

**WiMAX ÜZERİNDEN İNTERNET PROTOKOL TELEVİZYON VE
SERVİS KALİTESİ – QoS**

Elshan MAHMOUDIAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2010
ANKARA**

**WiMAX ÜZERİNDEN İNTERNET PROTOKOL TELEVİZYON VE
SERVİS KALİTESİ – QoS**

Elshan MAHMOUDIAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2010
ANKARA**

Elshan MAHMOUDIAN tarafından hazırlanan WiMAX ÜZERİNDEN İNTERNET PROTOKOL TELEVİZYONU VE SERVİS KALİTESİ-QoS adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç. Dr. M. Ali AKCAYOL

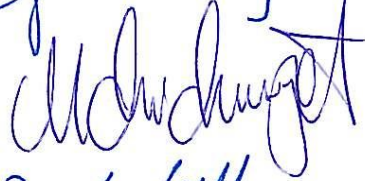
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Bilal GÜNEŞ



Üye : Doç. Dr. M. Ali AKCAYOL



Üye : Doç. Dr. O. Ayhan ERDEM



Tarih: 10 /12/2010

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

TEZ BİLDİRİMİ

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

Elshan MAHMOUDIAN

WiMAX ÜZERİNDEN İNTERNET PROTOKOL TELEVİZYON VE SERVİS KALİTESİ – QoS

(Yüksek Lisans Tezi)

Elshan MAHMOUDIAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Aralık 2010

ÖZET

IPTV – İnternet protokollü Televizyonu gün geçtikçe telekomünikasyon firmaları arasında televizyon programlarını her yerde ve her zaman ulaştırabileceği için daha bilinir hale geliyor. IP protokolüne dayanarak, IPTV bant genişliği verimliliği ve yönetim kolaylığı gibi avantajlar sağlamaktadır. IPTV canlı TV ve isteğe bağlı video gibi hem broadcast hem de unicast servislerini desteklemektedir. WiMAX kablosuz sistem, yüksek bant genişliği ve düşük gecikmeyi garanti etme kabiliyetine sahip ve multimedya servislerini ulaştırmak için uygun bir seçenektir. Ayrıca geniş kapsama alanı, mobilite ve görüş alanı gerektirmeyen (NLOS) operasyonları desteklemektedir. Bu yüzden IPTV servislerini her yerde ve her zaman özellikle kırsal bölgeler ve uzak mevkilere ulaştırmak için WiMAX gelecek vadeden bir çözümdür. WiMAX özelliklerinin avantajlarını alarak, IPTV servisleri düşük masraflarla ve yüksek ses ve video servis kalitesi ile ulaştırılabilecektir. Ancak, IP kullanımının çok sayıda avantajı olmasına rağmen tartışılması gereken önemli yönleri de vardır. Örneğin, IP üzerinden TV servislerini taşımak servis sağlayıcıları önemli Servis Kalitesi (QoS) sorunlarıyla karşı karşıya getirmektedir. IP üzerinden video ulaştırmak güvenilmezdir ve kanal değiştirmek gibi basit bir işlem IP ağlarında sorun olabilir.

IPTV servisini ortaya çıkmasını mümkün kılan Gigabit Ethernet gelişimi, yüksek hızlı switch ve routerlar ve IP ağları için QoS sağlanma imkânıdır. IPTV her kanal için 2 Mbps – 8 Mbps (HDTV) bant genişliği gereksinimi ve QoS destekli bir geniş bant bağlantısına ihtiyacı vardır.

Bilim Kodu : 902.3.006
Anahtar Kelime : IPTV, WiMAX, BWA, MAC, PHY, QoS
Sayfa Adedi : 107
Tez Yöneticisi :Doç. Dr. M. Ali AKCAYAOL

**INTERNET PROTOCOL TELEVISION OVER WiMAX AND QUALITY OF
SERVICE – QoS**

(M.Sc. Thesis)

Elshan MAHMOUDIAN

GAZI UNIVERSITY

INFORMATICS INSTITUTE

December 2010

ABSTRACT

The Internet Protocol Television (IPTV) service is becoming more and more popular among telecommunications companies because it can deliver TV programs anytime anywhere. Based on IP protocol, IPTV features advantages like bandwidth efficiency and ease of management. IPTV supports both broadcast and unicast services like LiveTV and Video on Demand. WiMAX wireless system, capable of ensuring high bandwidths and low latencies, is suitable for delivering multimedia services. In addition, it also provides wide area coverage, mobility support, and non-line-of-sight operation. Therefore, WiMAX is a promising solution for delivering IPTV services anytime anywhere, especially to rural areas or remote locations. Taking advantage of the WiMAX features, IPTV services can be delivered at low costs and with high audio/video service quality. However, while there are many advantages to using IP, there are also considerable challenges. For example, transmitting TV services over IP faces significant Quality of Service (QoS) challenges for the service provider. Video over IP is unreliable and something as simple as channel surfing can easily become a problem on an IP network. The premises that made possible the appearance of IPTV services include the development of Gigabit Ethernet, the appearance of high-speed switches and routers, and the availability of QoS provisioning for IP networks. IPTV

has a typical bandwidth requirement of 2Mbps/channel to 8Mbps/channel (HDTV) and it requires a broadband connection with QoS support.

Science Code : 902.3.006
Key Words : IPTV, WiMAX, BWA, MAC, PHY, QoS
Page Number : 107
Adviser : Assoc. Prof. Dr. M. Ali AKCAYAOL

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmasının bütün aŐamalarında, kıymetli tavsiyeleri ve yönlendirmeleri ile her zaman ilerlememi sağlayan saygı değer hocam Doç. Dr. M. Ali. AKCAYOL'a Őükranlarımı sunarım. YaŐamımın her anında yanımda olan ve beni her zaman destekleyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. IPTV TANIMI	3
2.1. IPTV'nin Özellikleri.....	4
2.2. IPTV ve İnternet Televizyonun Farklılıkları.....	4
2.3. IPTV Teknolojisinin Standartları Üzerinde Çalışan Kuruluşlar.....	5
2.4. IPTV Domainleri ve Altyapısı	5
2.5. IPTV'nin Sağladığı Servisler	8
2.5.1. Dijital televizyon yayını.....	9
2.5.2. İstek üzerine video servisi (VoD).....	10
2.6. IPTV Çekirdek Ağı ve Kullanılan Teknolojiler	13
2.6.1. ATM ve SONET/SDH.....	13
2.6.2. IP ve MPLS	14
2.6.3. Metro ethernet	16
2.7. IPTV Ulaşım Ağı	17
2.7.1. Fiber erişim ağları üzerinden IPTV dağıtımı.....	18
2.7.2. ADSL ağları üzerinden IPTV dağıtımı	19
2.7.3. Kablo TV ağı üzerinden IPTV dağıtımı.....	23

2.7.4. Uydu ağı üzerinden IPTV dağıtımı.....	26
2.7.5. Kablosuz ağlar üzerinden IPTV dağıtımı.....	27
2.7.5.1. Sabit WiMAX üzerinden IPTV dağıtımı.....	28
2.7.5.2. Mobil WiMAX	29
2.7.6. İnternet üzerinden IPTV dağıtımı.....	30
2.8. IPTV Yayını ile İlgili Ağ Faktörleri	31
2.8.1. Şebeke kapsamı	31
2.8.2. Güvenilirlik	32
2.8.3. Hızlı tepki.....	32
2.8.4. Tahmin edilebilir performans	32
2.8.5. Servis kalitesinin (QoS) seviyesi	32
2.9. IPTV İçeriğini Yaymak için Farklı Yaklaşımlar	33
2.9.1. Unicast	33
2.9.2. Broadcast.....	34
2.9.3. Multicast	35
2.10. IPTV Ağı Üzerinde Multicast	36
3. WiMAX.....	38
3.1. WiMAX Üzerinden IPTV'nin Ana Başarı Faktörleri.....	38
3.1.1. Ölçek ekonomisi.....	39
3.1.2. Planlanmış canlı içerik ve kalite güvencesi.....	39
3.2. Neden WiMAX?	39
3.2.1. Katılımcı sayısını maksimum seviyeye çıkartmak	40
3.2.2. Birleştirilmiş kablosuz geniş bant ulaşım ağı	40
3.2.3. Gelecek akımı desteklemek.....	40
3.3. Sistematik Bir Model.....	41
3.4. IPTV Dağıtımı için WiMAX Kapasitesi.....	43
3.4.1. Multicast kabiliyeti	43

3.4.2. Anlık kanal değişimi.....	44
3.4.3. Mobilite.....	44
3.4.4. Jitter	44
3.4.5. Overhead	45
3.4.6. Telsiz tasarımı	45
3.4.7. Güç tüketimi.....	45
3.4.8. Sistem kapasitesi.....	45
3.5. WiMAX Gelişimi	46
3.6. WiMAX Standartları ve Özellikleri	47
3.6.1. 802.16a.....	47
3.6.2. 802.16d (802.16-2004).....	47
3.6.3. 802.16e.....	47
3.7. WiMAX ve WiFi Karşılaştırılması	48
3.8. Mobil WiMAX Sisteminin Avantajları	50
3.9. WiMAX Protokol Katmanları.....	51
3.9.1. WiMAX fiziksel katmanı.....	53
3.9.1.1. Duplexing – çift yönlü.....	55
3.9.1.2. Dijital modülasyon.....	57
3.9.1.3. OFDM transmisyon - dikey frekans bölmeli çoklama	57
3.9.1.4. OFDMA transmisyon – dikey frekans bölmeli çoklu erişim.....	59
3.9.1.5. Ölçeklenebilir OFDMA (SOFDMA)	60
3.9.2. WiMAX MAC katmanı	61
3.9.2.1. Convergence sublayer (CS).....	62
3.9.2.2. Common part sublayer (CPS).....	63
3.9.2.3 Security sublayer.....	63
4. SERVİS KALİTESİ – QoS	66
4.1. QoS Sınıfları	67

4.1.1. Unsolicited grant service (UGS).....	68
4.1.2. Extended real-time polling service (ertPS)	68
4.1.3. Real-time polling service (rtPS)	69
4.1.4. Non real-time polling service (nrtPS)	69
4.1.5. Best effort (BE)	70
4.2. IPTV için QoS Parametreler	72
4.3. Kalite Evi – (HoQ)	76
4.3.1. Kalite evi analizi: ana özellikleri tanımlamak	77
5. BULGULAR.....	78
6. SONUÇ	84
KAYNAKLAR.....	85

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1. IPTV domainleri	5
Şekil 2. Basitleştirilmiş noktadan-noktaya IPTV sistemi	6
Şekil 3. IPTV VoD ve multicast servis platformu	11
Şekil 4. IPTV genel mimarisi	12
Şekil 5. IPTV çekirdek ağı altyapısı	13
Şekil 6. MPLS çekirdek ağı altyapısı	15
Şekil 7. IPTV çekirdek ağı altyapısında EVC kullanımı ile dağıtım	17
Şekil 8. Temel DSL bağlantısı	20
Şekil 9. ADSL hattı	21
Şekil 10. ADSL ağı üzerinden IPTV hizmeti	22
Şekil 11. Uçtan-uca HFC ağı	24
Şekil 12. Kablo TV altyapısı üzerinden IPTV dağıtım mimarisi	25
Şekil 13. Uydu ağı üzerinden IPTV dağıtımını	27
Şekil 14. IPTV trafiği taşıyan basitleştirilmiş WiMAX sistemi	29
Şekil 15. Tek bir IPTV broadcast kanalı için çok kullanıcı IP bağlantısı	33
Şekil 16. Multicast tekniği kullanılarak IP bağlantısı	35
Şekil 17. IPTV uygulamaları için bir sistem modeli	41
Şekil 18. IPTV transmisyonu için protokol yığını	42
Şekil 19. IEEE 802.16 standartlarının gelişimi	46
Şekil 20. Kablosuz ağlar.....	50
Şekil 21. Ağlar için OSI yedi-katmanlı modeli	51
Şekil 22. IEEE 802.16 standardın protokol katmanları	52
Şekil 23. IEEE 802.16 yaygın MAC katmanı iki PHY katmanı ile kullanılır	54

Şekil 24. FDD frame: uplink ve downlink aktarmaları aynı süreç içerisinde farklı frekans bantları kullanmaktadır	55
Şekil 25. TDD frame: uplink ve downlink transmisionlarda aynı frekans bandını paylaşarak farklı aktarma zamanlarına sahiptir	56
Şekil 26. TDD frame'in genel bir formatı	56
Şekil 27. Dijital modülasyon prensibi	57
Şekil 28. Zaman ve frekans dağılımında SC ve OFDM	58
Şekil 29. OFDMA prensibi	59
Şekil 30. OFDMA'nın çoklu erişimli olması	60
Şekil 31. IEEE 802.16 protokol katmanları	62
Şekil 32. PDU ve SDU	65
Şekil 33. UGS mekanizması	68
Şekil 34. rtPS mekanizması	69
Şekil 35. nrtPS mekanizması	70
Şekil 36. BE mekanizması	70
Şekil 37. MAC katmanı QoS desteği	71
Şekil 38. QoE, QoS ve NP tanımları ve ilişkileri	75
Şekil 39. IPTV servis kalitesi modelinin hiyerarşisi	75
Şekil 40. Kalite evi – HoQ	76
Şekil 41. Geniş bant kullanıcı sayısı - Aralık 2009	83

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1. Optik taşıma standartları (Optical carrier)	14
Çizelge 2. Başlık formatı.....	15
Çizelge 3. IPTV ağ dağıtım teknolojileri	30
Çizelge 4. Günümüzde IP multicast teknolojisini kullanan uygulama kategorileri	36
Çizelge 5. WiMAX standartlarının özellikleri	48
Çizelge 6. WiFi ve WiMAX arasındaki bazı karşılaştırma başlıkları sunulmuştur.	49
Çizelge 7. IEEE 802.16 PHY değişik ara yüzleri.	54
Çizelge 8. QoS Sınıfları.....	67
Çizelge 9. AB ve Türkiye Geniş bant Teknoloji Pazar Oranları.....	82
Çizelge 10. Geniş bant kullanıcı sayısı - Aralık 2009	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklama
AON	Active Optical Networks
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATSC	Advanced Television Systems Comity
BPON	Broadband Passive Optical Networks
CoD	Content on Demand
CBR	Constant Bit-Rate
CAP	Carrier less Amplitude Phase (Modulation)
DBA	Dynamic Bandwidth Allocation
DMT	Discrete Multi Tone (Modulation)
DSLAM	Digital Subscription Line Access Multiplexer
DVB	Digital Video Broadcasting
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
EPON	Ethernet Passive Optical Networks
FTTA	Fiber To The Apartment
FTTC	Fiber To The Cabinet
FTTH	Fiber To The Home
FTTN	Fiber To The Neighborhood
FTTRO	Fiber To The Regional Office
GPON	Gigabit Passive Optical Networks
HFC	Hybrid Fiber Coax
IGMP	Internet Group Management Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
IPTVCD	Internet Protocol Television Consumer Devices
IPTVCM	Internet Protocol Television Communication Model
ITU	International Telecommunication Union

LOS	Line Of Sight
LSR	Label Switching Router
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPLS	Multi Protocol Label Switch
NGN	Next Generation Networks
NLOS	Non Line Of Sight
ONT	Optical Network Terminal
OLT	Optical Line Termination
PER	Packet Error Rate
PON	Passive Optical Network
QoS	Quality of Service
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SONET	Synchronous Optical Networking
VoD	Video on Demand
VDSL	Very High-bit-rate Digital Subscriber Line
WDM	Wavelength Division Multiplexing

1. GİRİŞ

Dünyanın son yirmi yılında yaşadığı teknolojik gelişmeler doğrultusunda, bilgiye erişim araçlarında büyük değişiklikler ortaya çıkmıştır. Bu değişiklikler, sadece içeriğin tüketilmesinde değil, aynı zamanda üretilmesinde ve dağıtılmasında da önemli farklılıklar yaratmaktadır. Artık bir el kamerası kullanarak bir içerik geliştirmek ve bunu dünyanın herhangi bir yerindeki izleyicilere farklı biçimlerde ulaştırmak mümkün hale gelmiştir.

Bu gelişmeler sayesinde birçok televizyon yayıncısı yayın ağlarını geliştirmiş, özel sanal ortamlar oluşturmuş, ücreti karşılığında özel içerikli televizyon kanallarını hizmete vererek televizyon kullanıcılarını geleneksel televizyon yayımından uzaklaştırmış ve bu platform üzerinden farklı servisleri kullanıma açarak tercih edilir hale gelmiştir. Bununla birlikte teknolojinin ilerlemesi ve yeni teknolojinin kullanılması ile İnternet Protokol Televizyonu – IPTV projesi geliştirilmiş, birçok büyük iletişim kurumunca hayata geçirilmek üzere ileriye dönük projeleri içerisine alınmış, yeni ve heyecan verici bir televizyon servisinin verilebilmesi için altyapı çalışmalarına hızla başlanmıştır.

İnternetin yaygınlaşması ve erişim hızının gün geçtikçe artması ile ortaya çıkan farklı kullanım alanları sonucunda, internet kullanıcıları aynı zamanda birer radyo dinleyicisi ve televizyon izleyicisi haline gelmişlerdir. Artık sadece televizyon karşısında değil farklı ortamlarda da istediğimiz görsel içeriğe erişmek olanaklı hale gelmiştir. İnternetin getirdiği fırsatlar doğrultusunda izleyici daha esnek bir televizyon izleme tecrübesine kavuşacaktır. Ayrıca medya endüstrisi daha etkin bir ağ ile reklam çeşitliliğini sağlayabilecek ve teknolojik altyapı sağlayıcısı da yeni gelir modellerine erişecektir.

Bu çalışmanın ilk aşamasında IPTV kavramlarını oluşturan ve başarısı için oldukça önemli olan geniş bant erişim teknolojileri ele alınmış ve bu teknolojiler vasıtasıyla servis sağlama olanakları incelenmiştir.

İkinci aşamada ise IPTV servislerinin başarı faktörlerini daha net açıklamak için, özellikle mobilite ve maliyet etkinliği açısından, IPTV erişim teknolojilerinden

WiMAX teknolojisi seçilerek msterilere daha iyi hizmet vermek adına bu standart detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise WiMAX standardının sağladığı Servis Kalitesi – QoS seçenekleri gözden geçirilmiştir. Bu servis kalitesini etkileyen parametreler incelenmiş ve bir sistematik model kurularak msterinin hissettiği kalite – QoE ile QoS arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

2. IPTV TANIMI

IPTV teknolojisi video içeriğini izleyiciye ulaştırmada gün geçtikçe büyümekte ve geleneksel ödemeli televizyon yöntemi üzerinde ticari çöküş etkisini göstermeye başlamıştır. IPTV olarak kısaltılmış olan Internet Protocol Television veya başka isimleri ile de tanılan Telco TV veya geniş bant üzerinden TV, güvenli bir şekilde yüksek kaliteli sanal televizyon yayını, İstek üzerine Video (VoD) ve Ses içeriğini geniş bant üzerinden ulaştırmaktır. IPTV teknolojisinde TV yayınları televizyona bağlı bir STB (Set-top-Box / Set-üstü-alıcısı) vasıtasıyla izlenebilmektedir. Gelen veriler modem ve STB üzerinden TV sinyaline dönüştürülmektedir.

IPTV için Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) şu tanımı yapmıştır:

IPTV; televizyon, video, ses, metin, grafik, data gibi çoklu ortam servislerinin IP tabanlı ağlar üzerinden taşınarak güvenilir, güvenli, kaliteli ve interaktif deneyim sunan servistir [1].

Kullanıcı bakış açısından, IPTV standart ödemeli televizyon servisine benzer bir şekilde çalışır.

Servis sağlayıcı tarafından bakınca, IPTV video içeriğini almak, üzerinde işlemek ve güvenli bir şekilde IP tabanlı ağ altyapısı üzerinde ulaştırmaktır. Dünya genelinde IPTV servislerini sağlamakta kullanılan servis sağlayıcıların türleri kablo ve uydu televizyon taşıyıcılardan büyük telefon firmaları ve özel ağ operatörlerine değişmektedir [2].

IP protokolüne dayanarak, IPTV bant genişliği verimliliği ve yönetim kolaylığı gibi avantajlar sağlamaktadır. IPTV Canlı TV ve İsteğe bağlı Video gibi hem multicast hem de unicast servislerini desteklemektedir.

2.1. IPTV'nin Özellikleri

IPTV'nin özelliklerini tanımlamak bu sistem üzerinde birçok farklı bakış açısı olması sebebiyle çok kolay olmamaktadır buna rağmen tüm kaynaklarda ortak olan özellikler şöyle sıralanabilir:

- *İnteraktif TV Desteği:* IPTV sisteminin iki yönlü iletişim kabiliyeti servis sağlayıcılarına büyük miktarlarda interaktif televizyon taleplerini karşılama olanağını sağlar. IPTV vasıtasıyla sunulan servisler, Standart canlı televizyon programları, Yüksek kaliteli televizyon (High Definition TV – HDTV), Çevrim içi oyunlar ve Yüksek hızlı internet bağlantısını içerir.
- *Time Shifting:* IPTV alıcıları (STB) bir dijital video kaydedici ile kombine halinde, program içeriği üzerinde Time Shifting'e izin verir. Başka bir deyişle bu mekanizma IPTV içeriğini kaydetme ve daha sonra izlenmeye olanak sağlar.
- *Kişiselleştirme:* Noktadan-noktaya IPTV sistemi iki taraflı iletişimi destekler ve bu yöntemle son kullanıcıya kendi hobileri doğrultusunda, hangi programı ne zaman izleyeceğini seçerek kişiselleştirme imkânı sağlar. Bu özellikten yola çıkarak servis sağlayıcılar izleyicinin favorilerini belirleyip, onun ilgisi kapsamında olabilecek reklamları yayınlar.
- *Düşük bant genişliği gereksinimi:* IPTV teknolojisinde servis sağlayıcılar tüm kanalları kullanıcıların hepsine göndermek yerine, sadece kullanıcının istediği kanalı veya videoyu göndererek kendi bant genişliklerini verimli bir şekilde kullanabilirler [2].

2.2. IPTV ve İnternet Televizyonun Farklılıkları

İnternet üzerinden yapılan televizyon yayınlarıyla IPTV genellikle birbirine karıştırılır. Oysa ikisi tamamen birbirinden farklı kanallardır. Hem teknolojik altyapı hem de sunduğu imkânlar bakımından.

IPTV, en basit şekliyle televizyon yayınlarının geleneksel şekilde kablo TV, uydu veya havadan hedef kitleye iletimi yerine internet teknolojileri kullanılarak geniş bant altyapısı üzerinden gerçekleştirilen yayın sistemidir. Yayın özel yönetilen bir ağ üzerinden yapılır ve servis kalitesi garanti edilir.

IPTV’de yayını almak için Set Top Box adı verilen cihazın bulunması şarttır. Yayın internet bağlantısından değil, aynı kablodan ancak farklı bir arabirimden akıtılır. IPTV standardından HD yayınlar rahatlıkla yapılabilir.

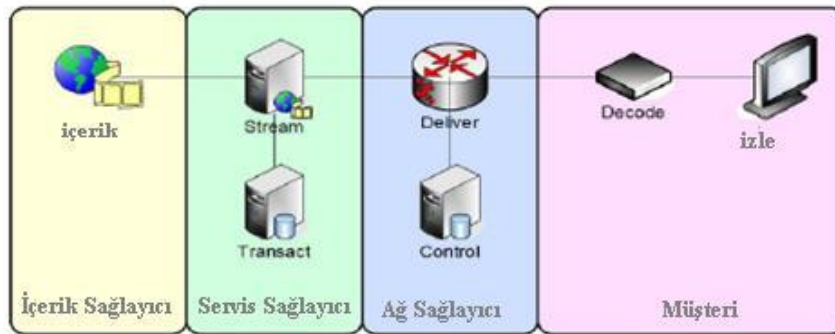
İnternet TV’de hizmet kalitesi pek önemli değildir. Olan en iyi görüntü beklentisi vardır. İnternet TV’den yayını almak için internet bağlantısının olması gerekmektedir. İnternete açık bir sunucu üzerinden görüntü aktarılır ve kalite sunucunun ve internet bağlantısının bağlantı kalitesiyle birebir ilişkilidir.

2.3. IPTV Teknolojisinin Standartları Üzerinde Çalışan Kuruluşlar

IPTV endüstri sektöründe diğer sektörler gibi rekabet yaratmak için, geliştirmek ve müşteriye kolaylık sağlamak için bir takım standartlara gerek vardır. Bu standartları belirlemek için bazı endüstriyel birlikleri işbirliği yapmaktalar; DSL Forum, Moving Pictures Experts Group, European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Open IPTV Forum, Broadband Services Forum (BSF), International Telecommunication Union (ITU-T FG IPTV), DVB, The Internet Engineering Task Force [IETF], The Alliance for Telecommunication Industry Standard (ATIS) [3].

2.4. IPTV Domainleri ve Altyapısı

ITU-T FG IPTV de mimariye yönelik çalışmalar, IPTV servisinin hazırlıkları ile ilgili amaca uygun domain analizi ile başlar. Şekil 1 IPTV servisinin sağlanmasında yer alan domainleri göstermektedir.

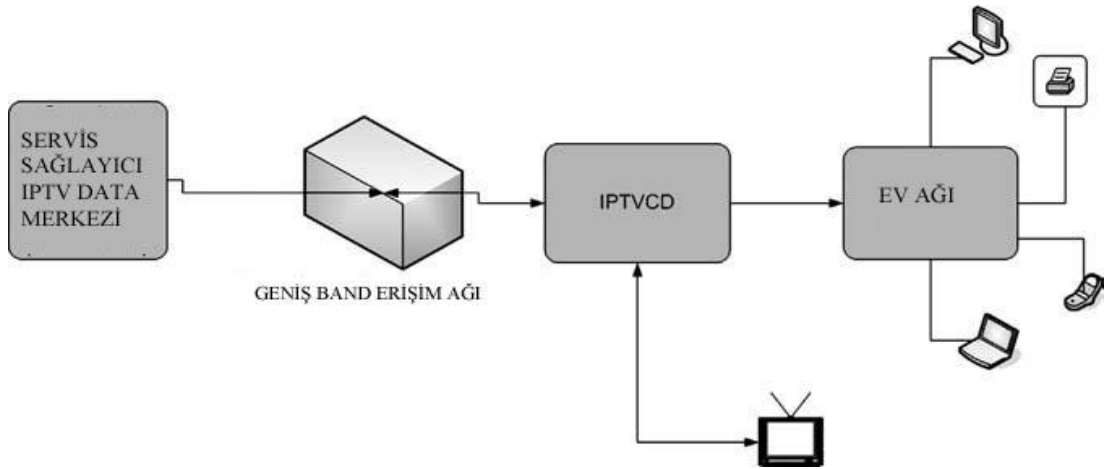


Şekil 1. IPTV domainleri [1].

ITU-T nin tanımladığı dört domain şöyledir [1,2]:

- *İçerik sağlayıcı*: Belirli içeriklerin lisanslarını satın almış veya içeriğin sahibi olan varlık.
- *Servis sağlayıcı [ITU-T M.1400]*: Kullanıcıya IPTV telekomünikasyon servisini içerik tabanlı veya tarifeye uygun şekilde sunan varlık. Bir servis sağlayıcı bir şebekeyi çalıştırıp veya çalıştırmayabilir veya kendisi başka bir servis sağlayıcının müşterisi de olabilir. Servis sağlayıcı içeriği içerik sağlayıcıdan elde eder ve son kullanıcının kullanımı için paketler.
- *Ağ sağlayıcısı [ITU-T Q.1290]*: Servis sağlayıcı ile Müşteriyi birbirine bağlayan varlık. Bir ağ sağlayıcı kendisinde servis sağlayıcı gibi görev yapabilir. Servis sağlayıcı ve Ağ sağlayıcı iki ayrı birim gibi düşünülse de aslında tek bir organizasyon birimidirler.
- *Müşteri [ITU-T J.112]*: IPTV servisi için ödeme yapan varlık. Ağ vasıtasıyla servis sağlayıcıyla iletişim kurmak için şebekeye ulaşan insanoğlu, bir organizasyon veya telekomünikasyon sistemidir.

Gerard O'DRISCOLL bakış açısından IPTV hizmetinin son kullanıcıya verilmesi için yüksek düzey fonksiyonelliğe sahip noktadan noktaya bir sistem gerekmektedir ve şekil 2 de gösterilmiştir.



Şekil 2. Basitleştirilmiş noktadan-noktaya IPTV sistemi [2]

Bu sistemin tanımına göre IPTV hizmeti aşağıdaki başlıklar altında açıklanabilir:

- IPTV data merkezi

IPTV Data Merkezi, yerel video, içerik toplayıcılar, içerik üreticiler, kablo-uydu kanalları gibi birçok farklı yolla gereken içeriği alan, bu içeriklerin kodlayıcılar, video sunucuları, IP routerlar ve özel güvenlik ekipmanları gibi birçok farklı donanım kullanarak IP tabanlı ağ üzerinden içeriğin taşınır hale getirildiği yerlerdir. Ayrıca bir müşterilerin ödemelerinin ve profillerinin de saklandığı abonelik yönetim sistemleri de IPTV Data Merkezlerinde bulunmaktadır.

