kullanılacak medya öğeleridir. İkincil olaylara örnek olarak logo ekleme, metin taramaları (kayan metin), seslendirme (anlatı ses klipleri) ve özel efektler (geri sıkıştırma gibi) verilebilir (Allard & Dam, 201).

Kanalların ve programların sayısı arttığında, yayıncılar yayın programlarını ayarlamak için gereken çabayı azaltmak için yayın otomasyonunu kullanabilir. Playout otomasyonu, önceden belirlenmiş bir zamanda veya kullanıcı kaydı ve ödeme gibi belirli kriterler karşılandığında medyanın bir kullanıcıya veya dağıtıcıya aktarılmasına izin veren, belirlenmiş kuralları veya prosedürleri olan bir sistemi kullanma sürecidir. Dijital varlıkları seçmek ve doğrusal medya kanallarındaki zaman dilimlerine atamak için bir zamanlama sunucusu kullanılır. Programlama sunucuları, programlanmış yayın süreleri sırasında medyanın otomatik olarak oynatılmasını başlatabilir. Aynı zamanda operatörleri medya programlarının manuel olarak ayarlanması ve oynatılmasını başlatması için uyaran çalma listeleri oluşturur ve yönetir. Zamanlama sunucusu, olay zamanını (programın oynatılmaya başlaması planlandığında) ve kuyruk zamanını (medya sunucusunun yayınlanacak veya oynatılacak medyayı bulmasına ve ayarlamasına izin veren bir zaman) saklar (Harte, 2021, s.148).

### 3.9.2 Reklam Ekleme

Reklam ekleme, bir program içinde görünen medyanın bir kısmını reklamlar ile birleştirme veya değiştirme işlemidir. Yayın sistemleri için, reklamlar tipik olarak dağıtım ağı tarafından belirlendiği şekilde ulusal veya coğrafi bir temelde eklenir. OTT akışlı video sistemleri için reklam ekleri, izleyicinin profiline göre belirli kullanıcılara yönlendirilebilir.

İşaret tonları, bir eylemin veya olayın gerçekleşmek üzere olduğunun bir göstergesi olarak medyanın içine gömülü olan veya medyayla birlikte gönderilen sinyallerdir. İşaret tonları basit olay sinyalleri olabilir veya gerçekleşmek üzere olan olay hakkında ek bilgiler içerebilir. İşaret tonu bir televizyon programında bir reklam için bir zaman aralığının oluşacağını ve bu sürenin ne kadar süreceğini belirten bir sinyaldir. Bir analog işaret tonu, başka bir medya programının eklenmesi için mevcut olacak bir süreyi belirten bir ses dizisidir. SCTE-35, reklam ekleme işaret tonları için endüstri standardıdır. Dijital reklam ekleme işaretleri, medya işaret tonları yerine IP paketleri tarafından gönderilebilen mesajlardır. SCTE-104, dijital reklam ekleme işaretçileri için endüstri standardıdır (Tripsas, 2021).

### 3.9.3 Abone Yönetimi

Bir abone yönetim sistemi, her bir izleyiciyi tanımlar ve almaya yetkili oldukları içerik türlerini belirler. Herhangi bir içerik dağıtım sisteminin anahtarı, içeriğe kimlerin erişeceğini kontrol etme yeteneğidir. Operatör, içeriği yalnızca yetkili müşterilerin almasını sağlamalıdır. Bunlar ücretli aboneler veya ücretsiz içerik almak için kaydolan üyeler olabilir (Kobylarz, 2021).

Abone yönetim sistemi, faturalandırma sistemi ile koordineli olarak, her bir abonenin geçmişinin eksiksiz bir kaydını tutabilir. Bu, aboneye gönderilen tüm donanımları, sipariş edilen hizmetleri, satın alınan bireysel içerikleri ve abone tarafından yapılan tüm ödemeleri içerebilir. OTT operatörü, abonelerin sahip olduğu kanalları veya içerik erişim ayrıcalıklarını tanımlayan hizmet planları kurar. Her operatör, müşterilerine sağlamak istedikleri destek düzeyini belirlemelidir. Bazı operatörler desteği yalnızca normal çalışma saatlerinde sunabilirken, diğerleri 7/24 müşteri desteği sağlamayı tercih edebilir. Operatör en azından müşterilerin sorunlarının anlaşıldığından ve ele alındığından emin olmalıdır (Kobylarz, 2021).

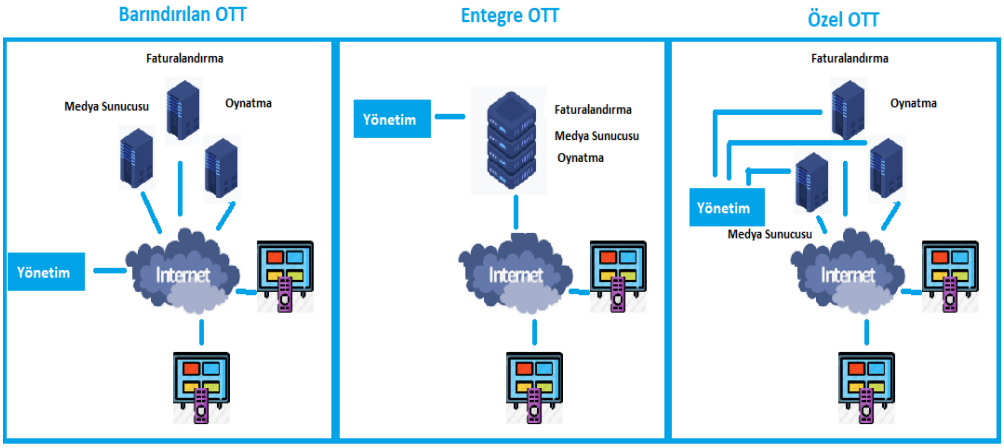
## 3.10 OTT Sistem Seçenekleri

OTT sistem seçenekleri arasında OTT içerik ve hizmetlerini barındırmak için sözleşmeli bir şirketin sisteminin kullanılması, entegre OTT sistemi ve işlevsel bileşenlerden oluşturulmuş özel bir OTT sistemi kullanılabilir.

Şekil 3.23, OTT sistemleri için bazı seçenekleri göstermektedir. Barındırılan OTT sistem seçeneği, bir OTT sağlayıcısının sistemi uzak bir yönetim terminalinden kurmasını ve çalıştırmasını sağlar. Medyayı yönetmek, faturalandırmak ve medyayı oynatmak için gerekli olan tüm donanım, OTT sistemi ana şirketine aittir. Entegre OTT seçeneği, medya yönetimi, faturalandırma ve oynatma işlevlerini içeren eksiksiz bir donanım sistemi kullanır. Özel OTT seçeneği, OTT istasyonunun medya yönetimi, faturalandırma ve oynatma planlaması için ayrı donanım kullanmasına olanak tanır.

**Şekil 3.23**

*OTT Sistem Seçenekleri*




### 3.10.1 Barındırılan OTT Sistemi

Barındırılan bir OTT sistemi, izleyicilerin OTT programlarını izlemesine izin vermek için gerekli tüm depolama ve akış hizmetlerini sağlayan bir video akış platformu küme sistemidir. İnternete bağlı bir internet tarayıcısı olan bir bilgisayar kullanılarak barındırılan bir OTT istasyonunu kurmak ve çalıştırmak mümkündür (Harte, 2021 s.183).

Barındırılan bir OTT sistemi, medya alımını, oynatma sistemini ve abone yönetimini içerir. Barındırılan OTT sistemi ayrıca reklam ve faturalandırma hizmetlerini de içerebilir. Kullanılan ekipman, doğrudan bir OTT istasyonu veya başka bir şirket tarafından yönetilebilir. Barındırılan OTT sistemleri, kişiselleştirme ve markalama için kurulabilir (Harte, 2021 s.183).

Beyaz etiket platformları, diğer kuruluşlar tarafından özelleştirilebilen, markalaştırılabilen ve işletilebilen sistemlerdir. Bir şirketin müşterilere sunduğu görünüm ve işlevleri özelleştirmesine olanak sağlamak için tasarlanmıştır (Duhamel, 2022). Beyaz etiket platformları zaten kurulu olduğundan, bir OTT istasyonunun oluşturulması çok kısa sürede gerçekleştirilebilir.

### 3.10.2 Entegre OTT Sistemi

Entegre OTT sistemi, birlikte çalışmak üzere kurulmuş bir donanım kombinasyonudur. Önceden yapılandırılmış donanımı, kullanıma hazır yazılım programları ve destek hizmetlerini içerir. Entegre bir OTT sistemi, test edilmiş ve onaylanmış birden fazla donanım kullanır. İnternet adresi, ağ adları ve belirli hizmet ayarları gibi bazı ayarların yerinde yapılandırılması gerekebilir. Entegre sistemler hizmetleri kurmak ve tüm cihazları kontrol etmek için kullanılan bir dizi yazılım programı ile birlikte gelir. Yazılım paketi, yayınları aktarmak, üretmek ve planlamak için gerekli tüm programları içerir. (Harte, 2021 s.187).

### 3.10.3 Özel OTT Sistemi

Özel bir OTT sistemi, OTT sistem operatörü tarafından bağımsız olarak seçilebilen bir donanım kombinasyonudur. Özel bir OTT sisteminin temel bileşenlerinden bazıları medya kodlayıcıları, oynatma sistemi, üretim sistemi, faturalandırma sistemi ve yazılım programlarıdır. Sistemin kurulmasına ve yapılandırılmasına yardımcı olmak için bir sistem entegrasyon şirketi kullanılabilir (Harte, 2021 s.191).

Özel bir OTT sistemi geliştirmek, her işlev için en iyi donanım ve yazılım seçeneklerinin seçilmesine olanak tanır. Ayrıca bu aygıtların ve yazılım programlarının birbirleriyle çalışacak şekilde ayarlanması gerekir. OTT sağlayıcılarının bir sistem

entegratörü kullanabilmesi için gereken beceriler ve deneyim önemli olabilir. Sistem entegratörü, belirli işlevleri ve/veya hizmetleri gerçekleştirmek üzere birlikte çalışacak birden çok sistem türünün tanımlanmasına, seçilmesine, birleştirilmesine ve yapılandırılmasına yardımcı olan bir şirket veya kişidir (Harte, 2021, s.191).

