T.C.

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu

SAYISAL YAYINCILIK TEKNOLOJİLERİNDEKİ GELİŞMELER VE FREKANS SPEKTRUMU KULLANIMI

ÜST KURUL UZMANLIK TEZİ

Şakir AĞIRBAŞLI

ANKARA

HAZİRAN/2017

T.C.

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu

SAYISAL YAYINCILIK TEKNOLOJİLERİNDEKİ GELİŞMELER VE FREKANS SPEKTRUMU KULLANIMI

ÜST KURUL UZMANLIK TEZİ

Şakir AĞIRBAŞLI

DANIŞMAN

DAİRE BAŞKAN V. Yasin YİĞİT

ANKARA

HAZİRAN/2017

RADYO VE TELEVİZYON ÜST KURULU BAŞKANLIĞINA

Bu çalışma, Tez Değerlendirme Komisyonu tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Adı Soyadı	İmza
Başkan	:	
Üye	:	
Üye	:	
Üye	:	
Üye	:	

ONAY
…./…./2017

Prof. Dr. İlhan YERLİKAYA
Üst Kurul Başkanı

TEZ TESLİM TUTANAĞI VE DOĞRULUK BEYANI

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Uzman Yardımcılığı Giriş ve Yeterlik Sınavları ile Uzmanlığa Atanma, Yetiştirilme, Görev, Yetki ve Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliğin 19 uncu maddesinin 4 üncü fıkrasına istinaden çıkartılan Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Tez Hazırlama Yönergesi'ne uygun olarak hazırlamış olduğum uzmanlık tezi ilişikte sunulmuştur.

Bu uzmanlık tezindeki bütün bilgileri akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplayıp sunduğumu; ayrıca, bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

…/06/2017
Şakir AĞIRBAŞLI
Üst Kurul Uzman Yardımcısı
Sayısal Yayıncılık Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Frekans Spektrumu Kullanımı

EK:

1- Tez (2 Adet)
2- CD (1 Adet)

Tezi Teslim Alan
Daire Başkanı

.../06/2017

ÖNSÖZ

"Sayısal Yayıncılık Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Frekans Spektrumu Kullanımı" isimli bu tez çalışmasında, karasal sayısal televizyon yayıncılığı, mobil haberleşme ve mobil yayıncılıktaki gelişmeler hakkında en güncel bilgiler verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca sayısal pay konusuna ilişkin olarak uluslararası alanda alınmış olan kararlar incelenmiş ve bu kararların mevcut televizyon yayıncılık teknolojileri üzerindeki etkisinden bahsedilmiş olup Türkiye'nin de içinde bulunduğu birçok ülkeye ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmanın gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Çalışmalarım boyunca her türlü konuda yardımcı olan tez danışmanım Sayın Yasin YİĞİT'e ve çalışmalarım sırasında manevi desteklerini esirgemeyip her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ I
İÇİNDEKİLER II
KISALTMALAR LİSTESİ V
ŞEKİLLER LİSTESİ IX
TABLOLAR LİSTESİ X
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM
FREKANS SPEKTRUMU

1.1 FREKANS SPEKTRUMU KAVRAMI 8

1.2 FREKANS SPEKTRUMU YÖNETİMİ 12
1.2.1 Spektrum Yönetiminin Amaçları 14
1.2.2 Spektrumun Ekonomik Değeri 16
1.2.3 Frekans Spektrumunda Koordinasyon 19

1.3 FREKANS SPEKTRUMUNU ETKİLEYEN DEĞİŞİKLİKLER 22
1.3.1 Yayıncılık Teknolojilerindeki Yenilikler 23
1.3.2 Sıkıştırma Teknolojileri 29
1.3.2.1 MPEG 4 / H.264 Video Sıkıştırma Teknolojisi 30
1.3.2.2 H.265-HEVC Video Sıkıştırma Teknolojisi 32
1.3.3 Sayısal Pay (Digital Dividend) 35

İKİNCİ BÖLÜM
KARASAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI

2.1 ANALOG TELEVİZYON YAYINCILIĞI 42
2.1.1 NTSC 43
2.1.2 PAL 44
2.1.3 SECAM 44

2.2 SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI 45
2.2.1 Sayısal Yayıncılık Tekniği 48
2.2.1.1 Sayısal Görüntünün Üretilmesi ve İletilmesi 48
2.2.1.2 COFDM Kipleme Tekniği 51

2.2.1.3 Sayısal Televizyon İşaretlerinin Çoğullanması 54
2.2.1.4 Tek Frekans Ağı (Single Frequency Network-SFN) 54
2.2.2 Karasal Sayısal Yayıncılık Standartları 55
2.2.2.1 DVB-T/T2 55
2.2.2.2 ATSC 58
2.2.2.3 ISDB-T 59
2.2.2.4 DTMB 60

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
MOBİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

3.1 BİRİNCİ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ 63
3.2 İKİNCİ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ 64
3.3 ÜÇÜNCÜ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ 65
3.4 DÖRDÜNCÜ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ 66
3.4.1 LTE (Long Term Evolution – Uzun Süreli Gelişim) 67
3.4.1.1 İleri LTE Teknolojileri (LTE-Advanced) 69
3.4.1.2 LTE Şebeke Mimarisi 71
3.4.2. WiMAX 74
3.5 BEŞİNCİ NESİL HABERLEŞME SİSTEMLERİ 75

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
MOBİL YAYINCILIK

4.1 MOBİL YAYINCILIĞIN GELECEĞİ 79
4.2 MOBİL YAYINCILIK STANDARTLARI 84
4.2.1 eMBMS/MBMS – LTE Üzerinden Yayıncılık 85
4.2.1.1 eMBMS Mimarisi 87
4.2.1.2 eMBMS Teknolojisinin Değerlendirilmesi 89
4.2.2 DVB-H 92
4.2.3 DVB-T2 Lite 93
4.2.4 ISDB-Tmm 96
4.2.5 ATSC-M/H 97
4.2.6 Media FLO 98
4.2.7 1-Seg/One Seg 99

4.2.8 DVB-SH 100
4.2.9 CMMB 102
4.2.10 LTE Mobile Offload 103

BEŞİNCİ BÖLÜM
ÜLKE DEĞERLENDİRMELERİ

5.1 TÜRKİYE 105
5.2 FRANSA 106
5.3 ALMANYA 108
5.4 İNGİLTERE 109
5.5 AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ 111
5.6 JAPONYA 112
5.7 İTALYA 113
5.8 İSPANYA 115
5.9 ÇİN 116
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 118
KAYNAKÇA 123
ÖZET 129
ABSTRACT 130
ÖZGEÇMİŞ 131

KISALTMALAR LİSTESİ

A.g.	Adı Geçen
A.g.k.	Adı Geçen Kaynak
AMS	Hava Mobil Hizmeti
APT	Asia-Pasific Telecommunity
ATSC	Advanced Television Systems Committee
AVC	Advanced Video Coding
BM-SC	The Broadcast Multicast Service Center
BS	Yayıncılık İstasyonu
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CERP	European Committee for Postal Regulation
CITEL	Commission for Inter-American Telecommunications
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
COM-ITU	The Committee for ITU Policy
CPM	Conference Preparatory Meeting
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
DCT	Discrete Cosine Transform
DRM	Digital Rights Management
DVB	Digital Video Broadcasting
EBU	European Broadcasting Union
ECC	Electronic Communications Committee
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EMBMS	Evolved Multimedia Broadcast/Multicast Service
ENB	Evolved Node B

EPC	Evolved Packet Core
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
E-UTRAN	Evolved Terrestrial Radio Access Network
FDD	Frequency-Division Duplexing
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FFT	Fast Fourier Transform
FPS	Frame Per Second
FS	Sabit Servisler
FSS	Sabit Uydu Servisi
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GSMA	The Global System for Mobile Communications Association
HD	High-Definition
HEVC	High Efficiency Video Coding
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
ITU-D	International Telecommunication Union Development
ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunication
ITU-RR	International Telecommunication Union Radio Regulations
ITU-T	International Telecommunication Union Standardization
KARTEF	Karasal Sayısal Televizyon Frekans Planı
LTE	Long-Term Evolution
LTE-A	Long-Term Evolution Advanced

MBMS	Multimedia Broadcast/Multicast Service
MME	Mobility Management Entity
MPEG	The Moving Picture Experts Group
MS	Mobil İstasyon
MSS	Mobil Uydu Hizmetleri
NTSC	National Television System Committee
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
OTT	Over The Top
PAL	Phase Alternating Line
RNS(ARNS)	Hava Seyrüsefer Hizmetleri
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QOE	Quality of Experience
QOS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
RAS	Radyo Astronomi Servisleri
RLS	Radyo ile Konum Belirleme Servisi
RNS	Radyo Navigasyon Servisi
RTÜK	Radyo ve Televizyon Üst Kurulu
SECAM	Sequential Color with Memory
SFN	Single Frequency Network
SOS (s- E)	Uzay Çalışma Servisleri
SRS	Uzay Araştırma Servisi
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time-Division Duplexing
TDMB	Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UE	User Equipment

UHF	Ultra High Frequency
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VHF	Very High Frequency
WIFI	Wireless Fidelity
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: ITU RR tarafından belirlenmiş bölgeler 21
Şekil 2: İzleyici sayısının ortamlara göre değişimi 23
Şekil 3: IPTV abone sayısı ve yıllara göre yüzdesel değişim grafiği 27
Şekil 4: Uzamsal ve zamansal örnekleme 30
Şekil 5: 2012-2016 yılları arasında HEVC uyumlu cihaz sayısı değişimi 34
Şekil 6: Analog yayıncılık standartlarının kullanıldığı ülkeler 43
Şekil 7: Karasal Sayısal Televizyon Standartlarının Kullanımı 46
Şekil 8: Analog sinyalden sayısal (dijital) sinyale dönüşüm 49
Şekil 9: Analog sinyalin sayısala dönüştürülmesi 49
Şekil 10: Analog sinyalin sayısal dönüştürülmesi 50
Şekil 11: Tek Frekans Ağı 55
Şekil 12: Taşıyıcı Birleştirme 69
Şekil 13: LTE Şebeke Mimarisi 71
Şekil 14: UTRAN ve E-UTRAN mimarisindeki farklılıklar 73
Şekil 15: WiMAX mimarisi 74
Şekil 16: Mobil şebeke sayısının teknolojilere bağlı değişimi 77
Şekil 17: Mobil Haberleşme Standartlarının Cihaz Sayısına Bağlı Gelişimi 81
Şekil 18: Mobil Haberleşme Standartlarının Veri Miktarına Bağlı Gelişimi 82
Şekil 19: İnternet veri trafiğinin ve hizmetlerinin yıllara göre değişimi 83
Şekil 20: eMBMS mimarisi 87
Şekil 21: DVB-T2 sinyali ve LTE-A+ sinyali 103

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Frekans Tablosu ve Tahsis Edilen Servisler 9
Tablo 2: IPTV ve OTT yayıncılık hizmetlerinin farkları 28
Tablo 3: Farklı yayın tekniklerindeki kanal sayısı 33
Tablo 4: Bölgelere göre frekans spektrum ihtiyacı 37
Tablo 5: Nüfusa Göre Karasal Televizyon Kullanım Oranı 37
Tablo 6: Karasal Sayısal Yayıncılıkta Spektrum Gereksinimi 37
Tablo 7: 790-862 MHz frekans bantları için ihale bedelleri 39
Tablo 8: Karasal Sayısal Televizyon Yayıncılığının Parametreleri 47
Tablo 9: 2k ve 8k modlarına ait değişimi ifade eden tablo 53
Tablo 10: DVB-T ve DVB-T2 standartları arasındaki farklar 57
Tablo 11: Aynı C/N değeri için kanal iletim kapasitesinin değişimi 57
Tablo 12: Mobil Haberleşme Gelişimine Göre Değişen Parametreler 67
Tablo 13: LTE ve LTE-A Kullanıcı Ekipman Kategorileri 70
Tablo 14: Standarda bağlı mobil yayıncılık ortamları 84
Tablo 15: Deneme yayınlarına başlayan ülkeler 86
Tablo 16: Farklı kapsama alanlarına göre spektrum verimliliğinin değişimi 90
Tablo 17: DVB-T2 Lite Parametreleri 94

GİRİŞ

Yayıncılık, haberleşme teknolojilerinin gelişmeye başlaması, insanların içerik ve haber kaynaklarına ulaşma ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıyla birlikte toplumların vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Başlangıçta analog yöntemlerle hayatımıza giren yayıncılık, daha sonra sayısallaşmanın etkisine bağlı olarak çeşitlenmiş, daha nitelikli ve kaliteli hale gelmiştir.

Analog yayıncılıkta ses ve görüntü, analog işaretlerle iletilmektedir. Analog sinyaller, gürültüye karşı duyarlı olmakla birlikte enterferansa daha açık olduğu için yayın kalitesinde sürekliliği sağlamak her zaman mümkün olmamaktadır. Ayrıca analog yayın iletim tekniği yalnızca sabit alış için kullanılabilmektedir.

Analog yayıncılık tekniğinde, kanallar 6,7 veya 8 MHz aralığındadır ve bir kanaldan sadece bir tane yayın yapmak mümkündür. Bu sonuca bağlı olarak yapılabilecek yayın sayısı, kanal sayısı ile sınırlı hale gelmiştir.

Sayısal teknolojilerin gelişmesine paralel olarak, birçok alanda olduğu gibi yayıncılık alanında da değişimler yaşanmıştır. İleri seviyeli sıkıştırma teknikleri ve hata giderme algoritmaları gibi birçok teknikle, hem spektrumun daha verimli kullanımı gerçekleştirilmiş, hem de daha kaliteli yayın alışı mümkün hale gelmiştir. Ayrıca bir kanaldan birden fazla yayının iletilebilmesi sayesinde kanal kapasitesi de önemli ölçüde artırılmıştır. Kullanılan sıkıştırma tekniğine göre 1 kanaldan 1 yayın yerine çok sayıda standart veya yüksek çözünürlükte yayın iletebilmek mümkün hale gelmiştir. Bunun sonucunda, daha az frekans bandına ihtiyaç duyularak daha fazla yayın yapılmasına olanak sağlanmış ve ortaya çıkan yeni frekans bantları, farklı teknolojiler için kullanılabilir hale gelmiştir.

Bütün bu avantajlarının yanında sayısal yayıncılıkta SFN (Single Frequency Network-Tek Frekans Ağı) tekniği sayesinde, aynı kanalı kullanan yayınlar birbirini kuvvetlendirmekte ve aynı yerleşim yerinin farklı noktalarında farklı kanal kullanmaya ihtiyaç duyulmadan tek bir kanal ile yayın iletilebilmektedir. Sayısal yayıncılıkta ayrıca, daha düşük güçlü vericilerle daha geniş alanlara yayın yapılmasına olanak sağlanabilmektedir. [1] Bunların yanında sayısal yayıncılıkta çok sayıda sinyal birleştirilerek bir multipleks altında birden fazla yayın iletilmekte, aynı multipleks içinde farklı çözünürlükte yayın yapılabilmektedir.

Sayısal yayıncılığın sahip olduğu bu avantajlar neticesinde, dünyada sayısal televizyon yayıncılığına geçiş hızlanmış, birçok ülke geçiş takvimini ve planını önemli ölçüde tamamlamıştır. Ülkemizde de karasal sayısal televizyon yayıncılığı için 2013 yılında frekans ihaleleri yapılmış, ancak mahkemelerin çeşitli kararları neticesinde sırasıyla Ulusal (T1) Karasal Sayısal Televizyon Yayın Lisansı Sıralama İhaleleri, Bölgesel (T2) Karasal Sayısal Televizyon Yayın Lisansı Sıralama İhaleleri ve Yerel (T3) Karasal Sayısal Televizyon Yayın Lisansı Sıralama İhaleleri iptal edilmiştir. Mevcut durumda ülkemizde geçiş planları ve hazırlık çalışmaları yeniden başlamış olup, frekans ihalelerinin WRC 2015 sonrasında karasal yayıncılığa birinci öncelikli olarak tahsis edilen 470-694 MHz frekans bandı için tekrardan yapılması, 694-790 MHz bandının ise 2018 sonu itibariyle BTK'ye (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu) devredilmesi planlanmaktadır.

Karasal ortamda analog ve sayısal televizyon yayıncılığının yanında, gerek geniş bant teknolojilerinin gerekse mobil teknolojilerinin gelişimiyle birlikte yayıncılıkta "Yakınsama" olarak adlandırılan yeni bir kavram ortaya çıkmıştır. Yakınsama kavramı, başlangıçta birbiriyle bağımsız olan yayıncılık ve elektronik haberleşme teknolojilerinin, hem altyapı hem de hizmet olarak birbirinin sınırlarından içeri girmeleri olarak tanımlanabilmektedir.

[1] Ulaş Birgör ve Ümit Karaca, *Karasal Sayısal Yayın (Dijital TV),* TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 2007, s. 1.

Yakınsamanın etkisiyle birlikte yayıncılık içinde interaktivitenin (etkileşim) daha fazla yer aldığı, içeriğin geniş bir yelpazede sunulduğu, belli bir yayın akışından, zamandan ve mekândan bağımsız yayın ortamları ortaya çıkmıştır. Bu ortamların başında OTT TV (Over The Top Television) ve WEB TV gibi yayıncılık teknolojilerini içinde barındıran internet gelmektedir.

Belirli bir protokol veya standarda bağlı olmadan, ister sabit internet hatlarından, ister mobil şebekeler üzerinden erişim imkânı sağlaması gibi avantajları sayesinde internet yayıncılığı, son derece hızlı bir gelişim kaydetmektedir. Bu gelişimde sabit internet hatlarda fiber optik teknolojisinin, mobil haberleşmede ise LTE ve LTE-Advanced olarak ifade edilen dördüncü nesil haberleşme teknolojilerinin kullanılmasının büyük ölçüde katkısı bulunmaktadır. Artık son kullanıcı, bu gelişmeler sayesinde geleneksel yayıncılığın sunmuş olduğu kesintisiz ve kaliteli yayına internet üzerinden de ulaşabilmektedir. Sunulan bu hizmetin kullanıcılar tarafından çok fazla talep görmesi ve servis sağlayıcılar için de katma değerinin yüksek olmasından dolayı bu husus, "Frekans spektrumu yönetimi" için de önemli bir hale gelmiştir.

Frekans spektrum yönetiminde, spektrumun verimli ve ekonomik kullanılması son derece önemlidir. Bu hususlar çerçevesinde, karasal sayısal yayıncılığa ait frekans bantlarının bir kısmı mobil servislere ayrılmaktadır. Ayrılan bantların büyük bir kısmı haberleşme için tercih edilirken, bir kısmının da gelecekte farklı yayıncılık teknolojileri için aktif olarak kullanılması düşünülmektedir. Burada yayıncılık, doğrudan internet üzerinden hiçbir standarda bağlı olmadan yapılabileceği gibi, mobil yayıncılık standartlarıyla beraber de yapılabilecektir. Bu noktada, teknolojilerin mevcut durumunun ve geleceğinin değerlendirilmesinin, ülkemizin frekans planlaması açısından en önemli hususlardan biri olduğu düşünülmektedir.

Bu tez kapsamında, karasal sayısal televizyon yayıncılık tekniklerinin mevcut durumu, mobil yayıncılık teknolojilerinin gelişimi ile dünyadaki ve Türkiye'deki durum ele alınmış, yayıncılığa tahsis edilmiş olan frekans bantlarının geleceği konusunda uluslararası alanda alınmış kararlar ve diğer ülkelerin durumlarından

bahsedilmiştir. Bunun yanında, bu tez kapsamında yapılan araştırmalar ve çalışmalarda;

- Hâlihazırda RTÜK'e (Radyo ve Televizyon Üst Kurulu) tahsis edilmiş olan 470-694 MHz bandı ile 2018 sonu itibariyle BTK'ye devredilmesi planlanan 694-790 MHz frekans bandının mevcut durumunun ve gelecekteki kullanımının ortaya koyulması,

- 470-790 MHz frekans bandında kullanılabilecek farklı karasal ve mobil yayıncılık tekniklerinin incelenmesi,

- Mobil haberleşme teknolojilerinin gelişim sürecinin ve geleceğinin incelenmesi,

- Karasal sayısal yayıncılık, mobil yayıncılık, internet yayıncılığı ve sayısal pay açısından dünyadaki farklı ülkeler ile beraber Türkiye'deki durumun ortaya koyulması,

- Frekans bandını etkileyen teknolojik gelişmelerin ve uluslararası kararların incelenmesi ve Türkiye için önerilerde bulunulması,

amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında yöntem olarak "Kaynak Tarama Yöntemi" kullanılmış olup, bu yöntem ile güncel ve geriye dönük kaynakların taranarak araştırmanın tarihsel ve bilimsel gelişimi ele alınmaktadır.[2]

Kaynak tarama yöntemi, ön ve detaylı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır; ön tarama bölümünde konu başlıkları belirlenmekte, detaylı tarama kısmında ise tüm ana ve yardımcı kaynakların elde edilmesi amaçlanmaktadır.[3]

[2] Kazım Özdamar, *Modern Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 2003, s. 71.
[3] Mehtap Yıldız, *Araştırmalarda Kaynak Tarama Yöntemleri*, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005, s. 3.

Ön tarama ile konuya ilişkin daha önce gerçekleştirilen çalışmalar incelenerek konu başlıkları ve tezin kapsamı belirlenmiştir. Detaylı tarama adımında ise;

- ITU, EBU ve ABU gibi uluslararası kuruluşların,
- OFCOM gibi düzenleyici kuruluşların,
- ATSC, DVB ve ISDB gibi topluluk ve komitelerin,
- CISCO, Ericsson, Gatesair ve Samsung gibi şirketlerin,
- BTK gibi ulusal düzenleyici kuruluşların,

yanı sıra Üst Kurul bünyesinde de yapılmış olan tezler, araştırmalar ve raporlar ile birlikte çok sayıda farklı kaynaktan güncel veriler elde edilmiş olup, bu veriler "Tez Teslim Tutanağı ve Doğruluk Beyanı" bölümünde yer alan hususlar çerçevesinde teze aktarılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

FREKANS SPEKTRUMU

İnsanların bilgiye, bulunduğu ortamdan bağımsız olarak ve istediği anda ulaşma isteği arttıkça mobil haberleşme sistemlerine olan ilgi de artmaya başladı. Buna paralel olarak gerek mobil haberleşme sistemlerine ilişkin altyapı yatırımları gerekse bu sistemlere ayrılan frekans spektrumu daha stratejik hale gelmiştir. [4]

Frekans spektrumu doğal ve kıt bir kaynaktır. Kullanım açısından bakıldığında tükenilmeyen bir kaynak olmakla birlikte, kullanılabilir belirli bir alanı olması sebebiyle de kısıtlı bir kaynaktır. Frekans spektrumunun kıt bir kaynak olması sebebiyle bu kaynağın ne şekilde ve nasıl kullanılacağı hususları da son derece önemlidir. [5]

Frekans spektrumu yalnızca elektronik haberleşme için değil aynı zamanda analog/sayısal radyo ve televizyon yayıncılığı, amatör haberleşme, uydu haberleşmesi, yer/yön-navigasyon hizmetleri, askeri sistemler, seyrüsefer sistemleri, acil durum sistemleri gibi birçok alanda kullanılmakta ve spektrumda farklı frekans aralıkları bu hizmetler için tahsis edilmektedir.

Elektronik ve mobil haberleşmenin yanında bu kadar çok sayıda hizmetin kullanılması, frekans spektrumunun yönetimini daha karmaşık hale getirmekte, hatta bazı durumlarda frekans spektrumunda değişiklik yapma zorunluluğu doğurmaktadır.

[4] Yusuf Korhan Selek, Erhan İlhan ve Faruk Yayla, *Esnek Spektrum Yönetimi: Spektrum İhaleleri ve Spektrum Ticareti*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2010, s. 1.
[5] a.g.k., s. 1.

Frekans spektrumu yönetiminde genel olarak "Düzenle ve Kontrol Et" yönetim şekli uygulanmaktadır. Bu yönetim şeklinde prensip olarak devletin elektronik haberleşmeden sorumlu idaresi tarafından, frekans bandına hangi hizmet ve servislerin tahsis edileceği, bu tahsis edilen hizmet ve servislerin kim tarafından, nasıl kontrol edileceği hususu belirlenmektedir.[6]

Zaman içerisinde bu yönteme bağlı eksikliklerin görülmesiyle beraber "esnek spektrum" yönetimi olarak adlandırılan alternatif yöntemler ortaya çıkmış, bu yöntemler spektrum ticareti ve ihaleleri adı altında uygulamaya konulmuştur. [7]

Spektrum yönetiminde zaman içerisinde yaşanılan değişikliklerin yanında hizmetlerin de dönüşüme uğramasıyla birlikte frekans spektrumunda çeşitli değişiklikler yaşanmıştır. Analog teknolojilerden sayısal teknolojilere geçiş ve mobil haberleşmenin gelişimine paralel olarak artan spektrum ihtiyacı bu duruma örnek olarak gösterilebilir.

Bu gelişmelerin ortaya çıkmasında, izleme alışkanlıklarının değişmesi hususu önemli yer tutmaktadır. Ericsson firmasının yapmış olduğu bir araştırmada internete bağlı cihaz sayısı şu an 19 milyar civarında olduğu belirtilmekte ve bu rakamın 2020 yılında 50 milyarı bulacağı tahmin edilmektedir.[8] Bu noktada "ikincil ekran" olarak nitelendirilen akıllı telefon, tablet, bilgisayar gibi cihazların etkisiyle geleneksel yayıncılığın farklı bir noktaya doğru evrildiği görülmektedir.

[6] a.g.k., s. 12.
[7] a.g.k., s. 14.
[8] http://www.ericsson.com/openarticle/mwc-connected-devices_1686565587_c (23.03.2016)

1.1 FREKANS SPEKTRUMU KAVRAMI

Frekans spektrumu, X ışınları, radyo dalgaları, gama ışınları, mikrodalga, kızılötesi ve mor ötesi ışınları gibi pek çok yayınım ve ışın çeşidini içermektedir.[9] Frekans spektrumu aralık olarak 9 kHz'den başlayıp 3000 GHz'e kadar uzanabilmektedir. Ancak gerek teknolojik gelişmeler gerekse uluslararası alanda yapılan düzenlemeler ile birlikte bu aralıkların değişmesi ve kullanılabilir alanın genişlemesi de muhtemeldir.[10]

Radyo dalgaları üretebilen bir cihaz bir antene bağlandığında, üretilen radyo dalgaları anten aracılığıyla etrafa yayılır. Bu yayılan dalgalar başka bir anten tarafından alınabilirse iki farklı cihaz arasında bilgi akışı sağlanmış olur. Bu bilgiler frekans dalgalarının üzerine modüle edilir ve alıcı tarafında demodüle edilirse iki taraf arasında mesaj iletimi gerçekleştirilmiş olur. Bu iletim "Radyo Haberleşmesi" olarak adlandırılır.[11]

Frekans spektrumunda her frekans bandı daha önce de ifade edildiği üzere farklı servisler/hizmetler için kullanılabilir. Bu noktada frekans bantlarına bağlı olarak sinyalin özelliklerinin ve dalga boyunun da değişiklik göstermesi en büyük etkendir.

Karasal yayıncılık için, artık eskisi kadar tercih edilmiyor olsa da, 148-283 kHz ve 526-1606 kHz frekans aralığı kullanılabilmektedir. Bunun yanında VHF(Very High Frequency-Çok Yüksek Frekans) bandı yani 30-300 MHz frekans aralığı dünya genelinde analog ve karasal sayısal radyo yayıncılığı için kullanılmakla birlikte ülkemizde analog radyo yayıncılığı 87.5-108 MHz frekans bandı için

[9] Ömer Ertekin, *Frekans Spektrum Yönetimi ve Türkiye,* Ulaştırma Bakanlığı-Türkiye Ulusal Enformasyon Altyapısı Proje Ofisi, 1998, s. 5.
[10] Fazlı Kaybal, *700 MHz Bandı için Türkiye Önerileri*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2014, s. 7.
[11] Ö. Ertekin,1998, s. 6.

kullanılmaktadır.[12] Ayrıca bir dönem TRT tarafından VHF bandı 12. kanaldan sayısal radyo teknolojisiyle test yayını yapılmıştır.

UHF (Ultra High Frequency- Ultra Yüksek Frekans) bandı olarak ifade edilen ve 300 MHz ile 3GHz arasını kapsayan bant, analog/sayısal televizyon yayıncılığı, mobil haberleşme, uydu yayıncılığı, askeri/seyrüsefer haberleşmesi gibi farklı alanlarda kullanılabilmektedir. Yine UHF bandı içerisinde yer alan 470-790 MHz frekans bandı (21-60. Kanallar) ülkemizde karasal televizyon yayıncılık servislerinde kullanılmakta olup 2018 yılının sonu itibariyle 694-790 MHz bandının mobil hizmetlere tahsisi planlanmaktadır.

Frekans yükseldikçe kısa mesafelerde daha yüksek veri hızlarına erişmek mümkündür. Ancak daha düşük frekanslarda daha geniş kapsama alanlarına ulaşılırken hızda düşüş yaşanmaktadır. Bunun yanında frekans yükseldikçe radyo dalgaları dağ, tepe gibi yeryüzü şekillerinden, binalardan daha kolay etkilenmekte, yansıma olasılığı daha fazla olmakta ve yağmur, kar gibi hava şartlarında kapsama alanında sınırlama etkisi görülmektedir. [13]

Tablo 1'de WRC'de (World Radiocommunication Conference - Dünya Radyokomunikasyon Konferansı) 2015 sonrasında belirlenmiş olan frekans bantlarının hangi amaçla kullanıldığı detaylı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 1 :Frekans Tablosu ve Tahsis Edilen Servisler

Frekans Bantları	Tahsis Edilen Servis/Hizmet
470-694/698 MHz Aralığı	Yayıncılık Servisi (BS)
	Mobil Servisi (MS)
	Hava Seyrüsefer Hizmetleri - (ARNS)
	Sabit servisler (FS)
	Radyo Astronomi servileri (RAS)

[12] a.g.k., s. 6.
[13] a.g.k., s. 6.

Frekans Bantları	Tahsis Edilen Servis/Hizmet
	Mobil uydu hizmetleri (MSS)
	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
	Uzay Çalışma Servisleri (SOS (s-E))
1 350-1 400 MHz Aralığı	Radyo Astronomi servileri (RAS)
	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
	Sabit servisler (FS)
	Uzay Araştırma Servisi (SRS)
	Yer Keşif Uydu Sistemleri (EESS)
1 427-1 452 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
	Uzay Çalışma Servisleri (SOS (E-s))
1 452-1 492 MHz Aralığı	Yayıncılık Servisi (BS)
	Sabit servisler (FS)
	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
	Uydu Yayıncılığı Servisi (BSS)
1 492-1 518 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
1 518-1 525 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
	Mobil uydu hizmetleri (MSS)
1 695-1 710 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Yer Keşif Uydu Sistemleri (EESS)
	METSAT (s-E)
	METAID
2 025-2 110 MHz ve 2 200-2 290 MHz Aralığı	Uzay Çalışma Servisleri (SOS (E-s))
	Yer Keşif Uydu Sistemleri (EESS)
	Sabit servisler (FS)
	Mobil İstasyon (MS)
	Uzay Araştırma Servisi (SRS)
2 700-2 900 MHz Aralığı	RLS, ARNS, MRNS
3 300-3 400 MHz Aralığı	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
	Sabit servisler (FS)
	Amatör

Frekans Bantları	Tahsis Edilen Servis/Hizmet
	Radyo Navigasyon Servisi
3 400-3 600 MHz (Aralığı)	Sabit servisler (FS)
	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
	Sabit Uydu Servisi (FSS)
	-
	Amatör
3 600-3 800 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Sabit Uydu Servisi (FSS)
	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
3 800-4 200 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Sabit Uydu Servisi (FSS)
4 400-4 500 MHz Aralığı	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
	Sabit servisler (FS)
4 500-4 800 MHz Aralığı	Sabit Uydu Servisi (FSS)
	Sabit servisler (FS)
	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
4 800-5 000 MHz Aralığı	Hava Mobil Hizmeti (AMS)
	Radyo Astronomi servileri (RAS)
	Yer Uydu Haberleşme (EESS)
	Uzay Araştırma Servisi (SRS)
	Sabit servisler (FS)
5 350-5 470 MHz Aralığı	Radyo Navigasyon Servisi (RNS)
	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
	Uzay Araştırma Servisi (SRS)
	Yer Uydu Haberleşme (EESS)
5 725-5 850 MHz Aralığı	Radyo ile konum belirleme servisi (RLS)
	Sabit servisler (FS)
	Amatör
	Amatör
	Sabit Uydu Servisi (FSS)
5 925-6 425 MHz Aralığı	Sabit servisler (FS)
	Sabit Uydu Servisi (FSS)

1.2 FREKANS SPEKTRUMU YÖNETİMİ

Frekans spektrumunun, gelişen teknolojiyle birlikte farklı hizmetler için kullanılması sonucu, frekans spektrumu yönetimi bir hayli önemli ve stratejik hale gelmiştir. Bu noktada, spektrumun etkin, verimli ve doğru yönetilmesi ekonomik açıdan da önem arz etmektedir. Teknolojinin hızlı gelişimi ve insanların mobil haberleşmeye olan ilgisi neticesinde, her bir frekans bandının daha nitelikli ve daha değerli hizmetlerde kullanılması için, ülkeler tarafından farklı stratejiler belirlenmektedir.