- Geniş bant erişim ağı

IPTV servislerinin verilebilmesi için noktadan-noktaya bağlantı gerekmektedir. Büyük ölçekte verilecek IPTV yayınları düşünüldüğünde ise sağlanan noktadan-noktaya bağlantı sayısı önemli ölçüde artmakta ve bunun sonucunda haberleşme altyapısında önemli ölçüde bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Haberleşme teknolojisinde son bir kaç yıl içerisindeki gelişmeler ve fiber tabanlı telekomünikasyon ağlarını kullanılması iletişim hizmeti sağlayıcılarını bu bant genişliğine ulaşmasını ve IPTV hizmetini verebilmesini olanaklı kılmıştır.

- IPTVCD

IPTVCD (IPTV Consumer Devices – IPTV Kullanıcı Cihazları), IPTV kullanıcılarının sahip olacağı, IPTV servislerine erişmek üzere kullanacakları, geniş bant ağa bağlanan ve IP tabanlı video verisinin çözümlenmesini ve işlenmesini gerçekleştirecek olan kullanıcı cihazlarıdır. Bununla birlikte gelen verinin ilk olarak ulaştığı cihazlar oldukları için haberleşme ağında olabilecek herhangi bir problemi elimine edebilecek veya minimum seviyeye indirebilecek gelişmiş teknolojiye sahip olmalıdırlar. Türkiye’de kullanılacak olan IPTVCD lar en popüler olan IP Set-top Box cihazları olacaktır.

- Ev ağı

Ev ağı birçok dijital servisi ufak bir coğrafik alan içerisinde birbirine bağlar ve bir ailenin IPTV ve diğer dijital servisleri kullanmasına paylaşımlı çalıştığı için maddi gereksinimleri dūřur. Ev ağının kurulum hedefi, ev içerisinde tūm dijital cihazlar arasında ses, data, video ve eğence gibi bilgilere ulaşmayı sağlamaktır. Ev ağı yardımıyla, yazıcı, tarayıcı ve hatta internet bağlantısını aralarında paylaşabildikleri için ayrı ayrı cihaz ve bağlantıya gerek kalmadığından dolayı tasarrufta bulunabilirler [4].

2.5. IPTV'nin Sağladığı Servisler

IPTV iki esas bakış açısından ele alınabilir. Birincisi teknolojik kısımdır ve IPTV nin mimarisini kapsar ve ikincisi ise kullanıcının perspektifidir ve IPTV nin sağladığı servisler ve kullanıcının deneyimlerinden elde edilir.

Kullanıcı açısından IPTV servis sağlayıcının hangi mimariyi seçtiği pekte önemli değildir, ama önemli olan servis sağlayıcı hangi hizmet ve servisleri sağladığıdır.

Genelde var olan özūmler sadece Dođrusal televizyon yayını ve İstek üzerine Video (VoD) ve bazıları kişisel video kaydetme (PVR) özelliğini sağlamaktayken yeni NGN tabanlı IPTV özūmleri daha çok servis sağlamalıdır. Ama bunlardan daha da önemli olan kullanıcıların televizyon izlerken interaktivite, kişiselleştirme, hareketlilik ve doğru içeriğe doğru yoldan ulaşmaktaki kullanıcı deneyimleridir [5].

ETSI TISPAN ikinci bildirisinde IPTV servislerini değişik gruplarda tanımlamıştır [6]:

1) Eğence servisleri:

- Televizyon Yayınları: Doğrusal televizyon kanallarının dağıtımıdır.
- Trick Modes: İçerikleri oynatma, durdurma, ileri veya geri sarma kontrolünü sağlamak.
- İzlenen Her Program için Ödeme (Pay Per View): Kullanıcı tūm kanallar veya televizyon program paketleri için deđil belki sadece izlediđi belli bir

program veya gün içerisinde belli saatler arasında izlediği bir içerik için ödeme yapar.

- İstek üzerine İçerik (Content on Demand – CoD): Kullanıcı istediği zaman içeriğe ulaşabilmesi.
 - İnteraktif Televizyon: servis interaktif bir biçimde sağlayıcı/yayınlayıcı ve son kullanıcı veya birçok kullanıcı arasında sağlanır.
 - Kişisel video kaydı (Personal Video Recording – PVR): kullanıcı, içeriği ağda veya yerel olarak Set-top-Box da kaydedebilir.
 - Ses: ses programlarının farklı çeşitleri, örneğin radyo, müzik programları v.s.
- 2) Reklamcılık: geleneksel reklamcılık sektörüne ek olarak IPTV yeni reklamcılık modelleri ve daha fazla yönlendirilmiş reklamcılığa ortam sağlar.
 - 3) Düzenleyici servisler: örneğin acil durum bilgileri, özürölüler için uygulamalar, içerik danışmanlığı ve eğitim kolaylıkları.
 - 4) Karışık servisler
 - 5) Üçüncü şahıs içerikleri: üçüncü içerik sağlayıcıdan aktarılan içeriklerdir.

Türkiye'deki Servis sağlayıcılar tarafından başlatılması planlanan, Dijital Televizyon yayını ve İstek üzerine İçerik (CoD – Content on Demand veya VoD – Video on Demand) olmak üzere iki anahtar IPTV uygulaması olacaktır.

2.5.1. Dijital televizyon yayını

Aboneler, IPTV üzerinden geleneksel dijital televizyon yayınlarına erişebilirler. Dijital TV uygulamalarının kablo şebekesi üzerinden abonelere ulaştırılması, yükselttirilmiş bir kablo şebekesi üzerinden gerçekleştirilmektedir. Günümüzde IPTV, bildik TV yayını ve Kablo Yayıncılığının sunduğu hizmetlerden çok daha fazla ve çok daha çeşitli ve yüksek kalitede hizmetlerin aboneye ulaştırılmasına imkân vermektedir.

Kablo TV dağıtım mimarisinin aksine, IPTV mimarisi çok farklıdır şöyle ki IPTV servis sağlayıcı sadece bir tek kullanıcının talep ettiği kanalı ulaştırır ve bu nedenle IPTV altyapısı ile her zaman dağıtım için yüksek kapasitede bant genişliğine gerek

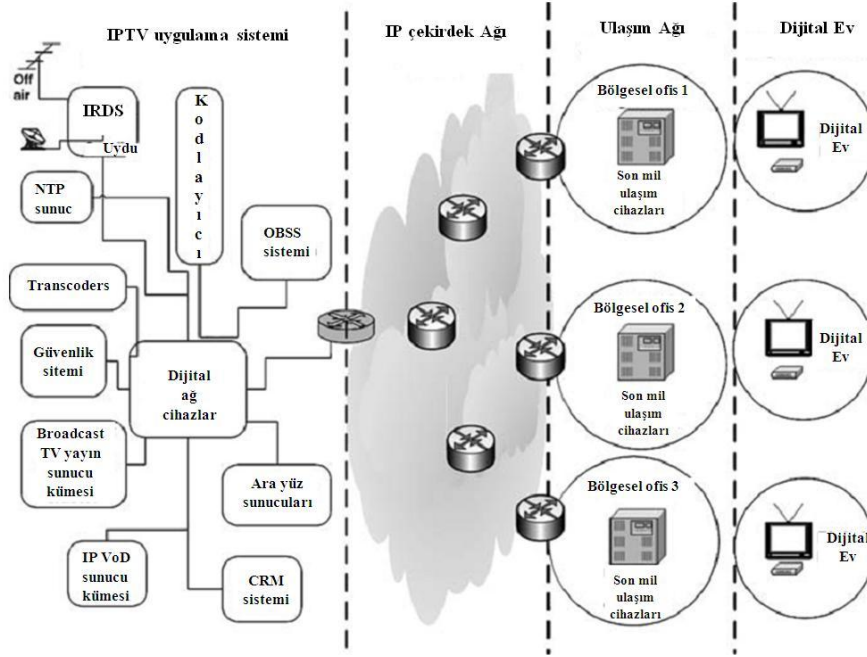
yoktur. Sadece müşteri tarafından talep edilen kanalı istediği zaman yaymak için gereken bant genişliğini desteklemek yeterlidir.

Dijital işaret işleme teknolojisine sahip ilk renkli televizyonun 1983 yılında satışa sunulmasıyla bir ilk gerçekleştirilmiştir. 1993 yılında ise bir toplantıda Hareketli Resim Uzmanları Grubu (Moving Picture Experts Group: MPEG) MPEG-2 Video, MPEG-2 Ses ve MPEG-2 sistemi için bir tanım sunmuşlar ve yine 1993 yılında Avrupa Dijital Video Yayınlama (DVB) projesi de hayata geçirilmiştir. 1996 yılında ise FCC tarafından dijital televizyon yayın standartları oluşturulmuş ve Gelişmiş Televizyon Sistemleri Komitesi (ATSC) dijital standartlarına uyumlu hale getirilmiştir.

2.5.2. İstek üzerine video servisi (VoD)

İstek üzerine içerik (CoD) servisinin en büyük payına istek üzerine video servisi (VoD – Video On Demand) sahip olacaktır. Sıradan televizyon yayınları kullanıcı etkileşimsiz olması sebebiyle yayıncı tarafından seçilen ve tüm kullanıcıların aynı programları izlediği bir sistem günümüzde kullanılmaktayken, IPTV kullanıcıları indirilebilir büyük bir VoD içerik sistemine sahip olacaklar ve bu sistem ile istedikleri içeriğe erişme imkânı kendilerine sunulacaktır [2]. Daha önceden kaydedilmiş ve sıkıştırılmış içerik, data merkezlerinde depolanarak kullanıcıya onların arasında neyi izlemek istediğini seçme olanağını sağlar [5]. İsteğe bağlı video, film veya video talebinde bulunan müşteriye ağ kaynakları ve video sunucusu üzerinden garantili etkileşim sağlayan bir sistemdir. Bu tür sistemlerde kaynakların kullanımı ile hizmet edilen müşteri sayısı arasında bir orantı kurulamayabilir. Buna alternatif olarak, birçok müşteriye eş zamanlı olarak kaynak paylaşımı ve servis sağlayan multicast iletişim yöntemi öne çıkmaktadır. Bu multicast VoD sistemi, unicast sistemi kadar bireysel etkileşim sağlamayabilir ama bire bir hizmet hala sunulabilir. Tipik olarak multicast iletişim kullanılırken, “isteğe bağlılık” özelliğinden fedakârlık edilebilir, etkileşim düzeyi azaltılabilir [7] yani, ‘isteğe bağlı video’ seçeneği kişiye özel olabilir (unicast) veya genel içerikten kişi kendisine uygun videoyu izleyebilir (multicast). VoD, IPTV uygulamalarının en popülerlerinden biri olacağı beklenmektedir [8].

Daha önce de söz ettiğim gibi IPTV'nin esas içeriği iki ana şekli vardır: Doğrusal televizyon yayının çok yöne yaymak ve İstek üzerine içerik (VoD). Şekil 3 de komple bir noktadan-noktaya IP tabanlı televizyon yayını ve VoD uygulaması için kullanılan donanım ve yazılım parçaları gösterilmiştir.



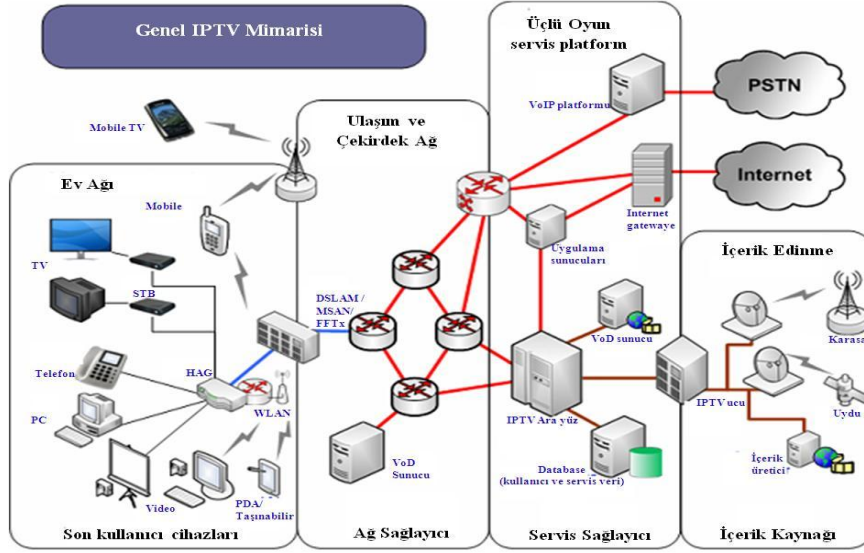
Şekil 3. IPTV VoD ve multicast servis platformu [2]

Bu mimari aşağıdaki bölümleri içermektedir:

Entegre edilmiş Alıcı Cihazları (IRDs), Gerçek zamanlı kodlayıcılar, Broadcast TV yayın sunucuları, IP Transcode sistemleri, Uygulamalı ve İş destek sistemleri (OBSS), IPTV CRM Sistemleri, IPTV Güvenlik Sistemi, IP Video on Demand (VoD) Uygulama sunucuları, IPTV uç ara yüz ve uygulama sunucuları, Ağ Zamanlama sunucuları, Anahtarlama yapıları, Dağıtım routerları, IP Dağıtım Ağı ve IPTV kullanıcı cihazları..

Bu parçaların tek tek işlemlerini anlatmak ve IPTV mimarisinde içeriği taşımada görevini incelemek bu tez kapsamı dışındadır ve sadece ana gruplandırmadan söz edilecektir.

Bu mimariyi Eugen Mikoczy ve Pavol Pordhardsky, ITU-T nin belirlediği IPTV domain guruplarını düşünerek alttaki altyapı şeklinde detaylandırmıştır:



Şekil 4. IPTV genel mimarisi [9]

Her iki altyapıda da görüldüğü ve Gerard O'DRISCOLL [2] de açıkladığı gibi video içeriğinin ulaştırılması için kullanılan IP Dağıtım Şebekesi (IP Distribution Network) iki parçadan oluşmakta: Çekirdek ağı (Core Network) ve Ulaşım Ağı (Access Network).

Çekirdek ağı: Bir çekirdek ağı genelde mesh topolojisi olan bir omurga ağıdır ve şebekede cihazlar arasında noktadan-noktaya bağlantısını sağlar. İnternet büyük bir çekirdek ağı gibi düşünülse de, aslında kendi çekirdek ağlarını yürüten servis sağlayıcılardan oluşmaktadır ve bu çekirdek ağlar birbirine bağlı olarak çalışmaktalar. Bir çekirdek ağı çoklu ATM anahtarlardan oluşabilir veya IP yönlendiriciler içerebilir.

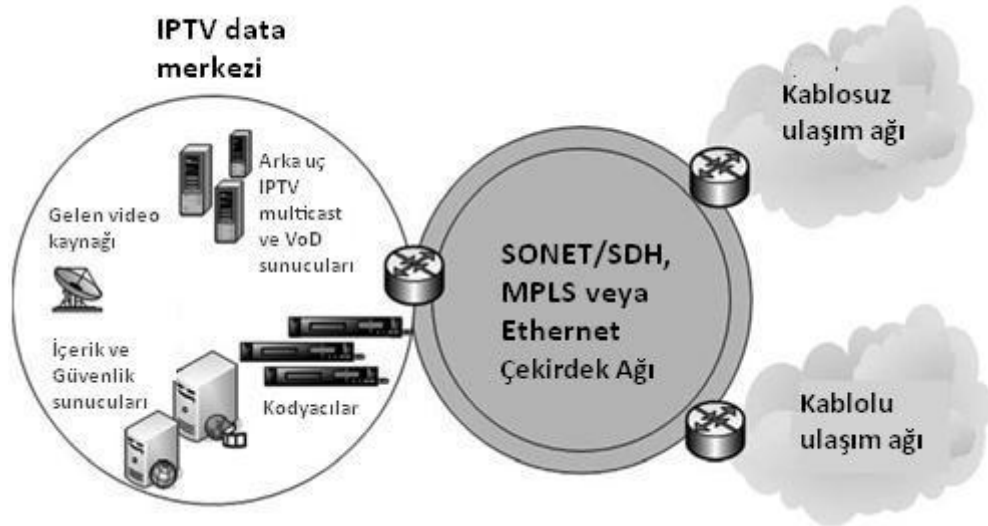
Ulaşım ağı: Kullanıcıların evinde bulunan STB üzerinden onlara ulaşan ve taşıma ağının kritik rolünü oynayan bir parçadır. Bugünkü ulaşım ağı mevcut olan xDSL,

coaxial/ hybrid fiber cable (HFC), Fiber Optik (FTTN) ve WiMAX gibi teknolojilerin karışımından kullanılmaktadır [10].

2.6. IPTV Çekirdek Ağı ve Kullanılan Teknolojiler

IPTV data merkezi ile son kullanıcı arasında kullanılan birkaç adet transmisyon standardı vardır ve her standart kendine has özelliklere sahiptir. IPTV ağlarının oluşturulmasında en çok kullanılan omurga transmisyon teknolojileri SONET/SDH üzerinden ATM , MPLS üzerinden IP ve Metro Ethernet (ME) tir.

Aşağıdaki Şekil 5 de bir IPTV mimarisi ve Çekirdek Ağ altyapısının mimarideki yeri gösterilmiştir [11].



Şekil 5. IPTV çekirdek ağı altyapısı [11]

2.6.1. ATM ve SONET/SDH

ATM, IPTV gibi kullanıcı isteklerine açık veri taşıma teknolojilerinde kullanılan yüksek bant genişliğine ve düşük transmisyon gecikmelerine sahip, koaksiyal, bükümlü bakır kablo çiftleri ile oluşturulmuş ağlarda çalıştırılabilen ve fiber kablolardan oluşmuş altyapılarda en iyi performansını yakalayarak kullanılabilinen bir teknolojidir. ATM de veriler hücreler içerisine yerleştirilerek taşınmaktadırlar. Her hücre bir başlık (5byte) ve veri (48byte) bölümlerinden oluşmaktadır.

SONET, fiber optik medyaları kullanan, çok sayıda ve farklı kanaldan aldığı parça verileri birleştirerek oluşturduğu çoklu veriyi TDM ile eşzamanlı olarak karşıya ulaştırır ve yüksek hızlarda veri taşınmasına olanak sağlayan bir protokoldür. SDH ise SONET benzeri bir optik veri taşıma sistemi olup ABD dışında kullanılmaktadır. Çizelge 1 de SONET'in optik taşıma standartları (OC) ile ulaşabileceği taşıma hızları gösterilmiştir.

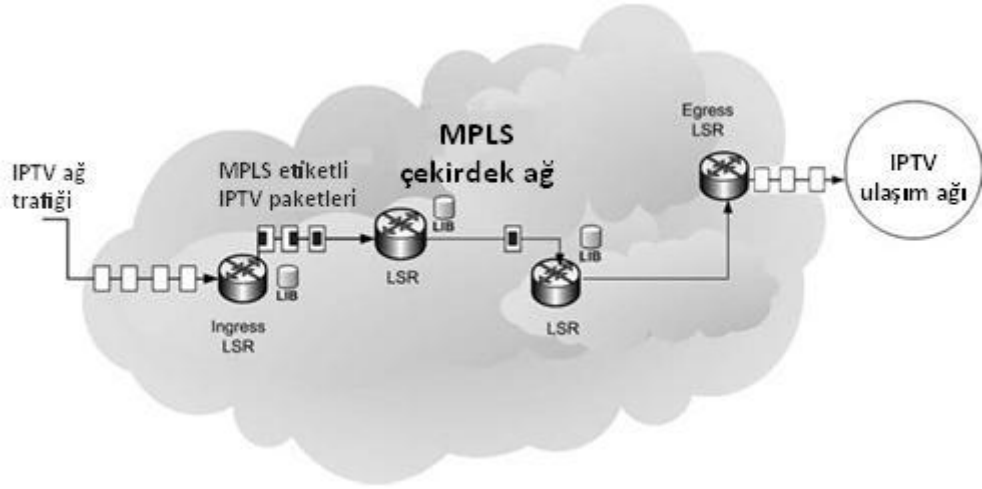
Çizelge 1. Optik taşıma standartları (Optical carrier)

OC Seviyesi	Sinyal Taşıma Hızı
OC-1	51,84 Mbps
OC-3	155,52 Mbps
OC-12	622,08 Mbps
OC-24	1,244 Gbps
OC-48	2,488 Gbps
OC-192	10 Gbps
OC-256	13,271 Gbps
OC-768	40 Gbps

2.6.2. IP ve MPLS

Büyük telekomünikasyon şirketleri çekirdek ağlarında IP haberleşmesini hayata geçirmişlerdir. IP aslında QoS ve trafik ayırma (seçme) gibi özellikleri desteklemesi için tasarlanmamışken, bu tip özellikler MPLS teknolojisi ile kombine edilmiş IP temelli ağlarda kullanılabilir hale gelmiş ve birçok video trafik tipi bu çeşit ağlarda taşınmaktadır [2].

Bir MPLS platformu gelişmiş Etiket Anahtarlamalı Router (LSR) cihazları ile kurulmakta ve LSR lar IPTV ağında belirli varış noktalarına bağlantılı yollar kurmaktadır.



Şekil 6. MPLS çekirdek ağı altyapısı [2]

Bu sanal yollara Etiket Anahtarlanmış Yollar (LSP) denmektedir ve MPLS ağı üzerinden kolaylıkla IPTV içeriği taşıyacak şekilde ayarlanılır. LSP kullanımı ile veri paketlerinin ağ içerisinde rotalanması hızlandırılmış olur. Bunun sebebi derin paket denetiminin yalnızca ağa girişlerde olması ve her router hop ta tekrarlanmamasıdır. Çizelge 2 de MPLS başlığının içeriği özetlenmiştir. Şekil 6 da ise bir MPLS çekirdek ağ topolojisi gösterilmiştir.

Çizelge 2. Başlık formatı

Alan İsmi	Alan Boyutu (Bit)	Fonksiyon Tanımı
Etiket	20	Her IP paketi için bir sonraki hop bilgisini içerir .
Deneyimsel Bitler	3	Diğer uygulamalar için rezerve edilmiştir.
İstifleme Bitleri	1	Her başlık bir veya birden fazla başlık içerebilir, istif biti 1 ise LSR en son başlığı kullanır.
Ayrılma Zamanı (TTL)	8	Bu bölge IP deki TTL kısmından aynen kopyalanır.

2.6.3. Metro ethernet

Çekirdek ağ içerisinde kullanılabilir bir diğer teknoloji ise Metro Ethernet tir. Önde olan servis sağlayıcılar, teçhizat satıcıları ve ünlü network kurulum firmalarının birliğinden oluşan Metro Ethernet Forum (MEF), Ethernet teknolojisini yüksek kapasiteli omurga ve çekirdek ağının bütünlemesi için gereken özellikleri yayınlamaktan sorumludur.

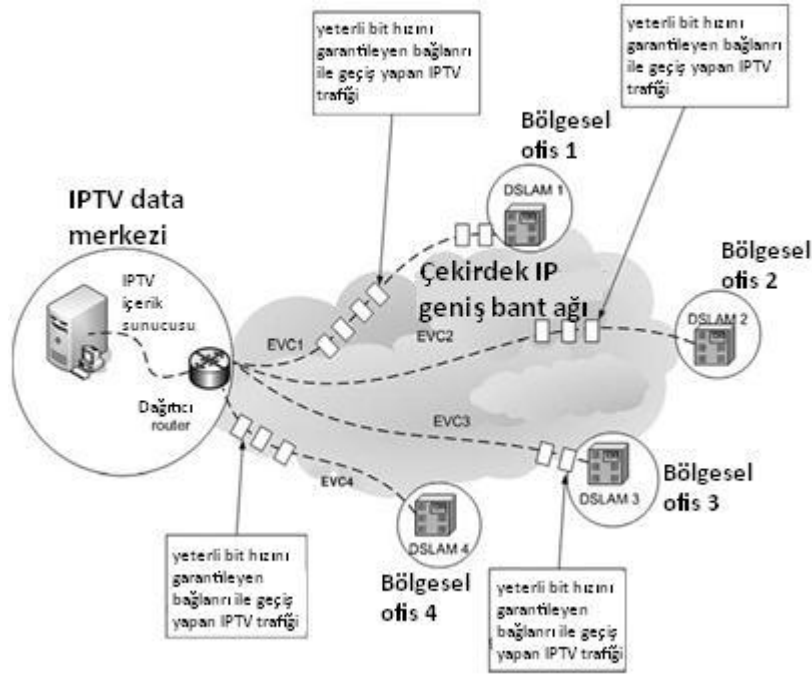
Teknik özellikleri geliştirmenin yanı sıra MEF servis sağlayıcıların çekirdek ağ altyapılarında kullanılan Ethernet ekipmanların tasdikleme görevine de sahiptir [11].

Metro Ethernet kullanılan çekirdek ağların teknik ve operasyonel özellikleri şunlardır:

- Tipik bir çekirdek ağ teknolojisinde olması gereken esneklik, yüksek performans ve ölçeklenebilirlik mevcuttur.
- Modern Metro Ethernet ekipmanları ile 100 Gbps hızı ile uzakta ve dağınık halde bulunan bölgesel ofislere veri taşıyabilir ve IPTV hizmeti rahatlıkla dağıtır.
- Herhangi bir veri hatasında IPTV'nin bundan etkilenmeden çalışırılığını sürdürmesi için gerekli kurtarma ve geri kazanma işlevleri vardır.
- Her IPTV kullanıcı bölgesi için data merkezi ile bölgesel ofisler arasında kullanılacak adanmış sanal yollar (EVC) kurulmasına olanak sağlar.

Tüm bu özelliklerin yanında çok düşük veri gecikmesi ve düşük paket kayıpları ile Metro Ethernet, ağ haberleşmesi için kullanılabilir ideal bir teknolojidir [12,13].

Aşağıdaki Şekil 7 de gösterildiği gibi Metro Ethernette kullanılmış IPTV ağ altyapısı görülmektedir.



Şekil 7. IPTV çekirdek ağ altyapısında EVC kullanımı ile dağıtım [2]

2.7. IPTV Ulaşım Ağı

IPTV servis sağlayıcılarının sağlıklı hizmet verme adına karşılaştıkları en önemli problem, IPTV çekirdek omurgası ile son kullanıcıda bulunacak sonlandırma cihazları (Set-top-Box) arasında kullanılacak ulaşım ağı üzerinde yeterli bant genişliğini sağlamak olacaktır. Bu bağlamda IPTV için gerekli bant genişliğini sağlayabilecek yeteneğe sahip ağ yapılarını altı grupta toplayabiliriz;

- Fiber ağı üzerinden IPTV
- DSL ağı üzerinden IPTV
- Kablolmuş TV ağı üzerinden IPTV
- Uydu tabanlı ağlar üzerinden IPTV
- Geniş bant kablosuz ağlar üzerinden IPTV
- İnternet üzerinden IPTV

Her servis sağlayıcı kendi altyapısına uygun başka bir sistem kullanır. Devam eden bölümde her platformun teknik açıklaması bulunmaktadır.

2.7.1. Fiber erişim ağları üzerinden IPTV dağıtımı

Düşük maliyetli yüksek bant genişliği gereksinimini karşılaması ve elektromanyetik girişim gibi çevresel etkenlerden etkilenmemesi optik fiber temelli erişim ağların kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Bununla birlikte fiber bağlantısı son kullanıcıya, IPTV içeriğini kesintisiz alabileceği ve sadece kendi sahip olacağı bir hat sunmuştur. Fiber teknolojisi ile yüksek bant genişliğinin son kullanıcıya ulaştırılmasında çeşitli ağ mimarileri kullanılmaktadır. Bunlardan ilki FTTR şeklinde kısaltılmış ‘Bölgesel Ofise Kadar Fiber’ mimarisidir ki bu mimaride IPTV Data Merkezinden çıkan fiber, servis sağlayıcı tarafından daha önceden edinilmiş, son kullanıcı grubuna yakın bir bölgede kurulan ofislerde sonlandırılmaktadır. Sonlandırma ekipmanından sonra ise müşterilere bakır kablo ile servis dağıtımı yapılması planlanmıştır.

Bir diğer mimari ise FTTH yani ‘Yakın Çevreye Kadar Fiber’ olup, bu mimaride fiber sonlandırma ekipmanları büyük bir ofis içerisinde değil, belirli bir coğrafik alanda toplanmış müşterilere en yakın ve en uygun küçük bir ofiste veya özel bir yerde kurularak yine bakır kablolar ile müşterilere dağıtımın yapıldığı sistemdir. Bu noktada kurulacak fiber sonlandırma cihazının müşterilere olan uzaklığı en fazla 1500 metre olarak seçilmelidir. FTTR ile karşılaştırıldığında müşteriye daha fazla yaklaşma sebebiyle daha iyi hizmet verilmesi ve servis kalitesinin artması söz konusudur.

Üçüncü mimari FTTC yani ‘Saha Dolabına Kadar Fiber’ mimarisidir. Bu mimari gereği fiber sonlandırma ekipmanı çok daha özel ve az müşteriye besleyecek şekilde müşteriye en yakın yere, örneğin kaldırım kenarlarında kurulmuş dış etkenlere dayanıklı kabinetler içerisine yerleştirilir. Bu kabinetler ile müşteri arasına bakır kablo ağları kurularak hizmet verilir. FTTH mimarisi ile kıyaslandığında daha az müşteriye hitap edeceği için kabinet sayıları artırılarak son kullanıcılara daha fazla yaklaşım sağlanır ve bu durum daha iyi hizmet ve kaliteli servis anlamına gelmektedir.