## 3.11 Ağ Tarafsızlığı

Ağ tarafsızlığı, bir bilgi ağındaki tüm veri paketlerinin eşit olarak ele alınması ilkesini ifade eder. İnternet geleneksel olarak aşağı yukarı bu prensibe göre işlev görürken, son teknolojik gelişmeler ağ operatörlerinin paketleri ayırt etme olanağını açmıştır. Yüksek bant genişliğine sahip uygulamaların ve içeriğin internet üzerinden iletilmesini sağlayan geniş bandın ortaya çıkışı, farklılaştırılmış trafik yönetimi talebini artırmıştır. Sonuç olarak, ağ tarafsızlığının korunup korunmaması gerektiği ve ne ölçüde sağlanacağı tartışılan bir konu haline gelmiştir (Schuett, 2010, s.2).

İnternetin öncülerinden biri olan Lawrence Roberts, dünya nüfusunun büyük çoğunluğunun çevrimiçi olacağını tahmin eder. Bunun sonuçlarından biri, ağ bağlantısının kapasitesinin artık tüm trafiğe uygun bir QoS ile taşıma için yeterli olmaması olabilir. Bu, hizmet farklılaşmasını sağlamak ve trafik önceliklerini tanıtmak için İSS'ler tarafından öne sürülen ana argümanlardan biridir (Lessing & McChesney, 2006).

### 3.11.1 Ağ tarafsızlığı için argümanlar

Ağ tarafsızlığını destekleyenler; bilgi güvenliği, rekabet ve sahte hizmetler konusunda bazı argümanlar ileri sürmektedirler. Bu argümanlar başlıklarıyla aşağıda verilmiştir.

#### 3.11.1.1 Bilgi Kontrolü

Bilgi kontrolü konusunda ağ tarafsızlığının savunucuları, kablo şirketlerinin İSS'lere ortak bir taşıma sözleşmesi adı verilen ağlarına erişim sağlamasını yasal olarak

sağlamak istiyor. Ayrıca, operatörlerin mahkeme kararı olmadan içeriği kesmesini veya filtrelemesini de önlemek istemektedirler (Phillips, 2006).

#### 3.11.1.2 Rekabet ve yenilik

Tarafsızlığı savunanlar, internet trafiğinin tercihli muamelesine izin verilmesinin, yeni şirketler ve ilgili yeni çevrimiçi uygulama ve hizmetlerin gelişimini dezavantajlı hale getirebileceğini savunuyorlar. Az sayıdaki büyük şirketlerin, kimin erişime sahip olduğuna karar vererek içeriğin erişimini ve dağıtımını kontrol edebileceğini belirtirler. ("Policy brief: Network neutrality", 2017).

#### 3.11.1.3 Sahte hizmetlere karşı önlem

Ağ tarafsızlığı ile ilgili endişelerden bazısı ise herhangi bir ihlal durumunun gereksiz ödemelere ve şüpheli hizmetlere yol açabileceğini iddia etmesidir. Bazıları, ağdaki yeni yatırımların yalnızca bazı içerik sağlayıcılara fayda sağlamak için yapılabileceğine inanmaktadırlar (Stover, 2010, s. 77).

### 3.11.2 Ağ tarafsızlığına karşı argümanlar

Ağ tarafsızlığına karşı olanlar; mülkiyet hakları, yatırım ve sunucu tarafında karşı ağırlık konularında bazı argümanlar ileri sürmektedirler. Bu argümanlar başlıklarıyla aşağıda verilmiştir.

#### 3.11.2.1 Mülkiyet hakları

Ağ tarafsızlığının bazı muhalifleri, internet servis sağlayıcılarının mülkiyet haklarının ihlali olduğunu, çünkü kendi internet erişim ağlarını kurduklarını ve bunun için ödeme yaptıklarını savunmaktadırlar ("Pros and cons of net neutrality – Information, people, and technology," n.d.).

#### 3.11.2.2 Yenilik ve Yatırım

Ağ tarafsızlığına karşı bazı argümanlarda ise gelecekteki yenilikler için bant genişliği öncelik durumlarının gerekli olduğu savunulmaktadır (Hart, J.D., 2007). Bazı operatörler hizmet sağlayıcıların, verilerini daha iyi güvenilirlik ve hızlı taşıma için ödeme yapmaya istekli müşterilere tercihli muamele sağlama yeteneğine sahip olması gerektiğini savunmaktadır. Bu hizmetlerin ek geliri, erişim ağlarına yatırım yapılmasına izin verebilir. Bu ekstra ücretleri ödemeden, ağdaki yatırımlarını karşılayamadıklarını ve bunun pazardaki yenilik ve rekabet üzerinde olumsuz sonuçlar doğuracağını iddia edilmektedir (Meza, 2007).

#### 3.11.2.3 Sunucu tarafında karşı ağırlık

Ağ tarafsızlığına karşı olanlar, internetin artık tüm oyuncuları için eşit şartlarda olmadığını savunurlar. Büyük şirketlerin çoğaltma sunucularını kullanarak ve büyük kapasiteli geniş bant hizmetleri satın alarak daha küçük boyutlu rakiplerine göre daha iyi performans elde ettikleri ifade edilmiştir. Erişim fiyatları, protokollere veya erişim seviyelerine göre olduğunda her birey veya şirket ağdan yalnızca ihtiyaçlarına göre yararlanabilir böylece daha fazla ağ tarafsızlığı sağlanabileceğini ifade ederler ("Pros and cons of net neutrality – Information, people, and technology," n.d.).

## 3.12 OTT Sektörünün Zorlukları

OTT servis sağlayıcılarının karşı karşıya olduğu çeşitli zorluklar vardır. İçerikleri uygun kitlelere ulaştırmak hala beraberinde bazı zorluklar getiriyor. Aşağıda aşılmaya çalışılan zorluklar başlıklarıyla anlatılmıştır.

### 3.12.1 Ölçeklenebilirlik

Ölçeklenebilirlik, internet uygulamalarında kullanıcıların aynı anda bir işlemi yapmak istemelerine karşı bu istekleri gerçekleştirme durumu oranıdır (Çalışkan, 2020).

İSS'ler, OTT hizmetlerinin daha iyi ölçeklenebilirliği için sürekli olarak spektrum elde eder ve altyapıyı yükseltir. İçerik dağıtımı genellikle ağ bant genişliğini optimum şekilde kullanan uyarlanabilir bit hızı algoritması kullanılarak yapılır. Tüm bu teknolojik avantajlar ölçeklenebilirliği artırmıştır. Ancak gelecekte içerik miktarı artacağından sürekli artan yüksek kaliteli içerik ve daha iyi QoE talebini karşılamak için altyapıyı bir sonraki seviyeye ölçeklendirmek önemlidir (Pandey vd., 2019, s84).

Bu hizmetlerin daha geniş bir kitleye ölçeklenememesinin bir diğer nedeni de DRM ve damgalama sistemleri ile ilgilidir. Bazı OTT servis sağlayıcılarının tüm içerikleri her ülkeye verememesinin sebeplerinden biri sınır ötesi DRM sorunlarıdır. Bu sebeple gelişmiş DRM sistemlerine ihtiyaç duyulur (Pandey vd., 2019, s84).

### 3.12.2 Ağır Kuyruklu İçerikler

Çoğu hizmet sağlayıcı, en popüler içerikleri uç altyapıda önbelleğe alır ancak en az popüler olan ağır kuyruklu içerik hala kaynak sunucuda kalır. Çoğu kullanıcı popüler içeriği izlemek isteyebilir, popüler olmayan bir içerik talep ettiklerinde yine de aynı QoE'yi bekler. Bununla birlikte, bu içeriklerin kaynak sunucudan akışı, kullanıcılar için QoE'yi azaltır. Ancak, tüm bu içerikleri sağlamak için, CDN'ler tarafından sağlanan uç önbelleğe almanın ötesinde hizmet altyapısının iyileştirilmesi gerekmektedir (Pandey, 2016 s.85).

### 3.12.3 Topluluğa Özel Paket Servisler

Netflix, Amazon ve YouTube dâhil tüm servis sağlayıcılar, ana sayfalarını oluştururken topluluk ve kullanıcı tercihlerini göz önünde bulundurur. Bu uygulamaların öneri sistemleri, kullanıcı davranışını analiz etmek için birkaç yapay zekâ mantığına sahiptir. Ancak, tek oturum açmada birden fazla satıcıdan paket servis sağlayabilecek bir servis sağlayıcıya ihtiyaç duyulabilir. Örneğin Netflix, Amazon Prime ve YouTube tarafından sağlanan tüm içerikleri tek bir entegre edilmiş sistem üzerinde izlemek istenebilir. Böylece farklı servis sağlayıcıların tüm portallarına giriş yapmak ve önerileri ayrı ayrı incelemek zorunda kalmazlar (Pandey vd., 2019, s.85).

Piyasada birkaç OTT hizmeti bulunmaktadır. Kullanıcıların izlemek istedikleri içeriği aramak için tüm bu uygulamalarla uğraşmaları gerekİr. Bu nedenle, bu içeriklerin

bir araya getirilmesi ve ortak bir öneri sistemi oluşturulması, kullanıcının bu uygulamalardaki rahatlığını artıracaktır. Tüm bu uygulamalar JavaScript API'lerine ve CSS'ye dayanmaktadır dolayısıyla bu öneri sistemlerini tek bir sisteme entegre etmek, bu hizmet sağlayıcıların istekliliği ve açıklığı meselesidir (Pandey vd., 2019, s.85).

### 3.12.4 Canlı TV ve Sınırlamalar

OTT hizmetlerinin akış hizmetlerini sağlamak için kullanan protokollerden biri de HTTP-DASH protokolüdür. HTTP-DASH, ağ bant genişliğine dayalı veri akışı için uyarlanabilir bit hızı algoritmalarını takip eder. Bu, akış için tek noktaya yayın tabanlı bir yaklaşımdır. Canlı akış durumunda da bu OTT servis sağlayıcıları aynı yaklaşımı kullanır. Bu, ağın aynı anda farklı kullanıcılara aynı video parçalarını gönderdiği anlamına gelir. Bin kullanıcı aynı anda belirli bir canlı TV izliyorsa, tüm bu kullanıcılar aynı rotada teslim edilen aynı içerikten oluşan ayrı bir akışa sahip olacaktır. Bu, yalnızca bir akış için tüketilen çok fazla bant genişliğidir. Bu nedenle canlı TV uygulamaları daha pahalıdır (Pandey vd., 2019, s.85).

## 3.13 Geleceğin OTT Trendleri

Teknolojisi ve mimarisi sürekli gelişim içerisinde olan OTT sistemlerinde sistem verimliliğine fayda sağlayacak bazı yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu bölümde bu yaklaşımlardan bazıları anlatılacaktır.

