



EGE ÜNİVERSİTESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞINDA

SAT>IP TEKNOLOJİSİ

VE UYGULAMALARI

Çağdaş DÖNER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Aylin KANTARCI

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 28.07.2015

Bornova-İZMİR

2015

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞINDA
SAT>IP TEKNOLOJİSİ
VE UYGULAMALARI**

Çağdaş DÖNER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Aylin KANTARCI

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 28.07.2015

Bornova-İZMİR

2015

Çağdaş DÖNER tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Sayısal Televizyon Yayıncılığında SAT>IP Teknolojisi ve Uygulamaları” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 28/07/2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Aylin KANTARCI	
Raportör Üye	: Doç. Dr. Rıza Cenk ERDUR	
Üye	: Doç. Dr. Ayşegül ALAYBEYOĞLU	

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sayısal Televizyon Yayıncılığında SAT>IP Teknolojisi ve Uygulamaları” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

31/08/2015

Çağdaş DÖNER

ÖZET

SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞINDA SAT>IP TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMALARI

DÖNER, Çağdaş

Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aylin KANTARCI

Temmuz 2015, 69 sayfa

Bu tezde, dinamik olarak gelişen ağ tabanlı Sayısal Televizyon Yayıncılığı (DVB) dünyasında yeni bir teknoloji olan SAT>IP tüm hatlarıyla incelenmiş ve uygulamalarına değinilmiştir.

Ağ tabanlı sayısal televizyonculuk, izole, lokal ya da geniş alan ağları üzerinden servis sağlayıcıların kullanıcılara açtığı verilerin taşınması ile ifade edilebilir. Uç kullanıcılar, kendilerine gönderilen ses video vb. bilgileri çeşitli kanal bulucu cihazlar ve yazılımlarla edinebilmektedirler.

SAT>IP, çeşitli ağ altyapıları üzerinden, uç kullanıcının kontrolünde olan bir sağlayıcı cihaz aracılığı ile izlemek istenilen kanal verilerini herhangi bir kanal bulucu donanım olmadan, sahip oldukları SAT>IP cihazı ya da yazılımı ile elde etme imkanı sunmaktadır.

Anahtar sözcükler: SAT>IP, IP Kanal Bulucu, Sayısal Televizyon Yayıncılığı, Akışlar, Ağ, Ev Alan Ağı, Uydu ve uydu alıcılar.

ABSTRACT

SAT>IP TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS IN DIGITAL TELEVISION BROADCASTING

DÖNER, Çağdaş

MSc in Computer Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Aylin KANTARCI

July 2015, 69 pages

In this thesis, a new technology in dynamically improving network based Digital Video Broadcasting (DVB) world called SAT>IP, was examined deeply and its applications were highlighted.

Network based digital DVB could be defined as; data transferring such as audio and video from service providers to users over isolated, local or wide area networking technologies to make end users gather these kind of service data via tuner devices or softwares.

SAT>IP, make users to get service information and data which they would like to watch or listen, without a tuner device, but instead, a user controlled server would allow to get these data and make SAT>IP client to help end users to access desired services.

Keywords: SAT>IP, IP Tuner, DVB, Streaming, Networking, HAN, Satellite and receivers, Set-top-Boxes.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, kattığı değerli bilgileri ile olumlu bir tez süreci geçirmemi sağlayan tez danışmanım Prof. Dr. Aylin KANTARCI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xx
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1.GİRİŞ.....	1
2.SAYISAL YAYINCILIK.....	3
2.1 Sayısal Yayıncılık Nedir?.....	3
2.2 Tarihçesi	4
2.3 Teknik Altyapısı	6
2.3.1 İletim.....	6
2.3.2 Sıkıştırma.....	8
2.3.3 Taşıma akışı ve çözme.....	10
2.4 Avantajları ve Dezavantajları	12
2.5 Uygulamaları	14
2.5.1 İnteraktif eğlence uygulamaları	15

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

2.5.2 Hayatı kolaylaştıran uygulamalar	15
2.6 Ülkemizde Sayısal Yayıncılık	16
2.6.1 Ülkemizde sayısal uydu yayıncılığı.....	16
2.6.2 Ülkemizde sayısal kablo yayıncılığı.....	17
2.6.3 Ülkemizde ağ tabanlı sayısal yayıncılık	17
2.6.4 Ülkemizde karasal sayısal yayıncılık.....	17
3. AĞ TEKNOLOJİLERİ VE ÇOKLUORTAMLAR	19
3.1 Ağ Altyapısı.....	20
3.2 Akış ve İletim	21
3.3 Protokoller	22
3.3.1 RTP/RTCP.....	23
3.3.2 RTSP.....	24
3.4 Mevcut Uygulamalar	26
3.4.1 IPTV	26
3.4.2 WebTV	27
3.4.3 OTT	27

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

3.4.4 ScreenCasting, Miracast ve DLNA	28
4. SAT>IP TEKNOLOJİSİ.....	31
4.1 SAT>IP Nedir?	31
4.2 SAT>IP Elemanları	32
4.2.1 SAT>IP istemciler	32
4.2.2 SAT>IP sunucular	33
4.2.3 Destekleyen ve geliştiren firmalar	33
4.3 Ağ Topolojisi.....	34
4.4 Kullanım Senaryoları.....	35
4.4.1. IP bağdaştırıcı veya IP çoklayıcı	36
4.4.2. IP LNB.....	36
4.4.3. Ana uydu alıcı.....	38
4.4.4. Evrensel servis ağ geçidi	38
4.4.5. IP tabanlı SMATV	39
4.5 SAT>IP Protokol Tanımı.....	40
4.5.1 Keşif.....	41

İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

4.5.2 Kontrol.....	52
4.5.3 Çokluortam transferi.....	53
5. TEZ KAPSAMINDA GELİŞTİRİLEN SAT>IP İSTEMCİ UYGULAMASI ..	55
5.1 Gereksinimler	55
5.1.1 Donanım	55
5.1.2 Yazılım	56
5.2 Tasarım	57
5.2.1 Arayüz katmanı.....	58
5.2.2 Uygulama katmanı.....	59
5.2.3 DVB orta katmanı.....	60
5.2.4 Adaptasyon katmanı	62
5.3 Test	66
5.3.1 Wireshark.....	66
5.3.2 Otomatik test sistemleri	67
6. SONUÇ.....	69
KAYNAKLAR DİZİNİ	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 DVB Resmi Logosu.....	4
2.2. DVB-S/2 teknik özet.	6
2.3. PCI sayısal uydu (DVB-S) kanal bulucu.....	8
2.4. Sıkıştırma tekniklerinin kullanımı.	9
2.5. MPEG-TS kontrol bitleri.	10
2.6. PMT tablosunun metin olarak içeriği ve PID'leri.	11
2.7 İrdeto CAS.....	13
2.8 IntelSat 20 uydusunun kapsadığı alan.	13
2.9 İnteraktif TV uygulamaları.	15
2.10 Dünya'da sayısal karasal yayıncılık.	18
3.1 Chromecast Dongle alıcı.	19
3.2 Netflix bandwidth kullanımı.....	20
3.3 Unicast ve Multicast iletim.....	22
3.4 RTP encapsulation.....	23
3.5 RTCP payload.....	24
3.6 RTSP komut serisi.....	25
3.7 RTSP komut örneği.	25

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.8 Dsmart BLU WebTV uygulaması.	27
3.9 HAN'ın genel görünümü.	28
3.10 Wi-Fi Certified Miracast uygulaması.	29
3.11 DLNA sunucu ve alıcı.	30
4.1 SAT>IP logosu.	31
4.2 Bir SAT>IP ağı.	32
4.3 Telestar marka bir SAT>IP istemci.	33
4.4 Inverto marka 4 uydu girişli bir SAT>IP sunucusu.	33
4.5 SAT>IP bağlantı şeması.	35
4.6 IP Bağdaştırıcı/Çoklayıcı kullanım senaryosu.	36
4.7 IP LNB kullanım senaryosu.	36
4.8 Genel bir POE şematığı.	37
4.9 Ana uydu alıcı kullanım senaryosu	38
4.10 Evrensel Servis ağ geçidi kullanım senaryosu.	39
4.11 IP tabanlı SMATV kullanım senaryosu.	40
4.12 SAT>IP protokol yığını.	41

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.13 SAT>IP protokolünün DLNA alt kümesi.....	42
4.14 RTSP'nin TCP/IP modelinde yeri : Uygulama Katmanı.....	46
4.15. RTSP durum makinesi.....	51
4.16 RTP'de MPEG TS paketleri	53
5.1 Broadcom ana entegresi.....	56
5.2 Eklenen sunucu seçme tam ekran menüsü.....	58
5.3 Uydu seçme ekranı.	59
5.4 DVB EIT verilerinin program rehberine yansıtılması.	61
5.5 Adaptasyon katmanı ve İşletim sistemi	62
5.6 Canlı yayın program ve sinyal durumu bilgileri.....	63
5.7 WireShark.....	66

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 RTSP Durum kodları.....	52
5.1 Adaptasyon Katmanı kaynakları ve işlevleri.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
<i>Mb</i>	<i>Megabit</i>
<i>MB</i>	<i>MegaByte</i>
<i>Mbps</i>	Megabit per second
<u>Kısaltmalar</u>	
ACK	Acknowledge
API	Application Programming Interface
BHC	Bose – Hocquenghem – Chaudhuri
CI	Common Interface
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
DLNA	Digital Network Living Alliance
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	DVB Cable
DVB-S	DVB Satellite
EPG	Electronic Program Guide

FEC	Forward Error Correction
FTA	Free to Air
HbbTV	Hybrit Broadcast Broadband TV
HAN	Home Area Networking
HD	High Definition
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IF	Intermediate Frequency
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LDPC	Low Density Parity Check
LNB	Low Noise Block
MHP	Multimedia Home Platform
MPEG	Moving Pictures Expert Group
MPEG-TS	MPEG Transport Stream
OTT	Over-the-top Content
PCI	Peripheral Common Interface
PID	Packet Identifier

PSK	Phase Shift Keying
PVR	Personal Video Recorder
QoS	Quality of Service
QPSK	Quarter Phase Shift Keying
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTCP	Real-Time Control Protocol
RTSP	Real-Time Streaming Protocol
SoC	System on Chip
SSDP	Simple Service Description Protocol
STB	Set top Box
SVG	Scalable Vector Graphics
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
UPnP	Universal Plug and Play
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
URN	Unique Resource Name
WAN	Wireless Area Network
XML	Extended Markup Language

1. GİRİŞ

Bu yüksek lisans tezi, Sayısal Televizyonculuk'a yeni ve hafif bir bakış açısı getiren SAT>IP teknolojisini derinlemesine ve diğer teknolojilerle karşılıklı olarak incelemek, gerçekleştirilen uygulamaları ve bu uygulamaların nasıl çalıştığını aktarmak amacıyla hazırlanmıştır.

SAT>IP, aslında Sayısal Televizyonculuk standartlarından Uydu (DVB-S) ve IP (DVB-IP)¹ arasında bir yere sahiptir. Pek çok gerçekleştirim göstermektedir ki SAT>IP sistemleri her iki standarttan da bir takım özellikler almıştır.

DVB-S, ülkemizde en yaygın olarak kullanılan ve spektrumda yüksek frekans (HF) olarak bilinen bantta yapılan uydu haberleşmesi temelli bir standarttır. Ülkemizde Digiturk ve DSmart büyük sayısal uydu yayıncılığı operatörlerindendir.

DVB-IP ise, günümüzde henüz yaygınlaşan, Tivibu² benzeri uygulamalar gibi uzak bir sağlayıcıdan yayınları IP paketleri halinde alıp işleyen alıcıların gerçekleştirimidir.

SAT>IP hiçbir zaman tek bir cihaz, tek bir yazılım ya da tek bir standart olarak düşünülemez. DVB-S gerçekleştirimi içeren bir sağlayıcı ve bu sağlayıcıya ait yazılım, DVB-IP standardında kullanılan alıcılara benzer uç cihazlar koordine ve her daim haberleşme halinde olduğundan, böyle bir sisteme melez bir sistem ve standart diyebiliriz.

Tüm metin boyunca SAT>IP server'lar SAT>IP sunucu, SAT>IP client'lar ise SAT>IP istemci olarak anılacaktır. SAT>IP henüz yeni bir mimari olduğundan üzerinde çok fazla yazılmış makale bulunmamaktadır. Genel olarak mimariyi tanıtan ve firmalar tarafından yayınlanan tanımlamaların mevcudiyeti yeterli sayıdadır.

¹ IPTV, IP tabanlı bir sayısal yayıncılık protokolü olduğu için bu şekilde anılmaktadır.

² Tivibu Türkiye'de TTNET operatörünün sağladığı bir IPTV hizmetidir.

2. SAYISAL YAYINCILIK

2.1 Sayısal Yayincılık Nedir?

İcat edildiği günden itibaren dünya üzerindeki etkisini halen koruyan televizyon, gelişen teknolojinin gereksinimlerine göre kendini yenilemeyi bilmiş, eskiyen bir teknoloji olmamıştır. Günümüzde neredeyse her evde karşımıza çıkan akıllı televizyonlar bunun en büyük kanıtıdır.

Televizyon yayıncılığı, televizyon yazılımı ve donanımında gerçekleşen gelişimler kadar olmasa da en az onlar kadar büyük gelişimler göstermiştir. Bu gelişimlerden şüphesiz en büyüğü analog yayının yerini dijital yayın sisteminin alması olmuştur. Dijital yayın sisteminin hayata geçmesi ülkemizde yaşanan yayın sıkışıklığı problemini çözerken frekans tahsisinde de optimizasyon sağlamıştır. (RTÜK, 2013)

20. yüzyılın son çeyreğinde sayısal veri iletişimi tekniklerinde yaşanan gelişmeler doğrultusunda sayısal yayıncılık alanında da pek çok yenilik yaşanmıştır. Bu yenilikler özellikle sayısal iletişim temelli televizyon ve radyo sistemlerindeki ses ve görüntü kalitesinin üst düzeylere çıkmasını ve program bilgileri gibi metin verilerinin de eş zamanlı olarak kullanıcıya iletilmesinde büyük rol oynamıştır.

Sayısal yayın sistemini, DVB Project adı verilen ve içinde televizyon endüstrisinden 270’den fazla firmanın bulunduğu konsorsiyum tarafından ileri sürülmüş yayın ilkeleri dizisi oluşturur. (Wikipedia, 2013)

Yayıncıların sayısal hizmetleri bizlere temel olarak 5 farklı ortamda ulaşabilmektedir. Bunlar aşağıdaki gibi listelenebilir:

- Uydu (DVB-S/2)
- Karasal (DVB-T/2)
- Kablo (DVB-C/2)
- Ağ (DVB-IP)

- Mobil (DVB-H)

Yukarıda belirtilen ortamların verimli kullanılabilmesi adına, aslında ilk aşamada analog olarak bulunan yayın verileri sayısal olarak kodlanarak aktarılabilirler.³ Böylece hem kalite, hem boyut, hem de içerik iyileştirmesi için pek çok yeni teknoloji devreye alınmış olacaktır. Aşağıda sertifikalı Sayısal Yayıncılık kuruluşlarının taşıması gereken logo belirtilmiştir.



Şekil 2.1 DVB Resmi Logosu.

Sadece teknik anlamda kodlama ve veri taşıma değil, aynı zamanda televizyon ve radyo yayınındaki interaktif hizmetlerin kullanıcılara sunulması da yine sayısal televizyonculukla beraber gerçekleştirilmiştir.

2.2 Tarihçesi

DVB Projesi 200 kadar şirketin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Avrupa menşeli olmasına rağmen dünyanın her köşesinde yaygındır. Projenin amacı yayıncılık da dahil olmak üzere çokluortam iletim sistemleri için ortak spesifikasyonlar oluşmaktır. Proje herkese açık bir özel sektör girişimidir ve Memorandum of Understanding (MOU) tarafından tespit edilen yıllık üyelik aidatı ödemeyi gerektirir.

³ İlk üç ortam analog olarak da kullanılabilir. Fakat, ağ üzerinden veri aktarımı sağlayan teknolojilerde analog tür kullanılamamaktadır.

1990 yılının sonuna kadar evlere sayısal televizyon yayını getirmek pek pratik bulunmazdı, üstelik pahalıydı. 1991 yılı boyunca yayıncılık ve tüketici elektroniği imalatçıları sayısal karasal televizyonu geliştirmek için tüm Avrupa'yı içine alan ortak bir platformun nasıl kurulacağı konusunu tartıştılar. Bu yılın sonuna doğru yayıncılar, tüketici elektroniği imalatçıları ve düzenleyici kurumlar bir araya geldiler ve Avrupa'da sayısal yayıncılığın gelişimini gözlemleyecek bir grubun oluşturulması konusunda görüştüler. Görüşmeler sonucunda European Launching Group (ELG) olarak adlandırılan grup kuruldu. ELG genişleyerek kamu ve özel tüm önemli Avrupa medya hisse gruplarını, tüketici elektroniği imalatçılarını, ortak taşıyıcıları ve düzenleyicileri de içine aldı. Bu yeni ve iddialı kollektif, MOU kuruluş kurallarının taslağını hazırladı.

MOU'nun konsepti henüz keşfedilmemiş yerlere doğru harekete geçmekti ve ticari rekabetçilerin ortak gereksinimlerinin ve ajandalarının tam olarak farkına varmalarına ihtiyaç duymalarını hedefliyordu. Güven ve karşılıklı saygı anlayışı kurmak zorundaydı. 1993'ün Eylül ayında MOU, ELG'nin tüm katılımcılar tarafından imzalandı ve kurucu grup adını DVB olarak değiştirdi. Halihazırda Avrupa'da yürütülen sayısal yayıncılık geliştirme çalışmaları artık son sürat ilerlemekteydi.

Belli oranda başarı sağlanmasının ardından, Sayısal Televizyonculuk Çalışma Grubu adlı ayrı bir grup Avrupa'da sayısal karasal yayıncılığın geleceği ve olanakları konusunda bir çalışma hazırladı. Büyük beğeni toplayan bu rapor, birden çok farklı tüketici pazarına aynı anda hizmet verilmesine (Örnek olarak taşınabilir TV ve HDTV) izin verilmesi gibi önemli adımların atılmasını sağladı. (dvh.org, 2013)

Sayısal yayıncılık standartlarının uluslararası bir hal alması ilk aşamada sadece birkaç ülkenin katılıp daha sonra ITU'nun gündemine de alınan toplantılar silsilesi ile gerçekleşmiştir. Bu toplantılardan ilki Almanyanın Wiesbaden şehrinde 1995 yılında, ikincisi ise 1997 yılında İngiltere'nin Chester şehrinde yapılmıştır. Böylece her ülke için sayısal radyo ve televizyon frekans bantları ve kanalları tahsis edilmiştir. (RTÜK, 2013)

2.3 Teknik Altyapısı

2.3.1 İletim

Sayısal yayıncılıkta da her sayısal veri iletimi altyapısı olan sistemler gibi veri iletimi için özel teknikler kullanılmaktadır. Farklı sayısal ortama göre farklı çözümler getirilmiştir.

Çokluortam içeriklerinin analog ortamından kodlanıp sayısal veriler elde edilmesi, tercih edilen sayısal ortam ile transferi, transfer edilen tarafta analog olarak geriye kodlanıp içeriğin kullanıcıya yansıtılması ile sayısal yayın döngüsü tamamlanmış olur.

SAT>IP standardı uydu tekniği üzerine kurulu olduğu için ilerleyen satırlarda sayısal uydu için daha fazla teknik bilgiye yer verilecektir. Sayısal uydu yayıncılığının özellikleri aşağıdaki tabloda incelenebilir.

	DVB-S	DVB-S2
Input Interface	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)
Modes	Constant Coding & Modulation	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding & Modulation
FEC	Reed Solomon (RS) 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10
Modulation	Single Carrier QPSK	Single Carrier QPSK with Multiple Streams
Modulation Schemes	QPSK, 8PSK, 16QAM	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
Interleaving	Bit-Interleaving	Bit-Interleaving
Pilots	Not Applicable	Pilot symbols

Şekil 2.2. DVB-S/2 teknik özet.

2.3.1.1 Ortam

Sayısal yayıncılıkta daha önceden belirttiğimiz üzere 5 farklı ortam vardır. (Bkz. 2.1)

Sayısal uydu yayıncılığında, uydu haberleşmesi teknikleri ve bu tekniklere uygun taşıma çözümleri kullanılmıştır. Bu çözümlere göre aşağıdaki ekipman olmadan tarafımıza görüntü transferi yapılamaz:

- Çanak Anten
- LNB
- Sayısal uydu alıcı

İlk olarak şundan söz edilmelidir ki, uyduların gönderdikleri sinyaller, çanak anten üzerine yeterli güçte düşecek şekilde ayarlanır. Çanak anten üzerindeki LNB adı verilen aparat uydudan gelen sinyalleri sayısal uydu alıcının işleyebileceği düzeye indiren mekanizmayı içerir. Belirtilen bu yol ile veri taşınımı gerçekleşmiş olur.