Dördüncü mimari FTTH yani ‘Eve Kadar Fiber’ mimarisidir. Bu mimari gereği IPTV Data Merkezinden çıkan fiber müşterinin evine kurulacak olan fiber sonlandırma cihazına kadar gelir. En sağlıklı ve en kaliteli hizmet verilen mimari FTTH mimarisidir. Bu sebeple yeni yapılan yerleşim merkezlerinde veya sitelerde ve henüz inşaat halindeki binalarda bakır kablolar yerine fiber kablolar kullanılarak, ikamet edecek ailelerin veya işyerlerinin dijital hizmetlerden en iyi düzeyde yararlanması sağlanmak istenmektedir.

Son mimari yapı ise FTTH yani ‘Apartmana Kadar Fiber’ dir. FTTH ye göre daha ekonomik bir sistemdir. Hali hazırda kullanılmakta olan apartman içi bakır kablo tesisatının eğer problemi yoksa değiştirilmesi gerekmemektedir. Fiber kablo, apartman içerisinde uygun bir yere kurulacak fiber sonlandırma cihazına gelir ve buradan bakır kablolarla her daire içerisine hizmet verilmiş olur [2].

2.7.2. ADSL ağları üzerinden IPTV dağıtımı

DSL (Digital Subscriber Line – sayısal abone hattı)

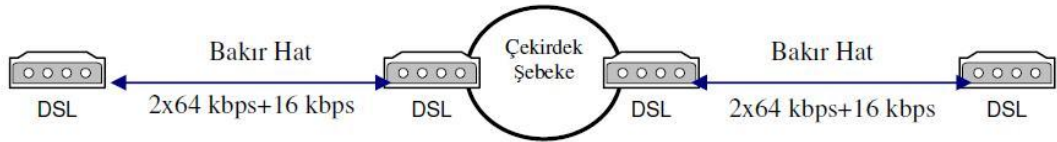
Genel olarak DSL bir hattı değil bir modem çiftini temsil etmektedir. Bir DSL dubleks veri gönderir yani her iki yönde aynı anda bakır hatlar üzerinden yaklaşık 5 kilometreye kadar 160 Kbps hızda veri gönderir.

DSL modemleri 80 KHz’e kadar Twisted Pair (sarılı çift tel) bant genişliğini kullanırlar. DSL modemleri çift kazanım uygulamaları için kullanılmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde ikinci hat tesisine ihtiyaç olmadan tek bir POTS (Plain Old Telephone Services) hattını iki adet POTS hattına dönüştürülür.

DSL Teknolojisi geniş frekans aralığı kullandığı için, tek bakır bağlantının kullanımı ile ses ve veriye aynı anda sahip olmak mümkündür. Ses çağrısı normal olarak 0 – 4 KHz spektrum üzerinden, data ise daha yüksek frekanslar kullanılarak gönderilecektir.

4 KHz frekans bandında meydana gelecek enterferans problemi için ayırıcı (splitter) kullanılarak çözülmüştür. Ayırıcı cihaz, müşterinin konutuna giren telefon hattına bağlanmaktadır ve aynı zamanda telefon hatlarına çatallanır: Bir kol orijinal ev

telefon teline bağlanır ve diğer kol DSL modeme erişir. Bu durumda ayırıcı, telefon hattının ayrılmasının yanı sıra, 0 – 4 KHz frekansları telefona geçiren bir alçak geçiren filtre gibi rol oynayarak telefonlar ve DSL modemler arasındaki 4 KHz enterferansını ortadan kaldırır [14].



Şekil 8. Temel DSL bağlantısı [14]

Geçtiğimiz bir kaç yılda dünyanın farklı yerlerinde telefon servisi sunan şirketler, ellerinde hali hazırda bulunan DSL tabanlı haberleşme altyapılarının getirdiği avantaj ile gelecek nesil televizyon servislerini kullanıcılarına sunmak istemişler ve IPTV hizmetini vermek için gerekli çalışmalara başlamışlardır. Fakat var olan birçok DSL tabanlı geniş bant haberleşme ağ teknolojileri, sürekli büyümekte olan yüksek hızlı veri servisi taleplerini karşılayamamıştır. Bu durumun aksine, IPTV servislerinin verilebilmesi için bant genişliği ise büyük önem taşımaktadır ve DSL ağlarının yetersiz bant genişliği sunması sonucunda IP video dataları gönderiminde bazı kısıtlamalar söz konusu olmuştur. Tüm bu yetersizlikler sonucunda DSL teknolojisinde geliştirmeler yapılmış ve ADSL, ADSL2+ ve VDSL teknolojileri boy göstermiştir.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

ADSL (Asimetrik Dijital Abone Hattı) bir çeşit noktadan-noktaya bağlantı teknolojisidir ve bu sebeple servis sağlayıcıların IPTV gibi yüksek bant genişliği gerektiren uygulamalarına hizmet verebilmesi için geleneksel telefon altyapısının kullanmasını olanaklı kılar. DSL teknolojilerinin içinde ADSL' in önemli bir yeri vardır. ADSL normal telefon hatlarında kullanılan kuvvetlendiricisiz bakır hattın bant genişliğini büyüten asimetrik çift yönlü bir iletim sistemidir. ADSL sistemler; MPEG-2 standardında sıkıştırılmış video görüntülerin yüksek kalitede aşağı yönde ortalama 6 Mbps hızlarında iletilebilmesini sağlamıştır.

ADSL sistemler çeşitli modülasyon tekniklerinden; sayısal işaret işleme, sıkıştırma algoritmaları, frekans bölmeli çoklama ve yankı bastırma gibi teknikleri kullanarak telefon hattını üç kanala ayırır. Bu üç kanaldan bir tanesi yüksek hızlı aşağı yönde kanal, orta hızda dupleks bir kanal ve bildiğimiz telefon kanalınıdır. Bu kanallar sayesinde, mevcut bakır kablolar üzerinden aynı anda yüksek hız gerektiren video görüntüleri iletilebilmekte, internet bağlantısı sağlanmakta ve telefon görüşmeleri yapılabilmektedir. Bu sayede veri alımı ve gönderimi esnasında telefon görüşmesi de yapılabilir. Veri alma ve gönderme kanalları farklı hızlarla iletişim gerçekleştirdiği için asimetrik denmektedir. Örneğin bir ADSL formu 1,5 Mbps ile veri alabilirken, 640 Kbps hız ile veri gönderebilir.



Şekil 9. ADSL hattı [15]

ADSL'in asimetrik yapısı internet ya da benzer veri kaynaklarına ulaşım tek yönde veri aktarımı yapmak isteyen aboneler için oldukça elverişli bir uygulamadır. Bu 1,5 Mbps'lik veri alma hızı normal modemle internete bağlıken web sayfalarının indirilme hızını yaklaşık 30 kat daha hızlı bir hale getirecektir. 640 Kbps'lik veri gönderme hızı ise basit sorgulama bilgilerinin gönderilmesinde ve masaüstü video konferans sistemlerinde oldukça iyi bir performans sağlayacaktır. İnternete bağlıken aynı zamanda telefon görüşmesi yapılabilmesi de bir başka avantajıdır. Telefon hatlarında yapılan konuşma ve analog transferler potansiyel bant genişliğinin çok küçük bir kısmını kullanırlar. Ters yöndeki verilerin birbirinden ayrılması V.32 ve V.34 modemlerde kullanılan yankı bastırma teknikleri kullanılarak sağlanmaktadır [15].

ADSL ekipmanları:

ADLS ağları üzerinden bir IPTV hizmeti verilebilmesi için gerekli cihazlar ve IPTV mimarisi içerisinde nerede oldukları şekil 10 da görülmektedir:

ADSL modem – Son kullanıcıdan itibaren mimaride yer alan ekipmanlara bakacak olursak ilk basamakta kullanıcı modemini görebiliriz. Modemin görevini tekrarlırsak, dijital veriyi analog modülasyon tekniklerini kullanarak bakır kablo üzerinden taşınabilmesini sağlar ve yine aynı bakır şebeke üzerinden gelen analog sinyali demodüle ederek dijital veriye çevirme işlevini yapar. Günümüzdeki birçok modem aynı zamanda router işlevini de gerçekleştirebilir.

POTS splitter – İkinci basamakta ise POTS ayraçları bulunur. Bu ayraçlar aslında birer alçak geçiren filtredir. Data işaretlerini telefon işaretlerinden ayırır ve yüksek frekanslı işaretleri modeme, düşük frekanslı işaretleri ise telefon cihazına yönlendirir.



Şekil 10. ADSL ağı üzerinden IPTV hizmeti [11]

DSLAM – Üçüncü aşamada bulunan DSLAM (Dijital Abone Hattı Erişim Çoklayıcısı) ise son kullanıcılardan gelen veriyi bakır şebeke üzerinden alır, kümeler oluşturur ve fiber kablo üzerinden IPTV Data Merkezindeki bir diğer DSLAM a

yönlendirir. Kullanılan bu DSLAM cihazları iki çeşittir. Bunlardan ilki Katman-2 DSLAM cihazıdır. OSI referans modelinin ikinci katmanında yer alırlar ve ATM trafiği ile Ethernet trafikleri arasında anahtarlama görevi yerine getirirler. İkinci tip DSLAM ise IP-DSLAM dır ve üçüncü düzey IP haberleşmesini sınırlı oranda desteklemektedir. Ayrıca bu tip DSLAM'ların en önemli fonksiyonları IPTV servisi altında çalışıyor olma durumunda kullanıcı tarafından yapılacak kanal değiştirme işlemini yerine getirecek olmasıdır.

VDSL (Very High-Bit-Rate Digital Subscriber Line)

VDSL, klasik hatlar üzerinden çok yüksek hızlarda veri iletimi sağlayan en son ve en iddialı teknolojidir. Simetrik yapıda 20 Mbps üzerinde hızlar mümkün olmakta ve asimetrik olarak 52 Mbps hıza ulaşabilmektedir. VDSL hem kısa erişimli simetrik hem de uzun erişimli asimetrik çalışma olanağını sunabilmektedir. Yüksek kapasiteli kiralık hat ve geniş bantlı hizmetler için kullanılır [16]. VDSL, ADSL'den daha yüksek veri hızlarında ancak daha kısa hatlar üzerinde asimetrik bir veri iletimi sağlar [14].

Türkiye'de 27.01.2009 tarihinden itibaren Türk Telekom tarafından gerçek anlamda VDSL2 servisi hizmete açılmıştır. VDSL2 servisi, telefon haberleşmesi ve ADSL hizmeti için kullanılan bakır kabloların fazla miktarda ek yapılarak birleştirilmesi, nadiren de olsa farklı kesitlerdeki kabloların birbirlerine eklenmesi ve kullanılan bakır kabloların fiziksel yapısının uyumsuzluğu gibi sebeplerden doğan kısıtlamaların etkisiyle 700 metre içerisinde yaklaşık 33 Mbit lik hıza ulaşılmaktayken, 1200 metrelik mesafelerde yaklaşık 17 Mbps lik hıza ulaşılmaktadır. Türk Telekom ise bu mesafeler içerisinde 32Mbit, 16Mbit lik servislerini hizmete sunmuştur.

2.7.3. Kablo TV ağı üzerinden IPTV dağıtımı

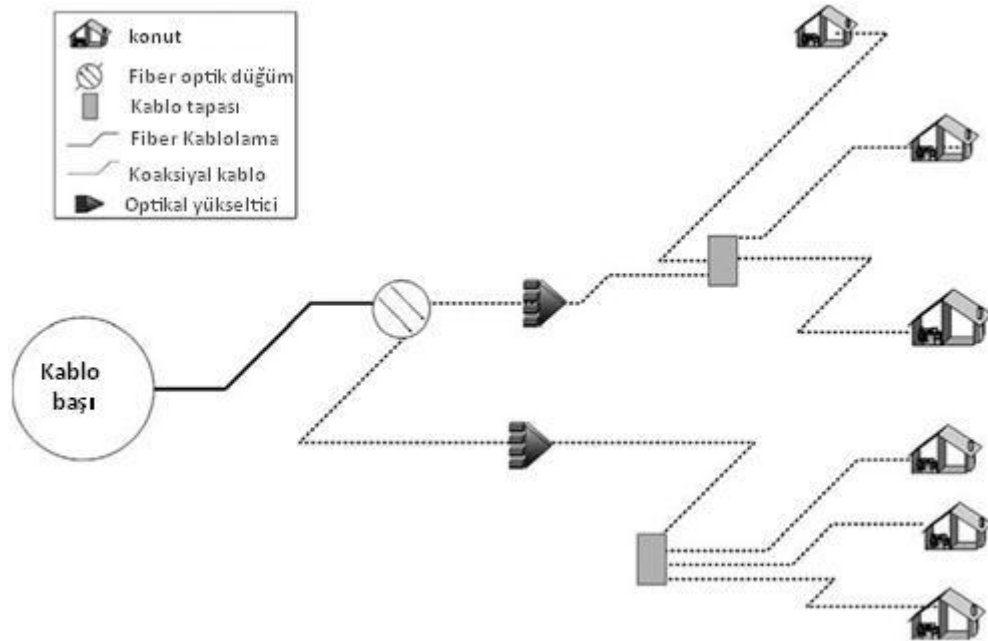
Kablo TV operatörleri IPTV gibi gelişmiş iletişim haberleşme servislerini destekleyebilmek için yakın geçmişte önemli yatırımlar yapmışlar. IPTV içeriğinin

bir kablo TV ağı üzerinden taşınmasını anlayabilmek için öncelikle hibrit fiber ağlarına ve geleneksel dijital TV transmisyon teknolojilerine göz atmak yararlı olacaktır.

HFC (Hibrit Fiber/Koaksiyal) teknolojisi

HFC birçok dijital TV servisinin dağıtılmasında kullanılan, fiber – optik ve koaksiyal kabloların beraberce kullanıldığı ‘hibrit’ bir teknolojidir ve birçok kablo TV hizmet sağlayıcısı tarafından kullanılmaktadır. HFC sistemlerinin ana transmisyon sistemi optik iletim teknolojisi kullanmaktadır. Böylece IPTV hizmetinin bu tür ağlar üzerinden sağlıklı verilebilmesinde bant genişliği problemleri ile karşılaşılmamaktadır [2].

Şekil 11 de bir uçtan-uca HFC Ağı ve son kullanıcıya bu ağ üzerinden veri taşımada kullanılan ağ elemanları gösterilmiştir.

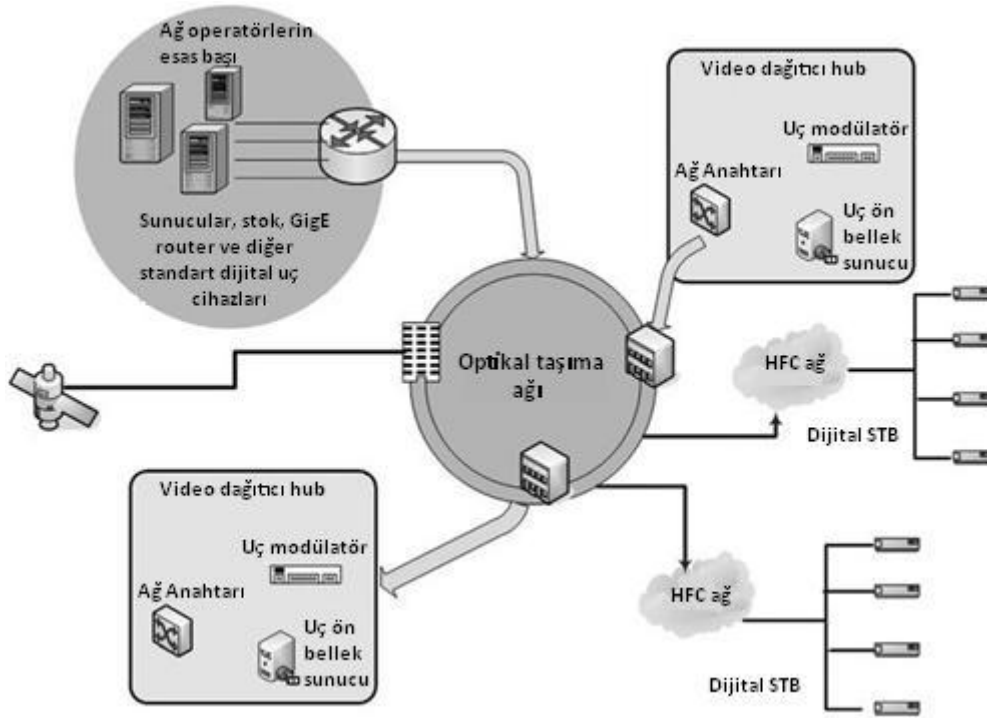


Şekil 11. Uçtan – uca HFC ağı [11]

Telekomünikasyon operatörlerinin ellerinde bulunan altyapının müsait olması ve sağlayabileceği bant genişliğini değerlendirmek istemeleri sonucunda, IP üzerinden

veri taşıma hizmetlerini son kullanıcıya ulaştırma çalışmalarına başlamışlardır. Bu çalışmaları kendileri için tehlike olarak gören kablo TV operatörleri de IP temelli, ‘Anahtarlamalı Dijital Video’ (SDV) hizmetini ellerinde bulunan altyapıyı kullanarak vermek istemişlerdir. Bu sebeple radyo frekans (RF) temelli ağ yapısından IP temelli farklı bir ağ yapısına geçmek amacıyla gerekli olan IP Router, Yüksek Hızlı Haberleşme Anahtarları ve Set-Top-Box gibi yeni cihazları altyapılarına eklemiştir.

Tipik bir Kablolulu IPTV sistemi video verisini haberleşme altyapısı üzerinden taşımak amacıyla IP ve RF donanım elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 12 de bu tür bir mimari gösterilmiştir.



Şekil 12. Kablo TV altyapısı üzerinden IPTV dağıtım mimarisi [2]

Gösterildiği gibi ağda çeşitli donanımlar kullanılmıştır;

GigE yönlendiriciler – Burada kullanılan Gigabit Ethernet (GigE), yüksek kapasite isteyen VoD gibi servislerin kullanılmasına olanak sağlayan bir IP haberleşme aygıtıdır ve IPTV trafiğini çekirdek erişim ağına bağlar.

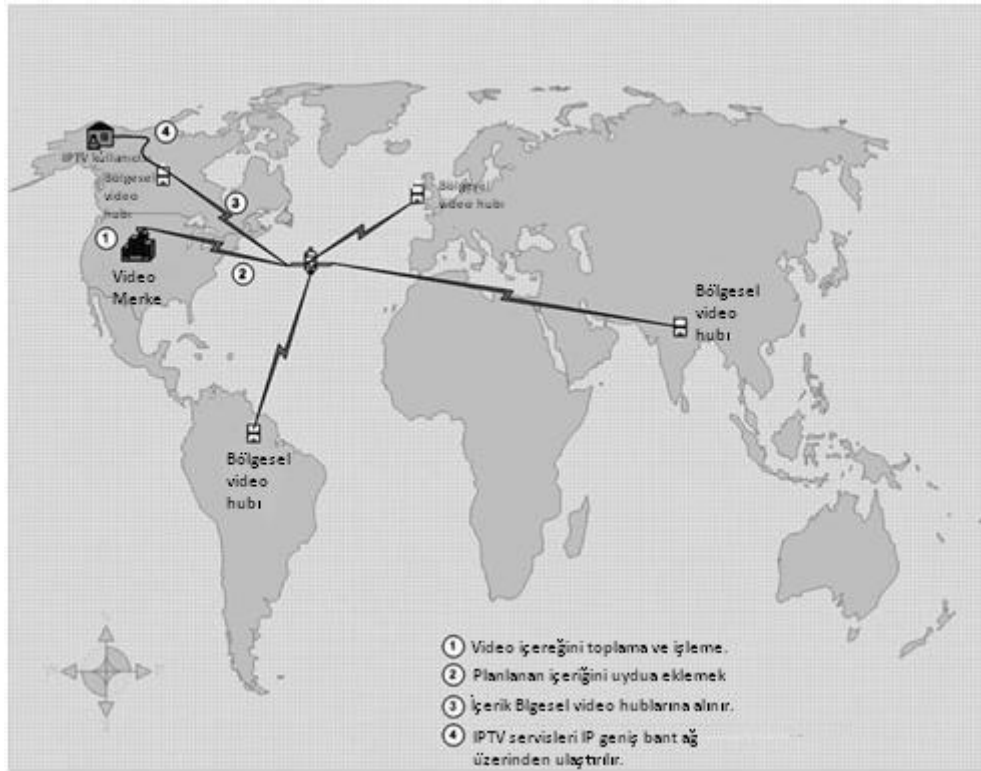
Optik taşıma ağı – Data Merkezi içerisinde bulunan Video Sunucuları ile ağ bitimlerinde kurulan Sınır Modülatörleri arasında fiziksel bağlantı kurulmasını sağlar ve SONET, ATM ve DWDM gibi teknolojiler çekirdek ağda kullanılmaktadır.

Sınır modülatörleri – Sınır Modülatörleri ise Bölgesel Ofislerde kurulan IPTV içeriğini alan, veriyi IP paketlerinden çıkararak RF sinyaline modüle eden ve HFC ağı üzerinden Set-Top-Box cihazlarına ulaşmasını sağlayan cihazlardır.

2.7.4. Uydu ağı üzerinden IPTV dağıtımı

Uydu linkleri karasal transmisyon ağlarından çok daha fazla bant genişliği sunmaktadır. Bu sebeple uydu ağları üzerinden IP temelli dijital video içeriğini kapsayan üçlü-oyun (triple-play) servisi, VoIP (IP üzerinden ses taşınması) ve yüksek hızlı internet erişim servisleri verilmesi mümkündür.

Birçok uydu ağı servis sağlayıcısı ellerindeki altyapıyı kullanarak IPTV video içeriğini kablo ve telekomünikasyon servis sağlayıcılarının IPTV Data Merkezlerine ulaştırmak için kullanmaktadır. IPTV içerik dağıtımı için kullanılan bu mekanizmayı destekleyen haberleşme altyapısı şekil 13 de gösterilmiştir.



Şekil 13. Uydu ağı üzerinden IPTV dağıtımı [2,16]

Görüldüğü üzere uydu operatörüne ait Operasyon Merkezince alınan orijinal içerik burada gruplandırılmasının hemen ardından MPEG-2 / MPEG-4 veya Windows Medya Formatı olarak yeniden kodlanır ve şifrelenir. Şifreli içerik sonra uyduya gönderilir ve buradan da IPTV servisini son kullanıcıya ulaştıran telekomünikasyon veya kablo TV şirketlerinin farklı yerlerde konumlandığı Video Hub cihazlarına anahtarlanır. Anahtarlanan veri son olarak geniş bant haberleşme ağları üzerinden son kullanıcıya ait IPTV Set-Top-Box cihazlarına ulaştırılır ve hizmet verilmiş olur [2,16].

2.7.5. Kablosuz ağlar üzerinden IPTV dağıtımı

Yeni geniş bant kablosuz ağlar, telekom operatörlerine IPTV servisini evlere dağıtmasında yeni bir platform olanağını sağlamaktadır. Farklı çeşitlerde mümkün olan bu teknoloji aşağıda açıklanmaktadır.

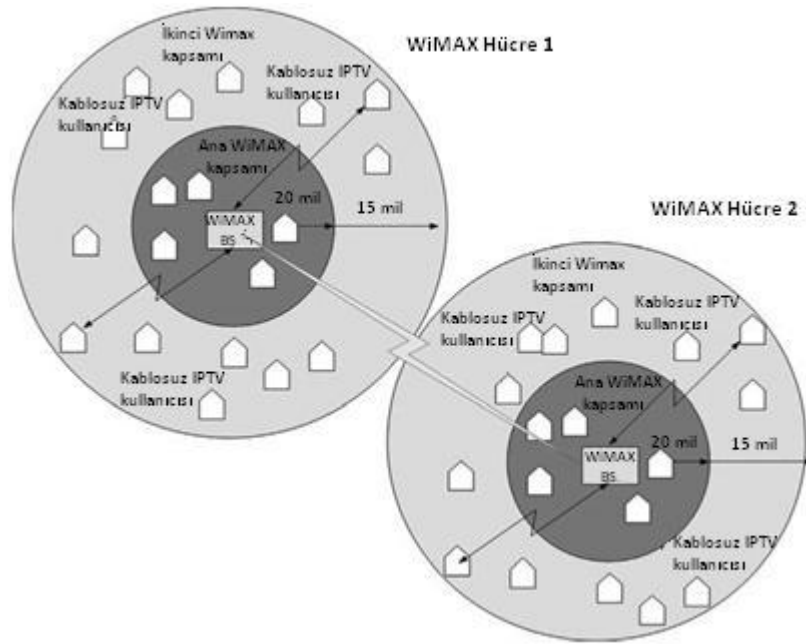
2.7.5.1. Sabit WiMAX üzerinden IPTV dağıtımı

Yeni Nesil Ağlar (Next Generation Networks – NGN) üzerinden sağlanan servislerin sayısındaki artış beraberinde daha fazla bant genişliği talebini getirmiştir. Bu talebi karşılamak için arka plandaki optik ağlarda “Dalga boyu Bölmeli Çoklama” (Wavelength Division Multiplexing - WDM) iletim yönteminin kullanımına gidilmiştir. Deneysel bir çalışmada bu yöntemle 10 Tbps veri iletim hızına kadar ulaşılacağı gösterilmiştir. Bunun yanında yerel alan ağlarında (LAN) da iletim hızı 10 Mbps’den 100 Mbps değerine yükselmiş olup Gigabit Ethernet uygulamaları da kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde yerel ağlar ile çekirdek ağların kapasiteleri arasındaki uçurum artmakta ve bununla beraber arada kalan ulaşım ağlarının da düşük kapasiteleri bir dar boğaz oluşturmaktadır. Bu soruna, hizmet sağlayıcı tarafından bakıldığında “Son Mil Problemi”, müşteri tarafından bakıldığında da “İlk Mil Problemi” adı verilmektedir. Mevcut erişim teknolojilerinden DSL ve hibrid-fiber-koaksiyel (HFC) yapıları, karşılayabileceklerinden daha fazla talep geldiğinde yetersiz kalmaktadır. DSL, mesafe ve hat gürültüsünden kaynaklanan ciddi sorunlara sahiptir. HFC de kapasite asimetrisi yüzünden veri iletimi için ideal bir hale gelememiştir. Bu sorunlardan dolayı mevcut erişim ağlarını ucuz ve hızlı bir çözümlerle geniş bant erişime uygun hale getirebilmek gerekmektedir [17,18].

WiMAX, geniş bant kablosuz erişimi belirgin bir şekilde artırıp ekipman, işletim ve bakım masraflarını da en düşük seviyeye indirmeyi amaçlamaktadır. WiMAX hem lisanslı hem de lisanssız frekans bantlarını kullanarak kablosuz erişimin kapsamını artırmaktadır. Geniş bant servislere erişim için göreceli olarak yüksek iletim hızları (20 Mhz’lik kanal ile 75 Mbps) ve genişletilmiş kapsama alanı (Uygun koşullarda 50 km’ye kadar) sunar [17].

Telekomünikasyon operatörleri için kablosuz haberleşme ağları üzerinden IPTV içeriğinin evlere dağıtılması bir diğer alternatif olmaktadır, tüm dünyada son kullanıcıların WiMAX ağları üzerinden bu hizmeti kullanma istekleri de her geçen gün büyümektedir. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) günümüzde Türkiye’de ve tüm dünyada oldukça yaygın kullanılan Wi-Fi

teknolojisine benzer şekilde çalışmakta olan ve yüksek kapasite sunan IEEE 802.16 teknik standartlarına uygun bir kablosuz IP geniş bant teknolojisidir. Şekil 14 de IPTV trafiği taşıyan WiMAX sistemi görülmektedir.



Şekil 14. IPTV trafiği taşıyan basitleştirilmiş WiMAX sistemi [17]

WiMAX'in detaylı teknik içeriği bu tezin diğer bölümünde ele alınacaktır.

2.7.5.2. Mobil WiMAX

IEEE 802.16 standardı mobil ortamlarda geniş bant servisi sağlamak için kullanılamaz. Bu amaç için IEEE 802.16 standardına bir iyileştirme yapılarak IEEE 802.16e ortaya çıkartılmıştır. Mobil WiMAX olarak da adlandırılan IEEE 802.16e, 2005 yılında onaylanarak sertifikalı ürünler 2006'da piyasaya sunulmuştur. Farklı lisanslı bant aralıklarında uygulanır: 2,5, 3,3 ve 3,4 – 3,8 GHz. Mobil WiMAX IPTV servis ve uygulamalarını taşımakta önemli olan bir takım ana özelliklerini birleştirmektedir:

- Bu teknoloji en fazla 32 – 46 Mbps da yakın veri hızını desteklemektedir. Eğer bu hızlar doğru yayılırsa, sıkıştırılmış IP tabanlı yüksek kaliteli içeriklerin mobil cihazlara ulaşmasını sağlar.

- OFDMA gibi teknolojileri ve optimize edilmiş transferleri kullanarak uzak coğrafi alanlarda bulunan ve çok yönlü iletimden etkilenebilecek IPTV izleyicilerin etkilenmeden televizyon kanallarının yayınına ulaşabilmesine izin verir.
- Mobil WiMAX, IPTV gibi gerçek-zamanlı uygulamalarına faydalı olan geliştirilmiş Servis Kalitesi (QoS) mekanizmasını desteklemektedir.