Bugün frekans bantları yayıncılık ve elektronik haberleşme hizmetlerinde kullanıldığı gibi yeri geldiğinde acil yardım servislerinde, bilimsel ve askeri amaçlar için de kullanılabilmektedir. Bundan dolayı ülkeler bir yandan rekabetin sürekliliğini sağlamaya çalışırken diğer yandan farklı ihtiyaçlara da karşılık vermeye çalışmaktadır.

Teknolojik gelişmeler ve kullanıcı eğilimleri gibi sebeplerden dolayı dünya ülkelerinde spektrumun etkin ve esnek kullanımına olanak tanıyan yeni yöntemler üzerinde durulmaktadır. Genellikle bu çalışmalar spektrumun serbestleşmesi ve spektrum ticareti olarak iki başlık altında toplanmaktadır. [14]

Spektrum serbestleşmesi kavramı, spektrumun kullanılması işleminde gereksiz işlemlerin, bürokrasinin ve kısıtlamaların mümkün olduğunca azaltılması veya kaldırılmasıyla beraber spektrumun kullanımının teknolojinin ve hizmetin tanımından bağımsız hale gelmesini ifade etmektedir. [15]

Spektrum ticareti ise spektrumun etkin ve esnek kullanımı adına farklı frekans bantlarındaki farklı kullanıcılara/şirketlere ait frekans bantlarının transferi olarak ifade

[14] K. Kaya Paçacı, N. Güler Alpay, Nedim Uçar ve Mahmut Kazancı, *Spektrumda Serbestleşme Ve Yeni Eğilimler*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2008, s. 11.
[15] a.g.k., s. 11.

edilmektedir. Spektrum serbestleşmesi ve spektrum ticareti olarak ifade edilen spektrum reformu uygulamasını ilk başlatan ülkeler arasında Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Yeni Zelanda yer almaktadır.[16]

Spektrum idaresi, hem yerel hem uluslararası koordinasyon çerçevesinde spektrumun teknik yöntemler ve yaklaşımlara uygun olarak kullanıcılara ve servislere göre enterferanssız/girişimsiz olarak kullandırılması anlamına gelmektedir. Frekans spektrumunun yönetimi, geçmişte daha az servisin olması ve teknolojik cihazların kapasitelerinin gelişmemiş olması nedeniyle oldukça basitti. Ancak teknolojinin gelişimi ile birlikte hizmetler çeşitlenmiş ve artan veri trafiği neticesinde frekans spektrumuna olan ihtiyaç da artmıştır. Bunun sonucunda spektrum idaresi de karmaşıklaşmış ve spektrum idaresinin daha stratejik ve etkin yönetimi hususu kaçınılmaz hale gelmiştir. [17]

Spektrum yönetimi; kullanılacak servisler için yetkilendirilmenin yapılması, bu servisler için ne kadar frekans bandının kullanılacağının belirlenmesi, tahsisi yapılan servisin denetiminin gerçekleştirilmesi ve uluslararası alanda koordinasyon gibi pek çok uygulamadan meydana gelmektedir.[18]

Spektrumun yönetilmesinde, enterferansın önlenmesi ve çok sayıda kullanıcıya erişme imkânının sağlanması ile birlikte verimli ve paylaşımcı bir kullanım da amaçlanmaktadır. Enterferansı önlemeye çalışırken komşu kanal kullanımlarının aralarında gereksiz aralıklar bırakmadan, ITU'nun (International Telecommunication Union - Uluslararası Telekomünikasyon Birliği) belirlemiş olduğu koruma aralığı ve kriterler de dikkate alınarak spektrum aralıkları belirlenmelidir. [19]

[16] a.g.k., s. 11.
[17] Y. K. Selek, E. İlhan ve F. Yayla, 2010, s. 6.
[18] K. K. Paçacı, N. G. Alpay, N. Uçar ve M. Kazancı, 2008, s. 11.
[19] a.g.k., s. 11.

Spektrum paylaşımı, spektrum yönetimindeki önemli konu başlıklarından biridir. Spektrumda olması gereken acil durum sistemleri gibi hayati önem taşıyan ancak yoğun ve ticari kullanımı bulunmayan servislerin, yoğun kullanılan diğer hizmetler ile frekans spektrumunu paylaşmasının neticesinde frekans spektrumu daha efektif kullanılmış olup, atıl olan kapasitenin de önüne geçilmiş olmaktadır.[20] Bununla birlikte bazı zamanlarda aynı frekansın birden fazla kullanıcı tarafından kullanılabildiği durumlar da görülebilmektedir. Örneğin UHF bandında yerel bir yayıncı ülkenin bir ucunda hizmet sunarken, ülkenin diğer bir ucunda yine aynı banttan ve kanaldan farklı bir yerel yayıncı hizmet verebilmektedir. [21]

Spektrum yönetiminde bir diğer önemli husus da teknolojik gelişmelerdir. Sıkıştırma teknolojileriyle aynı frekans bandında daha fazla bilgi veya daha dar frekans bandında aynı bilgi taşınabilmektedir. Bu durum frekans spektrumunun daha efektif bir şekilde kullanılabilmesini sağlamaktadır.

1.2.1 Spektrum Yönetiminin Amaçları

Ülkelerin frekans spektrum yönetiminde etkin ve başarılı olabilmesi için, gerek işin regülasyon tarafı ile uğraşan otoritenin gerekse frekans spektrumunu kullanan kurum ve kuruluşların, belirlenen ulusal hedefler çerçevesinde hareket etmesi gerekmektedir. İşin regülasyon tarafı ile uğraşan otoritesi frekans bandının kullanım amacını tanımlar, kullanıcı tarafı ise sahip oldukları hak ve yükümlülükleri bilerek ona uygun olarak adım atar. [22]

[20] J. M. Peha, *Sharing Spectrum through Spectrum Policy Reform and Cognitive Radi*, Proceedings of the IEEE, 2008, s. 2-3.
[21] Ö. Ertekin, 1998, s. 5-7.
[22] a.g.k., s. 8.

Genel itibariyle spektrum yönetiminde amaçlanan husus, ulusal hedeflere uygun olarak frekans spektrumunu paydaşların kullanımına etkin bir şekilde sunmaktır.

Spektrum yönetimi, hem kamu kuruluşlarının hem de özel sektörün ticari ve/veya kamusal fayda amaçlı olarak kullanmış olduğu frekans bantlarını yeterince ve zamanında tahsis edebilmelidir. Bunun yanında hem amatör amaçlı hem de araştırma-geliştirme amaçlı olarak frekans tahsisinin de yapılması gerekmektedir. Frekans spektrumunun etkin ve verimli kullanılması hususuna ilişkin ulusal hedefler aşağıdaki gibi gösterilebilir:[23]

- Hızlı, ekonomik ve etkin haberleşmenin sağlanması,
- Uydu, kablo ve karasal ortamlarda yayıncılığın sunulması, yayıncılık ortamı anlamında çeşitliliği temin etmek,
- Havacılık (seyrüsefer) hizmetlerine yönelik ihtiyaca uygun olarak tahsis ve altyapı çalışmaların yapılması,
- Altyapının ve servislerin gelişimini sağlayacak yeniliklerin desteklenmesi,
- Savunma ve istihbarat amaçlı olarak tahsisin yapılması,
- Regülasyonun etkin ve hakkaniyetli olması,
- Amatör kullanıcıların teşvik edilmesi,
- Acil durum sistemlerine yönelik tahsisin yapılması ve bu servislerin her zaman erişilebilir olması,

şeklindedir.

[23] a.g.k., s. 9.

Spektrum yönetimi, yukarıdaki maddelerden de görüleceği üzere geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte her bir kullanım alanının kendine özgü koşulları ve kullanım şartları bulunmaktadır. Tahsis ve kullanım bu şartlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Frekans spektrumunda temel öğe ulusal frekans planıdır. Bu planda yer alan hizmet ve servisler belli bir alanda belli bir koşul altında kullanılmak üzere ilgili kurum veya kuruluşa tahsis edilir. Bu tahsisin sınırları, teknolojik gelişmeler ve uluslararası kararlar neticesinde değişebilmektedir.

1.2.2 Spektrumun Ekonomik Değeri

Spektrum daha önce de ifade edildiği üzere sınırları olan bir kaynaktır. Frekans spektrumunda sunulan servisler kamuya ve insanlara yönelik hizmeti amaçladığı gibi ekonomik olarak da ülkeler için ciddi değer taşımaktadır.

Frekans spektrumunun ekonomik değerinin belirlenmesindeki genel kriterler şu şekilde belirlenmektedir:[24]

- Frekans spektrumundan elde edilen gelir,
- Fırsat maliyeti,
- İdare teşvik edici fiyatlandırma,
- Karşılaştırma,
- İhaleler.

[24] F. Kaybal, 2014, s. 9-10.

Burada “Gelir” kriteri frekans spektrumunda kullanılan hizmetten elde edilen geliri temsil etmektedir. Sunulan hizmetlerin karakteristiğine göre elde edilen gelirde farklılık göstermektedir. [25]

“Fırsat Maliyeti”, frekans spektrumunun en iyi alternatif serviste kullanılmamasından dolayı kaybedilen değer olarak tanımlanmaktadır. Örnek olarak hâlihazırda UHF bandından karasal sayısal yayıncılığın devam ettiği ve bu bandın mobil hizmetlere tahsis edilmediği durumda ortaya çıkan maliyet “Fırsat Maliyeti” olarak nitelendirilmektedir. [26]

“İdare teşvik edici fiyatlandırma” ise spektrumun ekonomik ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için eldeki frekans bandının uygun bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır.[27]

“Karşılaştırma” kriteri ise aynı servisin başka ülkelerdeki kullanımı ile kıyaslaması anlamına gelmektedir. İlgili frekans spektrumundan sunulan servisin ne kadar tercih edildiği, gelir modeli, teknolojik yeterliliği ve kapasitesi gibi unsurlar bu noktada ön plana çıkmaktadır. [28]

“İhale” konusu ise hizmete açılması istenen frekans bandının tahsisi için kullanılan yöntem olarak tanımlanmaktadır. [29]

Frekans spektrumunun değeri belirlenirken, gerek spektrumun doğasından kaynaklanan gerekse ülkelere veya bölgelere değişkenlik gösteren unsurlar ön plana çıkmaktadır. Spektrumun doğasından kaynaklanan ve spektrumun değerinin ortaya çıkmasında belirleyici olan içsel faktörler şu şekildedir:[30]

[25] a.g.k., s. 9-10.
[26] a.g.k., s. 9-10.
[27] a.g.k., s. 9-10.
[28] a.g.k., s. 9-10.
[29] a.g.k., s. 9-10.
[30] a.g.k., s. 10

- Kullanılacak servisin iletim karakteristiği,
- Frekans spektrumunun kullanımından kaynaklanan çeşitlilik,
- Küresel ve bölgesel koordinasyon ve uyumluluk,
- Uluslararası alanda alınan kararlar,
- Paylaşım kapasitesi.

Öte yandan ülkelere ve bölgelere özgü olarak ortaya çıkan dışsal faktörler ise şu şekilde ifade edilmektedir:[31]

- Fiziki ve topografik şartlar,
- Sosyal ve ekonomik etkenler,
- Genel politika ve stratejiler,

Yukarıda da görüleceği üzere içsel faktörler, ülkelerin inisiyatifinde olmayan, daha çok kullanılan teknolojinin karakteristiğine, kullanılan frekans spektrumunun özelliğine bağlı olarak değişirken, dışsal faktörler ise daha çok ülkelerin kendilerine has özelliklerdir.

Frekans spektrumu teori olarak her aralıkta kullanıma açık olmakla birlikte, uygulamada daha çok 6 GHz altı tercih edilmektedir. Bu noktada altyapı maliyetleri, ilgili frekans bandının iletim işlemlerinin teknik imkânlar ile yapılıp yapılamayacağı hususları ön plana çıkmaktadır. [32] Zamanla teknolojinin gelişimine bağlı olarak farklı haberleşme ve yayıncılık teknikleriyle beraber 6 GHz üstü frekans bandının kullanımı da öngörülmektedir.

[31] a.g.k., s. 10
[32] a.g.k., s. 10

1.2.3 Frekans Spektrumunda Koordinasyon

Uluslararası ve bölgesel koordinasyon konusu, frekans spektrumunun kıt bir kaynak olması ve ekonomi açısından çok önemli bir yere sahip olması nedeniyle, spektrum yönetimde temel konu başlıklarından biridir. Bu nedenle, koordinasyon hususu gerek uluslararası anlamda gerekse bölgesel anlamda ülkelerin düzenleyici kuruluşlarına ciddi sorumluluklar getirmektedir.

Frekans spektrumunda koordinasyon hususunda ülkeler, Birleşmiş Milletlerin telekomünikasyon konusundaki ilgili kuruluşu ITU ile koordineli olarak çalışırlar. Bunun yanında Avrupa bölgesi için, CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations - Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Birliği), Amerika kıtası için CITEL (Commission for Inter-American Telecommunications - Amerika Bölgesi Telekomünikasyon Komisyonu) Asya ve Pasifik bölgeleri için ise APT (Asia-Pasific Telecommunity – Asya Pasifik Telekomünikasyon Birliği) bölgesel koordinasyon konusunda çalışan kuruluşlardır. [33]

Uluslararası koordinasyonda genel çerçeve ITU tarafından belirlenmekte, ardından bölgesel kuruluşlar bu çerçeveye göre çalışmalarını detaylı hale getirmektedir. En sonunda ise ülkeler belirlenen bu politika ve genel çerçeve kapsamında düzenleme ve işbirliği yapmaktadır.[34]

ITU, Birleşmiş Milletlere bağlı olarak çalışan, 1865'de 20 Avrupa ülkesi tarafından kurulmuş, 2009 yılı itibariyle de 191 üye ülkeden ve 700'ün üzerinde sektör temsilcisinden oluşan uluslararası bir uzmanlık kurumudur. Uluslararası alanda frekans spektrumunun koordinasyonu, standardizasyonu ve teknolojik olarak gelişim konularında çalışmalar yapmaktadır.[35]

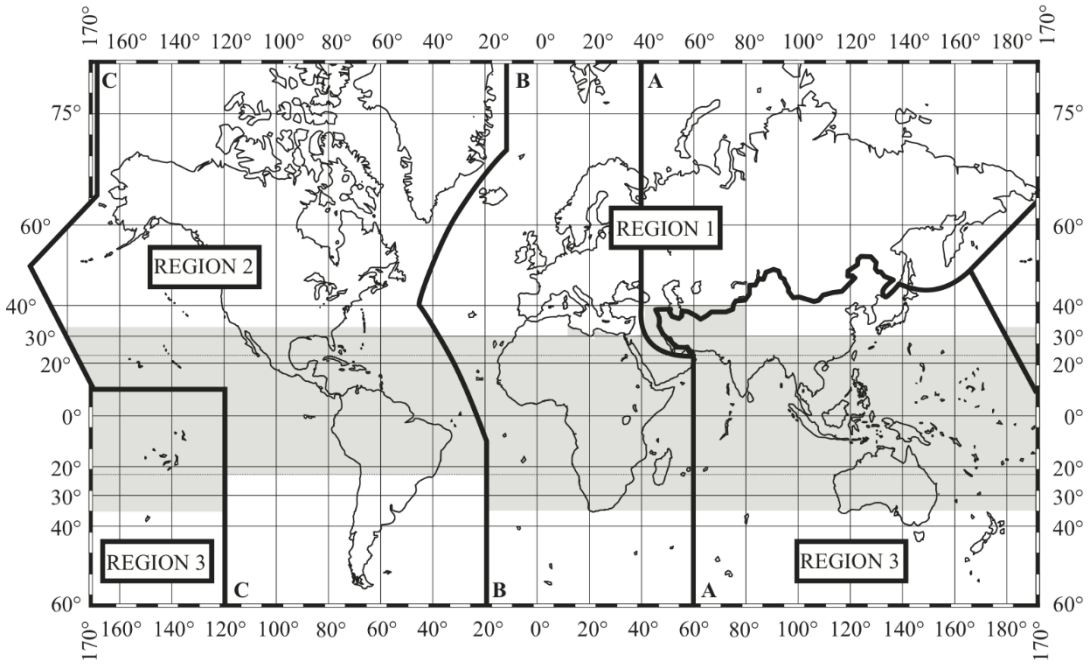
[33] K. K. Paçacı, N. G. Alpay, N. Uçar ve M. Kazancı, 2008, s. 17.
[34] a.g.k., s. 17.
[35] a.g.k., s. 16-17.

ITU, Radyokomunikasyon, Standardizasyon ve Kalkınma olarak 3 ayrı görevi yerine getiren birimlerden oluşmaktadır. ITU-R grubunda frekans spektrumunun yönetimi hususunda çalışma gruplarının oluşturularak, yaklaşık 4 bin katılımcının dâhil olduğu WRC toplantıları ve bu toplantılara hazırlıkların yapıldığı CPM (Conference Preparatory Meeting – Konferans Hazırlık Toplantısı) toplantılarıyla düzenleme, koordinasyon ve strateji belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca ITU-R tarafından radyo haberleşme sistemlerinin elektromanyetik girişimsiz çalışmasını garanti etmek ve hizmetlerin ihtiyacı olan spektrumu belirlemek için ITU-RR (ITU Radio Regulations – ITU Telsiz Tüzüğü) çalışması hazırlanır. ITU-RR, farklı hizmetlerin uyması gereken teknik ve operasyonel şartları belirleyerek onların elektromanyetik girişimsiz çalışmasını sağlamaktadır. [36]

Elektronik haberleşme altyapısında yer alan donanım ve teknolojilerin tanımlanması ITU-T grubu altında yapılmaktadır. ITU-D grubuyla ise gelişmekte olan veya gelişmemiş ülkelere teknik destek sağlanmakta, altyapı ve eğitim konularında ülkelere destek olunmaktadır. [37]

ITU'nun üyesi olan bütün devletlerdeki bağlayıcı olan düzenlemeleri; temel belge ve tamamlayıcısı sözleşme maddeleriyle beraber uluslararası haberleşme servislerini düzenleyen Telsiz Tüzüğü ve Uluslararası Telekomünikasyon Tüzüğü oluşturmaktadır. [38]

[36] http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/Pages/default.aspx (07/02/2017)
[37] a.g.k.
[38] K. K. Paçacı, N. G. Alpay, N. Uçar ve M. Kazancı, 2008, s. 17.



Şekil 1 : ITU RR tarafından belirlenmiş bölgeler[39]

Şekil 1'de ITU RR tarafından belirlenmiş olan 3 ayrı coğrafi bölge görülmektedir. Bölge-1'de (Region-1) Avrupa, Afrika ve Ortadoğu Ülkelerinin bir bölümü, BöIge-2'de (Region 2) Amerika Kıtası yer almakta, Bölge-3'de ise Asya ve Avustralya Kıtası yer almaktadır. Türkiye, Avrupa ülkeleriyle birlikte, Bölge-1'de bulunmaktadır.

Türkiye'nin de üyesi olduğu ve daha çok Bölge-1'deki ülkelerden oluşan CEPT, 26 Haziran 1959 yılında, Avrupa devletlerinin telekom, yayıncılık ve posta hizmetleri için koordinasyonu sağlamak amacıyla kurduğu bir birliktir. CEPT 48 üye ülkeden oluşmaktadır. 1959 yılında kurulmuş olan ETSI (European Telecommunications Standards Institute – Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü) adlı standardizasyon kuruluşunu da içinde barındırmaktadır. [40] ETSI her ne kadar başta bölgesel bir standardizasyon kuruluşu olsa da bugün itibariyle gelişen telekom ve mobil haberleşme alanında bütün dünyada önemli bir yere sahiptir.

[39] http://www.itu.int/net/ITU-R/information/promotion/e-flash/1/article4.html (07/02/2017)
[40] https://www.btk.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Posta-ve-Telekomunikasyon-Idareleri-Avrupa-Konferansi-CEPT (07/02/2017)

CEPT, üç ana bölümden oluşmakta olup:[41]

- ECC (Electronic Communications Committee) radyo haberleşme ve telekomünikasyon ile ilgili olarak,
- CERP (European Committee for Postal Regulation) postalama işlemleri ile ilgili olarak,
- Com ITU (The Committee for ITU Policy) CEPT'in ITU ile ilgili olan her türlü koordinasyonu ile ilgili olarak,

çalışmaktadır.

1.3 FREKANS SPEKTRUMUNU ETKİLEYEN DEĞİŞİKLİKLER

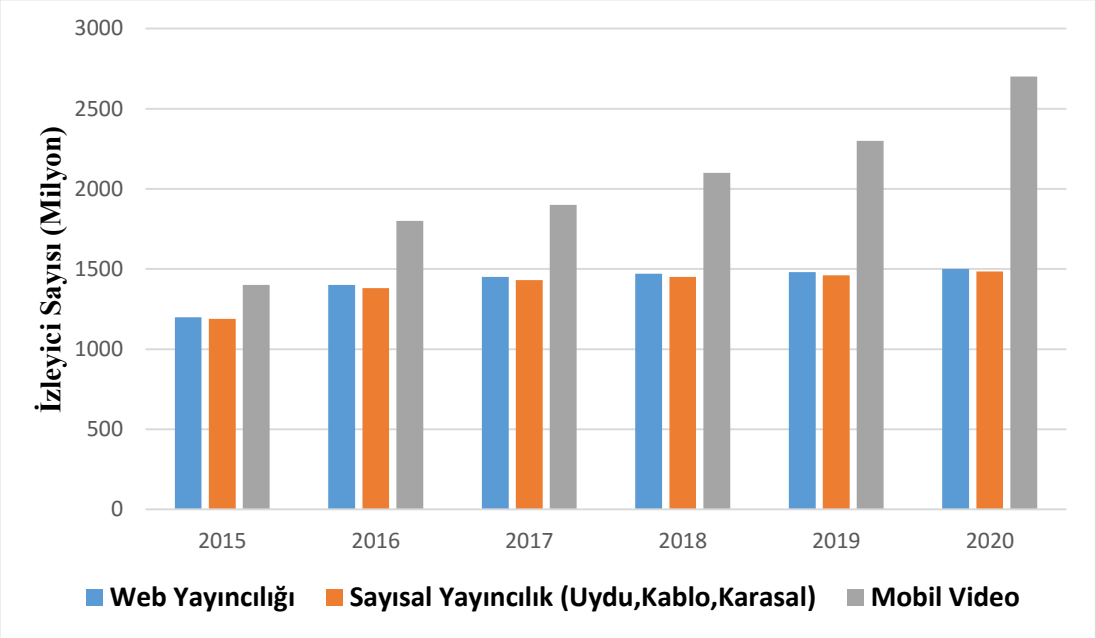
Haberleşme ve yayıncılık teknolojilerindeki gelişmeler, frekans spektrumunun hangi hizmetler için ne şekilde kullanılacağını belirlemektedir. Spektrum idaresindeki 3 ana faktörün etkisi (Frekans spektrumundan elde edilen gelir, fırsat maliyeti, karşılaştırma), uluslararası ve bölgesel koordinasyon toplantılarında alınan kararlar ve teknolojik gelişmeler neticesinde, frekans spektrumu tahsisinde değişiklikler olmaktadır.

Sıkıştırma teknolojilerinin gelişimi sonucunda ortaya çıkan frekans bantları, geniş bant internet teknolojisinin yaygınlaşması ve mobil haberleşme teknolojilerinin artan frekans ihtiyacı bu değişimin önemli tetikleyicilerindendir.

[41] F. Kaybal, 2014, s. 19-20.

1.3.1 Yayıncılık Teknolojilerindeki Yenilikler

Geniş bant internet teknolojilerinin gelişimiyle birlikte sunulan hizmetler, daha erişilebilir, daha ekonomik ve daha kaliteli hale gelmiştir. Yayıncılık, geniş bant internet teknolojisinin ve elektronik haberleşme teknolojilerinin gelişiminden en çok etkilenen alanların başında gelmektedir. Bu gelişim neticesinde istediği içeriği, istediği zamanda, istediği yerde, istediği elektronik cihaz üzerinden izlemek isteyen bir izleyici kesimi oluşmuştur.



Şekil 2: İzleyici sayısının ortamlara göre değişimi[42]

Şekil 2'de web, mobil ve geleneksel sayısal televizyon (uydu, kablo, karasal) platformlarındaki izleyici sayıları gösterilmektedir. Bu noktada izleyicilerin zamanla daha fazla mobil ortamdan video izlemeyi tercih ettikleri görülmektedir.

Hem mobil ortamdan video izlemenin gelişimi, hem de web yayıncılığının potansiyeli OTT, OTT TV gibi yeni kavramların ortaya çıkmasını sağlamıştır.

[42] Cisco, *The Zettabyte Era—Trends and Analysis*, 2016, s. 17.

OTT; içerik veya hizmet sağlayıcının kontrolünde bulunmayan, herhangi bir altyapı (açık internet ağı) üzerinden belli bir standarda bağlı kalmaksızın sunulan içerik veya hizmetleri kapsamaktadır. OTT (Over The Top), kendilerine ait altyapısı/erişim ağı olmayan servis veya hizmetlerin internet üzerinden kullanıcıya ulaşması yönüyle "Şebekeler Üstü Servisler" olarak tanımlanabilmektedir. OTT TV ise internet bağlantısı kurabilen herhangi bir cihaz aracılığıyla video içeriğinin internet üzerinden kullanıcıya doğrudan iletilmesidir.[43]

Tanımı açısından değerlendirildiğinde OTT TV, OTT hizmetlerinin bir alt kümesidir. OTT TV sadece yayıncılık alanını kapsarken OTT hizmetleri yayıncılığın yanında görüntülü konuşma (Skype, Viber…), mesajlaşma (Whatsapp, Hangouts…), bulut servisleri (iCloud, Dropbox, Box, Google Drive…)ve çevrimiçi müzik (Spotify, Apple Music, Tidal…) gibi uygulamaları da kapsamaktadır.

OTT servisleri farklı ve özelleşmiş bir altyapıya sahip olmadıkları için altyapı maliyetleri açısından IPTV'ye göre avantajlıdır. Ancak altyapının kontrol edilebilir olmaması nedeniyle servis kalitesi (QoS) garanti edilememektedir. Kullanıcı/izleyici ancak mevcut internet/mobil ağın olanak tanıdığı ölçüde o hizmetten yararlanabilmekte olup, kullanılan ağda tahsis edilmiş bir alan bulunmadığı için, kullanılan ağın veri trafiğinin de OTT servisi için uygun olması gerekir. [44]

OTT TV gelir anlamında çok önemli bir potansiyele sahiptir. Juniper Research adlı şirketin yapmış olduğu araştırmada 2014 yılı itibariyle 8 milyar doların altında olan OTT TV gelirlerinin, 2019 itibariyle 31.6 milyar dolara çıkması beklenmektedir.[45]

[43] Yaşar KODATKU, Over-The-Top (ott) Servislerinin Elektronik Haberleşme Sektörüne Etkileri, Düzenleyici Yaklaşımlar ve Türkiye İçin Öneriler, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2015, s. 4
[44] http://www.bthaber.com/yazarlar/iptv-ott-ve-televizyonun-gelecegi/1/14161 (11.05.2017)
[45] http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/ott-mobile-voice-revenues-to-top-$10bn-by-2020 (07/02/2016)

OTT TV teknik açıdan değerlendirildiğinde ise, Adobe Dynamic Streaming for Flash, Apple HTTP Adaptive Streaming, Microsoft Smooth Streaming, upLynk ve MPEG-DASH gibi adaptif yayın akış teknolojilerinin kullanıldığı görülmektedir. [46]

MPEG-DASH, açık kaynak kodlu olması ve sahip olduğu teknik avantajlar sebebiyle OTT TV yayıncılığında önemli bir yer tutmaktadır. MPEG-DASH, değişken hızda veri gönderimine (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) olanak sağlayan, geleneksel HTTP web sunucularından dağıtılan internet üzerinden yüksek kalitede medya içeriği akışına izin veren adaptif bir yayın akış tekniğidir.[47]

İçerik bir MPEG-DASH alıcısı tarafından oynatılırken, alıcı otomatik olarak alternatifler arasından bir sonraki segmenti indirmek için seçer ve şebeke koşullarının o andaki mevcut koşullarına göre oynatır. Alıcı, indirilebilecek hızın kesilerek düşmesi ve yeniden tamponlama olaylarına neden olmaksızın mümkün olan en yüksek bit oranındaki segmenti seçer. Böylece MPEG-DASH alıcısı, sorunsuz ve kesintisiz bir şekilde değişen şebeke koşullarına uyum sağlar. [48]

MPEG-DASH video akış tekniği, sadece belirli bir video sıkıştırma tekniğine bağlı olmayıp, MPEG-2, MPEG-4, HEVC (High Effiency Video Coding – Yüksek Verimli Video Kodlama) gibi farklı video sıkıştırma tekniklerini de kullanabilmektedir. Kullanıcı tecrübesini ölçmek (QOE – Quality of Experience) için raporlama altyapısını desteklemektedir. Bu raporlar dağıtıcı sunucuya ulaştırılır ve veriler reklam altyapısında kullanılabilir. Bunun yanında MPEG-DASH, Common Encryption (ISO/IEC 23001-7) sistemi ile farklı DRM (Digital Rights Management – Dijital Haklar Yönetimi) teknolojilerinin kullanılmasına olanak sağlar. [49]

[46] https://bitmovin.com/mpeg-dash-vs-apple-hls-vs-microsoft-smooth-streaming-vs-adobe-hds/ (11.05.2017)
[47] https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Adaptive_Streaming_over_HTTP (11.05.2017)
[48] a.g.k.
[49] http://tivilogy.com/2013/07/02/neden-mpeg-dash-kullanilmali.html (11.05.2017)

WEB TV, bilgisayar, tablet, notebook gibi internete bağlanabilen cihazlardan tarayıcı vasıtasıyla izlenebilen yayın türünü ifade etmektedir. Başlangıçta WEB TV, OTT TV'den daha net bir çizgiyle ayrılabiliyorken, televizyonların donanım ve yazılım kapasitelerinin gelişmesiyle birlikte bu ayrım ortadan kalkmaya başlamıştır. Dolayısıyla OTT TV ve WEB TV kavramı, bugün birçok uygulama için birbirinin yerine kullanılabilmektedir.