Sayısal kablo yayıncılığında operatör kullanıcının evine bir kablo ile giriş yapmak durumundadır. Karasal ortamda ise kablo yerine düşük frekansta haberleşebilen antenler ve alıcılar kullanılmaktadır.

Sayısal taşınabilir ve ağ tabanlı yayıncılıkta ise ortam broadband bir ağıdır. Bu ağ üzerinden veriler ortama spesifik olarak farklı data paketleri içinde taşınabilir. SAT>IP protokolü de bir ağ tabanlı protokol olduğu için bu tip konulara ilerleyen kısımlarda ayrıntılı olarak değinilecektir.

2.3.1.2 Kodlama/Modülasyon

Sayısal uydu yayıncılığında kodlama PSK tabanlı algoritmalar ile gerçekleştirilir. Daha yüksek kalitede görüntü aktarımı sağlayabilmek için geliştirilmiş DVB-S2 standardında ise daha başarılı bir yöntem olan 8PSK kullanılır ve HD kalitede görüntü aktarımı sağlanır.

Sayısal kablolu yayınlar, sayısal video iletim standardına göre QAM modülasyonu kullanılarak iletilmektedir. QAM modülasyonu, kablolu sistemlerde daha fazla veri taşıma kapasitesine ve hata düzeltme operasyonlarına sahip olduğu için QPSK modülasyonuna yeğ tutulmuştur.

Sayısal karasal yayınlar için COFDM'in daha eski bir metodu tercih edilmiştir.

Kullanıcı tarafındaki sayısal alıcılar, sayısal olarak kodlanmış analog verinin geriye kodlama işlemini “tuner” ya da kanal bulucu adı verilen fiziksel arabirimler ile yaparlar. Aşağıda bir sayısal uydu kanal bulucusu gösterilmiştir:



Şekil 2.3. PCI sayısal uydu (DVB-S) kanal bulucu.

2.3.1.3 Hata Düzeltme

Sayısal haberleşmenin getirdiği en önemli özelliklerden birisi de hata düzeltme yeteneğinin kazanılmasıdır. Alıcı ver verici tarafta saklanan bazı özel byte'lar ile iletilen verilerin doğruluğu FEC (Forward Error Correction) yöntemi ile kontrol edilir. Sayısal yayıncılıkta da farklı ortamlara özel farklı hata düzeltme teknikleri uygulanmıştır.

Sayısal yayıncılıkta belli oranlarda hata düzeltme olanağı vardır. Yaygın bir yöntem olan Reed Solomon DVB-S/C/T'de, LDPC + BHC yöntemleri de DVB-S2'de kullanılır.

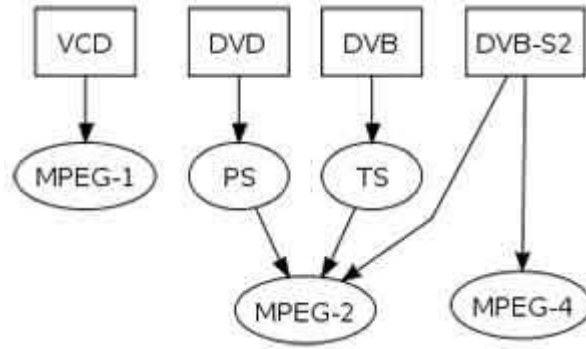
2.3.2 Sıkıştırma

Çokluortam uygulamalarında elde edilen sayısal verilerin transferinin daha kolay ve verimli olması adına sıkıştırma işlemi olmazsa olmazdır. Sıkıştırma algoritmalarının gelişimi ile doğru orantılı olarak elde ettiğimiz görüntü ve ses kalitesi de artacaktır.

Televizyonda görüntüyü oluşturan resimler yenileme frekansına göre saniyede 50 ila 100 kez değişen ardışık kesitlerden oluşur. Eğer iletilen analog sinyal, herhangi bir işlem görmeden sayısalıya çevrilirse, saniyede yaklaşık 216-512 milyon bitlik veri oluşacaktır. Bu verinin büyük kısmı görüntüye ait çerçeve tekrarıdır. Tekrar verilerinin gönderilmemesi ve resim çerçevesine ait bilginin yalnızca tahmin edilemeyecek olan kısmının (precision) kodlanarak gönderilmesi ile bir resim kesiti sayısalda 3 ile 6 Mb/s'lik yer kaplayacaktır. Çokluortam verilerinin bu şekilde sıkıştırıldığı tekniğe MPEG-2 denilmektedir. Bu metot ile yaklaşık 50'de 1 sıkıştırma oranı elde edilebilir. (Pehlivanlı, Ş., 2010)

MPEG-2 çoklu ortam uygulamalarında çok yaygın olarak kullanılan bir sıkıştırma algoritmasıdır. SAT>IP çözümleri DVB-S2 desteğine sahip olduğu için MPEG-2'nin yanı sıra HD çözünürlükler için MPEG-4 uyumluluğu da sunmaktadır.

MPEG-4, MPEG-2'den çok daha karmaşık bir algoritma olmasına rağmen, çok daha yüksek oranda sıkıştırma performansına ve daha iyi görüntü kalitesine sahiptir. (DifferencesBetween.com, 2013)



Şekil 2.4. Sıkıştırma tekniklerinin kullanımı.

Yukarıdaki algoritmalar ile “encode” edilen yani kodlanan veriler, uç kullanıcı noktasındaki alıcılar sayesinde “decode” edilmek yani çözülmek durumundadır. Dolayısıyla, sayısal yayıncılık elemanları bu sıkıştırma algoritmalarını kullanabilmek için sertifikalı ürün haline gelmek zorundadırlar.

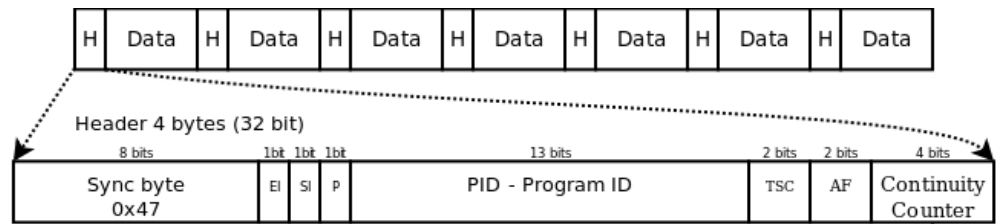
2.3.3 Taşıma Akışı ve Çözme

Sıkıştırılıp modülasyona tabi tutulan çokluortam verileri, alıcı tarafta demodüle edilir ve orijinal sayısal veri tekrar elde edilir. Bu veri genelde mikrodenetleyici üreticilerin entegre içi (SoC) çözüm olarak sunduğu çözümler (decoder) aracılığıyla yapılır.

Çokluortam verilerinin DVB standartlarına göre oluşturulması için MPEG-TS (MPEG Transport Stream) yani Taşıma Akışı adı verilen bir veri grubu (konteyner) kullanılmaktadır. Bu konteyner ses, görüntü gibi çokluortam verilerinin yanı sıra, canlı yayın programlarının ve sistem bilgilerinin de bir arada tutulmasını sağlayan bir çatı görevi görür.

MPEG-TS tanımında veri transferi için kullanılan en küçük birime paket adı verilmiştir. (Vikipedia, 2013) Her paket 188 byte olarak tanımlanmıştır ve opsiyonel ve zorunlu olmak üzere pek çok başlık içermektedirler. 188 byte paket verisinin 32 byte'ı kontrol verilerinden ibarettir.

Paketler, PID yani Paket Tanımlayıcısı olarak isimlendirilen 13 bitlik bir tanımlayıcı ile birbirlerinden ayrılırlar. Ses, görüntü, metin, izlenilen program bilgileri gibi veriler ardışık paketler içinde gönderilse de PID'ler aracılığıyla ayırt edilebilirler. (Goltermann W, 2015)



Şekil 2.5. MPEG-TS kontrol bitleri.

Alıcı taraf, elde ettiği sayısal veriler arasından PID'leri okuyarak kendisine gelen verinin ne tür bir veri olduğunu DVB tabloları aracılığıyla bulabilir.

DVB tabloları, program ve çokluortam verilerinin iletilmesinde bir standart oluşturan DVB'nin temel taşıdır. Yayındaki program bilgileri, kanallara ait anlık veri değişimleri, kanal isimleri, kanal şifreleme ve çözme işlemleri ve

daha pek çok işlem bu tablolar aracılığıyla yapılır. Tüm bu tablolar, MPEG-TS'in belirttiği şekilde oluşturulur ve alıcı tarafından da bu şekilde işlenir. Aşağıda DVB mimarisine kullanılan bazı tablolar ve bu tabloların basitçe işlevleri anlatılmıştır:

- PAT (Program Association Table) : Akış içindeki tüm kanalların (programların) listesini barındırır.
- PMT (Program Map Table) : Bir kanala ait en temel bilgilerin barındırıldığı tablodur.
- EIT (Event Information Table) : Güncel olarak anlık ve gelecek program bilgilerinin içerildiği tablolardır.
- SDT (Service Description Table) : Kanalların isimleri ve sınıflandırmalarını içeren tablodur.
- CAT (Conditional Access Table) : Şifreli verilerin çözülmesi için yayından gelen güncel bilgileri içeren tablodur.

PID name	PID Definition base+offset (Hex)	Description
Program 1		
PMT	0400	PID for program map table - base PID
Video	0401	PID for program video stream
PCR	0401	PCR in video stream
Audio1	0406	PID for first program audio stream
Audio2	0407	PID for second program audio stream
Data	040B	PID for program caption stream
NIT	040E	PID for program Network Information Table
Program 2		
PMT	0400	PID for program map table - base PID
Video	0401	PID for program video stream
PCR	0401	PCR in video stream
Audio1	0406	PID for first program audio stream
Audio2	0407	PID for second program audio stream
Data	040B	PID for program caption stream
NIT	040E	PID for program Network Information Table

Şekil 2.6. PMT tablosunun metin olarak içeriği ve PID'leri.

2.4 Avantajları ve Dezavantajları

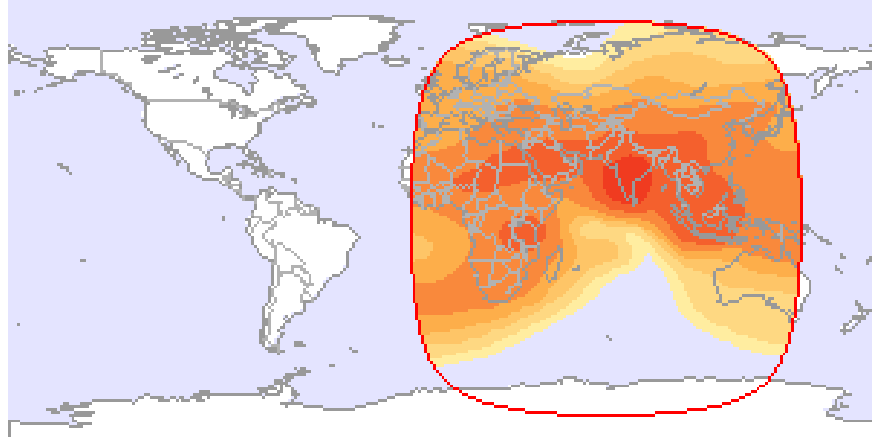
Sayısal yayıncılığın sağladığı avantajlardan belli bir kısmını şu şekilde listeleyebiliriz:

- Servis sağlayıcılar, yayın için tek bir veri kanalı üzerinden pek çok program aktarabilmektedir. Bu özellik sayısal televizyonculuğun daha iyi veri oranı ve bant genişliği kullanmasından, farklı kaynaklar için de aynı veri kanalları kullanılmasına izin vermesi üzerine ortaya çıkmıştır. Aynı veri kanalını kullanan birden çok program grubunun “transponder” olarak adlandırıldığını belirtmiştik. Bugün Türksat 2/3A uydularında yaklaşık 70-80 transponder bulunmaktadır. (Lyngsat, 2013)
- Analog yayına nazaran daha üstün ses ve görüntü kalitesi sağlandığı kesindir.
- Sayısal kodlamanın sağladığı düzeltme teknikleri ile “karıncalanma” gibi problemlerin görülmesinin önüne geçilmiştir.
- İzlenilen ya da izlenilmek istenen kanal bilgilerinin çeşitli arayüzler ile kullanıcıya sunulması, televizyon ekranındaki görüntünün kaydedilebilmesi, durdurulup tekrar oynatılması yine sayısal yayıncılık ile mümkün kılınmıştır.
- İnteraktif uygulamaların kullanılabilmesi yine Sayısal Televizyonculuk ile olmuştur.
- Görme ve duyma engelliler için hayat kolaylaştıran çözümler üretilmiştir.
- Şifreleme teknolojilerin (CAS) entegrasyonu sayesinde ücretli içerikler güvenilir bir şekilde taşınabilmektedirler. Ülkemizdeki büyük operatörlerden biri olan Digitürk, Irdeto CAS kullanmaktadır.



Şekil 2.7 Irdeto CAS.

- İzlenilmek istenen kanala ait ses ve altyazı için farklı dil seçenekleri desteklenebilmektedir. Bu şekilde servis sağlayıcıları pek çok kitleye hitap edebilmektedirler.
- Daha fazla, çeşitli ve çok uluslu kanal seçenekleri sağlanabilmektedir. Bu madde özellikle Uydu tabanlı Sayısal Yayıncılık için geçerlidir. (DVB-S) Uydu kapasitesi frekans özellikleri nedeniyle daha geniş kapsama alanı ve daha fazla veri taşıma özelliğine sahiptir. Aşağıda IntelSat 20 uydusunun kapsadığı alan gösterilmiştir. (Lyngsat, 2013)



Şekil 2.8 IntelSat 20 uydusunun kapsadığı alan.

- Analog yayında kapsanan aynı alanın, sayısal yayında daha düşük güçlü verici ile kapsanabilmesi ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.
- Ülke çapında tek frekans ağı-SFN (Single Frequency Network) kurularak, frekans spektrumunun etkin bir şekilde kullanılması önemli bir kazançtır.
- Vericiler bağlamında hesaplandığında, sayısal vericiler analog vericilerden 20 dB daha düşük çıkış gücü ile aynı etkiyi yaratabilmektedirler. Böylece

birden fazla yayın tek bir TV vericisi ile yayınlanarak ekonomik olarak da kazanç sağlanmış olunur.

- Toparlayacak olursak, çok daha fazla yayın izleyebilme, yayıncıların benzer kanalları tek bir frekans üzerinden birbirlerini bozmayacak şekilde yayınlayabilmesi, verici sinyallerinin birbirlerini düzeltebileceği bir frekans tahsis sisteminin olması, vericilerin ortak kullanımı ve bu konuda güç tasarrufu yapılabilmesi, daha uygun ve ucuz antenlerle ekonomik kazanç sağlanması gibi konular sayısal yayıncılığı analog yayınlara göre daha avantajlı bir konuma getirmiştir. (Balıkesir Üniversitesi, 2013)

Her ne kadar büyük bir yenilik olsa da, Sayısal Yayıncılık aşağıdaki hususlarda belirtilen dezavantajları içerebilir:

- Sayısal haberleşme, modülasyon vb. işlemler gördüğü için çok hassas incelenmelidir. Yayın sinyalinin gücü yanında kalitesinin de ölçülüp istenilen kriterlerde olması koşulu ile ancak yayın izlenebilir. Analog yayında sinyaldeki bozulmalara rağmen, kötü de olsa, yayın bir şekilde izlenebilirken, sayısal yayında istenen kriterleri sağlamayan sinyal, cihazlar tarafından çözülemez ve dolayısıyla da yayın izlenemez. Bu nedenle, bir analog verinin sayısal dönüştürülmesinin ardından, güç yükselteçlerinden başlanarak, alıcı tarafına kadar vericinin gönderdiği sinyal üzerinde olumsuz etkisi olabilecek tüm durumların değerlendirilmesi ve uzun süreli testlere tabi tutulması gerekir. (Pehlivanlı, Ş., 2010)

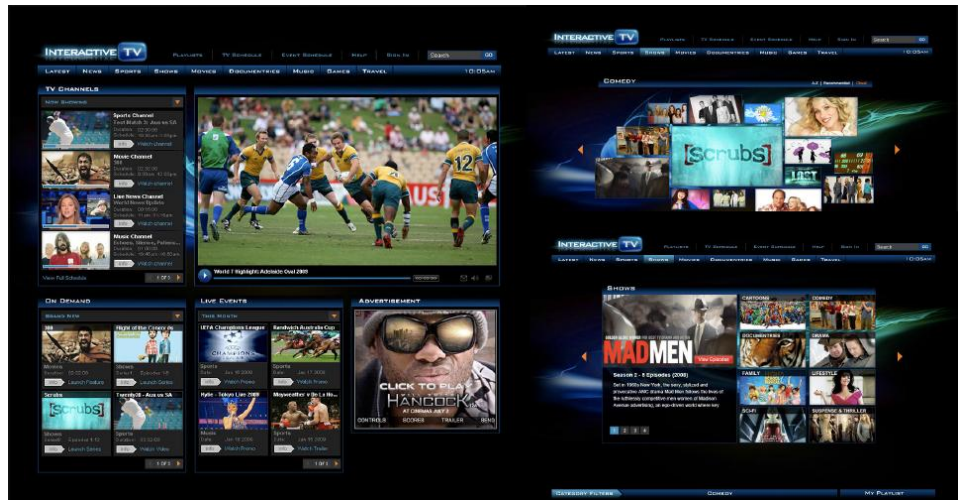
2.5 Uygulamaları

Verilerin sayısal olarak kodlanması, sadece ses ve görüntü değil, bunların yanında hayatı kolaylaştıracak ve daha eğlenceli hale getirecek uygulamaların verilerinin de taşınmasına olanak sağlamıştır.

Sayısal yayıncılıkla birlikte hayatımıza giren bazı uygulamalar aşağıda listelenmiştir.

2.5.1 İnteraktif Eğlence Uygulamaları

1. HbbTV: Bir nevi görüntülü teletext denebilir. Kullanıcıya belirli servislerin sağladığı videolar bir arayüz aracılığıyla gösterilir. Kullanıcı istediği çokluortam elemanını seçerek kullanır.
2. MHP: HbbTV benzeri fakat özellikle İngiltere’de daha yaygın kullanıma sahiptir. Bir browser aracılığı ile kullanıcılara içerik sunulur.
3. EPG: Elektronik Program Rehberi. Yayındaki servislerin program bilgileri bir arayüz aracılığı ile kullanıcıya gösterilir. Önceki ve sonraki tüm program bilgilerine ulaşılabilir. Eğer kullanılan cihaz destekliyorsa belirli bir programı kaydetmek için zamanlayıcı devreye alınabilir.
4. VOD : Video On Demand. Sayısal yayın ile öde ve izle kanallarında artış meydana gelmiştir.



Şekil 2.9 İnteraktif TV uygulamaları.

2.5.2 Hayatı Kolaylaştıran Uygulamalar

1. Hard of Hearing: Duyma zorluğu çeken kullanıcılar için geliştirilmiş bir özelliktir. Yayından kullanıcıya destek olması için bazı alt yazı bilgirimleri verilir.

2. Audio Description: Görme engeli olan kullanıcılar için geliştirilmiş güzel bir özelliktir. Bu özelliği sağlayan servislerde görme engeli bulunan kullanıcıya ekrandaki sahne ya da oyuncuların konumu sesli olarak tasvir edilir.
3. CI (Common Interface): Bir şifreleme türü ile korunan içeriği cihaz bağımsız kullanabilmek için geliştirilmiş teknolojidir.
4. CAS (Conditional Access System): Şifrelenmiş yayınları alabilmek için geliştirilmiş bir kart teknolojisidir.
5. Series Linking: Sayısal kanaldan, dizi ya da birden fazla bölümü olan farklı bir içerik için gönderilen ve bir tanımlayıcı aracılığıyla kullanıcının seçtiği içeriğin sonraki bölümünün herhangi bir kanalda yayına geldiği anda kaydedilmesini ya da kullanıcıya bilgi verilmesini sağlayan mekanizmadır.
6. PVR: Kullanıcı istediği zaman izlediği kanalı ya da farklı bir kanalı kaydetme opsiyonuna sahiptir. Eğer isterse yayını durdurabilir, geri sarabilir ve tekrar oynatabilir.

2.6 Ülkemizde Sayısal Yayın

Ülkemizde son yıllarda sayısal yayıncılıkta karasal metoda eğilim ve ilgi fazlasıyla arttı. Özellikle Radyo ve Televizyon Üst Kurulu'nun girişimleriyle sayısal ekrana geçiş tarihi telaffuz edilmeye başlandı.