### 3.13.1. Video Akışı için Blok Zincir

Blok zincir teknolojisinin medya ve eğlence için potansiyel kullanımında hâlihazırda devam eden çalışmalar arasında, video akışında blok zincir kullanımı da yer almaktadır. Blok zincir, kriptografik algoritmalar kullanılarak birbirine bağlanan blokların, yani kayıtların dijital bir listesidir. Blok zincir teknolojisine dayalı bir kripto para birimi olan Bitcoin'in tanıtılması ile blok zincir teknolojisi büyük ilgi görmüştür. Blok zincirin

sunduğu önemli avantajlardan bazıları, daha hızlı ve güvenli işlemler, şeffaflık, maliyet etkinliği (aracı olmaması nedeniyle), izlenebilirlik, akıllı sözleşmeleri kullanan otomatik eylemler, güvenlik ve gizlilik sağlayan kriptografik olarak kapatılmış korunan verilerdir. Bloğun sınırlı boyutu nedeniyle madencilik hızı yavaştır. Daha büyük blok boyutu, karmaşık blok zincirinde daha yavaş ilerlemeye neden olur (Barman, 2020, s.1).

Hizmet Olarak Platform (Platform as a Service-PaaS), Hizmet Olarak Yazılım (Software as a Service-SaaS) ve Hizmet Olarak Altyapı (Infrastructure as a Service-IaaS) hizmetlere ek olarak Hizmet Olarak Blok zincir (Blockchain as a Service-BaaS) popülerite kazanmış bir hizmettir. Hem şirketlerin hem de tüketicilerin, bant genişliği yönetimi, kaynak tahsisi ve barındırma gereksinimleri gibi gerekli işlevlerle güvenli blok zinciri uygulamaları geliştirmesine, test etmesine ve dağıtmasına olanak tanır. Şu anda BaaS, IBM, Microsoft ve Oracle gibi büyük şirketler tarafından sağlanmaktadır ve çeşitli endüstriler tarafından giderek daha fazla kabul görmektedir. Blok zincir tabanlı video akış platformları için en çok beklenen kullanım durumlarından biri canlı akıştır. İçerik sahiplerini güçlendirme, blok zinciri tabanlı CDN'ler, gizlilik, korsanlık koruması ve enerji tasarrufu içerir (Barman, 2020, s.1).

### 3.13.2 OpenCache

İSS'ler, OTT hizmetlerini sağlamak için çoğunlukla operatör ağının dışındaki CDN ile bağlantı kurar. Bu CDN sağlayıcılar, eşleme yoluyla yakındaki kullanıcılara uç sunucu dağıtarak ağlarını genişletir. OpenCache İSS'lerin kullanılması, erişim ağına daha derin nüfuz edebilen bir açık önbelleğe alma altyapısı sağlayabilir. Bu yaklaşım, CDN'lerin en iyi uygulamalarını son kullanıcılara yaklaştıracaktır. Bu aynı zamanda video dağıtım iş akışında yeni bir şeffaflık düzeyi de getirebilir, sonunda paket servisler gerçeğe dönüşebilir ve tüm bunlar İSS'ler tarafından yönlendirilebilir. İSS'ler, içerik ve hizmet sağlayıcılar için OpenCache kullanarak depolama ve hesaplamalarını bir araya getirebilecekleri bir toplama noktası sağlamaya başlamalıdır (Broadbent, 2015, s1).

### 3.13.3 mABR (Multicast ABR)

ABR destekli HTTP-DASH, OTT sağlayıcılarının çoğu tarafından benimsenen bir dağıtım teknolojisidir. HTTP-DASH tek noktaya yayın doğası nedeniyle bit hızını mevcut bant genişliğine göre ayarlayan ABR tekniklerine rağmen canlı TV akışları için çok fazla trafik oluşturur. Çok noktaya yayın destekli ABR, ağ üzerinden dağıtım için bu tıkanıklığın bir kısmını hafifletmeye yardımcı olabilecek bir teknolojidir. HTTP trafiği güvenlik duvarını aşar dolayısıyla HTTP-DASH'e dayalı herhangi bir mABR bundan yararlanabilir. Bununla birlikte, çok noktaya yayın yeteneklerinden yararlanmak, İSS ağları için çok noktaya yayın istemcisini, sunucusunu ve denetleyicisini destekleyen belirli donanımları dağıtmanın maliyetini beraberinde getirecektir (Pandey vd., 2019, .s85).

### 3.13.4 5G'nin OTT Üzerindeki Etkisi

Son birkaç yılda OTT platformları, dijital medyanın tüketilme şeklini önemli ölçüde değiştirmiştir. Kesintisiz canlı video akışı ve yüksek kaliteli içerik talepleri arttıkça 5G teknolojisi, OTT görüntüleyici deneyimini yeni bir düzeye taşımak için kazançlı bir fırsat sunabilir. Günümüzde tüketilen mobil internet bant genişliğinin çoğunluğundan video içerikleri sorumlu olduğundan yükseltilmiş bağlantı, dijital akış sağlayıcıları için yeni teknolojiler sağlayabilir (Singh, 2021).

Stratejik konumlara yerleştirilen yerel "makro" kuleler tarafından oluşturulan 5G ağı ile uzak sunucuların veya bireysel cihazın bilgi işlem gücü kısıtlamalarının üstesinden gelebilme planlanmaktadır. Bulut bilişim ve 5G ağının birleşimi, OTT ağları aracılığıyla gerçek zamanlı veri ve canlı akışın teslimi için ideal kurulum olduğunu kanıtlayabilir. OTT sağlayıcıları, içerik akışının artmasını sağlamak ve müşterileri elde tutmak için hâlihazırda telekomünikasyon iş ortaklarıyla iş birliği yapmaktadır. Bununla birlikte, içerik talebinde bir artış olduğunda müşteriler genellikle 4G ağı üzerindeki kalite sorunlarından şikâyet sayılarında artışlar olabilmektedir. 5G'nin tanıtılması, OTT hizmetlerinin 5G sağlayıcılarıyla iş birliği yapmasını ve bu talep artışlarını kolayca karşılamasını sağlayacaktır (Baruah, 2022).

### 3.13.5 Sınırda CCN

Geleceğin en popüler internet mimarileri arasında "İçerik Merkezli Ağ Oluşturma" (Content-Centric Networking-CCN) son yıllarda çok fazla ilgi gördü. CCN'nin ağ yükünü azaltma, düşük gecikme süresi, enerji verimliliği ve güvenli ağ oluşturma gibi birçok avantajı vardır. CCN geleceğin çekici bir internet modeli olmasına rağmen hala deneysel aşamadadır ve araştırma topluluğu CCN'nin çeşitli yönlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını bulmaya çalışmaktadır. CCN'nin çekirdek mimarisinin önemli özelliklerinden biri, ara düğümlerin veya yönlendiricilerin içeriği geçici olarak bir sunucu görevi görmesine olanak tanıyan ağ içi önbelleğe alma özelliğidir. Bu özellik, ağ trafiğini azaltmada ve yanıt süresini artırmada önemli bir rol oynar. Bu özelliği kullanarak, tüm CCN ağı, ağdan haberdar olan büyük bir CDN gibi davranabilir. CCN'nin uç ağda uygulanmasının fizibilitesi birkaç araştırma tarafından kanıtlanmış ve doğrulanmıştır (Pandey vd., 2019, s.85).

## 3.14 OTT'nin Düzenlenmesi

OTT kullanımının artmasıyla birlikte düzenleyici yaklaşım kaçınılmaz hale gelmiştir. Vergilendirme ve haksız rekabet gibi durumlar nedeniyle OTT hizmetleri geleneksel muadillerine göre avantajlı durumda olur (Nakajima, 2015, s.153). Neyin düzenleneceği sorusu tespit edilmiş olsa da "nasıl" sorusu halen tartışılan konular arasında yer almaktadır.

Palfrey (2010) internet düzenleme dönemlerini dört aşama olarak tanımlamıştır: 2000 yılına kadar "açık internet", 2005 yılına kadar "reddedilen erişim", 2010 yılına kadar geçerli olan "kontrollü erişim"; ve son olarak hem kamu hem de özel alanları içeren "karma" ortam nedeniyle "erişim itirazı" olarak adlandırmıştır (Palfrey, 2010, s. 991). ITU, hükümetlerin veri ağlarının konuşlandırılması için elverişli bir ortam yaratarak, uygun düzeyde bir düzenleme sağlayarak ve eşit şartlar altında rekabeti mümkün kılan önlemleri uygulayarak yeni teknolojilere geçişi teşvik etmede önemli bir rol oynayabileceğini öne sürmektedir. Bunun ışığında, ITU "adil rekabeti, tüketiciyi korumayı, dinamik yeniliği, sürdürülebilir yatırımı, altyapı gelişimini, uygun maliyetli uluslararası hizmetleri teşvik eden standartlar" geliştirmeyi amaçlamaktadır (ITU, 2017, s. 1).

OTT düzenlenmesine ilişkin ana politika konuları arasında yetkilendirme, kişisel veri işleme, güvenlik, vergilendirme, ağ tarafsızlığı, rekabet kuralları ve gizlilik yer almaktadır. (Hazlett & Wright, 2017, s.488).

Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD) tarafından hazırlanan rapora göre, yeniliklerin bazı durumlarda deneyimli ve mevcut paydaşların pazar payını ortadan kaldırdığı "yıkıcı yeniliklere" dönüştüğü belirtilir. Bu yeniliklerden biri de OTT'nin sabit ve mobil ağlar üzerinden ses, video ve veri hizmetleri sağlamasıdır (OECD, 2016).

### 3.14.1. OTT Düzenlemesine Yönelik Ülke Eğilimleri

OTT kullanımının yaygınlaşması arttıkça, bunları düzenleyici bir bakış açısıyla ele alınmaya başlanmıştır. Düzenleme ile ilgili incelemeler büyük ölçüde çevrimiçi video hizmetlerinin nasıl sınıflandırılacağına, içerikle ilgili potansiyel gereksinimlere ve çevrimiçi video da dâhil olmak üzere dijital hizmetlerin vergilendirilmesine odaklanmıştır.

Fransa'da 30 Eylül 1986 tarihli Haberleşme Özgürlüğü Yasasının 33-1. Maddesi ile atanan frekanslar dışındaki ağlar ile iletilen eş zamanlı hizmetler, internet üzerinden yayınlanan televizyon hizmeti kapsamına girmektedir (Law No. 86-1067., n.d.). VoD sağlayıcılarının mali yükümlülüklerinden ikisi şudur. Birisi avrupa sinematografik ve görsel-işitsel eserlerin üretimine katkıda bulunması için İletişim Özgürlüğüne İlişkin Genel Kanun'da belirtilmiştir. Bir diğeri ise VoD sağlayıcılarını hem doğrudan bir yatırım yükümlülüğüne hem de film fonuna ödenecek bir vergiye tabi kılan video ve VOD vergisidir. İletişim Özgürlüğü Genel Yasası, yerel VoD sağlayıcıları için doğrudan yatırım yükümlülüğünün genel tanımını sağlar. "Video ve VoD Vergisi", VoD hizmetleri tarafından görsel-işitsel ve sinematografik içeriğin fiziksel ve çevrimiçi işlemlerinden elde edilen gelire dayanan vergiyi özetlemektedir. Video ve VoD Vergisi, 2018'de, Netflix ve YouTube gibi yabancı şirketlerin vergi ödemesini içerecek şekilde değiştirilmiştir (Komorowski vd., 2021, s.47).