IPTV ise, video içeriğini, internet protokolü üzerinden belli bir servis kalitesiyle (QoS) sunan yayıncılık türüdür. En genel manada IPTV, geniş bant internette IP kullanmak suretiyle yayını iletmek olarak tanımlanabilir. [50] IPTV hizmetlerinde, yayın akışına/içeriğe ayrılmış ve sadece o hizmetin kullanabileceği ayrı bir bant genişliği mevcut olup, altyapı ve içerik uçtan uca altyapı işletmecisinin kontrolündedir. Bunun neticesinde son kullanıcıya/izleyiciye hem servis kalitesi (QoS) hem de deneyim kalitesi (QoE) sunulmaktadır.

IPTV servisi temel olarak beş birimden oluşmakta olup bu birimler; içerik/veri paketi, içeriğin yayına hazır hale getirildiği merkez, telekom omurgası, erişimin gerçekleştirildiği şebeke ve son kullanıcı noktasıdır.[51]

İzleyiciye iletilmek istenen içerik veya veri paketi, ilk olarak içerik sağlayıcı tarafından üretilir. Bu içerikler haber, spor, belgesel ve sinema türlerinde olabilir. İçerik, servis sağlayıcının abonelik ücreti dışında ekstra bir ücret talep etmediği bir seçeneğin yanında, "İzle-Öde" olarak satın alma veya kiralamaya dayalı bir seçenek ile de sunulabilir.[52]

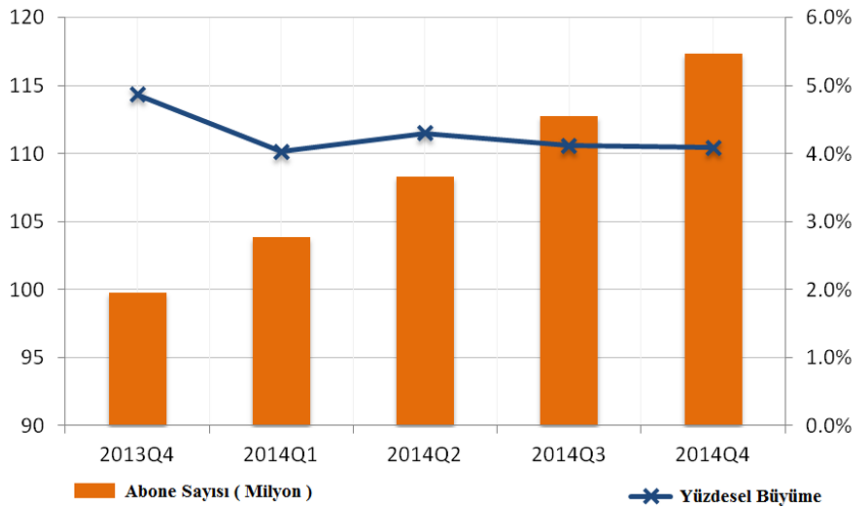
Oluşturulan içeriklerin IP tabanlı şebekeler vasıtasıyla iletilmesi için, yayın merkezleri gerekmektedir. Yayın merkezleri, alıcı sistemleri, kodlayıcı (Encoder), ara

[50] Serkan Çatak, *Türkiye'de IPTV'den Sosyal TV'ye Dönüşüm*, Marmara Üniversitesi, 2015, s. 48.
[51] RTÜK, "Birey eksenli interaktif yayıncılık: IPTV", Cebrail TAŞKIN, 2008, s. 41.
[52] a.g.k., s. 42.

yazılım (Middleware), güvenlik (CA/DRM) ve isteğe bağlı yayın içeriği (Video On Demand) gibi bileşenlerden oluşmaktadır. [53]

Telekom omurgası ve erişim altyapısındaki amaç, artık oluşturulmuş, kodlanmış ve şifrelenmiş içeriğin son kullanıcı tarafına aktarımını sağlamaktır. Ayrıca bu sunulan altyapı tek taraflı değildir. Aynı zamanda kullanıcı tarafından geri dönüşleri ve interaktiviteyi alabilecek şekilde çift taraflı olarak sunulmaktadır. [54] Bu iletim geniş bir alanda, uçtan uca altyapı hizmetlerinin sunulmasıyla mümkün olmaktadır.

Son kullanıcı noktasında, servis sağlayıcı tarafından altyapı üzerinden iletilen veri paketi, internet bağlı bir set üstü kutu (Set Top Box) vasıtasıyla alınmaktadır. Bu cihaz sayesinde gelen veri paketleri alınarak daha sonra içeriğe dönüştürülmekte, televizyon veya ekran ile bağlantı kurulmakta ve içeriğin görüntülenmesi sağlanmaktadır. Sonuç itibariyle yayın, telekom omurgası üzerinden gelen IP paketlerinin kodları çözülerek anlamlı hale getirilmesiyle son kullanıcıya/ izleyiciye aktarılmaktadır. [55]



Şekil 3 : IPTV abone sayısı ve yıllara göre yüzdesel değişim grafiği [56]

[53] a.g.k., s. 42.
[54] a.g.k., s. 52.
[55] a.g.k., s. 54-55.
[56] http://point-topic.com/free-analysis/global-iptv-subscriber-numbers-q4-2014/ (07/02/2016)

Şekil 3'de dünya çapında IPTV aboneliğinin çeyrek periyotlara göre değişimi gösterilmektedir. 2013 yılı sonu itibariyle 100 milyon abone sayısı 2014 sonu itibariyle %15 artarak 115 milyonun üzerinde bir rakama ulaşmıştır. Ayrıca BTK'nin yayınlamış olduğu 2016'nın son çeyrek verilerine göre Türkiye'deki toplam IPTV abone sayısı 831.905'tir.[57]

IPTV ve OTT yayıncılık hizmetleri temel olarak internet altyapısını kullanıyor olsa da gerek içerik iletimi, gerekse ağ yapısı gibi parametrelerle birbirinden ayrılmaktadır. Tablo 2'de IPTV ve OTT TV hizmetlerinin farkları ifade edilmektedir.

Tablo 2: IPTV ve OTT yayıncılık hizmetlerinin farkları[58]

Karşılaştırma Kategorileri	**OTT TV**	**IPTV**
İçeriğin İletimi	Açık ekosistem, yönetilmeyen ağ	Uçtan uca kontrol edilen ve kullanıma tahsisli ağ
Ağ Tipi	İçerik altyapının niteliğinden bağımsız olarak kullanıcıya/izleyiciye iletilir.	Kapalı ağ, belirli bir altyapı işletmecisi vasıtasıyla erişim sağlanır.
Hizmet Kalitesi	Servis kalitesi garanti edilmez, kullanılan bağlantının durumuna göre değişkenlik gösterir.	Servis Kalitesi garanti edilir.
Ağ Sahipliği	Servisler, altyapı yatırımıyla, niteliğiyle uğraşmaz.	Servisler, optimize edilmiş ve ayrıca tahsis edilmiş bant genişliği tarafından sağlanır.
Kullanılan Protokol	HTTP	Transport Stream (TS)
Servis Örnekleri	Youtube, Puhu TV, Blu TV, Netflix vb.	Tivibu, TURKCELL TV Plus.

[57] BTK, *Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü Üç Aylık Pazar Verileri Raporu*, 2016, s. 65.
[58] http://www.mediaentertainmentinfo.com/2013/04/2-concept-series-what-is-the-difference-between-ott-and-iptv.html/ (11/05/2017)

1.3.2 Sıkıştırma Teknolojileri

Videolar, çok sayıda görüntünün bir araya gelmesiyle oluşan ve bu görüntülerin ardıl bir şekilde sıralanmasıyla belirli bir hızda ilerleyen görüntülerin bütünü olarak nitelendirilebilir.

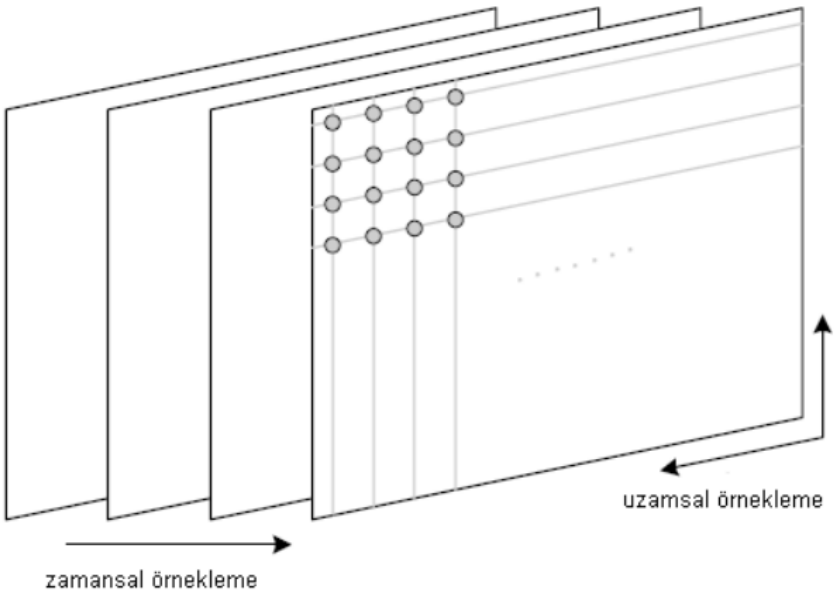
Video görüntüleri, çözünürlüğüne, kalitesine ve saniyede gösterim hızına bağlı olarak (FPS-Frame Per Second) hem yazılım anlamında hem de donanım anlamında önemli miktarda kaynak gerektirir. İçeriğin üretilerek izleyiciye ulaştırılması için video görüntüsünün optimize edilmesi, iletim esnasında kaynak kullanımı açısından oldukça önemlidir. Bu optimizasyon işlemi video görüntülerinin sıkıştırılmasıyla mümkün olmaktadır.

Video sıkıştırma teknolojileri, mümkün olduğunca az kayıpla, daha az geniş bant genişliği kullanarak veri depolama alanında daha az yer kaplamayı amaçlamaktadır. Bu sıkıştırma işlemlerini yapan araçlar "Codec" olarak isimlendirilmektedir. Codec yazılımları sıkıştırılmış ve şifrelenmiş olan veriyi yürütmeyi sağlarlar. Codec kelimesi, compressor (sıkıştırma) ve decompressor (sıkıştırılanı açma-çözme) terimlerinin kısaltılmasıyla oluşmaktadır. [59] Bir codec sistemi, kodlayıcı ve kod çözücü olmak üzere iki bileşenden oluşurken bazı codec sistemleri yalnızca birinden de oluşabilir.

Video kodlama işlemi, video görüntülerinin sıkıştırılması ve ardından çözülmesidir. Bir başka deyişle video görüntülerinin uzamsal ve zamansal olarak örneklenerek daha sonra gösterilmesidir. Uzamsal örnekleme neticesinde durağan bir çerçeve meydana gelir. Burada çerçeve piksellerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Zamansal örnekleme ise uzamsal örneklemenin tekrar etmesiyle oluşmaktadır. Özetle,

[59] Bülent BİNGÖL, *Grafik Eğitimi Ana Bilim Dalı, Lisans Düzeyindeki Görsel İletişim Tasarımı Eğitiminde Çoklu Ortam (Multimedya) Kullanımı: Ankara'daki Görsel İletişim Tasarımı Bölümlerinin İncelenmesi, Gazi* Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, s. 109.

uzamsal örnekleme belirli bir andaki, zamansal örneklemeyse belirli bir zaman aralığındaki örnekleme ile oluşturulan çerçevelerdir. [60] Bu durum Şekil 4'te görülmektedir:



Şekil 4:Uzamsal ve zamansal örnekleme[61]

1.3.2.1 MPEG 4 / H.264 Video Sıkıştırma Teknolojisi

ITU'nun haberleşme bölümüne bağlı olarak çalışan ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) 1988 yılında MPEG'i (The Moving Picture Experts Group - Hareketli Resimler Uzmanları Grubu) kurmuştur. 1990 yılında 1.5 Mbps'lik sabit bit hızıyla sürekli taramayı kullanan MPEG-1 standardı ortaya çıkmış ve bu standart 1992 yılında kabul edilmiştir. [62]

MPEG-1 standardı, bu grubun ilk standardizasyon çalışması olup, video ve ses CD'lerinin çalışmasına olanak tanıyan cihazların gelişimine katkıda bulunmuştur. Bu

[60] Cem Kefeli, *Video Kodlama,* Yüksek Lisans Semineri, 2008, s. 2.
[61] a.g.k., s. 2.
[62] a.g.k., s. 3.

standartta, MP3 gibi ses sıkıştırma teknikleri, blok temeline dayanan hareket dengelemesi ve ayrık kosinüs dönüşümü (DCT) gibi çeşitli özellikler de desteklenmektedir.[63]

MPEG-2 standardı, MPEG-1'in sunmuş olduğu video kalitesini artırmak ve daha az yer kaplamasına olanak sunmak için 1994 yılında ortaya çıkmıştır. ISO/IEC adlı standardizasyon kuruluşu bu standardı 13818 koduyla, uluslararası olarak kabul etmiştir.

MPEG-2, uydu, karasal ve kablolu televizyon yayıncılığı için uygun olup, canlı yayınlarda ses ve görüntünün sıkıştırılması işlemine olanak tanımaktadır. Sayısal video yayıncılığının standartları olan DVB-T, DVB-S, DVB-C gibi standartlarda da sıkıştırma formatı olarak kullanılmıştır. Bu standart, DVD filmlerinin depolanmasında da kullanılmıştır.[64]

MPEG-2 video sıkıştırma teknolojisiyle beraber; görüntü kalitesinin kontrolü için değişik profilleri kullanabilme, değişken bit oranlarının 2 Mbps ile 20 Mbps arasında olabilmesi ve kodlamada gelişmiş algoritmaların kullanılabilmesi mümkün hale gelmiştir. [65]

Daha önce yine MPEG tarafından geliştirilmiş olan MPEG-2 video kodlama tekniğinin başarılı olmasıyla birlikte yine aynı grup iki ayrı standardın geliştirmesine başlamış olup bunlar:

- ISO/IEC-14496 - Bölüm 2 (MPEG-4)
- H.264/ISO/IEC-14496 - Bölüm 10 (H.264/AVC- Advanced Video Coding)

şeklindedir.

[63] a.g.k., s. 2.
[64] a.g.k., s. 2.
[65] a.g.k., s. 2.

MPEG-4 standardı 1999 yılında 'ISO/IEC 14496' koduyla uluslararası standart olarak kabul edilmiştir. MPEG-4, MPEG-2'ye oranla daha fazla sıkıştırma oranı ve farklı kodlama araçları sunmaktadır. Kullanım alanları arasında çevrimiçi video akışı, televizyon yayıncılığı ve CD/DVD gibi medya ortamları yer almaktadır. [66]

H.264, MPEG-4 ile aynı standardizasyonun farklı bölümlerinde yer almaktadır. H.264, MPEG-4'e (2.Bölüm) göre daha güncel bir standart olmakla birlikte daha kaliteli görüntü sunmakta ve aynı veri için daha fazla sıkıştırma oranına imkân tanımaktadır. H.264/AVC video sıkıştırma teknolojisi, daha fazla sıkıştırma oranı sunmanın yanında, daha düşük maliyetli ve daha az karmaşık sistemlerle sıkıştırma işlemini gerçekleştirmektir. Ayrıca bu teknoloji, televizyon yayıncılığı, CD/DVD depolama, RTP/IP paketleri ve geniş bant internet gibi farklı alanlarda da çalışabilmektedir.[67]

1.3.2.2 H.265-HEVC Video Sıkıştırma Teknolojisi

HEVC, ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) ve ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) tarafından geliştirilmiş olup, H.264/MPEG-4 AVC adlı video sıkıştırma tekniğinin bir sonraki versiyonudur. HEVC formatı ayrıca ISO/IEC 23008-2 MPEG-H Part 2 ve ITU-T H.265 şeklinde de adlandırılmaktadır. MPEG ve VCEG grupları HEVC standardını geliştirmek için birlikte Video Coding (JCT-VC) grubunu kurmuştur. ITU-T 13/04/2013 tarihinde HEVC/H.265 ile ilgili bir tavsiye dokümanı yayımlamış ve standart olarak onaylamıştır. 25/11/2013 tarihinde ise ISO/IEC tarafından resmi standart olarak kabul edilmiştir. [68]

HEVC sıkıştırma tekniğinde, HD yayınların kapasitesi 2 Mbit/s'ye kadar düşebilmektedir. Bunun yanında 8 MHz'lik bir kanaldan, sabit alış için, 256 QAM

[66] https://tr.wikipedia.org/wiki/MPEG-4 (07/02/2016)
[67] https://tr.wikipedia.org/wiki/H.264/MPEG-4_AVC (07/02/2016)
[68] https://hevc.hhi.fraunhofer.de/ (11/05/2017)

modülasyon tipinde, 40 Mbit/s iletim kapasitesinde ve diğer frekans planlama parametrelerine göre değişken olmakla birlikte, en fazla 14 HD veya 60 SD televizyon yayınına kadar yayın yapma imkânı bulunmaktadır.

Tablo 3: Farklı yayın tekniklerindeki kanal sayısı [69]

	SD Kanal Sayısı	HD Kanal Sayısı(1080i)	Ultra HD/4K Kanal Sayısı
MPEG 2/T1	8-13 SD	1-2 HD	0 UHD
MPEG 4 /T2	25-40 SD	5-8 HD	1 UHD
HEVC/T2	50-60 SD	10-14 HD	2-3 UHD

İngiltere'de yayıncılık alanında düzenleyici otorite olan OFCOM, HEVC alıcılarının önümüzdeki birkaç yıl içerisinde yaygınlaşacağını ve maliyet artışının azalacağını belirtmiştir. Ayrıca, OFCOM'un yapmış olduğu ve Tablo 3'de detayları görülen araştırmada, HEVC teknolojisi ile bir karasal sayısal televizyon multipleksinde MPEG-2, MPEG-4 ve HEVC teknolojilerinde iletilebilecek SD, HD ve Ultra HD yayın sayıları belirtilmiştir. Bunun yanında, Avrupa Yayıncılık Birliği (EBU) tarafından HEVC teknolojisinde H264 teknolojisine göre %50 kapasite artışı sağlandığı belirtilmekte olup MPEG 4'te HD yayın için 6 Mbit/s olan bant genişliğinin HEVC ile 3 Mbit/s'e kadar düşebildiği ifade edilmektedir. [70]

HEVC sıkıştırma tekniği, diğer sıkıştırma tekniklerinde olduğu gibi kodlama ve çözümleme olmak üzere iki ayrı basamaktan oluşmaktadır. Kodlama kısımlarda yer alan basamaklar ve bu basamaklarda yapılan işlemler şu şekildedir:[71]

- İlk önce işlem yapılacak görüntü farklı birimlere ayrılır,
- Tahmin ünitesinde, "Inter" veya "Intra Prediction" adı verilen tahminleme yöntemleri kullanılarak ilk bölümde elde edilen birimlerden tahminler oluşturulur.

[69] OFCOM, *The Future of Free View TV*, 2014, s. 28.
[70] European Broadcasting Union, *TV Programme Accommodation in a DVB-T2 Multiplex For (U)HDTV with HEVC Video Coding*, EBU Technical Report, Cenevre, 2016, s. 7
[71] https://www.vcodex.com/hevc-an-introduction-to-high-efficiency-coding/ (14/05/2017)

- Bu bölümde artık dönüşümü yapılarak orijinal ve tahmini görüntüsü arasındaki fark belirlenir.

- Son olarak ise entropy kodlaması ile beraber tahmin bilgisi, mod bilgisi ve başlıklar kodlanır.

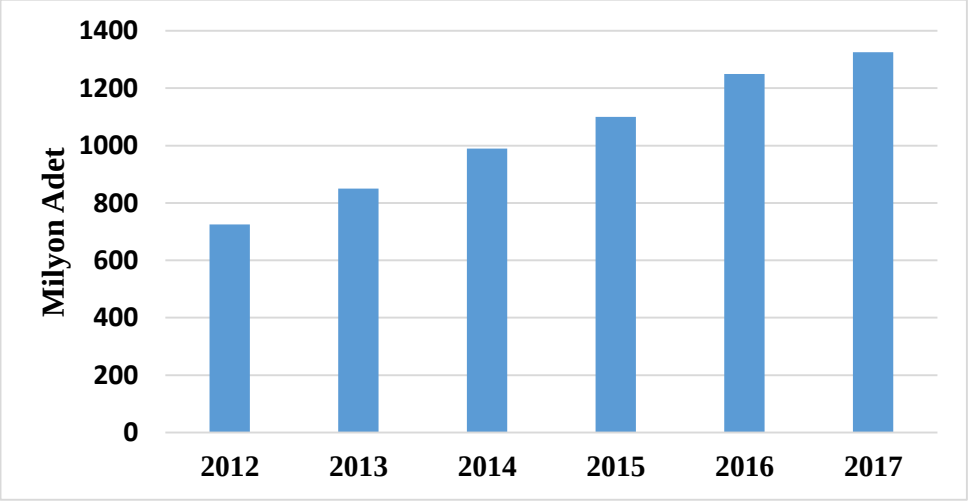
Çözümleme kısımında yer alan basamaklar ise kodlama işleminde yapılanların tersi olup şu şekildedir:[72]

- Entropy çözümlemesi yapılır ve kodlanmış olan dizinin elemanları çıkartılır.

- Yeniden ölçekleme yapılır ve ters dönüşüm işlemleri gerçekleştirilir.

- Her bir birimin tahminlenmesi ve tahminin ters dönüşüm çıktısına eklenmesi sağlanır.

- Video görüntüsü yeniden düzenlenerek yeni ve sıkıştırma işlemi tamamlanmış görüntü oluşturulur.



Şekil 5: 2012-2017 yılları arasında HEVC uyumlu cihaz sayısı değişimi[73]

[72] a.g.k.
[73] Frost&Sullivan, *Trends and Forecasts for the HEVC Video Encoder and Transcoder Market in M&E Applications*, 2015.

Şekil 5'te görüleceği üzere 2012-2017 yılları arasında sevkiyatı yapılmış olan HEVC uyumlu cihaz sayısının 1 milyarı aştığı ve artan bir eğilimde devam ettiği görülmektedir. Bu rakamları cep telefonu, tablet, televizyon ve set üstü kutu gibi farklı kategorideki cihazlar oluşturmaktadır.

HEVC, Türkiye'de 2015 yılı itibariyle RTÜK tarafından karasal sayısal televizyon yayıncılığında kullanılmak üzere geçerli sıkıştırma tekniği olarak belirlenmiştir. Ayrıca TSE (Türk Standarları Enstitüsü) ve RTÜK ile yapılan koordineli çalışmalar neticesinde 27.05.2016 tarihinde *"İkinci nesil sayısal karasal yayın sistemi (DVB-T2) için televizyon alıcıları - Genel kurallar"* adlı standart yayımlanmış olup yine bu standart içerinde HEVC geçerli teknik olarak belirtilmiştir. Ülkemizde, karasal sayısal televizyon yayıncılığına geçilmesi halinde bu sıkıştırma tekniği kullanılacaktır.

1.3.3 Sayısal Pay (Digital Dividend)

Sayısal Pay kavramı genel itibariyle, karasal sayısal televizyon yayıncılığına geçiş işlemlerini ve bu işlemler sonucunda ortaya çıkan yeni durumları ifade etmek için kullanılmaktadır. Yayıncılar, analog yayıncılıktan sayısal yayıncılığa geçiş yaptıklarında, sayısal yayıncılığın avantajları gereği hem spektrumda daha fazla yer kalmakta, hem de bir kanaldan daha fazla yayını iletmek mümkün hale gelmektedir. Ayrıca analog yayıncılıkta gereken koruma oranları sayısal yayıncılıkta daha az olmakla birlikte, sayısal yayıncılık tekniği enterferans hususuna karşı daha dirençlidir.

Sayısal pay, 174 MHz - 230 MHz frekans bandı ile 470MHz -862 MHz frekans bantlarını kapsamaktadır. Analog yayıncılıktan sayısal yayıncılığa geçiş ve bu geçiş neticesinde boşalan frekanslarda hangi servislerin kullanılacağı hususu, ülkeden ülkeye göre değişebilmektedir. Bu noktada, ülkedeki kablo/uydu/karasal yayıncılıktaki gelişiminin yanında alınan uluslararası kararlar da etkili olabilmektedir.

Sayısal yayıncılıktan analog yayıncılığa geçtikten sonra ortaya çıkan frekans bandında aşağıdaki servisler kullanılabilmektedir:

- Karasal Sayısal Yayıncılık
- Gelişmiş Mobil Hizmetler/ LTE-LTE-A Hizmetleri
- Mobil Yayıncılık (eMBMS- Evolved Multimedia Broadcast/Multicast Service - LTE Üzerinden Yayıncılık)
- Yardımcı Haberleşme Sistemleri

Başlangıçta analog yayıncılık için ayrılmış olan 470 MHz ile 862 MHz arası frekans bandı, gerek kapsama alanı konusunda, gerekse daha fazla verinin taşınması anlamında önemli bir yere sahiptir. Örneğin mobil haberleşme için ayrılmış olan 2100 MHz bandı her ne kadar daha fazla veri trafiğine olanak tanısa da 470 MHz ile 862 MHz arası frekans bandı kadar kapsama alanı sunamamaktadır. Kapsama alanı hususu baz istasyonu kurulum maliyetlerini de doğrudan etkilediği için bu bandın kullanımı daha da önemli hale gelmektedir.

470 MHz ile 862 MHz arası frekans bandının sahip olduğu bu avantajlardan dolayı bugün birçok ülkede 694 MHz ile 790 MHz (UHF 49-60. Kanallar) ve 790 MHz ile 862 MHz (UHF 61-69. Kanallar) bant aralıkları, mobil haberleşme servisleri için tercih edilir hale gelmiştir.

ITU'nun yaptığı çalışmalarda IMT (International Mobile Telecommunications) servisleri için ihtiyaç duyulan bant genişliği düşük yoğunluklu trafiğin olduğu noktalarda 1340 MHz, yüksek yoğunluklu trafiğin olduğu noktalarda ise 1960 MHz olarak görülmektedir. Bu çalışmalar bağlamında gerek karasal yayıncılık için kullanılan frekans bantları, gerekse farklı hizmetlere ayrılan frekansların bir bölümünün mobil servisler ve mobil yayıncılık için ayrılabileceği gündeme gelmektedir.

Tablo 4: Bölgelere göre frekans spektrum ihtiyacı[74]

Kullanıcı Yoğunluğu	Toplam Spektrum İhtiyacı (MHz)	Bölge 1		Bölge 2		Bölge 3	
		Tanımlı frekans aralığı (MHz)	İhtiyaç duyulan frekans aralığı (MHz)	Tanımlı frekans aralığı (MHz)	İhtiyaç duyulan frekans aralığı (MHz)	Tanımlı frekans aralığı(MHz)	İhtiyaç duyulan frekans aralığı (MHz)
Düşük	1 340	981-1 181	159-359	951	389	885-1 177	163-455
Yüksek	1 960	981-1 181	779-979	951	1 009	885-1 177	783-1 075

Tablo 4'te bölgelere göre düşük ve yüksek kullanıcı yoğunluğuna göre IMT servisler için ihtiyaç duyulan spektrum ihtiyacı gösterilmektedir. Bunların yanında Tablo 5'de mevcut frekans bantlarında kullanılan karasal sayısal televizyon yayıncılığının ülkelere göre dağılımı görülmektedir.

Tablo 5: Nüfusa Göre Karasal Televizyon Kullanım Oranı[75]

Karasal Yayın Kullanan Nüfus	<25%	≥25 ve <50%	≥50 ve <75%	≥75%	Cevap Alınmayan
Ülke sayısı	6	10	14	25	21

Tablo 5'de, nüfusun %50 ve üzerinin karasal yayıncılığı kullandığı ülke sayısının 39 olduğu ve bu rakamın cevap veren tüm ülkelere oranlandığında %60 civarında bir oranın elde edildiği görülmektedir. Elde edilen bu rakam hala karasal yayıncılığın kullanımının pek çok ülkede yaygın olduğunu göstermektedir.

Tablo 6: Karasal Sayısal Yayıncılıkta Spektrum Gereksinimi[76]

Spektrum Gereksinimi (MHz)	<224	= 224	> 224 ve < 320	= 320	>320	Hala Karar Vermeyen
IV/V bant için ihtiyaç duyulan kanal sayısı	28'den az	28	28 ve 40 arası	40	40'dan fazla	–
Ülke sayısı	4	39	8	16	3	16

[74] Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), *Report Of The CPM To The World Radiocommunication Conference*, 2015, s.27.
[75] a.g.k., s. 96.
[76] a.g.k., s. 96.

Tablo 6'da görüleceği üzere, 470-862 MHz için ülkelerin eğilimi, 224 MHz'lik bir frekans bandının yayıncılık için yeterli olacağı yönündedir. Yani birçok ülke 470-694 MHz frekans aralığının karasal sayısal yayıncılık için yeterli olacağı görüşünde olmuştur.

Yukarıda CPM 2015 toplantısında detayları paylaşılan araştırmalara yer verilmiştir. CPM toplantısından daha sonra WRC (Dünya Radyo Komünikasyon Toplantıları) toplantıları yapılmıştır. WRC, her 3-4 yılda bir gerçekleştirilmektedir ve bu toplantılarda frekans spektrumda koordinasyon, tahsis, servis paylaşımı gibi konuların belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu toplantılar, ITU tarafından düzenlenmekte olup alınan kararların uluslararası etkileri olmaktadır. Toplantıların sonucunda ülkeler mevcut frekans spektrumunu revize ederek güncel hale getirmekte, hangi frekansın hangi servise öncelikli olarak tahsis edileceği hususuna göre düzenleme yapmaktadır.

Türkiye, WRC - 2012 toplantısı sonrasında diğer 1. Bölge ülkeleriyle beraber, 790-862 MHz frekans bandını (61-69.kanallar) 16 Haziran 2015 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere mobil hizmetlere birincil öncelikli olarak tahsis edilmesini kabul etmiştir. 2015 yılı itibariyle bu bant, IMT yetkilendirme ihalesi için BTK'ye devredilmiştir. BTK, 26 Ağustos 2015 tarihinde 790-862 MHz frekans bandının yanında 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz frekans bantlarını da ihale ederek mobil hizmetlere tahsisini gerçekleştirmiştir.

BTK'nin gerçekleştirmiş olduğu bu ihalede, ihaleye çıkılan 390,4 MHz'lik frekans paketi için 2.3 Milyar Avro muhammen bedel belirlenmiştir. 365,4 MHz'lik bölümü için KDV dahil toplam 3 milyar 960 Milyon Avro gibi bir rakama ulaşılmıştır. [77] Burada 790-862 MHz'lik bölümden ise 1.2 Milyar Avro civarında bir gelir elde edilmiştir. Tablo 7'de ise bazı Avrupa ülkelerinin sadece 790-862 MHz frekans bandı ihalesinden elde ettiği gelirler yer almaktadır.