Türkiye'de Sayısal Karasal Yayın'a başlamadan evvel, mevcut sistemleri ve operatörleri, bu operatörlerin kullandıkları sistemlerin üzerinden geçmekte fayda var.

2.6.1 Ülkemizde Sayısal Uydu Yayıncılığı

Uydu tabanlı Sayısal Yayıncılık uzun süredir ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden ki evlerin çatısında ya da balkonlarda çanak antenlerimizin yarattığı görüntü kirliliği hafızalardan zor çıkacaktır. FTA, yani ücretsiz servisler, herhangi bir operatöre bağlı kalmadan, basit bir sayısal alıcı

kullanılarak izlenilebilen servislerdir. Bunun dışında evlerimize Digitürk, DSmart gibi büyük operatörlerden hizmet satın alarak da yayın getirebilmekteyiz. Bu iki devden Dsmart NDS CAS kullanırken, Digitürk Irdeto sistemlerini kullanır. Her ikisi de interaktif uygulama desteği konusunda her an için yarış içindedir.

2.6.2 Ülkemizde Sayısal Kablo Yayıncılığı

Kablo tabanlı Sayısal Yayıncılık uyduya göre arka planda kalmıştır. Bunun başlıca nedeni için, her lokasyona kablo hizmeti götürülememesi diyebiliriz. Bu hizmet ülkemizde Türksat tarafından verilmektedir. Türksat sayısal alıcılarında Conax firmasının CAS sistemlerini kullanmaktadır.

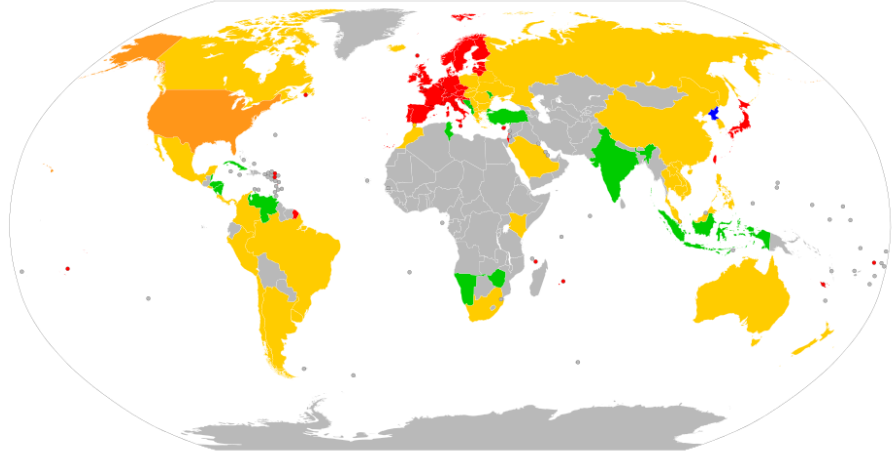
2.6.3 Ülkemizde Ağ tabanlı Sayısal Yayıncılık

Daha çok IPTV olarak anılan Ağ tabanlı Sayısal yayıncılık, ülkemizde yoğun bir tanıtım temposu ile az da olsa yaygınlaşmayı başarmıştır. TTNET'in Tivibu adı ile duyurduğu proje, pek çok interaktif özellikle kendisini cazip hale getirmiştir. Ayrıca Turkcell ve Superonline da bu alandaki boşluğu ve cazibeyi görmüş, IPTV için sahneye çıkmaya hazırlanmaktadırlar. Yine kablolu ve şebeke problemlerinden dolayı bu sistemin ilerlemesinde güçlükler vardır. Fakat açık broadband protokollerde yayın için geliştirilen OTT sistemi, TTNET'in ve Turkcell Superonline'ın hedefi haline gelmiştir.

2.6.4 Ülkemizde Karasal Sayısal Yayıncılık

Uzun zamandır üzerinde kafa yorulan ve oldukça yavaş ilerleme kaydedilen bir konudur Sayısal Karasal Yayıncılık. Belirli uluslar arası anlaşmalar olduğu için RTÜK tarafından belirli çözümler alınması için düğmeye basılmıştır.

Avrupa'da pek çok ülke bu hizmetten hali hazırda yararlanmaktadırlar. Türkiye'de ise, son atılan adımlar ile Haziran 2013'te analog switch off kararı alınmıştır. Yani analog yayının yerini sayısal yayının alacağı kesindir. Tarih olarak çok geç kalınmadığını, ama yavaş da davranmamak gerektiğini aşağıdaki dünya haritasına bakarak söyleyebiliriz. Aşağıdaki haritada kırmızı renk ile gösterilen bölgeler geçişin tamamlandığı, yeşil renkli bölgeler henüz başlayamadığı, turuncu renkli bölgeler ise devam eden bölgeleri ifade etmektedir. (Boynudelik, U., 2012)



Şekil 2.10 Dünya’da sayısal karasal yayıncılık.

3. AĞ TEKNOLOJİLERİ VE ÇOKLUORTAMLAR

İletişim alanındaki gelişmeler, televizyon yayınlarının kitlelere ulaşma şekillerini de değiştirmiş ve yayıncılık sisteminde devrim yaratacak nitelikte bir teknolojiye geçilmiştir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak yaratılan internet alt yapısı ile ilgili gelişmeler, özellikle de bant genişliğinin artırılmasına ve sıkıştırma tekniklerinin geliştirilmesine yönelik imkanlar büyük medya verilerinin bir ağ üzerinden kolayca gönderilmesini sağlamıştır.

IBC 2013 (International Broadcasting Convention) adlı sayısal yayıncılık fuarında edindiğim izlenimler sonucu şu açıktı ki, IF (Intermediate Frequency) yani yayınları donanımsal bir eleman ve çeşitli modülasyon teknikleri ile edinebilen cihazlar, istemci tarafında neredeyse minimum seviyede sunuluyordu.

Farklı firmaların sunduğu farklı çözümlerde, üzerinde anten, sinyal vb. girişi bulunmayan, yayını kablosuz teknolojiler üzerinden ağ paketleri şeklinde alan ve bu şekilde çözen boyut olarak oldukça küçük cihazlar fazlasıyla popülerdi. Bu tür çözümler, sayısal yayıncılığın rotasının artık ağ teknolojileri üzerinden daha fazla çalışacak şekilde yönleneceğini gözler önüne sermeye yetiyor.

Aşağıda Google firmasının sunduğu, HDMI dongle şeklinde ve oldukça küçük boyutta geliştirilmiş olan ve ağ üzerinden sayısal yayını işleyip HDMI arayüzü ile TV gibi cihazlara aktarabilen sayısal alıcı resmedilmiştir.

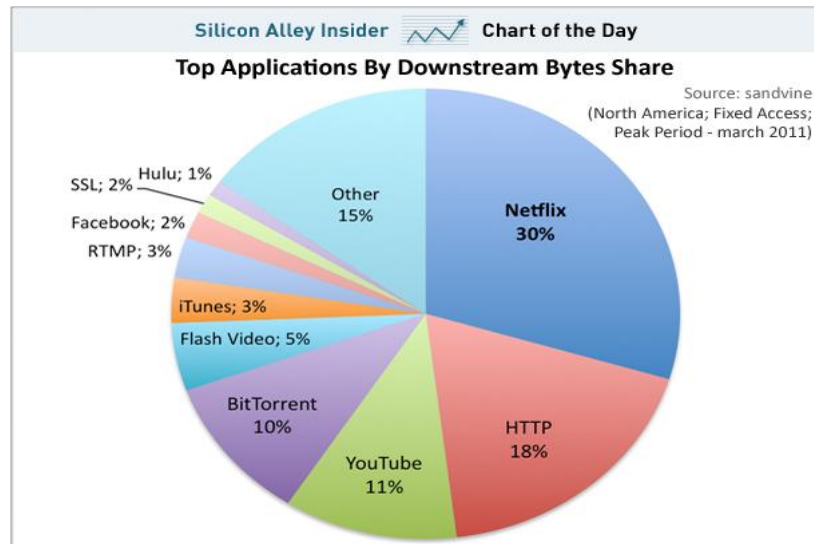


Şekil 3.1 Chromecast Dongle alıcı.

3.1 Ağ Altyapısı

Özellikle fiber altyapının yaygınlaşması ve altyapı teknolojilerinin gelişimi son 10 yılda çokluortam verilerinin evlerimize kolayca girmesini sağlamaktadır. Sadece sayısal yayıncılık değil, pek çok eğlence uygulaması dünyanın dört bir tarafından kolayca erişim almaktadır.

Amerika tabanlı Netflix firması, Video on Demand başta olmak üzere pek çok online içerik sunmaktadır. Aşağıdaki grafik, 2012 yılının veri kullanım oranlarını göstermektedir ve Netflix'in diğer servislerden çok daha fazla veri transfer oranına sahip olduğu açıktır. Bu da gösteriyor ki eğlence uygulamaları artık kullanıcılar tarafından sorunsuzca ve yoğunlukla tercih edilmektedir.



Şekil 3.2 Netflix bandwidth kullanımı.

Geleneksel bir çokluortamın ağ yolunda ilerleme işlemi esnasında veriler son kullanıcıya ulaşmadan önce DSLAM adı verilen multiplexer'lara gelirler. Bu ekipman multicasting'i⁴ destekleyerek isteği yapan son kullanıcıya doğru paketleri ulaştırır. Multimedia verilerinin bant genişliği gereksinimlerinden dolayı bazen

⁴ Ağ üzerinden çoklu ortam transferinde kullanılan veri paketleri çok büyük olduğundan dolayı yayınların broadcasting ile yayılması tercih edilmez. Unicast yayılım olursa da ortak kullanılan kanallar üzerinde "congestion" oluşacaktır. Bu nedenle uç kullanıcıya olabildiği en yakın düğüme kadar multicasting işlemi yapılır.

özel bağlantı hatları üzerinden dağıtılması gereklidir. Örneğin IPTV, hem canlı TV yayını (multicasting), hem de banttan yayını (VOD, Video on Demand) kendi özel hattı üzerinden gerçekleştiren kapalı bir sistemdir. OTT cihazlarda ise yayın açık (izole olmayan) broadband protokoller üzerinden akabilmektedir. Tüm bu protokollere ilerleyen kısımlarda değinilecektir.

Uydu, kablo ve karasal yayıncılıkta, kullanıcının sahip olduğu alıcılar, mutlaka iletim yapılan ortam üzerinden veriyi alabilecek dahili bir mekanizmaya da sahip olmak durumundadır. Bu mekanizmaya tuner ya da kanal bulucu adı verilir. (Bkz. Şekil 2.3) Ancak veri iletimi ağ üzerinden yapılırsa, alıcı cihazımızın ortak bir arabirim olan LAN ya da WAN adaptörüne sahip olması yeterli olacaktır. Ses ve video gibi verileri içeren veri paketleri alındıkça adanmış bir yazılımın bu paketleri çıkartıp çözücülere iletmesi görüntü almak için kullanılması gerekir. Böyle bir çözümün maliyeti düşüreceği, daha hafif ve genişletilebilir bir çözüm sağlayacağı kesindir.

3.2 Akış ve İletim

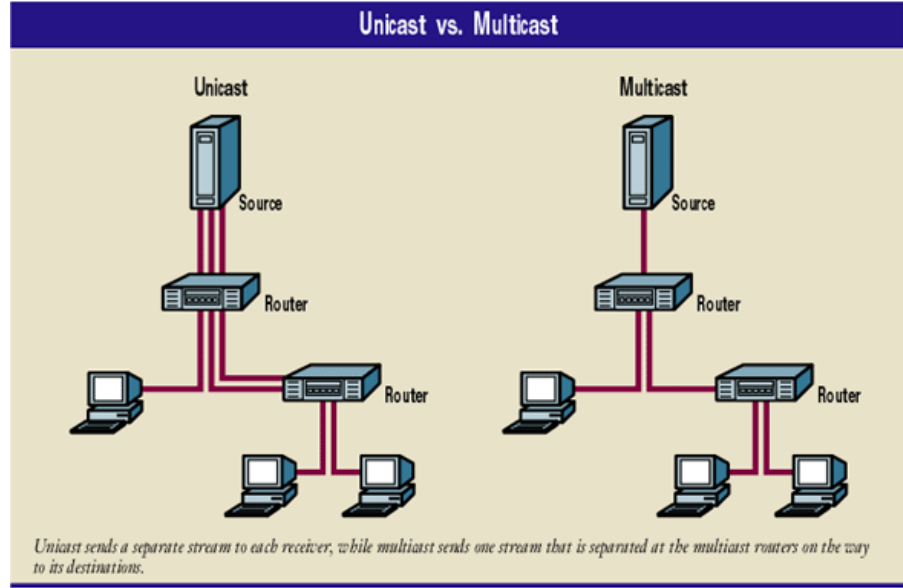
Ağ üzerinde taşınan çokluortam verileri sağlayıcıdan kullanıcıya aktarılırken bir akış içerisinde. Akış sırasında bazı özelleşmiş protokoller ve teknikler kullanılarak verilerin kullanıcıya sorunsuz iletimi amaçlanır. Kullanıcı veriyi, izole bir hat ya da broadband protokoller üzerinden indirip işlemek suretiyle kullanabilecektir. İndirilmekte olan veri içeriğinin, indirme işlemi bitmeksizin işlenmeye başlanması için geliştirilmiş sürekli veri akışının sağlandığı teknik **streaming** olarak adlandırılır. Her türlü çokluortam paketleri bu yöntemle herhangi bir kaynaktan herhangi bir hedefe iletilebilmektedir.

Bu işlem başlıca Unicast ve Multicast olarak iki farklı teknikle yapılmaktadır:

Unicasting çokluortam uygulamalarında çok tercih edilmemektedir. Çünkü taşınan veri paketleri video ve ses gibi ağır içerikli olduğundan, ağ yapısı nasıl olursa olsun, çok kullanıcı bir sistemde pek çok soruna neden olacaktır. Bu nedenle bu tip iletimlerde **multicasting** tercih sebebidir.

Aşağıdaki şekilde görüleceği üzere, gibi unicasting’de gönderilecek veri aynı olsa da, bir mirror’u aynı hat üzerinden iletilip ağı congestion’a açık hale

getirebilecektir. Bu durumda multicast -özellikle canlı yayınlarda- tercih edilmektedir. Canlı yayınlar dışında, Video-on-Demand gibi özellikler için, yukarıda değinilen multicasting tekniği ile birlikte istemciden sağlayıcıya istek iletiminin de sağlandığı daha özelleştirilmiş streaming protokolleri kullanılmaktadır. İlerleyen kısımlarda bu protokoller hakkında bilgi verilecektir. (Bkz. 3.3.2)



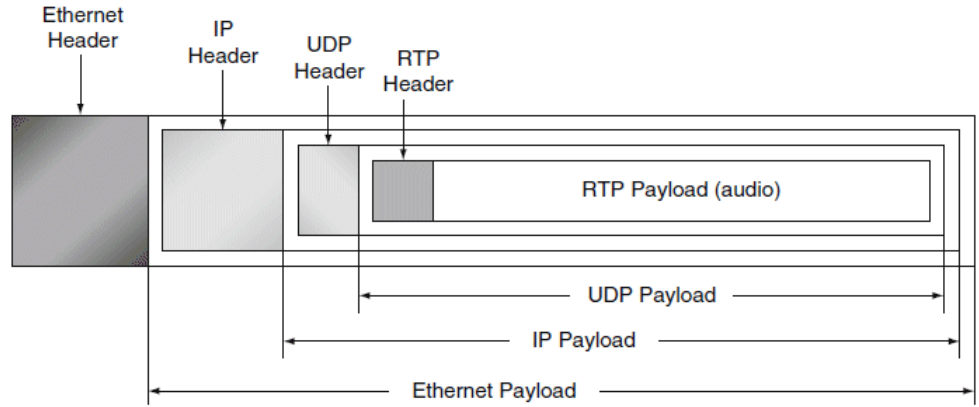
Şekil 3.3 Unicast ve Multicast iletim.

3.3 Protokoller

Streaming, yapısından dolayı iletim katmanında UDP kullanılan protokollerle daha sağlıklı yapılmaktadır. UDP, paket kayıplarından source'u haberdar etmese de, drop edilen paket sayısı çok olmazsa, insani özelliklerimizden dolayı bu kayıpları anlamamız mümkün olmamaktadır. TCP kullanılsaydı, ağda yaşanabilecek paket sorunları nedeniyle bir sonraki paket iletilmeden ACK yani onay mesajı gelene kadar beklenecekti. Bu nedenle görüntüde kesilmeler söz konusu olacaktı. Bu nedenle UDP temelli protokoller streaming için uygundur diyebiliriz.

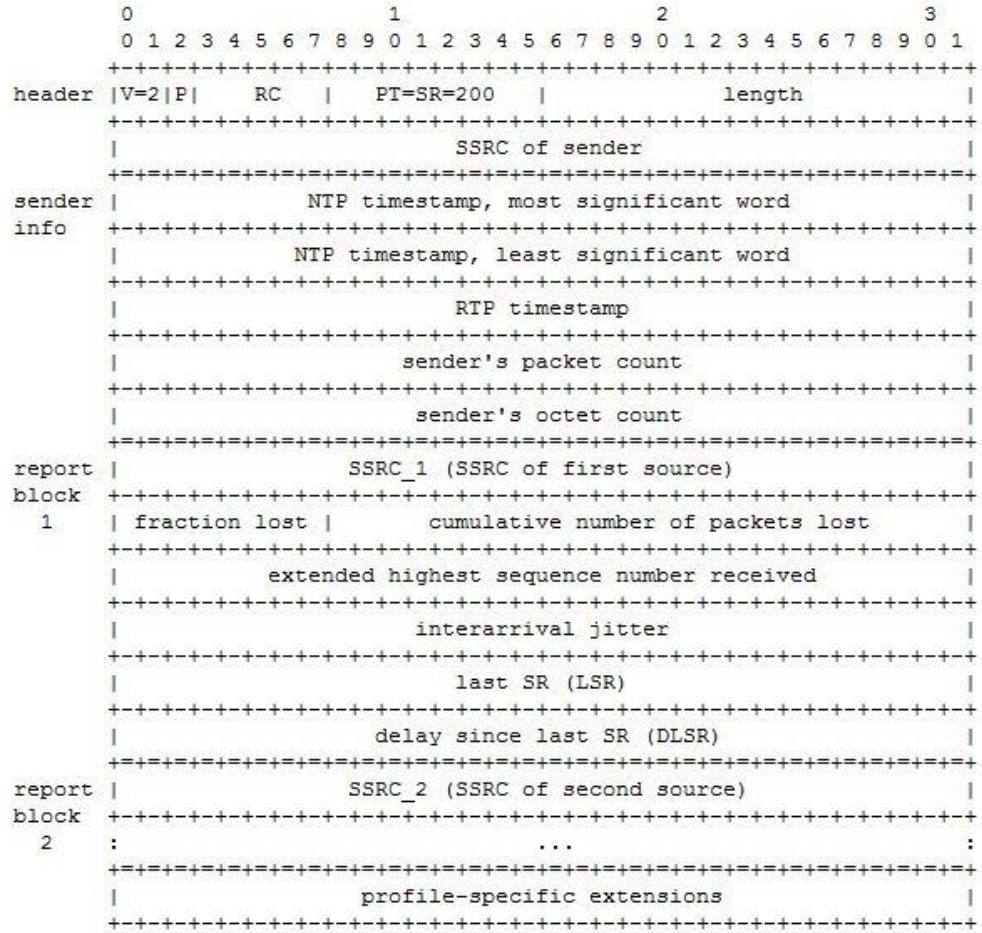
3.3.1 RTP/RTCP

UDP tabanlı bir protokol olan RTP, gerçek zamanlı ses, görüntü ya da simülasyon verilerinin uçtan uca taşınmasını sağlayan protokoldür. Bu protokol IETF'nin Audio-Video Transport çalışma grubu tarafından geliştirildi. RTP geniş ölçüde telefon, video uygulamalar ve web tabanlı uygulamaları, streaming media gerektiren iletişim ve görsel sistemlerde kullanılır.



Şekil 3.4 RTP encapsulation.

RTP genellikle RTCP adı verilen protokol ile beraber kullanılır. RTP çoklu ortam stream'leri (ses ve görüntü gibi) taşıyorken RTCP "quality of service" (QoS) bilgisini ve iletim istatistiklerini izlemek için kullanılır. Fakat RTCP'nin aksi bir durum karşısında herhangi bir aksiyon alma yetkisi yoktur. Onun geri beslemesi ile gereken uygulama tarafından yapılacaktır. Bu protokollerin her ikisi beraber kullanıldığı zaman RTP port'unun bir çift sayıya denk gelmesi gerekir. RTCP port'u ise o oturuma ait RTP port'undan sonraki elverişli olan ilk tek port numarasıdır. RTP ve RTCP genellikle 1024-65535 arası portları kullanır. (IETF Network Working Group, 2013)



Şekil 3.5 RTCP payload.