2.7.6. İnternet üzerinden IPTV dağıtımı

Geniş bant iletişimde artırılmış hız ile data sıkıştırma teknolojilerindeki ilerlemenin bileştirilmesiyle geçtiğimiz birkaç yıl içerisinde video iletiminde İnternetin kullanımı oldukça büyük bir ivme yakalamıştır. Bu ivmenin etkisiyle IPTV'nin İnternet üzerinden son kullanıcıya ulaştırılması belirli video formatları kullanılarak sınırlı bir biçimde mümkün olmuştur [2].

Çizelge 3. IPTV ağ dağıtım teknolojileri

Ağ Teknolojileri	Kapasite Aralığı	Modülasyon Teknikleri
FTTx	Gigabits per seconds	IPTV hizmetini taşımak için MAC katmanındaki teknolojiye bağlıdır
DSL	1 – 100 Mbps	CAP ve DMT
HFC	100 Mbps üzeri	QAM
Uydu	1 – 10 Mbps	QPSK
Sabit Kablosuz	1 – 10 Mbps	Ağ platformun türüne göre değişir
İnternet	İnternette kullanılan ağ bağlantıların video taşıma kapasitesine bağlıdır	Genelde açık şemalar kullanılır

2.8. IPTV Yayını ile İlgili Ağ Faktörleri

IPTV servislerine ticari anlamda başlamadan önce bir takım faktörler düşünülmelidir [2]:

2.8.1. Şebeke kapsamı

Video taşınmasını desteklemek için IPTV dağıtım şebekesi yüksek kapasiteli taşıma özelliği karakterize etmelidir. IPTV servisini taşımak için gerekli olan bant genişliği genellikle IP üzerinden ses (VoIP) ve internete ulaşım servisleri için gereken bant genişliğinin kaç katıdır. IPTV hizmetini uygulamak için gereken toplam bant genişliği birkaç faktöre bağlıdır:

Sunulacak olan IPTV multicast kanalları – Daha önce bahs ettiğimiz gibi her kanalın tek bir kopyası IPTV data merkezinden dağıtım şebekesine gönderilir. Kanal, ağ altyapısına ulaştıktan sonra, multicast prosesi kanalların kopyalama ve her IPTV kullanıcıya yönlendirme işlemini yapar. 10,000 aboneye yüz tane Standard Definition (SD) IP broadcast televizyon kanalı içeren bir paket hizmeti veren bir servis sağlayıcıyı düşünelim. Eğer sağlayıcının kanal sıkıştırma için H.264 tekniğini kullandığını farz edersek, genel olarak bu da her kanal için minimum 2 Mbps bant genişliği gereksinimine denk gelir. Böylelikle en az bir kullanıcı farklı zaman dilimlerinde her kanala ulaşıyorsa çekirdek dağıtım ağı 200 Mbps kapasiteli bir bant genişliğine ihtiyacı vardır. Bu kapasite, IPTV data merkezinden bölgesel ofise kadar gereken bant genişliğidir. Bu ofislerde IGMP snooping gibi teknikler kullanarak şebekenin lokal kısmındaki gereken bant genişliği düşürülebilir.

IP-VoD servis kapsamı – şebeke kapsamı IP üzerinden İsteğe Bağlı Video ile daha da karmaşık hale gelir. Bu tür uygulamalarda IPTV kullanıcı ve isteğe bağlı video sunucusu arasındaki iletişimi kurmak için unicast taşıma mekanizması kullanılır. Bu tür uygulama çok miktarda bant genişliği tüketmekte ve ağ bu seviyedeki trafiği sağlaması gerekmektedir. 10,000 adetli son kullanıcı şebekeyi düşünelim ve belli bir zaman diliminde abonelerin %5'i VoD başlıklarına ulaştığını farz edelim ve tekrar H.264 sıkıştırma metodunu kullanıldığı hesaba katarsak, maksimum 1Gbps

(10,000 - %5 - 2 Mbps) lık bir ağ kullanımına eşitlik eder. Buda çekirdek ağı için önemli bir gereksinimdir.

2.8.2. Güvenilirlik

IP ağının altyapısı, cihaz bozulmaları karışında güvenilir olmalıdır. IPTV servislerini multicast veya unicast uygulamalarda yarıda kesebilecek bir bozukluk noktası olmamalıdır. Mümkün olduğu yerlerde gerekenden fazla ekipman kullanılmalıdır.

2.8.3. Hızlı tepki

Kullanıcıların kanallar arasında gezinirken ağın kanal değiştirmesine en kısa tepki zamanını desteklemesi gerekir. Hızlı tepki özelliği kullanıcı tarafından his edilen ve dikkate alınması gereken konularından birisidir.

2.8.4. Tahmin edilebilir performans

Bir IPTV ulaşım cihazına kare-kare formatında gönderilen video akışı, sahne karmaşıklığından dolayı farklılık gösterir. Bu yüzden, servis tam zamanlı çalışmaya başlamadan önce, video aktarımı için gereken ihtiyaçların hepsini tahmin etmek çok zordur. Dolayısıyla IPTV operatörleri değişken bit rate aktarımı için uygun ağ kaynaklarını tahsis etmek için bu konuyu göz önünde bulundurmaları.

2.8.5. Servis kalitesinin (QoS) seviyesi

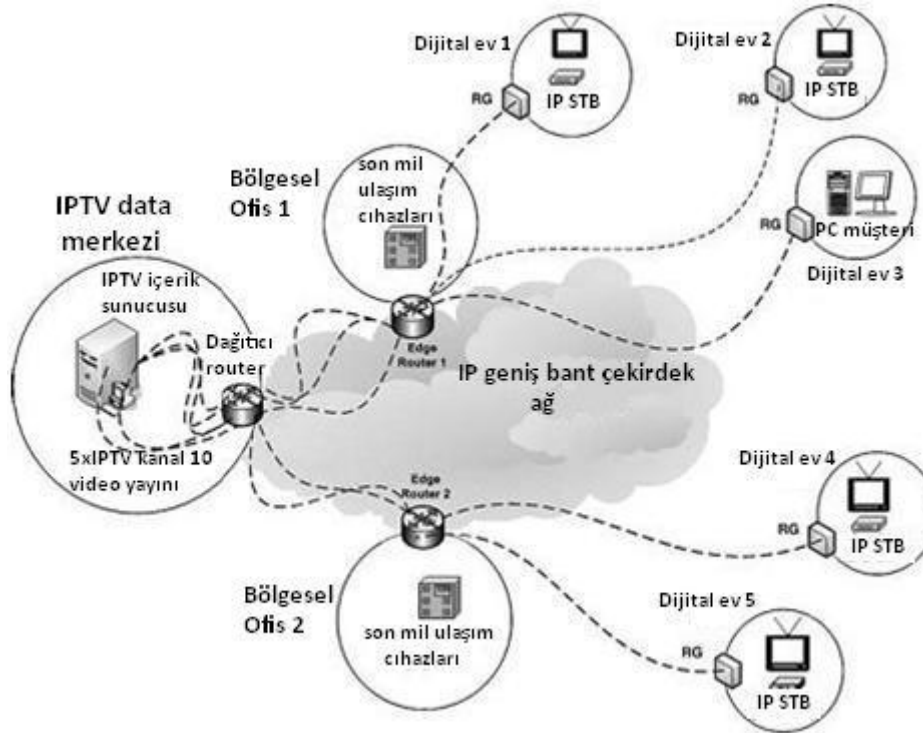
Çoğu IPV servisleri özel IP geniş bant ağları üzerinde çalıştığından dolayı IPTV sağlayıcılarının ödeme yapan abonelerine video içeriklerini sağladıkları zaman bir QoS politikası uygulamaları tavsiye edilir. Bir QoS sistemi, video sinyalini korur ve uzak mesafelere taşınmasına rağmen bozulma ihtimalini düşürür. QoS operatörlere, IP VoD ve IP multicast gibi net performans garantisi gerektiren servisleri sunmaları için ortam hazırlar.

2.9. IPTV İçeriğini Yaymak için Farklı Yaklaşımlar

Ağda gerçek zamanlı IP tabanlı TV trafiği, VoIP ve yüksek hızlı internet erişimi gibi diğer IP servis örneklerinden farklıdır. Örneğin video trafiği yüksek çıktı seviyelerini sabitler ama internet trafiği yüksek veya düşük seviyeli aktivitelerle değişir. Video trafiği ile ilgili özgün örneklerin uyumunu sağlamak için üç farklı teknik kullanılır.

2.9.1. Unicast

Unicast yönlendirmede, her IPTV video akışı tek bir IPTV kullanıcı cihazına gönderilir. Bu nedenle eğer birden fazla IPTV son kullanıcısı aynı video kanalını izlemek veya almak isterse, her IPTVCD ayrı unicast akışına gerek duyulacaktır. Bu akışların her birisi yüksek hızlı IP ağları üzerinden belirli hedeflere yönlendirilecektir. Bir IP ağı üzerinde unicast uygulanması için temel prensip, belirlenen içerik akışını her son kullanıcıya ulaştırmakta belirtilir. Teknik açıdan böyle bir yapının uygulanması çok kolaydır. Ancak bu uygulama şekli ağ üzerinde bant genişliğini verimli kullanamaz [2,11].



Şekil 15. Tek bir IPTV broadcast kanalı için çok kullanıcı IP bağlantısı [2]

Şekil 15 de gösterilen diyagram, iki yönlü yüksek hızlı şebeke üzerinde beş IPTV abonesinin farklı IPTV yayın kanalına eriştikleri zaman IP bağlantılarının nasıl kurulduğunun bir örneğini sunmaktadır. Gösterildiği gibi birden fazla IPTV son kullanıcısı aynı IPTV kanalına aynı zamanda erişmeye karar verdikleri durumlarda ağ üzerinde birkaç adanmış IP bağlantısı kurulur. Örnekte sunucu, kanal 10'a erişmek isteyen bütün IPTV abonelerine aktif IPTV bağlantısı vermelidir. Bu işlem içerik sunucusundan başlayan ve hedef yönlendiricilerine bağlanan beş ayrı akış vasıtasıyla yapılır. Bu beş akış daha sonra kendi hedef noktalarına yönlendirilir. Bağlantılar birinci yerel ofise bağlı olan üç adanmış IP bağlantısı ve ikinci ofise bağlı olan iki adanmış IP bağlantısı ile iki ayrı yerel ofis üzerinden yayılmaktadır. Sonrasında bazı bağlantılar, bölgesel ofislerde bulunan router ve 5 farklı evde kurulan residential gateways (RGs) arasında, kurulurlar. Bu unicast ortamda çoklu IP bağlantısına duyulan gereksinim, çok yüksek kapasiteli şebeke bağlantılarına gerek duyulmasını ortaya çıkarır. IP videonun bu tarz taşınması, on-demand uygulamalarında örneğin şebeke tabanlı dijital video kaydetme (NDVR) ve VoD yani her abonenin kendine has bir akış aldığı durumlara çok uygundur.

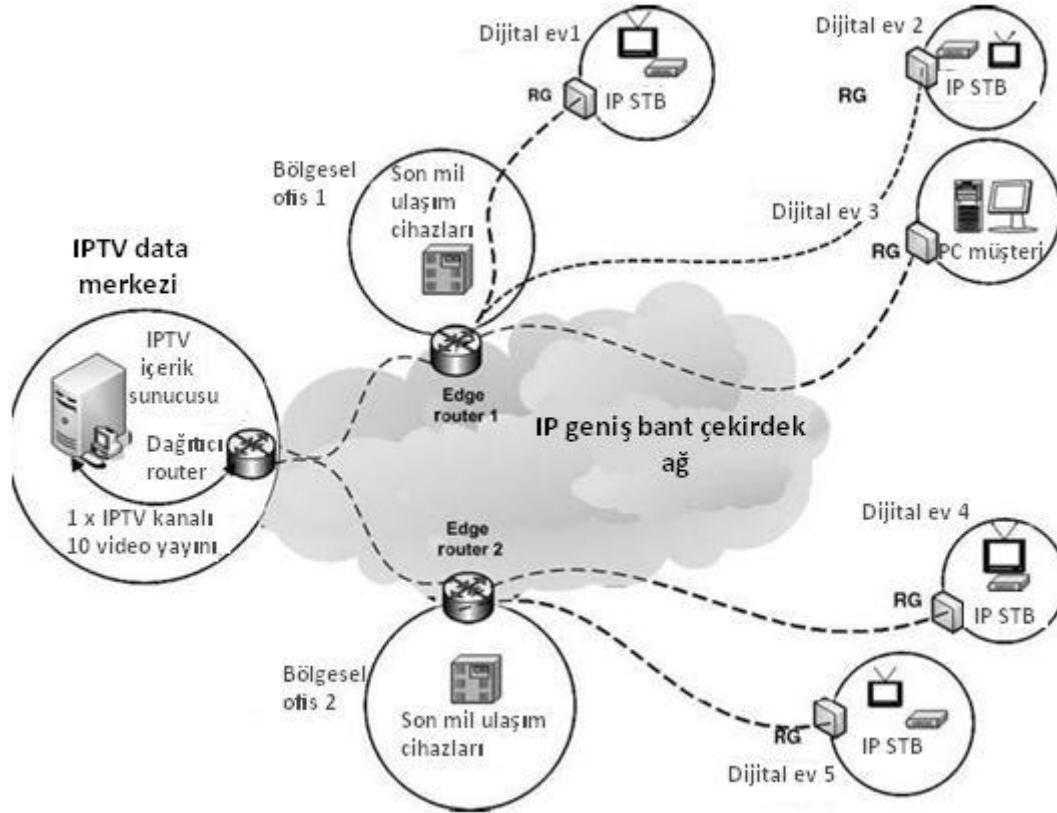
2.9.2. Broadcast

IP şebekeleri broadcast işlevselliğini de destekler ve bu durumda aynı IPTV kanalı geniş bant şebekesine bağlı olan bütün erişim cihazlarına aktarılır. Bir sunucu yayın (broadcast) yapmaya ayarlandığı zaman, bir IPTV kanalı şebekeye bağlı bütün IPTVCD lere, o video akışını isteyip istemediklerine bakmayarak gönderilir.

Bu çok önemli konudur çünkü IPTVCD kaynakları istenmeyen video paketlerini yönlendirmekle uğraşacaktır [19]. Broadcast sisteminin IPTV uygulamalarından uygun olmadığını gösteren bir başka önemli konu ise bu iletişim teknolojisinin yönlendirmeyi (routing) desteklemediği gerçeğidir. Çoğu IPTV şebekelerinin routerleri geniş kullanımlarına göre broadcast kullanımını engelleyicidir. Bu yüzden şebeke ve değişik IPTVCD'ler, bütün kanalların bütün alıcılara gönderdiği zamanlarda yüklenmiş oluyorlar.

2.9.3. Multicast

Gruplar ve üyelikler, multicast'ın nasıl çalıştığının temellerini oluşturur. IPTV'yi geliştirme bağlamında, her multicast grubu bir broadcast televizyon kanaludur ve onun üyeleri o kanala çeviren çeşitli IPTVCD'lar ve izleyenlere eşitlik eder. Bu nedenle, her IPTV kanalı sadece kanalı izlemek isteyen IP Set-Top-Box'a gönderilir. Bu işlem göreceli olarak bant genişliği kullanımını düşük seviyede tutar ve sunucu üzerindeki işlem yükünü unicast sisteminde olan bire bir iletişimin küçük bir parçasına düşürür. Şekil 16 da multicast teknolojisinin etkisini kanal 10'a sürekli erişmek isteyen beş IPTV kullanıcıları örneği üzerinde göstermektedir [2].



Şekil 16. Multicast tekniği kullanılarak IP bağlantısı [11]

Gösterildiği gibi, sunucudan dağıtıcı router'a sadece tek bir kopya gönderilmiştir. Bu router iki nüsha kopyalar ve adanmış IP bağlantısıyla bölgesel ofislerde bulunan routerlara gönderir. Daha sonradan her router yayını, ara yüz portuna bağlı olan ve

yayını izlemek isteyen dijital evlere kopyalar. Bu noktayı unutmamak gerek ki bu yaklaşım IP bağlantılar sayısını ve ağda karşıdan karşıya akan videoların yükünü önemli derecede azaltır. Bu yaklaşım tipik olarak servis sağlayıcılar tarafından canlı IPTV programların broadcasti için kullanılır ve mevcut IP altyapısını yararlı bir şekilde kullanmak için etkili bir teknolojidir. IPTV içeriğini multicastleme işlemi iletişim modellerinden unicast ve broadcast ile karşılaştırdığımızda daha karmaşık düşünülüyor. Sonraki bölüm IPTV içeriğini taşımada uygulanan multicast teknolojisine daha detaylı bilgiyi sağlayacaktır.

2.10. IPTV Ağı Üzerinde Multicast

Multicast, tek bir video sinyalini sürekli olarak çoklu kullanıcıya gönderme tekniğini kastetmektedir. Yani geleneksel broadcast gibi, tüm izleyiciler aynı sinyali aynı zamanda alıyorlar ama her alıcı için ayrı stream yoktur. Buda ağ üzerinde yüksek bant genişliği ve tek noktadan-çok noktaya uygulamasını etkili bir şekilde desteklemektedir. Çizelge 4'te gösterildiği gibi bir takım uygulamalar IP multicast'in avantajını kullanıyorlar [11].

Çizelge 4. Günümüzde IP multicast teknolojisini kullanan uygulama kategorileri

Multicast Uygulamalar	Kategori
Video Konferans	Gerçek zamanlı
e – eğitim	Gerçek zamanlı olan ve olmayan
Stok güncelleme	Gerçek zamanlı
Canlı hava durumu	Gerçek zamanlı
Veri tabanı yedekleme	Gerçek zamanlı değil
Otomatik trafik güncelleme	Gerçek zamanlı

Yukarıdaki uygulamalara ek olarak, IP multicast geniş çapta televizyon servislerini IP ağları üzerinden broadcast yapmak için kullanılır. Bunu için bir takım nedenler vardır. Birincisi ve en önemlisi, yüksek kaliteli IPTV içeriğini ağ üzerinde taşımak için gereken bant genişliği miktarını önemli derecede azaltır çünkü her video streamin sadece tek bir kopyası router'a gönderilmesi yeterlidir ve o da talepte

bulunan cihazlara kopyasını yapıp gönderir. Multicast sadece ağda gereken bant genişliğini indirmekle kalmayıp, içerik sunucusunda işlem gücü (power) göreceli olarak düşük tutulur çünkü her seferinde sadece tek bir kopya gönderir. Buna karşı, bir unicast tabanlı şebeke ortamı sürekli olarak çoklu video streamini çoklu kullanıcıya ulaştırmasına gereksinim duyar ve sadece yüksek performanslı sunucular bu işin üstesinden gelirler. Ancak multicast teknolojisinin bir takım dezavantajları da vardır, örneğin;

VCR (video kaydedici) özelliği desteklenmemektedir – Multicast kullanıcıya istediği zaman video içeriğini ileriye alma, duraklama veya geri alma olanağını vermiyor.

Kısıtlanmış esneklik – Şimdiki ödemeli televizyon servislerine benzer şekilde, IPTV aboneleri televizyonlarını açtıkları zaman devam etmekte olan bir kanalın programını izleyebilirler.

Routerlar multicast'i desteklemeliler – IP tabanlı canlı broadcast televizyon yayınına ağ altyapısı üzerine ulaştırmak isteyen servi sağlayıcılar, data merkezi ile kullanıcı IPTVCD lar arasındaki routerların multicast kabiliyetine sahip olduğundan emin olmalılar. Bu seviyedeki fonksiyonelliği desteklemeyen routerlar değiştirilmelidir.

Routerların iş yükünü ve işlem gereksinimlerini yükseltmek – Routerlar ağ üzerinde IPTV içeriğini taşımakta önemli rol oynamaktalar. Trafiki doğru çıkış portuna yönlendirmeye ek olarak, routerlar video akışlarını çoğaltma ve video paketlerini birkaç kopyasını tutma gibi ekstra görevlerin üstesinden de gelmelidirler. IP multicast ile ilgili çeşitli görevleri uygulamak IP routerların iş yüküne önemli sorumluluk eklemektedir.

Kaynak ve hedef arasındaki istikrarlı destek gereği – IPTV içerik kaynağı ile IPTVCD'lar arasındaki tüm öğelerin IP multicast teknolojisini desteklemeliler. Buda cihazların ulusal internette nasıl yapılandırıldığına az veya hiç kontrolü olmayan Internet TV sağlayıcılarına problem yaratmaktadır.

Diğer bölümde ulaşım teknolojilerinden olan WiMAX teknolojisi IPTV içeriğini taşımak için ele alınmıştır ve teknik detaylar incelenmiştir.

3. WiMAX

IPTV, kullanıcılarına içeriği ne zaman isterlerse ulaştıracağını garanti ettiği için önem ve ün kazanmıştır. Daha sonraki aşama bu içeriği kullanıcının nerede olursa olsun ona ulaştırmaktır.

Geleneksel kablo döşemeli ulaşım ağları, içeriği sadece sabit noktalara ulaştırabilirler. Hâlbuki içeriği mobil kullanıcılara ulaştırabilecek bir teknoloji gerekmektedir.

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) teknolojisi IEEE 802.16-2004 ve 802.16-2005 metropolitan ağlarda sabit ve mobil kablosuz erişim standartlarıdır. Bu teknoloji 70Mbps hızıyla veri gönderir, 30km uzaklığındaki mesafeyi kapsar ve güvenli içerik göndermeyi ve ayrıca taşıt hızıyla hareket eden mobil kullanıcıları destekler [20].

Başlangıçtan beri WiMAX, servis kalitesini (QoS) destekleyecek şekilde ve video ve ses gibi mültimedyaaların akışlarında mümkün olan en iyi kaliteyi garantileyecek biçimde tasarlanmıştır. QoS iki seviyede uygulanır: Fiziksel (PHY) katman ve Data Link veya başka tabir ile MAC katmanında [21].

WiMAX gücünü Mobilite olmasından, Güvenilir olmasından, Servis Kalitesinden (QoS), Birlikte İşlevselliğinden, Ölçeklenebilir olmasından ve Taşınabilir olmasından almaktadır. Gelişmiş özellikleri ile beraber örneğin; Adaptive Antenna Systems (AAS), WiMAX her baz istasyonunda her kanal için üstün bir verim temin edebilir.

Yukarıda belirtilen avantajları ile beraber, WiMAX'ın günümüzdeki diğer geniş bant kablolu teknolojiler ile sıkı rekabeti bekleniyor [3]. WiMAX'ın kabiliyetleri, onu gelecekte hayatımızın her noktasında yer alabilmesi için güçlü bir aday yapmaktadır ve WiMAX ile diğer teknolojiler arasında şeffaf bir servis kalitesi sağlamaktadır. Sabit WiMAX, kablolu ve DSL servisleri ile kıyaslandığı zaman fiyat olarak en uygun olduğu ispat edilmiş iken Mobil WiMAX markette hızla yükselmektedir [22].

3.1. WiMAX Üzerinden IPTV'nin Ana Başarı Faktörleri

Var olan teknolojilerin yerine doğru teknolojiyi seçmek için, gelecekte IPTV servislerinde neler olabileceğini görmek önemlidir, ama bugünkü teknolojilere dayanarak başarılı bir IPTV servisine ulaşmak için gerçekten nelerin gerekli olduğu daha da kritiktir. Bu bölümde önce bugün başarılı bir IPTV hizmetini yürütmek için iki ana başarı faktörlerini belirtilmiştir.

3.1.1. Ölçek ekonomisi

Ölçek ekonomisi üretim sürecini veya servis uygulamasını tanımlar şöyle ki birim üretim sayısındaki artış her birimin sabit masraflarında eksilme olabilir. IPTV servislerinin uygulanmasında yapılan ölçek ekonomisi optimizasyonu riskleri minimize edebilir ve son başarının avantajlarını güvenceye alır.

3.1.2. Planlanmış canlı içerik ve kalite güvencesi

Son kullanıcılara verilen Servis Kalitesi (QoS) ve His edilen Kalite (QoE) IPTV servislerinin kritik gereksinimleri olarak tanımlanmıştır [23]. IPTV içeriğini uzun vadede izlemek, internet üzerinde farklı web siteler arasında gezinmeye çok fazla benzemektedir. Dünya üzerinde farklı servis ve medya sağlayıcılar tarafından önerilen planlanmamış canlı yayını izlemek veya isteğe bağlı içerik, IPTV'nin müşteriye sağlayacağı gerçek hizmet anlamını kazandırır. Ancak bir IPTV kanalında, kablo TV, uydu veya dijital TV servislerine yakın bir kalite ve deneyim elde etmek hala çok kritik ve hassas bir konumdadır. IPTV hizmetinin başlangıçta başarılı olabilmesi için tarifeli SDTV programların kalitesi garanti edilmelidir.

3.2. Neden WiMAX?

Yukarıda bahs edilen IPTV servislerinin başarı faktörlerini daha net açıklamak için, özellikle mobilite ve maliyet etkinliği açısından, WiMAX, hiçbir zaman Ulaşım Ağı altyapı gelişimi dışında tutulmamalıdır. WiMAX üzerinde gerçekleştirilmesi istenilen IPTV hedefleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır [19]:

3.2.1. Katılımcı sayısını maksimum seviyeye çıkartmak:

Bellidir ki IPTV servislerinin yayınlanma başarısı zaman ve uygulamaların kârlılık tutarıyla belli olur. Yeni yayına giren bir IPTV programının en kısa sürede maksimum katılımcı sayısına ulaşmak her servis sağlayıcının açık hedefidir. xDSL ve Kablo üzerinden geniş bant erişimi, mesafe ve bazı coğrafi nedenlerden dolayı mümkün olmaya bilir. Aynı zamanda xDSL ve kablo şebekesini yerleştirmek, kablosuz MAN teknolojileri kadar kolay ve ölçeklenebilir de değildir.

Geleneksel kablo şebekesi ulaşım ağı teknolojilerine bir alternatif olarak, WiMAX diğer kablosuz teknolojiler gibi, büyük servis kapsama alanı ve daha fazla bant genişliği ile beraber yerleştirme kolaylığını da sağlıyor. Altyapını geliştirmek ve servisi sağlamak için gereken maliyet, çarpıcı bir şekilde düşürülebilir. IPTV servislerini WiMAX üzerinden ulaştırmak IPTV'nin şimdiki gelişimini tamamlamak açısından aynı altyapı üzerinde maksimum kullanıcı sayısına ulaşmayı ele getirir ve ayrıca gelecekte mobil kullanıcılara aynı video içeriklerini daha da iyi ulaşmalarını sağlayabilir.

3.2.2. Birleştirilmiş kablosuz geniş bant ulaşım ağı

Telekomünikasyon firmaları, sürekli Üçlü veya Dörtlü Oyun (Triple veya Quadruple Play) servislerini sağlayabilmek için yol arayışındalar ve WiMAX, kablosuz geniş bant hizmetleri ve mobil VoIP telefon hizmetleri gibi servislere yatırım yapmak için çok iyi bir adaydır. IPTV hizmetini şimdiki WiMAX altyapı üzerinden yaymak daha fazla servis verebilmek ve daha iyi servis geçerliliği açısından daha da fazla ölçek ekonomisini elde etmeye sebep olur.

3.2.3. Gelecek akımı desteklemek

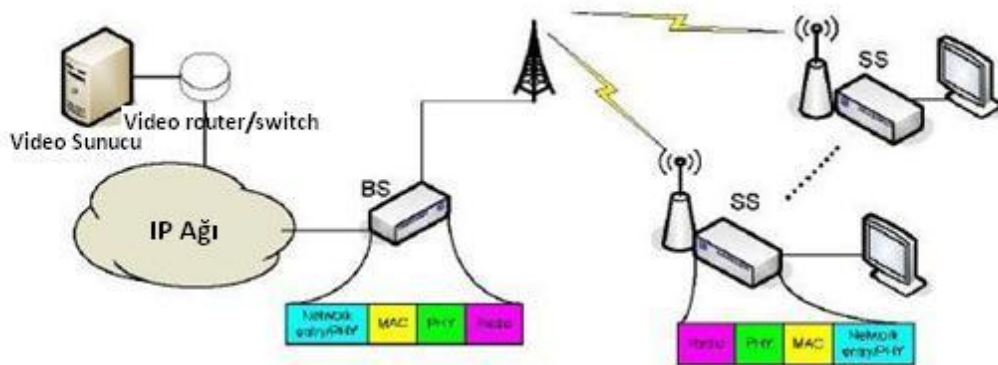
IPTV akımlarını sıralamak gerekirse mobilite, planlanmamış içeriğe ulaşmak ve HDTV gibi yüksek kaliteli videoyu desteklemek ön plana çıkmaktadır. WiMAX, bant genişliği rezerve etme özelliği ile uygun maliyetli ve altyapıdan bağımsız geliştirme özelliği ve 4 farklı sıkı QoS desteği ile bu akımlara layık olma

çabasıdır. Servis kaliteleri, Unsolicited Granted Service (UGS), real-time Polling Service (rtPS), non real-time Polling Service (nrtPS) ve Best Effort (BE) 4 farklı trafik hizmetinden oluşuyor. Kablosuz bant genişliği ulaşımında, rtPS uygulaması, servis sağlayıcıların IPTV planlanmış içerikleri, özellikle ödemeli HDTV ve SDTV yayımları için çok iyi bir şekilde bant genişliği gereksinimini destekler.