[77] https://www.btk.gov.tr/tr-TR/Kurumdan-Haberler/BTK-45G-Ihalesini-Onayladi (07/02/2016)

Tablo 7: 790-862 MHz frekans bantları için ihale bedelleri

Ülke	Miktar	Lisans Süresi	MHz Band	Nüfus
Almanya	3 567 000 000 €	15 yıl	2x30	82 210 000
İspanya	1 305 328 589 €	31/12/2030'e kadar	2x30	45 957 671
İtalya	2 965 300 000 €	17 yıl	2x30	61 016 804
Fransa	2 639 087 000 €	20 yıl	3x20	62 465 709

BTK'nin yapmış olduğu ihaleyi kazanmış olan operatörlere, ihalenin ödemelerini yaptıktan sonra 30 Nisan 2029 tarihine kadar geçerli olmak üzere yetki belgeleri verilmiş olup, ihale şartnamesinde yer alan hususlar gereğince 2G ve 3G imtiyaz sözleşmelerinde konuya ilişkin olarak düzenlemelerin yapılacağı bildirilmiştir.[78]

En son WRC toplantısı 2-27 Kasım 2015 tarihinde yapılmış, ülkemizden gerek RTÜK gerekse BTK gibi birçok kurum tarafından katılım sağlanmıştır. Toplantıda RTÜK'ü ilgilendiren 470-790 MHz frekans bandıyla ilgili çeşitli kararlar alınmıştır. Özellikle Resolution COM 4/4 Çözüm Kararı ile ülkemizin içinde yer aldığı 1. Bölge (Region-1) için 694-790 MHz frekans bandının IMT servislerine birinci öncelikli tahsisi için karar verilmiştir. Böylelikle hâlihazırda Karasal Sayısal Televizyon (DVB-T2) planlamasında yer alan 49-60. kanallar arasının frekans planından çıkarılarak bu yeni durum için güncelleştirilmesi gerekmektedir.[79]

WRC-15 sonrasında karasal yayıncılık için 1. Bölge ülkelerinin (Avrupa, Afrika, Orta Doğu, eski SSCB ülkeleri ve Moğolistan) 470-694 MHZ bandını kullanmaya devam etmesi yönünde karar verilmiştir. Ancak bu bandın geleceğinin

[78] https://www.btk.gov.tr/tr-TR/Kurumdan-Haberler/BTK-45G-Ihalesini-Onayladi (07/02/2016)
[79] RTÜK, *WRC-2015 Yurtdışı Faaliyet Raporu*, 2015, s. 1-3.

WRC-2023 konferansında yeniden ele alınacağı hususu üzerinde durulmuştur. Bunun yanında Avrupa Birliği "UHF Spektrumunun Geleceği Yüksek Seviye Grubu" Başkanı Pascal LAMY tarafından hazırlanan raporda 700 MHz altının 2025'de yeniden değerlendirilmesi, 2030 yılından önce farklı servislere tahsis edilmemesi hususu önerilmiştir. Ayrıca EBU'da (Avrupa Yayıncılar Birliği) yine benzer bir şekilde 2030 yılına kadar 470-694 MHz frekans bandının karasal yayıncılıkta kalması gerektiği yönündeki görüşlerini;[80]

- Mobil haberleşme için tahsis edilen frekans bantlarının halen tamamen kullanıma girmemesi,

- Mobil haberleşmenin yerel içerik üretimine izin vermediği, vatandaşlara doğrudan iletişim imkânı sunmadığı,

- Mobil geniş bant teknolojisinin karasal yayıncılığa bir alternatif olmadığı,

- WiFi özelliğinin her cihazda bulunduğu ve mobil veri servislerine göre daha ucuz olduğu,

gibi gerekçelerle savunmuştur.

Buna karşılık GSMA (The GSM Association - GSM Operatörleri Birliği) isimli topluluk ise mobil haberleşmenin geleceğinden, mobil cihaz sayısındaki artıştan, mobil hizmetlerin katma değerinden ve 1 GHz altı frekansların mobil hizmetlere tahsisinin kırsal bölgeler için kapsama alanını artırdığından bahsederek 470-694 MHz frekans bandının mobil hizmetlere tahsis edilmesini savunmuştur.

Bunların yanında WRC-2019 Konferansından sonra gerçekleşecek olan WRC-2023 toplantısında görüşülmek üzere;

[80] a.g.k., s. 5-6.

- Bölge-1'de 470-960 MHz bandının yayıncılık ve mobil hizmetler için verimlilik açısından gözden geçirilmesi,

- Bölge-1'de 470-960 MHz bandının mobil servisler uyumluluğu ve paylaşımı çalışmalarının ITU-R çalışmaları, tavsiye kararları ve raporları dikkate alınarak yapılması,

- Diğer mevcut servislerin korunması için uyumluluk ve paylaşım kriterlerinin geliştirilmesi,

- ITU-R tarafından bu hususlarının gerçekleştirilmesi halinde Bölge-1'de 470-694 MHz bandında olası düzenleme uygulamalarının gerçekleştirilmesi,

konularında karar alınmıştır.

WRC-2015 toplantısında ülkemizin dışında yer alan diğer bölgelerde farklı gelişmeler yaşanmıştır. Bölge 2'de ve Bölge 3'de WRC-2015 sonunda geçerli olmak üzere ABD, Kanada, Şili, Küba, Guyana, Jamaika, Meksika, Panama ve Peru'da 470-512 MHz ve 614-806 MHz bantları mobil hizmetlere tahsis edilirken Arjantin ve Ekvator'da 470-512 MHz bandının, Belize ve Kolombiya'da ise 614-698 MHz frekans bandının mobil hizmetlere tahsis edilmesine karar verilmiştir.[81]

[81] a.g.k., s. 4.

İKİNCİ BÖLÜM

KARASAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI

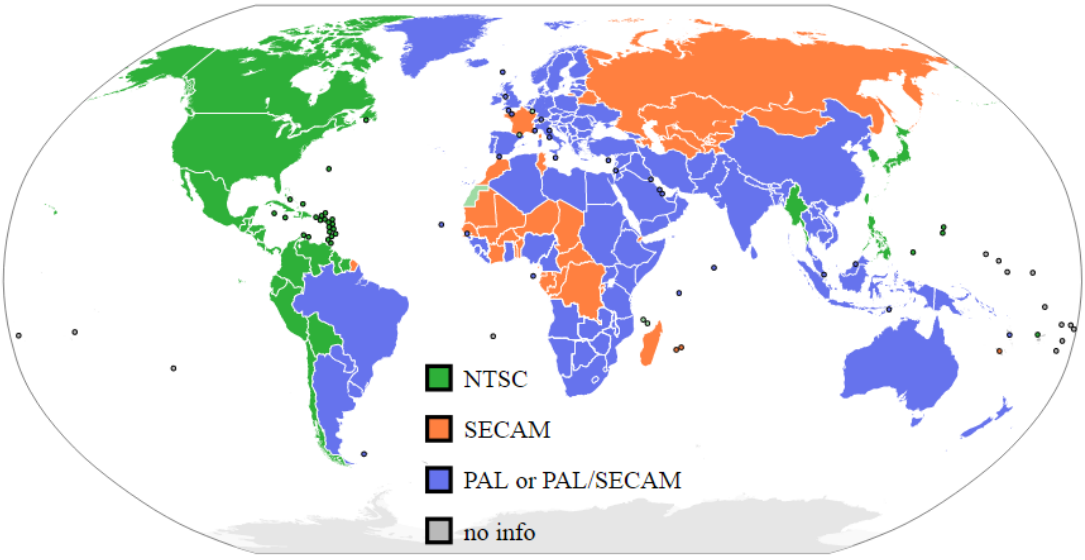
2.1 ANALOG TELEVİZYON YAYINCILIĞI

Televizyonun henüz ortaya çıktığı yıllarda görüntü, delikli bir diskin kullanılmasıyla ortaya çıkmaktaydı. Mekanik sistemlerin hantallığı, görüntünün yeterince aydınlık olmaması ve görüntü kalitesinin istenen düzeyde olmaması gibi nedenlerden dolayı daha sonraları katot ışınlı tüp teknolojisine geçilmiştir. Katot ışınlı tüp teknolojisinin gelişimiyle birlikte analog televizyon yayıncılığı, önemli ölçüde ivme kazanmıştır.[82]

Analog televizyon yayınında görüntüler, analog sinyaller ile iletilmekte olup, bu sinyalin genliği ve frekansına göre iletilen mesajın niteliği ve içeriği de değişmektedir. [83]

NTSC (National Television Systems Committe)PAL (Phase Alternating Line) ve SECAM (SÉquentiel Couleur À Mémoire), analog televizyon yayıncılığında kullanılan standartlardır. Şekil 6'da dünya genelinde bu standartların hangi ülkelerde kullanıldığı gösterilmiştir.

[82] Mustafa Karaoğlu, *Dünya'da ve Türkiye'de Sayısal Karasal TV Yayıncılığı (DVB-T & DVB-T2),* Radyo ve Televizyon Üst Kurulu, 2011, s. 4.
[83] a.g.k., s. 4.



Şekil 6: Analog yayıncılık standartlarının kullanıldığı ülkeler[84]

2.1.1 NTSC

NTSC standardı yine aynı isimli komite tarafından 1941 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde ortaya çıkmıştır. [85]

NTSC standardı daha çok Amerika kıtasında, Güney Kore ve Japonya gibi ülkelerde kullanılmıştır. Gelişiminin ilk aşamasında siyah beyaz görüntü sunulmaktayken 1953 yılında renkli görüntülü yayına geçilmiştir. Bu sistemde 525 yatay çizgi bulunmakta ve 30 kare saniye (FPS-frame per second) görüntü sunulmakta olup, her bir kanal 6 MHz'lik bant genişliğine sahiptir.[86]

[84] http://en.wikipedia.org/wiki/NTSC (21.03.2016)
[85] a.g.k.
[86] a.g.k.

2.1.2 PAL

Batı Avrupa'da 1950 yıllarında NTSC standardının kullanılmaya başlanmasıyla birlikte siyah-beyaz yayınlardan renkli görüntülere geçiş amaçlanmıştır. Ancak bu standardın, iletim ortamlarındaki değişikliklerden fazla etkilenme ve görüntülerde normalden fazla bozulmanın olması gibi sahip olduğu dezavantajlarından dolayı farklı standart arayışına gidilmiştir. [87]

PAL, NTSC'nin iletim koşullarındaki bu olumsuzluklardan dolayı yaşanılan kalite düşmesini azaltmayı amaçlamıştır. Bu standart, Almanya'da ortaya çıkmış olup, 1962 yılında Telefunken tarafından patentlenmiş ve 1963 yılında EBU'ya üye ülkeler tarafından benimsenmiştir. Avrupa'nın büyük bir bölümü ve Türkiye, analog yayıncılık için uzun süre PAL sistemini kullanmıştır. Bu sistemde 625 yatay çizgi, 25 kare saniye (FPS-frame per second) görüntü sunulmakta olup, her bir kanal 7-8 MHz'lik bant genişliğine sahiptir.[88]

2.1.3 SECAM

SECAM standardı, 1950'lerin sonuna doğru Fransa tarafından kullanılmaya başlanmıştır. PAL ve NTSC standartlarını kullanmayan ülkeler tarafından tercih edilmiştir. SECAM standardı, İngiltere, İtalya gibi ülkeler tarafından PAL standardına geçiş sürecinde kullanılmışken, Fransa, Belçika ve Sovyetler Birliği gibi ülkelerin yanında bazı Afrika ülkeleri tarafından da daha uzun süreli olarak analog televizyon yayıncılığında kullanılmıştır.[89]

[87] http://en.wikipedia.org/wiki/PAL (21.03.2016)
[88] a.g.k.
[89] https://en.wikipedia.org/wiki/SECAM (20.03.2016)

SECAM, Avrupa'da ortaya çıkmış ilk renkli görüntüyü sunabilen analog yayıncılık standardıdır. Bu sistemde 625 yatay çizgi, 25 kare saniye(FPS-frame per second) görüntü sunulmakta olup, her bir kanal 7-8 MHz'lik bant genişliğine sahiptir.[90]

2.2 SAYISAL TELEVİZYON YAYINCILIĞI

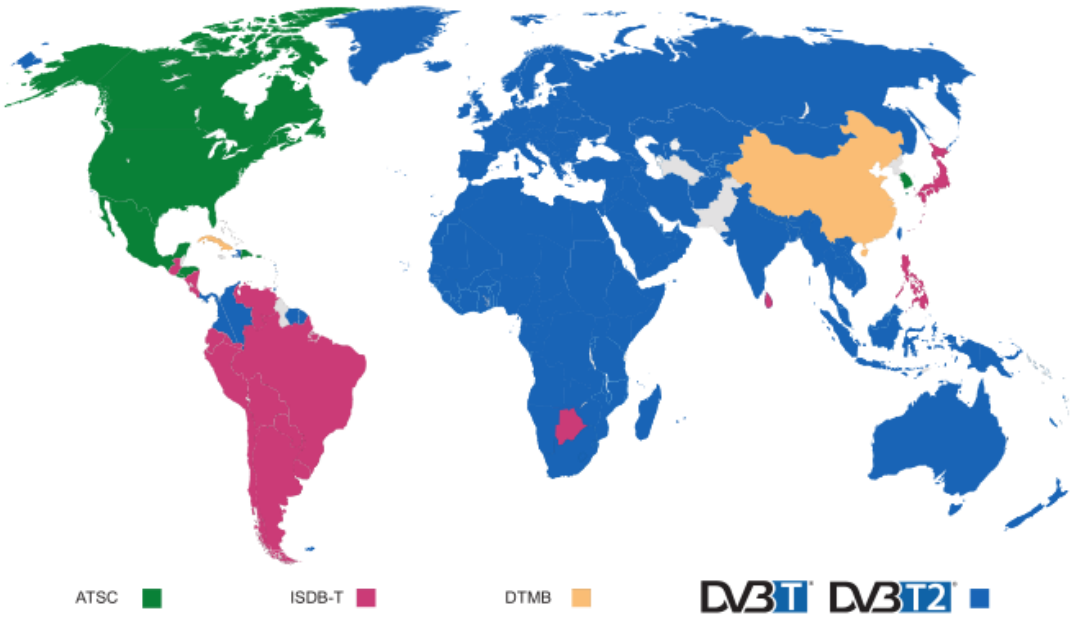
Karasal sayısal televizyon yayıncılığına ilişkin ilk çalışmalar 1993 yılında İsviçre'nin Bonn kentinde, DVB (Digital Video Broadcasting – Sayısal Televizyon Yayıncılığı) çatısı altında başlamış olup, bugün itibariyle bu organizasyona 30'dan fazla ülke ve 270'den fazla sektörden katılımcı katkıda bulunmaktadır. DVB organizasyonun geliştirmiş olduğu standartlar açık olup, ETSI, CENELEC ve EBU gibi pek çok organizasyon tarafından da kabul edilmektedir.[91] [92]

Sayısal yayıncılıkta, içerik üreticilerinin üretmiş olduğu görüntü ve ses sinyalleri, sayısal modülasyon teknikleri ve sıkıştırma teknikleriyle hem daha kaliteli hem de daha az yer kaplayan veri paketlerinin oluşturulmasına ve iletilmesine olanak tanımaktadır. Sayısal yayıncılıkta, daha az güçle daha fazla kapsama alanına ulaşılmakta ve enerjiden ciddi anlamda tasarruf sağlanmaktadır.[93]

Karasal sayısal televizyon yayıncılığında dünyanın farklı bölgelerinde farklı standartlar kullanılmaktadır. Türkiye, Afrika'nın büyük bir bölümü, Avrupa, Rusya ve Hindistan gibi ülkelerde DVB-T/T2; Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Güney Kore'de ATSC; Japonya'da ve birçok Güney Amerika ülkesinde ISDB-T; Çin'de ise

[90] a.g.k.
[91] Yasin Yiğit, Sayısal Karasal Televizyon Yayıncılığının Planlanmasına İlişkin Kriterler, Radyo ve Televizyon Üst Kurulu, 2012, s. 1.
[92] https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Video_Broadcasting (11/05/2017)
[93] Ulaş Birgör ve Ümit Karaca, *Karasal Sayısal Yayın (Dijital TV),* TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 2007, s. 1.

TDMB standardı kullanılmaktadır. Şekil 7'de dünya genelinde hangi ülkenin hangi standardı kullandığını gösteren bir harita yer almaktadır. [94] [95]



Şekil 7: Karasal Sayısal Televizyon Standartlarının Kullanımı[96]

Türkiye'de bilindiği üzere DVB-T2, karasal sayısal yayıncılığın standardı olarak belirlenmiştir. KARTEF (Karasal Sayısal Televizyon Frekans Planı) projesi kapsamında bu standarda uygun olarak Karasal Sayısal Televizyon (DVB-T2) Frekans Planı hazırlanmıştır. [97]

İlk olarak RTÜK'e frekans spektrumunda ayrılmış olan VHF III (174 MHz – 216 MHz) ve UHF IV/V (470 MHz-790 MHz) bantları için çalışma yapılmıştır.[98] Ancak WRC-15 toplantısı sonrasında 694 MHz - 790 MHz bandının IMT servisleri için öncelikli olarak kullanılmasına karar verilmesi neticesinde, 470-694 MHz için bu

[94] a.g.k.
[95] https://www.dvb.org/news/worldwide (01/03/2016)
[96] a.g.k.
[97] RTÜK, *Türkiye Karasal Sayısal Televizyon (DVB-T2) Ulusal Frekans Planı*, 2012, s. 1.
[98] a.g.k., s. 3.

plan revize edilecektir. 694-790 MHz bandının bu revize işlemi kapsamda, 2018 sonuna kadar BTK'ye devredilmesi planlanmaktadır.

KARTEF projesi dâhilinde, kapsama alanı, enterferans analizleri ve simülasyonları gerçekleştirilmiş, frekans tahsisinin tescili ve uluslararası koordinasyonu konularında çalışmalar yapılmıştır. Bu proje kapsamında, 25 metre çözünürlükte "DTED-2 Sayısal Arazi Yükseklik Haritası", 10 sınıflı arazi kullanım haritası ("clutter") ve TÜİK'in veri tabanı üzerinden çalışma yapılmıştır. Çalışmada ülkemiz için belirlenen parametreler Tablo 8'de gösterilmektedir.[99]

Tablo 8: Karasal Sayısal Televizyon Yayıncılığının Parametreleri[100]

Karasal Sayısal Yayıncılık Standardı	DVB-T2
Alış tipi	Büyükşehirlerde taşınabilir bina içi alış (portable indoor), diğer şehirlerde taşınabilir bina dışı alış (portable outdoor).
İletim modu	32k
Modülasyon tekniği	64-QAM
Kodlama oranı	2/3
Pilot paterni	PP4
Güvenlik Aralığı (Guard Interval)	19/256
Kanal Kapasitesi	27Mbit/s

Ayrıca 2013 yılında gerçekleştirilen karasal sayısal televizyon yayın lisansı sıralama ihaleleri için Üst Kurul tarafından onaylanan Karasal Sayısal Televizyon (DVB-T2) Frekans Planında, UHF bandında bulunan 7 multipleks:

- 1 adet multipleks TRT Kurumuna,
- 1 adet multipleks yerel ve bölgesel yayıncılara,

[99] a.g.k., s. 2.
[100] a.g.k., s. 2.

- 5 adet multipleks özel ulusal yayıncılara,

ayrılmıştır.

Bunun yanında 1 adet multipleks (9. multipleks) de ancak %30 dolayında kapsama sağlanabildiği için değerlendirilmemiş olup, VHF bandındaki multipleks içinse planlama yapılmış ancak ihaleye çıkılmamıştır.

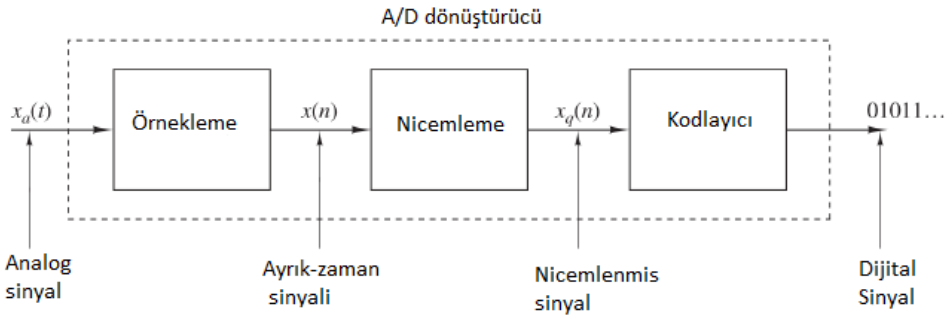
Bu planlama kapsamında, 11 âdeti yüksek çözünürlüklü yayın olmak üzere 33 ulusal kanal, 11 yerel ve bölgesel kanal ve 10 TRT kanalı olmak üzere toplam 54 kanaldan karasal sayısal televizyon yayınlarına geçilecekti. Ancak mahkemelerin çeşitli kararları neticesinde Karasal Sayısal Televizyon Yayın Lisansı Sıralama İhalelerinin iptali yönünde karar verilmiştir. Bu kanal sayılarının, yapılması düşünülen yeni sıralama ihalelerinde gerek HEVC sıkıştırma teknolojisinin kullanılması gerekse 694 MHz ve üstünü kapsayan frekans bantlarının mobil haberleşme için tahsis edilmesi planlandığından dolayı değişmesi öngörülmektedir.

2.2.1 Sayısal Yayıncılık Tekniği

2.2.1.1 Sayısal Görüntünün Üretilmesi ve İletilmesi

Analog sinyallerin sayısal sinyallere dönüştürülmesi işlemi, örnekleme, nicemleme (kuantalama/basamaklandırma) ve kodlama olarak üç basamaktan oluşmakta olup bu basamaklar Şekil 8'de gösterilmektedir.[101]

[101] Avni Morgül, *Sayısal Televizyon Tekniği*, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2011, s. 137.

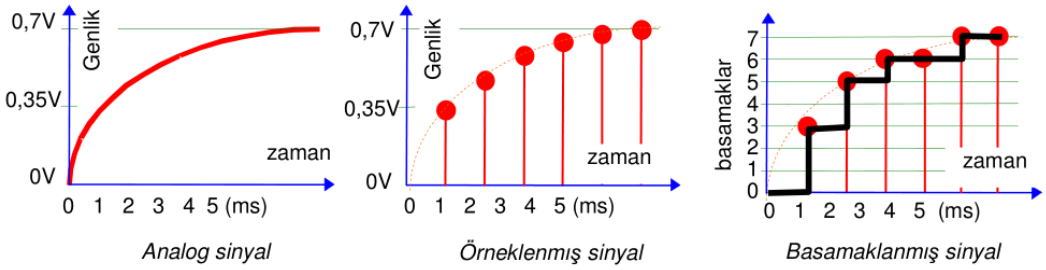


Şekil 8: Analog sinyalden sayısal (dijital) sinyale dönüşüm[102]

Analog sinyaller sürekli olduğu için öncelikle sinyallerin örneklenmesi gerekir. Bu noktada ilk önce sinyalin bant genişliği belirlenir. Ardından örnekleme frekansının, sinyalin frekansının iki katından daha fazla olmasına dikkat edilir:[103]

$$f\ddot{o} \geq 2fs \quad (f\ddot{o}: Örnekleme\ frekansı, \qquad fs: Sinyalin\ frekansı) \qquad (1)$$

Bu teorem Nyquist teoremi olarak adlandırılmakla birlikte minimum kayıplı örnekleme yapmak için kullanılmaktadır. Şekil 9'da analog sinyal, örneklenmiş sinyal ve basamaklanmış sinyal gösterilmektedir.

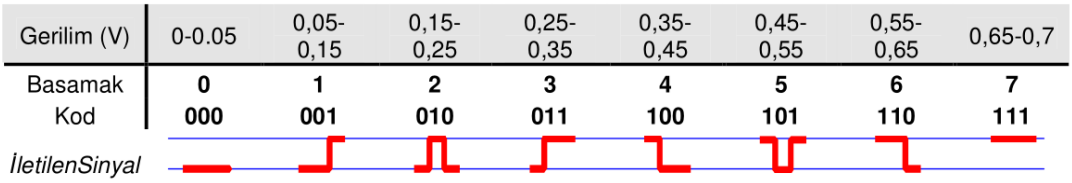


Şekil 9: Analog sinyalin sayısala dönüştürülmesi [104]

Örneklenmiş sinyallerin genlikleri farklı farklı değerlere sahiptir ve bu sinyallerin anlamlı hale getirilebilmesi için farklı seviyelere bölümlenmesi gerekir. Örneğin 6 bitlik bir kodlama yapılacaksa 2^6=64 adet nicemleme yani basamaklandırma

[102] http://ceng.gazi.edu.tr/~sas/Ornekleme/aciklama.aspx (07/02/2016)
[103] A. Morgül, 2011, s. 137.
[104] a.g.k., s. 137.

yapılması gerekmektedir. Bu noktada örneklenen sinyal, 64 farklı gerilim değeri ile karşılaştırılır ve neticesinde bu basamaklara göre kodlama yapılır. Ne kadar çok basamaklandırma kullanılırsa o kadar iyi kodlama yapılabilir. [105]



Şekil 10: Analog sinyalin sayısal dönüştürülmesi [106]

Şekil 10'da farklı gerilim aralıklarının farklı kodlara gelecek şekilde kodlandığı görülmektedir. Örneğin 0.25-0.35 aralığına denk gelen sinyal, desimal (onluk) sistemde 3, binary (ikilik) sistemde 011'e karşılık gelecek şekilde kodlanmıştır. Bu kodlanan değer, çıkışa iletilerek karşı tarafa gönderilir.[107]

Standart çözünürlükte bir renkli görüntü için 13 MHz örnekleme hızı ve 24 bitlik bir kodlamanın kullanılması gerekmektedir. Bu şekilde sayısal olarak kodlanan bir görüntünün iletilebilmesi için gereken veri iletim hızı:[108]

$$Rn = 13x24 = 312\ Mb/s \qquad (2)$$

şeklinde hesaplanmakta olup standart çözünürlükte bir görüntü için bile 300 Mb/s'nin üstünde veri iletim hızı gerekirken, yüksek çözünürlüklü bir görüntü için 1 Gbit'in üzerinde bir hız gerekmektedir. [109] Bu hızlar gerek yüksek donanım ihtiyacı, gerekse yüksek frekans spektrumu ihtiyacı nedeniyle uygulama açısından çok verimli değildir. Dolayısıyla görüntüler sıkıştırılarak hem iletim için hem de frekans spektrumu için optimize edilmeye çalışılır. Sıkıştırma tekniği olarak, DVB-T için MPEG-2, DVB-T2 için MPEG-4 veya HEVC standardı tercih edilebilmektedir.

[105] a.g.k., s. 137.
[106] a.g.k., s. 137.
[107] a.g.k., s. 138.
[108] Avni Morgül, *Sayısal Karasal TV Yayını*, Ders Notu, Boğaziçi Üniversitesi, 2011, s. 2.
[109] a.g.k.

2.2.1.2 COFDM Kipleme Tekniği

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Kodlamalı Dikey Frekans Bölümü Çoklama) iletimi yapılacak verinin çok sayıda taşıyıcının bulunduğu bir kümeden birbirine dik olarak seçilmiş alt taşıyıcılar vasıtasıyla kodlanarak iletilmesi ve iletim bandında Frekans Bölmeli Çoğullama işlemi yapılmasına dayalı bir kipleme tekniğidir. CODFM kısaltmasındaki "C" harfi kanalın kodlanmış olduğunu göstermektedir. Kanal kodlaması, iletim sırasında oluşabilecek hataları kontrol etmek için kullanılan bir yöntemdir. İleri hata düzeltme olarak (Forward Error Correction –FEC) adlandırılan bu yöntem sayesinde, sinyalde oluşabilecek gürültülerden ve zayıflamalardan doğacak iletim problemlerinin minimize edilmesi sağlanmış olur. [110]

COFDM tekniği, öncelikle T-DAB için kullanılmış ancak hâlihazırda DVB-T ve DVB-T2 standartlarında da kullanılabilmektedir. Bu kipleme tekniğinde 16 QAM, 64-QAM, 256QAM ve QPSK gibi farklı tipte modülasyon çeşitleri de desteklenmektedir.[111]

OFDM (Dikgen Frekans Bölmeli Çoklama - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) tekniğinde frekans spektrumu, her biri düşük hızdaki veri paketlerine göre modüle edilen birçok taşıyıcıya bölünmektedir. Bu açıdan FDMA (Frequency Division Multiple Access - Frekans Bölmeli Çoklu Erişim) tekniğiyle benzerlik taşımaktadır. Ancak, OFDM tekniğinde kanallar arası mesafe daha az olduğu için frekans spektrum kullanımı daha verimlidir. Bunu yakın kanalların taşıyıcılarını birbirine dik olarak yerleştirerek birbirlerini enterfere etmelerini engellemesiyle sağlamaktadır.[112]

---

[110] M. Karaoğlu, 2011, s. 33.
[111] M. Karaoğlu, 2011, s. 33.
[112] Erkan İŞLER, Seyhun Barbaros YABACI ve Turgut İKİZ, *UMTS ve LTE Şebekelerinde Radyo Erişim Tekniklerinin Kıyaslanması,* Elektrik Mühendisleri Odası, s. 4.

OFDM kipleme tekniğinin avantajları şu şekilde sıralanabilmektedir: [113]

- Örtüşmeye olanak tanıdığı için frekans spektrumunun daha verimli kullanımına olanak tanır.
- Çerçevelerin arasına ekstradan bitlerin konulmasıyla iki sembol arasında ve çerçevelerin arasında girişim önlenebilmektedir.
- Hızlı Fourier Dönüşümünün (FFT) uygulanmasıyla hem kipleme işlemi hem de çözme işlemi rahatlıkla yapılabilir.
- Kanal frekans düzeltmesi (Equalization), adaptif tekniklere ihtiyaç duyulmadan rahatlıkla yapılabilmektedir.
- Yan kanalda oluşabilecek girişimlerden ve gürültülerden daha az etkilenmektedir.
- Taşıyıcı sinyalin frekansında oluşabilecek kaymalara karşı duyarlıdır.

DVB-T standardında kullanılan OFDM kipleme tekniğinde yalnızca 2k ve 8k olmak üzere iki ayrı taşıyıcı modu bulunurken, DVB-T2 standardı için 1k, 2k, 4k, 8k, 16k ve 32k gibi farklı taşıyıcı modları kullanılabilmektedir.[114]

Farklı taşıyıcı modlarına göre çerçeve hızı ve frekans kaymaları değişmekte olup örneğin; "2k" modunda taşıyıcı sayısı az ancak çerçeve hızı fazla iken, "8k" modunda taşıyıcı sayısı fazla ancak çerçeve hızı yavaştır. "8k" modu frekans kaymalarına daha duyarlı iken "2k" modu uzun gecikmelerden daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple "8k" modu sabit alış için, "2k" modu ise mobil alış için

[113] Avni Morgül, *Sayısal Karasal TV Yayını*, Ders Notu, Boğaziçi Üniversitesi, 2011, s. 3.
[114] European Broadcasting Union, *Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2*, EBU Technical Report, 2010, s. 9.

kullanılabilmektedir. Tablo 9'da 2k ve 8k modu için farklı parametrelere karşılık gelen değerler gösterilmiştir.[115]

Tablo 9: 2k ve 8k modlarına ait değişimi ifade eden tablo[116]

2k Taşıyıcı Modu İçin Kanal Bant Genişliğine Göre Ayarlanan Parametreler			
Kanal Bant Genişliği(MHz)	8	7	6
Sinyal Bant Genişliği (MHz)	7,612	6,661	5,709
Örnekleme Frekansı (MHz)	9,142	8	6,857
Sembol Süresi (µs)	224	256	298,7
Taşıyıcı Aralığı (kHz)	4,464	3,906	3,348
8k Taşıyıcı Modu İçin Kanal Bant Genişliğine Göre Ayarlanan Parametreler			
Kanal Bant Genişliği(MHz)	8	7	6
Sinyal Bant Genişliği (MHz)	7,608	6,657	5,706
Örnekleme Frekansı (MHz)	9,142	8	6,857
Sembol Süresi (µs)	896	1024	1194,7
Taşıyıcı Aralığı (kHz)	1,116	0,976	0,837

OFDM tekniğinde, planlama parametrelere uygun olarak taşıyıcılar 4-QAM (QPSK), 16-QAM, 64-QAM veya 256 QAM olarak kiplenir. MPEG kodlama parametreleri ve yayın başlıklarının yer aldığı veri paketi gibi önem teşkil eden parametreler QPSK, kaybın fazla önemsenmediği durumlarda ise daha fazla veri taşıma olanağı veren ancak gürültüye dayanaksız olan 256-QAM yöntemi kullanılmaktadır.[117]

Karasal sayısal yayıncılıkta OFDM sinyali 6, 7 veya 8 MHz bant genişliklerinde olmakla birlikte kullanılacak bant genişliğine bağlı olarak taşıyıcı frekans aralıkları, sembol süreleri, örnekleme frekansları belirlenmektedir. [118]

[115] Avni Morgül, *Sayısal Karasal TV Yayını*, Ders Notu, Boğaziçi Üniversitesi, 2011, s. 3-4.
[116] a.g.k., s. 4.
[117] a.g.k., s. 4.
[118] a.g.k., s. 5.