3.3.2 RTSP

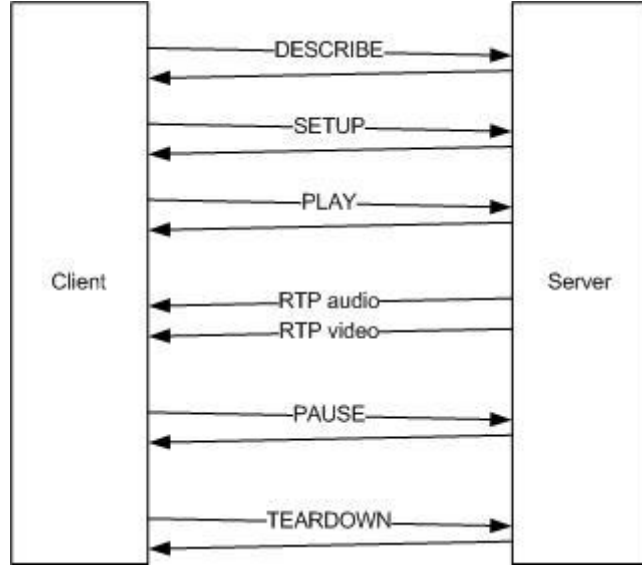
Real Time Streaming Protocol, (RTSP), TCP tabanlı bir protokol olup eğlence ve iletişim sistemlerinde çoklu ortam sağlayıcılarındaki verilerin akışını kontrol etmek için tasarlanan bir ağ denetimi için geliştirilmiştir. Bu protokol, bitiş noktaları arasındaki medya bağlantılarının kurulması ve kontrol edilmesinde kullanılır. (IETF Network Working Group, 2013)

Kendisi veri akışının iletiminden sorumlu değildir. Çoğu RTSP sunucuları medya akışının dağıtımı için Gerçek Zamanlı Aktarım Protokolü (RTP) kullanır.

SAT>IP protokolü için RTSP çok büyük bir önem teşkil etmektedir. SAT>IP sunucu cihazlar ve SAT>IP alıcılar RTSP komutları ile sürekli senkron

halinde tutulup kullanıcının isteği doğrultusunda yapılan servis değişiklikleri sırasında video ve görüntü alınması için sunucuyu tetiklerler.

Basit bir örnek olarak medyanın kullanıcı tarafına erişmesi için aşağıdaki RTSP komut serisi kullanılmaktadır:



Şekil 3.6 RTSP komut serisi.

RTSP protokolünün HTTP ile benzerlikleri vardır ancak RTSP yeni isteklerde eklemektedir. HTTP durumsuz iken, RTSP bir durumsal protokolüdür. Oturum tanımlayıcısı oturumları takip etmek için kullanılır. Yani kalıcı TCP bağlantısı gerektiren durumlarda kullanılır. RTSP mesajları istemciden sunucuya bir uzaktan kumandaymışçasına kontrol verilerini aktaracaktır.

Aşağıda en temel özellikleri ile bir RTSP komutu ve bu komuta verilen cevabı görebiliriz:

```

C->S: PLAY rtsp://audio.example.com/audio RTSP/1.0
      CSeq: 835
      Session: 12345678
      Range: npt=10-15

S->C: RTSP/1.0 200 OK
      CSeq: 835
      Date: 23 Jan 1997 15:35:06 GMT
  
```

Şekil 3.7 RTSP komut örneği.

3.4 Mevcut Uygulamalar

3.4.1 IPTV

IPTV (Internet Protocol Television), dijital multimedia verilerinin, broadband (kablo internet / DSL vs. gibi genişbantlı bağlantılar) kullanıcısı aboneler veya izleyicilere, herhangi bir altyapıda, internet protokolü üzerinden, adanmış bir hat ile dağıtıldığı sistemlere denmektedir. Bu sistem genel olarak broadband sağlayıcısı tarafından sağlanan internet bağlantısına paralel olarak aynı altyapı üzerinde tahsis edilen bir bant genişliğiyle paket anahtarlama olarak sağlanır⁵. (DVB.ORG, 2009)

TV kanalları bir yayın merkezinde IP paketlerine dönüştürülür ve broadband erişim teknolojileri üzerinden istemci (client) lokasyonuna taşınır. İstemci lokasyonunda erişimin sonlandığı modem v.b. cihazlara ilave olarak STB (Set Top Box) yani alıcı olarak ifade edilen bir alıcıya ihtiyaç duyulmaktadır. STB ise televizyona bağlanır. STB üzerindeki bulunan kullanıcı arayüzü televizyon ekranında görüntülenir ve seyredilmek istenen TV kanalı veya video filmi bu arayüz sayesinde seçilir.

IPTV verileri, sağlayıcıdan istemcilere yayılırken herhangi bir altyapı türüne spesifik özellikler içermediğinden, Internet paketlerinden farksız bir şekilde router'lar aracılığı ile evlerimize kadar gelebilmektedir. Aradaki mekanizma ise genel olarak network⁶ işlemleri ile gerçekleştirilmektedir.

⁵ Ülkemizde en bilindik IPTV sağlayıcısı TTNET'in Tivibu projesinde, bant genişliği video gösterimi için sabit olarak tahsis edilmiştir. Bu sağlayıcı tarafından 6 Mbit olarak belirlenmiştir. Yani, evinizde 8 Mbit hızında bir Internet erişiminiz var ise, Tivibu aboneliğiniz durumunda bunun 6 Mbit'i statik olarak IPTV uygulamasına tahsis edilecektir.

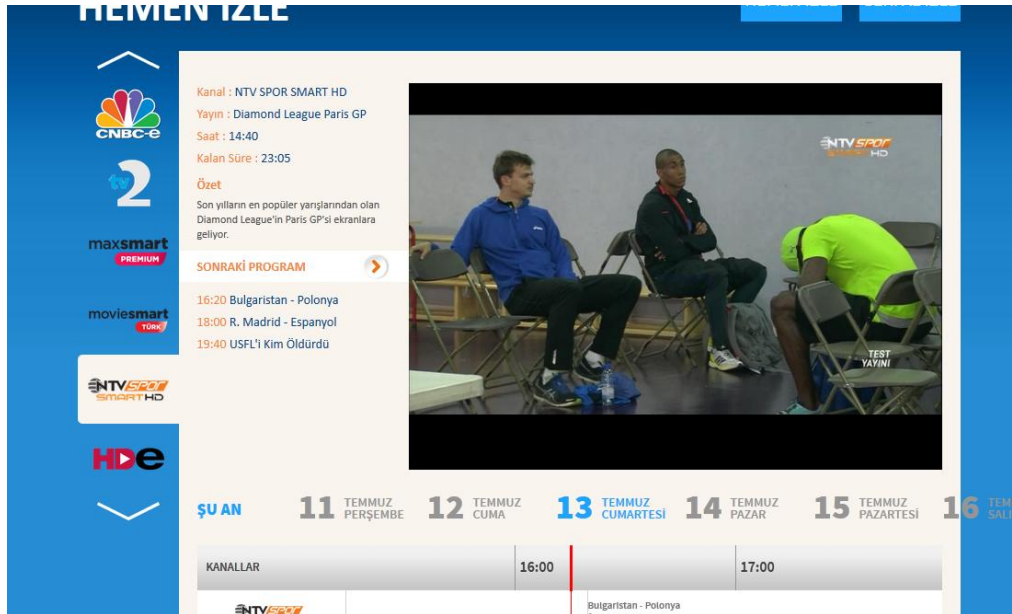
⁶ Routing, multicasting, unicasting, streaming gibi ağlara ait pek çok özellik IPTV'nin olmazsa olmazlarından.

3.4.2 WebTV

WebTV ile IPTV arasındaki fark, sağlayıcıdan gelen yayının kullanıcı tarafından bir browser aracılığı ile izlenmesidir. Yani herhangi bir sayısal alıcı olmadan, PC aracılığıyla bu tip yayınlar evimize girebilmektedir.

Teknik olarak düşünüldüğünde browser'ların altyapısından ötürü çokluortam paketlerinin HTTP üzerinden aktarılması gerektiği ortadadır.

Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan WebTV servisleri Digtürk PLAY, tvyo ve Dsmart BLU'dur.



Şekil 3.8 Dsmart BLU WebTV uygulaması.

3.4.3 OTT

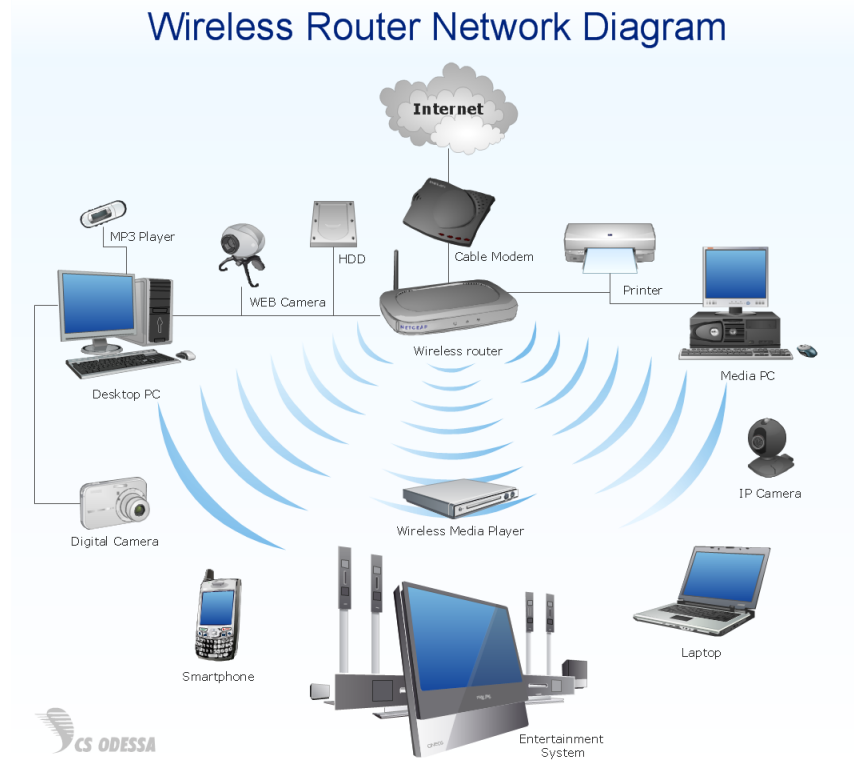
Çokluortam içeriklerin, internet üzerinden son kullanıcıların çevrimiçi cihazlarına taşınmasına denmektedir. IPTV'den farkı açık interneti kullanıyor olması, Web TV'den farkı ise TV ekranından görüntünün alınıyor olmasıdır.

OTT, açık internet üzerinden veri transferi sağladığından herhangi bir şekilde görüntü kalitesi garanti edilememektedir. Bu nedenle, videoda kesinti olmamasını sağlamak amaçlı olarak bağlantının verimine göre dinamik adapte

olacak farklı kalitedeki görüntü verileri arası geçiş yapılabilen sistemler kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygınları Microsoft Smooth Streaming ve MPEG DASH'tir.

3.4.4 ScreenCasting, Miracast ve DLNA

Televizyon ve streaming alanında yapılan atılımlar ile beraber, kullanıcıların hayatlarını kolaylaştırmak için gelişen teknolojinin nimetlerinden faydalanarak ortaya pek çok home-area-network (HAN) içinde çalışan uygulama çıktı. Bu uygulamalar çeşitli konsorsiyumlar tarafından onaylandı ve pek çok üretici tarafından benimsenerek bir standart haline geldi.



Şekil 3.9 HAN'ın genel görünümü.

ScreenCasting uygulaması, son günlerde popülerliği atan SmartTV'lerin olmazsa olmazları haline geldi. Ülkemizde Vestel firması bu konuda öncü olmuştur.

ScreenCasting'e kabaca bir cihazdaki görüntünün başka bir cihazın ekranına aktarılması diyebiliriz. Genelde Tablet PC ve mobil cihazlardaki görüntülerin televizyona aktarılması en yaygın senaryodur. Bunun tam tersi de mümkündür. Özellikle TV'den mobil cihazlara aktarım ev içinde mobilitayı artırmaktadır.

ScreenCasting genelde Wi-Fi Direct altyapısı ile kullanılır. Yani herhangi bir router'e ihtiyaç duymadan, alıcı ve verici cihaz birbiri ile eşleşip veri gönderebilmektedir.

Miracast, en yaygın ScreenCasting uygulamalarından biridir. Sadece bir yazılım olduğu için pek çok cihazda gerçekleştirimi mevcuttur. Teknik olarak, görüntü ve ses verilerini belli bir süre için bir buffer'da⁷ bekletip MPEG2 formatında ve RTP protokolü üzerinden alıcı tarafa iletilmesini sağlar.



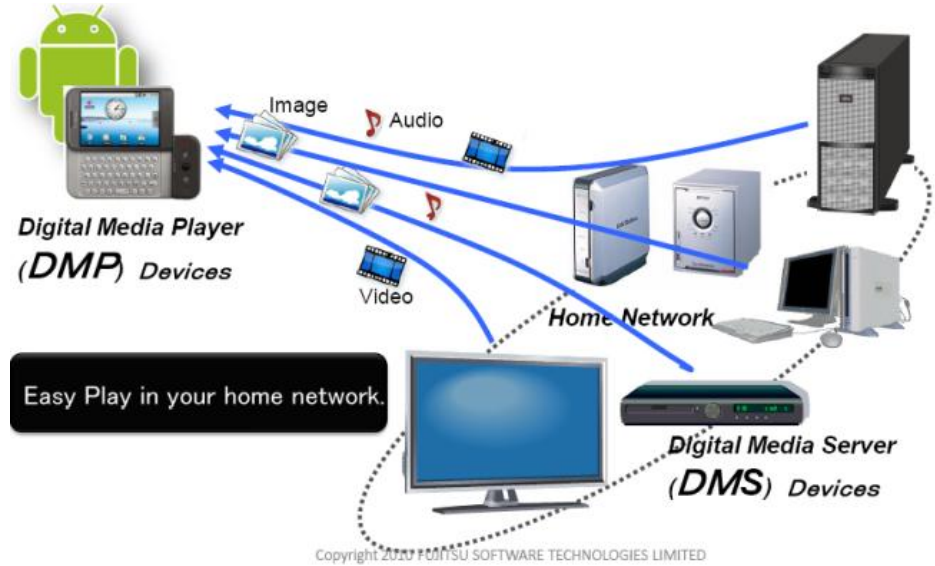
Şekil 3.10 Wi-Fi Certified Miracast uygulaması.

DLNA, tüketici elektroniği, mobil ve kişisel bilgisayar endüstrisinin lider şirketleri tarafından oluşturulmuş bir birliktir.

⁷ Bu buffer'ın optimizasyonu çok önemlidir. Yavaş ağlarda görüntü çok arkadan gelebilmektedir ve senkron problemi yaşanmaktadır. Şekil 3.10'da görülmektedir ki mobil cihazda görüntü bir miktar daha ilerdedir. Bu kaçınılmazdır.

Kuruluş amacı, ev içersindeki ağlarda kullanılan ve farklı firmalar tarafından üretilen elektronik cihazların bir standart dahilinde üretilip birbirlerine uyumlu hale getirilmesidir. Bu sayede kullanıcılar farklı firmalar tarafından üretilmiş cihazları ev içi ağlarında problemsiz ve kesintisiz bir biçimde kullanabilmektedirler. Birlik altında toplanan firmalar ürünlerini bu standartlar doğrultusunda geliştirebilirler ya da istedikleri değişiklikleri yapabilirler. (Vikipedia, 2013)

DLNA altyapısını destekleyen sunucular (DMS) genelde farklı türde medyalar içeren büyük depolama birimlerine sahiptirler. DLNA istemcileri (DMP) UPnP mimarisi ile sunucuları bulup eşleştikten sonra HTTP istekleri ve cevapları ile herhangi bir çokluortam verisini alıp oynatabilmektedirler.



Şekil 3.11 DLNA sunucu ve alıcı.

Günümüzde DLNA'nın içinde Sony, Philips, Samsung, Intel, Microsoft, HP, Motorola gibi lider kurumların da bulunduğu geniş çapta bir destekçi grubu vardır.

4. SAT>IP TEKNOLOJİSİ

Günümüzün uydu sinyal iletim tekniklerinin aksine SAT>IP mimarisi, içlerinde uydu kanal arayıcısı içermeyen cihazlar için de ses ve görüntü alımını gerçekleştirebilecek bir imkan yaratmıştır. (SES, 2015) SAT>IP ile, uyduda yayınlanan programlar uydu teknolojisinin desteklenmediği tablet ve telefon gibi akıllı cihazlarda da izlenebilecektir. Sinyal dağıtımı açısından bakıldığında, uydu programlarını izlemek artık fiziksel katmandan bağımsız bir hale gelecek ve Internet Protokolü tabanlı olarak güç kaynağı denetçisi (PLC), kablosuz yerel ağ ve fiber optik hat üzerinden iletimleri gerçekleştirilebilmektedir.

SAT>IP mimarisi, televizyon kullanıcılarının kolay bir şekilde, istedikleri zaman ve istedikleri yerde istedikleri yayını almalarını sağlamak için geliştirilmiştir. Ağ tabanlı paketler kullanıldığı için ev içi ağa bağlı herhangi bir cihaz aracılığıyla canlı yayınlara erişim imkanı oldukça kolaydır.

Yukarıda anlatılan tüm sayısal televizyonculuk ve ağ iletimi tekniklerinin bir potada eritilip gerekli donanımsal teknolojik gereksinimlerin sağlanmasıyla SAT>IP verimli bir protokol olarak sayısal televizyonculuk terimleri arasında yer almaya başlamıştır.

4.1 SAT>IP Nedir?

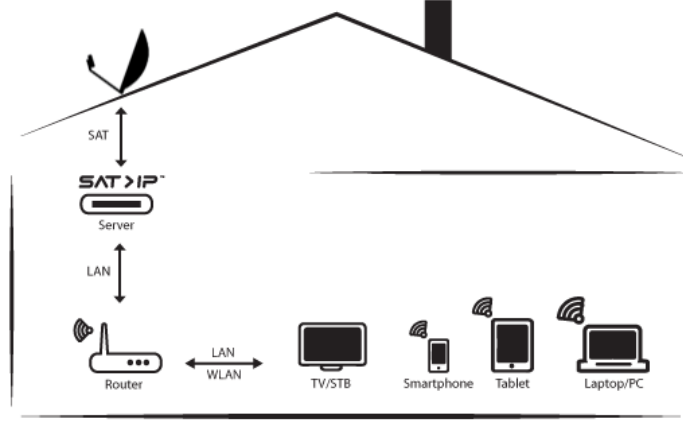
SAT>IP uydu sinyalleri almak ve iletmek için kullanılan IP tabanlı yeni bir mimaridir.



Şekil 4.1 SAT>IP logosu.

SAT>IP, ağ üzerindeki istemcilerin uydudan gelen canlı televizyon yayınlarına erişiminin standartlaştırılmasını sağlayan bir haberleşme protokolüdür. Dünyanın en büyük uydu operatör firmalarından biri olan SES tarafından tasarlanmıştır. (SES, 2015)

Uydu kanal bulucular (tuner) ve demodülatörlerin, istemcilerin uzaktan erişilebileceği bir biçimde sunucu cihaz içerisine taşındığı hafif protokole SAT>IP protokolü denir. (SES, 2012) SAT>IP kanal bulucuların uzaktan kontrol edildiği bir protokoldür. Böylece evlerin ya da apartmanların uzak köşelerindeki kanal bulucuların ağ üzerinden kolayca kontrol edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.2 Bir SAT>IP ağı.

4.2 SAT>IP Elemanları

SAT>IP protokolü, SAT>IP istemciler ve SAT>IP sunucular arasında geçerlidir ve kullanılan cihazların türüne göre hem istemci hem sunucu yani melez cihazlar tanımlanabilmektedir. (www.satip.info, 2015)

4.2.1 SAT>IP İstemciler

SAT>IP istemciler, canlı televizyon yayınlarının alınıp seçilmesi ve izlenmesi imkanını tanırlar. Bu istemciler, Internet Protokolü (IP) temelli ve Sayısal Televizyon Yayıncılığı (DVB) sertifikalı uydu alıcılar ya da tabletler, akıllı televizyon ve telefonlar üzerinde çalışan yazılımlar olabilmektedir. Kullanıcılar bu donanım veya yazılımları kullanarak SAT>IP sunucunun sağladığı yayınların keyfini çıkarabilmektedirler.