Tonlarca zengin ve bedava isteğe bağlı video içeriği sunan binlerce portali ile Internet Çekirdeğinde, yalnızca IPTV ev kullanıcılar değil, mobil kullanıcılara da ücretli canlı içeriklerin performans ve kalitesinden etkilenmeyecek şekilde bu yönetilmeyen içeriklere erişim imkânı sunmak, çok cazip bir yaklaşımdır. rtPS ve BE servisleri bu talebi desteklemek için ayarlanabilir ve sonuçta en iyi ekonomi ve esneklik, içerik iletiminin kalitesinden ödün vermeyerek kazanılır. Gelecek IPTV servis modalarını de desteklemek üzere, yaygın WiMAX erişiminin altyapısında bulunan geliştirilebilirlik, güncel IPTV operasyonu için, uzun zamanlı ve gelişen ekonomi orantılı tasarruf ögesini yaratmaktadır [19].

3.3. Sistematik Bir Model

Bir IPTV işlevsel blok çizelgesi şekil 17 de gösterilmektedir. Video sunucuları/kodlayıcıları kodlanmış ve sıkıştırılmış, canlı veya önceden kaydedilmiş içerikleri depolar. Video sunucuları/kodlayıcıları merkezileştirilmiş veya çekirdek ağ üzerinde dağıtılmış halde olabilir.

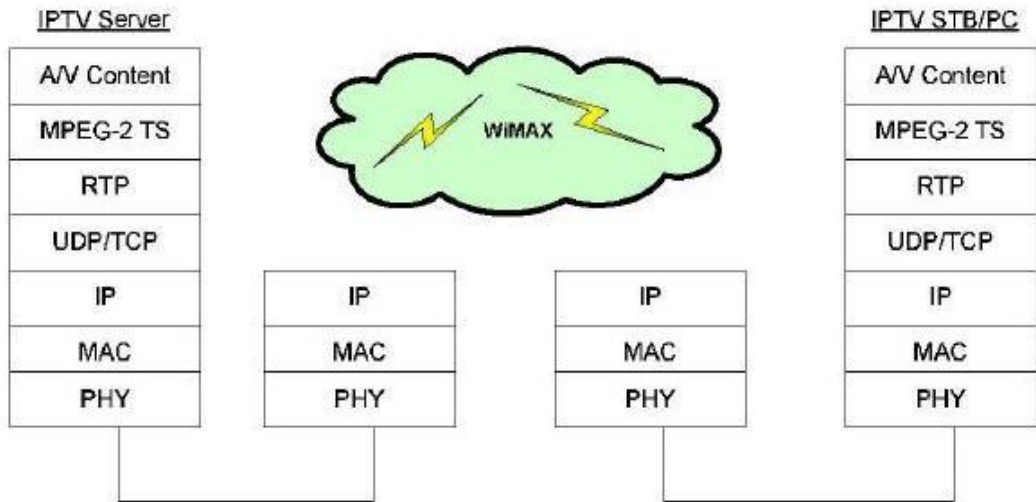


Şekil 17. IPTV uygulamaları için bir sistem modeli [20]

Şekil 18, IPTV transmisyonu için iletişim kuralı yığını gösterir. A/V içerikleri biçimlendirilmiş, sıkıştırılmış (genelde MPEG-2 kodlama ve sıkıştırma standardı kullanılır) ve real time transport protokolü (RTP) olarak kapsülendir. Bu yük User Datagram Protocol (UDP) veya Transmission Control Protocol (TCP) veri paketi olarak taşınır ve sırasıyla bir internet protokol (IP) yükü haline gelir. IP yükü ise Ethernet 802.3 ve 10/100/1G Bass-T trafiği olarak kapsülendirip çekirdek şebeke üzerinde dolaşır [20].

Çekirdek ağın kesitinde yerleşen WiMAX BS-baz istasyonu, 802.3 paketlerini ve BS MAC kapsülsüzleştirilmiş Ethernet bağlantılarını alır ve IP yüklerini 802.16 MAC PDU'lar olarak ve sonradan PHY PDU'lar olarak kapsülendir.

802.16 PHY bu PDU'ları FEC, sembol haritalama ve OFDM modülasyon kullanarak kablosuz air-link için hazırlar. Radyo vericisi, bu sinyalleri hücreler içinde SS'lere ve MS'lere yayımlar. Tersine bir süreç ise söylenen katman vasıtasıyla IPTV isteğinde bulunan STB ve PC'lere A/V içeriklerini iletir.



Şekil 18. IPTV transmisyonu için protokol yığını [20]

3.4. IPTV Dağıtımını için WiMAX Kapasitesi

Bütün akışların ulusal ve genel bir kaynaktan aynı zamanda yerel ofislere olduğu halde, yerel son mil, bütün kanalları aynı anda destekleyemez. Soru yüzlerce IPTV kanalının bir kullanıcıya, WiMAX hattı üzerinde nasıl gönderileceğidir? Cevap ise, eş zamanlı sadece bir kaçının gönderilmesidir.

Bir windows medya akışı, SDTV için 1.0 den 1.5 Mbps'a kadar kapasiteye gerek duyar. Ses ve veri için geri kalan bant genişliği ile 10 kanalın gönderilmesi mümkün olabilmelidir. HDTV için 20 – 25 Mbps ve H.264 için 7 ile 8 Mbps kullanılır. Buda, kısıtlı bant genişliği nedeni ile yerel ofisten kullanıcıya gönderilebilecek video akışının yaklaşık 4 olabileceği anlamına gelir.

Bir kullanıcı kendi STB cihazında kanal değiştirdiğinde, kanal değişimi kablo sistemi gibi değil, burada IP Group Membership Protocol (IGMP) kullanılarak kanal değişimi yani bir multicast grubuna katılmakla yapılır. Bu yoldan, aslında yalnızca hazırda izlenen sinyal, yerel ofisten kullanıcıya gönderilir ve böylelikle, WiMAX'ın mevcut bant genişliği IPTV servisini iletmek için yeterli olabilir [24].

Bu bölümde sistemin WiMAX ağı üzerinde IPTV hizmetini sunarken karşılaşılabileceği tartışma ve çelişkiler tanımlanacak

3.4.1. Multicast kabiliyeti

WiMAX'ın önemli avantajlarından birisi multicast kapasitesidir. Multicast teknolojisi baz İstasyonuna (BS), video paketlerini alt grup istasyonlara gönderme imkânı verir. Örnek olarak, bir Super Bowl maçında, belki birçok izleyici aynı kanalı izlemek ister. WiMAX'ın multicast özelliğini kullanarak, nispeten çok küçük bir bant genişliği kullanarak bütün bu kullanıcılara servis verilebilir. Her TV kanalının birden fazla izleyicisi olması beklendiğinden, bu fikir herhangi bir TV kanalına da genişendirilebilir.

3.4.2. Anlık kanal değişimi

IP tabanlı bir ağ üzerinde, kanal sörfü bir konu olabilir çünkü aynı anda sadece bir video akışı TV'ye iletilmektedir. TV izleyicisi kanalı değiştirmek istediği zaman, kumandaya basar ve televizyona bir sinyal gönderir, sırayla oda, ağ üzerindeki yönlendiriciye bir sinyal gönderir. Yönlendirici o anda orijinal akışı durdurur ve istenilen kanala ayıt akışı göndermeye başlar. Bu işlem, orijinal akışının durdurulduğu zaman ile istenilen kanal akışının gönderilmeye başladığı zaman arasında bir gecikme yaratır. Bu durum, yönlendiricinin aynı zamanda çoklu kanal isteğine maruz kaldığında daha da kötüleşir [24].

3.4.3. Mobilite

Mobilite desteği ile IPTV'nin her zaman her yerde erişimi beklenmektedir. Hareket halindeki kullanıcılara servis vermek, özellikle mltimedya servisi, her zaman bir sorundur. WiMAX'ın diğer bir özelliği ise, şimdiye kadar geleneksel kablo TV sistemlerinde imknsız olan, taşıt hızında veri iletişimini desteklemesidir.

3.4.4. Jitter

IP ağlarının video içeriğini ele alırken karşılaşılan bir başka sorun ise, verilerin ağ tarafından ele alınma yöntemi ile ilgilidir. Bir IP ağında, veriler paketler halinde parçalara ayrılır ve ayrı ayrı gönderilir. Son varış yerinde ise paketlerin hepsi yeniden birleştirilir. Bir video IP ağı üzerine koyulduğunda, bu video da küçük paketlere bölünür ve her paket ağ üzerinden, birleşmesi üzere, yayın yapan kaynak tarafından seyircinin videoyu izlemesi için gönderilir. Bu yöntem sıralı veri gönderimi için uygun olduğu halde, video için kullanıldığı zaman soruna neden olmaktadır. Video verileri çok büyükler ve bütün bir veriyi göndermek belki saatler sürebilir. zm indirilme halinde olan veri parçalarının yanı sıra videonun oynatılmasındadır. Gönderilen yolun değişimi, ağ tıkanması ve zamanlama etkisi gibi bazı faktörlerden dolayı, paketlerin hepsi aynı hızla ve hatta doğru sıralama ile varmayabilir. Bu sorun jitter olarak tanımlanır. Bu sorunun çözümü jitter buffer dır. Jitter buffer paketleri geldikleri gibi kaydeder. Bu paketler kullanılmadan önce buffer'da birleştirilir dolayısıyla geciken paketler de eklenebilir.

3.4.5. Overhead

Paket tabanlı sistemlerde, her katman önceki pakete önemli miktarda overhead ekliyor dolayısıyla verimli payload kapasitesini düşürür ve IPTV sinyal kalitesini değiştirir. WiMAX ise çerçeveleri MAC katmanına kadar dekapüle eder ve böylelikle payload header suppression ve sıkıştırma tekniklerini kullanarak fiziksel ve MAC katmanında da overhead değerini azaltır.

3.4.6. Telsiz tasarımı

WiMAX çok kullanışlı radyo telsizleri kullanmaktadır. Bu telsizin parametreleri, yüksek güvenilirliği, düşük parazit, yüksek doğrusallık ve geniş dinamik alandır. Bunların yanı sıra IPTV ve video uygulamalarını desteklemek için, yüksek bant genişliği de gerekmektedir.

3.4.7. Güç tüketimi

IPTV servisini destekleyen bir WiMAX sisteminin tasarımında güç tüketimi de önemli konulardan biridir. Bir TV programı birkaç saat sürebilir, dolayısıyla sistemin aktarımı çok fazla güç tüketecektir. Güç tüketimini azaltmak için gerek duyulduğunda dinamik olarak değişebilen, değişik operasyon biçimlerinin kullanılması iyi bir yöntemdir. Bir başka yöntem ise hassas alıcılar kullanarak enerjiyi biriktirmektir.

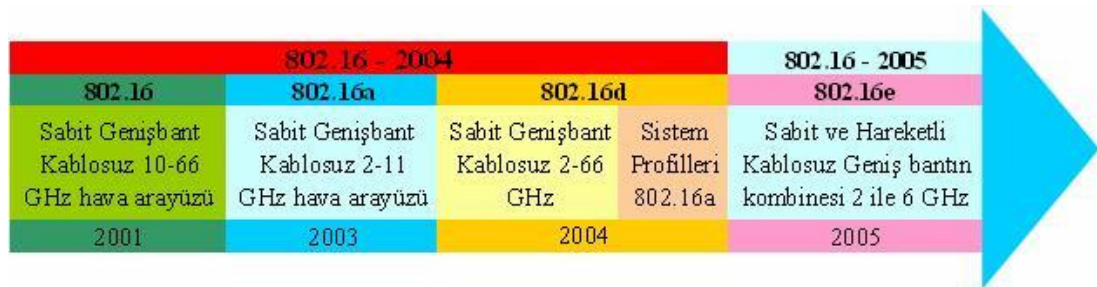
3.4.8. Sistem kapasitesi

Önerilen sistem, çoklu kullanıcı durumunu destekleyebilir olmalıdır. Sistemin kapasitesini yükseltmek için iyi bir yöntem, high gain sectorized antenler kullanmaktır. Bu yöntemin kullanılması ile IPTV servisi daha uzak mesafelere ve daha fazla kullanıcıya ulaştırılabilir [24].

3.5. WiMAX Gelişimi

WiMAX'ın gelişimi, IEEE 802.16 standardının 2001 yılında onaylanması ile başlar. WiMAX teknolojisi zamanla gelişir ve 2003 yılında 802.16a standardı, 2004 yılında ise 802.16d onaylanmıştır. Her biri WiMAX teknolojisi olan 802.16 ile 802.16a ve 802.16d standartları arasındaki temel farklar: LOS (Line Of Sight) ve Non-LOS (Non Line of Sight) olmaları; kapsama alanları, sabit, gezgin olması ve bant kapasiteleridir. WiMAX teknolojisinin günlük yaşama hızla girmesini sağlayacak standart IEEE 802.16e kodu ile tanımlanmaktadır. WiMAX'ın ana evrimini tamamlayacak olan 802.16e'yi diğer WiMAX standartlarından ayıran en temel farkı mobil olmasıdır.

Her biri WiMAX teknolojisi olan 802.16a sabit, 802.16d gezgin, taşınabilir hizmetlerdir. 802.16e ise kullanıcının hareket halinde iken hizmet alabilmesidir. Yani bir WiMAX 802.16e kullanıcısı, örneğin bir otomobil veya trende çok hızla hareket ediyor iken yüksek hızda data bağlantısı kurabilecek; bu bağlantı üzerinden kaliteli telefon görüşmesi yapabilecek, DVD kalitesinde film izleyebilecek ve video konferans gerçekleştirecektir [25].



Şekil 19. IEEE 802.16 standartlarının gelişimi [25]

3.6. WiMAX Standartları ve Özellikleri

IEEE 802.16 standardı şimdiki son versiyonuna ulaşıncaya kadar bir takım değişikliklerden geçerek revize edilip tekrar düzenlenmiştir.

3.6.1. 802.16a

2 – 11 GHz frekans aralığını kullanan, sabit bilgisayarlar arasında telsiz internet erişimini sağlayan bir standart olarak geliştirilmiştir. KabloNET ve DSL'in ulaşamadığı noktalar için uygulanma alanı bulmuştur. Haberleşme için alıcı verici sistemler arasında doğrudan görüş (Line Of Sight) koşullarına gerek duymaz.

Söz konusu standart 2.5 GHz, 3.5 GHz ve 5.8 GHz frekanslarının kullanılması ile 50km uzaklıklarda bile 70Mb/s bant genişliğinde internet erişimine olanak tanımaktadır.

3.6.2. 802.16d (802.16-2004)

2003 yılında hazırlanan bu standart 802.16a standardının eksik özelliklerini tamamlamak üzere geliştirilmiştir. Bu standartla alıcı verici haberleşmesi için doğrudan görüş hattının gerektiği ve gerekmediği koşullarda haberleşme mümkün olmaktadır. Standart OFDM çoğaltma tekniğini kullanmaktadır.

3.6.3. 802.16e

Önümüzdeki birkaç yıl içinde hazır olması ve ticari olarak kullanıma sunulması planlanan bu standartla, sabit ve hareketli sistemler arasında haberleşme mümkün olacaktır. Hareketli sistemler arasında haberleşmenin sürekliliğinin sağlanabilmesi için hızlı aktarma teknikleri bu standartla sağlanmış olacaktır. Söz konusu standartta belirlenen çalışma aralığı 2.3GHz ve 2.5GHz dir. Diğer taraftan bu standartla hareket halinde olan otobüs, tren vb koşullarda dizüstü bilgisayarlar ve PDA (kişisel asistanlar) ile internet erişimi hedeflenmektedir [26].

Çizelge 5. WiMAX standartlarının özellikleri [4,12].

Standart	802.16	8012.16a/REVd	802.16e
Standart Yılı	Eylül 2001	802.16a Haziran 2003 802.16 REVd Eylül 2004	2006
Frekans Spektrumu	10-66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Haberleşme Özelliği	Doğrudan görüş hattigerektirmekte	Doğrudan görüş hattı gerektirmemekte	Doğrudan görüş hattı gerektirmemekte
Bant Genişliği	28 MHz de 32-134 Mbps	20 MHz de 75 Mbps	5 MHz de 15 Mbps a kadar çıkabilir
Modülasyon	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, OFDMA, 64 QAM, 16 QAM, QPSK, BPSK	OFDM 256, OFDMA, 64 QAM, 16 QAM, QPSK, BPSK
Hareketlilik	Sabit uygulamalar	Sabit ve taşınabilir uygulamalar	Hareketli uygulamalar
Kanal Bant Genişliği	20,25 ve 28 MHz	1.25-20 MHz arasında seçilebilir bant genişliği	1.25-20 MHz arasında seçilebilir bant genişliği
Hücre Yarıçapı	1.6-5 km	5-8 km Kule yüksekliği, verici gücü ve anten kazancına bağlı olarak 50km ye kadar hizmet verebilir.	1.6-5 km

WiMAX ileri hata düzeltme yeteneği, mesafeyi ve kapasiteyi artırmak için kullanılan gelişmiş anten teknikleri desteği, geleneksel TDM ses trafiği veya Voice over IP (VoIP) ile video'da ideal taşıma ve veri trafiğinin önceliği gibi gecikme duyarlılıkları hizmetler için düşük gecikme süresi sağlamaktadır. Ayrıca kişisel güvenlik ve şifreleme özellikleri ile güvenli iletim desteklenmekte ve kimlik denetimi ile veri şifrelemesi sağlanabilmektedir. IP tabanlı bir teknoloji olması sayesinde de hem fiber optik bağlantılar, kablolu modemler kullanan koaksiyal sistemler ve DSL bağlantılar gibi kablolu şebekelere, hem de 3G şebekelere entegre olabildiğinden çeşitli şekillerdeki hizmet ve şebekelerin yakınsamasını da desteklemektedir. Bu da her zaman her yerde uygun erişimle, kullanıcıların bilgi, eğlence ve multimedya iletişim taleplerinin karşılanması anlamına gelmektedir [27].

3.7. WiMAX ve WiFi Karşılaştırılması

Başlangıçta bunu belirtelim ki WiMAX ile WiFi karşılaştırması aslında iki farklı taslağın karşılaştırılmasıdır. WiMAX daha uzun bir kapsama alanına sahiptir ve belki (ya da gelecekte) hücreler arası gezginliği içerir. Aslında WiFi ve WiMAX birbirlerinin tamamlayıcısıdır.

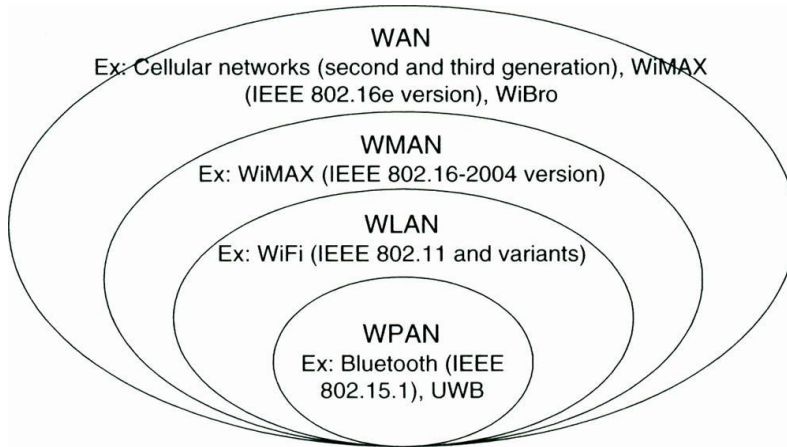
Ayrıca kronolojik bir fark vardır. WiFi 1997’de düzenlenen IEEE 802.11 ve onun 1999’da düzenlenen başka biçimlerinden olan 802.11b standardına dayanan bir WLAN (Kablosuz Yerel Alan Ağı)’dir. WiMAX ise IEEE 802.16-2004 standardına ve onun gelişmiş versiyonu olan 802-16e (Şubat 2006’da düzenlenen)’ye dayalı mobilite içeren bir BWA(Kablosuz Geniş Bant Erişim) sistemidir. Böylece eğer standardı ve ürünleri göz önünde bulundurursak, bu ikisi arasında 6 senelik bir fark görülmektedir.

Çizelge 6. WiFi ve WiMAX arasındaki bazı karşılaştırma başlıkları sunulmuştur.

	WiFi/802.11 WLAN	802.16/WiMAX
Data hızı	54Mbps /20MHz kanal	26.2 Mbps/7 MHz kanal
QoS yönetimi	Best Effort	Beş QoS sınıfı
Çoklu Erişim	CSMA/CA (MAC katmanı genelde 802.11, 802.11a, 802.11b ve 802.11g); TDD	TDMA: TDD ve FDD. sofistike bant genişliği rezerve etme mekanizması
Alan	Büyükölçüm sırası: 100m	20 km (outdoor CPE), 10 km (indoor CPE)
Frekans bandı	Lisanssız	Lisanssız ve Lisanslı
Genel kullanım	WLAN	Sabit kablosuz erişim, taşınabilirlik, mobilite, v.b.

Veri hızına özel bir hassasiyet gösterilmelidir. Çizelgede en yüksek data hızı modu verilmiştir. Tüm bu paket türü transmisyonlarda data hızı için sabit bir değer yoktur ve bu değer tekrar gönderme, link adaptasyonu, değişken header boyutu ve daha birçok şeye göre değişebilir. IEEE 802.11/WiFi özellikle 802.11n versiyonunun daha yüksek data hızına sahip olması için standartlaştırma çalışmaları sürdürülmektedir.

WiFi'ya göre WiMAX daha iyi performansla (alan, kalite servisi yönetimi, verimli spektrumunu kullanım v.b.) sahiptir ama bu üstünlüğe yüksek frekans maliyeti ve ekipman karmaşıklığından erişiliyor. Sonuç olarak, WiMAX'ın yakın zamanda bütün uygulamalar için WiFi'nın yerini alabilmesi kesin görünmemektedir.



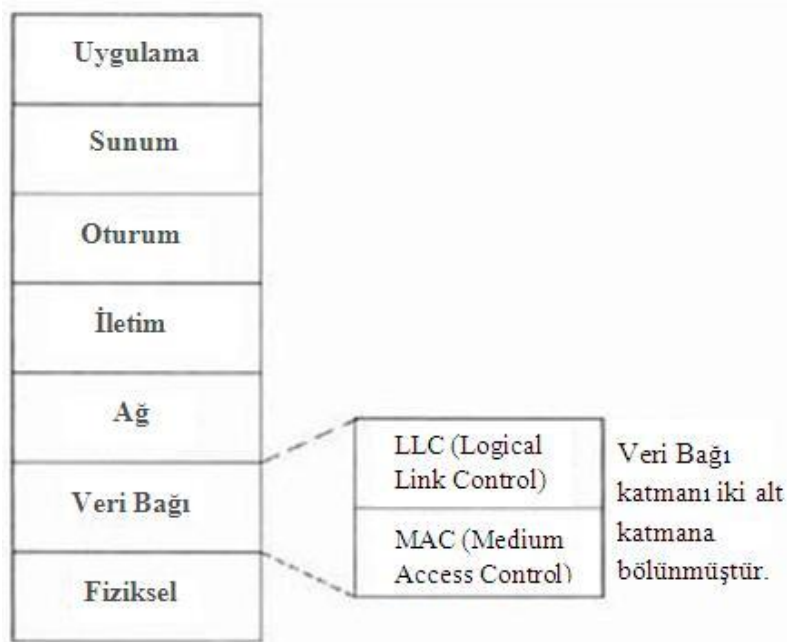
Şekil 20. Kablosuz ağlar [29]

3.8. Mobil WiMAX Sisteminin Avantajları

- WiMAX frekans spektrumu birçok ülkede 3G sisteminin frekanslarında daha ucuz olmalıdır. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) lisans satışları, Avrupa'da özellikle Almanya ve İngiltere'de beklenmedik miktarlara ulaşmıştır.
- WiMAX daha çok açık bir sistemdir: optimizasyon kapıları açık kalan birçok algoritma satıcılara bırakılmıştır ve ağların farklı bölümlerinde çalışan iş birimleri arasındaki bağlantı daha da kolaylaştırılmıştır. Bu herhalde bir avantajdır ama belki de ilk bir kaç yıl içerisinde birlikte çalışabilirlik sorunları ortaya çıkabilir.
- WiMAX tamamen bir IP teknolojisidir ve 3G sisteminin ilk versiyonlarına çıkan çeşitli ara protokoller durumu değildir.
- WiMAX, Intel, KT, Samsung ve birçok sanayi devlerinin güçlü desteklerine sahiptir.

3.9. WiMAX Protokol Katmanları

IEEE 802.16 BWA (Geniş Bant Erişim) ağ standardı OSI denilen Open Systems Interconnection yedi-katmanlı ağ referans modelini kullanmaktadır. Bu model genel olarak ağ teknolojilerinin farklı bakış açılarını ifade ve tanımlamak için kullanılır. Başta Application (uygulama) Katmanı ve ya 7. Katmanla başlar ve en aşağıda PHYSical (Fiziksel) Katman veya 1. Katmanla biter [29].



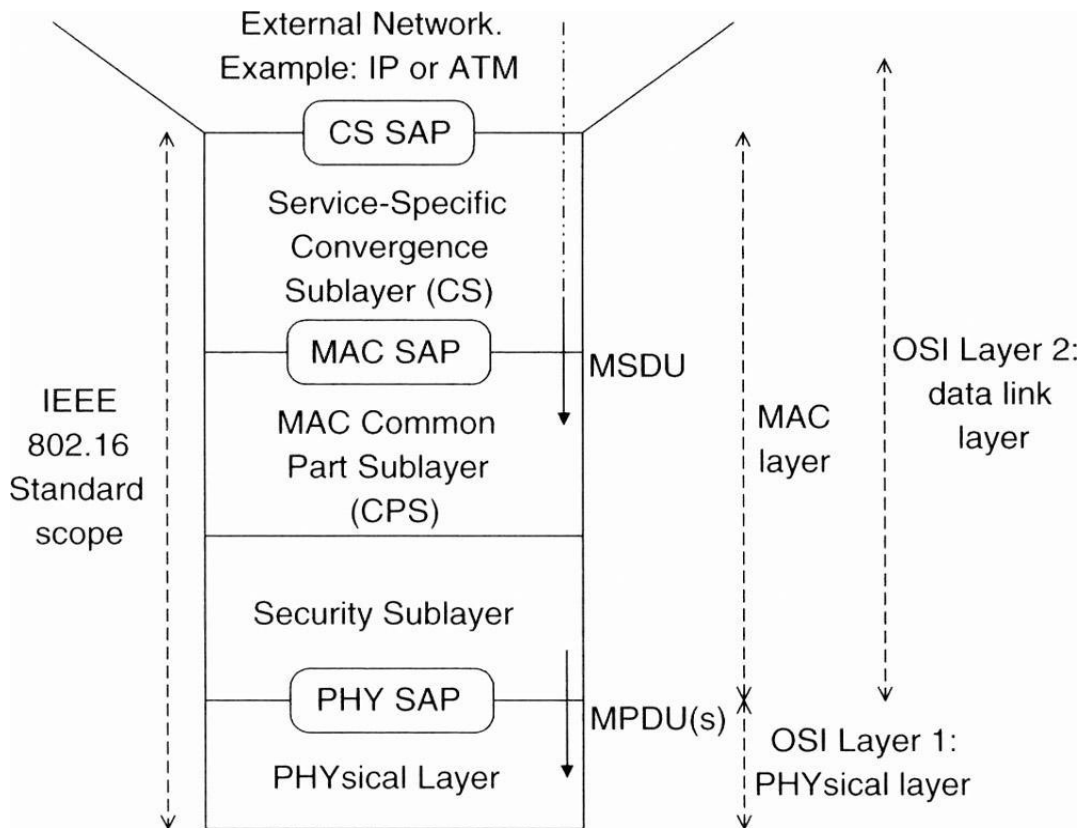
Şekil 21. Ağlar için OSI yedi-katmanlı modeli [29]

OSI modeli farklı protokollerin fonksiyonunu katmanlar serisine ayırır, her katman sadece bir alt katmandaki fonksiyonları kullanır ve verileri bir sonraki yukarda olan katmana verir. Örneğin 3.katmanda IP (Internet Protokol) veya Routing (yönlendirme) katmanı. Genellikle alt katmanlar donanım olarak uygulanır iken yukarı katmanlar yazılım olarak yerine getirilir.

En aşağıdaki iki katman Fiziksel (PHY) katmanı veya 1.Katman ve Data Link katmanı veya 2.Katmandır. IEEE 802 OSI, Data Link Katmanını iki alt katmana ayırır ve Logical Link Control (LLC) ve Media Access Control (MAC) olarak adlandırır. PHY katmanı iki iletişim varlığı arasındaki fiziksel bağlantıyı yapar iken, MAC katmanı bağlantının kuruluş ve bakımından sorumludur.

IEEE 802.16 standardı mltimedya servisleri destekleyen bir sabit geniş bant kablosuz erişim (BWA) ara yüzünü spesifiğe eder. Medium Access Control (MAC) Katmanı öncelikle bir noktadan çok noktaya (PMP) mimarisini destekler ve opsiyonel olarak mesh topolojisini. MAC katmanı aynı standartla spesifiğe edilen çok sayıda fiziksel katmanını destekleyecek şekilde biçimlendirilmiştir. Ama gerçekte sadece onlardan ikisi WiMAX'te kullanılmıştır.

WiMAX/802.16 da anlatılan protokol katmanların mimarisi şekil 22 de gösterilmiştir. IEEE 802.16 standardın sadece en alttaki iki katmanı anlatıldığını görebiliyoruz, PHY katmanı ve MAC katmanları ki Data Link katmanının bir parçasıdır. MAC katmanı kendisi 3 alt katmandan oluşmaktadır; CS (Convergence Sublayer), CPS (Common Part Sublayer) ve Security Sublayer.