2.2.1.3 Sayısal Televizyon İşaretlerinin Çoğullanması

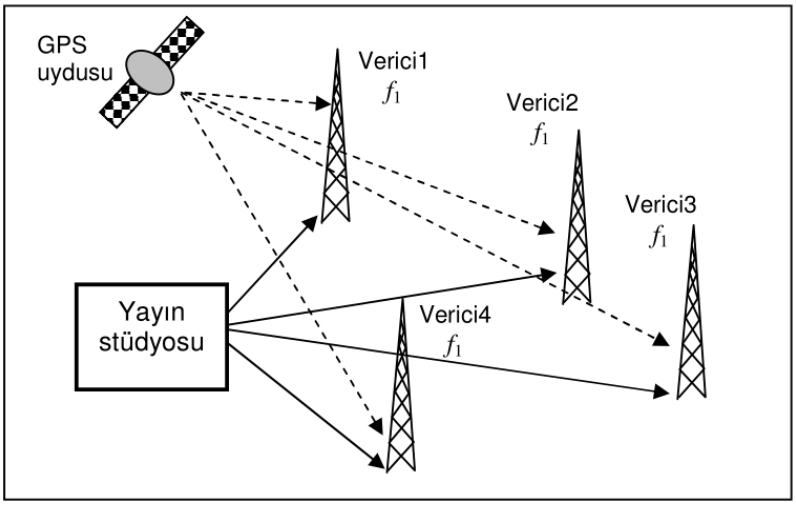
Sayısal yayıncılıkta kullanılacak olan işaretlerin/sinyallerin yayınlanabilmesi için ses ve görüntüler veri paketleri haline getirilmeli, ardından harmanlanmak suretiyle birleştirilmeli ve tek bir dizi haline getirilmelidir. Tek bir dizi ve veri paketi haline dönüşen görüntü daha sonrasında belirlenen yayın standardına göre kiplenerek yayına hazır hale gelmektedir. [119]

MPEG kodlayıcısından gelen görüntü ve ses paketleri art arda dizilerek transport katmanını oluşturmaktadır. Burada ses ve görüntü paketleri farklı boyutlara sahiptirler. Paketlerin taşıdığı bilgiler "Paket Başlığı" bilgisi içinde yer alır. [120]

2.2.1.4 Tek Frekans Ağı (Single Frequency Network-SFN)

Sayısal televizyon yayıncılığında, aynı bölge içerisinde aynı kanaldan yayın yapan her verici, frekans ve faz eşitlemesi yapıldığı zaman, sinyaller koruma aralığı içerisinde olduğu takdirde birbirini bozmaz ve hatta birbirini kuvvetlendirir. Karasal sayısal yayın sistemlerinde, aynı bölgedeki vericilerin aynı frekanstan ve eş zamanlı olarak yaptığı yayınların iletildiği bu sistemlere Tek Frekans Ağı denir. Bu sistemde, farklı vericilerden gelen sinyaller alıcı sistemleri tarafından, yansıyan sinyaller olarak algılanır ve bu sinyaller belirlenen koruma aralığında (Guard Interval) olduğu sürece OFDM kiplemesinde herhangi bir sorun yaşanmaz ve gürültüsüz, kaliteli bir görüntü elde edilir.[121] Şekil 11'de bir yayın stüdyosundan iletilen verinin birden fazla vericiyle iletildiği görülmektedir.

[119] a.g.k., s. 5.
[120] a.g.k., s. 5.
[121] a.g.k., s. 6.



Şekil 11: Tek Frekans Ağı[122]

SFN sistemlerde şu üç önemli hususa dikkat etmek gerekir:[123]

- Vericilerde aynı frekans kullanılmalıdır.
- Vericiler eş zamanlı yayın yapmalıdır.
- Vericiler aynı programa ait sembolize edilmiş veri bitlerini yayınlamalıdır.

SFN sistemlerinin en büyük zorluğu eş zamanlı olarak yayın yapma zorunluluğudur. Bunu sağlayabilmek için her bir vericinin fazının ve frekansının GPS uyduları vasıtasıyla senkronize edilmesi gerekmektedir. [124]

2.2.2 Karasal Sayısal Yayıncılık Standartları

2.2.2.1 DVB-T/T2

DVB-T, DVB organizasyonu tarafından geliştirilen, 1997'de tanıtılan ve ilk yayınları 1998 yılında İngiltere'de yapılan bir karasal sayısal yayıncılık standardıdır.

[122] a.g.k., s. 7.
[123]Oğuz Kaymakçıoğlu, *Televizyon Sistemlerinin Analogdan Sayısala Doğru Geçirdiği Süreç ve Bu Sürecin Türkiye Ekonomisine Olan Etkileri*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2014, s. 32.
[124] Avni Morgül, *Sayısal Karasal TV Yayını*, Ders Notu, Boğaziçi Üniversitesi, 2011, s. 7.

Daha sonra teknolojideki gelişmelere bağlı olarak modülasyon ve hata düzeltme/koruma algoritmalarında gelişmeler yaşanmış, bunun yanında ticari beklentilerin de etkisiyle DVB-T2 teknolojisi ortaya çıkmış ve 2009'da ETSI tarafından standart olarak ilan edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında DVB-T2, sıfırdan tasarlanmış bir standart değildir ve DVB-T üzerinde güncellemelerin yapılmasıyla ortaya çıkmıştır. [125]

DVB-T2, DVB-S2 olarak ifade edilen ve uydu ortamından yayıncılık için geliştirilmiş olan standardın çeşitli özelliklerini de kullanmıştır. Bu özellikler:[126]

- DVB-S2 sistem mimarisinin kullanılması ve verilerin BBFRAME olarak ifade edilen çerçeveler içinde paketlenmesi,
- DVB-S2 sisteminde kullanılan LDPC hata düzeltmelerden faydalanılması,

şeklindedir.

DVB-T2'nin DVB-T'ye göre üstünlükleri, sabit ve taşınabilir alıcılara uygun olarak yayın imkânı sunabilme, daha yüksek çözünürlüklü ve kaliteli yayınlara olanak sağlama, tek frekans ağı sistemiyle vericilerin arasındaki mesafenin kısalması, daha portatif alıcı sistemleri ile yayın alışı olarak sıralanabilir. Bunun yanında DVB-T2, H.264 ve HEVC gibi yeni sıkıştırma teknolojilerini de destekleyerek daha az bant genişliğinde daha fazla yayın yapabilme imkânı sağlayarak spektral verimliliği artırmaktadır. H.264 sıkıştırma teknolojisiyle %30, HEVC ile de %50'ye kadar daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir. [127]

[125] M. Karaoğlu, 2011, s. 56.
[126] a.g.k., s. 57.
[127] Yasin Yiğit, Sayısal Karasal Televizyon Yayıncılığının Planlanmasına İlişkin Kriterler, Radyo ve Televizyon Üst Kurulu, 2012, s. 36.

Tablo 10: DVB-T ve DVB-T2 standartları arasındaki farklar[128]

	DVB-T	**DVB-T2**
Önceden Hata Kodlaması (FEC)	Evrişimli kodlama + Reed Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC+BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
Modülasyon tipi	QPSK, 16QAM, 64 QAM	QPSK, 16QAM, 64 QAM, 256 QAM
Koruma Aralığı	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
Fourier dönüşümü (Taşıyıcı Modu) (DFT)	2k, 8k	1k,2k,4k,8k,16k,32k

Tablo 10'da DVB-T ve DVB-T2 arasındaki diğer farklar yer almaktadır. DVB-T2'de yaklaşık olarak %25-30 arasında kapasite kazancı sağlayan daha gelişmiş Hata Kodlama teknikleri kullanılmıştır. Farklı koruma aralıkları ve farklı modülasyon tipleri sayesinde daha fazla esneklik ve seçilen parametreye göre daha fazla performans elde edilebilmektedir. Ayrıca daha fazla taşıyıcı modu sayesinde bant genişliği de artabilmekte, daha uzun koruma aralığı sayesinde daha geniş kapsamaya sahip tek frekans ağlarının kurulabilmesine imkân tanınmaktadır.[129]

Tablo 11: Aynı C/N değeri için kanal iletim kapasitesinin değişimi[130]

	DVB-T	**DVB-T2**
Kanalın Bant genişliği (MHz)	8	8
Modülasyon	16 QAM	256 QAM
FFT	8k	16k
Koruma Aralığı	1/4	1/8
FEC	2/3 CC+RS	2/3 LPDC+BCH
C/N (dB)	11.4	11.4
Gerekli Bit Oranı (Mbit/s)	13.3	19.9

Tablo 11'de aynı C/N (Sinyal-gürültü oranı) için gerekli bit oranı DVB-T ve DVB-T2 standartları altında karşılaştırılmıştır. Tablo 11'de de görüleceği üzere DVB-T2 aynı C/N oranında %50'ye yakın daha fazla bit oranı ve kapasite sunabilmektedir.

[128] Avni Morgül, *Sayısal Televizyon Tekniği*, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2011, s. 239.
[129] Y. Yiğit, 2012, s. 37.
[130] Digital Video Broadcasting, DVB-T2 Performance Comparison with other Standards, DVB – NCA Seminar, 2010, s. 5.

2.2.2.2 ATSC

ATSC, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) uydu, kablo ve karasal yayıncılık ortamlarından yapılan sayısal yayıncılık için geliştirilen standartların toplamını ifade eder. ATSC standardı, GA (Grand Alliance) adlı konsorsiyum tarafından 1990'lı yılların başında yüksek çözünürlükte televizyon yayınlarının teknik özelliklerini belirlemek üzere geliştirilmiştir.[131]

Amerika Birleşik Devletleri'nde sayısal televizyon yayıncılığı 1990'lı yılların başında başlamıştır. 6 MHz'lik bir analog kanaldan, yüksek çözünürlüklü yayını, karasal televizyon frekanslarına tahsis edilmiş frekans spektrumu üzerinden iletmeyi başarmıştır. ATSC/53 adı ile 1995 yılında yayınlara başlanmıştır. [132]

Bu standartta tek taşıyıcı modülasyon ile benzer özellik taşıyan 8-VSB modülasyon tekniğini kullanılmaktadır. Bu teknik sayesinde, 6MHz bant genişliğindeki bir frekans bandından 19.39 Mbit/s ile yayın yapılabilmektedir. Bu sayede 1 analog yayın için ayrılmış banttan, yüksek çözünürlükte 1 yayın veya standart çözünürlükte 4'e kadar yayın yapabilme olanağı bulunmaktadır. [133]

ATSC A/53 standardı, daha sonra 2008 yılında H.264/AVC video kodlamasına destekleyecek şekilde güncellenmiştir ve bu güncelleme neticesinde A/72 olarak adlandırılmıştır.[134] ATSC/72 Dolby Digital-AC3 formatını desteklemekte, 1920x1080 çözünürlükte 16:9 görüntü oranına izin verebilmektedir. ATSC 3.0 ile beraber 4K çözünürlükte görüntü ile HEVC video kodlama tekniği de desteklenir hale gelmiştir.[135]

[131] M. Karaoğlu, 2011, s. 16.
[132] a.g.k., s. 17.
[133] a.g.k., s. 17.
[134] a.g.k., s. 17.
[135] http://atsc.org/newsletter/atsc-3-0-where-we-stand (11/05/2017)

ATSC standardına ilişkin birçok patent bulunmakta olup, bu patentlerin lisanslama bedeli karasal sayısal televizyon yayıncılığı için cihaz başına yaklaşık 50 dolar seviyesindedir. Bu açıdan diğer birçok karasal sayısal yayıncılık standardına kıyasla daha maliyetlidir.

ATSC standardı, sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde değil, Kanada, Meksika, Dominik Cumhuriyeti, El Salvador, Porto Riko, Güney Kore gibi ülkelerde de tercih edilmektedir. Ancak özellikle Sayısal Pay (Digital Dividend) ile beraber Amerika Birleşik Devletleri gibi telekomünikasyon servislerinin oldukça gelişmiş olduğu ülkelerde giderek popülaritesini kaybetmektedir.

2.2.2.3 ISDB-T

ISDB-T standardı, merkezi Japonya olan ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) adlı organizasyon tarafından geliştirilmiştir ve ilk olarak yine Japonya'da 2003 yılında yayına başlanmıştır.[136]

Bu standart DVB-T/T2'ye benzer olarak COFDM kipleme tekniğini kullanmakta ve yine diğer karasal sayısal yayıncılık tekniklerinde olduğu gibi tek frekans ağı özelliğinden yararlanmaktadır. Bunun yanında ISDB-T standardı, iletimde QPSK, 16QAM, 64QAM ve DQPSK modülasyon tekniklerini kullanmaktadır.[137]

ISDB-T, UHF 470–770 MHz frekans bandını kullanabilmektedir. Bu bant 13 ve 62 kanalları arasındaki 6 MHz'lik aralıkta 50 fiziksel kanaldan oluşmaktadır. Bu durum Japonya'da farklı olarak belirlenmiş olup, 6Mhz'lik frekans bloku 13 segmente bölünmüş, 1.segment mobil alıcılara, kalan segmentler ise SD, HD ve MD (Medium Definition - Orta Çözünürlük) çözünürlükteki yayınlara ayrılmıştır. Bu açıdan hem

[136] Fa-Long Luo, Digital Front-End in Wireless Communications and Broadcasting: Circuits and Signal Processing, Cambridge University Press, 2011, s. 13.
[137] a.g.k., s. 13.

mobil hem sabit alış için kullanılabilmektedir. Ayrıca ISDB-T standardının en önemli özelliklerinden biri acil durum uyarı sistemidir (EWS - Emergency Warning System). Acil uyarı sistemi özellikle sel, deprem ve tsunami gibi doğal afetler için Japonya'da yaygın olarak kullanılmaktadır. [138]

ISDB-T standardı sayesinde bir kanalda 1 yüksek çözünürlüklü yayın ya da 3'e kadar standart çözünürlüklü yayın iletilebilmektedir. Etkileşimli uygulamalarda dönüş yolu olarak internet erişimini desteklemektedir. Ayrıca ISDB-T sistemi, saatte 100 km hızla giden bir araçtan bile yüksek çözünürlüklü yayın izleme imkânını sunabilmektedir.[139]

2009 yılı Ocak ayında Brezilya'dan SBTVD adlı forum ile Japonya'dan ISDB-T çalışma grupları sayısal yayıncılık konusunda çalışma yapmış ve "ISDB-T International" olarak adlandırılan ortak bir standart geliştirmiştir. Bu standart başta Japonya, Brezilya ve Güney Amerika ülkeleri olmak üzere dünyanın birçok yerinde tercih edilmektedir.[140]

2.2.2.4 DTMB

DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast - Karasal Sayısal Çoklu Ortam Yayın) hem sabit alış hem de mobil alış için geliştirilmiş olan, Çin, Küba ve Hong Kong gibi ülkelerde kullanılan karasal sayısal yayıncılık tekniğidir. DTMB, 2004 yılında oluşturulmuş ve 2006'da resmi karasal sayısal yayıncılık standardı halini almıştır.[141]

[138] a.g.k., s. 13.
[139] a.g.k., s. 13.
[140] https://en.wikipedia.org/wiki/ISDB-T_International (11/05/2017)
[141] M. Karaoğlu, 2011, s. 19.

Daha öncesinde DMB-T/H (Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld) olarak bilinen standart ADTB-T, DMB-T ve TiMi olarak bilinen standartların birleşimden oluşmaktadır.

DTMB, TDS-OFDM modülasyon tekniği kullanmaktadır. SD ve HD çözünürlükte yayın yapabilmenin yanında çeşitli multimedya hizmetlerini de barındırmaktadır. Standardın en önemli özelliklerinden birisi saatte 200 km hızda bile yüksek çözünürlüklü yayın izlemeye imkân sağlayabilmesidir. Kapsama alanı olarak DVB-T'den 10 km daha geniş olmakla birlikte seçilecek parametreye göre 4,813 Mbit/s ile 32,486 Mbit/s arasında veri aktarım hızı sunabilmektedir. Standart kapsamında herhangi bir video kodlama tekniği belirlenmemiştir ve farklı video kodlama tekniklerinden yararlanılabilmektedir. Bunun yanında alıcıları yaygın ve ekonomik değildir.[142]

[142] http://www.enensys.com/technologies/dtmb-overview.html (07/02/2016)

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MOBİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

Elektronik haberleşmenin insanlar arasında iletişim için kullanılmaya başlaması ilk önce kablolu olarak gerçekleşmiştir. Ancak kablolu iletişimde mekâna bağımlılığın olması zamanla kablosuz iletişimi ön plana çıkarmıştır.[143]

Giderek artan haberleşme ihtiyacı neticesinde, mobil teknolojiler gelişmiş ve iletilen veriler çeşitlenmiştir. Başlangıçta sadece ses iletimi olarak yola çıkan mobil haberleşme teknolojileri, zamanla farklı veri paketlerini de taşıyabilme yeteneğine kavuşmuştur. [144]

Mobil haberleşmeye olanak sağlayan baz istasyonlarının daha güçlü verici sistemlerine ve daha gelişmiş donanımlara sahip olmaya başlamasının yanında, kullanıcıların da sahip olduğu cihazların gelişmesi neticesinde kilobitler ile başlayan mobil veri iletimi bugün gigabitler seviyesine ulaşmıştır.

Teknolojinin birçok alanında olduğu gibi mobil haberleşme teknolojilerinde de gelişim adım adım gerçekleşmiştir. Yeni teknolojilerin denenmesi, standardize edilmesi ve son kullanıcı açısından erişilebilir hale getirilmesi neticesinde bir önceki nesil teknolojiler terk edilmiş ve yeni nesil teknolojilere geçiş sağlanmıştır. Ayrıca her yeni teknolojiyle birlikte bir önceki mobil haberleşme nesli için geriye dönük uyumluluk sağlanmıştır.

---

[143] Munip GEYLANİ, Musa ÇIBUK, Hanefi ÇINAR ve Fikri AĞGÜN, *Geçmişten Günümüze Hücresel Haberleşme Teknolojilerinin Gelişimi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, 2016, s. 1-2.
[144] a.g.k., s. 1-2.

3.1 BİRİNCİ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

1G, birinci nesil mobil haberleşme teknolojisine verilen addır. Bu ilk nesil mobil haberleşme sistemlerinde yalnızca analog modülasyon yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu teknoloji, 1979 yılı itibariyle geliştirilmeye başlanmıştır. Birinci nesil haberleşme nesli altında geliştirilen cihazlarda hücresel ağ (cellular network) yapısı kullanılmıştır. [145]

Her ne kadar kablosuz mobil haberleşmeye olanak sağlayan cihazlar 1940lı yılların sonlarından itibaren ortaya çıkmış olsa da, birinci nesil mobil haberleşme adı altındaki ilk sistem Japonya'da 1979 yılı itibariyle uygulanmış, ardından da 1981 yılında tam otomatik santrallerin devreye girmesiyle birlikte ilk nesil mobil haberleşme teknolojileri hayata geçmiştir. [146]

Bu ilk nesil mobil haberleşme teknolojisinde, analog modülasyon tekniğinin kullanması sebebiyle sinyal, çevresel faktörlerden çok fazla etkilenmekte, enterferans problemi sıklıkla yaşanmakta ve bağlantılar çok hızlı bir şekilde kopabilmekteydi. Ayrıca sinyal analog olduğu için rahatlıkla üçüncü şahıslar tarafından dinlenebiliyordu. Bunların yanı sıra birinci nesil haberleşme sistemlerinde veri paketleri taşımak mümkün olmadığı gibi baz istasyonları oldukça fazla enerji tüketiyordu.

Bütün bu dezavantajların yanında bu teknoloji, kapsama alanının geniş olması, iletişim kapasitesinin o günün şartlarında yeterli olması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmiştir.

[145] https://en.wikipedia.org/wiki/1G (11/05/2017)
[146] a.g.k.

3.2 İKİNCİ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

İkinci nesil mobil haberleşme sistemleri, bir önceki nesilde olduğu gibi hücresel ağ sistemini kullanmaktadır. Bu nesle geçiş ile birlikte haberleşmede analogdan sayısala geçiş sağlanmıştır. Bu sayede sesin yanında SMS olarak adlandırılan kısa mesaj servisleri gibi çeşitli verilerinde iletimi mümkün hale gelmiştir.[147]

Bu nesilde, daha iyi ses kalitesinin yanında, verinin şifrelenmesi mümkün hale gelmiş, daha farklı frekans bantlarını kullanarak kapasite artırılmıştır. Bu mobil haberleşme sistemlerinde GSM (Global System for Mobile Communications) olarak adlandırılan standart temel alınmış ve ilk olarak 1991 yılında Finlandiya'da kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonrasında GSM'in yanında D-AMPS, PDC, GPRS ve EDGE gibi farklı teknolojilerde kullanılmaya başlanmıştır.[148]

İlk olarak sadece 850-900 MHz bantlarında çalışabilen ve bu nesilde tanımlanmış olan GSM teknolojisi kullanılmış, daha sonra artan kullanıcı karşısında bant genişliğini artırmak adına artık 1800 MHz bandı da kullanılabilir hale gelmiştir. Daha yüksek frekans bandına taşınılmasıyla birlikte daha fazla bant genişliği elde edilmiş, ancak kapsama alanında daralmalar yaşanmıştır. GSM teknolojisinde ilk başlarda 9.6 kbps hızı ile veri taşımak mümkünken daha sonra bu nesil altında tanımlanan diğer bir teknoloji olan EDGE ile 384 Kbps hızına erişilebilmiştir. EDGE teknolojisi, adaptif bir modülasyon tekniği ile beraber aynı zamanda adaptif bir kodlama tekniğini de kullanmaktadır. [149]

Bu nesilde yaşanan en büyük problem, hattın kullanılmadığı durumlarda bile kullanıcı tarafındaki ekipmanların yetersizliğine bağlı olarak hattın meşgul olabilmesiydi. Daha sonra bu sorunun önüne geçmek için mevcut Ethernet

[147] M. GEYLANİ, M. ÇIBUK, H. ÇINAR ve F. AĞGÜN, 2016, s. 4.
[148] a.g.k., s. 5-6.
[149] a.g.k., s. 5-6.

teknolojisine benzer olarak hattın gereksiz kullanımını engelleyen, iki cihazın birbirlerine aynı zamanda veri gönderdiğinde bunu algılayabilen üçüncü nesil haberleşme sistemlerine geçiş sağlanmıştır.

3.3 ÜÇÜNCÜ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

Üçüncü nesil mobil haberleşme teknolojileri daha önceki nesillerde olduğu uzun bir çalışmanın sonucunda ve daha önceki çalışmaların üzerinden ilerlemiştir. Teknolojinin temeli 1980 yılına kadar uzanmakta olup, 15 yıllık bir gelişim sürecine sahiptir. Bu çalışmalar ITU tarafından IMT-2000 olarak adlandırılmıştır. [150]

İlk testler 1998 yılında Japonya merkezli NTT DoCoMo unvanlı şirket tarafından yapılmış olup "FOMA" olarak ayrıca bir marka ile ortaya çıkmıştır. Daha sonra 2001 yılında yine aynı şirket tarafından sınırlı bir kullanım içinde olsa ticari olarak faaliyete geçmiştir. [151]

Bu teknolojinin ilk zamanlarında sabit alışta 2 Mbps, mobil alışta ise 144 Kbps hızlarına ulaşabilmek mümkündü. Daha sonra mimaride yapılan değişiklikler ile birlikte 2500 MHz'e kadar geniş bir frekans spektrumu kullanılabilmiş ve hız HSPDA+ tekniği sayesinde 43 Mbps hıza kadar ulaşılmıştır. [152]

Üçüncü nesil mobil haberleşme hizmetlerinde artan veri hızına bağlı olarak veri iletimi daha iyi bir noktaya gelmiş, görüntülü görüşme ve daha yüksek veri paketlerinin iletimi gibi uygulamalar mümkün hale gelmiştir. Bu nesil altında diğer sistemlere benzer olarak hücresel ağ sistemi kullanılmakla beraber UMTS, CDMA ve FOMA gibi farklı teknoloji standartları da kullanılmıştır.

---

[150] Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), *3g Mobile Licensıng Policy:From Gsm To IMT-2000 -A Comparative Analysis*, 2011, s. 25.
[151] M. GEYLANİ, M. ÇIBUK, H. ÇINAR ve F. AĞGÜN, 2016, s. 5-7.
[152] Ümit Yaşlı, Genişbant Düzenlemeleri Yönüyle Ülke İncelemeleri ve Türkiye İçin Öneriler, Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı, 2014, s. 47.

Türkiye'de ikinci nesil haberleşme sistemleri için 1998 yılında yetkilendirme ihalesi yapılmış iken, pazarın durumu, tüketicilerin istekleri ve teknolojide yaşanan değişimler sonucunda üçüncü nesil mobil haberleşme sistemleri için yetkilendirme ihalesi ancak 2009 yılında yapılabilmiştir.[153]

3.4 DÖRDÜNCÜ NESİL HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

4G (Fourth generation) yani 4. nesil haberleşme sistemleri temel olarak 3G sonrasında yapılan çalışmaların bütününe verilen isimdir. 2002 yılında ITU tarafından 3G sonrası yapılan standartlaşma çalışması neticesinde LTE ve WiMAX isimli teknolojilerin 4. nesil haberleşme sistemleri altında çalışılmasına başlanmış olup, 2008 yılında yine ITU tarafından bu standartların teknik özelliklerine karar verilmiştir.[154]

IMT-Advanced olarak ifade edilen teknoloji ise, ITU Radyokomünikasyon Sektörü Çalışma Grubu tarafından 21/10/2010 tarihinde yapılan toplantıda tanımlanmıştır. IMT-Advanced teknolojisi olmak için başvuruda bulunan LTE-Advanced ve WiMAX teknolojileri, IMT-Advanced için aday standart olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu teknolojiler ITU-R tarafından 2010 yılında yapılan toplantı neticesinde kabul görmüştür.[155] Tablo 12'de farklı mobil haberleşme teknolojilerine ait maksimum indirme, yükleme hızları, 3GPP sürümleri ve diğer bilgiler yer almaktadır.

[153] Mehmet Ekin, *1400 MHz Frekans Bandının LTE (Long Term Evolution) Hizmetlerinde Kullanılması: Türkiye İçin Düzenleyici Öneriler,* Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2014, s. 19.
[154] Kübra Çalış, Suat Özdemir, *Yeni Nesil Mobil Genişbant Teknolojileri ve Türkiye,* 2014, s. 4
[155] Azzet Gülşen, *900 ve 1800 MHz Frekans Bandlarının Gelecekteki Kullanımı ve Türkiye Analizi,* Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2013, s. 31.

Tablo 12:Mobil Haberleşme Gelişimine Göre Değişen Parametreler[156]

	HSPA/HSDPA/HSPUPA	HSPA+	LTE	LTE-Advanced
Maksimum İndirme (Download) Hızı	14 Mbps	28 Mbps	100 Mbps	1 Gbps
Maksimum Yükleme (Upload) Hızı	5.7 Mbps	11 Mbps	50 Mbps	500 Mbps
3GPP Sürümü	Rel 5/6	Rel 7	Rel 8	Rel 10
Çıkış Tarihi	2005-2007	2008	2009	2014
Radyo Erişim Teknolojisi	CDMA	CDMA	OFDMA/SC-FDMA	OFDMA/SC-FDMA

3.4.1 LTE (Long Term Evolution – Uzun Süreli Gelişim)

LTE teknolojisi ilk olarak 2004'de Japonya'da "NTT DoCoMo" unvanlı şirket tarafından test edilmiş, ticari olarak ise 2009'da Norveç'in Oslo şehrinde kullanılmaya başlanmıştır. Diğer haberleşme teknolojilerinde olduğu gibi LTE'de ilk etapta daha düşük hızlara ulaşabilmiş, ancak her bir revizyon ile birlikte hızını artırmış ve yeni özellikler kazanmıştır.[157]

LTE teknolojisi temel olarak 4. nesil haberleşme altyapısını kullanan ve bu nesilde hâkim olarak varlığını sürdüren bir teknolojidir. LTE teknolojisi, temelinde GSM/EDGE ve UMTS/HSPA sistemlerini kullanmakta olup gerek kapasite olarak gerekse hız olarak bu teknolojilerden ayrışmaktadır. [158]

LTE teknolojisinde, 2.nesil ve 3.nesil mobil haberleşme teknolojileri yine bu teknoloji altında geriye dönük uyumluluk kapsamında desteklenmektedir.[159] Bu teknoloji, 3GPP (3.Nesil Ortaklık Projesi) tarafından standardize edilmiş ve Sürüm 8'de daha detaylı hale getirilmiştir. 2011 yılı itibariyle ortaya çıkan Sürüm 9'da ise

[156] K. Çalış, S. Özdemir, 2014, s. 4.
[157] Ümit Yaşlı, 2014, s. 46-47
[158] https://tr.wikipedia.org/wiki/LTE (11/05/2017)
[159] a.g.k.

yapılan bazı değişiklikler ve revizyonlar ile indirme hızı 300 Mbps, yükleme hızı ise 80 Mbps'e kadar ulaşmıştır.[160]

Daha sonrasında yapılan çalışmalar kapsamında, 2011 yılı itibariyle Sürüm 10, 2012 yılı itibariyle de Sürüm 11 ortaya çıkmıştır. Heterojen ağlar üzerinde çalışabilen Sürüm 12 ve Sürüm 13'ün ise hâlihazırda gelişim süreci devam etmektedir. [161] LTE teknolojisine sahip 147 ülke ve 442 ticari mobil operatör bulunmaktadır. Ayrıca dünya genelinde 2014 sonu itibariyle %40 olan LTE kapsama alanının 2021 sonunda %75 olması beklenmektedir.[162]

Üçüncü nesil haberleşme sistemlerinde temel bazı değişikliklere gidilerek geliştirilen dördüncü nesil haberleşme hizmetleri, IP tabanlı sistemlerdir. Ayrıca bu nesilde, üçüncü nesilden farklı olarak evrimleşmiş paket çekirdek ağı (Evolved Packet Core) ve E-UTRAN erişim mimarisi desteklenmektedir. [163]

4. nesil mobil haberleşme sistemi olan LTE, Zaman Bölmeli Çoğullama(TDD) ve Frekans Bölmeli Çoğullama (FDD) gibi farklı çoğullama tekniklerini desteklemektedir. Bu sistemde ayrıca, Dikey Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (OFDMA) veri indirme yönünde, Tek Taşıyıcılı Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (SCFDMA) ise veri gönderme yönünde tercih edilmekte olup birden fazla alıcı-vericinin çalışmasına olanak sağlayan Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (MIMO) gibi birçok farklı tekniğin çalışmasına da imkân tanımaktadır.[164]

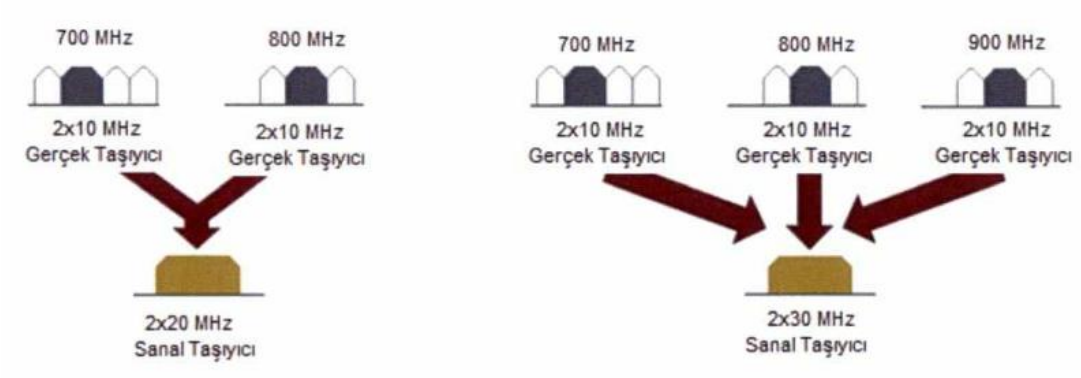
LTE teknolojisi, kullanılması planlanan ülkedeki koşullara ve idari kararlara göre de değişmekle birlikte, frekans spektrumunun farklı bölgelerinde farklı bant genişliklerinde de çalışabilmektedir. [165]

[160] Ümit Yaşlı, 2014, s. 46.
[161] a.g.k., s. 46-47.
[162] Ericsson, *Ericsson Mobility Report*, 2015, s. 16.
[163] K. Çalış, S. Özdemir, 2014, s. 6.
[164] a.g.k., s. 6.
[165] a.g.k., s. 6.