SAT>IP istemciler, sunuculara bağlanmadan canlı yayındaki kanallardan bihaberdirler. Fakat sunucular üzerinde tutulan ülkelere özel hazır kanal listesi varsa kullanabilmektedirler.

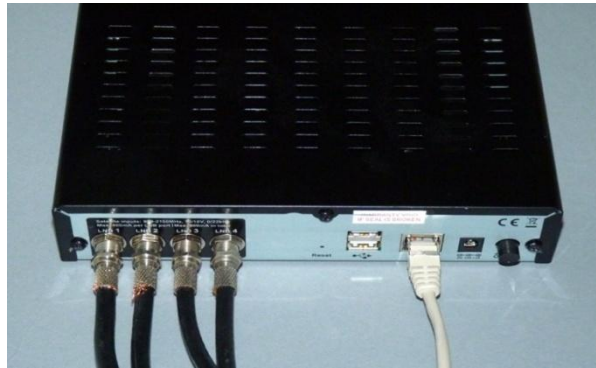


Şekil 4.3 Telestar marka bir SAT>IP istemci.

4.2.2 SAT>IP Sunucular

SAT>IP sunucular, SAT>IP istemcilerin istekleri doğrultusunda canlı televizyon yayınlarını iletmekle yükümlüdürler. Sunucu içinde bulunan kanal bulucu ve demodülatörler ile istemcinin istediği kanal, ses ve görüntü bilgileri en çabuk şekilde izlemeye hazır ve protokole uygun şekilde oluşturulur.

SAT>IP sunucular adanmış bir sunucu cihaz, ana uydu alıcı, Internet Protokolü destekli LNB ve IP Çoklayıcılar gibi yaygın formlarda kullanılır. Bunu yapabilmek için de herhangi bir kullanıcı ayarına ihtiyaç duymazlar.



Şekil 4.4 Inverto marka 4 uydu girişli bir SAT>IP sunucusu.

4.2.3 Destekleyen ve Geliştiren Firmalar

SAT>IP protokolünü geliştiren kuruluş, yukarıda belirtildiği gibi SES firmasıdır. SES Lüksemburg temelli bir uydu operatör firmasıdır ve Astra

uydusunun yörüngeye oturtulması ve yayının sağlanması işlerinin yüklenicisidir. (SES, 2015)

SAT>IP istemci ya da sunucu geliştiren firmalar, yazılımlarının uygunluğunu SES laboratuvarlarında test ettirmek ve onaylattırmak zorundadırlar. Aksi takdirde sertifikalı bir üretici olamaz ve SAT>IP logosunu kullanmaya hak kazanamazlar.

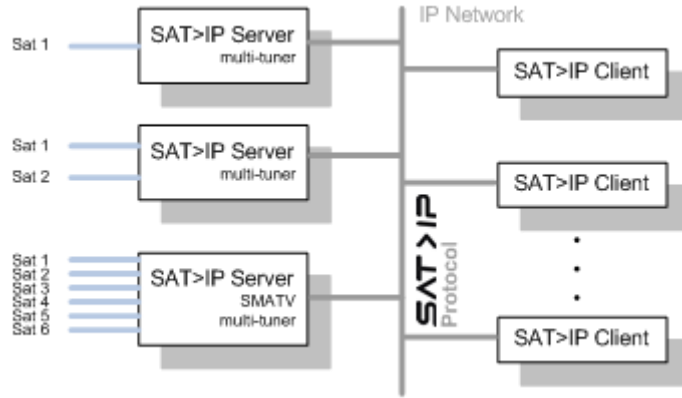
Sertifikasyon süreci pek çok cihazın birbiriyle uyumlu bir şekilde çalışmasını amaçlar. Bu süreçte cihazların ağa yolladıkları paketler teker teker incelenir. Gereksiz paketler ayırt edilir. Eksik paketlerin eklenmesi istenir. Farklı modellerdeki istemci ya da sunucularla etkileşimleri de bu testin kapsamı içindedir.

SAT>IP onaylı ilk sunucu Inverto isimli Lüksemburg’lu bir sayısal televizyon teknolojisi tarafından geliştirilmiştir. (Inverto, 2015) (Bkz. Şekil 4.4) Bu sertifikayı alan ikinci firma Zinwell’dir. (Wikipedia, 2014)

SAT>IP onaylı olarak piyasaya sürülen istemciler arasında ülkemizden Vestel firması da bulunmaktadır. Android ve iOS uygulaması ise Kanadalı firma olan Elgato tarafından hayata geçirilmiştir. Böylece fiziksel uydu kanal bulucudan (tuner) bağımsız bir şekilde televizyon izlenme imkanı test edilmiş ve sertifikalı olarak sağlanmış bulunmaktadır. (Wikipedia, 2014)

4.3 Ağ Topolojisi

SAT>IP protokolü farklı uygulama senaryolarına uyum sağlaması için tasarlanmıştır. Tek bir SAT>IP istemcisi, bir veya daha fazla uyduya bağlı ve farklı tipte ve modelde pek çok canlı yayın sunucusu ile haberleşip bağlantı kurabilir.



Şekil 4.5 SAT>IP bağlantı şeması.

SAT>IP istemciler, pek çok kişinin aynı anda bağlandığı merkezi sistem olarak kullanılan SMATV⁸ (Single/Satellite Master Antenna TV) gibi kullanım senaryosunu da gerçekleyebilmektedir.

Tek bir anda desteklenen istemcilerin sayısı sunucunun gerçekleştirimine göre değişebilir. Geniş kapsamlı sunucular sınırsız SAT>IP istemcisini destekleme kapasitesine sahip olabilirler. Bunun sağlanması için sunucuya giriş yapan pek çok uydu sinyali olmalı ya da bu sinyaller çoklayıcılar aracılığıyla çoklanmalıdır. (SES, 2012)

4.4 Kullanım Senaryoları

SAT>IP kullanım senaryoları ilk aşamada bir kaç tip cihaz ve bunların bağlanma ve kullanma şekilleri düşünülerek tanımlanmıştır. Fiziksel katman bağımsızlığı düşünülerek, gelecekte daha fazla senaryo tanımlanması işten bile değildir.

⁸ SMATV, ülkemizde kullanan merkezi karasal anten sisteminin uydu teknolojisi için gerçekleştirilmiş olanıdır. Bu sistemin genel amacı balkonlarda oluşan çanak kirliliğinin ve kablolama masrafının önüne geçmektir. Genelde birden fazla uydu sinyali alabilecek kadar büyük bir çanak ve bu çanağın yanına sinyal çoklayıcı yerleştirilmesiyle kullanılmaktadır.

4.4.1. IP Bağdaştırıcı veya IP Çoklayıcı

IP Bağdaştırıcı veya IP Çoklayıcı, uydu çanağının ya da geleneksel radyo frekansı çoklayıcılarının yakınına yerleştirilip bu sinyalleri Internet Protokolü'ne uygun şekilde paketleyip ev ağına yayınlayan cihazlardır.



Şekil 4.6 IP Bağdaştırıcı/Çoklayıcı kullanım senaryosu.

IP Bağdaştırıcı veya IP Çoklayıcı, kanal bulucu ve demodülatör kullanıp IP paketleri oluşturur. İçinde herhangi bir video çözücü (decoder) yer alamaz. Bu cihazlar genelde içlerinde çoklu kanal bulucu içerirler. Böylece birden fazla istemciye servis sağlayabilirler. IP Uyarlayıcı veya IP Çoklayıcı, SAT>IP protokolünü gerçekleştirip her istemcinin isteğine cevap vermek ile mükelleftir.

4.4.2. IP LNB

SAT>IP konseptinin ortaya atılmasıyla yeni ve daha kolay entegre edilebilir fiziksel çözümler de gelişmektedir. IP LNB, üzerinde herhangi bir koaksiyel⁹ kablo olmaksızın direk Ethernet bağlantısına sahip bir cihazdır. Bu senaryo ile kullanıcılar, uydularına bağlı LNB'ye direk komut gönderip LNB'lerini canlı medya oynatıcı gibi kullanabileceklerdir.

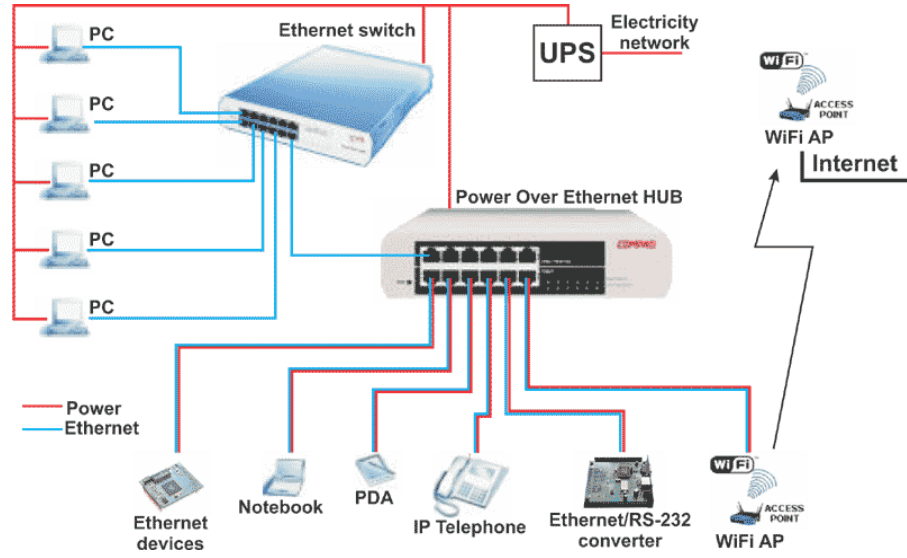


Şekil 4.7 IP LNB kullanım senaryosu.

⁹ Koaksiyel kablo, uydu ve kablolu yayıncılık için kullanılan geniş bantgenişliğine sahip bir tür kablo çeşididir.

IP LNB'ler direk switch'lere bağlanabildiği gibi, PoE¹⁰ (Power over Ethernet) ile elektrik hattına da veri aktarabilirler. Bu tamamen kurulum yapan firmanın önerisi doğrultusunda yapılmaktadır.

PoE, yani Güç Kaynağı üzerinden Ethernet, Ethernet paketlerinin bir PoE bağdaştırıcı tarafından belirli bir formatta kapsüle edilerek elektrik hattına verilmesi (Bkz. Şekil 4.8) ve başka bir bağdaştırıcının bu paketleri enkapsüle edip kullanılabilir hale getirmesi sürecidir. (Microsemi, 2011)



Şekil 4.8 Genel bir POE şematığı.

PoE uygulamaları, SAT>IP gibi ağ trafiğini herhangi bir yerden kullanan protokoller için biçilmiş kaftandır. Zira elektrik hattı iletim omurgası olarak kullanıldığından cihazın elektrik prizi olan herhangi bir yerde, fazladan ağ kablosu çekilmesine gerek bırakmaksızın kullanılmasını sağlamaktadır.

¹⁰ Power over Ethernet, ev şebekesinin güç kaynağındaki gürültülerden etkilenebildiği için pek çok testten geçmektedir. SAT>IP paketlerinin POE üzerinden iletilmesinde herhangi bir standart olmaması, POE'nin fiziksel katmanda kalması ve SAT>IP'nin bu fiziksel katmanları soyutlamasındandır. Paket kayıpları POE bağdaştırıcı üreticileri tarafından kontrol edilmelidir.

4.4.3. Ana Uydu Alıcı

Bir ana uydu alıcılı sistemde, ana uydu alıcı üzerindeki kanal bulucu ile uydu sinyallerini alarak demodüle eder. Demodüle edilen ses ve görüntü verileri ağ üzerinde SAT>IP protokolüne uygun şekilde ağa verilir. Ana uydu alıcı ağa gereksinim duymadan canlı yayını kendisine bağlı televizyonlara aktarabilir. Böylece hem adanmış sunucudan kurtulmuş hem de fazladan görüntü ve ses alınabilen bir cihaz daha elde edilmiş olunur.



Şekil 4.9 Ana uydu alıcı kullanım senaryosu

Ana uydu alıcılı bir sistem, SAT>IP protokolünün kapsamına almadığı CI ve CA gibi kartlı güvenlik sistemlerinin sağlanabileceği bir platform sağlar. Şifreli yayın ana uydu alıcı tarafından çözülüp istemcilere iletilebilir. Bu konu üzerinde halen bir standart oluşturulmamıştır. Zira, şifreli içerik sahipleri güvenliğinin kanıtlanmadığı bir protokol üzerinden yayınlarının geçmesini uygun bulmamaktadırlar.

Ana uydu alıcı sistemi, donanımsal olarak fazladan kanal bulucu, modül ve şifreli kanal çözücü kart yuvası içerebileceği için üreticiler tarafından maliyetli bulunabilir. Bu nedenle sadece SAT>IP kullanımı için değil de, akıllı ev vb. sistemlere entegre biçimde tercih edilebilmektedir.

4.4.4. Evrensel Servis Ağ Geçidi

Önceki modellerin aksine, evrensel servis ağ geçidi senaryosunda, SAT>IP sunucu cihazın direkt internete erişimi bulunmaktadır. Dolayısıyla modem ve uydu alıcısının birleştiği bir cihazda, geniş alan ağı ve canlı yayın bir araya getirilmiştir.



Şekil 4.10 Evrensel Servis ağ geçidi kullanım senaryosu.

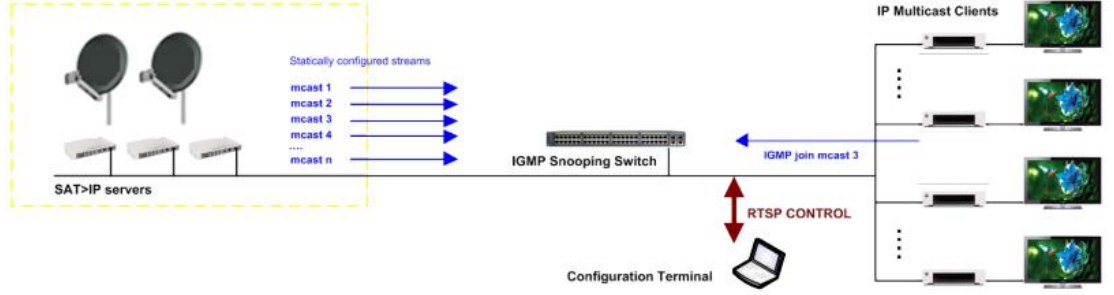
SAT>IP yerel alan ağında çalıştığı için sunucu cihazın internete olduğu gibi bu ağa da erişimi vardır ve bu ağdaki diğer cihazlar ile de haberleşebilmektedir. Dolayısıyla Home Gateway¹¹ (Ev Ağ Geçidi) kullanım özelliği desteklenmektedir.

4.4.5. IP tabanlı SMATV

SAT>IP protokolü sadece ev içi cihazları desteklemek için değil, aynı zamanda apartman ya da site gibi oldukça geniş uydu kurulum sistemi içeren lokasyonlar için de tasarlanmıştır. Bu tip büyük sistemler için çok giriş ve çok giriş sağlayan sunucu sistemler geliştirilmiştir. Bu sunucuların çıkışları yine çoklayıcılara bağlanarak veri kaybı olmaksızın erişilecek noktalar çoğaltılabilmektedir.

Bu sistemde, yayının aktarılacağı noktalar çoğaldıkça, veri akışı da çoğalır ve bant genişliği etkin kullanılamayabilir. Bu sorunu aşmak için, önceki konularda anlatıldığı üzere IPTV'nin temellerinden biri olan multicasting (çoklu akış) gerçekleştirimi yapılabilir. (Bkz. 3.2) Böylece aynı yayını isteyen istemciler için ses ve görüntü verileri aynı çoklayıcılar üzerinden gönderilecektir. (Sun et al., 2003)

¹¹ Ev Ağ Geçidi, yerel alan ağındaki cihazları dış dünyaya bağlamak için kullanılan bir sistemdir. Sadece TV kullanımı için değil, aynı zamanda modem görevini de üstlenerek evinizdeki cihazları dünyaya açmaktadır. Böylece dünya üzerindeki herhangi bir yerde DLNA sunucunuza ya da yazıcınıza erişim sağlanabilmektedir. Bu iş için uydu alıcıların (STB) seçilmesi yaygın kullanımlarından dolayıdır.



Şekil 4.11 IP tabanlı SMATV kullanım senaryosu.

Bu senaryonun en iyi örnekleri apartmanlar ve siteler dışında; oteller, hastaneler ve diğer halka açık yerlerdeki uydu yayını ihtiyacını karşılamaları olarak gösterilebilir.

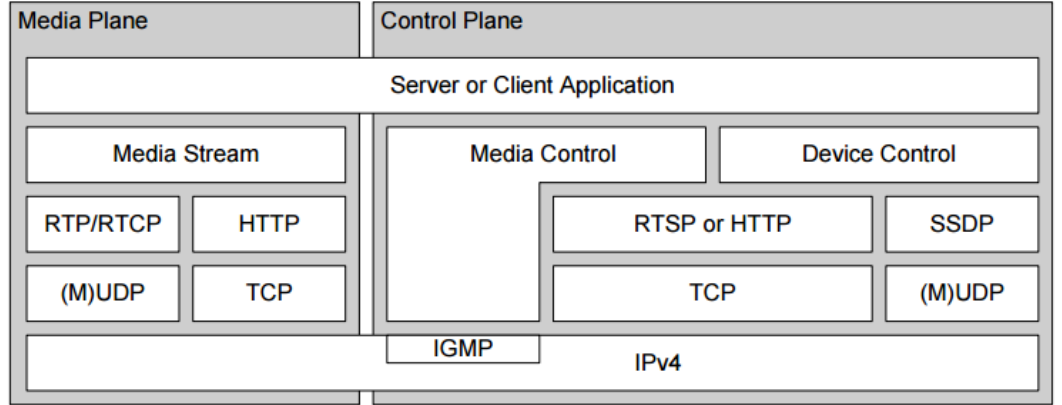
4.5 SAT>IP Protokol Tanımı

SAT>IP protokolü, ağ üzerindeki istemcilerin sunucular ile iletişimde bulunmasını sağlayarak canlı yayın iletimini gerçekleştirmektedir. Tüm bu tanımlamalar endüstri standartları kapsamında yapılmaktadır.

Protokolünün temelinde basit olarak aşağıda belirtilen mekanizmalar ve onların gerçekleştirilmesine yönelik haberleşme teknolojileri yatmaktadır:

1. Keşif: İstemciler bağlanabilecekleri sunucuları bir şekilde adreslemeli ve onlar hakkında bazı tanımlama ve bilgileri alıp aralarında seçim yapabilmelidirler. Bu sunucu adresleme ya da keşfetme işlemi için uPnP mimarisine ait yöntemler ve protokoller kullanılmaktadır ki onlar ileriki kısımlarda ayrıntılı olarak anlatılacaktır. (Bkz. 4.5.1)
2. Kontrol: İstemcinin sunucudan istediği ses ve görüntü verilerini içeren akışları kontrol etmesi için geliştirilmiş bir mekanizmadır. Kabaca istemci bir kanal izlemek ister ve bu kanal bilgileri sunucunun anlayacağı bir dilden ifade edilir. Genelde kontrol mekanizması için RTSP tercih edilse de HTTP de SAT>IP cihazların kontrolü için geçerli bir protokoldür.

3. Çokluortam Transferi: Ses, görüntü, yazı vb. verilerin taşınması için planlanmış bir mekanizmadır. Bu veriler boyut olarak çok büyük olduklarından UDP tabanlı protokollerden RTP kullanılarak transferlerinin sağlanması planlanmıştır.



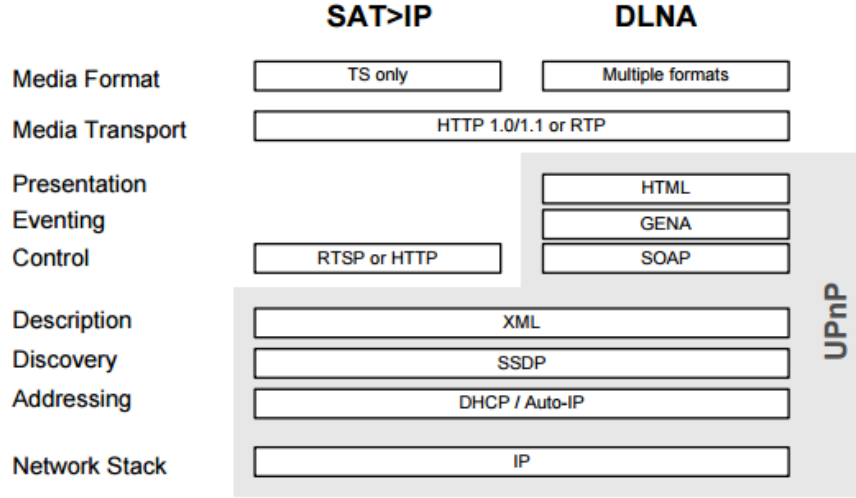
Şekil 4.12 SAT>IP protokol yığını.