şekil 22. IEEE 802.16 standardın protokol katmanları [28]

3.9.1. WiMAX fiziksel katmanı

WiMAX bir geniş bant kablosuz erişim sistemidir. Bundan dolayı data, hava ara yüzünde verilen frekanslarla (çalışma frekansları) elektromanyetik dalgalar (radyo) vasıtasıyla yüksek hızda yayılırlar.

PHY Katmanı iki taraf arasında hem aşağı yönde (downlink) hem de yukarı yönde (uplink) fiziksel bağlantıyı sağlar. IEEE 802.16 bir dijital teknoloji olduğundan dolayı, PHY katmanı bit dizisinin yayımından sorumludur. Ne tür sinyal kullanıldığını, modülasyon ve demodülasyon türünü, transmisyon gücü ve ayrıca diğer fiziksel özelliklerini anlatır [29].

IEEE 802.16 standardı 2 – 66 GHz aralığı frekans bandını göz önünde alır. Bu bant iki parçaya bölünür:

- Birinci aralık 2 ile 11 GHz arasındadır ve NLOS transmisyonu için tahsis edilmiştir. Bu daha önce 802.16a standardı idi. Bu frekans aralığı şimdi WiMAX'te kullanılan tek aralıktır.
- İkinci aralık 11 ile 66 GHz arasındadır ve LOS transmisyonu için tahsis edilmiştir ve WiMAX için kullanılmıyor.

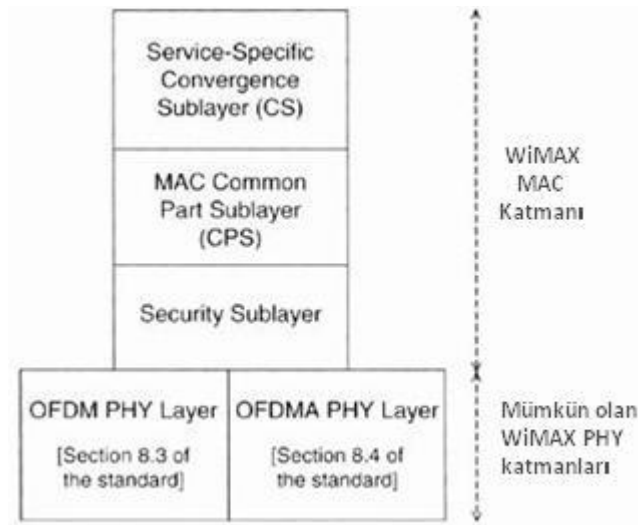
IEEE 802.16 standardında 5 farklı ara yüz tanımlanmıştır. Bu fiziksel ara yüzler Çizelge 7 de özetlenmiştir. Her iki ana duplexing (çoklama) modu, Time Division Duplexing (TDD) ve Frequency Division Duplexing (FDD), 802.16 sistemine dâhil olabilirler.

Çizelge 7. IEEE 802.16 PHY değişik ara yüzleri.

Tasarım	Fonksiyon	Frekans	Duplekslem	LOS/NLOS
WirelessMAN-SC™	Point-to-point (PTP)	10-66 GHz	TDD, FDD	LOS
WirelessMAN-SCa™	Point-to-point (PTP)	2-11 GHz	TDD, FDD	NLOS
WirelessMAN-OFDM™	Point-to-multipoint (PMP)	2-11 GHz	TDD, FDD	NLOS
WirelessMAN-OFDMA™	Point-to-multipoint (PMP)	2-11 GHz	TDD, FDD	NLOS
WirelessHUMAN™	Point-to-multipoint (PMP)	2-11 GHz	TDD	NLOS

10 – 66 GHz (LOS) frekansları için WirelessMAN-SC fiziksel ara yüzü belirlenmiştir. 11 GHz altındaki frekanslar için üç PHY ara yüzü önerilmiştir:

- WirelessMAN-OFDM, OFDM olarak bilinen ve OFDM transmisyonu kullanan;
- WirelessMAN-OFDMA, OFDMA olarak bilinen ve OFDM ve OFDMA transmisyonu kullanan;
- WirelessMAN-SCa, SCa olarak bilinen ve Tek taşıyıcı modülasyonunu kullanan;



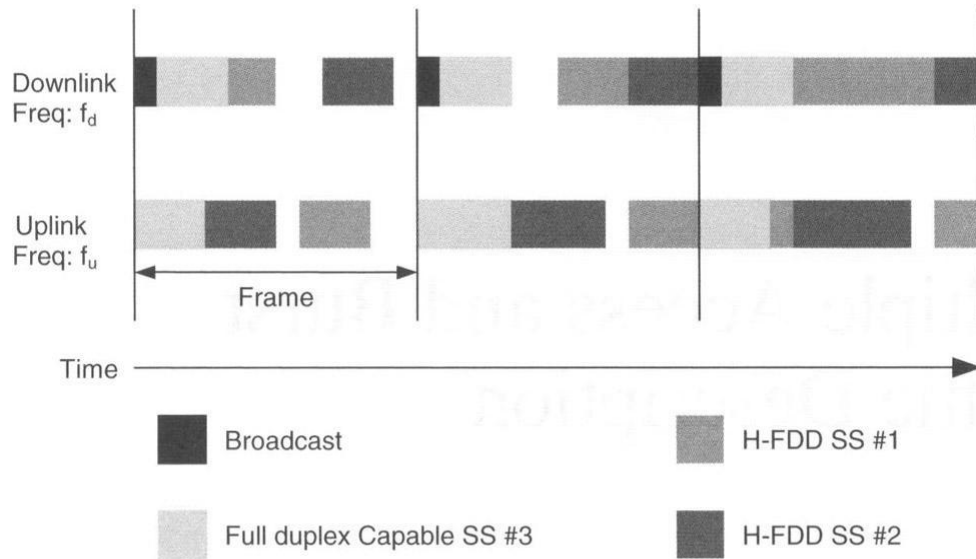
Şekil 23. IEEE 802.16 yaygın MAC katmanı iki PHY katmanı ile kullanılır [29]

3.9.1.1. Duplexing – çift yönlü

WiMAX / 802.16 standardı iki temel çoklama tekniğini içerir. Zaman Bölmeli Çoklama (TDD) ve Frekans Bölmeli Çoklama (FDD). Bu tekniklerden her birinin seçimi PHY parametrelerini etkilediği kadar desteklenen özellikleri de etkiler.

FDD Mode – frekans bölmeli çoklama

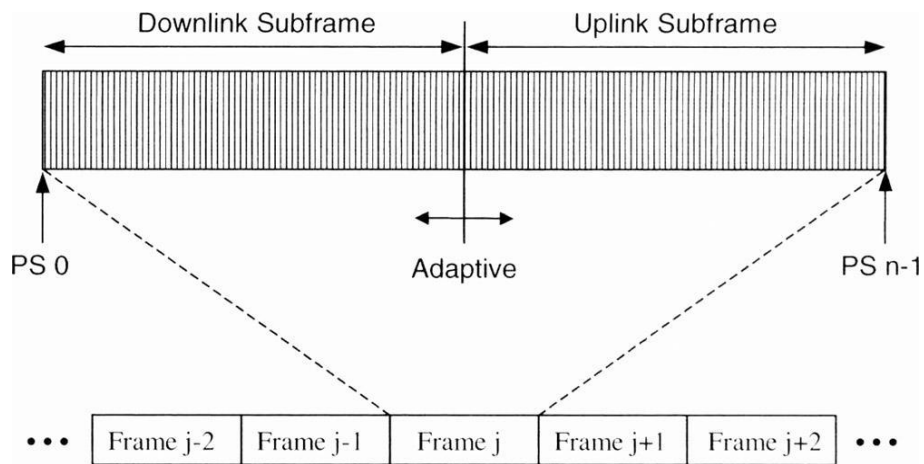
FDD (Frequency Division Duplexing) iki yönlü radyo haberleşme sistemleri için kullanılan en yaygın çoklama tekniğidir. Bunun nedeni ise yukarı yönlü ve aşağı yönlü sinyalleri filtreler yardımıyla kolayca ayırabilmesidir. Çoğu mobil haberleşme sistemi FDD'yi kullanır. Şekil 24 de örnek bir frekans tahsisi görülmektedir. FDD sistemlerde yukarı bağlantı (uplink) ve aşağı bağlantı (downlink) için farklı frekans bantları kullanılır. Bunun dışında gönderme ve alma aynı anten üzerinden gerçekleştirilir. Bu yüzden yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı bantlarını ayıran bir çoklayıcı kullanılır. Taşıyıcı frekans boşluğu yeterince geniş olmalıdır. Dar taşıyıcı boşluğu yüksek Q kalite faktörüne sahip çoklayıcı filtresi gerektirir [29,30].



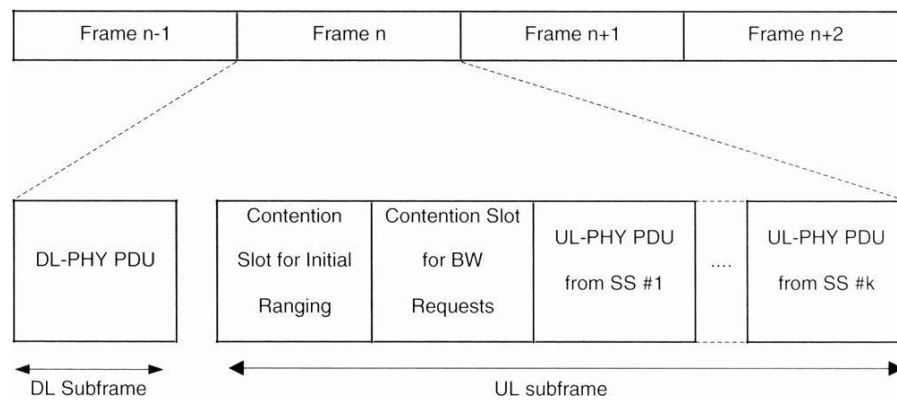
Şekil 24. FDD frame: uplink ve downlink aktarmaları aynı süreç içerisinde farklı frekans bantları kullanmaktadır [30]

TDD Mode – zaman bölmeli çoklama

TDD (Time Division Duplexing) iki yönlü radyo sistemlerinde kullanılan diğer bir çoklama tekniğidir. Bu teknikte baz istasyonu ve terminal aynı radyo frekans kanalından farklı zaman bölümlerinde sinyal iletirler. TDD sistemler yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı için aynı frekans bandını kullanır. Çünkü her bir sinyal FDD sistemin yarı periyodunda veri iletir. Her bir bağlantı için kullanılan bant genişliği FDD'nin iki katıdır. Dolayısıyla FDD ve TDD için toplam bant genişliği aynıdır. TDD'nin en önemli özelliklerinden bir tanesi çoklayıcı gerektirmemesidir. Zira, yukarı bağlantı ve aşağı bağlantı sinyalleri zaman faktöründe ayrılmıştır. Bununla birlikte TDD sistemleri TDMA'da olduğu gibi koruma süresi gerektirir [30,31].



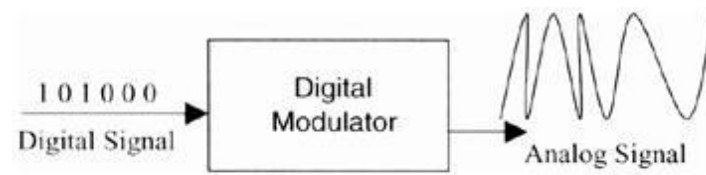
Şekil 25. TDD frame: uplink ve downlink transmisionlarda aynı frekans bandını paylaşarak farklı aktarma zamanlarına sahiptir [30]



Şekil 26. TDD frame'in genel bir formatı [30]

3.9.1.2. Dijital modülasyon

Tüm yeni iletişim sistemleri gibi, WiMAX de dijital modülasyon kullanıyor. Bir dijital modülasyonun en iyi bilinen prensibi dijital dizide olan bir analog sinyali verilmiş olan fiber, radyolink vesaire ortamlarda bu dijital diziyi taşımak için modüle etmektir. Bu işlem klasik analog modülasyon yöntemine göre büyük avantajları vardır: Parazit karşısında dirençli, Yüksek performanslı dijital iletişim kullanımı ve Kodlama algoritmaları, v.s.



Şekil 27. Dijital modülasyon prensibi [29]

İletişim sistemlerinde çok sayıda dijital modülasyon kullanılabilir. IEEE 802.16 standardı dört modülasyonu destekler: BPSK, QPSK, 16-QAM ve 64-QAM [29].

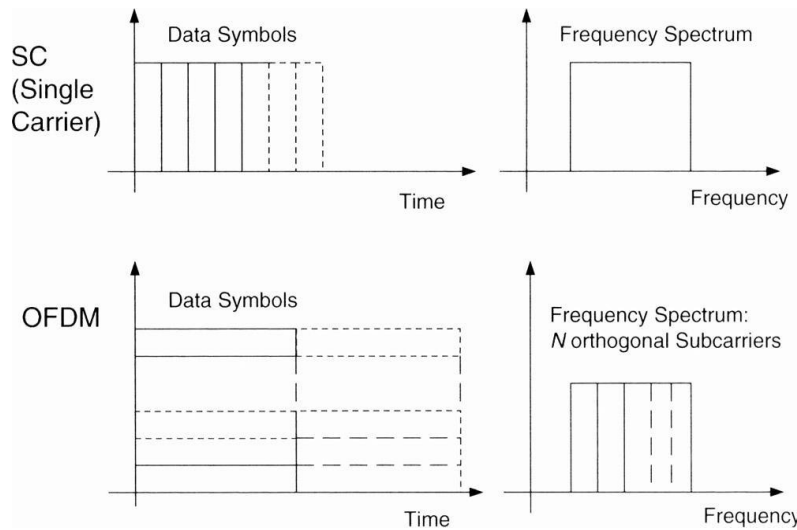
3.9.1.3. OFDM transmisyon - dikey frekans bölmeli çoklama

1966'da, Bell Labs Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) patentini sundu. Daha sonra 1985'de, Cimini onun mobil iletişiminde kullanılmasını önerdi. 1997'de ETSI, OFDM'i DVB-T sistemine dâhil etti. 1999'da, IEEE 802.11g'nin bir biçimi olan WiFi WLAN OFDM'i kendi Fiziksel Katmanı için kullandı.

Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Dikey Frekans Bölmeli Çoklama, çok güçlü bir aktarma tekniğidir. Bu teknik veriyi kendisine ait frekans bandını verimli kullanabilmek için birbirleriyle örtüşmesine izin verilen sınırlı sayıda farklı alt kanaldan paralel olarak gönderme ilkesine dayanmaktadır [32]. Alt taşıyıcı sayısı genelde N ile gösterilir. Her bir alt taşıyıcı diğeriyle dikgen olduğundan birbirleriyle girişim yapmamakta ve böylece frekans bandı daha verimli kullanılmaktadır. OFDM'in tercih edilme sebeplerinden birisi de frekans seçici sönmüleme ya da dar

bant girişime karşı direnci artırmasıdır. Tek taşıyıcılı (Single Carrier) bir sistemde bir sönümlenme ya da girişim bütün hattın zayıflamasına neden olurken, çok taşıyıcılı sistemde alt taşıyıcıların sadece küçük bir kısmı bu durumdan etkilenecektir (şekil 28). Ayrıca dikgen alt taşıyıcıların kullanılması durumunda frekans bandı daha verimli kullanılabilir [29,33].

Bir OFDM sisteminde kaynaklar frekans (alt taşıyıcılar) ve zaman (OFDM sembol) bazında bölünürler. Her alt taşıyıcı düşük hızlı sinyal ile (16QAM, 64QAM veya QPSK) la modüle edilir iken, OFDM sembolü, ayarlanmış bütün alt-taşıyıcılar tarafından aktif sembol zamanı adlanan özel süre boyunca elde edilen zaman dilimine bağlı olan sinyali gösterir [21].



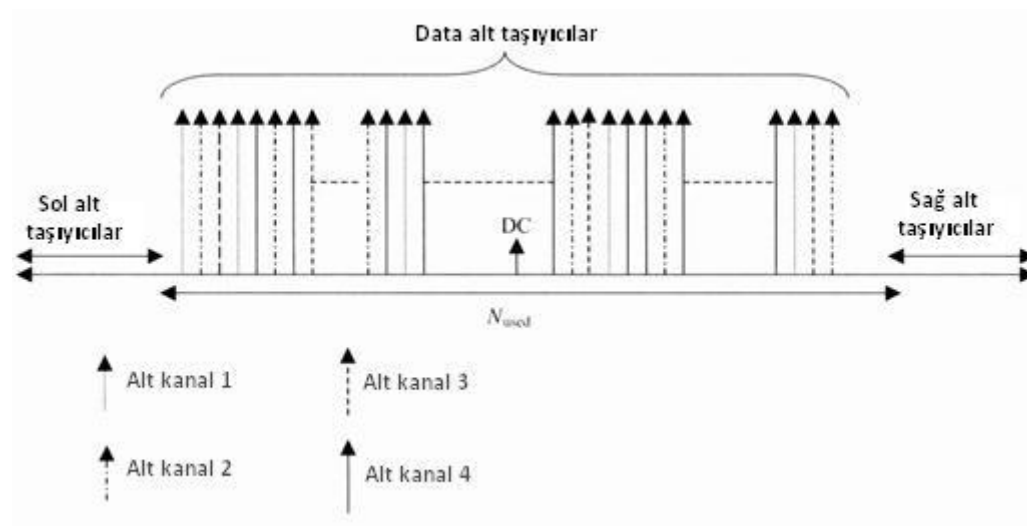
Şekil 28. Zaman ve frekans dağılımında SC ve OFDM [29,33]

Her kanal için daha küçük bir frekans bant genişliğine sahip olmak, daha büyük zaman dilimleri ve çok yolluluk çoğalmasında daha iyi direnç göstermeye sebep olur. Çok yolluluğa olan direnç ve taşıyıcıların dikgen olma gerçeği yüksek spektrum verimliliğine izin verir. Genellikle kablosuz sistemlerde OFDM en iyi performans gösteren transmisyon tekniği olarak sunulur.

Zaman dağılımlı kanallardaki yüksek hızlı veri iletiminde tek taşıyıcı sistemlere göre sağladıkları birçok avantajlardan dolayı OFDM; WiFi, HiperLAN2, 802.16 WIMAX gibi kablosuz haberleşme standartlarında sıklıkla tercih edilmektedir [29].

3.9.1.4. OFDMA transmisyon – dikey frekans bölmeli çoklu erişim

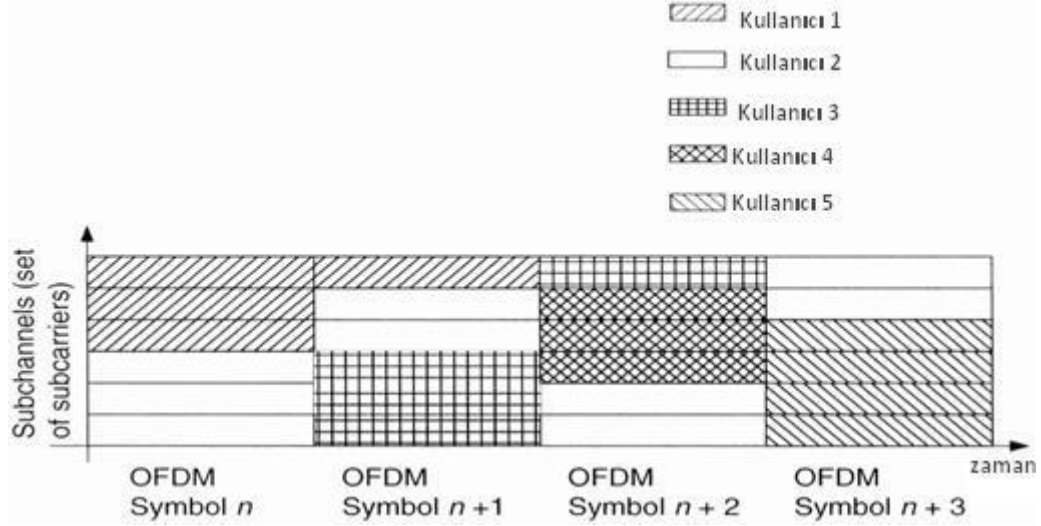
OFDM transmisyon modu, esas olarak tek bir sinyal taşımak için tasarlanmıştır. Böylece birçok kullanıcı transmisyonuna sahip olmak için, TDMA veya FDMA gibi bir çoklu erişim şeması OFDM ile ortak olmalıdır. Aslında bir OFDM sinyali çok sayıda kullanıcı sinyalinde oluşarak, OFDMA çoklu erişimi verir.



Şekil 29. OFDMA prensibi [29]

OFDMA da, OFDMA alt taşıyıcılar, alt taşıyıcılardan oluşan alt kümelere bölünürler. Her alt küme bir alt kanalı temsil eder (şekil 29) . Downlinkte, bir alt kanal farklı alıcılar veya alıcı gruplarını ayrılmış olabilir; Uplinkte, bir verici bir veya fazla alt kanalı tahsis etmiş olabilir. Bir alt kanalı oluşturan alt taşıyıcılar bitişik olup veya olmayabilirler. Standard gösteriyor ki OFDM simgesi ölçeklenirlik, çoklu erişim ve gelişmiş anten dizisi kabiliyetlerini desteklemek için mantıksal (logical) alt kanallara bölünmüştür[29].

OFDMA bazı alt taşıyıcıları farklı kullanıcılara atamaya izin verir. Örneğin, 1, 3 ve 7'inci alt taşıyıcılar birinci kullanıcıya atanabilir ve 2, 5 ve 9'uncu alt taşıyıcılar ikinci kullanıcıya.



Şekil 30. OFDMA'nın çoklu erişimli olması [34]

3.9.1.5. Ölçeklenebilir OFDMA (SOFDMA)

OFDMA'nın çoklu erişim özelliği, OFDMA PHY'in tek özelliği değildir. Diğer bir ana fark, OFDM aktarmanın ölçeklenebilir olmasıdır. Bu kelime standartta görünmemesine rağmen OFDMA PHY'nin ölçeklenebilir SOFDMA(SOFDM) özelliği olduğu bilinmektedir.

Ölçeklenebilirlik FFT'nin boyutunun değişmesi ve böylece alt taşıyıcıların sayısının değişmesidir. Desteklenen FFT boyutları 2048, 1024, 512 ve 128 dir. 256 FFT boyutu OFDMA katmanına dâhil olmuyor [32,35]. IEEE 802.16e – 2005 Wireless MAN OFDMA modu ölçeklenebilir OFDMA konsepti üzerine dayalıdır. Sadece 1024 ve 512 FFT boyutları, mobil WiMAX profili için zorunludur [21].

3.9.2. WiMAX MAC katmanı

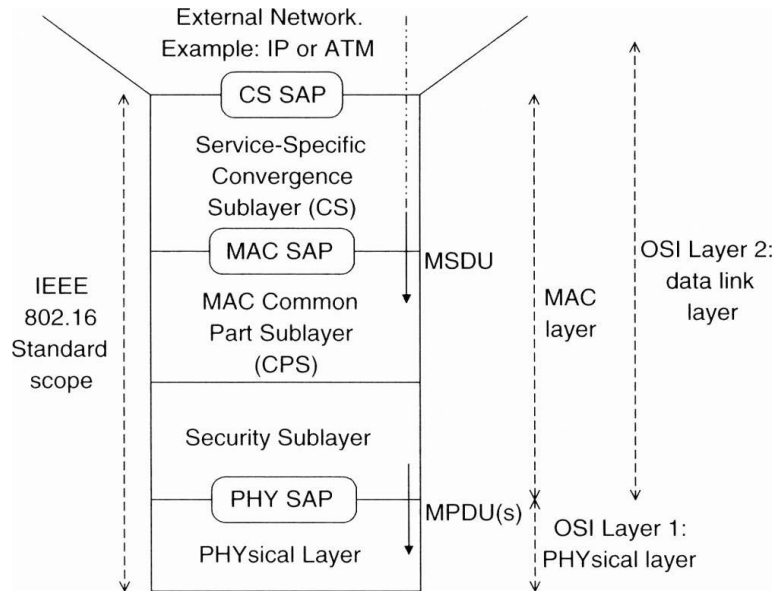
WiMAX bağlantıya dayalı bir tek-noktadan-çok-noktaya sistemidir. WiMAX MAC katman protokolü bir “biçimlenebilen” dinamik servisli protokoldür ve Ekle/Değiştir/Sil fonksiyonlarını içerir. En büyük avantajlarından birisi de esnek QoS hizmetlerini önermesidir [24].

WiMAX Medium Access Control (MAC) katmanı servis kalitesi (QoS) sayesinde gereken bant genişliği ve video servislerinde minimum gecikmeyi garanti eden real time poling servisini (rtPS) destekliyor. MAC katmanı multipath fading kanallarına esneklik gösteren orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) ve orthogonal frequency division multiple access (OFDMA) fiziksel katmanını kullanır. Ayrıca, servis kalitesini yükseltmek için uyabilen modülasyon şemaları ve Forward Error Correction (FEC) sistemini kullanır. WiMAX fiziksel katmanın değişken çerçeve (frame) ebatlarını ve ölçeklenebilen bant genişliğini desteklediği için IPTV uygulamaları için en uygun seçenektir [20].

IEEE 802.16 MAC katmanı mantıksal (logical) olarak 3 alt katmana bölünmüştür. Bu alt katmanlar şöyledirler: Convergence Sublayer (CS), Common Part Sublayer (CPS) ve Security Sublayer (SS). Convergence alt katmanında, IPTV data paketleri ağda Ethernet üzerinden MAC SDU lar olarak alınır. Daha sonra alınan paketler TCP/UDP portu, kaynak/hedef, IP, MAC adresi v.s. bilgilere göre sınıflandırılır. Ondan sonra her paket hava üzerinden transmisyonu için bir bağlantıya tahsis edilirler. Common Part alt katmanda, mevcut bant genişliğini verimli kullanmak için paketler parçalanır ve/veya birleştirilir. Parçalamak ayrıca otomatik talep etme (ARQ) servinse, yeniden iletimi minimize etmek için, olanak sağlar. MAC PDU ları bu alt katmanda oluşurlar. Paketler hem DL (Downlink) hem de UL (Uplink) için servis seviyesi anlaşması (SLA) ve servis kalitesi (QoS) gereksinimlerine dayanarak planlanırlar. En sonunda, IPTV paketleri içinde taşınacak olan çerçeve bu katmanda hazırlanır. Security alt katmanında, paketler servis hırsızlığını önlemek amaçlı şifrelenirler [20].

3.9.2.1. Convergence sublayer (CS)

CS olarak da bilinen servise spesifik Convergence alt katmanı, WiMAX/802.16 MAC katmanının en üsteki alt katmandır. CS üsteki katmanlardan gelen PDU ları alır ve onları klasik MAC prosedürleri uygulanan MAC CPS alt katmanına transfer eder. MAC SDU ları sınıflandırma ve uygun CID (Connection Identifier) lere adresleme CS tarafından yapılır ve WiMAX QoS mekanizmasının esas fonksiyonunu oluşturur. CS alt katmanın diğer fonksiyonları içinde isteğe bağlı Payload Header Suppression (PHS), gönderici tarafta payload header tekrarlanan parçaların önüne geçme prosesi ve alıcı tarafta başlıkların restore etme görevleri yer almaktadır.



Şekil 31. IEEE 802.16 protokol katmanları [28]

IEEE 802.16-2004 şimdiki versiyonunda, iki CS özelliği hazırlanmıştır ve standardın beşinci bölümünde anlatılmıştır. Birinci CS özelliği ATM CS dir. Asynchronous Transfer Mode (ATM) CS farklı ATM servislerini MAC CPS SAP ile birleştiren bir mantıksal (logical) ara yüzdür. ATM CS ATM katmanından ATM hücrelerini alır ve sınıflandırmayı uygular. Daha sonra ATM CS, CS PDU ları uygun MAC SAP'a ulaştırır. Diğer mümkün olan CS özelliği ise paket CS dir. Paket CS Internet Protocol (IP), IPv4, IPv6 gibi tüm paket tabanlı protokolleri taşımak içindir. Noktadan noktaya protokolü (PPP) ve IEEE 802.3 (Ethernet) standardı, sınıflandırma da paket CS için tanımlanmıştır.

Standard gelecekte farklı CS ler tanımlanabileceğini açıklıyor. Şimdilik standartta detaylı bir şekilde açıklansa da hiçbir ATM CS uygulaması planlanmamıştır.

3.9.2.2. Common part sublayer (CPS)

Common Part Sublayer (CPS) MAC katmanının ortasında yer almaktadır. CPS, MAC protokolün çekirdeğini temsil ediyor ve aşağıdakilerden sorumludur:

- Bant genişliğini dağıtmak;
- İletişimi kurmak;
- İki taraf arasındaki bağlantının bakım ve onarımını yapmak;

802.16-2004 standardı bir takım yönetici ve transfer mesajlarını tanımlamaktadır. Yönetim mesajları bağlantı kurulum süresince SS ile BS arasında karşılıklı olarak alıp verilmektedir. Bağlantı kurulduktan sonra, data transmisyonu için transfer mesajları karşılıklı gönderilir.

Common Part Sublayer, MAC SAP üzerinden çeşitli CS'lerden dataları alır. QoS PHY katmanı üzerinden taşınması ve planlanması için hesaba uygulanır. CPS farklı türlerde çok sayıda prosedür içerir: çerçeve oluşturma, çoklu erişim bant genişliği gereksinimi ve dağıtımı, zamanlama, radyo kaynak yönetimi, servis kalitesi yönetimi, v.s.