3.4.1.1 İleri LTE Teknolojileri (LTE-Advanced)

İleri-LTE (LTE-A) teknolojisi, LTE'nin gelişmiş versiyonunu ifade etmekte olup, 3GPP Sürüm 10'un 2011 yılında tamamlanmasıyla birlikte standardize edilmiştir. İleri LTE teknolojisi daha yüksek hız sağlamasının yanında sağladığı taşıyıcı birleştirme özelliği sayesinde aynı anda farklı frekans bantlarının etkin kullanımına imkân tanımaktadır. [166]

İleri-LTE teknolojisi ile birlikte indirme hızı olarak 3 Gbps, yükleme hızı olarak da 1,5 Gbps veri iletim hızına ulaşabilmek mümkündür. Sürüm 8 kapsamında 16 bps/Hz'lik spektrum verimliliği elde edilebiliyorken, İleri-LTE teknolojisi sayesinde bu değer 30 bps/Hz değerine kadar ulaşmıştır. Bunu sağlayabilmek için farklı bant genişliklerindeki farklı frekans bantlarının birleştirilerek kullanılmasına olanak tanıyan "taşıyıcı birleştirme" (carrier aggregation) teknolojisi kullanılmaktadır.[167] Şekil 12'de farklı frekans bantlarındaki taşıyıcıların birleşerek oluşturdukları sanal taşıyıcılar gösterilmektedir.



Şekil 12: Taşıyıcı Birleştirme[168]

Taşıyıcı birleştirme teknolojisi, FDD olarak ifade edilen frekans bölmeli çoğullamada iki kat, TDD olarak ifade edilen zaman bölmeli çoğullamada ise tek kat

[166] A. Gülşen, 2013, s. 32-33.
[167] a.g.k., s. 33.
[168] F. Kaybal, 2014, s. 49.

frekans bant genişliğini kullanmaktadır. Bunun sebebi FDD teknolojisinin, veri alışverişini farklı frekans bantlarında aynı anda yapabiliyorken, TDD teknolojisinin bu işlemleri farklı zamanlarda aynı frekans bantlarında yapabilmesinden dolayıdır.[169]

Taşıyıcı birleştirme teknolojisi, hem kullanıcı ekipmanları tarafında hem de baz istasyonu tarafında kullanılmakta olup 1.4, 3, 5, 10, 15 veya 20 MHz gibi farklı frekans bloklarının birleştirilmesine imkan tanımaktadır. En fazla 5 adet taşıyıcı birleştirme işlemi yapılabilmekte ve maksimum 100 MHz bant genişliğine ulaşılabilmektedir.[170]

Tablo 13'de LTE ve LTE-Advanced teknolojilerine ait kullanıcı ekipmanların kategorisi ve bu kategorilere bağlı olarak elde edebilecek maksimum indirme ve yükleme oranları gösterilmiştir.

Tablo 13: LTE ve LTE-A Kullanıcı Ekipman Kategorileri

Kablosuz Özellikleri	Kullanıcı Ekipmanları Kategorisi	Maksimum Veri Oranı (İndirme/Yükleme)
LTE	Kategori 1	10/5 Mbps
	Kategori 2	50 / 25 Mbps
	Kategori 3	100 / 50 Mbps
	Kategori 4	150 / 50 Mbps
	Kategori 5	300 / 75 Mbps
LTE-A	Kategori 6	300 / 50 Mbps
	Kategori 7	300/150 Mbps
	Kategori 8	1200/600 Mbps

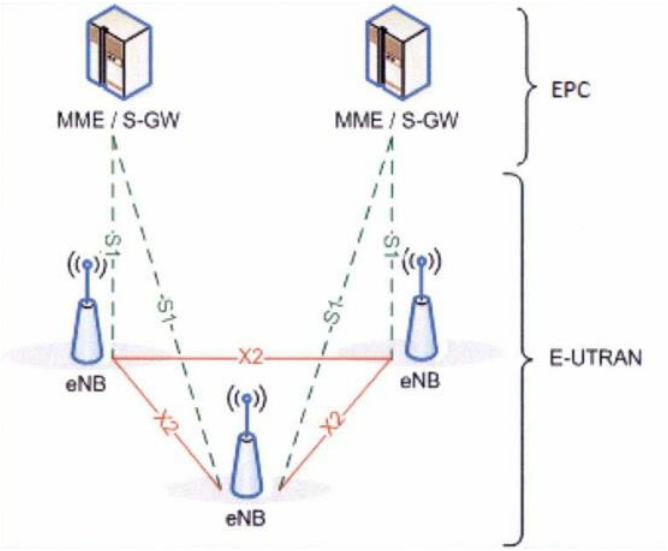
[169] https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication)#LTE-TDD_and_LTE-FDD (11/05/2017)
[170] A. Gülşen, 2013, s. 33.

3.4.1.2 LTE Şebeke Mimarisi

LTE mimarisi, Şekil 13'de görüleceği üzere daha önceki mobil sistemlerden farklı olarak yalnızca paket anahtarlama sistemini kullanmaktadır. LTE mimarisi temel olarak iki birimden oluşmakta olup bunlar: [171]

- Evrimleşmiş Paket Çekirdek Ağı (Evolved Packet Core, EPC),
- Evrimleşmiş-UTRAN (E-UTRAN)

şeklindedir. EPC çekirdek ağı, E-UTRAN ise erişim ağı olarak tanımlanmaktadır. [172]



Şekil 13: LTE Şebeke Mimarisi[173]

Bu iki ağ biriminin birleşmesiyle birlikte Evrimleşmiş Paket Sistemi (Evolved Packet System, EPS) olarak adlandırılan birim oluşmaktadır. [174]

[171] K. Çalış, S. Özdemir, 2014, s. 6-7.
[172] a.g.k., s. 6-7.
[173] M. Ekin, 2014, s. 53.
[174] K. Çalış, S. Özdemir, 2014, s. 6-7.

Çekirdek Ağ (EPC), baz istasyonu ile ağlar arasındaki bağlantıları organize eder. Bununla birlikte taşıyıcıların teminini ve son kullanıcı tarafındaki cihazların kontrolünü de çekirdek ağ yapar. Çekirdek ağ; [175]

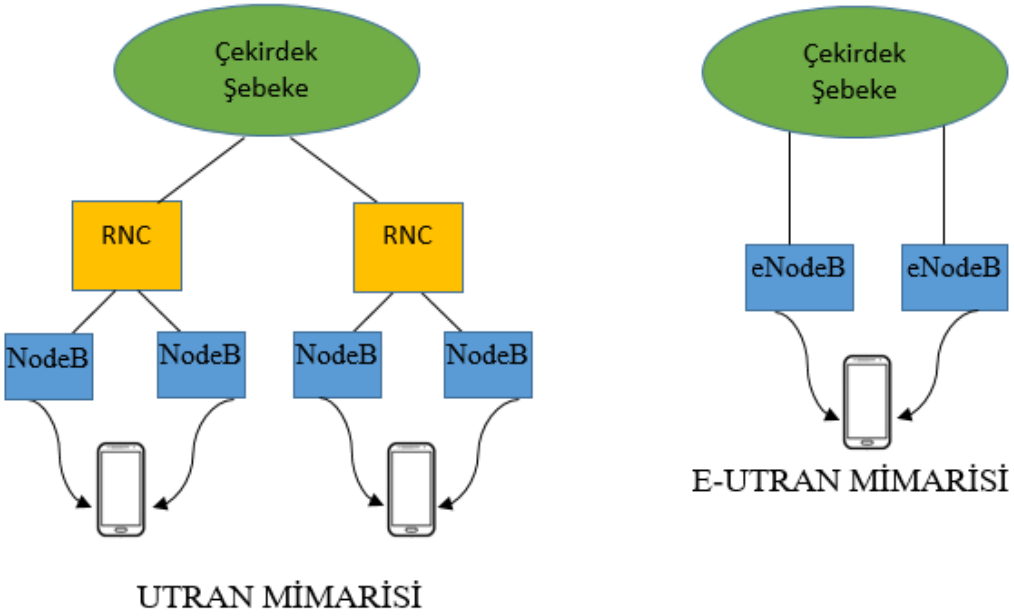
- Servis Sağlayıcı Ağ Geçidi (SG),
- Paket Veri Şebekesi Ağ Geçidi (PDN-GW),
- Ana Abone Sunucusu (HSS),
- Hareket Kontrol ve Ücretlendirme Kuralları İşlevleri (PCRF),
- Hareketlilik Yönetim Aygıtı (MME),

gibi unsurlardan meydan gelmektedir.

Erişim Ağı (E-UTRAN); Evrimleşmiş Baz İstasyonu olarak ifade edilebilen E-UTRAN, E-NodeB olarak isimlendirilen düğümleri/noktaları içermektedir. [176]

Bir önceki nesil olan UTRAN mimarisinde RNC (Radyo Ağ Denetleyicisi – Radyo Network Controller) olarak ifade edilen birim, radyo kaynak kontrolünü, girişteki denetimi, kanal tahsisini, sinyal yayınını ve açık devre güç kaynak kontrolü gibi işlevleri gerçekleştirmektedir. LTE mimarisinden ise farklı olarak bu birim Şekil 14'te de görüleceği üzere baz istasyonunda yani eNodeB biriminde yer almaktadır. E-NodeB, radyo fonksiyonlarının kontrolünü sağlamakta ve kullanıcı ekipmanıyla çekirdek şebeke arasındaki haberleşmeyi gerçekleştirmektedir.[177]

[175] a.g.k., s. 7.
[176] a.g.k., s. 6-7.
[177] a.g.k., s. 6-7.

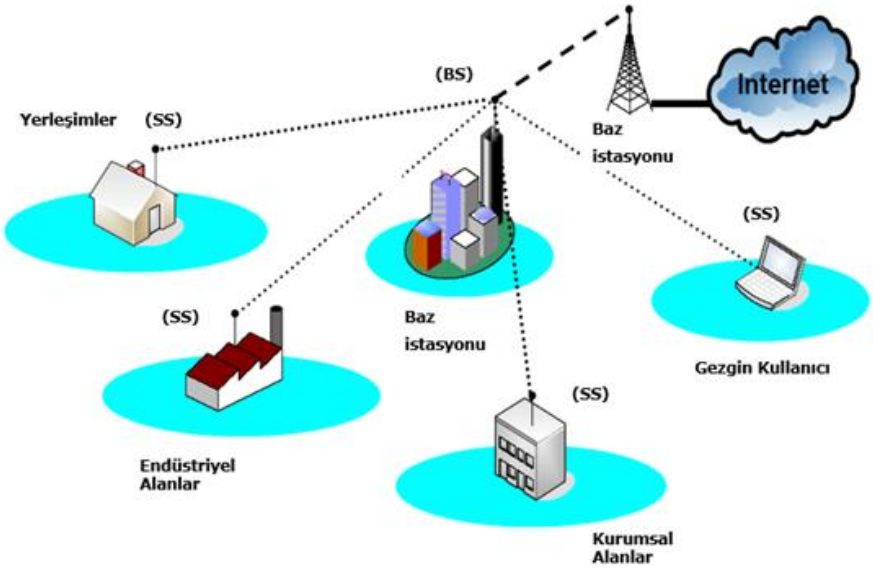


Şekil 14: UTRAN ve E-UTRAN mimarisindeki farklılıklar

Kullanıcı Ekipmanı (UE); Evrensel Abone Kimlik Modülü (U-SIM) ve son kullanıcıların kullanmış olduğu cihazları ifade etmek için kullanılır. Evrensel Abone Kimlik Modülü, içinde kullanıcıya özel olarak şifrelenmiş doğrulama bilgilerini içeren bir çeşit akıllı kart olarak tanımlanabilmektedir.[178]

[178] a.g.k., s. 6-7.

3.4.2. WiMAX



Şekil 15: WiMAX mimarisi[179]

WiMAX, 2002 yılı itibariyle tamamlanan IEEE 802.16 kodlu standardın tamamlanmasıyla birlikte, bu standardın içinde belirtilmiş, detaylandırılmış bir mobil haberleşme standardıdır.[180] Şekil 15'de bu standardın örnek bir mimarisi görülmektedir.

WiMAX teknolojisi, en genel anlamda güçlendirilmiş Wi-Fi (Wireless Fidelity - Kablosuz Bağlantı Alanı) olarak adlandırılmaktadır. WiMAX'in öne çıkan özellikleri arasında, tek bir anten yardımıyla 50 kilometre çapındaki bir yerde 75 Mbps hızına kadar haberleşme yapabilmesi, kurulum maliyetlerinin düşük olması ve hızlı kurulum yer almaktadır. [181]

[179] http://telesinca.com/wimax.html (11/05/2017)
[180] Ümit Yaşlı, 2014, s. 47.
[181] Jale Küçükünsal, *Metropol Alanlar İçin Kablosuz Erişim (Wıreless. Metropolitan Area Network / Kablosuz Metropol Alan. Ağları-Wman) Uygulamaları ve Düzenleme Önerileri,* Telekomünikasyon Kurumu, 2006, s. 1.

WiMAX teknolojisi, 2012 yılına kadar kullanılmaya ve geliştirilmeye devam etmiştir. En son versiyonunda yaklaşık 360 Mbps hızına kadar ulaşabilmiştir. Ancak bu rakam kullanıcı sayısına bağlı olarak önemli ölçüde azalabilmektedir. Teknolojinin sahip olduğu bu dezavantaj ile birlikte, LTE teknolojisi karşısında daha yavaş kalması nedeniyle ilgi azalmış ve bu teknolojinin en büyük destekleyicilerinden Sprint adlı mobil operatörde bu teknolojinin kullanımına son vermiştir.[182]

WiMAX ve LTE teknolojilerinin arasındaki seçimde, WiMAX'in kurulum maliyetinin tek bir baz istasyonu düşünüldüğünde daha avantajlı olmasına rağmen bütün bir alt yapı göz önünde bulundurulduğunda LTE'nin daha düşük maliyetli olması önemli rol oynamıştır.[183] Bu duruma en büyük etken olarak, LTE'nin hâlihazırdaki 3G altyapısı üzerinde yapılan değişikliklerle faaliyet gösterebilmesi gelmektedir. Bununla birlikte, birçok ülkenin LTE teknolojisinden yana tercih kullanması da WiMAX teknolojisinin önünü kapatmıştır.

WiMAX teknolojisinin, ülkemizde ilk olarak 2005 yılında Yozgat'ın Boğazlıyan köyünde denemesi yapılmıştır. Kurulan bu WiMAX sistemiyle 50 km'lik bir kapsama alanına ulaşılmıştır.[184] Daha sonrasında birçok kurum ve kuruluş tarafından deneme yayınları yapılmış ancak üçüncü nesil teknolojilerin ülkemizde kullanılmaya başlanmasıyla beraber arka plana düşmüştür.

3.5 BEŞİNCİ NESİL HABERLEŞME SİSTEMLERİ

5.Nesil Haberleşme Sistemleri (5G - 5th generation mobile networks) mevcut 4G/IMT-Advanced sistemlerinden sonraki haberleşme sistemlerini kapsamaktadır. 4.nesil haberleşme sistemlerinden daha yüksek seviyelerde hız sunabilmektedir.

[182] http://www.fiercewireless.com/wireless/updated-sprint-plans-to-shut-down-wimax-network-tomorrow-says-only-a-small-percentage (11/05/2017)
[183] Hüseyin Akman, Gül Fatma Türker ve Hatice Akman, *Türkiye'de Wi-Max Kullanımının Değerlendirilmesi,* Akademik Bilişim Konferansları, 2012 s. 2.
[184] a.g.k., s. 4.

Ayrıca makineler arası iletişim (M2M), arabalar arası etkileşim (Smart Car), akıllı şebeke ve ev teknolojileri gibi internete bağlı akıllı nesneler konusu 5.nesil haberleşme teknolojileri için daha ön plandadır. Bu açıdan genel itibariyle cep telefonu üzerinden ilerleyen mobil haberleşme teknolojileri, kullanılan cihaz veya uygulama alanı açısından bu nesilde daha belirgin olarak farklılaşacaktır.

5G teknolojileri, 2008 yılında NASA tarafından Machine-to-Machine Intelligence (M2Mi) Corp. unvanlı şirketi ile beraber geliştirilmeye başlanmış ve ardından Güney Kore'de Ticaret, Endüstri ve Enerjiden sorumlu bakanlık tarafından daha da şekillendirilmiştir. Ancak halen gelişimini tamamlamış bir teknoloji değildir.[185] ITU bünyesinde, IMT-2020 olarak ifade edilen standart altında bu teknolojinin gelişimine dair çalışmalar devam etmektedir.[186]

"Next Generation Mobile Networks Alliance" adlı yeni nesil mobil ağ topluluğu 5.nesil için aşağıdaki gereksinimleri tanımlamaktadır: [187]

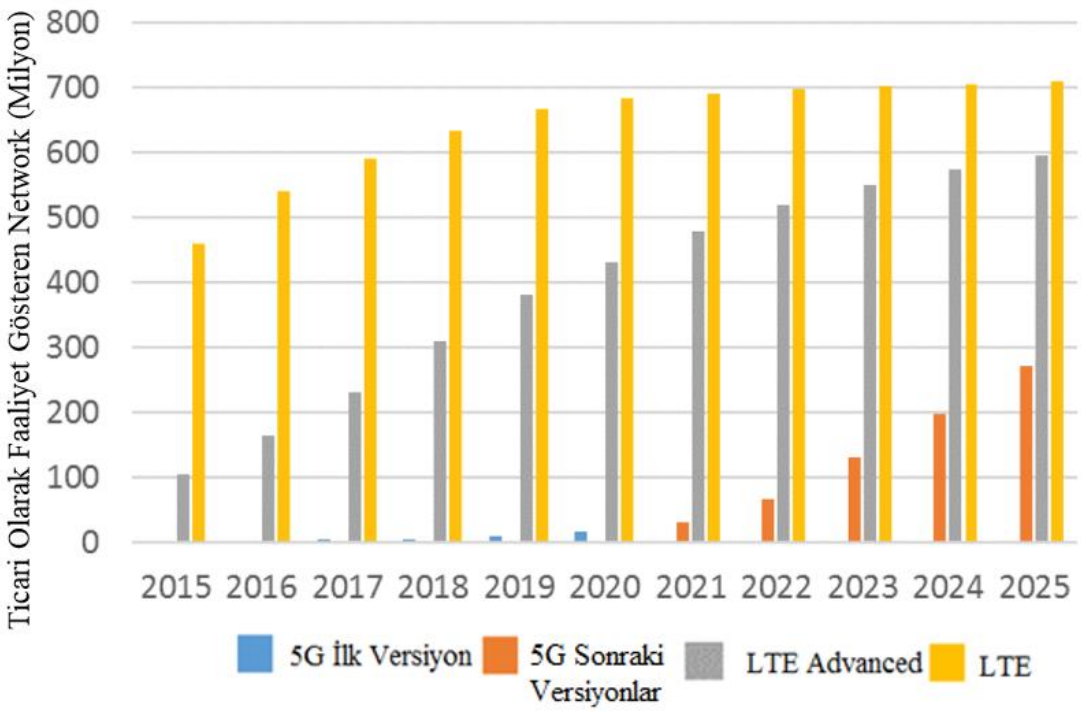
- Her bir kullanıcı için 1 Gigabit/saniye hız sunabilmeli,
- Kapsama alanı daha geniş olmalı,
- Veri oranları daha fazla kişiye anlık olarak daha fazla hızda sunulabilmeli,
- Spektrum verimliliği konusunda 4G haberleşme teknolojilerine göre çok daha iyi olmalı,
- Sinyal verimliliği artırılmalı,
- Gecikme süresi 4G ve LTE teknolojilerine göre daha az olmalı,

şeklindedir.

[185] https://en.wikipedia.org/wiki/5G (07/02/2016)
[186] http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2016/07.aspx#.Vv4upvmLTIU (01/04/2016)
[187] IEEE Communications Magazine, *Scenarios for 5G Mobile and Wireless Communications: The Vision of the METIS Project*, 2014, s. 2.

ITU[188] ve Avrupa Birliği[189] tarafından 2020 itibariyle 5G'nin son kullanıcılar için uygun hale getirilmiş halinin sunulabileceği tahmin edilmektedir. Ancak her ne kadar 5G mobil haberleşme standartları gelişiyor olsa da ITU-T altında 4G/LTE-A standartları da gelişmekte olup, 5G'nin sunabileceği bazı yetenekler bu teknolojilerin altında yer alabilecektir.

5G standardı mevcut haliyle birçok ülke tarafından test edilmekte olup; Rusya, Güney Kore, Japonya, Fransa, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Brezilya ve Avustralya gibi ülkeler bu test sürecine devam etmektedirler.[190] Ayrıca ülkemizde de bu standarda yönelik çalışmalar başlamış olup ASELSAN'ın, KEYSIGHT Technologies ile yaptığı işbirliği çerçevesinde bu yılın sonu itibariyle test ortamının konferanslarda ve fuarlarda gösterime sunulması planlanmaktadır.[191]



Şekil 16: Mobil şebeke sayısının teknolojilere bağlı değişimi [192]

[188] http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx (07/02/2016)
[189] http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/1g-5g-infographic (07/02/2016)
[190] GSA, *BRIEFING: 5G trials, commitments and forecasts*, 2015, s. 1.
[191] http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/basin-odasi/haberler/Sayfalar/ASELSAN-ve-KEYSIGHT20160112.aspx (11/05/2017)
[192] GSA, 2015, s. 3.

Şekil 16'da görüleceği üzere 5G teknolojisinin kullanılmaya başlanması 2020 sonrasını bulmakta ve mevcut LTE ve LTE-Advanced teknolojilerini destekleyen şebeke sayısı bir süre sonra sabit kalmaktadır. İlk etapta kalabalık şehir merkezlerinde devreye girmesi planlanan bu teknolojinin 2025 itibariyle yaygınlaşması beklenmektedir.

WRC 2015 sonrasında 5.nesil haberleşme sistemleri için aday frekans bantları 24.25-27.5 GHz, 31.8-33.4 GHz, 37-40.5 GHz, 40.5-42.5 GHz, 42.5-43.5 GHz, 45.5-47 GHz, 47-47.2 GHz, 47.2-50.2 GHz, 50.4-52.6 GHz, 66-76 GHz ve 81-86 GHz şeklinde belirlenmiştir.[193]

[193]http://www.btk.gov.tr/tr-TR/Kurumdan-Haberler/Sayan5G-Frekanslari-belirlendi (07/02/2016)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MOBİL YAYINCILIK

Bilindiği üzere hâlihazırda bir mobil şebeke üzerinden yapılan yayıncılıkta her bir aboneye ayrı ayrı verinin gönderilmesi nedeniyle yoğun bir veri trafiği yaşanabilmekte ve ağda büyük bir yük oluşmaktadır. Ayrıca artan veri trafiği, kullanıcı tarafında artan kota kullanımına yol açacağı için daha ekonomik ve daha kesintisiz yayınlara olan ilgi de artma eğilimi göstermektedir.

Bu noktada mobil yayıncılık, açık internet üzerinden yayıncılığın yanında standarda bağlı olarak hizmet ve deneyim kalitesi sunabilen yayıncılık türleriyle çeşitlenmiş ve her geçen günde gelişmeye devam etmiştir.

4.1 MOBİL YAYINCILIĞIN GELECEĞİ

Teknolojinin gelişimiyle birlikte şirketler, kıt bir kaynak olan frekans spektrumunu daha verimli kullanabilmek ve daha iyi servislerin/içeriklerin sunulmasını sağlamak amacıyla altyapılara yatırım yapmaktadırlar. Sunulan bu içerik ve servislere ilginin artması daha fazla işletmenin bu alana kaymasını sağlamaktadır.[194]

Birinci nesil teknolojilerle birlikte analog olarak başlayan mobil haberleşme, daha sonra ikinci nesil ile birlikte sayısallaşmış, üçüncü nesil ile görüntülü konuşma

[194] Müberra GÜNGÖR, Cihan AYDIN, Nur SAYGI ve Ayhan TÖZER, *Elektronik Haberleşme Sektöründe Eğilimler*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2011, s. 39.

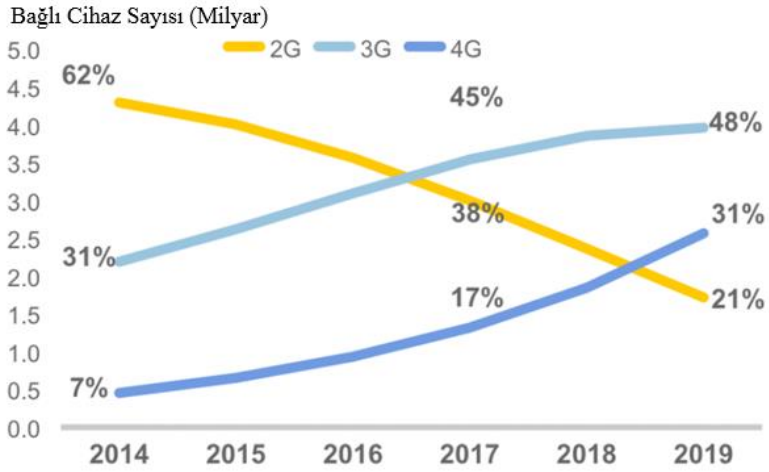
ve video içerikleriyle çeşitlenmiş ve en nihayetinde dördüncü nesil teknolojilerle birlikte çok daha geniş yelpazede içerik kullanıcıya sunulabilir hale gelmiştir.

Mobil haberleşmedeki bu gelişmelerle birlikte mobil operatörler, yüksek kotalı paketleri ve yüksek hızlı servisleri son kullanıcının hizmetine sunmaya başlamıştır. Son kullanıcı tarafında ise kullanılan cihazlar daha yetenekli ve işlem kapasitesi daha yüksek hale gelmiştir.[195]

Mobil cihazların, sadece işlemci gücü veya donanım kapasitesinin değil aynı zamanda mobil haberleşme altyapısındaki gelişmelerinde etkisiyle beraber ağa bağlanma yetenekleri artmıştır. Donanımdaki gelişmelerin ağ altyapısındaki gelişmelerle desteklenmesi, internet altyapısından faydalanabilen cihazların daha etkin ve daha hızlı kullanımına olanak sağlamıştır. Böylelikle kullanıcılar sabit bir bilgisayarın yanında taşınabilir cihazlardan da yararlanma imkânı bulmuş, bu durum veri trafiğinin artmasında büyük etki yaratmıştır.

2G ile şekillenmeye başlayan yeni kullanıcı alışkanlıkları, artan bu veri trafiği karşısında 3G ve 4G gibi yeni nesil mobil haberleşme altyapıları ile hızlı bir şekilde gelişmiş ve hızlı bir adaptasyon süreci sonunda kullanıma sunulmuştur.

[195] a.g.k., s. 40.

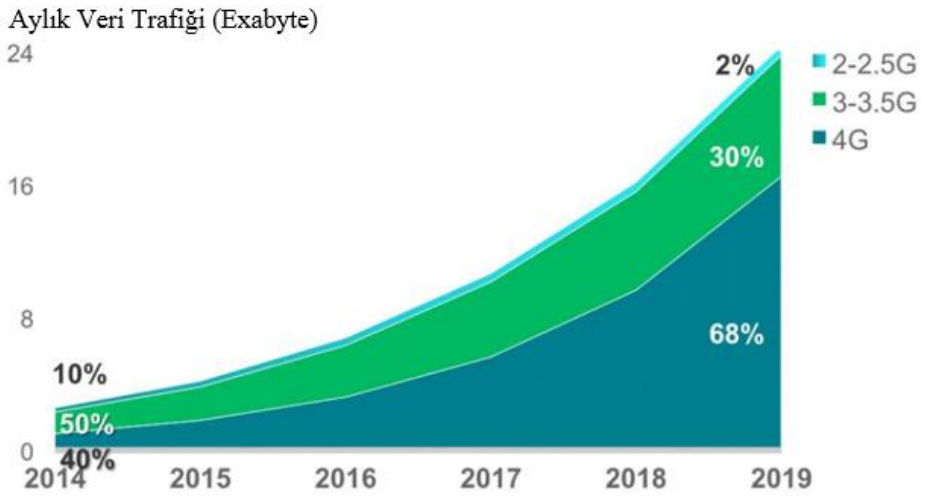


Şekil 17: Mobil Haberleşme Standartlarının Cihaz Sayısına Bağlı Gelişimi[196]

Şekil 17'den de görüleceği üzere 2.nesil haberleşme sistemlerine ait cihazların 2014 yılından itibaren hızla azalacağı ve 2019 yılı itibariyle üçte birine düşeceği öngörülmektedir. Ayrıca 3. nesil haberleşme sistemlerine ait cihazlarda azalan bir ivmeyle de olsa bir artışın olduğu, 4. nesil haberleşme sistemlerinde ise parabolik bir artışın olduğu gözlenmektedir. Halen yeni nesil cihazların birçoğunun geriye dönük uyumluluk sağlaması, 2G ve 3G destekli cihazların yüzdesel olarak belli bir ağırlığı korunmasında en önemli etkendir.

Bu grafikten de anlaşılacağı üzere 2014 yılı itibariyle 459 milyon olan 4G destekli cihaz sayısının, 2019 yılı itibariyle 3 milyar civarını aşması beklenmektedir. Bu durum servis sağlayıcılarının hızlı bir şekilde 4G'ye adapte olacağını ve mevcut altyapılarını güncelleyeceğini göstermektedir.

[196] Cisco, *The Zettabyte Era—Trends and Analysis*, 2015, s. 12.



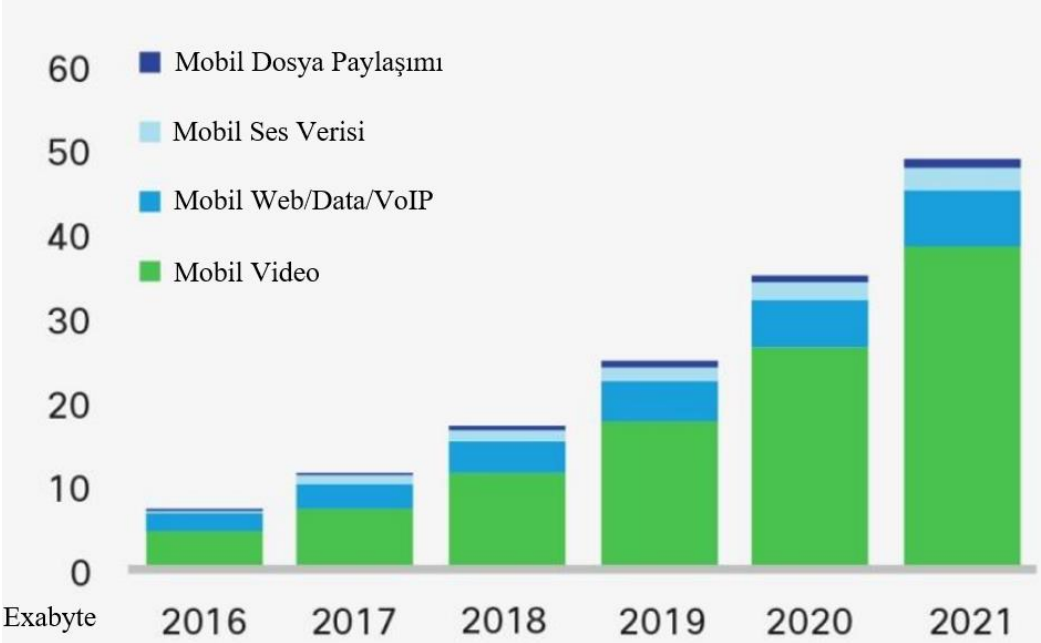
Şekil 18: Mobil Haberleşme Standartlarının Veri Miktarına Bağlı Gelişimi[197]

Şekil 18'den de görüleceği üzere, 2014 yılı itibariyle 3G ve 3.5G haberleşme altyapısına ilişkin veri trafiği toplam veri trafiğinin %50'si iken, 4G haberleşme altyapısı için bu oran %40'dır. 2019 yılı itibariyle ise bu oranın 4G tabanlı haberleşme altyapısı için %68 olması beklenmektedir. Burada dikkat çeken bir diğer nokta da, her yeni nesil haberleşme altyapısında veri trafiğinin katlanarak artması ve buna bağlı olarak bant genişliği ihtiyacının da artıyor olmasıdır.[198]

Yukarıda da bahsedildiği üzere 2019 yılı itibariyle 20 milyar sınırına dayanacak olan internete bağlı mobil cihaz sayısı, artan veri trafiği ve artan bant genişliği ihtiyacı karşısında yeni frekans bantlarına ihtiyaç duyacaktır. Buna bağlı olarak hâlihazırda kullanılan servislerin, gerek ekonomik, gerekse toplumsal fayda gibi çeşitli parametreler göz önünde bulundurularak revize edilmesi zorunlu hale gelecektir.