Almanya'da Avrupa ve yerel görsel-işitsel içeriğin tanıtımına ilişkin ana yasal çerçeve, 7 Kasım 2020'de yürürlüğe giren yeni Medya-Devletlerarası Antlaşmasıdır (Medienstaatsvertrag'da-MStV). Antlaşma, kamu ve özel yayıncıların yanı sıra internet üzerinden yayın benzeri hizmetleri yani ayrıca VoD hizmetlerini de düzenler. Ancak özel mali yükümlülük tanımlanmamıştır. Avrupa film tanıtımına ilişkin mali yükümlülüklerle

ilgilenen ulusal medya yasası; film yapımı, dağıtımı ve gösterimi için mevcut finansman planı, sinema ve video endüstrisindeki ve yayıncılık sektöründeki teşebbüslere uygulanan bir "özel vergi" aracılığıyla finanse edilmektedir. VoD hizmet sağlayıcılarının yanı sıra sinema operatörleri ve video tedarikçileri, film kullanımından elde ettikleri gelirlere dayalı olarak zorunlu bir vergi ödemek zorundadır (Leiva & Albornoz, 2020, s.11)

İtalya'da Görsel-İşitsel ve Radyo Medya Hizmetleri Konsolide Kanunu, VoD sağlayıcılarına getirilen mali yükümlülükleri belirlemektedir. Yatırım yükümlülükleri, kanun ile yabancı VoD için getirilmiş ve genişletilmiştir. İtalyan medya düzenleyicisi, yatırım yükümlülüğünün toplanması ve uygulanmasından sorumludur. Konsolide Kanun, VoD servisleri tarafından bilgi sunulmasına ilişkin prosedürleri ve finansal yükümlülüklere uyulmamasının yaptırımlarını açıklar. Mevzuata uymak için, medya hizmet sağlayıcılarının gerekli bilgileri düzenleyici kuruma sunması gerekir (Komorowski vd., 2021, s.47).

Birleşik Krallık'ta televizyon ve radyo yayıncıları Birleşik Krallık'a içerik sağlamak için bir Ofcom lisansına ihtiyaç duyar. Bu lisanslar, yayıncıların yayın koduna uymasını sağlamanın yanı sıra bir dizi gerekliliği de ortaya koymaktadır. VoD hizmetlerinin bir lisansa ihtiyacı olmamasına rağmen VoD hizmetleri Birleşik Krallık'ta bulunuyorlarsa bir bildirim sürecini takip etmeleri gerekir. Bu, Ofcom Birleşik Krallık'ta bir VoD hizmeti sağlama niyetlerini bildirmeyi içerir ancak bir hizmet Ofcom'un yargı yetkisi altındaysa ancak Ofcom'u bilgilendirmiyorsa yine de kurallara uyması gerekir. Organizasyon kontrolünde bir değişiklik sonrasında bilgi sağlanması, Ofcom'a yıllık ücret ödemek, televizyon yayın içeriklerinin kayıtlarının en az 60 gün süreyle saklanmasının sağlanması ve istendiğinde bu kayıtların Ofcom'a sağlanması bu kurallar arasında yer alır ("Audience protection standards on video-on-Demand services," 2021).

Singapur'da OTT video hizmetleri sağlayıcıları yayın bildirimi kapsamında otomatik olarak sınıf lisansına sahiptir. Lisans ücreti ödemesine gerek olmadan 5 yıllık lisanlar alırlar. İlgili sınıf lisans koşullarına, internet uygulama kurallarına ve yönetmeliğe uymalıdırlar. Yerel OTT sağlayıcılar, düzenleyici otoritenin takdirine bağlı olarak abonelik temelli televizyon çerçevesi kapsamında lisanslamaya da tabi olabilir. ("Codes of practice and guidelines-Media" n.d.).

Çin'de OTT düzenleyici rejimi iki kategoriye ayrılır: internet üzerinden televizyonlara ve özel yönetilen ağlar aracılığıyla diğer cihazlara (OTT Tip 1); ve internet üzerinden televizyon dışındaki cihazlara iletilen içerik (OTT Tip 2). Ancak, düzenlemeler parçalıdır. OTT sağlayıcıları lisans almalıdır ancak bu yalnızca devlete ait işletmeler için geçerlidir. Kablolu TV ile aynı kısıtlamalara tabidir (Avia, 2022, s.11).

### 3.14.2 Türkiye'de OTT Düzenlemesi

"Radyo, Televizyon ve İsteğe Bağlı Yayınların İnternet Ortamından Sunumu Hakkında Yönetmelik", 1 Ağustos 2019 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Söz konusu yönetmelikte belirtilen şartları sağlayıp internet ortamından yayın hizmeti sunmak isteyen medya hizmet sağlayıcı kuruluşlardan radyo yayını sunmak için talepte bulunanlara İNTERNET-RD yayın lisansı, televizyon yayını sunmak için talepte bulunanlara İNTERNET-TV yayın lisansı, isteğe bağlı yayın hizmeti sunmak için talepte bulunanlara İNTERNET-İBYH yayın lisansı, internet ortamından yayın iletim hizmeti sunmak isteyen platform işletmecisi kuruluşlara ise "İNTERNET ORTAMINDAN YAYIN İLETİM YETKİSİ" verilmesi öngörülmüştür. Yayın lisansları kuruluşlara on yıl süreyle verilir. (Rtük, 2019)

İnternet ortamından yayın lisansı münhasıran radyo, televizyon ve isteğe bağlı yayın hizmeti sunmak amacıyla Türk Ticaret Kanunu hükümlerine göre kurulan anonim şirketlere verilir. İnternet ortamından yayın lisans başvurulan, yayın lisans başvurusuna ilişkin istenilen bilgi ve belgelerle RTÜK'e yapılır (Rtük, 2019).

Söz konusu Yönetmeliğin 10 uncu maddesi uyarınca, internet ortamından yayın lisansı bulunmayan yayın hizmetlerinin sunulduğunun tespiti halinde, bu durum Üst Kurulun internet sitesinde duyurulur. Bu duyuruda söz konusu yayın hizmetlerini sunan gerçek veya tüzel kişiye;

•Yönetmelik uyarınca internet ortamından yayın lisansı başvurusunda bulunabileceği, başvuru talebini içeren dilekçesi ve eki taahhütname ile birlikte üç aya tekabül eden yayın lisans ücretini peşin olarak ödemesi halinde üç ay süresince yayınlarına devam edebileceği,

•Belirtilen süre içerisinde internet ortamından yayın lisansı verilmesi işlemlerinin tamamlanmaması ve bu süre için de hesaplanacak yayın lisansı ücretini peşin olarak ödemesi halinde ilave üç ay daha yayın hizmetlerini sunabileceği,

•Başvuru talebini içeren dilekçesiyle birlikte taahhütnameyi sunmaz ve üç aya tekabül eden yayın lisans ücretini peşin olarak ödemez veya yayın hizmetlerine bu duyuruyu müteakiben yetmiş iki saat içerisinde son vermez ise Üst Kurul tarafından 6112 sayılı Kanunun 29/A maddesinin ikinci fıkrası uyarınca sulh ceza hâkiminden söz konusu yayınla ilgili olarak içeriğin çıkarılması ve/veya erişimin engellenmesi talebinde bulunulacağı ve ayrıca aynı Kanunun 33 üncü maddesinin birinci fıkrası uyarınca ilgililer hakkında suç duyurusunda bulunulacağı ihtar edilir.

Söz konusu ihtar Üst Kurulun internet sitesinde yayımlanır. İhtar üzerine, yayın lisans başvurusunda bulunanlar yayın lisansı verilmesi işlemleri tamamlanıncaya kadar bu maddede belirtilen süre ve koşullarla yayın hizmetlerini sunmaya devam edebilirler. Yayın lisansı başvurusunda bulunulmaması halinde, Üst Kurul tarafından;

•Sulh ceza hâkiminden içeriğin yayından çıkarılması ve/veya erişimin engellenmesi talep edilir

•Yayın yapan gerçek kişiler ile tüzel kişilerin yönetim kumlu üyeleri ve genel müdürü hakkında suç duyurusunda bulunulur.

# SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde “Sonuçlar” ve “Öneriler” başlıkları bulunmaktadır. İki başlığa ait açıklamalar aşağıda yer almaktadır.

## Sonuçlar

Görsel medya teknolojisi yıllar boyunca yaşadığı dönüşümler sonrası teknolojik evrim geçirmiş ve nihayetinde internet üzerinden yayıncılık ivme kazanmıştır. Son yıllarda artan internet erişim hızı ve mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte tüketici alışkanlıklarında değişim yaşanmış ve lineer olmayan video izleme konusunda açık bir artış eğilimi olmuştur. Her zaman ve her yerde erişebilecekleri hizmetleri tercih edebilmek tüketicileri cezbetmiş ve OTT tabanlı servislerin sayısı yükselişe geçmiştir. Bu hızlı büyümeyle birlikte söz konusu sistemlerin ölçeklenebilirlik, güvenilirlik ve QoE sorunları gibi çeşitli zorluklarla karşılaşılmıştır.

IPTV ve OTT, içerikleri IP ağları üzerinden dağıtan iki teknoloji ortamını ifade ener ancak aralarındaki temel fark, IPTV'nin yönetilen bir ağ üzerinden kullanılmak üzere tasarlanmış olmasıdır. OTT ise yönetilmeyen ağlar üzerinden içerik teslimi yapar. OTT video hizmetleri içerisinde yer alan isteğe bağlı yayıncılık türleri arasında reklam tabanlı video hizmetleri (YouTube, Dailymotion), seçilen içeriğe ödeme yaparak erişim sağlanan video hizmetleri (Apple iTunes, Google Play) ve abonelik tabanlı video hizmetleri (Netflix, Blu TV, Amazon Prime Video) bulunmaktadır.