4.5.1 Keşif

SAT>IP sunucular ağ üzerindeki varlıklarını istemcilere duyurmak ile mükelleftirler. İstemciler, ağdaki bir sunucuya bağlanmadan önce arama yaparak bu duyuruları dinlerler. Sunucunun duyuruları istemci tarafından yorumlanabilir ve uygun görülürse bağlantı gerçekleştirilir.

SAT>IP protokolünün cihaz keşif kısmı için daha önceki bölümlerde bahsedilen DLNA teknolojisi örnek alınmıştır.(Bkz. 3.4.4) DLNA’de kullanılan cihaz keşif mimarisi uPnP¹² SAT>IP cihazlar için de kullanılmıştır. Buradan yola çıkarak söylenebilir ki, SAT>IP DLNA mimarisinin bir alt kümesini içermektedir. (SES, 2012)

¹² uPnP, Universal Plug and Play, farklı elektronik cihazların standart protokoller kullanarak birbiriyle uyumlu biçimde çalışması için ortaya atılmış mimaridir. Bu teknolojinin gerçekleştirimine Sony, Philips gibi büyük firmalar da katılmıştır.



Şekil 4.13 SAT>IP protokolünün DLNA alt kümesi.

Şekil 4.16’da görüldüğü gibi DLNA ve SAT>IP cihazlar, keşif konusunda ortak protokol olarak kullandıkları SSDP ile görünürlük sağlarlar.

4.5.1.1 SSDP

SAT>IP’de sunucuların bulunması, yani keşfi, uPnP mimarisinde tanımlanan SSDP protokolüne dayanır. (SES, 2012) uPnP cihazlar, UDP tabanlı bu protokolü kullanarak varlıklarını bildirmeye ve istemcilere görünür olmaya çalışırlar.

uPnP mimarisinde her cihaz kendi kategorisine özel bir isimlendirme ile anılır. Bu isimlendirmeye URN yani Unique Resource Name denir. SAT>IP cihazları için bu isimlendirme aşağıdaki gibidir :

urn:ses-com:device:SatIPServer:1

Bir SAT>IP sunucu çalışmaya başladığı anda ağdaki varlığını SSDP NOTIFY mesajı göndererek yapar. Bu işi multicast adres olan 239.255.255.250 ve 1900 numaralı port üzerinden gerçekleştirir. (uPnP Forum, 2008)

SAT>IP sunucunun ağa gönderdiği basit bir SSDP NOTIFY aşağıdaki gibi örneklendirilebilir:

```

NOTIFY * HTTP/1.1
HOST: 239.255.255.250:1900
CACHE-CONTROL: max-age=1800
LOCATION: http://192.168.178.21/desc.xml
NT: urn:ses-com:device:SatIPServer:1
NTS: ssdp:alive
SERVER: Linux/1.0 UPnP/1.1 IDL4K/1.0
USN:uuid:50c958a8-e839-4b96-b7ae-8f9d989e136c::urn:ses-
com:device:SatIPServer:1
BOOTID.UPNP.ORG: 2318
CONFIGID.UPNP.ORG: 0
DEVICEID.SES.COM: 1

```

Yukarıdaki mesajda belirtilen mesajda, NT (Notification Type) başlık değeri, cihazın türünü belirler. URN bu başlıkta yer alır. İstemciler cihazın bir SAT>IP sunucu olduğunu bu değerden algılayacaklardır.

NTS (Notification Type Status) ise SSDP mesajının içeriğini belirtir. Eğer bir sunucu ağı terk edecekse NTS değeri ssdp:byebye olacaktır. Bu mesajı alan istemciler sunucunun ağdan düştüğünü bilir ve listelerinden onu çıkartırlar.

LOCATION başlığı, sunucuya ait özelliklerin tutulduğu XML dosyasının lokasyonunu gösterir. Bu başlık, sunucunun IP'sinin içerildiği tek başlık olduğu için, bizim SAT>IP istemci uygulamamızda da olduğu gibi pek çok uygulamada parse edilerek kullanılır. Belirtilen XML dosyasının içeriği taslak olarak aşağıdaki gibidir ve sunucu ve üreticisi hakkında bilgiler içerir:

```

<?xml version="1.0"?>
<root xmlns="urn:schemas-upnp-org:device-1-0" configId="configuration
number">
<specVersion>
<major>1</major>
<minor>1</minor>
</specVersion>
<device>
<deviceType>urn:ses-com:device:SatIPServer:1</deviceType>
<friendlyName>short user-friendly title</friendlyName>
<manufacturer>manufacturer name</manufacturer>
<manufacturerURL>URL to manufacturer site</manufacturerURL>
<modelDescription>long user-friendly title</modelDescription>
<modelName>model name</modelName>
<modelNumber>model number</modelNumber>
<modelURL>URL to model site</modelURL>
<serialNumber>manufacturer's serial number</serialNumber>

```

```

<UDN>uuid:UUID</UDN>
<UPC>Universal Product Code</UPC>
<iconList>
  <icon>
    <mimetype>image/format</mimetype>
    <width>horizontal pixels</width>
    <height>vertical pixels</height>
    <depth>color depth</depth>
    <url>URL to icon</url>
  </icon>
</iconList>
<presentationURL>URL for presentation</presentationURL>
</device>
</root>

```

SAT>IP istemciler yerel ağdaki sunucuları öğrenebilmek için multicast SSDP M-SEARCH mesajı gönderebilirler. Fakat UDP'deki güvenilirlik eksikliği nedeniyle başarısız denemelere karşı önlem almak için en az üç kere gönderilmesi gerektiği belirtilmiştir. (SES, 2012)

Aşağıda bir istemcinin gönderdiği SSDP M-SEARCH mesajı ve hemen altında sunucunun buna cevabı yer almaktadır :

İstek:

```

M-SEARCH * HTTP/1.1
HOST: 239.255.255.250:1900
ST: urn:ses-com:device:SatIPServer:1
MAN: "ssdp:discover"
MX: 2

```

Cevap:

```

HTTP/1.1 200 OK
CACHE-CONTROL: max-age=1800
DATE: Sat Jan 1 00:01:50 2000
EXT:
LOCATION: http://192.168.178.21/desc.xml
SERVER: Linux/1.0 UPnP/1.1 IDL4K/1.0
ST: urn:ses-com:device:SatIPServer:1
USN: uuid:50c958a8-e839-4b96-b7ae-8f9d989e136c::urn:ses-com:device:SatIPServer:1
BOOTID.UPNP.ORG: 2399
CONFIGID.UPNP.ORG: 0

```

İstemci mesajında yer alan ST başlığı, Search Target yani aranan hedefi temsil eder ve bir istemciye ait bir URN'dir. Eğer bu başlık verilmezse, yerel

ağdaki tüm uPnP cihazları yanıt dönecektir. Yine istemci mesajındaki MX başlığı, maksimum bekleme süresini temsil eder ve bu örnekte 2 saniye sonunda cevap alamazsa bu istek sonlandırılır.

SSDP M-SEARCH mesajı ağdaki tüm sunucuları harekete geçireceği için, çok sık kullanılmamalıdır. M-SEARCH yerine sunucunun belli periyotlarda gönderdiği SSDP NOTIFY mesajının dinlenmesi SES firmasındaki sertifikasyon mühendislerinin daha çok tercih ettiği bir yöntemdir. Bu mesaj dinlenerek sunucunun ağda olup olmadığı anlaşılabilir ve ağdan düşmüş ise kaynak tasarrufu sağlanabilir.

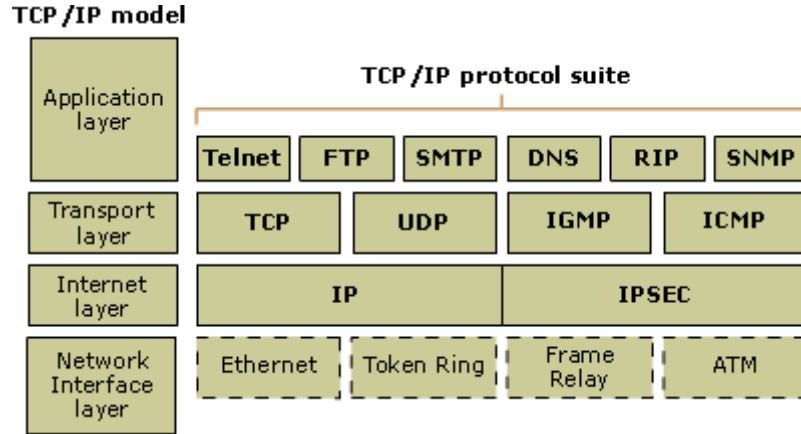
4.5.2 Kontrol

SAT>IP istemcilerin canlı yayın verilerinin hangilerini sunucudan istediklerini belirtmek kontrol mekanizmasının işidir. İstemcilerin yaptığı kontrol istekleri RTSP ya da HTTP kullanılarak gerçekleştirilebilir. (SES, 2012)

4.5.2.1 RTSP

Çokluortam verilerini tek noktaya yayın akışı olarak göndermek için Gerçek Zaman Akış Protokolü (RTSP) kullanılır. Bu, ses ve video içeriği gibi gerçek zamanlı verilerin gönderilmesini denetlemek için özel olarak oluşturulmuş uygulama düzeyinde bir protokoldür. Çokluortam dosyaları üzerinde durdurma, duraklatma, geri sarma ve ileri sarma gibi yürütücü denetim eylemlerini destekler. Özetle RTSP, istemcilere içerik sunmak için, veri gönderme Gerçek Zaman Protokolü (RTP) ile birlikte çalışan bir denetim protokolüdür. (Microsoft TechNet, 2015)

Uygulama seviyesindeki RTSP protokolünün taşıma katmanı TCP temellidir. Bu nedenle sunucu ve istemciler arasında güvenli bir bağ oluşturulmuştur. Sunucudan cevap alamayan istemciler süreçlerini durdurur ve zaman aşımı gerçekleşene kadar bekler. Böylece ağda paket kaybına yönelik önlem alınarak haberleşme sorunları minimuma iner.



Şekil 4.14 RTSP'nin TCP/IP modelinde yeri : Uygulama Katmanı.

SAT>IP protokolünde, RTSP kullanılarak her çokluortam iletimi için bir oturum açılır. Açılan oturumun içinde hangi verilerin aktarılacağı bilgilerinin yanı sıra, bu oturum açma isteğini gönderen istemciye ait bilgiler de yer alabilir. Böylece akışların unicast ya da multicast olacağına karar verilebilir.

RTSP protokolünde kullanılan temel komutlar aşağıdaki gibidir :

- SETUP
- PLAY
- OPTIONS
- DESCRIBE
- TEARDOWN

Aşağıda bu komutların SAT>IP protokolünde nasıl kullanıldığını ve bu komutların akışları nasıl etkilediğinin açıklamalarını bulabilirsiniz:

4.5.2.1.a RTSP SETUP

RTSP SETUP komutu henüz ortada hiç bir medya verisi ve akışı yok iken bir oturum açılmasını ve akışla ilgili parametrelerin ayarlanmasını sağlar. Bu

parametreler canlı yayın verileri, ses ve görüntüye ait PID'ler, kanal frekans ve kurulum bilgileri gibi bilgilerden oluşur.

SETUP komutunun senaryosunda, istemci sunucudan parametrelerini komut başlıklarında tanımlandığı gibi belirtip bir akış ister. Sunucu, eğer istem geçerli ise bu akışı kurar ve istemciye isteğinin onaylandığına dair HTTP 200 kodu ve açılan akış oturumunun ID'sini gönderir.

İstemci isteği üzerine sunucuda açılan her akış oturumun bir tekil bir oturum ID'si vardır.

Örnek bir SAT>IP RTSP SETUP komutu ve buna gelen cevap aşağıdaki gibidir:

İstek:

SETUP

*rtsp://192.168.128.5/?src=1&fe=1&freq=12402&pol=v&msys=dvbs&sr=27500
&fec=34&pids=0,16,
50,104,166,1707 RTSP/1.0*

CSeq: 1

Transport: RTP/AVP;unicast;client_port=1400-1401

<CRLF>

Cevap:

RTSP/1.0 200 OK

CSeq: 1

Session: 12345678;timeout=60

Transport: RTP/AVP;unicast;client_port=1400-1401

com.ses.streamID: 1

<CRLF>

Yukarıda belirtilen SETUP komutu istemci tarafından gerekli başlıklar doldurularak gönderilmiştir. Kanal frekans ve yayınlarına ait bilgiler & ile ayrılarak bitişik yazılmıştır. CSeq (Command Sequence) yani komut sırası, istemci tarafından sunucuya gönderilir ve sunucudan aynı CSeq verisini bekler. Böylece basit bir senkronizasyon işlemi socket okuma yazma işlemi sırasında gerçekleşir.

SETUP komutuna sunucudan dönen cevap içindeki Transport başlığı, sunucunun akışı hangi porttan ve hangi protokolden vereceğini belirtir. Yukarıdaki örneğe göre bir istemci bu akışı alabilmek için RTP protokolü

kullanıp 1400. porttan dinleme yapmalıdır. Bu portun bir fazlası da RTCP paketlerini almak için kullanılan port olacaktır.

RTSP SETUP komutuyla dönen en önemli bilgiler session ve de streamID bilgileridir. Bu ID'ler ile her akışın kontrol ve modifiye edilmesi sağlanabilir. Timeout başlığı ise, sunucu tarafından 60 saniye içinde herhangi bir mesaj alınmazsa bu akışın sonlanacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle akış isteği oluştuktan sonra belli periyotlarla istemci tarafından sunucuya en basit RTSP komutu olan OPTIONS gönderilir.

4.5.2.1.b RTSP OPTIONS

En hafif RTSP komutudur. Sunucu bu komutu aldığı anda kendisi için sorgulanması mümkün tüm RTSP komutlarını listeler. Döndürdüğü cevap çok küçük olduğu için alışırları canlı tutmak için kullanılabilir.

Aşağıda örnek bir SAT>IP OPTIONS komutu ve buna gelen cevap aşağıdaki gibidir:

İstek:

OPTIONS rtsp://192.168.128.5/ RTSP/1.0

CSeq: 2

<CRLF>

Cevap:

RTSP/1.0 200 OK

CSeq: 2

Public: OPTIONS, DESCRIBE, SETUP, PLAY, TEARDOWN

<CRLF>

4.5.2.1.c RTSP PLAY

İstemcinin SETUP komutu ile gönderdiği akış kurulum isteğinden sonraki aşamada, akışın istemciye ulaşması için PLAY komutu gönderilmelidir. SETUP komutuna istinaden istemciye dönen port ve protokol bilgileri kullanılarak belirtilen porttan soket dinlemesi yapılır ve çokluortam verileri alınır.

Örnek bir SAT>IP RTSP PLAY komutu ve bu komuta sunucu tarafından gönderilen cevap aşağıdaki gibidir:

*İstek:**PLAY rtsp://192.168.128.5/stream=1 RTSP/1.0**CSeq: 3**Session: 12345678**<CRLF>**Cevap:**RTSP/1.0 200 OK**CSeq: 3**Session: 12345678**RTP-Info: url=rtsp://192.168.128.5/stream=1**<CRLF>*

Yukarıda görüldüğü gibi, oynatılmak istenen akış oturumu ID'si ve akış ID'si belirtilerek sunucuya istek yapılır ve sunucu belirtilen akışı istenilen porttan aktif hale getirir. Cevabında görülen RTP-Info başlığı ise RTSP akışı için tanımlanan URL'i tanımlamaktadır.

200 OK cevabı alındıktan sonra, RTP protokolü UDP tabanlı olduğu için datagram soket açılarak çokluortam verileri elde edilebilmektedir.

4.5.2.1.d RTSP DESCRIBE

DESCRIBE komutu ile sunucu üzerindeki aktif ya da inaktif tüm akışlar listelenebilmektedir.

Aşağıdaki örnekte RTSP DESCRIBE komutuna ait istem ve cevap yer almaktadır:

*İstek:**DESCRIBE rtsp://192.168.128.5/**CSeq: 4**Accept: application/sdp**<CRLF>**Cevap :**RTSP/1.0 200 OK**CSeq: 4**Content-Type: application/sdp**Content-Base: rtsp://192.168.128.5/**Content-Length: 724**<CRLF>**m=video 5004 RTP/AVP 33*

```

c=IN IP4 239.0.0.8/5
a=control:stream=0
a=fmtp:33
ver=1.0;src=1;tuner=1,240,1,7,12402,v,dvbs,,,27500,34;pids=0,16,56,112,168,1709
a=inactive
m=video 5006 RTP/AVP 33
c=IN IP4 239.0.0.9/5
a=control:stream=1
a=fmtp:33
ver=1.0;src=1;tuner=1,240,1,7,12402,v,dvbs,,,27500,34;pids=0,16,50,104,166,1707
a=sendonly
m=video 0 RTP/AVP 33
c=IN IP4 0.0.0.0
a=control:stream=2
a=fmtp:33 ver=1.0;src=1;tuner=1,240,1,7,12402,v,dvbs,,,27500,34;pids=all
a=sendonly
m=video 5010 RTP/AVP 33
c=IN IP4 239.0.0.11/5
a=control:stream=3
a=fmtp:33
ver=1.0;src=2;tuner=2,221,1,6,11758,h,dvbs2,8psk,off,25,27500,56;pids=all
a=sendonly

```

Yukarıda DESCRIBE komutuna gelen örnek cevapta, akışlar streamID'lerine göre ayırt edilebilmektedir. “m=video” ile başlayan sahalarda her bir video akışını temsil etmektedirler. Bu örnekte parametrelerden de okunabildiği gibi yalnızca 0 numaralı akış inaktif durumdadır.

4.5.2.1.e RTSP TEARDOWN

Sunucu üzerindeki herhangi bir akışı sonlandırmak için TEARDOWN komutu kullanılmaktadır. İstemci bu komuta olumlu bir yanıt aldıktan sonra akış kesilecektir.

Örnek bir RTSP TEARDOWN istemi ve cevabı aşağıdaki gibidir:

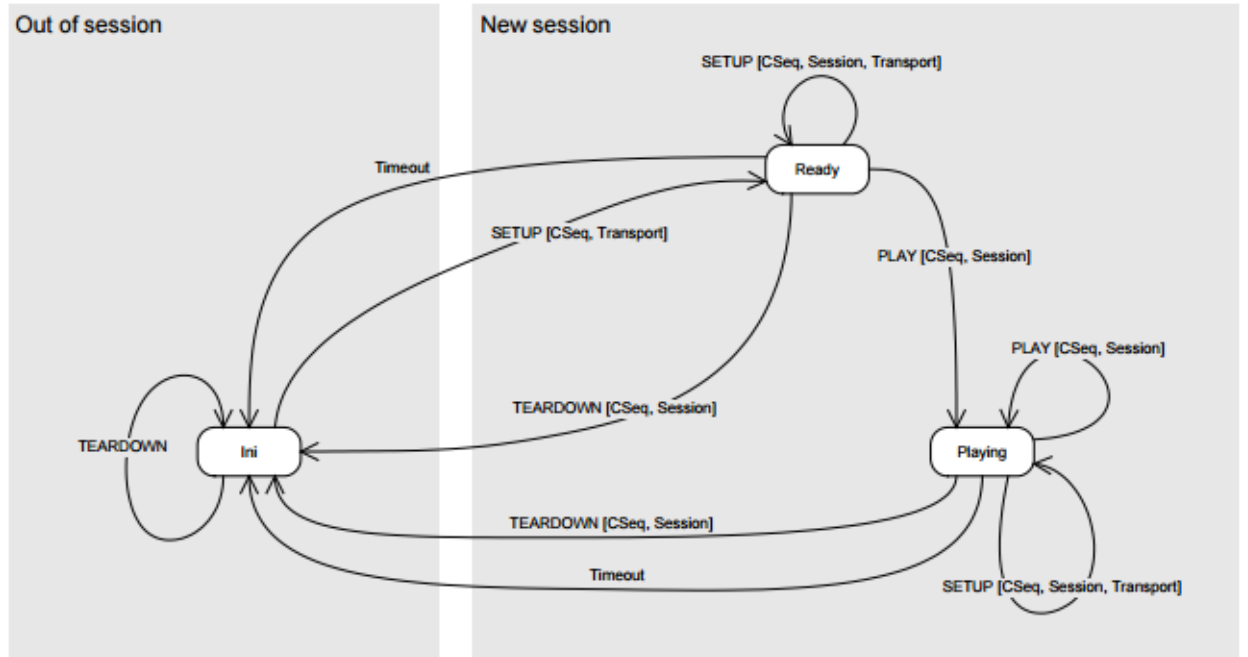
```

Request TEARDOWN rtsp://192.168.128.5/stream=1 RTSP/1.0
CSeq: 5
Session: 12345678
<CRLF>

```

Response RTSP/1.0 200 OK
CSeq: 5
Session: 12345678
 <CRLF>

TEARDOWN komutu yollandıktan sonra istemci tarafında yapılan tüm datagram socket işlemleri sonlandırılmalı ve veri yapıları temizlenmelidir. Artık bu akış oturumu için herhangi bir işlem söz konusu olmayacak, herhangi bir istek ise hata mesajı ile yanıtlanacaktır.