3.9.2.3 Security sublayer

MAC alt katmanı ayrıca bir ayrı Güvenlik alt katmanını içine almaktadır. Bu alt katman geniş bat kablosuz erişim sistemi üzerinde, kimlik denetimi (doğrulama), güvenli anahtar değişimi, şifreleme ve bütünlük kontrolü işlemlerini sağlamaktadır. Şifreleme ve doğrulama, data ağ güvenliğinin iki ana konusudur. Bu konuları tespit eden algoritmalar, amacı servisi ret etmek olan, servis hırsızlığı v.b. olan tüm bilinen güvenlik ataklarını önlemeliler.

IEEE 802.16 standardında, SS ile BS arasındaki bağlantı şifreleme işlemi her iki taraf içinde uygulanan bir data şifreleme protokolü ile yapılır. Bu protokol bir şifreleme takımını destekler, örneğin data şifreleme ve doğrulama algoritma çiftleri. Geniş bant kablosuz erişim üzerinde şifrelenen data paketleri için bir kapsülleme protokolü kullanılır. Bu algoritmaları MAC PDU payload üzerinde uygulanması için gereken kurallarda verilmiştir.

IEEE 802.16 standardında kullanılan güvenlik elementleri

Privacy Key Management (PKM) ve daha sonrada PKMv1 olarak adlanan protokolü, BS ile SS arasında güvenli bir şekilde anahtarlanmış dataları dağıtmak için IEEE 802.16-2004 standardın güvenlik alt katmanında yer almaktadır. Ek olarak, PKM, network servislerini koşullu erişimi uygulama amaçlı, servis hırsızlığından korumak için ve güvenli anahtar değişimi içinde kullanılır. IEEE 802.16 standardın güvenlik alt katmanında 802.16 ağı üzerinde paket şifreleme için çok sayıda data şifreleme algoritması yer almaktadır.

Güvenlik alt katmanı IEEE 802.16e düzeltmesinde 802.16-2004'te olan bazı güvenlik boşlukları (örneğin BS için hiçbir doğrulama olmaması) ve mobil servisler için gereken güvenlik sabit servisler ile aynı olmaması için tekrar tanımlanmıştır. Güvenlik alt katmanı aşağıdaki iki ana protokol parçası vardır:

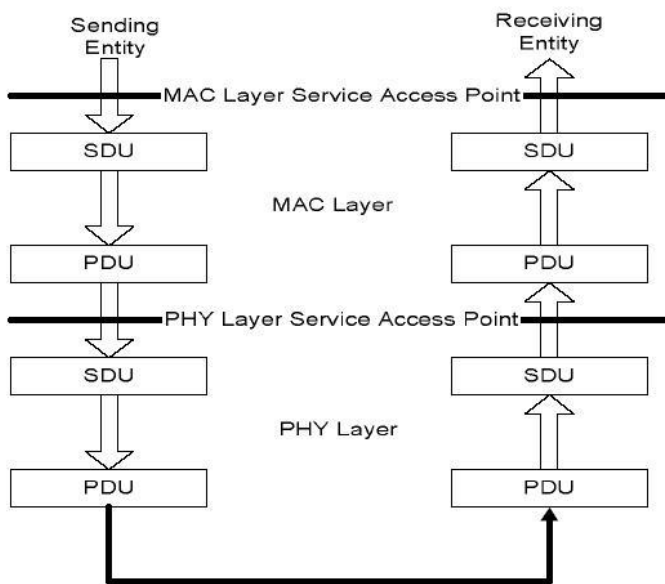
- Sabit geniş bant kablosuz erişim ağı üzerinden data paket güvenliği için bir data kapsülleme protokolü. Bu protokol bir şifreleme takımını destekler, örneğin data şifreleme ve doğrulama algoritma çiftleri ve bu algoritmaları MAC PDU payload üzerinde uygulanması için gereken kurallar.
- Anahtarlanmış datayı BS dan SS a güvenli dağıtımı sağlayan bir anahtar yönetim protokolü (PKM). Bu anahtar yönetim protokolü vasıtasıyla, SS ve BS anahtarlanan datayı senkronize ederler. Ayrıca, BS protokolü network servislerine koşullu erişime amaçlı kullanır. 802.16e düzeltmesi PKMv2 geliştirilmiş özellikleri ile anlatır.

MAC katmanının alt kanmaları arasındaki diyalog

MAC CS(Convergence Sublayer) datayı CS Service Access Point (SAP) vasıtasıyla bir üst düzeyden alıp, transformasyon ve MAC Service Data Unit (SDU)' e eşleşmesini sağlamaktadır. Daha sonra MAC SDU'ları MAC SAP üzerinden MAC CPS(Common Part Sublayer) tarafından alınmaktadır.

CPS(Common Part Sublayer), MAC katmanının ana kısmıdır ve erişim aracının metodunu belirler. Bu alt katman, duplex (çoklama) ve yönlendirme, kanal erişimi, PDU (Protocol Data Unit) çerçeve yapılandırma, şebeke girişi ve başlatılması ile ilgili faaliyetleri sağlamaktadır. Ayrıca sistem erişimi, bant genişliği dağılımı ve bağlantı bakımının kuralları ve mekanizmalarını sağlamaktadır. Aktarma zamanlamasının servis kalitesi kararlarında MAC CPS ile alınmaktadır.

Güvenlik alt katmanı (Security Sublayer) MAC CPS ile fiziksel katmanı arasında yer almaktadır. Güvenlik public (ulusal) ağlarda önemli bir konudur. Bu alt katmanda fiziksel katmanından ve fiziksel katmanına transfer edilen datanın şifreleme ve şifre çözme mekanizmasını sağlamakta ve ayrıca kimlik denetleme ve güvenilir anahtar değiştirmek için kullanılmaktadır. Data yani PHY kontrol istatistikleri MAC CPS ile fiziksel katman arasında PHY SAP üzerinden transfer ediliyor [32,33].



Şekil 32. PDU ve SDU [33]

4. SERVİS KALİTESİ – QoS

Servis Kalitesi veya QoS bir kablosuz teknolojinin ses ve video gibi yüksek kapasiteli servislerin ne kadar başarılı ulaştırıldığını belirleyen bir değerdir. İyi bir servis kalitesinin değerine zarar veren ana faktörler, gecikme, jitter ve paket kaybıdır. WiMAX, kablosuz kapsama alanında çok düşük gecikmeye sahiptir. Birçok tedarikçinin, baz istasyonundan kullanıcı cihazlarına kadar 10 mili saniyeden az gecikme sağlayan ürünleri vardır. Bu bakış açısına göre gecikme, noktadan noktaya ölçülmelidir. Örneğin VoIP, gecikmeye çok hassastır. Mesela eğer gecikme 150 mili saniyeyi aşarsa, konuşma kalitesi düşmeye başlar. 200 mili saniyede veya üstündeki bir değerde dinleyiciler artık konuşmayı anlaşılmaz bulurlar.

IEEE 802.16 standardı değişik Servis kalitesi kategorilerine erişmek için güçlü araçlar sağlamaktadır.

Bu sınıflandırma bant genişliğinin kullanıcılar arasında paylaşımını kolaylaştırmaktadır. Her kullanıcının bir sınıf servis planlama kalitesi var ve buda QoS olarak bilinmektedir. Bu parametreye dayanarak, Baz İstasyon (BS) programcısı her uygulamaya gerekli olan bant genişliği miktarını tahsis etmektedir.

Bu mekanizma, mevcut kaynakların etkili ve ayarlı dağılımına olanak sağlar ve böylece bir gerçek zamanlı (real-time) uygulama, örneğin video uygulaması, FTP (File Transfer Protocol) uygulaması ile karşılaştırıldığında, gerçek zamanlı uygulamaya bant genişliği tahsis etmek öncelik taşıyacaktır.

WiMAX kullanıldığı takdirde diğer kablolu sistemlere nazaran hava ara yüzünde abone ve baz istasyonu arasında gecikmelerin büyük bir kısmı görülmeyecektir.

İyi bir servis kalitesi sağlamak istediğimizde ana çözüm VoIP ve video gibi zamana hassas olan trafikleri önceliklerine göre sıralamaktır.

4.1. QoS Sınıfları

802.16-2004'te dört zamanlama servisi tanımlanmıştır [29]:

- Unsolicited Grant Service (UGS)
- real-time Polling Service (rtPS)
- non-real-time Polling Service (nrtPS)
- Best Effort (BE)

Beşinci bir zamanla servis modeli 802.16e'ye eklenmiştir:

- Extended real-time Polling Service (ertPS)

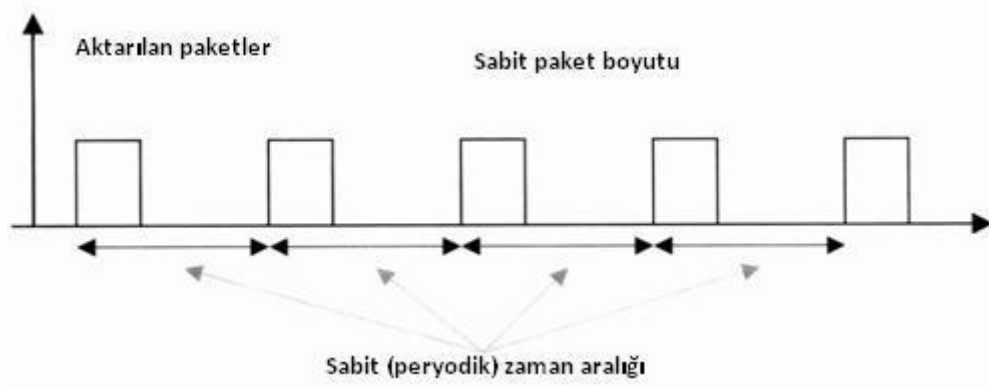
Çizelge 8. QoS Sınıfları

Servis Sınıfı	Uygulama	QoS Özellikleri
Unsolicited Grant Service (UGS)	VoIP	-Jitter tolerance -Maximum latency tolerance -Maximum sustained rate
Real-time Packet Services (rtPS)	Streaming Audio/Video	-Traffic priority -Maximum latency tolerance -Maximum reserved rate -Maximum sustained rate
Extended real time Packet Services (ertPS)	VoIP (VoIP with Activity Detection)	-Traffic priority -Jitter tolerance -Maximum latency tolerance -Maximum reserved rate -Maximum sustained rate
Non-real time Packet Services (nrtPS)	FTP	-Traffic priority -Maximum reserved rate -Maximum sustained rate
Best Effort (BE)	Data transfer, web browsing	-Traffic priority -Maximum sustained rate

4.1.1. Unsolicited grant service (UGS)

UGS zamanlama servis modeli periyodik aralıklı sabit boyutlu data paketleri içeren gerçek zamanlı data akışlarını desteklemek için düzenlenmiştir. Örneğin TI/EI telefon sinyal transferi veya VoIP (Voice over IP) sessizlik kopuklukları olmadan.

Bir UGS servisinde, Baz İstasyonu (BS) periyodik aralıklarla data devirleri sağlıyor ve dolayısıyla sabit masraflar ve SS talep gecikmesini elimine etmektedir. Şekil 33 UGS mekanizmasını gösteriliyor.



Şekil 33. UGS mekanizması [29]

4.1.2. Extended real-time polling service (ertPS)

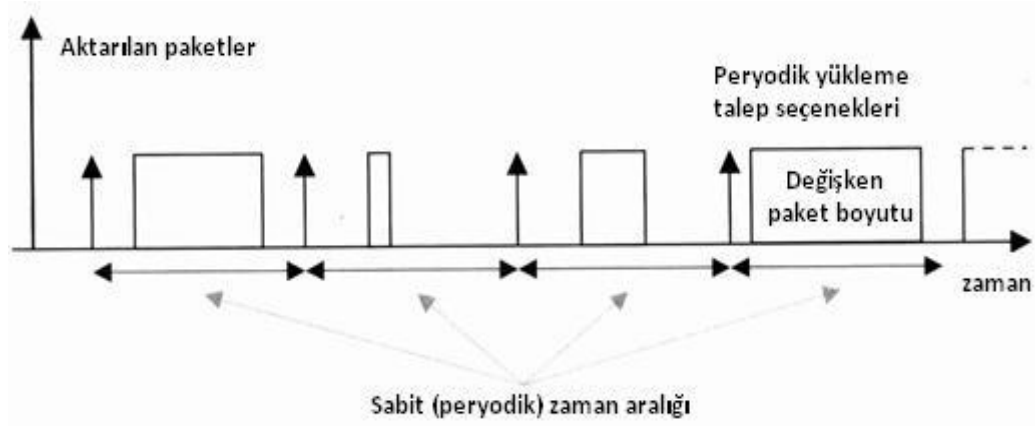
ertPS sınıfı 802.16e düzeltmesi ile eklenmiştir. Bu standart ertPS'nin, UGS ve rtPS verimliliği üzerine kurulmuş olan bir zamanlama mekanizması olduğunu belirtmektedir. Baz istasyon, unicast devirleri UGS gibi talep edilmemiş biçimde sağlamakta ve böylece bant genişliği talep gecikmesinden korunmaktadır. Ancak UGS dağıtım boyutları sabit olduğu iken ertPS dağıtımını dinamiktir. ertPS data hızı ve gecikme istekleri olan değişken hızlı gerçek zamanlı uygulamalar için uygundur. Kesinti olmadan VoIP (Voice over IP), örnek olarak gösterilebilir.

4.1.3. Real-time polling service (rtPS)

rtPS zamanlama servis modeli periyodik aralıklı değişken boyutlu data paketleri içeren gerçek zamanlı data akışlarını desteklemek için düzenlenmiştir. Bu model MPEG (Moving Pictures Experts Group) video transferi için bir örnek olabilir.

Bu servis de, Baz İstasyon (BS) periyodik unicast (uplink) talep imkânlarını sağlamakta ve buda gerçek zamanlı akış ihtiyaçlarını karşılamaktadır. SS (subscriber station)'ye istenilen devirin boyutunu belirlemesine olanak sağlar.

Bu servis UGS' ye nazaran daha fazla istek masrafı gerektirmekte ama en uygun gerçek zamanlı data transfer verimliliği için değişken devir boyutunu desteklemektedir. Şekil 34 rtPS mekanizmasını gösteriyor.

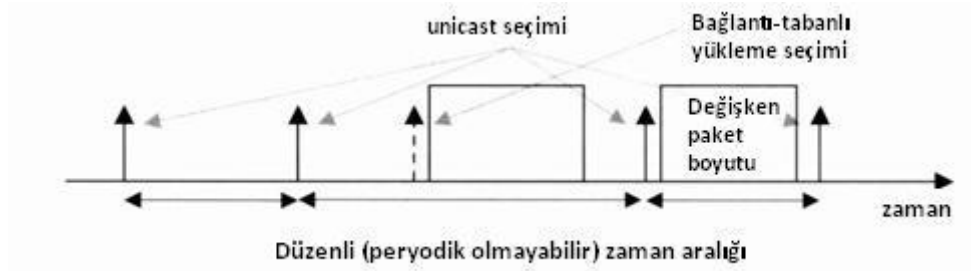


Şekil 34. rtPS mekanizması [29]

4.1.4. Non real-time polling service (nrtPS)

nrtPS servisi, minimum data hızı gerektiren, değişken boyutlu data paket içeren gecikme toleranslı data akışlarını destekliyor. Örneğin FTP (File Transfer Protocol) transferi.

nrtps zamanlama servisinde, BS düzenli olarak unicast (uplink) yoklama talebi sağlıyor ve buda servis akışının ağ tıkanıklığı olduğunda bile talep olanaklarını alacağına garanti vermektedir. Şekil 35 nrtps mekanizmasını gösteriyor



Şekil 35. nrtps mekanizması [29]

z4.1.5. Best effort (BE)

BE servisi minimum servis garantisi gerektirmeyen ve bu yüzden elde edilen en iyi kaynak üzerinden yürütülmesini sağlayarak düzenlenmiştir. BS herhangi bir şey gönderdiğinde, SS (abone merkezi) tartışma isteği olanaklarının yanı sıra unicast istek seçeneklerini de kullanabilir. BS, Best Effort abone merkezlerine unicast uplink istek yoklama zorunluluğu yoktur. Bu yüzden uzun süre hiç bir BE paket transferi olmadan çalışabilir, genellikle ağ tıkanıklık durumunda olduğunda. Şekil 36 BE mekanizmasını gösteriyor.

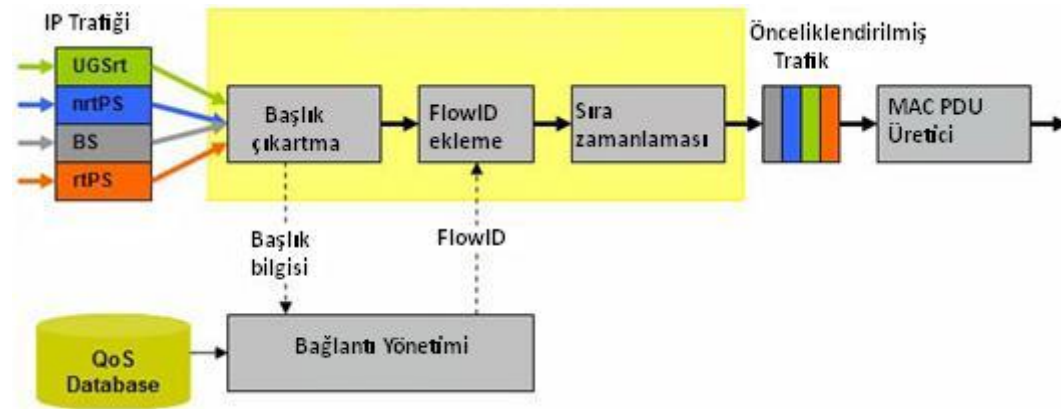


Şekil 36. BE mekanizması [29]

Eski bir bakış açısı şöyle söylüyor “cevap bant genişliğidir, şimdi soru nedir?”. WiMAX iyi servis kalitesini garanti eden bir takım mekanizmalar sunuyor. Birincisi, çoğalan mesafede sabit sinyal gücünü garanti eden kodlama ve modülasyon şemalarıdır (64-QAM/16-QAM/QPSK). İkincisi ise, Dinamik Bant genişliği Tahsisi (DBA) mekanizmasıdır. Bu mekanizma ağı gözlemler, engel ve sinyallerin gücünü azaltan parazitler oluşunca, baz istasyonu zarara uğrayan streame daha fazla bant genişliği ve güç tahsis eder.

WiMAX bağlantıya dayalı bir tek-noktadan-çok-noktaya sistemidir. WiMAX MAC katmanı protokolü bir “biçimlenebilen” dinamik servisli protokoldür ve Ekle/Değiştir/Sil fonksiyonlarını içerir. En büyük avantajlarından birisi de esnek QoS hizmetlerini önermesidir. Şekil 37 tasarlanan MAC Katmanı sınıflandırıcı uygulamasını gösteriyor. Baz istasyonu farklı servis çeşitlerinden oluşan data içeriğinin (internet datası, ses, video, v.b.) indirilmesi istenilen IP trafiğini alır. Bu trafik hitap edecek servis türüne dayanarak, UGS, rtPS, nrtPS veya BE servis kalitesi kategorilerine göre sınıflandırılır.

Bir trafik sınıflandırıcı, QoS ihtiyaçlarına ve önceliğe dayanarak gelen trafiğin sıralama rolüne sahiptir. Önce IP paketlerinden başlık bilgilerini çıkartır ve onu Connection Management (bağlantı yönetim) bölümüne gönderir. Başlık bilgilerine dayanarak, bağlantı yönetimi her pakete bir benzersiz FlowID saptar.



Şekil 37. MAC katmanı QoS desteği [24]

FlowID her paket için servis türü ve bağlantı türü bilgileri içerecektir ve QoS veritabanında depolanmış Servis Kalitesi (QoS) protokol politikasına göre tahsis edilecektir. IPTV servisleri için, bu protokol bazı spesifik parametrelere göre tasarlanmalıdır: Minimum/Maksimum Gecikme, Minimum/Maksimum Data Oranı, Yeniden İletim ve Talep politikası, v.s. Trafik sınıflandırıcısı garantilenmiş FlowID'yi IP paketine ekler ve buna dayanarak Zamanlama/Sıralama bloğu IP trafiğini sıralar.

Bu durumda IPTV video yayını maksimum önceliği taşımaktadır. En sonda, spesifik WiMAX MAC PDU oluşturulacak ve Fiziksel katmana gönderilecektir. Aynı işlem ters yönde de uygulanmalıdır [24].

4.2. IPTV için QoS Parametreler

Bir iletişim kanalına baktığımızda, Servis Kalitesi bir takım parametrelerle uğraşmaktadır, örneğin: bant genişliği, tek yönlü gecikme, gecikme değişiklikleri ve paket kaybıdır [37]. Servis kalitesi bir ağın, trafiğin seçilmiş olan bir bölümüne iyi servis vermesi için kapasitesidir.

Trafik oranı: gönderilen baytların toplamı bölü transmisyon süresi [38]:

$$\text{Trafik Oranı} = \frac{\text{Toplam Bayt Sayısı}}{\text{Transmisyon Süresi}} [Bps]$$

Tek yönlü gecikme: ilk bitin gönderildiği andan itibaren son bitin alındığı ana kadar geçen zamandır. Tek yön gecikme parametresini ölçmek için server ve alıcı arasındaki senkronizasyondan emin olunmalıdır.

Jitter: paketlerin kaynaktan hedefe ulaşmaya kadar farklı yolları kullanmaktan kaynaklanan gecikme değişikliğidir [39].

Kaybolan paket sayısı: paketlerin elenmesi sadece ağın şimdiki durumuna bağlıdır ve önceden görmek mümkün değildir. Bu parametreyi belirlemek için kullanılan

algoritma server tarafında gönderilen paketleri belirler ve alınan paket listesi içinde araştırır.

Karışık sırada olan paket sayısı: paketler belirlenmiş bir sırada bir uygulama tarafından gönderilirler ama alıcıda, ağda bulunan farklı yollardan dolayı aynı sırada ulaşmayabilirler. Bir paketin sıra numarası daha önceki alınan paketin sıra numarasından küçük ise sırası karışmış olarak sayılır.

Kopyalanmış paketlerin sayısı: kopyalanmış paketlerin sayımı ağın konfigürasyonunu belirlemek için bir yöntemdir. Kopyalanmış paketler ağda bir kurulum hatası olduğunu gösteriyor veya bazı cihazlar hatalı fonksiyonları vardır.

Paket Hata Oranı (PER): PER aşağıdaki denkleme göre hesaplanır. Paketin bozulup veya bozulmadığını anlamak için gönderici ve alıcı taraflarında her paketin data bölümünü kıyaslarız.

$$PER = \frac{\text{bozulmuş paket sayısı}}{\text{alınan paket sayısı}} \times 100\%$$

VoD yayını için başlangıç gecikmesi: alıcı tarafında ölçülür ve müşteri tarafında sinyal taşıyan ilk TCP paketinin gönderilmesi anından itibaren, datayı içeren ilk RTP paketini alıncaya kadar geçen süreyi temsil eder. Bu parametre sadece VoD transmisyonunda geçerlidir ve müşterinin his eden kalite QoE parametreleri arasında yer almaktadır.

VoD sunucu için durakla/sürdür gecikmesi: VoD transmisyonu alıcıya yayın kontrolü veren RTSP protokolünü kullanır. Buda yayını duraklatmak ve daha sonra başlatmak veya yayın üzerinde ileri veya geriye sarma imkânı veriyor [37].

Ekonomi artışında servis sektörüne bakınca, servis kalitesi en çok dikkati çekendir. Servis sağlayıcılar için servis kalitesinin gelişimi çok önemli bir görev haline gelmiştir. Servis kalitesinin gelişimindeki ilk adım servis kalitesini etkileyen birçok faktör içinde neyin üzerinde odaklanması gerektiğini ortaya çıkarmaktır.

Kwang Jae Kim ve ekibinin incelemelerine göre [40] IPTV kalitesi iki bileşen açısından bakılabilir: networka bağlı bölüm ve networktan bağımsız bölüm. Networka bağlı bölüm “nasıl ulaştırma” hakkındayken, diğer bölüm “neyi ulaştırmak” (örneğin içerik) ve ‘cihaz kullanılabilirliği’ ve ‘kullanıcı desteği’ gibi destekleme faktörleri hakkındadır. Networka bağlı bileşen içeriğin ulaştırma kısmıyla ilgilendiği için, içeriğin işlem kalitesi ve transferine de ilgilidir. Örneğin, video kalitesi, ses, hızlı yanıt verme, Set top Box ve ara yazılım bu bölüm olarak kategorize edilirler. Bu özelliklerin farklı etkileri olduğu için ve onların ilişkileri karmaşık olduğundan, IPTV servis sağlayıcılar her özelliğin etkisini ve onların ilişkilerini kolaylıkla belirleyemiyorlar. Bu yüzden onları belirlemek için sistematik bir metodun geliştirilmesi gereklidir.

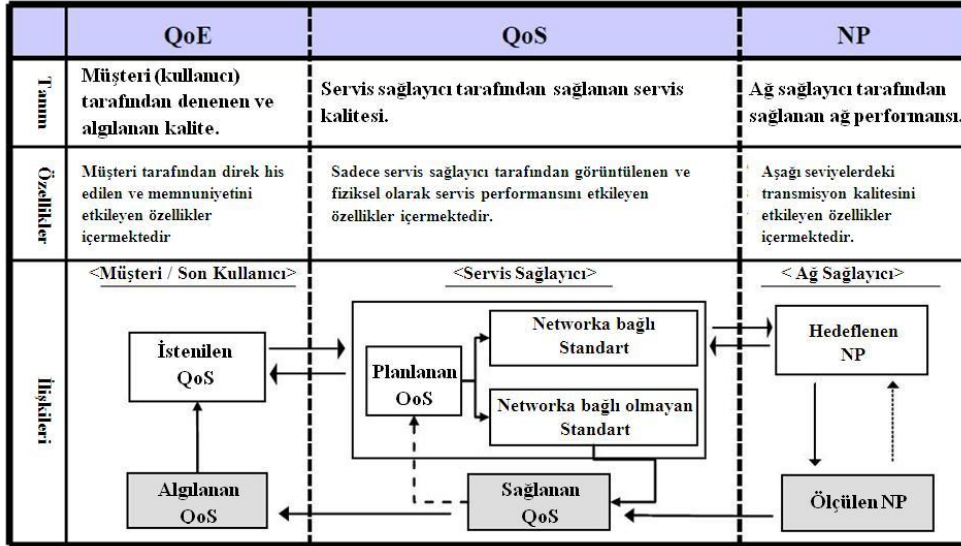
Telekomünikasyon endüstrisinde kalite sorunları uzun süreler sadece ağ mühendisliğine odaklanan Servis Kalitesi ile sınırlıydı. Sadece son zamanlarda kalite sorunları, bir hiyerarşi yapıya sahip olan ve Network Performance (NP), Quality of Service (QoS), Quality of Experience (QoE) ve başka faktörleri de kapsayan bir sorun olarak görülmeye başlamıştır.

IPTV servis kalitesi özelliklerine yeni bir taksonomi geliştirmek için iki gereksinim göz önünde bulundurulmalıdır. Birincisi uluslar arası standart organizasyon taksonomileri ile uyumlu olmalıdır. İkincisi ise servis sağlayıcılar kadar müşteri bağlantılarını da içermelidir.

Yeni taksonomi servis kalitesini sınıflandırmak için üç katman önerilmektedir: QoE, QoS ve NP.

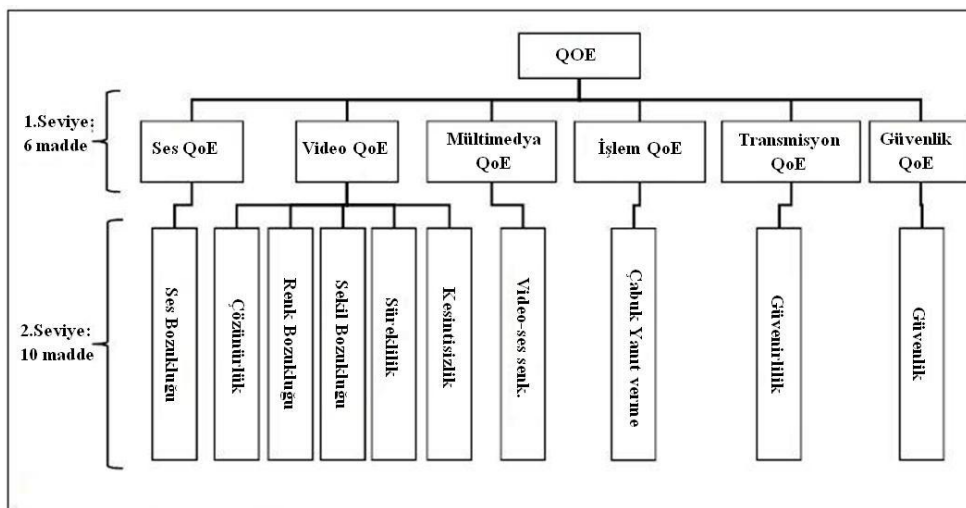
Her katmanın tanımı ve özellikler şekil 38 de gösterilmiştir. Müşterinin Servis kalitesinden istedikleri QoE gereksinimleri olarak tanımlanmalıdır. Servis sağlayıcılar QoE gereksinimlerini, QoS gereksinimlerine dönüştürmelidir. Daha sonra planlanan QoS, networka bağlı ve networktan bağımsız standartlara dönüştürülür. Burada networka bağlı standartlar NP gereksinimleri olarak görülmektedir. Network sağlayıcılar NP’in standartları yerine getirdiğinden emin

olmalılar. Kısacası, NP QoS'i etkiler ve QoS de QoE. Bu bağlantı gösteriyor ki NP, QoE'i, QoS kadar etkiliyor.