Birden çok türde medya oynatma özelliğine sahip aygıtlarda internet bağlantıları aracılığıyla video bulma, seçme ve alma işlemlerini yapmada akış hizmetleri kullanılır. Akış hizmetleri erişim kontrolü (güvenlik ve faturalandırma), medya dönüştürme, oynatma ve etkileşimi sağlar. Mevcut akış teknolojileri temel alındığında potansiyel açısından uyarlanabilir segmentlere ayrılmış HTTP tabanlı dağıtım dikkat çekmektedir. Kullanıcı tarafından algılanan gecikmeyi azaltmadaki özellikleri ve tüm CDN dağıtımı için önemi göz önüne alındığında, önceden getirmenin rolü ve etkinliği önem arz etmektedir.

OTT'de içerik yönetilmeyen ağlar üzerinden dağıtıldığından, farklı telekomünikasyon ağlarının yapısını, sorunlarını ve sonuçlarını anlamak gerekir. Ağ yapısı içerisinde yer alan erişim ağı, çekirdek ve tüketici donanımlarını birbirine bağlayan ağ

yapısıdır. Başlangıçta ses trafiği için geliştirilen bu ağlar, daha sonrasında veri trafiği için de evirilmiştir. FTTX, HFC, Xdsl ve mobil ağlar temel erişim ağı teknolojileridir.

SDN ve NFV, temel olarak ağdaki kontrol ve iletme veri düzlemlerinin ayrıldığı yeni ağ oluşturma paradigmalarıdır. SDN, ağ işlevlerini iki gruba ayırır: yerel kararlara dayalı olarak veri iletmekten sorumlu veri düzlemi ve veri paketleri için en uygun yolları belirleyen merkezi karar verme algoritmalarından sorumlu kontrol düzlemidir. SDN, trafik akışlarını kontrol etmek, ağları bölmek ve uygulama esnasında QoS sağlamak için kullanılan veri aktarımını ve programlanabilme olanaklarını optimize etmeye odaklanır. Öte yandan NFV, yazılımda ağ işlevlerini uygulama, ağ işlevlerini sağlama, kontrol etme, dağıtımı sanallaştırma ve düzenlemeye odaklıdır. SDN ve NFV, esnek ağlar oluşturmak için birleştirilebilir ancak birbirlerine bağımlı değillerdir. SDN, ağ işlevlerinin geliştirilmesini ve dağıtımını desteklemek için NFV altyapısının programlanma yeteneğine izin verirken NFV, dinamik olarak oluşturulabilen ve dağıtılabilen ağ işlevleri oluşturmak amacıyla ayrılmış ağ kapasitesi ve işlevselliğe izin verir

Multimedyayı tüketim kısmında IP paket formatında medya alabilen ve bunu kullanıcılar tarafından görüntülenebilecek medyaya dönüştürebilen OTT görüntüleme cihazları bulunur. IP video sinyallerini dönüştürmek için dijital ortam adaptör kutuları kullanan standart televizyonlardan dijital video görüntüleme özelliklerine sahip cep telefonlarına kadar çeşitlilik gösterir. Çoklu ekran gelişimi ve nesnelerin internetinin yaygınlaşmasıyla OTT içeriklerini başka birçok ekrana getirebilir. Gelecekte multimedya tüketiminin zaten hali hazırda çalışmaları yapılan aynalarda, gözlüklerde ve hatta hava gibi ortamlarda kullanımı yaygınlaşabilir.

Multimedya dağıtımının başarısında görüntüleme deneyiminin olumlu olması çok etkilidir. Yavaş başlama süreleri, ara belleğe alma, düşük kaliteli videolar ve oynatıcı çökmeleri gibi faktörler hem o video hem de bir bütün olarak platform için kullanıcı deneyimini azaltır ve görüntüleme süresini kısaltır. Kullanıcı deneyimi hakkındaki değerlendirmeler QoS ve QoE olmak üzere iki terim etrafında toplanır. QoS, bireysel uygulamalar veya protokoller arasında bir bant genişliği ilişkisini garanti eden bir dizi yöntem iken QoE, bir uygulama veya hizmet kullanıcısının memnuniyet veya sıkıntı derecesidir. QoE, kullanıcının kişiliği ve mevcut durumu ışığında uygulama veya hizmetten yararlanma ile ilgili beklentilerinin yerine getirilip getirilmemesini temel alır. OTT sağlayıcı için deneyim kalitesinin sürekli ölçümü ve bu seviyelerin yüksekte tutulması son derece önemlidir.

İçerik dağıtım ağları OTT multimedya ağlarının tüm yapısının temelini oluşturur. CDN, OTT içeriğinin hedef kitleye mümkün olan en verimli şekilde ulaşmasına yardımcı olan bir sistemdir. CDN'nin ağ kısmı, dünya çapındaki çok sayıda sunucudan oluşur. CDN'ler sayesinde bir kullanıcı bulunduğu yerden bağımsız olarak, içeriğin yüklenmesini beklemek zorunda kalmaz. CDN ayrıca beklenmedik trafik artışları durumunda OTT platformunun işlevsel kalmasını sağlar. Netflix, Amazon ve Google gibi firmalar OTT hizmetlerini son kullanıcılara sunmak için Open connect, Cloudfront ve Google peering ağları adlı kendi CDN hizmetlerine sahiptir.

OTT sisteminde yer alan başlıklardan birisi de meta verileridir. Bu veriler program başlığı, medya formatı, çalışma zamanı ve diğer veriler gibi multimedyanın özelliklerini tanımlayan bilgilerdir. Ayrıca tüketicinin mevcut içerik ortamlarının olası listelerinin ön izlemesine ve bunlardan seçim yapmasına olanak tanıyan bir liste veya arayüzü olarak program rehberleri kullanılır. Program rehberleri, basit kaydırmalı dizin listelerinden, kullanıcının program kılavuzlarında tema, zaman dilimi veya diğer kıstaslara göre arama yapmasına dinamik olarak izin veren etkileşimli filtrelere kadar değişebilir. Program rehberleri arasında, Barker Channel, EPG ve IPG gibi rehberler yer alır.

OTT sistemlerinde medya sinyalinin akışı sırasında hız kontrol işlemleri sağlama yeteneği olan trick mode kavramı kullanılır. OTT sistemleri için, izleyicinin programın oynatma modunu geri sarma, hızlı ileri sarma gibi özelliklere izin vermek için bu mod kullanılır. Kullanıcı oynatma modunu değiştirdiğinde (hızlı ileri sarma gibi), sistem medyaların kaynağını, akış programının farklı bir oynatma hızında depolanmış başka bir sürümü ile değiştirir. Bu, aynı video programının dönüştürülmesi ve farklı bit hızlarına sahip birden çok sürümde saklanması gerektiği anlamına gelir. Ayrıca medyanın coğrafi konuma göre dağıtılmasını kontrol etmede kullanılan sistemin genel adı coğrafi engellemedir. Coğrafi engelleme içeriğin teslimini alıcının konumuna göre kontrol etme yeteneğidir.

İçeriği doğrudan kullanıcıya ulaştırmak için OTT içerik sağlayıcıları açık interneti kullanır. Video içeriğinin dağıtımında güvenlik önemli bir yer tuttuğundan bu sorunu çözmek için bazı çözümler geliştirilmiştir. Dijital hak yönetimi denilen DRM şifreleme yöntemleri kullanarak akışları korumaya çalışırlar. Apple HLS akışını korumanın yollarından biri AES-128'dir. PlayReady ise Microsoft'a ait bir DRM teknolojisidir.

Playout sistemi, önceden belirlenmiş zaman çizelgelerinde doğrusal televizyon kanallarındaki zaman dilimleri gibi kullanıcılara veya dağıtıcılara medya akışını başlatabilen, yönetebilen ve sonlandırabilen bir cihaz ve yazılım kombinasyonudur.

Reklam ekleme, bir program içinde görünen medyanın bir kısmını reklamlar ile birleştirme veya değiştirme işlemidir. Yayın sistemleri için, reklamlar tipik olarak dağıtım ağı tarafından belirlendiği şekilde ulusal veya coğrafi bir temelde eklenir. OTT akışlı video sistemleri için, reklam ekleri, izleyicinin profiline göre belirli kullanıcılara yönlendirilebilir. Abone yönetim sistemi, her bir izleyiciyi tanımlar ve almaya yetkili oldukları içerik türlerini belirler.

OTT sistem seçenekleri arasında barındırılan OTT sistem seçeneği, OTT sağlayıcısının sistemi uzak bir yönetim terminalinden kurmasını ve çalıştırmasını sağlar. Medya yönetimi, faturalandırma ve oynatma işlevlerini içeren birleştirilmiş bir donanım sistemi kullanan entegre OTT seçeneği ve bu işlevler için ayrı donanım kullanılmasına olanak tanıyan özel OTT seçeneği yer alır.

Ağ tarafsızlığı, bir bilgi ağındaki tüm veri paketlerinin eşit olarak ele alınması ilkesini ifade eder. İnternet geleneksel olarak aşağı yukarı bu prensibe göre işlev görürken, son teknolojik gelişmeler ağ operatörlerinin paketleri ayırt etme olanağını açmıştır. Yüksek bant genişliğine sahip uygulamaların ve içeriğin internet üzerinden iletilmesini sağlayan geniş bandın ortaya çıkışı, farklılaştırılmış trafik yönetimi talebini artırmıştır. Sonuç olarak, ağ tarafsızlığının korunup korunmaması gerektiği ve ne ölçüde sağlanacağı konusu sürekli tartışılan bir konu haline gelmiştir.

OTT servis sağlayıcılarının karşı karşıya olduğu çeşitli zorluklar vardır. Teknolojik avantajlar ölçeklenebilirliği artırmasına rağmen gelecekte içerik miktarı artacak ve sürekli artan yüksek kaliteli içerik ve daha iyi QoE talebini karşılamak için altyapıyı bir sonraki seviyeye ölçeklendirmek önemli ve zorlu olacaktır. Ayrıca çoğu kullanıcı popüler içeriği izlemek isteyebilir ancak popüler olmayan bir içerik talep ettiklerinde yine de aynı QoE'yi beklerler. Bununla birlikte, bu içeriklerin kaynak sunucudan akışı, kullanıcılar için QoE'yi azaltır. Ancak, tüm bu içerikleri sağlamak için, CDN'ler tarafından sağlanan uç önbelleğe almanın ötesinde hizmet altyapısının iyileştirilmesi gerekmektedir. Canlı akış durumunda ise ağın aynı anda farklı kullanıcılara aynı video parçalarını gönderme yaklaşımında aynı içerikten oluşan ayrı bir akışa sahip olacaktır. Bu, yalnızca bir akış için tüketilen çok fazla bant genişliğidir. Bu nedenle canlı TV uygulamaları daha pahalıdır.