Gerek akıllı cihazların donanım anlamında kapasitelerinin artması, gerekse mobil haberleşme sistemlerinde kullanılan hızların artmasıyla birlikte sadece sabit bir kaynağa bağlı olarak televizyon izleme alışkanlığı da değişmeye başlamıştır. İnsanlar artık mobil alış için bile yüksek çözünürlüklü görüntülere ulaşabilmektedir.

[197] a.g.k., s. 21.
[198] a.g.k., s. 21.



Şekil 19: İnternet veri trafiğinin ve hizmetlerinin yıllara göre değişimi[199]

Şekil 19'dan da görüleceği üzere toplam internet trafiğinin yaklaşık yarısı video içeriğinden oluşmaktadır. Ayrıca bu oranın 2021 yılı itibariyle daha da artacağı ve 120 Exabyte (1 Exabyte = 10^{18}byte) gibi bir değere ulaşacağı da grafikten anlaşılmaktadır. Video içeriklerine artan bu talep, yayın dağıtım şekillerinin de gözden geçirilmesine yol açmıştır.

Her bir kullanıcıya ayrı veri paketini kişiye özel şekilde oluşturmak ve sunmak (unicast) yoğun bir veri trafiğini de beraberinde getirmektedir. Uydu, kablo ve karasal yayıncılık gibi geleneksel yayıncılık ortamlarında aynı veri paketinin birden çok kullanıcıya iletilmesi, hizmet kalitesinde (QoS) herhangi bir değişime sebebiyet vermediği için izleyiciler için hala geçerli bir tercih sebebidir.

Ancak 4G gibi yeni nesil haberleşme teknolojileriyle birlikte altyapılar yeniden şekillenmiş, geleneksel yayıncılık anlayışına uygun, aynı veri paketinin birden fazla kullanıcıya hizmet kalitesinden (QoS) ödün vermeden mobil olarak da son kullanıcıya sunulabilmesi mümkün hale gelmiştir.

[199] Cisco, *Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update*, 2017, s. 22.

4.2 MOBİL YAYINCILIK STANDARTLARI

Mobil yayıncılıkta sunulan hizmetlerin hızı ve içeriği kadar sunulduğu ortam ve teknik altyapı da önemlidir. Mobil yayıncılıkta doğrudan hiçbir standarda bağlı olmadan hali hazırda var olan mobil haberleşme altyapısı kullanılarak ekstra bir protokol veya ekstra bir altyapı kurmadan son kullanıcıya ulaşabilmek mümkündür. Youtube, Netflix, Dailymotion gibi platformlar açık internet üzerinden erişebilen video içeriğine örnek teşkil etmektedir. Ancak açık internet altyapısı üzerinden sunulan içerik ve videolar için hizmet sağlayıcı herhangi bir servis kalitesi taahhüt etmemekte olup o anki altyapının durumuna göre servisin kalitesi de değişebilmektedir.

Bu noktada eksiği tamamlayabilmek için belli bir protokole ve ayrıca tanımlanmış bir altyapıya sahip sistemler kullanılabilmektedir. Bu yayıncılık türleri belli bir standarda sahip olup, yayın içeriğinin üretilip sisteme tanıtıldıktan sonra iletimi, dağıtımı ve son kullanıcı tarafından alınmasına kadar olan bütün safhalar servis sağlayıcının kontrolü altındadır. Standarda bağlı mobil yayıncılık türlerini iletim ortamına göre Tablo 14'de de görüldüğü üzere dört başlık altında toplamak mümkündür:[200]

Tablo 14: Standarda bağlı mobil yayıncılık ortamları

Telekom	Karasal	Uydu	Hibrit
eMBMS	DVB-H DVB-T2 Lite ISDB-Tmm ATSC-M/H Media FLO 1-Seg/One Seg	DVB-SH CMMB	LTE Mobile Offload

[200] https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_multimedia_broadcasting (11/05/2017)

4.2.1 eMBMS/MBMS – LTE Üzerinden Yayıncılık

Bilindiği üzere giderek artan çözünürlük ihtiyacı sonucunda, daha fazla bellek ve ağ hızına ihtiyaç duyulur hale gelmiştir. HD yayınlar için 3 Mbit/s gibi bir bant genişliği gerekirken, seçilen parametrelere göre değişmekle birlikte 4K içinse 15 Mbit/s'lik bir bant genişliği gerekmektedir. Tek bir kullanıcıya münferit bir zamanda bu veriyi aktarmak LTE teknolojisinde mümkün gözükse de çok sayıda kullanıcının aynı anda veri talebinde bulunması halinde mobil şebekeler üzerindeki yoğunluk ve yük artacaktır.

Bu tip durumlarda, yani aynı veri paketinin birden çok kullanıcıya yüksek çözünürlükte, daha yüksek servis kalitesinde sunulması gerektiğinde, içeriğin yalnızca bir kopyasının ağdaki kullanıcılara/noktalara gönderilmesiyle ekstra bir banda gerek duymadan iletim sağlanmış olacaktır. Özellikle mevcut televizyon yayıncılığındaki içeriğin canlı olarak mobil ortamdan sunulması gerektiğinde bu iletim tekniğine olanak sağlayan MBMS (Çoğul Ortam Yayın ve Çoklu Dağıtım Servisi - Multimedia Broadcast Multicast Services) ve bu teknolojinin güncel versiyonu olan eMBMS teknolojisi sayesinde veri trafiğinde sorunla karşılaşmadan, kaliteli ve ekonomik bir şekilde yayın iletilmiş olacaktır.

MBMS bir noktadan çok noktaya yayına izin veren ve 3GPP tarafından geliştirilmiş bir yayıncılık standardıdır. Hedef uygulamaları genel olarak mobil cihazlar ve radyo yayıncılığıdır. MBMS teknolojisi aynı zamanda noktadan noktaya iletişime de izin vermektedir. Tek yönlü olarak da ifade edilen noktadan noktaya iletim tekniği, belirli sayıdaki kullanıcıya veri iletilmeye çalışıldığında anlamlıdır.[201]

MBMS teknolojisi DVB-H veya ATSC-MH mobil yayıncılık standartlarında olduğu gibi yaygın olarak tahsisi yapılan bir standart olmamıştır. İngiltere'deki birçok

[201] Gözde Ergül ve Selçuk Paker, *UMTS Şebekelerinde Çoklu Dağıtım-MBMS*, Elektrik Mühendisleri Odası, 2009, s. 2-3.

operatör, MBMS standardını kullanarak test yayınını gerçekleştirmiş ancak uzun vadeli tahsisini yapmamıştır.

2013 yılında Verizon, MBMS sistemlerinin LTE şebekeleri için geliştirilmiş bir versiyonu olan eMBMS'e geçeceğini duyuran ilk operatör olmuştur. Ardından AT&T adlı operatör de 700 MHz frekans bandında Qualcomm isimli firmadan aldığı lisanslarla yayına geçeceğini duyurmuştur.[202]

Tablo 15:Deneme yayınlarına başlayan ülkeler[203]

Ülke Adı	Operator	Durumu
Çin	Telstra	Deneme Yayını Yapılıyor.
Çin	China Mobile	Deneme Yayını Yapılıyor.
Fransa	Orange	Deneme Yayını Yapılıyor.
Fransa	TDF	Deneme Yayını Yapılıyor.
Almanya	Vodafone	Deneme Yayını Yapılıyor.
Almanya	IRT	Deneme Yayını Yapılıyor.
Hindistan	RJIL	Deneme Yayını Yapılıyor.
İtalya	RAI	Deneme Yayını Yapılıyor.
İtalya	TIM	Deneme Yayını Yapılıyor.
Hollanda	KPN	Deneme Yayını Yapılıyor.
Filipinler	Globe	Tahsis Yapılıyor
Filipinler	Smart	Deneme Yayını Yapılıyor.
Polonya	Polkomtel	Deneme Yayını Yapılıyor.
Portekiz	Meo	Deneme Yayını Yapılıyor.
Singapur	Singtel	Deneme Yayını Yapılıyor.
Güney Kore	KT	Ticari Kullanımda
İspanya	Vodafone	Deneme Yayını Yapılıyor.

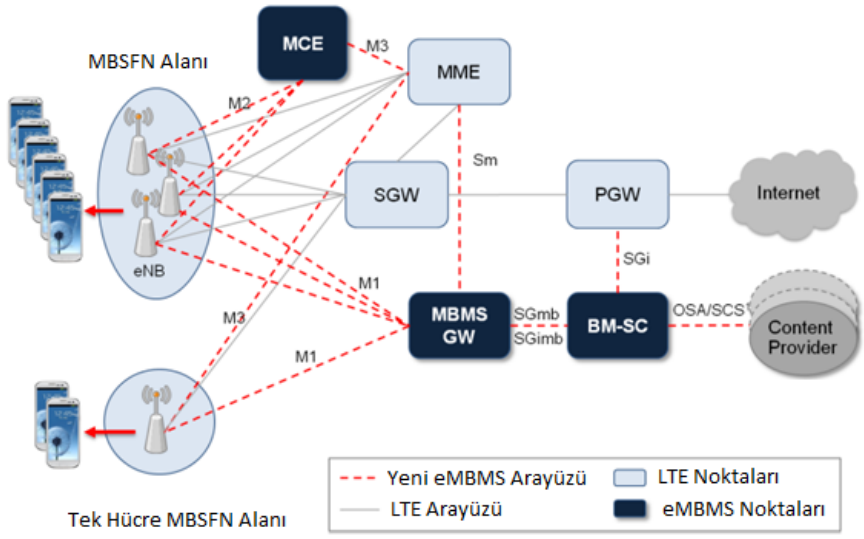
2014 yılı itibariyle birçok mobil operatör eMBMS teknolojisi için tahsis ve test işlemlerine başlamıştır. Tablo 15'de de görüldüğü üzere henüz ticari kullanıma geçmiş ülke sayısı az olmakta birlikte, deneme yayınlarının tamamlanması sonucunda birçok ülkenin ticari anlamda yayına geçebileceği de öngörülmektedir.

[202] https://en.wikipedia.org/wiki/Multimedia_Broadcast_Multicast_Service (07/02/2016)
[203] GSA, *4G Market & Technology Update, LTE Broadcast*, 2015, s. 1.

Bunun yanında ülkemizde 20 Mayıs 2015'te İstanbul Maslak'ta Vodafone Plaza'da LTE üzerinden yayıncılık testleri yapılmıştır. Bu testlerde mobil yayıncılık standardı olarak eMBMS kullanılmıştır. Bu test kapsamında birden fazla televizyon ve video yayınının yüksek çözünürlüklü olarak çok sayıda kullanıcıya iletimi gerçekleştirilmiştir. Bu iletimde tamamen Nokia altyapısından oluşan bir ağ yapısı, cihaz olarak ise Qualcomm'un üretmiş olduğu test cihazları kullanılmıştır. LTE üzerinden yapılan bu test yayınında 2600 MHz frekans bandı kullanılmıştır.[204]

4.2.1.1 eMBMS Mimarisi

eMBMS standardı, ilk olarak LTE 9.sürümünde (Release 9) yayınlanmıştır. Bu standart ile LTE üzerinden efektif bir şekilde yayın yapılması amaçlanmıştır. Mevcut LTE mimarisi üzerine çeşitli noktalar ekleyerek eMBMS mimarisi oluşturulmuştur. eMBMS teknolojisini destekleyen LTE ağ yapısı Şekil 20'de görülmekte olup, mevcut LTE altyapısına ait noktalar ile eMBMS teknolojisi için eklenmiş olan noktalar ayrıca gösterilmiştir. [205]



Şekil 20: eMBMS mimarisi [206]

[204] http://medyamerkezi.vodafone.com.tr/basin-bultenleri/vodafone-lte-ile-dijital-yayinciligi-test-eden-ilk-operator-oldu (07/02/2016)
[205] Samsung, *eMBMS with Samsung*, 2015, s. 4.
[206] a.g.k., s. 4.

eMBMS, tek frekans ağı sistemini (SFN) desteklemektedir. Şekil 20'de eNB olarak ifade edilen hücreler grubu, aynı kanalda Çoklu Dağıtımı/Yayını (MCH – Multicast Channel) iletmek için senkronize olmuş olup, senkronize olarak çalışan vericilerin alanı ise MBSFN – Alanı (MBMSFN – Area) olarak ifade edilmektedir. MBSFN olarak ifade edilen bu alanın içinde yer alan her bir hücre birbirleriyle senkron bir şekilde çalışmaktadır. Bu durum, aynı tek frekans ağı sistemi (SFN) içerisinde yer alan hücresel grubun (eNB) aynı yayını daha iyi bir sinyal kalitesinde son kullanıcı için sağlamasına olanak tanımaktadır.[207]

MBMS Coordination Entity (MCE) olarak ifade edilen ve mantıksal bir hücreyi temsil eden bölüm ise zaman ve frekans kaynaklarının tahsisinden sorumludur. Şekil 20'de MBMS GW olarak ifade edilen bölümün temel görevi ise, MBMS paketlerini her bir verici hücre sistemine iletmektir. MBMS GW, downlink paketlerinin iletim işlemleri için IP çoklu yayın (IP Multicast) sistemini kullanmaktadır. [208]

BM-SC (Çoklu ve Çoğul Yayın Servis Merkezi - The Broadcast Multicast Service Center) ise doğrulamadan, içerik yetkilendirmesinden, ödeme işlemlerinden ve çekirdek ağdan yapılan veri akışının kontrol edilmesinden sorumludur. Proxy içerik sunucusu mantığında çalışmaktadır. Genel nitelikli dosyalar veya MPEG-DASH formatındaki yayın akışı BM-SC üzerinden iletilmektedir. [209]

MME (Mobility Management Entity) kısmında, oturum başlatma, güncelleme ve durdurma, MCE kısmına QoS (Servis Kalitesi) gibi ilave parametrelerin iletimi gibi MBMS oturum kontrol işlemini gerçekleştiren birimdir.[210]

[207] a.g.k. s. 4.
[208] Samsung, *eMBMS with Samsung*, 2015, s. 4.
[209] a.g.k.
[210] Viavi Solutions (2015), *LTE Evolved MultimediaBroadcast Multicast Services (eMBMS),* s. 1.

Uçtan uca IP mimarileri, hem tekil yayıncılık servislerinde hem de çoğul yayıncılık servislerinde yüksek kapasite ve yüksek bant genişliği sağlayabilmektedir. Artık bugün pek çok cihaz LTE destekli olarak üretilmektedir. eMBMS, LTE tabanlı olduğu için artık birçok cihazın da aynı şekilde bu tekniği desteklemesi öngörülmektedir. Mobil operatörler var olan LTE altyapısını geliştirerek ayrıca bir altyapıya sahip olmadan da mobil yayın yapabileceklerdir. [211]

4.2.1.2 eMBMS Teknolojisinin Değerlendirilmesi

Bu tezin yazıldığı tarihlerde, Türkiye'de karasal sayısal televizyon yayıncılığı için planlanan multipleks sayısı UHF bandında, yerel ve bölgesel yayınlar için 1, TRT kurumu için 1 ve ulusal yayınlar için 4 olmak üzere toplam 6 adet olarak belirlenmiştir. İhalesi yapılması planlanan frekans bandı ise 470-694 MHz olup, 224 MHz'lik bir frekans aralığını kapsamaktadır.

Her bir multipleks 27 Mbps kapasitesinde olduğu için toplam 6 multiplekste 162 Mbps'lik bir iletim kapasitesinin olduğu görülmektedir. Bu iletim kapasitesi ile HEVC olarak belirlenmiş video sıkıştırma tekniği kullanılarak HD ve SD çözünürlük için belirlenen planlama kriterleri çerçevesinde yayın yapılabilecektir.

Aynı iletim kapasitesini eMBMS standardını kullanarak elde etmek için, kapsama alanı ve spektrum verimliliği göz önünde bulundurularak hesaplamaların yapılması gerekmektedir.

[211] Samsung, *eMBMS with Samsung*, 2015, s. 6.

Tablo 16:Farklı kapsama alanlarına göre spektrum verimliliğinin değişimi [212]

ISD [km]	Spektrum Verimliliği [bit/s/Hz]- Sabit Alış		Spektrum Verimliliği [bit/s/Hz]- Mobil ve Bina İçi Alış	
	İhtiyatlı Değerler	Optimistik Değerler	İhtiyatlı Değerler	Optimistik Değerler
2	3	3	3	3
5	2	2,7	1	2
10	0,5	1	-	0,5

Tablo 16'da ISD (Inter-site-Distance) olarak ifade edilen değer, iki baz istasyonu arasındaki uzaklığı temsil etmekte olup, mobil şebekede saha yoğunluğunun bir göstergesidir. Bu değerin yüksek olması kapsama alanının da yüksek olduğunu göstermektedir. Tablo 16'da da görüleceği üzere değerler ihtiyatlı olarak seçildiğinde mobil ve bina içi alışta 2 km'lik ISD değeri için spektrum verimliliği değeri 3.0 bit/s Hz iken, 5 km'de 1.0 bit/s/Hz'dir. Ancak 10 km'lik ISD değerinde iletimin yeterli seviyede olmadığı görülmektedir. Burada karasal sayısal yayıncılığın büyük şehirler için belirlenmiş olan taşınabilir bina içi (portable indoor) yayın alışına uygun olması amacıyla bu değerler seçilmiştir. Ayrıca bu değerlerden de anlaşılacağı üzere, ISD değeri arttıkça spektrum verimliliğinin de düştüğü görülmektedir. [213]

Karasal sayısal yayıncılık için planlanan 162 Mbps'lik değere, eMBMS teknolojisini kullanarak ulaşılmak istendiğinde:

- 2 km'lik kapsama alanında ve tavsiye edilen değerler için gerekli frekans değeri:

$$(162Mbit\ /\ sn)\ /(3\ bit/sn/Hz)\ =\ 54\ MHz \qquad (3)$$

- 5 km'lik kapsama alanında ve tavsiye edilen değerler için gerekli frekans değeri:

[212] CEPT, *TV distribution via Cellular Networks*, 2013, s. 5.
[213] a.g.k.

$$(162Mbit\ /\ sn)\ /(1\ bit/sn/Hz)\ =\ 162\ MHz \qquad (4)$$

şeklinde olacaktır.

Eşitlik 3 ve 4'ten de görüleceği üzere 2 km'lik ve 5 km'lik ISD değeri için hesaplanan bant genişlikleri, DVB-T2 için kullanılacak bant genişliğinden daha azdır. Bu değerlerin özellikle şehir içi kullanımlarda yeterli bir değer olduğu düşünüldüğünde eMBMS teknolojisinin, frekans spektrumunu DVB-T2 standardıyla yapılan karasal sayısal yayıncılık teknolojisinden daha iyi kullandığı görülmektedir. Ancak özellikle kırsal kesimlerde, daha fazla kapsama alanı bekleneceği için eMBMS teknolojisinin yeterli olmayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu hesaplamalar, Türkiye için kullanılan parametreler ve planlama kriterlerine göre yapılmış olup, seçilen farklı parametre ve kriterlere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Frekans spektrumunun etkin kullanımının yanında, teknolojinin erişilebilirlik hususu da son derece önemlidir. Türkiye'de 2015 yılının ilk çeyreği verilerine göre hanelerin %14.4'üne fiber bağlantısının ulaştırıldığı görülmektedir.[214] Bu oranın özellikle kırsal kesimlerde daha da düşük olduğu düşünülürse, fiber optik teknolojisini kullanan LTE altyapısına dayalı eMBMS standardının yaygınlaşmasının kısa sürede gerçekleşemeyeceği de öngörülmektedir. Ancak bunun yanında Türkiye'de 1 Nisan 2016 tarihi itibariyle başlayan LTE-A standardına dayalı dördüncü nesil mobil haberleşme teknolojisine geçiş ile birlikte, fiber optik ağının başta büyük şehirler olmak üzere hızla yayılacağı düşünülmektedir.

Sonuç itibariyle mevcut durumda eMBMS teknolojisi, teknik veriler çerçevesinde değerlendirildiğinde, nüfusun yoğun olduğu bölgelerde daha avantajlı görülse de yaygın bir hale gelmesinin LTE altyapısının yaygınlaşmasına bağlı olduğu görülmektedir. Bunun yanında gelecekte 470-694 MHz frekans bandının, karasal

[214] http://www.cnnturk.com/bilim-teknoloji/teknoloji/10-soruda-turkiye-de-fiber-internet-altyapisinin-durumu (05/04/2016)

sayısal yayıncılık için mi yoksa mobil haberleşme için mi kullanılacağı hususu da eMBMS teknolojinin gelişimini etkileyecektir. Ayrıca eMBMS sistemlerinin gelecekte daha da yaygınlaşmasının yanında, mevcut durumda karasal sayısal televizyon (DVB-T2) yayıncılık sistemlerine bir alternatif olarak değil tamamlayıcı rol oynayacağı da öngörülmektedir.

4.2.2 DVB-H

DVB-H (Sayısal Video Yayını – Mobil), DVB-T standardının bir uzantısı olup, mobil cihazlar için özelleştirilmiş halidir. ETSI tarafından 2004 yılında standardize edilmiştir. DVB-H standardının kullanıldığı yıllarda rakipleri ATSC/MH, MediaFLO ve 3G üzerinden yayın yapma imkânı sunan MBMS isimli standartlardır. DVB-H standardı, DVB-T altyapısını kullanabildiği gibi ayrıca bir altyapı üzerinde de yayın imkânı sunabilmektedir.[215]

DVB-H standardında, kullanılan modülasyon tekniği 64 QAM, her bir kanalın bant genişliği 8 MHz ve veri oranı ise 22.12 Mbps'dir. DVB-H, MPE (Multi-Protocol Encapsulation) adı verilen MPEG-2 üzerinden veri transferine olanak sağlayan bir mekanizmayı kullanmakta ve IP tabanlı olarak karasal mobil yayıncılığa da imkân vermektedir. DVB-H standardında yer alan bir diğer özellik olan FEC (Forward Error Correction - İleri Hata Düzeltimi), sinyalin kararlığını artırmak için kullanılır. Bunun yanında 2k ve 8k modları DVB-T'de kullanılabilir iken DVB-H standardında bundan farklı olarak 4k modu da kullanılabilmektedir. Bu durum DVB-H açısından esnekliği artıran bir noktadır. Ayrıca bu standart, "Time Slicing" olarak ifade edilen özelliği sayesinde aralıklı olarak veri alışına olanak tanıdığı için pil tasarrufu da sağlamaktadır.[216]

[215] Ramazan Yılmaz, Talat Güçlü ve Müberra Güngör, *Teknoloji, Pazar ve Düzenleme Boyutuyla Mobil TV*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2008, s. 12.
[216] https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-H_Factsheet.pdf (07/02/2016)

DVB-H standardı, DVB-T'ye göre daha az güç harcamaktadır. Ayrıca bu standart, IP tabanlı olarak da kullanılabilmektedir. DVB- H aşağıda ifade edilen bantlarda çalışabilmektedir: [217]

- VHF- 3 (170-230 MHz
- UHF IV/V (470-862 MHz)
- L (1.452-1.492 GHz)

DVB-H standardı, 2006 yılı itibariyle Finlandiya'da test yayını olarak başlamış, 2008 yılında Avrupa Birliği ülkeleri tarafında karasal mobil yayıncılık standardı olarak tercih edilmiştir. Almanya, Fransa, İsviçre, İtalya, Avusturya, Hindistan, Arnavutluk, Singapur, İspanya, Çin ve Malezya gibi birçok ülkede yayına geçmiştir. [218] Bunun yanında 2008 yılında "Packet Video" isimli firma DVB-H sinyallerini kablosuz yerel ağ (W-LAN) sinyallerine dönüştürmeyi sağlayarak DVB-H desteği olmayan cihazlarda da sinyallerin alınabilmesine imkân tanımıştır.

DVB-H standardını destekleyen cihazların az olması ve yaygınlaşamaması sebebiyle bu standardın kullanımı önemli ölçüde son bulmuştur. En son 2012 yılında Finlandiya, DVB-H kullanımına son vermiştir. [219]

4.2.3 DVB-T2 Lite

DVB-T2 Lite standardı karasal sayısal yayıncılık için kullanılan DVB-T2 standardının mobil alış için özelleştirilmiş halidir. DVB-T2 Lite hem ses hem görüntü için ayrı ayrı kullanım imkânına sahiptir.

[217] https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-H (11/05/2017)
[218] a.g.k.
[219] a.g.k.

DVB-T2 Lite genel olarak DVB-T2 temel profil özelliklerini kullanmaktadır. Ancak mobil performansı geliştirmek için fazladan iki kod oranı daha kullanılmıştır.[220]

Tablo 17:DVB-T2 Lite Parametreleri [221]

Standart	DVB-T2 Lite
Kodlama Oranı	1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4
Modülasyon Tipi	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM (3/5 oranına kadar)
Koruma Aralığı	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
İletim Modu	2K, 4K, 8K, 16K, 16K ext
Maksimum Bit Oranı	4 Mb/s

Tablo 17'de DVB-T2 Lite standardına ilişkin teknik parametreler yer almaktadır. DVB-T2 Lite, donanım maliyetlerinde %50'ye yakın tasarruf sağlarken, hâlihazırda var olan DVB-T2 altyapısında fazla bir yatırıma ihtiyaç duymadan ve kolay bir şekilde sistem uyumluluğu sağlanabilmektedir. [222]

DVB-T2 Lite standardında demodülasyon işlemi için kullanılan mikroçip boyutu DVB-T2'ye göre %50 oranında daha az yer kaplamaktadır. Bu sayede mobil cihazlar için daha uyumlu olabilmektedir. Donanım tarafında sahip olduğu Çoklu PLP (Multiple PLPs) yapısı sayesinde enerji verimliliği de sağlamaktadır. [223]

DVB-T2 Lite'da, aynen DVB-T2'de olduğu gibi standartta gelişebilecek farklı durumlar ve gelişmeler için FEF (Future Extension Frames - Gelecek için Uzantı Çerçeveleri) opsiyonu bulunmaktadır. Bu opsiyon sayesinde farklı kullanımlar ve aktarımlar için veri paketinde yer sunulabilmektedir. [224]

[220] https://www.enensys.com/technologies/dvb-t2-lite/ (11/05/2017)
[221] a.g.k.
[222] https://www.dvb.org/news/dvb-at-broadcastasia-2012 (11/05/2017)
[223] a.g.k.
[224] https://www.enensys.com/technologies/dvb-t2-lite/ (11/05/2017)

DVB-T2 Lite çoğunlukla DVB-T2'in parametrelerini taşımakla birlikte kendine özgü birkaç özelliğe de sahiptir. DVB-T2 Lite standardının DVB-T2'den farkı aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:[225]

- Fazladan ve daha sağlam kodlama oranları vardır. (1/3 ve 2/5'e olanak tanıyor)
- 4/5 ve 5/6 gibi hassas kodlama oranları yoktur.
- 256 QAM modülasyon tekniğini kullanabilmektedir. Ancak bu modülasyon tekniği, 2/3 ve ¾ kodlama oranları ile kullanılamamaktadır.
- Maksimum veri oranı 4Mbit/saniyedir.
- FFT boyutu olarak 1k ve 32k kullanılmamaktadır.
- Pilot numunesi (pilot pattern) için PP8 mümkün değildir.
- Uzun FEC (64k) kullanılmamaktadır.

DVB-T2-Lite denemelerine ilk önce "Open Channel" unvanlı kuruluş tarafından 2010 yılında Danimarka'nın Kopenhag şehrinde başlanmıştır.[226] 2011 yılında yine aynı kuruluş bu standartta yayın yapmak için lisans almış ve en nihayetinde 2012 yılında Kopenhag'da 700 bin haneye kadar ulaşabilecek şekilde UHF 39.kanaldan yayına başlamıştır.[227] Bunun yanında 2011 yılında BBC'nin[228] ve daha sonrasında Hindistan'ın da bu standart için çeşitli denemeleri olmuştur. Sonuç itibariyle DVB-T2'nin yaygın olarak kullanılmasının yanında DVB-T2 Lite henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır.