Şekil 4.15. RTSP durum makinesi.

4.5.2.2 HTTP

SAT>IP kontrol mekanizması için RTSP yerine HTTP de kullanılabilir. Bu istemcinin yapacağı bir seçimdir. Onaylı her SAT>IP sunucu hem RTSP hem de HTTP desteklemek zorundadır.

Örnek olarak bir HTTP komutu aşağıdaki formatta olacaktır:

HTTP_URI = "http://IP_ADRESİ[":"port]/?+SORGU"

4.5.2.3 RTSP Durum Kodları

Durum Kodu	Durum Mesajı
100	İşlem sürüyor.
200	OK. Başarı ile uygulanan komutlardan sonra bu kod cevap olarak alınır.
400	Uygun olmayan bir komut. Komut hatalı ise alınır.
403	Yetkisiz komut.
404	Bulunamadı. Genelde sunucu ağdan düşerse bu hata alınır.
405	İzin verilmeyen method. Sunucuda istenilen kaynak ya da komut yok ise bu hata alınır.
406	Kabul edilemeyen komut.
408	İstek zaman aşımına uğradı.
414	İstek URI'si çok uzun.
453	Yetersiz bantgenişliği.
454	Akış oturumu bulunamadı.
455	Metot geçerli değil.
461	Desteklenmeyen transfer protokolü. Eğer sunucu istenilen protokol kullanamıyor ise bu hata alınır.
500	Sunucu hatası. Genelde sunucuda oluşan dahili yazılım hatalarında bu hata alınır.

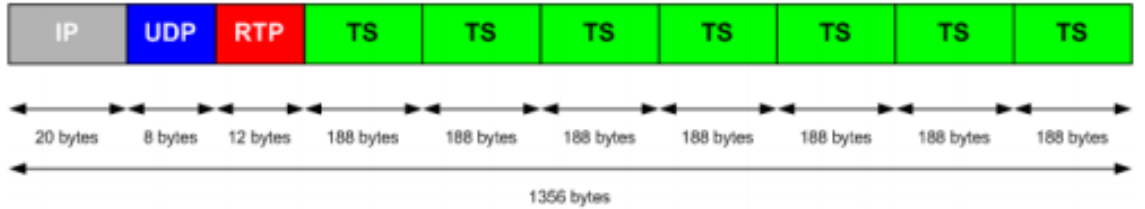
501	Gerçekleştirim yok.
503	Servis kullanım dışı. Eğer sunucudaki akış geçersiz duruma geldiyse bu durum kodu alınabilir.
505	Desteklenmeyen RTSP versiyonu.
551	Desteklenmeyen seçim.

Çizge 4.1. RTSP durum kodları.

4.5.3 Çokluortam Transferi

SAT>IP istemci ve sunucu arasında akış oturumu RTSP SETUP komutu ile açılıp parametreler düzgün ayarlandığından sonra sunucudan çoklu ortam verisini istemek için istemci RTSP PLAY komutu gönderir. Bu komut ile artık sunucu istemciye unicast ya da multicast olarak akış göndermeye başlar. Bu veri akışı RTP paketleri ile sağlanır.

RTP protokolü ile MPEG TS taşınımı standartı, 1998 yılında yazarları arasında Türk mühendis Reha Civanlar'ın da olduğu bir yayın ile bildirilmiştir. (Hoffman et al., 1998) SAT>IP protokolü de çokluortam transferi için bu yayında anlatılan esasları baz almıştır. Buna göre MPEG TS paketleri en fazla 7 ve en az 1 adet olmak üzere 188 byte halinde taşınabilmektedir.



Şekil 4.16 RTP’de MPEG TS paketleri

Şekil 4.16 göstermektedir ki, MPEG TS içeren en büyük RTP paketi 1356 byte olabilmektedir. Gönderilecek TS verisi 188 byte’tan küçük olsa bile 188 byte şeklinde enkapsüle edilecektir.

5. TEZ KAPSAMINDA GELİŞTİRİLEN SAT>IP İSTEMCİ UYGULAMASI

Bu bölümde gerçekleştirimi yapılan bir SAT>IP STB istemci uygulaması anlatılmıştır.

5.1 Gereksinimler

5.1.1 Donanım

Tüketici elektroniğinde gereksinimlerin karşılanması donanım tasarımından başlar. Zira yazılımın üzerinde koşacağı donanım verimli ve etkin bir performans alabilmek için kilit noktadır. Dolayısıyla tercih edilecek donanımın önemi büyüktür. (EECatalog.com, 2015)

SAT>IP uygulamasının üzerinde koşacağı donanım diğer uydu alıcılara göre oldukça basittir. Diğer uydu alıcılarda dahili kanal bulucu yer almaktadır. Kanal bulucu entegresi demodülasyon işlemi de yaptığından platform üzerinde fazladan en az iki entegre daha olması gereklidir. SAT>IP istemci demodülasyon yapmak yerine sunucudan istediği ağda bulunan paketleri dinler. Bunun için bir WiFi ya da ethernet bağlantısına ihtiyaç duyar. Bu bağlantılar da artık pek çok cihazda desteklenir durumdadır.

Ana entegre genelde sayısal yayıncılığa adanmış SoC (System on Chip) yani Sistem üstü Entegre şeklinde tercih edilir. Bu entegreler içlerinde mikroişlemci ile birlikte yayın çözmek, sayısal analog çevrim yapmak vb. işlemler için pek çok ünite de barındırır. En yaygın olarak kullanılan ana entegre üreticisi Amerikan firması Broadcom ve Tayvan firması MStar'dır. İki firma da pek çok sayısal yayıncılık çözümü sunar ve sürücü kodları kullanılarak kolayca ethernet, WiFi, çözücü, güç yönetimi, ön panel vb. ünitelerinin programlanması sağlanmaktadır.



Şekil 5.1 Broadcom ana entegresi.

Gömülü bir sistem olarak düşünüldüğünde SAT>IP istemci donanımı minimum gereksinimi yukarıda anlatılan kadar basittir. Tabi ki markette farklılık yaratmak adına Internet tarayıcı, HBBTV, CI gibi özellikler eklenebilmektedir.

5.1.2 Yazılım

Tüketici elektroniği cihazları gömülü sistemler olarak yani adanmış küçük donanımlar olarak çalışmaktadır. Bu donanımların tüm aygıtlarının çalışır hale gelmesi ana işlemci vasıtası ile olur. Ana işlemci üretici firma, desteklediği aygıtlar için bir sürücü yazılımı sağlar.

Sürücü yazılımları hedef işletim sistemleri üzerinde çalışabilecek bir mekanizmaya sahiptirler. Buna göre, ilk aşamada kullanılacak işletim sistemi tercihi yapılmıştır. Dünya genelinde Linux tabanlı işletim sistemleri Gömülü Linux adı verilen daha hafif bir gerçekleştirimle tüketici elektroniği cihazlarında yer bulmaktadır. (Tucker A., 2000) Bu gerçekleştirim de yine bir Gömülü Linux örneğidir. Sayısal Televizyonculuk cihazlarında son yıllarda Android, WebOS¹³

¹³ Son zamanlarda LG'nin bünyesine katılmasıyla beraber pek çok tüketici elektroniği cihazında kullanılan bir işletim sistemidir. Özellikle akıllı TV'lerin tarayıcı özelliklerini iyileştiren WebOS, multitasking temelli ve Linux temellidir. (Wikipedia, 2015)

ve Tizen¹⁴ gibi farklı ama yine Linux tabanlı işletim sistemleri kullanılmaya başlanmıştır.

SAT>IP protokolü ağ bağımlı olduğu için yazılımda yer alması gereken en önemli unsur ağ haberleşmesidir. Bu nedenle gerek TCP tabanlı gerekse UDP tabanlı pek çok soket dinleme ve soket yazma operasyonu desteklenmiştir.

Soket dinleme operasyonları için çoklu iş parçacıklı sistemlerde farklı pek çok iş parçacığı yaratılabilir. Böylece aynı anda hem SAT>IP sunucu keşif ve bağlantı işlemleri hem de kontrol ve çokluortam verisi aktarımı sağlanmıştır.

Soketlerden alınan sayısal çokluortam verileri DVB standartlarına göre işlemlerden geçirilmiştir. Bunun için gerekli olan DVB middleware yani orta katman sağlanmıştır. Açık kaynak kodlu gerçekleştirmeler mevcut olsa bile en kapsamlı gerçekleştirmelerden biri yine ülkemizden Vestel firması tarafından yapılmıştır.

5.2 Tasarım

SAT>IP istemcisinde koşan yazılımın tasarımı dört seviyede incelenebilir. Bunlar; Arayüz Katmanı, Uygulama Katmanı, DVB Orta Katmanı ve Adaptasyon Katmanı olarak birbirinden ayrılmıştır.

SAT>IP fiziksel katman bağımsız ve ağ tabanlı bir protokol tanımladığı için (Bkz. 4) tasarlanan gerçekleştirmeler genelde Adaptasyon Katmanı'nda yapılmıştır. (Bkz. 5.2.4.2) Böylece diğer katmanların çalışmasında değişikliğe minimum oranda gidilmiştir.

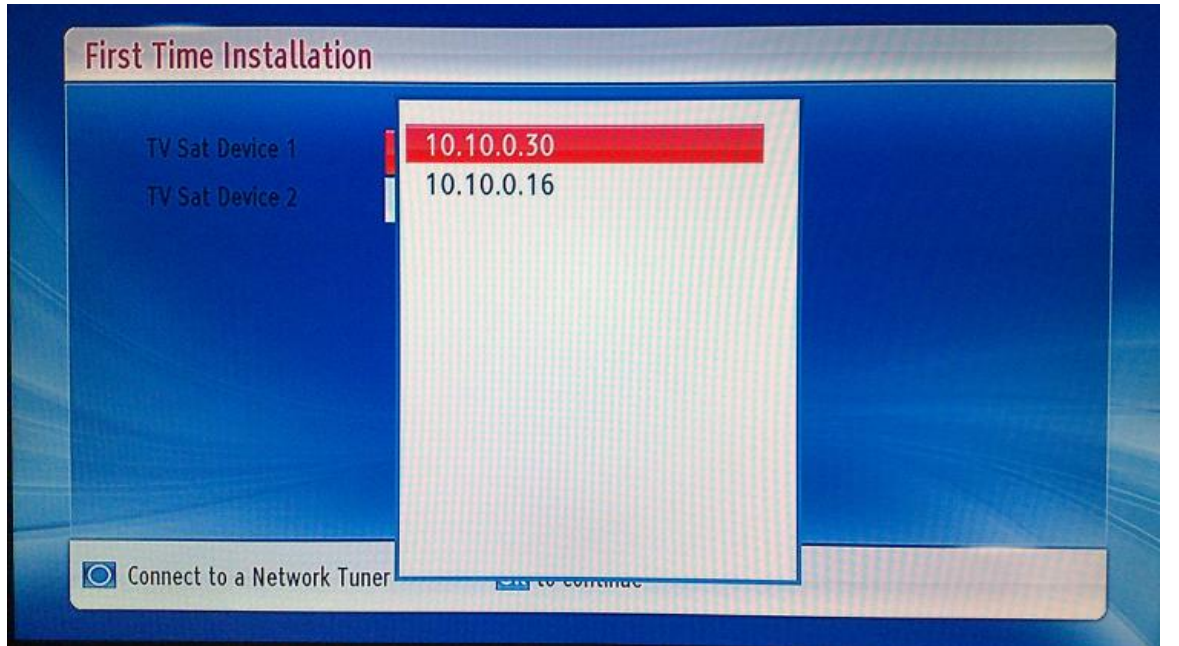
¹⁴ Aralarında Samsung ve Intel'in de bulunduğu bir ekip tarafından geliştirilen Tizen, Android cihazlara bir rakip olarak pek çok firma tarafından desteklenmektedir. Günümüzde bazı Samsung Akıllı TV'lerde kullanılarak marketlerdeki yerini almıştır.

5.2.1 Arayüz Katmanı

Arayüz Katmanı, kullanıcı için gerekli deneyimi sağlamak için tasarlanmıştır. Kullanıcının gördüğü tüm ekranlar ve bu ekranların işlevselleştirilmesi bu katmanda sağlanmıştır.

Bu katmandaki görsel öğelere arayüz denir. Arayüzler genelde SVG, Open GL ES ya da HTML gibi ticari değerlere sahip API'ler kullanılarak tasarlanır. (Bekiaris et al., 2010) Kullanıcı rehber, bilgi ekranı vb. uygulamaları bu arayüzde görüp istediği seçimleri cihaza yollayabilmektedir.

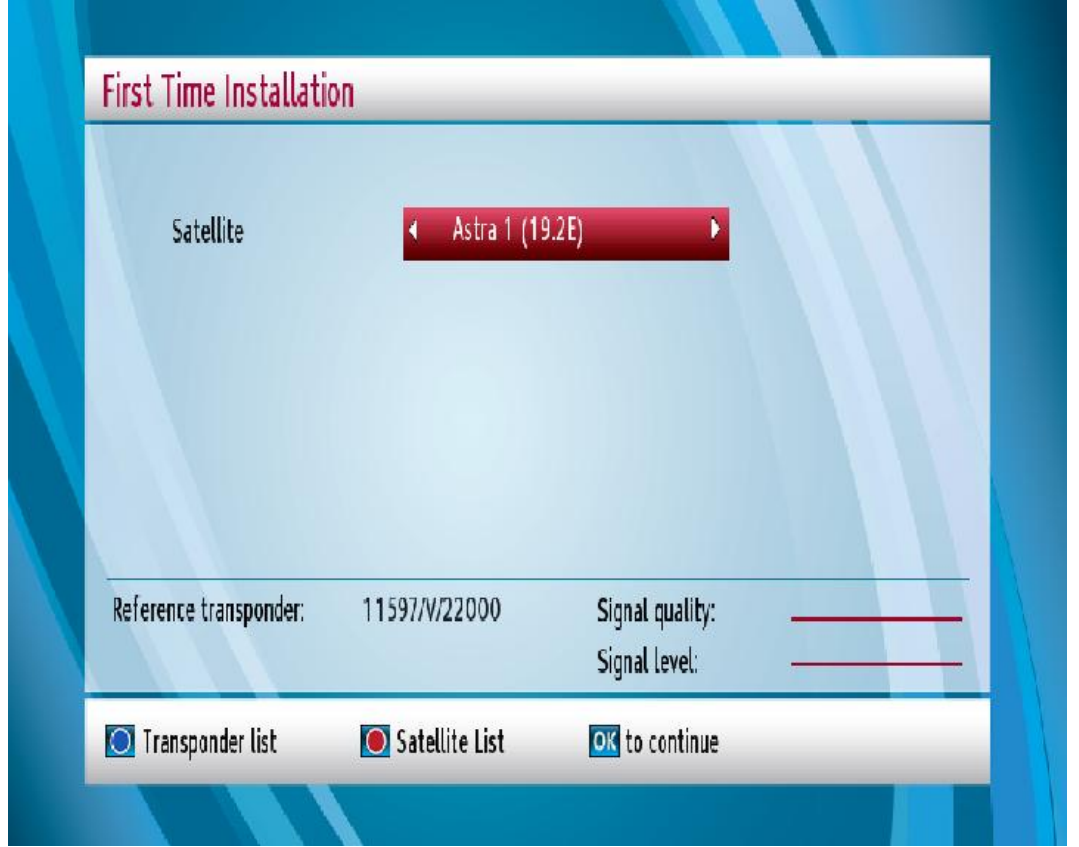
SAT>IP'nin herhangi bir fonksiyonel özelliği bu katmanda kullanılmamıştır. SAT>IP fiziksel seviyede bağımsızlık sağladığı için (Bkz. 4.3) kullanıcı deneyimi olarak diğer uydu alıcılardan çok bir farkı olmaması beklenmektedir. Fakat diğer uydu alıcılara ek olarak SAT>IP sunucu seçme ekranı tasarlanmıştır. Bu tasarım için SVG'ler kullanılmıştır.



Şekil 5.2 Eklenen sunucu seçme tam ekran menüsü.

Şekil 5.2'de listelenen SAT>IP istemcilerin listelendiği menü gösterilmiştir. Bu menüde Adaptasyon katmanının keşfettiği sunucular kullanıcıya görünür yapılmış (Bkz. 5.2.4) ve ilgili tuş kombinasyonlarıyla seçme imkanı

tanınmıştır. Şu an sadece bağlanılabilecek sunucu cihazların IP'si gösterilmiş olsa da, sunucu üreticilerinin isim tahsis etmesi durumunda her sunucu kendi adıyla anılabilecektir. (Bkz. 4.5.1.1)



Şekil 5.3 Uydu seçme ekranı.

5.2.2 Uygulama Katmanı

Uygulama Katmanı, uydu alıcısı cihazın içerdiği tüm özelliklerin iş mantığının tasarlandığı yerdir. Genelde çok kalabalık bir kod yapısı vardır. SAT>IP için gerekli istemler alt seviyelere bu katmandan iletilmiştir.

Kullanıcılara gösterilecek uyarılar, ekrana basılacak menüler, zamanlayıcılar, kayıt başlatma, dil ve bölge seçenekleri, kullanıcı seçeneklerinin görüntülenmesi ve kaydedilmesi, müzik ve video çalma, durdurma gibi pek çok önemli aktivite bu katman tarafından kontrol ve idame edilmiştir.

Kullanıcı girdileri de bu katmanda işlenir. Girdi ögesi olarak kızıl ötesi yani yaygın olarak kullandığımız kumandalar ve Bluetooth tabanlı yeni nesil kumandalar kullanılmıştır. Kumanda verileri, cihazın kızıl ötesi alıcısından alınır, sürücü yazılımında anlam kazanır ve adaptasyon katmanında çalışan callback’lerde yakalandıktan sonra uygulama katmanına çıkar. Burada kullanıcının seçimi yorumlanarak kanal geçişi mi yoksa ses açma, kapama vb. bir işlem mi yaptığı anlamlandırılır. Anlamlandırılan işlem tekrar adaptasyon katmanına giderek ilgili aygıt kontrolünü sağlar.

Kullanıcı davranışlarıyla doğrudan ilişkili olduğu için, Uygulama katmanında verimli cihaz kaynak kullanımları için bildirimler ve çağrılar yapılabilir. Böylece Uygulama Katmanı, kullanılmayan ya da anlık kullanılmaması gereken kaynakları alt seviyelere bildirerek cihaz stabilitesi konusunda da önemli bir rol oynar.

SAT>IP istemci uygulamamızın Uygulama Katmanı’nda, kullanıcının Arayüz Katmanı üzerinden seçtiği sunucu bilgileri veritabanı benzeri bir yapı ile önce kaydedilip sonra da alt katmanlara gönderilmiştir. Bunun dışında herhangi bir SAT>IP spesifik fonksiyonellik bu katmanda tanımlanmamıştır.

5.2.3 DVB Orta Katmanı

DVB orta katmanı (DVB middleware), DVB spesifikasyonlarında yer alan gereksinimlerin gerçekleştirildiği katmandır. Bir uydu alıcısı ya da TV’de her daim ayakta olup Adaptasyon Katmanı tarafından sağlanan DVB verilerindeki değişikliği dinler ve Uygulama Katmanı’nı besler.

DVB Orta Katmanı gerçekleştiriminde en önemli husus DVB tablolarının bağımlılığını çözmektir. Nesneye dayalı bir çözüm kullanmak işleri kolaylaştıracağı gibi pek çok soyutlamaya da olanak vermektedir. Bu nedenle soyut sınıf olarak DVBTable sınıfı yaratılmış, PMT, SDT gibi sınıflar bu sınıftan türetilmiştir.



Şekil 5.4 DVB EIT verilerinin program rehberine yansıtılması.

Tablo sınıfları DVB standartlarına göre belirlenen MPEG-TS yapısında kendilerine ait verilerin aldığı yeri bilmelilerdir. Böylece bir `parseDVBDData()` fonksiyonu tüm tablolar için override edilmiştir.

DVB Orta Katmanı'nda sadece parse işlemi yoktur. Aynı zamanda diğer tablolar ile haberleşme de gerekir. Bunun için bir mesajlaşma yapısı tanımlanmıştır. Örneğin PMT sınıfı, içinde kanal ID'si ile ilgili bir değişikliği kapsayan farklılık algılasa SDT sınıfı bilgilendirilmelidir. Böylece kanal ya da servis güncellemeleri sağlanabilmektedir.