Video akışında blok zincir kullanımı yeni bir yaklaşımdır. Blok zincir, kriptografik algoritmalar kullanılarak birbirine bağlanan blokların, yani kayıtların dijital bir listesidir. Hizmet Olarak Blok zincir (BaaS) hem şirketlerin hem de tüketicilerin, bant genişliği yönetimi, kaynak tahsisi ve barındırma gereksinimleri gibi gerekli işlevlerle güvenli blok zinciri uygulamaları geliştirmesine, test etmesine ve dağıtmasına olanak tanır.

OpenCache İSS'lerin kullanılması, erişim ağına daha derin nüfuz edebilen bir açık önbelleğe alma altyapısı sağlayabilmesidir. Bu yaklaşım, CDN'lerin en iyi uygulamalarını son kullanıcılara yaklaştıracaktır. ABR tekniklerine rağmen canlı TV akışları için çok fazla trafik oluşturur. Çok noktaya yayın destekli ABR yaklaşımı, ağ üzerinden dağıtım için bu tıkanıklığın bir kısmını hafifletmeye yardımcı olabilecek bir teknolojidir.

Kesintisiz canlı video akışı ve yüksek kaliteli içerik talepleri arttıkça 5G teknolojisi, OTT görüntüleyici deneyimini yepyeni bir düzeye taşımak için kazançlı bir fırsat sunar. Günümüzde tüketilen mobil internet bant genişliğinin çoğunluğundan video içerikleri sorumlu olduğundan, yükseltilmiş bağlantı dijital akış sağlayıcıları için yeni kapılar açacaktır.

İnternet hizmet sağlayıcıları, kendi ağlarını oluşturmaya odaklandıklarından içerik dağıtım hizmetine ve bulut hizmeti sağlayıcılarına çok fazla iş kaybedebilir. Uygulama geliştiricileri hizmetlerini barındırmak için bulutu seçtiğinden, İSS yalnızca erişim ağındaki yerel topluluklara trafik sağlamakla sınırlı kalacaktır. Ayrıca bulut hizmet sağlayıcısı, özünde kendi altyapısına bağımlı olmaya başlar.

"Radyo, Televizyon ve İsteğe Bağlı Yayınların İnternet Ortamından Sunumu Hakkında Yönetmelik", sonrası küresel ölçekte SVoD hizmeti sunan kuruluşlar RTÜK'e lisans başvurusunda bulunmuşlardır. Söz konusu kuruluşlar, ilgili Kanun ve Yönetmelik'te yer alan şartları yerine getirerek internet ortamından yayın faaliyetlerini sürdürebilmeleri adına gereken yayın lisanslarını RTÜK'ten almışlardır.

OTT sistemleri, bu sektördeki önceki teknolojik gelişmelerden farklılıklar içermektedir. OTT teknolojisi üzerine yapılan araştırmaların literatüre eklenmesi, bu teknolojinin sonuçlarının yayıncılık endüstrisinde önemli bir değişimi temsil ettiği için son derece önemlidir.

OTT sistemleri gelişimi oldukça genç olduğundan, bu çalışmada tanımlanan etkilerin yukarıda açıklanandan farklı bir şekilde ortaya çıkma olasılığı mevcuttur. Teknoloji gelişiminin kaçınılmaz doğası olarak OTT gelişiminin gelecekteki etkileri ve sonuçları bu çalışmada bulunanlardan farklı olma ihtimali mevcuttur.

## Öneriler

Bu tez çalışmasında yapılan değerlendirmeler ile elde edilen veriler ışığında iki alt başlıkta verilebilecek tavsiyeler şunlardır:

### RTÜK

- Sürekli gelişim içerisinde olan internet teknolojilerinin yayıncılık alanına tesiri yakından takip edilmelidir.
- OTT teknolojisi üzerinden yapılan yayıncılığın gelişimini yakından takip etmek amacıyla uydu, kablo, karasal ortamları içeren geleneksel yayıncılık ile birlikte izleme eğilimlerinin araştırılması gerekmektedir.
- OTT multimedya hizmetlerinin verimli bir şekilde düzenlenebilmesi için kullanılan teknolojik altyapıya hâkim olunması gerekmektedir.
- Engelli bireylerin de isteğe bağlı yayıncılığa erişebilmesi adına hizmet sağlayıcılar bilgilendirilmeli ve teşvik edilmelidir.
- Multimedya tüketicilerinin OTT video hizmetlerinde beklentileri geniş bir şekilde tetkik edilmeli ve elde edilen sonuçlar tüm ayrıntılarıyla medya hizmet sağlayıcı kuruluşlar ile paylaşılmalıdır.
- OTT sistemlerindeki gelişmeler yakından takip edilmeli ve Türkiye'deki endüstriler üzerinde nasıl bir etkisi olacağı araştırılmalıdır.

### OTT İçerik Sağlayıcılar

- Akıllı işaretlerin isteğe bağlı yayıncılık alanındaki platformlarda yer alan bilgi kısmında içerik tüketicileri tarafından kolaylıkla fark edilebilecek şekilde gösterilmelidir.
- OTT platformları, bir istisna talep edilmediği sürece düz metin bağlantılarını engelleyerek güvenli olmayan bağlantıları caydırmak için politikalar geliştirmelidir.
- OTT platformları, internet tarayıcılarında iyi bir gizlilik kontrolleri sunmalıdır.
- Platformlar kullanıcı bilgileri toplarken kullanıcının gizlilik hakkını koruyan yasalara uymalıdır.

- Yaş doğrulama dâhil olmak üzere hem otomatik hem de kullanıcı tarafından etkinleştirilen bir dizi araç uygulanmalıdır.

# KAYNAKLAR


Abrahamsson, H. & Bj¨orkman, M. (2013) Caching for iptv distribution with time-shift. In Computing, Networking and Communications (ICNC), 2013 International Conference on, 916–921.

ADSL frequency plan.svg. (n.d.). Wikipedia. Retrieved July 19, 2022, from https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:ADSL_frequency_plan.svg

Akcan, S. (2017), Televizyon yayıncılığının sosyal tv aracılığıyla sosyal medya ile etkileşimi [Yüksek lisans tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi].

Akyol, O. (2012), Gelişen televizyon yayın teknolojileri ve etkileşimli yayıncılık uygulamaları [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi].

Alam, I., Khusro, S., Naeem, M. (2017). A review of smart tv: Past, present, and future,. International Conference on Open Source Systems & Technologies (ICOSST), 35-41.

Allard, M., & Dam, S. (2012). Considerations when evaluating a playout system ımplementation. grass valley.

Amazon CloudFront. (n.d.). Amazon Web Services, Inc. Retrieved April 2, 2022, from https://aws.amazon.com/tr/cloudfront/

Andersson, J.A., Du, M., Zhang, H., Kihl, M., H`yst, S., Lagerstedt, C., et al. (2016) User profiling for pre-fetching or caching in a catch-up tv network. In Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB), 2016 IEEE International Symposium on, 1–4.

Arun Kumar BR, Lokanatha C Reddy, and Prakash S Hiremath. 2008. Rtsp audio and video streaming for qos in wireless mobile devices. IJCSNS, 8(1):96.

Audience protection standards on video-on-Demand services. (2021, August 31). Retrieved June 11, 2022, from https://www.gov.uk/government/consultations/audience-protection-standards-on-video-on-demand-services/audience-protection-standards-on-video-on-demand-services

Avia (2022). Ott tv polıcıes In asıa summary reports.

Barman, N., Deepak, G.C., Maria, M. (2020). Blockchain for video streaming: opportunities, challenges and open ıssues. Computer 53(7), 1-8.

Baruah, B. (2022, April 11). What has 5G in store for OTT services. Full-service digital transformation company ı robosoft technologies. Retrieved May 18, 2022, from https://www.robosoftin.com/blog/5g-impact-on-ott

Begen, A., Akgul, T., Baugher, M.. (2011). Watching video over the web: Part 1: streaming protocols. IEEE Internet Computing, 15(2):54–63.

BL blog | Online camera gear rental, news, tutorials. (n.d.). BorrowLenses Blog. Retrieved December 10, 2021, from https://www.borrowlenses.com/blog/video-file-formats/

Blair, A., Parr, G., Morrow, P., Scotney, B., Appleby, S, Nilsson, M. (2011). A Unified architecture for video delivery over the ınternet.

Bonino, D., Fulvio Corno, F., Squillero, G. (2003) A real-time evolutionary algorithm for web prediction. IEEE/WIC International Conference on, 139–145.

Boscovic, D., Vakil, F., Dautović, S., Tošić, M. (2011) Pervasive wireless CDN for greening video streaming to mobile devices, 2011 Proceedings of the 34th International Convention MIPRO, 629-636.

Bouten, N., Latre´, S., Meerssche, W.V, Vleeschauwer, B, Schepper, K., Leekwijck, W.V, Turck, F. (2013). A multicast-enabled delivery framework for qoE assurance of Over-The-Top services in multimedia access networks. Journal of Network and Systems Management.

Broadbent, M., King, D., Baildon, S., Georgalas, N., Race, N. (2015). OpenCache: A software-defined content caching platform," Proceedings of the 2015 1st IEEE Conference on Network Softwarization (NetSoft), 1-5.

Brown, M. (2006, January). Traffic Control HOWTO. Retrieved July 18, 2022, from http://linux-ip.net/articles/Traffic-Control-HOWTO

Provolt, B., (2000) Xdsl tutorial. Schott Corporation.

Callet, P.L., S. M¨oller, S., A. Perkis, A. (2012) Qualinet white paper on definitions of quality of experience

Chen, C.M., Ling, Y., Pang, M., Chen, W., Cai, S., Suwa, Y., et al. (2005) Scalable request routing with next-neighbor load sharing in multiserver environments. In 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'05), volume 1, 441–446.

Cicoria, W., Farmer, J., Large, D., Adams, M., (2004). Modern cable television technology. Morgan Kaufmann Publishing.

Codes of practice and guidelines - Media (n.d.). Infocomm Media Development Authority. Retrieved July 6, 2022, from https://www.imda.gov.sg/regulations-and-licensing/Regulations/Codes-of-Practice/Codes-of-Practice-and-Guidelines---Media

Coelho, S. (2010). Fibra óptica na rede de acesso: tecnologias e soluções [Yüksek lisans tezi, Universidade de Aveiro].

Computer networking, Chapter 1, computer networks and the internet, notes. (2018, September 4). Retrieved July 2, 2022, from https://dafenghh.github.io/post/527c28.html

Conlan, P.J., (2009) Cisco network professional's advanced ınternetworking guide. John Wiley and Sons Publishing Ltd.