Şekil 38. QoE, QoS ve NP tanımları ve ilişkileri [40]

Kwang Jae Kim ve ekibinin oluşturduğu taksonomide, bir takım özellikler kaynak [40] da toplanmıştır. Bu özellikler önce tanımlanıp sonrada sınıflandırılır. IPTV servis kalitesindeki model için QoE hiyerarşisi şekil 39 da gösterilmiştir.



Şekil 39: IPTV servis kalitesi modelinin hiyerarşisi [40]

4.3. Kalite Evi – (HoQ)

Kalite evini oluşturmak için QoE maddeleri müşteri sesi – CA olarak eklenirken QoS maddeleri teknik gerekler – DC olarak eklenir. QoE maddelerine bağlı önemi hesaplamak için 8 uzman görüşü alınmıştır. Maddelerin arasındaki bağlantı ve ilişkiyi, IPTV servisini Temmuz 2007 den beri sunan bir Kore firmasının 6 üyesinden oluşan bir inceleme grubu belirlemiştir. Hazırlanan kalite evi şekil 40 da gösterilmiştir.

Gelişim Yönü		QoS																												
		Ara yüz	Protokol	VoD sunucusu	Network ucu ve uçayın	MPEG taşınan yayın	Video çerçesi esi	Kod çözme / Şifre çözme	Set-Top Box	Ara yüz işlem zamanı	Kinilik doğrulama	Kanal Değiştirme	RTP gecikmesi	RTP Jitter	VoD sunucu hatası	VoD sunucu gecikmesi	Bant genişliği	Burst seviyesi	IP paket gecikmesi	IP paket kaybı	IP paket Jitter	PCK Jitter	PTS hatası	PSI/QoE hatası	Video çerçesi bozukluk seviyesi	Kod çözme hatası	Kod çözme gecikmesi	STB komut işleme zamanı	STB buffer bozukluk/taşıma	
QoE	Ses QoE	Ses Bozukluğu	7.6																											
	Video QoE	Çözünürlük	7.2																											
		Renk Bozukluğu	5.9																											
		Şekil Bozukluğu	10.3																											
		Süreklilik	6.2																											
		Kesintisizlik	21.9																											
	Mülimedya QoE	Video-ses senkron	12.8																											
	İşlem QoE	Çabuk yanıt verem	7.0																											
	Transmisyon QoE	Güvenirlilik	10.6																											
	Güvenlik QoE	Güvenlik	10.6																											
Kesin Önem			94.8	190.8	21.0	82.2	82.2	161.1	72.7	65.7	245.6	89.2	350.6	89.8	115.2	138.0	0.0	390.9	287.2	177.4	21.0	215.7								
Göreceli Önem			3.27%	6.59%	0.72%	2.84%	2.84%	5.57%	2.51%	2.27%	8.49%	3.08%	12.12%	3.10%	3.98%	4.77%	0.00%	13.52%	9.93%	6.13%	0.72%	7.46%								

Şekil 40. Kalite evi – HoQ [40]

QoS maddeleri ile NP maddeleri arasındaki ilişkiyi başka bir kalite evi kurarak ve uzmanların incelemeleri sayesinde çıkartılan ilişkiye bakarak hazırlanabilir.

4.3.1. Kalite evi analizi: ana özellikleri tanımlamak

Kalite evinden QoE ve QoS maddelerine bağlı önem bilgilerini çıkartabiliriz. Bu bilgilerle, en önemli maddeler ana özellik olarak belirlenirler.

QoE için “Kesintisizlik” %21,9 önem ile baskın bir şekilde diğer QoE maddelerine göre birinci sırada yer almaktadır. Buda müşterilerin IPTV servisi kalitesinden en çok beledikleri video yayınının kesintisiz olmasını istedikleri anlamına gelmektedir. İkinci önemli madde % 12,8 oranı ile “Video ve Ses Senkronizasyonu” dur. Video ve ses arasındaki senkronizasyon kullanıcı tarafından talep edilen ve bir yayını izlerken en hassas ve en önemli isteklerden birisidir. Üçüncü önemli madde ise “Güvenirlilik” % 10,6.

QoS için “Video Çerçevesinin Bozulma Seviyesi” % 13,52 oranla birinci olarak sıralanmıştır. Daha sonraki önemli maddeler “IP Paket Kaybı”, “Şifre Çözme Hatası”, “Burst Seviyesi” ve “STB tampon boşalma/taşma” başlıkları sıralanmıştır. İlk beş önemli maddenin genel toplamı %51,56 dır.

5. BULGULAR

Bugün, IPTV teknolojisine birçok farklı alandan olan şirketler ilgi duymaya başlamışlardır. Telekom Operatörleri müşterilerine yeni katma değerli servisler yaratma amacındayken, içerik üreticileri yeni satış kanallarına ulaşmayı hedefliyor. TV yayıncıları müşteri portföylerini geliştirmeye çalışırken, birçok yeni şirket ise TV sektörüne girmek için IPTV'nin önemli bir fırsat olduğunu düşünüyor.

IPTV yayınının kullanıcıya ulaşabilmesi için gerekli bant genişliğini sağlayan geniş bant erişim sistemlerinin aboneleri arttıkça, IPTV uygulamaları da paralel olarak yaygınlaşıyor. 2007 yılında dünyada 13,5 milyon olan IPTV aboneliklerinin 2011 yılına kadar yıllık %40'lık bir artışla 72,6 milyon kullanıcıya ulaşması öngörülen IPTV pazarında, en aktif ve en büyük bölge Kuzey Avrupa olduğu görülüyor. IPTV konusunda en yaygın müşteri kitlesine ulaşmış ülke ise Fransa'dır.

Telekomünikasyon Kurumu'nun 2008'te yaptırdığı bir araştırmada IPTV hizmetlerini ilgilendiren yasal mevzuatla ilgili önemli değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca RTÜK de IPTV konusunda yasal mevzuat konusunda çalışma başlatmış durumdadır.

Türkiye'de Türk Telekom IPTV teknolojisiyle yakından ilgileniyor ve şu anda IPTV konusuna en büyük yatırımı yapan kuruluş olarak göze çarpıyor.

Türkiye'de IPTV konusunda en büyük adımlardan biri de Ekim 2009 itibariyle kurulan IPTV Derneği'dir. Dernek şu anda İstanbul merkezli olarak faaliyetlerini sürdürüyor ve IPTV konusunda çalışmalar yapıyor.

Türkiye ve IPTV

Türkiye günlük kişi başı 5 saatlik televizyon izleme ortalamasıyla dünyanın en fazla televizyon izleyen ülkelerinden biri konumundadır. Durum böyle olunca televizyon sektörü hem yatırımcılar için hem de yatırım yapmak isteyenler için cazip bir potansiyel oluşturmaktadır.

IPTV dünyada her ne kadar 2000’li yılların başında gelişmeye başlasa da Türkiye’de özellikle 2007 yılından sonra bu alanda girişimlerin olduğu görülmektedir. IPTV’yle ilgili 2007 yılından beri çalışmalar yapılmakta, yatırımlar planlanmakta ve konferanslar düzenlenmektedir.

Türkiye’de Türk Telekom IPTV teknolojisiyle yakından ilgileniyor ve şu anda elinde bulundurduğu altyapının da avantajıyla IPTV konusuna en büyük yatırımı yapıyor. TTNNet IPTV projesi kapsamında test yayınlarına ise 2009 yılının mart ayında başlamıştır.

Türk Telekom’un iştiraki ve Türkiye internet servis hizmetleri pazarının lideri TTNNet’in CEO’su Tahsin Yılmaz, 1 Eylül’den itibaren Türkiye pazarına sunacakları IPTV Projesi için başladıkları yatırımların üç yılda 140 milyon dolara ulaşacağını ve bunun 40 milyon dolarlık kısmını bu yıl içinde gerçekleştirmeyi planladıklarını söylemektedir.

IPTV altyapısı için Türk Telekom tarafından açılan projenin ihalesi geçtiğimiz yıl sonuçlandı. Türk Telekom ihalesini Amerikalı SeaChange International Inc. firması liderliğindeki iş ortaklığı kazandı. SeaChange, söz konusu IPTV platformunu orta vadede, bir Türk Telekom şirketi olan Argela ile geliştirecek. Kurulacak IPTV altyapısı; TV Yayını, isteğe bağlı içerik yayını (VoD, MoD), kişisel içerik kaydı (NPVR), canlı yayını durdurma (PLTV), gecikmeli yayın izleme (TSTV, Catch-up TV, TVoD), izle ve öde (PPV) gibi hizmetlerin yanı sıra, internet, oyun, sohbet, anında mesajlaşma, SMS, e-posta, çevrimiçi oylama gibi interaktif servisler, görüntülü iletişim (Video Konferans, Video Phone), içerik barındırma, reklam ekleme, kişiselleştirilmiş reklam ve ebeveyn kontrolü hizmetlerini vermeye uygun şekilde oluşturulacaktır. İlk aşamada 1 milyon müşteri kapasitesi ile kurulacak altyapı, talebe bağlı olarak genişlemeye müsait olacaktır.

Türk Telekom 2007 yılında IPTV’ye yoğunlaşacağını açıklamasından sonra TTNNet bünyesinde IPTV Koordinatörlüğü birimini kurdu.

Türk Telekom 2009 yılının başında IPTV’nin test yayınlarına başladı. Müracaat edenlerden seçilen deneklerin evlerine kurduğu IPTV altyapısı aracılığıyla test

yayınlarını sürdürüyor. Test aşamasındaki IPTV platformunda hâlihazırda 100'e yakın kanal izlenebiliyor. Evinde veya işyerinde Türk Telekom'un IPTV test yayınlarını alan kullanıcılar bazı problemler olsa da görüntü kalitesinden genel olarak memnun olduklarını belirtiyorlar.

Türk Telekom 2008 yılında, 10 büyük kentte IPTV pazar araştırması yaparak müşteri ihtiyaçlarını belirlemiştir. Sosyo-ekonomik statü raporları çerçevesinde gelişmişlik düzeyi yüksek ve tüketim sıralamasında ilk 10'da yer alan İstanbul, Ankara, İzmir, Kocaeli, Bursa, Eskişehir, Tekirdağ, Adana, Antalya ve Denizli'de tüketici beklentilerine uygun bir hizmet profili hazırlamak amacıyla 1500 kişiyle yüz yüze görüşmeler yapılarak müşterilerin beklentileri belirlendi.

Türk Telekom, platformu oluşturma çalışmalarının yanı sıra, IPTV'de yer alacak içeriği belirlemek üzere Türkiye'deki ve dünyadaki çeşitli içerik sağlayıcıları ile görüşmelerini sürdürüyor. IPTV yayın merkezinin kurulması ve entegrasyonun tamamlanmasına paralel olarak içerik konusunun da sonuçlandırılması düşünülüyor.

Türk Telekom, IPTV servisine temel hizmetlere yönelik servisler ile başlamayı planlıyor. Daha sonra yılın her bir çeyreğinde yeni bir servise girmeyi öngören şirket, kanala interaktif servisleri de eklemeyi hedefliyor. IPTV uygulamasını bu yılın sonunda hayata geçirmeyi planlayan Türk Telekom kendi içeriğini de oluşturmaya başladı. Televizyon kanallarıyla içerik anlaşmaları yapan Türk Telekom, Eğlence içeriğini Hollywood stüdyoları ve yabancı televizyonlar ile yaptıkları anlaşmalarla sağlama yoluna gidiyor.

İstanbul Teknik Üniversitesi'nin Yeni Nesil Telekomünikasyon Teknolojileri Laboratuvarları'nda IPTV yayıncılığı testleri yapılmaktadır. Türkiye'de bugün 30 milyondan fazla internet kullanıcısı vardır. Geniş bant aboneleri 6 milyonun üzerindedir. Bu da IPTV için gerekli olan en önemli altyapı hizmetinin gelişmekte olduğunu göstermektedir.

IPTV ile ilgilenen diğer şirketlerin durumu ise şu şekildedir. Doğan Grubu'nun internet şirketi Smile ADSL, şirketin ilgilendiği alanlardan birinin de geniş bant internet altyapısı olduğunu açıkladı. Türkiye'nin en büyük medya grubu olan Doğan

Grubu'nun hem içerik sağlayıcı olarak hem de altyapı sağlayıcı olarak IPTV konusunda Türkiye'nin en önemli şirketlerinden biri olacağı tahmin ediliyor. Ayrıca D-Smart adlı Dijital Platforma da sahip olan Doğan Grubu IPTV'yi yakından takip ediyor.

Medyada önemli bir ağırlığı olan Çukurova Grubu'nun da IP TV konusunda önemli yatırımcılardan biri olacağını söyleyebiliriz. Hem medya alanında hem teknoloji alanında yatırımları olan grubu Superonline aracılığıyla altyapı çalışmalarını 2007 yılından beri sürdürüyor. Ayrıca Türkiye'nin en büyük dijital platformu olan Digitürk, Lig TV maçlarını internet üzerinden izleyiciye ulaştırıyor. 2,5 milyon aboneli olan Digitürk'ün dağıtımını şu anda sadece uydu cihazları aracılığıyla yapıyor. Ancak IPTV'nin uydu alıcılarından daha fazla imkân tanınması Digitürk gibi dijital kanalların IPTV'nin bütün imkânlarından sonuna kadar yararlanacağını göstermektedir.

IPTV'nin olmazsa olmazı Set Top Box (STB) konusunda yerli üreticiler de boş durmuyor. AirTies adlı ADSL modem üretici şirketi STB üretimine başlamıştır. Türkiye'nin lider teknoloji kuruluşlarından Vestel, televizyon teknolojilerinin yeni eğilimi IPTV'nin en güncel uygulaması Etkileşimli-İnteraktif Otel TV'yi ve diğer IPTV projelerini 2009 yılında tanıttı. IPTV yayınlara ulaşmayı sağlayan Set Top Box (set üstü kutu) üretiminde çalışmalar yapan Vestel, Türk Telekom şirketi TTNET'in IPTV projesi kapsamında açtığı, kullanıcı kutusu üretim ihalesini de kazandı. Bu kapsamda Vestel, 2009'da IPTV servisine başlayacak TTNET için 100 bin adet set üstü kutu üretimine geçmiştir.

Önemi artacak bir diğer kuruluş ise Türksat A.Ş. Çünkü Türksat A.Ş Türkiye'deki kablo TV altyapısının işletmecisidir ve IPTV hizmetini kablo TV üzerinden de rahatlıkla yayın yapabilmektedir. Bu anlamda Türksat A.Ş'nin IPTV konusunda önemli aktörlerden biri olabileceğini söyleyebiliriz.

Telekomünikasyon Kurumu 2008 yılında, "IP Tabanlı Hizmetler: VoIP ve IPTV" başlıklı 87 sayfa olan bir rapor hazırlamıştır. Kurum bu çalışmayla IPTV'ye verdiği önemi göstermiştir.

9 Temmuz 2009'da İstanbul'da RTÜK tarafından organize edilen ve IPTV'nin tartışıldığı bir konferans gerçekleştirildi. Konferansa Radyo Televizyon Üst Kurulu (RTÜK), Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) ve Rekabet Kurumu gibi resmi kurumlardan katılımcılar ile konuşmacı olarak çağrılan özel sektör temsilcileri katıldı.

2009'un Nisan ayında Galatasaray Üniversitesi tarafından organize edilen Teknoloji ve İletişim Günleri'nde "Enformasyon Çağında Televizyon: IPTV" konusu tartışıldı. Konferansta, sosyal bilimler alanında çalışan araştırmacılar, düzenleyici kurum temsilcileri ve teknoloji profesyonelleri bir araya geldi.

Türkiye'nin yayıncılığını düzenleyen kurum olan RTÜK 2009'un başlarında IPTV ile ilgili bir açıklama yapma gereği duydu. RTÜK bu duyuruda, bir tebliğ yayımlayarak test amaçlı IPTV yayınına izin verdiğini açıkladı. Buna göre, IPTV yayınları normal televizyon kanallarında olduğu gibi RTÜK tarafından denetlenecek ve kanuna aykırı durumlarda yetkililerine ceza verebilecek.

Dünya'da geniş bant teknoloji pazarına bakıldığında Broadband Forum'dan alınan değerlere göre, toplam geniş bant erişimin %13'ü fiber ve %64'ü DSL teknolojilerden oluşuyor. Bu oranlar Avrupa'da ve Türkiye'de ise aşağıda belirtilen değerlerde bulunuyor.

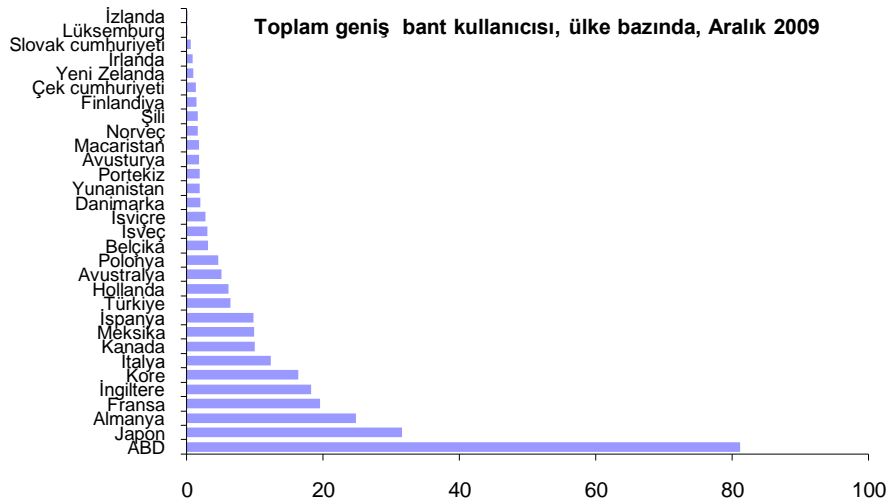
Çizelge 9. AB ve Türkiye geniş bant teknoloji pazar oranları

	AB Ortalaması (%)	Türkiye (%)
DSL	79,4	98
Kablo	15,3	1,6
Diğer	5,3	0,4

Organization for Economic Co-operation and Development istatistiklerine göre Aralık 2009 raporunda geniş bant kullanıcıların ülke bazında sayısı şöyledir.

Çizelge 10. Geniş bant kullanıcı sayısı - Aralık 2009

Sıra	Ülke	Sayı	Sıra	Ülke	Sayı
1	ABD	81.146.225	16	İsveç	3.022.379
2	Japon	31.630.781	17	İsviçre	2.780.050
3	Almanya	24.843.700	18	Danimarka	2.046.000
4	Fransa	19.582.000	19	Yunanistan	1.918.630
5	İngiltere	18.213.290	20	Portekiz	1.902.273
6	Kore	16.347.716	21	Avusturya	1.844.848
7	İtalya	12.338.502	22	Macaristan	1.785.046
8	Kanada	9.980.000	23	Norveç	1.637.500
9	Meksika	9.921.407	24	Şili	1.630.943
10	İspanya	9.786.578	25	Finlandiya	1.427.200
11	Türkiye	6.446.374	26	Çek cumhuriyeti	1.354.986
12	Hollanda	6.131.000	27	Yeni Zelanda	992.383
13	Avustralya	5.133.000	28	İrlanda	870.562
14	Polonya	4.620.000	29	Slovak cumhuriyeti	627.722
15	Belçika	3.133.881	30	Lüksemburg	158.548



Şekil 41. Geniş bant kullanıcı sayısı - Aralık 2009 [41]

6. SONUÇ

IPTV konusu IP tabanlı şebekeler üzerinden verilecek hizmetler arasında en popüler ve en çok ümit vadeden biri olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel TV yayınlarının aksine IPTV teknolojisi istenilen programın, istendiği zaman izlenmesini mümkün kılmakta; buda günümüzün yoğun iş ve yaşam temposu içerisinde kullanıcıların planlarını TV yayınlarının akışına göre değil kendi programlarına göre yapmalarına imkân tanımaktadır. İsteğe bağlı video – VoD gittikçe popüler bir kavram haline gelmekte ve IPTV teknolojisi de bu hizmete uygun altyapıyı sunabilmektedir.

Yeni TV yayıncılığı internet üzerinden oynanan bilgisayar oyunlarına benzer bir şekilde izleyici ile daha fazla etkileşim talep etmektedir. Geniş bant bağlantı üzerinden yapılacak IPTV yayını geleneksel TV yayıncılığının tek taraflı yayın prensibinin tersine iki yönlü bir iletişim sağlayabileceğinden artan etkileşim ihtiyacını karşılayabilmektedir. Buna ek olarak IPTV ile TV istasyonları, yayıncıları, yapımcıları ve reklamcılar için değerli bir doğrudan geri besleme de mümkün olacaktır. İzleyicinin beğeni ve taleplerini tahmin ederek değil, doğrudan ölçerek anlayabilme yayıncılık alanında devrimsel bir değişim ve gelişimin önünü açabilecektir.

Telekomünikasyon sektörü ve sektör düzenlemeleri açısından çok önemli bir kavramın iyi anlaşılması ve gelecek stratejilerin bu kavrama uygun olarak şekillendirilmesi önem kazanmaktadır. Bu kavram Triple Play veya “üçlü oyun”dur. Telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren işletmeciler, altyapıları üzerinde üç ana hizmeti birden sunarak, ölçek ve kapsam ekonomilerinin faydalarından yararlanmak istemektedir. Bu üç ana hizmet Ses, Veri ve Görüntüdür.

KAYNAKLAR

1. ITU-T FG, "IPTV Focus Group Proceedings", *International Telecommunication Union*, Switzerland, (2008).
2. O'Driscoll, G., "Next Generation IPTV Services and Technologies", *John Wiley and Sons Inc.*, Canada, (2008).
3. Draft Recommendation ITU-T Y.1901 (Y.iptv-req), "Requirements for the support of IPTV services", *ITU-T*, Switzerland, (2008).
4. Uilecan, I.V., Zhou, C., Atkin, G.E., "Framework for delivering IPTV services over WiMAX wireless networks" *IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, 470-475 (2007).
5. Mikoczy, E., Podhardsky, P., "Evolution of IPTV Architecture and Services towards NGN" *SCI* 231, 315-339 (2009).
6. ETSI TS, "Service layer requirements to integrate NGN services and IPTV" *ETSI TISPAN*, France, (2007).
7. Shepherd, W., "Network and Operating System Support for Digital Audio and Video", *Springer*, New York, 252-253 (1994).
8. Aytekin, Ç., Şahin, E., Dövençi, A., "Kişisel televizyon: IPTV" *Akademik Bilişim*, 391-397 (2008).
9. López, D., Mikoczy, E., Moreno, J., Cuevas, A., Vázquez, E., "IP Multimedia Subsystem (IMS) Handbook" In: Ilyas, M., Ahson, S.A. (eds.) IPTV modeling and architecture over IMS, ch. 22. *CRC Press*, Boca Raton (2008).
10. Cicconetti, C., Lenzini, L., Mingozzi, E., and Eklund, C., "Quality of service support in IEEE 802.16 networks," *IEEE Network Magazine*, Vol.20, no.2, 50-55, (2006).
11. Pınarbaşı, M., "IPTV ağ dağıtım teknolojileri, içerik taşıma mimarisi ve Çok noktaya yayın", *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Temmuz, 20-45 (2009).
12. İnternet: Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS) "Technical Documents" <http://www.atis.org> (2010).
13. Iano, Y., Magri, M. P., "How to architect an IPTV system", *Image Analysis for Multimedia Interactive Services, Eighth International Workshop*, Santorini, (2007).

14. Alkan, M., Tekedere, H., “DSL teknolojileri ile yüksek bant genişliği ihtiyaçlarının karşılanması”, *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 5 Sayı 1, 35-42 (2001).
15. Alkan, M., Tekedere, H., Genç, Ö., “DSL teknolojileri kullanılarak bant genişliği ve veri iletiminde kapasite artırımı”, *ELECO 2000 Sempozyumu*, Bursa, 229-233, (2000).
16. Moawad, R.B., “IPTV over Wimax: overview on the video path from the server to the Wimax end-user” *IEEE Lebanon Communications Workshop*, 17-23 (2008).
17. Andrews, J. G., Ghosh, A., Muhamed, R., “Fundamentals of WIMAX: Understanding Broadband Wireless Networking”, *Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA*, (2007).
18. Ohrtman, F., “WIMAX Handbook Building 802.16 Wireless Networks”, *McGraw-Hill Comp.*, New York, USA, (2005).
19. She, J., Hou, F., Ho, P.-H., Xie, L.-L., “IPTV over WiMAX: key success factors, challenges, and solutions,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 45, no.8, 87–93 (2007).
20. Retnasothie, F.E., Özdemir, M.K., Yücek, T., Celebi, H., Zhang, J., Muththaiah, R., “Wireless IPTV over WiMAX: challenges and applications” *IEEE Wamicon*, 1-5 (2006).
21. Moawad, R.B., “IPTV over Wimax: overview on the video path from the server to the Wimax end-user” *IEEE Lebanon Communications Workshop*, 17-23 (2008).
22. Sedoyeka, E., Hunaiti, Z., Al Nabhan, M., Balachandran, W., “WiMAX mesh networks for underserved areas” *IEEE Computer Systems and Applications, AICCSA*, 1070-1075 (2008).
23. Larribeau, B., “IPTV standards survey report-summary, streaming media whitepapers,” *Internet Streaming Media Alliance*, 2-4 (2006).
24. Uilecan, I.V., Zhou, C., Atkin, G.E., “Framework for delivering IPTV services over WiMAX wireless networks” *IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, 470-475 (2007).
25. Toktaş, A. Akdağlı, A., “Alternatif geniş bant kablosuz erişim tekniği: WiMAX”, *Mersin Üniversitesi, elektronik dergisi*, 2-5 (2007).
26. Carlberg Lax, M. , Dammander, A., “WiMAX - a study of mobility and a MAC-layer Implementation in glomosim” Master’s Thesis, *Computing Science*, Sweden,15-22, (2006).

27. Küçükünsal , J., Baykal, Y., “Haberleşme teknolojisi Wimax’te dünyadaki Durum”, ***Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu yayınları***, 3-6 (2006).
28. IEEE 802.16 Standard—Local and Metropolitan Area Networks—Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems (IEEE Std 802.16-2001), ***IEEE Std.***, April (2002).
29. Nuaymi, L. “WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access”, ***John Wiley & Sons***, England (2007).
30. Bandırmalı, N., Çeken, C., Bayılmış, C., Ertürk, İ., “Kablosuz erişim yöntemlerinin karşılaştırmalı incelemesi”, ***Kocaeli Üniversitesi,elektrik-elektronik dergisi***, 1-3 (2008).
31. IEEE, “IEEE 802.16 standards crystallize the fixed broadband wireless access industry” ***IEEE Std.***, 1-60 (2001).
32. OHRTMAN, F., “WiMAX Handbook”, ***McGraw-Hill***, USA,(2005).
33. Azizul Hasan, M., “Performance evaluation of WiMAX/IEEE 802.16 OFDM physical layer”, Master’s Thesis, ***Department of Electrical and Communications Engineering***, Helsinki, 45-54, (2007).
34. Wolnicki, J., “The IEEE 802.16 WiMAX broadband wireless access; physical layer (PHY), medium access control layer (MAC), radio resource management (RRM)” , ***MS. Seminar***, (2005).
35. Shepard, S., “WiMAX crash course”, ***McGraw-Hill***, USA, 168-174 (2006).
36. IEEE “IEEE 802.16e, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems”, ***IEEE Std*** (2005).
37. Lazar, G., Blaga, T.M., Dobrota, V., “Framework for IPTV QoS” ***Elmar, 2008 50th International Symposium***, 161-164 (2008).
38. Armitage, G., “Quality of Service in IP Networks”, ***New Riders Publishing***, 1-6 (2000).
39. Demichelis, C., Chimento, P., “IP packet delay variation metric for IP performance metrics”, ***RFC3393***, 3-5, (2002).
40. Kim, K.-J., Shin W.-S., Min D.-K., ve diğ. “Analysis of key features in IPTV service quality Model” ***IEEE Industrial Engineering and Engineering Management***, 595-598 (2008).

41. Internet: Organization for economic co-operation and development “OECD broadband portal” <http://www.oecd.org> (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı: MAHMOUDIAN, Elshan

Uyruğu: İRAN

Doğum tarihi ve yeri: 05.12.1984 İstanbul

Medeni hali: Bekar

Telefon: +98 (411) 330 81 90

Mobile: 0554 245 40 96

e-mail: elshan_mahmoudian84@yahoo.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü	2010
Lisans	İRAN Azad Üniversitesi/ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü	2007
Lise	Azadi Lisesi	2003

Yabancı Dil

Farsça, İngilizce, Azerice

Yayınlar

1. Mahmoudian, E., Daneshvar, B., Bagherzadeh, M.,“E –Ticarette, Güvenlik Uygulamalarına Yeni Bir Bakış” , III. İstanbul Bilişim Kongresi, 2009.
2. Mahmoudian, E., Daneshvar, B., Bagherzadeh, M.,“İğdir Devlet Hastanelerinde Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi”, YA/EM 2009.

Hobiler

Müzik, Basketbol, Televizyon, Araba Kullanmak