DVB Orta Katmanı için açık kaynak kodlu da olmak üzere pek çok gerçekleştirim mevcuttur. (Hunold, M., 2005) Uygulamamızda yer alan orta katman ise Vestel DVB Orta Katmanı'dır. SAT>IP bu katmandan bağımsız olduğu için herhangi SAT>IP spesifik orta katman gerçekleştirimi bulunmamaktadır.

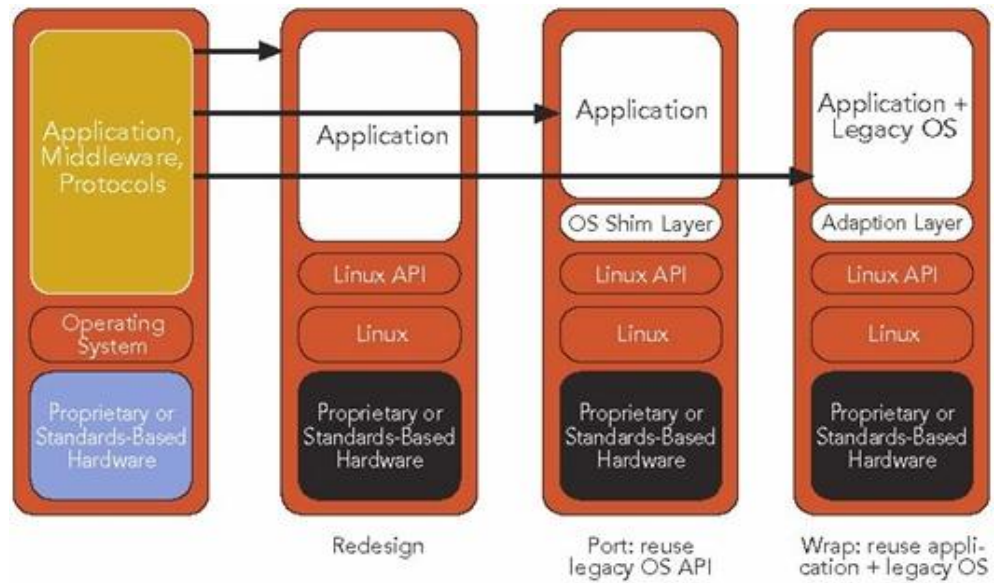
5.2.4 Adaptasyon Katmanı

5.2.4.1 Adaptasyon Katmanı Tanımı ve Kullanımı

Sürücü yazılımı genelde çok kapsamlıdır ve kullanımı kolaylaştırmak için bir API mevcuttur. İşte bu API kullanılarak, ilgili işletim sistemi fonksiyonlarından yararlanıp kendi yazılımımızdan kullanılacak aygıtların kontrolünü sağlayabilmek amacıyla Porting Layer yani Adaptasyon Katmanı yazılmıştır. Örnek olarak; bir WiFi cihazının üst katmanlar tarafından erişilebilir olmasını sağlamak için yazılması gereken fonksiyonlar aşağıdaki gibidir:

- WiFi cihazını ilkle (Initialization)
- WiFi cihazını başlat (Run)
- WiFi araması yap (Search)
- WiFi ağına bağlan (Connect)
- WiFi ağından ayrıl (Disconnect) (wi-fi.org, 2013)

Yukarıda belirtilen işlemler için yazılan fonksiyonların gerçekleştiriminde bahsi geçen sürücü yazılımı API çağrımları kullanılmıştır. Böylece yazılımımızdan basit çağrımlar yaparak sürücünün cihazları kontrol etmesini sağlamış olduk.



Şekil 5.5 Adaptasyon katmanı ve İşletim sistemi

5.2.4.2 SAT>IP Adaptasyonu

Daha önceden belirtildiği gibi, SAT>IP protokolü fiziksel katman bağımsızlığı getirmiştir. (Bkz. 4) Dolayısıyla Uygulama ve Orta Katman gerçekleştirmeleri bu fiziksel farklılıktan çok fazla etkilenmemişlerdir. SAT>IP gerçekleştiriminin neredeyse tamamı bu fiziksel ayrımın fark edilmemesi için Adaptasyon Katmanı'nda yapılmıştır.

Adaptasyon katmanı, üzerinde koşan uygulamanın stabilitesinin sağlamak ve sürücü yazılımında gerekli kaynakları periyodik ya da asenkron olarak kullanabilmek adına işletim sisteminden pek çok çağrım yapmaktadır. Örnek olarak birden fazla iş parçacığı isteği yapılarak aynı anda farklı protokole ait socket işlemleri yapılmıştır. Bu da SAT>IP uygulamamız üzerinden hem sunucuların keşfini hem de veri transferini aynı anda yapmamızı sağlamıştır.



Şekil 5.6 Canlı yayın program ve sinyal durumu bilgileri.

SAT>IP fonksiyonelliği keşif, kontrol ve çokluortam transferinden oluşur. (Bkz. 4.5) Tüm bu işlemler için Adaptasyon Katmanı'nda özelleştirilmiş kod parçaları çalışır. Bu katmanda gerçekleştirilen bazı kaynak kod dosyaları ve genel işlevleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

Kaynak Kod	İşlev
porting_dvb_section_parser.c	Demodüle edilip sayısallaştırılan DVB verilerinin parse edildiği kısımdır. Genel çalışma mekanizması ilgili PID verilerini dinlemek için kanal açmak ve DVB ile ilgili verileri anlamlandırmaktır. Elde edilen bilgiler orta katmana sevk edilmiştir.
porting_os_symbols.c	İşletim sistemine ait soketler, iş parçacıkları, mutexler, değişken tanımları vb. sembollerin ortak kullanım için üst sınıflandırılmasını sağlar. Böylece farklı bir işletim sistemine ya da varyasyonuna geçilme sırasında sadece bu gerçekleştirim değiştirilecektir.
porting_rtsp_core.c	Temel RTSP soket işlemlerinin yapıldığı yerdir. RTSP soket yaratma, bağlanma, dinleme ve gönderme gibi fonksiyonları vardır. Böylece sadece temel RTSP işlemlerinin gerçekleştirimini barındırılması sağlanmıştır.
porting_rtsp_composer.c	SAT>IP protokolünde RTSP sorguları çok uzun olduğu için, orta katmandan gelen kanal geçiş isteğindeki kanal parametreleri RTSP sorgusu içine burada yerleştirilir. Böylece istemcinin talep ettiği RTSP sorgusu sunucuya gönderilmeye hazır hale gelmiş olur.
porting_rtsp_parser.c	Gönderilen RTSP mesajlarına gelen cevapların parse edilip saklanması için gerekli yerlere iletiildiği gerçekleştirim burada yer alır. Sunucunun sağladığı akışa ve kendisine ait bilgiler her ayrıntısıyla kullanılmak üzere bir C programlama dili struct veri yapısında saklanmıştır.

porting_discovery.c	Sunucu keşif işlemlerinin yapıldığı gerçekleştirimdir. İstemci her daim çalışan bir iş parçacığı ile erişilebilir tüm sunucuların ağ üzerindeki varlığını kontrol edebilmektedir. Bunun için SSDP mekanizması kullanılmıştır. Sunucuların varlıkları anlık olarak bilinmesi için sadece sunucu dinlenmez; aynı zamanda M-SEARCH mesajı ile kontrol de edilmektedirler.
porting_rtp_core.c	Çokluortam akışı başladığı anda RTP protokolünde gönderilen ses ve video gibi çokluortam verilerini ilgili porttan dinleyen gerçekleştirimdir. RTP paket başlıkları açılarak elde edilen veriler ses ve görüntü elde etmek adına orta katmanın da bilgisiyle çözücülere (decoder) gönderilirler.
porting_decoder.c	RTP paketlerinin açılması ile elde edilen veriler burada anlam kazanırlar. Bu işlem için ana entegre üreticisinin çip üzerinde barındırdığı çözücüler kullanılmıştır. Dolayısıyla bu gerçekleştirim için sürücü yazılımına direk çağrılar mevcuttur.
porting_tuner.c	Standart uydu alıcılarda kanal bulucu adaptasyonunun bulunduğu kısımdır. SAT>IP istemcilerde fiziksel bir uydu kanal bulucu bulunmadığından bu gerçekleştirimde RTSP başrol oynamaktadır. Tune olunacak kanalın bilgileri RTSP Composer tarafından oluşturulur ve sunucuya RTSP Core tarafından gönderilir. Yayının yakalanıp yakalanmadığı sunucudan gelen cevabın RTSP Parser tarafından parse edilmesiyle anlaşılacaktır.

Çizge 5.1. Adaptasyon Katmanı kaynakları ve işlevleri.

5.3 Test

5.3.1 Wireshark

SAT>IP bir ağ protokolü olduğundan, bu protokolde tanımlanan her cihazın belirli kurallara uygun şekilde veri transferi gerçekleştirmesi sağlanmalıdır. Bu verilerin iletimi lokal ağ üzerinden yapıldığı için ağın dinlenmesi ve paketlerin incelenmesi protokol gerçekleştirmenin ne kadar etkin ve uygun olup olmadığını doğrulayacaktır.

Ağ üzerindeki haberleşmelerin dinlenebilmesi WireShark adı verilen açık kaynak kodlu bir program ile mümkündür. WireShark, “row” yani işlenmemiş ağ paketini alır ve hangi protokole ait olduğunu, gönderim zamanını, gönderici ve alıcı bilgileri vb. gibi önemli pek çok bilgiyi sunucu ve istemci haberleşmemiz için kolayca okunur hale getirmiştir.

62	7.59818000	192.168.1.44	192.168.1.3	RTSP	206 Reply: RTSP/1.0 200 OK
63	7.62113200	192.168.1.3	192.168.1.44	RTSP	206 DESCRIBE rtsp://192.168.1.44:88/videoMain RTSP/1.0
64	7.62199800	192.168.1.44	192.168.1.3	TCP	60 88-50030 [ACK] Seq=153 Ack=236 win=14600 Len=0
65	7.62746100	192.168.1.44	192.168.1.3	RTSP	231 Reply: RTSP/1.0 401 Unauthorized
66	7.65998400	192.168.1.3	192.168.1.44	RTSP	408 DESCRIBE rtsp://192.168.1.44:88/videoMain RTSP/1.0
67	7.66444900	192.168.1.44	192.168.1.3	RTSP	231 Reply: RTSP/1.0 401 Unauthorized
68	7.71818000	192.168.1.3	192.168.1.44	TCP	54 50030-88 [ACK] Seq=590 Ack=507 win=65024 Len=0
508	49.2877290	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	143 M-SEARCH * HTTP/1.1
562	54.3006390	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	179 M-SEARCH * HTTP/1.1
1035	100.309733	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	143 M-SEARCH * HTTP/1.1
1079	105.324131	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	179 M-SEARCH * HTTP/1.1
1464	153.847339	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	143 M-SEARCH * HTTP/1.1
1492	158.864785	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	179 M-SEARCH * HTTP/1.1
1931	214.283190	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	143 M-SEARCH * HTTP/1.1
1961	219.304343	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	179 M-SEARCH * HTTP/1.1
2465	272.742965	192.168.1.44	239.255.255.250	SSDP	143 M-SEARCH * HTTP/1.1

Destination Port: 88 (88)	
[Stream index: 0]	
[TCP Segment Len: 354]	
Sequence number: 236	(relative sequence number)
[Next sequence number: 590	(relative sequence number)]
Acknowledgment number: 330	(relative ack number)
Header Length: 20 bytes	
[.... 0000 0001 1000 = Flags: 0x018 (PSH, ACK)]	
window size value: 255	
[Calculated window size: 65280]	
[window size scaling factor: 256]	
[Checksum: 0x84fc [validation disabled]]	
urgent pointer: 0	
[SEQ/ACK analysis]	
Real Time Streaming Protocol	
Request: DESCRIBE rtsp://192.168.1.44:88/videoMain RTSP/1.0\r\n	

Şekil 5.7 WireShark

Şekil 5.3'te WireShark tarafından yakalanan paketler görülebilmektedir. WireShark ağ paketlerini sınıflandırarak hata analizini ve gerçekleştirmeyi kolaylaştırmıştır.

5.3.2 Otomatik Test Sistemleri

Otomatik test sistemleri genelde bir yazılımın ve ya donanımın belli durumlarda verdiği çıktıyı kontrol eden cihazlardır. Bu işlemlerin yapılabilmesi için verilen bir girdiye dönülen sonuç kontrol edilmelecektir.

Uydu alıcısı gibi tüketici elektroniği cihazlarında otomatik testçiler, kumanda tuşlarının belli bir betikte sağlanmasının ve girdi olarak verilmesinin ardından, bu girdilere verilen sonuçların görüntü işleme ya da çıktı parse etme gibi teknikler kullanılarak projeye dahil edilmişlerdir. Görüntü işleme ya da çıktı parse etme ile elde edilen sonuçlar, olması gereken çıktılar ile karşılaştırılarak kullanıcılara ya da sorumlulara bilgi mahiyetinde verilmektedir.

Otomatik test sistemleri aynı anda birden çok cihazın test edilebilmesinde kullanılarak iş kazancı sağlamış ve aynı zamanda da güvenilirliği artırmıştır. Bir kere programlandıklarında, yeni bir menü ya da fonksiyonellik gelmez ise defalarca kullanılabilirler.

6. SONUÇ

Bu tezde, SAT>IP mimarisinde yer alan protokoller, kullanılan cihazlar ve senaryoları, sayısal yayıncılık ilkelerinin gerekliliği ve SAT>IP ile birlikte doğrulması, ağ üzerinden veri iletimi ve akışları, SAT>IP protokolündeki ağ haberleşmeleri ve izleyiciye kadar ulaşmasında kat ettiği yollar ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Anlatılan tüm bilgiler ışığında, bir SAT>IP istemci yazılımı Vestel uydu alıcı cihaz üzerinde uydu anten girişi ve fiziksel kanal bulucu gerçekleştirimi olmaksızın tasarlanarak oluşturulmuş ve SAT>IP sunucusuna SAT>IP protokolü üzerinden bağlanılarak fiziksel kanal bulucu ve herhangi bir uydu anten girişi olmadan da uydu yayınlarının izlenebileceği gösterilmiştir.

Gerçekleştirilen istemci yazılımının herhangi bir uydu alıcı üzerinde fiziksel kanal bulucu ve uydu anten girişi olmaksızın çalışabilmesi göstermektedir ki, uydu yayınları bir sunucu tarafından protokole uygun şekilde servis edildiği takdirde ağ içinde bağlı bulunan cihazlar, görüntü alma yeteneğine sahip hale gelmişlerdir. Böylece canlı yayın alması istenen cihazlar için kanal bulucu maliyetinin olmaması sağlanmıştır. Ayrıca akıllı telefonlarda da uydu bağımsız şekilde canlı yayın izlenme imkanı tanınmıştır.

Sadece uydu için değil, gelecekte bu protokol tanımı Sayısal Kablolu ve Karasal yayınlarda da kullanılabilecektir. Çünkü SAT>IP istemci yazılım gerçekleştirimi göstermiştir ki SAT>IP spesifik fonksiyonellik çok büyük oranda Adaptasyon Katmanı'nda gerçekleştirilmiştir. Böylece diğer yayın standartlarında da benzer teknolojinin kullanılması için engeller ortadan kalkmıştır. Tezin devamında böyle bir konuya değinilerek yeni fikirler ve gerçekleştirmeler ortaya atılabilir.

Şu an çok popüler olmasa da Google Android TV ve WebOS gibi pek çok uygulama tabanlı işletim sistemi gelecekte hakettikleri yere ulaşacaktır. Bu tip sistemlerde SAT>IP'nin çalışması çok daha kolay olacaktır. Zira Google PlayStore gibi popüler marketlerden sadece bir aplikasyon yükleyerek cihazınızı SAT>IP istemciye ya da sunucuya çevirmiş olacaksınız.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Balikesir Üniversitesi**, “Gelişen Haberleşme Teknolojileri, Sayısal Televizyon Yayıncılığı” , http://w3.balikesir.edu.tr/~myuksek/dersnotu/GHT2009_1.pdf (Erişim tarihi: 29.09.2013)
- Bekiaris, E., Gemou, M. & Kalogirou, K.**, 2010, “Embedded User Interface for Mobile Applications to Satisfy Design for All Principles” (Erişim Tarihi: 24.04.2015)
- Boynudelik, U.**, 2012, “Analog Yayına Elveda”. <http://www.tivology.com/2012/12/analog-yayina-elveda-da-geri-sayim-basladi/> (Erişim tarihi: 06.10.2013)
- DifferencesBetween.com**, “Difference Between MPEG2 and MPEG4”, <http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-mpeg2-and-mpeg4> (Erişim tarihi: 14.10.2013)
- DVB.ORG**, “About DVB”, <http://www.dvb.org/> (Erişim tarihi: 14.10.2013)
- DVB.ORG**, 2009, DVB IP Standard: ETSI TS 102 034 V1.4. 1, “Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks”. (Erişim tarihi: 03.03.2015)
- EECatalog.com**, Consumer Electronics, <http://eecatalog.com/consumerelectronics/> (Erişim Tarihi: 02.04.2015)
- Goltermann, W.** , vol. 6, “Pocket Guide to MPEG-2 Fundamentals and Testing” (Erişim Tarihi: 23.03.2015)
- Hoffman, D., Fernando, G., Goyal, V. & Civanlar, M.**, 1998, “RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video”
- Hunold, M.** , 2005, Linux DVB API Version 4, http://elinux.org/images/1/13/Celf_linux_dvb_v4.pdf (Erişim Tarihi: 27.04.2015)

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

IETF Network Working Group, Request for Comments No: 2326, “RTSP: Real Time Streaming Protocol” , <http://www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt> (Erişim tarihi: 18.10.2013)

IETF Network Working Group, Request for Comments No: 3550, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications” , <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt> (Erişim tarihi: 18.10.2013)

Inverto, <http://www.inverto.tv/> (Erişim Tarihi: 12.03.2015)

Lyngsat, “Turksat Transponders” , <http://www.lyngsat.com/Turksat-2A-3A.html> (Erişim Tarihi: 12.03.2015)

Microsemi, 2011, “Understanding 802.3at, PoE Plus”

Microsoft TechNet, “RTSP protokolünü kullanma”, [https://technet.microsoft.com/tr-tr/library/cc770781\(v=ws.10\).aspx](https://technet.microsoft.com/tr-tr/library/cc770781(v=ws.10).aspx) (Erişim tarihi: 15.09.2013)

Pehlivanlı, Ş., 2010, “Karasal Yayıncılığa Geçişte Kullanılacak Verici Sistemlerin Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi”.

RTÜK, “Sayısal Yayıncılık ve Sayısal Yayıncılık ile ilgili genel bilgiler”, http://www.rtuk.org.tr/sayfalar/icerikgoster.aspx?icerik_id=a5740d4c-7a64-494f-8535-550e9e5f55d9 (Erişim tarihi: 08.09.2013)

SES, 2012, “SAT>IP Protocol Specification”

SES, “SAT>IP RTSP Message Flows” http://www.satip.info/sites/satip/files/resource/satip_rtsp_message_flows_ve_rision_1_0.pdf (Erişim tarihi: 03.12.2014)

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

SES, “SAT>IP White Paper” <http://www.ses.com/11193301/SATIP-White-Paper.pdf> (Erişim tarihi: 03.03.2015)

Sun, Z., Howarth, M.P., Cruickshank, H. & Iyengar S., 2003, “Networking Issues in IP Multicast over Satellite”

Tizen.org, “The OS of Everything”, <https://www.tizen.org/> (Erişim Tarihi: 14.04.2015)

Tucker, A., 2000, “An Overview of Embedded Linux”

uPnP Forum, 2008, “uPnP Device Architecture”

Wikipedia, “DVB” , http://tr.wikipedia.org/wiki/Digital_Video_Broadcasting (Erişim tarihi: 14.09.2013)

Wikipedia, “DLNA” , <http://tr.wikipedia.org/wiki/DLNA> (Erişim tarihi: 19.10.2013)

Wikipedia, “Uygulama Tabakası” , http://tr.wikipedia.org/wiki/Uygulama_katmani (Erişim tarihi: 18.09.2013)

Wikipedia, “SAT>IP” , <https://en.wikipedia.org/wiki/Sat-IP>, (Erişim tarihi: 18.12.2014)

Wikipedia, “WebOS”, <http://en.wikipedia.org/wiki/WebOS> (Erişim Tarihi: 14.04.2015)

wi-fi.org, “Wi-Fi Knowledge Center”, <https://www.wi-fi.org/featured-topics> (Erişim tarihi: 16.10.2013)