Çalışkan, G. (2020, October 25). Ölçeklenebilirlik nedir? Binbiriz. Retrieved March 6, 2022, from https://binbiriz.com/blog/olceklenebilirlik-nedir

Bonino, D., Fulvio Corno, F., Squillero, G. (2003) A real-time evolutionary algorithm for web prediction. IEEE/WIC International Conference on, 139–145.

Darwin streaming server. (n.d.). macOS forge. Retrieved May 27, 2022, from https://macosforge.github.io/dss/

Dong, K., He, J., Song, W. (2015) Qoe-aware adaptive bitrate video streaming over mobile networks with caching proxy. In Computing, Networking and Communications (ICNC), 2015 International Conference on, 737–741.

Domantas, G. & Tashia, T. (2022, July 27). What is cdn? content delivery network explained. Hostinger Tutorials. Retrieved May 13, 2022, from https://www.hostinger.com/tutorials/what-is-cdn

Duhamel, H. (2022, July 26). The 15 best white label streaming services and platforms. Dacast. Retrieved May 8, 2022, from https://www.dacast.com/blog/how-does-white-label-video-streaming-work/

Eardley, P. & Ma, K. (2011) Use cases for content delivery network interconnection draft-ietfcdni-use-cases-00.

*Explore video bitrate*. (n.d.). Retrieved February 15, 2022, from https://www.adobe.com/creativecloud/video/discover/bit-rate.html

Fan, L., Cao, P., Almeida, J., Broder, A.Z. (2000) Summary cache: a scalable wide-area web cache sharing protocol. IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), 8(3):281–293.

Fairplay streaming. (n.d.). Apple developer. Retrieved May 2, 2022, from https://developer.apple.com/streaming/fps/

Flumotion. Retrieved June 30, 2022, from https://www.flumotion.com/soluciones/

Fujimoto, K., Akaike, H., Okada, N., Miura, K., Muraoka, H. (2010). Power-aware proactive storage-tiering management for high-speed tiered-storage systems. First USENIX Workshop on Sustainable Information Technology

Gawade, S. & Gupta, H. (2012). Review of algorithms for web pre-fetching and caching. Int. J. Adv. Res. Comput. Commun. Eng, 1(2):62–65.

Geo-blocking video & geo restrictions across territories guide. (2022, June 3). VdoCipher Blog. Retrieved June 12, 2022, from https://www.vdocipher.com/blog/2022/06/geo-blocking-video-for-geo-restrictions/

Grzenda, M., Awad, A.I., Furtak, I., Legierski, J. (2016). Advances in network systems: architectures, security, and applications. Springer.

Ghribi, B., Logrippo, L. Computer Networks 34 (2000) Understanding GPRS: the GSM packet radio service. Computer Networks 34, 763-779.

Google Edge Network. (n.d.). Retrieved May 28, 2022, from https://peering.google.com

Google edge network infrastructure. (n.d.). Google Edge Network. Retrieved May 28, 2022, from https://peering.google.com/#/infrastructure

Hart, J.D., (2007) Internet Law. BNA Books.

Harte, L. (2021) OTT and streaming tv. DiscoverNet Publishing

Hazlett, T.W., Wright, J.D. (2017). The effect of regulation on broadband markets: Evaluating the empirical evidence in the FCC's 2015 "open internet" order. Review of Industrial Organization, 50(4), 487-507.

Henken, P. (2021, September 26). Video Codec: Here's what you need to know. Retrieved December 12, 2021, from https://corp.kaltura.com/blog/video-codec/

HFC Network Diagram. (n.d.). Retrieved June 6, 2022, from https://en.wikipedia.org/wiki/File:HFC_Network_Diagram.png

Hirvonen, M. (2009). Two-phased network traffic classification method for quality of service management. [Master's thesis, University of Oulu, The Department of Electrical and Information Engineering].

Huang, C., Li, J., Ross, K.W. Can internet video-on-demand be profitable? ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev., vol. 37, no. 4, 133.

Huang, D., Zhao, J., Wang, X. (2010) Agiler: A p2p live streaming system with low playback lag. In Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (CollaborateCom), 2010 6th International Conference on, 1–10.

HTTP Live Streaming. (n.d.). Apple Developer. Retrieved April 7, 2022, from https://developer.apple.com/documentation/http_live_streaming

IP set-top box. (n.d.). Retrieved August 11, 2022, from https://www.microchip.com/en-us/solutions/ethernet-technology/consumer/ip-set-top-box

ITU. (2017), What's the economic ımpact of 'Over-the-Top' (OTT) players? Available from: http://www.news.itu.int/impact-of-ottplayers. [Last accessed on 2017 Nov 01].

İAB (2019) OTT streaming video playbook for advanced marketers. [Brochure].

ITU-T. Recommendation ITU-T D.262 (05/2019): Collaborative framework for OTTs.

ITU-T Recommendation P.800, (1996). Methods for subjective determination of transmission quality.

Jarnikov, D. & Özçelebi, T. (2010) Client intelligence for adaptive streaming solutions. Multimedia and Expo (ICME), 2010 IEEE International Conference on, 1499-1504.

Johndeu. (n.d.). Smooth streaming primer. Microsoft Docs. Retrieved March 26, 2022, from https://docs.microsoft.com/en-us/iis/media/smooth-streaming/smooth-streaming-primer

Kamiyama, N., Nakano, Y., Shiomoto, K., Hasegawa, G., Murata, M., Miyahara, H. (2016). Analyzing effect of edge computing on reduction of web response time. IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Washington, DC, 1-6.

Kerpez, K., Waring, D., Lapiotis, G., Lyles, J., Vaidyanathan, R. (2006). Iptv service assurance, Communications Magazine, IEEE, vol. 44, no. 9, 166 –172.

Kilkki, K. (2008) Quality of experience in communications ecosystem. Journal of Universal Computer Science, vol. 14, no. 5, 615–624.

Kobylarz, T. (2021, April 2). What is subscription management software and why you need it | Straal blog. Straal. Retrieved May 16, 2022, from https://straal.com/what-is-subscription-management-software/

Kochovski, A. (2021, September 23). Why is online storage useful? Cloudwards. Retrieved August 7, 2022, from https://www.cloudwards.net/why-is-online-storage-useful/

Komorowski, M., Iordache, C., Kostovska, I., Tintel, S., Raats, T. (2021). Investment obligations for VOD providers to financially contribute to the production of European works, a 2021 update. Brussel:imec-SMIT-VUB.

Krings, E. (2018, September 4). Computer networking, Chapter 1, computer networks and the internet, notes. Retrieved October 10, 2022, fromhttps://www.dacast.com/blog/codec-vs-container/

Lara, A. (2014) Network innovation using OpenFlow: a survey. IEEE Commun Surv Tutor 16 (1):493-512.

Law No. 86-1067. (n.d.). Retrieved August 14, 2022, from https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006068930/

Leiva, M. T. G. & Albornoz, L.A. (2020). VOD service providers and regulation in the European Union: an audiovisual diversity approach, International Journal of Cultural Policy.

Lessing, L. & McChesney, R.W. (2006, June 8). No Tolls on The Internet. The Washington Post. https://www.washingtonpost.com/archive/opinions/2006/06/08/no-tolls-on-the-internet/4eb473cd-9ff1-4335-a2c0-a5a505feca58/

Lewcio, B. & Moller, S. (2011) A testbed for qoe-based multimedia streaming optimization in heterogeneous wireless networks. In Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS), 5th International Conference on, 1–9.

Liu, W., (2014). Research on offline storage of web page. Applied Mechanics and Materials, 518, 305–309.

Lochan, D. (2021, November 16). Improving content streaming UX one bit(rate) at a time. Medium. Retrieved May 19, 2022, from https://tech.trell.co/improving-content-streaming-ux-one-bit-rate-at-a-time-97e5fb850438

*Lte*. (n.d.). 3GPP. Retrieved August 3, 2022, from https://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte

Meza, P.E. (2007). Coming attractions? Stanford University Press.

Microsoft Corporation, (2008). Microsoft playReady content access technology white paper.

Miller, K., Quacchio, E., Gennari, G., Wolisz, A., (2012). Adaptation algorithm for adaptive streaming over http. IEEE In 2012 19th International Packet Video Workshop (PV), 173–178.

Nakajima, S. (2015). OTT regulation the internet is becoming not-so-free. Communications and Strategies, 98, 153.

Naresh, S. (2022, May 2). Smart recommendation system for OTT platforms. Medium. Retrieved July 15, 2022, from https://medium.com/mobiotics/smart-recommendation-system-for-ott-platforms-f0e79b8e520

Mueller, C. (2022, July 6). *MPEG_DASH dynamic adaptive streaming over HTTP*. Bitmovin. Retrieved March 28, 2022, from https://bitmovin.com/mpeg-dash

Niven-Jenkins, B., Faucheur, F.L., Bitar, N. (2012) Content distribution network interconnection (cdni) problem statement. Technical report.

Nogueira, J., Guardalben, L., Cardoso, B., Sargento, S. (2016a). Catch-up tv analytics: statistical characterization and consumption patterns identification on a production service. Multimedia Systems, 1–19.

Nogueira, J., Gonzalez, D., Guardalben, L., Sargento, S. (2016b). Over-the-top catch-up tv content-aware caching. In Computers and Communication (ISCC), 2016 IEEE Symposium on, 1012–1017.

O'driscoll G (2008) Next generation ıptv services and technologies. Wiley Publication, Canada.

OECD. (2016), Digital economy papers, digital convergence and beyond No. 251, Ministerial Meeting on the Digital Economy.

Open Connect Overview. (n.d.). Netflix | Open Connect. Retrieved April 12, 2022, from https://openconnect.netflix.com/Open-Connect-Overview.pdf

Palfrey, J. (2010). Four phases of internet regulation. Social Research, 77, 981-996.

Pallis, G. & Athena Vakali, A. (2006) Insight and perspectives for content delivery networks. Communications of the ACM, 49(1):101–106.

Pandey, S., Choi, M.J., Park, S. (2019). The evolution of over the top (ott): standardization, key players and challenges. Majlesi Journal of Electrical Engineering, 55(4), 81-87.

Pandey, S., Won, Y.J., Choi, M.J., Gil, J.M. (2016) Community model for smart tv over the top services. Journal of Information Processing System, 12(4) pp 577-590.

Pathan, A.M. & Buyya, R. (2077) A taxonomy and survey of content delivery networks. Grid Computing and Distributed Systems Laboratory, University of Melbourne, Technical Report, 1–44.

Peisa, J., Wager, S., Sagfors, M., Torsner, J., Göransson, B., Fulghum, T., Cozzo, C., et al. (2007). High speed packet access evolution - concept and technologies. 819-824.

Pescador, F., Sanz, C., Garrido, M.J., Santos, C., Antineollo, R. (2006). DSP based IP set-top box for home entertainment. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 52(1), 254-262

Phillips, P. (2006) Censored 2007. Seven Stories Press.

Policy brief: Network neutrality. (2017, December 13). Internet Society. Retrieved August 11, 2022, from https://www.internetsociety.org/policybriefs/networkneutrality/

Popescu A. (2018) Greening video distribution networks, Computer Communications and Networks Springer.

Progressive download. (n.d.). Retrieved April 18, 2022, from https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraflar/video-player-bar

*Pros and cons of net neutrality – Information, people, and technology*. (n.d.). https://psu.pb.unizin.org/ist110/chapter/9-1-pros-and-cons-of-net-neutrality/

Ravi, S., Shah, D. (2014). A Survey of Adaptive Streaming over http. Journal of Electronics and Communication Engineering, 9 (2), 78-81.

Recommendation engines for OTT platforms to personalize video streaming. (2021, October 5). Video Marketing And Advertising Blog | YouTube Advertising News Updates | ReelnReel. Retrieved June 16, 2022, from https://www.reelnreel.com/recommendation-engines-for-ott-platforms/

Red5. (2016, November 1). Retrieved May 15, 2022, from https://www.red5pro.com/

RTÜK. (2019, Ağustos 1). RTÜK | Duyurular. https://www.rtuk.gov.tr/radyo-televizyon-ve-istege-bagli-yayinlarin-internet-ortamindan-sunumu-hakkinda-yonetmelik-yururluge-girdi/3594 sayfasından erişilmiştir. Erişim tarihi: 10.06.2022.

Sabella, D., Vaillant, A., Kuure, P., Rauschenbach, U., Giust, F. (2016). Mobile-Edge Computing Architecture: The role of MEC in the ınternet of things. In IEEE Consumer Electronics Magazine, vol. 5, no. 4, 84-91.

Sandberg, P. (2020, January 30). Broadpeak delivers at convergence India 2020. Retrieved August 2, 2022, from https://content-technology.com/asia-pacific-news/broadpeak-delivers-at-convergence-india-2020/

Satyanarayanan, M. (2017) The emergence of edge computing. Computer 50(1):30–39.

Seppanen, J. & Varela, M. (2013). QoE-Driven network management for real-time over-the-top multimedia services. IEEE Wireless Communications and Networking Conference.

Shah, V. & Veciana, G. (2015). High-Performance centralized content delivery ınfrastructure: models and asymptotics. IEEE/ACM Transactions on Networking. 23(5), 1-15.

Schuett, F. (2010). Network neutrality: A Survey of the Economic Literature. Review of Network Economics, vol. 9(2), 1-14.

Sikora, T. (2001). The MPEG-7 visual standard for content description—an overview. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 11(6), 696-702

Silberschatz, A., Galvin, P.B., Gagne, G. (2009) Operating system concepts. 8th edition, John Wiley & Sons.

Singh, P. (2021, July 21). 5G network: How will it impact OTT and video streaming industry. Oodlestechnologies. Retrieved August 17, 2022, from https://www.oodlestechnologies.com/blogs/5g-network:-how-will-it-impact-ott-and-video-streaming-industry/

Sinha, S. (2021, May 28). *FTTx & FTTh: Breakdown from the experts | STL blog*. STL | Industry Leading Digital Networks Integrator. https://www.stl.tech/blog/fttx-ftth-an-encyclopedic-breakdown-from-the-experts-in-the-realm/

Sridhar, V. (2019). Emerging ICT policies and regulations: Roadmap to digital economies. Springer Nature.

Stover, C.M. (2010). Network neutrality: a thematic analysis of policy perspectives across the globe. global media journal, vol 3(1), 75-86.

Tabultoc, B. (2020, February 24). Codecs & containers explained. WpStream - A WordPress Video Streaming Plugin. Retrieved December 9, 2021, from https://wpstream.net/codecs-containers-explained/

Thang, T.C., Ho, Q., Kang J.W., Pham, A.T., Member, S., (2012) Adaptive streaming of audiovisual content using MPEG DASH. IEEE Transactions on Consumer Electronicsvol. 58, no. 1, 78–85.

Parveez, S. & Iriondo, R. (2021, April 2). Recommendation system tutorial with Python using collaborative filtering. Retrieved July 10, 2022, from https://pub.towardsai.net/recommendation-system-in-depth-tutorial-with-python-for-netflix-using-collaborative-filtering-533ff8a0e444

Trestian, R., Comsa, I. S., Tüysüz M.F. (2018). Seamless multimedia delivery within a heterogeneous wireless networks environment: are we there yet?. IEEE Communications Surveys & Tutorials.

Tripsas, S. (2021, April 20). A complete guide to SCTE 35 for OTT ad insertion. Zype. Retrieved June 10, 2022, from https://www.zype.com/blog/scte-35

Understanding the HTTP Live Streaming Architecture. (n.d.). Apple Developer. Retrieved (April 7,2022).from https://developer.apple.com/documentation/http_live_streaming/understanding_the_http_live_streaming_architecture

Unuth N. (2020, March 29). What is OTT and how is it affecting communication? Lifewire. Retrieved October 11, 2021, from https://www.lifewire.com/what-is-ott-3426369

Upadhay, R.K., Singh, V.K., Kumar, R., (2014) Performance analysıs of gsm network. International Journal of Advance Research In Science And Engineering IJARSE, 3(5), 244-253.

Vanderwiel, S.P. & Lilja, D.J. (2000) Data prefetch mechanisms. ACM Computing Surveys (CSUR), 32(2):174–199.

Venkataramani, A., Yalagandula, P., Kokku, R., Sharif, S., Dahlin, M. (2002) The potential costs and benefits of long-term prefetching for content distribution. Computer Communications, 25(4):367–375.

Vetro, A. & Sodagar, I. (2011). Industry and Standards the MPEG-DASH standard for multimedia streaming over the internet, 62–67.

Video formats. A guide to understanding video containers & Codecs. *(n.d.)*. Retrieved January 15, 2022, from https://docplayer.net/20719106-Video-formats-a-guide-to-understanding-video-containers-codecs.html

Vijayanagar, K. R. (2021, May 27). How do content recommendation engines work? OTTVerse. Retrieved July 10, 2022, from https://ottverse.com/what-is-content-video-recommendation-engines-ott-vod/

Vinikas, I., (2021, May, 12) Video Streaming server: what ıt ıs and how to build one yourself Retrived May18, 2022, from https://corp.kaltura.com/blog/video-streaming-server/

Waldenor, C. (2013) Is OTT Disrupting Television? [Yüksek lisans tezi, Stockholm School of Economics].

What is Amazon CloudFront? (n.d.). Retrieved April 2, 2022, from https://docs.aws.amazon.com/AmazonCloudFront/latest/DeveloperGuide/Introduction.html

What does AVOD mean in VOD platform & monetization. (2022, February 15). CONTUS VPlayed Blog. Retrieved July 30, 2022, from https://www.vplayed.com/blog/what-is-avod/

What is frames per second (FPS)? (2011, September 8). Techopedia.com. Retrieved January 16, 2022, from https://www.techopedia.com/definition/7297/frames-per-second-fps

What is OTT? (n.d.). Telestream, LLC. Retrieved December 9, 2021, from https://www.telestream.net/video/solutions/what-is-ott.htm

What is proxy caching? (n.d.). Articles for Developers Building High Performance Systems | StackPath Blog. Retrieved April 30, 2022, from https://blog.stackpath.com/proxy-caching/

What is SVOD? (2022, July 25). Endavo Media. Retrieved July 30, 2022, from https://www.endavomedia.com/svod/

What is the different between OTT and IPTV? (n.d.). ppt Online - display PPT presentation online. Retrieved June 25, 2022, from https://en.ppt-online.org/7891

What is TVOD*?* (2021, November 4). Endavo Media. Retrieved December 13, 2021, from https://www.endavomedia.com/tvod/

Wowza Media Server (2011) Wowza media server ® 3 – Overview.

Wong, S. (2015). over the top tv (OTT), big data and the future of predictive buyer analytics.

Wu, B., & Kshemkalyani A.D. (2004) Objective-greedy algorithms for long-term web prefetching. In Network Computing and Applications, Third IEEE International Symposium on, 61–68.

Wu, B., & Kshemkalyani A.D. (2006) Objective-optimal algorithms for long-term web prefetching. IEEE Transactions on Computers, 55(1):2–17.

Wu, D., Hou, Y.T., Zhu, W., Zhang, Y.Q., Peha, J.M. (2001). Streaming video over the internet: approaches and directions. IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, 11(3):282–300.

Xu, F., Tao M., Liu, K. (2017). Fundamental tradeoff between storage and latency in cache-aided wireless interference networks. IEEE Transactions on Information Theory, 63(11), 7464-7491.

Yu, Y., Lv, H., Chen, D. (2018) Towards the seamless ıntegration of ott cdn and mobile edge computing system. 2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 1-6.

Zakas, N. C. (2011, November 29). How content delivery networks (CDNs) work. Retrieved May 4, 2022, from https://www.nczonline.net/blog/2011/11/29/how-content-delivery-networks-cdns-work/

Zambelli, A. 2009. Iis smooth streaming technical overview. Microsoft Corporation.

Zhang, D. & Ionescu, D. (2007). QoS Performance Analysis in Deployment of DiffServ-aware MPLS Traffic Engineering. 963-967.

Zhu, P., Yoshiuchi, H., Yoshizawa, S. (2010). Trick play function for VOD with SVC source. 255-259.

# ÖZGEÇMİŞ

**Kişisel Bilgiler**

**Adı ve Soyadı : Davut AZİZOĞLU**

**E-Posta Adresi : davutazizoglu@rtuk.gov.tr**

**İş Deneyimi :**

| **Unvan** | **Görev Yeri** | **Yıl** |
|---|---|---|
| Mühendis | Turkuaz Baskı Sanayi ve Tic. A.Ş. | 2016-2017 |
| Mühendis | Arem Elektrik Mühendislik Sanayi ve Tic. Ltd. Şti | 2017-2019 |
| Üst Kurul Uzman Yrd. | Radyo ve Televizyon Üst Kurulu | 2019-… |

**Akademik Bilgiler**

**Öğrenim Durumu:**

| **Derece** | **Bölüm/Program** | **Üniversite** | **Yıl** |
|---|---|---|---|
| Lisans | Elektrik-Elektronik Mühendisliği | Pamukkale Üniversitesi | 2010-2014 |
| | | | |
| | | | |