[225] EBU, *Frequency And Network Plannıng Aspects Of DVB-T2*, 2014, s. 109.
[226] Wenzel Kenneth , *DVB-T2 First Deployments, First Experiences*, Levira, 2013, s. 4.
[227] http://www.connectedtv.eu/2012/03/15/danish-t2-lite-trial-goes-for-all-mobile-channel-offer/ (18/02/2016)
[228] http://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/250811dvb (11/05/2017)

4.2.4 ISDB-Tmm

ISDB-Tmm, ISDB-T standardının mobil alış için özelleşmiş versiyonudur. "ISDB-T Multimedia Forum" adlı 80 şirketin oluşturduğu bir topluluğun çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. MPEG-4 AVC/H.264 sıkıştırma tekniğini kullanmaktadır. ISDB-Tmm spor, sinema, müzik kanalları gibi çok sayıda içeriği CD kalitesinde sunabilmektedir. Bu servis ISDB-T'den farklı olarak VHF bandını (207.5-222 MHz) kullanmaktadır. [229]

Japonya hükümeti ilgili bandı ISDB-Tmm standardı için 9 Eylül 2010 tarihinde "*Multimedia Broadcasting, Inc*" unvanlı şirkete lisanslamıştır. 2012 yılının sonbahar aylarında ticari olarak yayına başlamıştır.[230]

Sunulan hizmet, aylık bir ücrete tabi olmakla birlikte 2012 yılında Kyoto, Osaka gibi şehirlerde 420 Yen olarak belirlenmiştir. Kapsama alanı 2012 yılının sonunda %73, 2014 yılının sonunda %91 olmuş ve 2016 yılı itibariyle 125 istasyonun daha yapılarak daha iyi bir kapsama alanının elde edinmesi planlanmaktadır. Japonya'da satılan tablet, akıllı telefon gibi birçok cihazda bu standart desteklenmektedir.[231] Ancak Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da mobil yayıncılık için fazla tercih edilmemekle birlikte Latin Amerika'da standart ile ilgili çalışmalar mevcuttur.[232]

ISDB-Tmm standardı 13-segmentlik (5.6 MHz) ve 1-segmentlik (0.4MHz) frekans bloklarından oluşan, koruma bandına olan ihtiyacı elimine eden ve farklı bant genişliklerinden çalışmaya olanak sağlayan bir yapıya sahiptir. ISDB-Tmm standardı 7MHz'lik ve 8MHz'lik spektrum tahsisine adapte edilebilmektedir. ISDB-T ile yüksek

[229] https://en.wikipedia.org/wiki/ISDB#ISDB-Tmm (18/02/2016)
[230] http://www.isdb-t.jp/en/topics/2010/11/pr-101130.html (18/02/2016)
[231] https://en.wikipedia.org/wiki/ISDB#ISDB-Tmm (18/02/2016)
[232] http://www.isdb-t.jp/en/topics/2010/11/pr-101130.html (18/02/2016)

oranda uyumluluğa sahip olduğu için aynı donanımlarla yayın yapabilme imkânı da mevcuttur. Bu durum sayesinde iletim maliyetlerinde ciddi anlamda tasarruf sağlanabilmektedir. [233]

4.2.5 ATSC-M/H

ATSC–M/H (Advanced Television Systems Committee - Mobile/Handheld), ATSC olarak bilinen karasal sayısal yayıncılığın mobil alış için uygun hale getirilmiş olan halidir.[234] 1 Aralık 2008 yılında ATSC üyeleri tarafından standart hale getirilmiştir. ATSC–M/H standardı, altı aylık bir test sürecinin ardından 15 Ekim 2009 tarihinde resmi standart halini almıştır.[235]

Daha çok Kuzey Amerika'da kullanılmakta olup, modülasyon tekniği olarak 8-VSB tekniğini kullanmaktadır. Hâlihazırda lisansa sahip kuruluşlar aynı standardın mobil versiyonu için ekstradan lisans almazlar. Ayrıca ATSC-MH standardında geriye dönük uyumluluk da mevcuttur ve farklı bir frekans bandına ihtiyaç duyulmaz. [236]

ATSC destekli alıcılar ile farklı bir alıcıya ihtiyaç duymadan ATSC-M/H destekli cihazlar ile de alış sağlanabilir. Ancak verici tarafında yazılımsal ve donanımsal olarak çeşitli değişikliklere ihtiyaç duyulmaktadır.[237]

ATSC-M/H standardında, H.264 (MPEG-4 AVC) video kodlama standardını ve HE AAC v2 ses kodlama standardı kullanılabilmektedir. Bu standart ile 416x240 piksel(16:9) çözünürlüğünde görüntü mobil cihazlarda sunulabilmektedir. Standardın

[233] "Next Generation Mobile Broadcasting" sf.55 David Gómez-Barquero 2013 by CRC Press
[234] ATSC, *Recommended Practice: Guide to the ATSC Mobile DTV Standard*, 2013, s. 10.
[235] Amitabh Kumar, *Implementing Mobile TV: ATSC Mobile DTV, MediaFLO, DVB-H/SH, DMB, WiMAX, 3G Systems, and Rich Media Applications*, 2006, s. 226.
[236] ATSC, *Recommended Practice: Guide to the ATSC Mobile DTV Standard*, 2013, s. 10.
[237] a.g.k., s. 10.

mobil versiyonunda farklı olarak IP tabanlı bir mekanizmadan yararlanılmaktadır. Bu sayede yayınların sonradan izlenebilmesi mümkündür. Bunun yanında yine mobil versiyonunda farklı olarak, verilerin sürekli olarak akışı olmaz ve küçük veri paketleri halinde ayrık olarak alıcıya gönderilir. Böylelikle mobil cihazlar için daha uzun pil ömrü elde edilebilmektedir.[238]

4.2.6 Media FLO

Media Flo, Qualcomm tarafında geliştirilmiş olan ve ilk olarak 2005 yılında aynı firmanın Verizon ile işbirliği sonucunda yayına başlamıştır. Bu mobil yayıncılık standardıyla beraber mobil telefon, tablet ve televizyonlarda yayın imkânı amaçlanmıştır. Genel itibariyle teknoloji Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmış ve FLO TV olarak ticari isimlendirmeyle piyasaya çıkmıştır.[239]

Media Flo genel itibariyle tek yönlü çalışan bir mobil yayıncılık standardıdır. Eğer ücretli bir servis sunulacaksa 3G üzerinde bir doğrulama yapılmakta, ardından hizmet sunulmaya başlanmaktadır. Birçok yönden DVB-H ile benzerlik taşımakta olup iki standardın temel farkı, Media FLO kapalı bir standart olup, DVB-H standardının açık bir standart olmasıdır.[240]

MediaFlo standardı fazla ilgi görmemesi ve mobil cihazlarda desteği olmaması sebebiyle yaygınlaşamamış ve 2010 yılında Qualcomm tarafından AT&T'ye 716-722 MHz aralığındaki UHF 55.kanal 1.93 milyar dolara satılmıştır.[241] MediaFlo standardının kullanıldığı bu bandın satılmasından sonra bu standart kullanılmamaya başlanmış ve nihayetinde 2011 yılında sonlanmıştır.

---

[238] http://www.rohde-schwarz-av.com/_pdf/sales%20sheet%20and%20brochures/ATSC-MH%20Poster.pdf (18/02/2016)
[239] https://en.wikipedia.org/wiki/MediaFLO (11/05/2017)
[240] G.Ergül, S. Paker, 2009, s.5
[241] http://www.dailywireless.org/2010/12/20/qualcomm-sells-mediaflo-spectrum-for-1-93b/ (18/02/2016)

Ayrıca Amerika Birleşik Devletlerinin dışında, Japonya, Hong Kong ve Tayvan'da çeşitli denemeler yapılmış ancak bu standart ticari olarak faaliyete geçememiştir. [242]

4.2.7 1-Seg/One Seg

ISDB-T, karasal sayısal yayıncılıkta kullanılan ve yüksek çözünürlüklü yayın imkânı sunan bir standarttır. Bunun yanında bir kanalı 13 ayrı segmente bölerek 12 segmenti bu yüksek çözünürlüklü yayın için, kalan 1 segmenti de mobil yayıncılık için kullanmaya olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, 1 segmentten yapılan bu mobil yayına "1-seg" ve One-Seg adı verilmiştir.[243]

1-seg, mobil yayıncılığın yanı sıra haberler, hava durumu, tele alışveriş, video gibi bir çok veriyi telekom altyapısıyla entegre çalışarak verebilmektedir. Bunun yanı sıra 1-seg acil durumlarda bilgi iletebilmek için de kullanılabilmektedir. Japonya'da yapılan bir araştırmada katılımcıların %11.3'ü 1-seg ile depremden haberdar olduğunu bildirmiştir.[244]

1-seg mevcut olarak ISDB-T'nin de kullanıldığı Japonya, Brezilya, Şili, Uruguay ve Peru'da kullanılmaktadır. İlk olarak bu standart 2005 yılında başlamış ve 2006 yılında ticari olarak faaliyete geçmiştir. Brezilya'da 2007 yılında başlamış ancak Japonya'daki yayından farklı teknik parametreler kullanılmıştır. Brezilya'da 30 kare/saniyelik akış var iken, Japonya'da 15 kare/saniyelik bir akış bulunmaktadır. Bu standardı destekleyen ilk mobil cihazlar KDDI adlı şirket tarafından 2005 yılında satışa sunulmuştur. [245]

[242] https://en.wikipedia.org/wiki/MediaFLO (11/05/2017)
[243] http://www.dibeg.org/service/oneseg/oneseg.html (11/05/2017)
[244] WSIS, "*WSIS 10 Year Country Report by Japan*", 2014, s. 17.
[245] https://en.wikipedia.org/wiki/1seg (11/05/2017)

1-seg, mobil yayıncılık standardı ISDB-T ile birlikte çalıştığı için, yine bu standarda benzer olarak UHF bandını kullanmaktadır. Her bir kanal 6 MHz'lik genişlikten oluşmakta ve 430 kHz'lik koruma aralığı bulunmaktadır. 1-seg bu kanaldan kendisine ayrılan 1 segmenti kullanmakta olup 482 kHz'lik bir banttan yayın yapmaktadır. [246]

1-seg yine ISDB-T'ye benzer olarak QPSK modülasyon tekniğini kullanmaktadır ve toplam veri oranı 416 kbit/s olarak belirlenmiştir. H.264/MPEG-4 AVC video kodlama tekniği ve HE-AAC ses kodlama tekniğini kullanmaktadır. 1-seg standardında maksimum çözünürlük 320x240 olarak belirlenmiştir ve bu standart EPG gibi kanal sıralamaya olanak tanıyan sistemleri de desteklemektedir. [247]

4.2.8 DVB-SH

DVB-SH standardı, halihazırda var olan DVB-H'ın yapısına benzer bir şekilde çalışan, ancak iletim ortamı olarak yalnızca karasal ortamı değil hem karasal ortamı hem de uydu ortamını kullanan hibrit bir IP tabanlı standarttır. Bu standart ilk olarak 2007 yılında DVB-H standardında olduğu gibi DVB grubu tarafından tanıtılmıştır. [248]

DVB-SH standardı 3 GHz altında çalışabilecek şekilde tasarlanmış olup, UHF, L bandı ve S bandını da desteklemektedir. Bu standart, DVB-H standardının genişletilmiş ve tamamlayıcısı olarak değerlendirilebilir.[249]

DVB-SH'ın iki ayrı modu bulunmaktadır:[250]

[246] a.g.k.
[247] http://www.dibeg.org/service/oneseg/oneseg.html (11/05/2017)
[248] DVB (2011), *Satellite Services to Handhelds*, s. 1.
[249] a.g.k., s. 1.
[250] https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-SH (11/05/2017)

- SH-A modu, COFDM modülasyon tekniğini hem uydu hem de karasal bağlantıda "Tek Frekans Ağı" modunda kullanabilmektedir.
- SH-B modu, zaman bölmeli çoğullama tekniğini uydu bağlantısında, COFDM tekniğini ise karasal bağlantı da kullanmaktadır.

DVB-SH standardı, DVB-H standardı ile kıyaslandığında; daha fazla kodlama oranı sunabilmesi, 64 QAM modülasyon tekniğini kullanabilmesi ve farklı anten tiplerine destek gibi ek özelliklere sahiptir.[251]

Bu standart ile dünyanın birçok ülkesinde deneme yayını yapılmıştır. 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde denemeler yapılmış olup, Avrupa'da 2006 yılında uydu haberleşmesi için ayrılmış olan frekans bandının mobil servisler için kullanılabileceğinin belirlenmesi üzerine 2009 yılında çeşitli denemeler yapılmıştır.[252] Deneme yayını yapan ülke ve şehirler şu şekildedir:[253]

İngiltere, Malezya, Singapur, Berlin, Helsinki, Tahran, Madrid, Güney Afrika, Tayvan, Bern, Yeni Zelanda, Budapeşte, Sri Lanka, Kopenhag, Filipinler, Sidney ve İrlanda.

Sahip olduğu ek özellikler sayesinde DVB-SH döneminde iyi bir alternatif olarak görülmüş ve yukarıda da görüleceği üzere birçok ülkede deneme yayını yapılmıştır. Ancak mevcut durumda bu standarda bağlı yayıncılığın ticari anlamda ve yaygın olarak kullanıldığı bir ülke bulunmamaktadır.

[251] a.g.k.
[252] DVB (2011), *Satellite Services to Handhelds*, s. 2.
[253] https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-SH (11/05/2017)

4.2.9 CMMB

Daha öncesinde STiMi (Satellite Terrestrial Interactive Multi-service Infrastructure) olarak bilinen CMMB standardı, Çin pazarında "China Multimedia Mobile Broadcasting", diğer küresel pazarlarda ise "Converged Mobile Multimedia Broadcasting" olarak adlandırılmaktadır. CMMB standardı Çin'deki düzenleyici otorite olan SARFT (State Administration of Radio Film and Television) tarafından geliştirilmiştir. Bu standart 2006 yılında ortaya çıkmıştır. [254]

Bu standart diğer mobil yayıncılık standartlarından farklı olarak uydu ortamında yayın yapmaktadır ve 2635 - 2660 MHz bandını kullanmaktadır. Buna ek olarak karasal ortamda 470 MHz-790 MHz bantlarını da kullanabilmektedir. Ancak daha çok 2635-2660 MHz aralığındaki 25 MHz'lik frekans bandında tercih edilmektedir. Bu yayıncılık türünde kanal genişliği 2 ila 8 MHz arasında bit oranına bağlı olarak değişebilmekte olup modülasyon tekniği olarak OFDM kullanılmaktadır. [255]

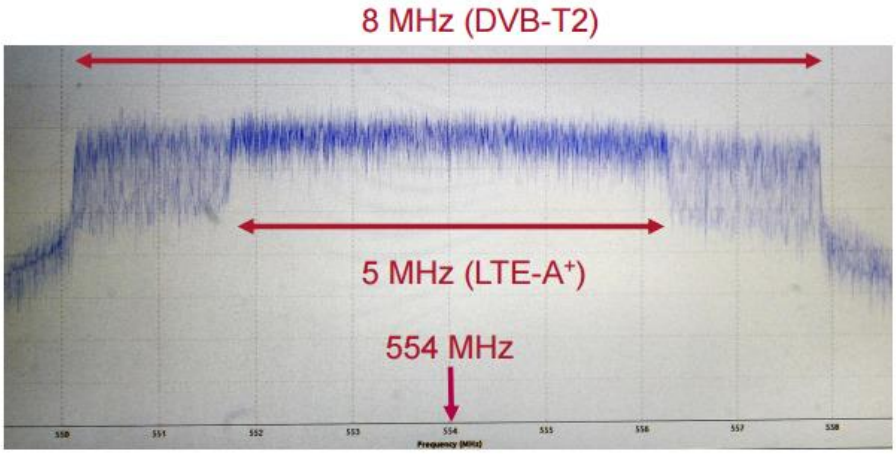
2006 yılında başlamış olan bu yayıncılık türünün 2010 yılı itibariyle Çin'de 350'nin üzerinde şehirde kapsama alanı, 50 milyonun üzerinde izleyici kitlesi bulunmaktadır. Ayrıca Boeing firması Çin, Hong Kong ve Asya kıtasındaki bazı ülkelerdeki seferlerinde bu standardı desteklemeye başlamış olup, yolcularına seyahat sırasında mobil yayıncılıktan faydalanma imkânı sağlamaktadır.[256]

[254] https://en.wikipedia.org/wiki/China_Multimedia_Mobile_Broadcasting (11/05/2017)
[255] a.g.k.
[256] http://www.marketwired.com/press-release/boeing-selected-build-satellite-support-cmmb-visions-mobile-multimedia-service-china-1984559.htm (18/02/2016)

4.2.10 LTE Mobile Offload

LTE Mobile Offload sistemi, Braunschweig Üniversitesi tarafından geliştirilmiş olup LTE teknolojisine sahip şebekelerin, DVB-T2 için kullanılan sistemlerle entegre çalışmasıyla oluşturulan hibrit bir sistemdir. Genel itibariyle ortaya çıkış sebebi karasal sayısal yayıncılık sistemlerinin mobil şebekelerle uyumlu çalışmasını sağlamaktır. Bununla birlikte spektrumun, her iki servis için de tahsis edilmesini sağlayarak spektrum verimliliğini artırmaktadır. İlk denemeleri Ocak 2015'te Paris'te Eiffel kulesinde yapılmıştır. [257]

Bu sistem sayesinde Düşük Güç – Düşük Kule (Low Power – Low Tower) ile Yüksek Güç – Yüksek Kule (High Power – High Tower) olarak ifade edilen sistemler arasında geçiş sağlanabilmektedir. Bunun yanında DVB-T2 sistemlerinde FEF olarak ifade edilen ve gelecekteki uygulamalar için saklanılmış veri paketleri ile LTE-A sistemlerinde var olan taşıyıcı birleştirme özelliği de kombine olarak kullanılabilmektedir. Yani LTE-A şebekesinde oluşturulan veri DVB-T2 sistemlerinde FEF olarak ifade edilen pakete yerleştirilmektedir. Bu hibrit sistem 554 MHz frekansında çalışmakta ve bu iki sistemden gelen sinyallerin modüle edilerek iletilmesiyle çalışmaktadır. [258]



Şekil 21: DVB-T2 sinyali ve LTE-A+ sinyali [259]

[257] Gatesair, *LTE Mobile Offload using DVB-T2*, 2015, s. 7.
[258] a.g.k., s. 13.
[259] a.g.k., s. 13.

Şekil 21'de 8 MHz'lik DVB-T2 sinyaline modüle edilmiş 5 MHz'lik LTE-A+ sinyali görülmekte olup merkez frekansı 554 MHz'dir.

LTE-LMO sistemleri sadece DVB-T2 ile değil, aynı zamanda bir diğer karasal sayısal yayıncılık standardı olan ATSC'nin 3.versiyonu ile de uyumlu çalışabilmektedir. [260]Entegre çalışabilen bu sistemlerin avantajlarından biri de karasal sayısal yayıncılığın daha geniş kapsama alanıdır. Ayrıca LTE-A+ destekli cihazın mobil yayını alabilmesi için DVB-T2 desteğine, DVB-T2 alıcısının karasal yayını alabilmesi için LTE-A+ desteğine sahip olmasına gerek yoktur.

Bu teknolojiden mobil cihazlarda faydalanabilmek için yukarıda da belirtildiği gibi LTE-A+ olarak ifade edilen ve LTE-A'nın gelişmiş versiyonu olarak ifade edilen mobil teknoloji destekli cihazların olması gerekmektedir. Bugün hâlihazırda LTE-A destekli mobil cihazlar mevcuttur ancak LTE-A+ destekli mobil cihazlar henüz yaygınlaşmamıştır.

[260] http://www.gatesair.com/solutions/lte-mobile-offload (11/05/2017)

BEŞİNCİ BÖLÜM

ÜLKE DEĞERLENDİRMELERİ

5.1 TÜRKİYE

Türkiye'nin mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 790-862 MHz'lik frekans bandının BTK tarafından ihale edilerek mobil hizmetlere tahsis edildiği görülmektedir. WRC 2015 toplantıları neticesinde de 694-790 MHz frekans bandının mobil hizmetlere birincil öncelikli olarak tahsis edilmesi ile bu bandın da mobil hizmetlere tahsis edileceği öngörülmektedir. Ancak henüz bu bant aralığı için ihale yapılmamıştır.

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, frekans bandında 470-694 MHz aralığının bu yayıncılık türü için kullanılabileceği görülmektedir. Bunun yanında 694-790 MHz frekans bandı analog karasal yayıncılıkta kullanılmakta olup, yukarıda da bahsedildiği üzere bu bandın mobil servislere tahsis edilmesi hususu uluslararası toplantılarda alınan kararlar doğrultusunda ihtimal dâhilindedir. Her ne kadar sayısal pay neticesinde ayrılan frekans bandı daralmış olsa da, aralığın karasal sayısal yayıncılık için uygun ve yeterli olduğu CPM 2015 toplantı raporunda da görülmektedir. [261]

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS tekniğine dayalı test yayınlarının yapıldığı, bunun yanında mevcut olarak farklı bir yayıncılık tekniğinde bir gelişme olmadığı görülmektedir. DVB-T2 standardına dayalı karasal sayısal yayıncılığa geçiş sağlandığında, altyapı açısından

[261] Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), *Report Of The CPM To The World Radiocommunication Conference*, 2015, s. 27.

ekstra maliyete gereksinim duymayacak olan DVB-T2 Lite standardının cazip hale gelebileceği de düşünülmektedir. Ancak mevcut durumda standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık, test sürecinin ötesine geçememiştir.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, Digiturk Play, Tivibu ve Turkcell TV gibi yerli şirketlerin yanında Netflix gibi küresel ölçekte içerik sunan şirketlerin de pazara girmesiyle birlikte sektörün giderek büyüyeceği öngörülmektedir. IAB adlı araştırma şirketinin mobil yayıncılık için yapmış olduğu araştırmada Türkiye, "Beş Dakikadan Uzun Video İzleme Alışkanlığı" kategorisinde %60, "Beş Dakikadan Kısa Video İzleme Alışkanlığı" kategorisinde ise %70'in üzerinde bir oranla birinci sırada yer aldığı görülmektedir.[262] Bu açıdan bakıldığında mobil ortamda çevrimiçi video alışkanlığının, dünya pazarı dikkate alındığında önemli ölçüde ileri olduğu görülmektedir. Bununla birlikte 2016 yılı itibariyle 4.5 G olarak ifade edilen LTE-A teknolojisinin de kullanıma girmesiyle birlikte hızlanan internet altyapısının, mobil internet üzerinden yapılan yayıncılığa olumlu olarak yansıyacağı tahmin edilmektedir.

Sonuç itibariyle, henüz karasal sayısal yayıncılığa geçiş sağlanamadığı için uydu ve kablo yayıncılık ortamlarının ön planda olduğu görülmektedir. İnternet üzerinden yapılan yayıncılığın özellikle yerli ve yabancı internet platformlarının ortaya çıkması ve yaygınlaşmasıyla beraber yakın vadede ana yayıncılık ortamlarından biri haline geleceği ön görülmektedir.

5.2 FRANSA

Fransa'nın mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 790-862 MHz frekans bandının diğer birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi mobil hizmetlere tahsis edildiği, 694-790 MHz frekans bandının ise Kasım 2015 itibariyle mobil hizmetlere tahsis edildiği görülmektedir. 694-790 MHz frekans bandının mobil

[262] IAB, *Mobile Video 2015: A global perspective*, 2015, s. 11.

hizmetlere tahsis ve ihale edilmesi açısından Avrupa'da, Almanya'dan sonra ikinci sırada gelmektedir.

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, hâlihazırda Fransa'da DVB-T standardından yayınların devam ettiği görülmektedir. Ancak TDF adlı radyo ve televizyon iletim şirketi 2015 itibariyle Paris'te DVB-T2 standardında test yayınlarına başlamıştır.[263] 2014 yılı itibariyle Fransa'da karasal sayısal yayıncılığın tercih edilme oranı %14 olup IPTV ve uydu yayıncılığının gerisinde kalmaktadır.

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS standardına bağlı olarak yapılan yayıncılığın DVB-T2 ile beraber test sürecinde olduğu görülmektedir. Bunun yanında daha öncesinde DVB-H standardına bağlı olarak test yayınlarının yapıldığı, ancak uzun süreli ve ticari olarak faaliyet göstermediği görülmüştür.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, "Digital TV Research" adlı şirketin yapmış olduğu araştırmaya göre, bu yayıncılıktan elde edilen gelir açısından İngiltere ve Almanya'nın ardından Avrupa'da üçüncü olduğu görülmektedir.[264] 2010 yılında elde edilen 103 milyon dolar gelirin 2015 yılı itibariyle 685 milyon dolar, 2020 yılı itibariyle ise de 1 milyar 688 milyon dolar olması beklenmektedir.

OFCOM'un online video izleme için hangi platformun (dizüstü/masaüstü bilgisayar, akıllı telefon, tablet, oyun konsolları) tercih edildiğine dair yapmış olduğu araştırmada[265], Fransa'nın %39'unun akıllı telefonları tercih ettiği görülmüştür. Bu açıdan Almanya'daki duruma benzer olarak mobil ortamdan yapılan yayıncılığın da buna bağlı olarak gelişeceği düşünülmektedir.

[263] http://advanced-television.com/2015/05/15/france-tdf-to-test-dvb-t2%E2%80%A8/ (18/02/2016)
[264] http://www.digitaltvnews.net/?p=26141 (18/02/2016)
[265] OFCOM, *International Communications Market Report*, 2015, s. 311.

Sonuç itibariyle, IPTV ve uydu yayıncılığının hâkim yayıncılık ortamı olduğu Fransa'da, karasal sayısal televizyon yayıncılığının ön planda olmadığı ve kısa vadede olmasa da orta vadede geleceğinin belirsiz olduğu görülmektedir.

5.3 ALMANYA

Almanya'nın mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 790-862 MHz frekans bandının mobil hizmetlere tahsis edildiği, 694-790 MHz frekans bandının ise Haziran 2015 itibariyle mobil hizmetlere tahsis edildiği görülmektedir. Almanya, 694-790 MHz frekans bandının mobil hizmetlere tahsis ve ihale edilmesi açısından Avrupa'da ilk sırada yer almaktadır.

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, hâlihazırda Almanya'da DVB-T standardından yayınların devam ettiği görülmektedir. Ancak 2016 yılı itibariyle DVB-T2 standardında HEVC sıkıştırma tekniğindeki yayınlara geçiş yapılacağı ve bu geçişin 2018 yılı itibariyle tamamlanacağı planlanmaktadır.[266] Bunun yanında 2014 yılı itibariyle Almanya'da karasal sayısal yayıncılığın tercih edilme oranı %7 olup Avrupa'nın en düşük seviyelerinde seyretmektedir.[267]

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS standardı ile yapılan yayıncılığın test sürecinde olduğu görülmektedir. Bunun yanında diğer birçok Avrupa ülkesinde olduğu gibi DVB-H standardına bağlı olarak test yayınlarının yapıldığı ancak mevcut durumda DVB-H standardının kullanılmadığı görülmektedir.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, "Digital TV Research" adlı şirketin yapmış olduğu araştırmaya göre bu yayıncılıktan elde gelir açısından

[266] https://www.dvb.org/news/tender-for-dvb_t2-in-germany/country/germany (18/02/2016)
[267] OFCOM, *International Communications Market Report,* 2015, s. 165.

Avrupa'da İngiltere'den sonra ikinci sırada gelmektedir. 2010 yılında elde edilen 160 milyon dolar gelirin, 2015 yılı itibariyle 959 milyon dolar, 2020 yılı itibariyle ise de 2 milyar 297 milyon dolar olması beklenmektedir.

OFCOM'un online video izleme için hangi platformun tercih edildiğine dair yapmış olduğu araştırmada[268], Almanya'nın %43 ünün akıllı telefonları tercih ettiği görülmüştür. Bu noktada internet yayıncılığından elde edilen gelirin artışına bağlı olarak, mobil ortamdan yapılan yayıncılığın da gelişeceği tahmin edilmektedir.

Sonuç itibariyle, uydu ve kablolu yayıncılığın ön planda olduğu ve karasal sayısal televizyon yayıncılığının aynı Fransa'da olduğu gibi orta vadede geleceğinin belirsiz olduğu görülmektedir. Ayrıca internet yayıncılığının zamanla alternatif bir yayıncılık ortamı haline geleceği de ön görülmektedir.

5.4 İNGİLTERE

İngiltere'nin mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 470-694 MHz frekans bandının karasal yayıncılık için korunmasını gerektiği belirtilmekte, bu frekans bandı için 2030 yılından önce mobil haberleşme teknolojilerine geçiş beklenmemektedir. Ancak bu tarihin, farklı gelişmeler neticesinde değişebileceği de düşünülmektedir.[269] Bunun yanı sıra her ne kadar 700 MHz bandı WRC 2015 sonrası mobil hizmetlere öncelikli olarak tahsis edilmiş olsa da İngiltere'nin bu bandı 2019-2022 arasında boşaltacağı planlanmakta olup, henüz 700 MHz bandı için net bir ihale takvimi belirlenmemiştir.[270]

[268] a.g.k., s. 311.
[269] OFCOM, *Update on the UK preparations for the World Radiocommunication Conference 2015 (WRC-15)*, 2015, s. 16.
[270] OFCOM, *Decision to make the 700 MHz band available for mobile data statement*, 2014, s. 2.

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, 470-790 MHz aralığının bu yayıncılık türü için kullanıldığı görülmektedir. 2012 yılı itibariyle analog yayın tamamen sonlanmış olup, mevcut durumda DVB-T2 standardında yayınların devam ettiği görülmektedir. Almanya ve Fransa'nın aksine İngiltere 694-790 MHz bandında karasal sayısal yayıncılığa devam etmektedir. Bununla birlikte OFCOM'un yapmış olduğu bir araştırmada 2014 yılında karasal sayısal yayıncılık, %33lük bir yüzde ile İngiltere'de uydu ortamından yapılan yayıncılıktan sonra en çok tercih edilen yayıncılık teknolojisi olmuştur.[271] Bu açıdan bakıldığında karasal sayısal yayıncılığın halen popülerliğini koruduğu görülmektedir.

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS standardında yapılan yayıncılığın test aşamasında olduğu görülmektedir. Bu standart ile EE adlı kuruluş tarafından 2015 yılında Wembley'de yapılan bir karşılaşmanın görüntüleri canlı olarak yayınlanmıştır.[272]

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, "Digital TV Research" adlı şirketin yapmış olduğu araştırmaya göre bu yayıncılıktan elde gelir açısından Avrupa'da birinci sırada gelmektedir. 2010 yılında elde edilen 329 milyon dolar gelirin, 2015 yılı itibariyle 2 milyar 178 milyon dolar olması, 2020 yılı itibariyle ise de 3 milyar 886 milyon dolar olması beklenmektedir. Bu noktada OTT video pazarının İngiltere'de giderek daha cazip hale geldiği görülmektedir.[273]

OFCOM'un online video izleme için hangi platformun tercih edildiğine dair yapmış olduğu araştırmada[274] %46 ile Almanya'daki orana benzer olarak akıllı telefonların tercih edildiği görülmüştür.

[271] OFCOM, *International Communications Market Report,* 2015, s. 165.
[272] http://ee.co.uk/our-company/newsroom/2015/05/31/EE-trials-live-4G-broadcast-of-FA-Cup-final-at-Wembley-stadium (18/02/2016)
[273] http://www.digitaltvnews.net/?p=26141 (18/02/2016)
[274] OFCOM, *International Communications Market Report,* 2015, s. 311.

Sonuç itibariyle, İngiltere'de uydu yayıncılığın ön planda olduğu, karasal sayısal televizyon yayıncılığında önemli bir alternatif olduğu görülmektedir. Ayrıca 700 MHz bandının WRC 2015 kararlarına rağmen karasal sayısal yayıncılıkta kalması sebebiyle karasal yayıncılığın, ana yayıncılık ortamı olarak kısa ve orta vadede devam edeceği düşünülmektedir.

5.5 AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ

Amerika Birleşik Devletleri'nin mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, Bölge-1'de yer alan Avrupa ülkelerinden ve Türkiye'den farklı bir durum söz konusudur. WRC 2015 sonrasında sadece 700 MHz bandının değil, bu bandın altındaki çeşitli frekans bantlarının da mobil hizmetlere öncelikli olarak tahsisi kabul edilmiştir. 470-512 MHz ve 614-694 MHz frekans bantları yine mobil hizmetlere öncelikli olarak tahsis edilmiştir. Böylelikle 512-614 MHz gibi çok dar bir bandın karasal yayıncılık için öncelikli servis olarak kaldığı görülmektedir. Özellikle UHF bandına, kapsama alanında sunduğu avantajlar sebebiyle yoğun talep vardır. Örnek olarak 2008 yılında 700 MHz için yapılan ihalede, yaklaşık 19 milyar dolar gelir elde edilmiştir.[275]

Amerika Birleşik Devletleri yine Avrupa'dan farklı olarak karasal sayısal yayıncılıkta ATSC standardını tercih etmektedir. Ancak gerek bu standarda sahip alıcı maliyetlerinin yüksek oluşu gerekse sayısal pay sonucu ayrılan bandın azalmasıyla birlikte karasal sayısal yayıncılık %13 gibi bir rakama gerilemiştir.[276] 700 MHz altındaki bandın mobil hizmetlerin ihale edilmesinin ardından bu yayıncılığın yeniden gözden geçirileceği düşünülmektedir.

[275] http://wireless.fcc.gov/auctions/default.htm?job=auction_factsheet&id=73 (18/02/2016)
[276] OFCOM, *International Communications Market Report,* 2015, s. 165.

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS standardında yapılan yayıncılığın test aşamasında olduğu görülmekte olup, AT&T tarafından tahsisi planlanmaktadır. Bunun yanı sıra MediaFlo adlı mobil yayıncılık standardı için daha öncesinde 716-722 MHz frekans bandı kullanılmış, ancak daha sonra bu bant Qualcomm tarafından AT&T'ye satılmıştır.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, OFCOM'un yapmış olduğu araştırmaya göre bu yayıncılıktan elde edilen gelirin 2014 yılında 6.8 milyar dolar gibi ciddi bir rakama ulaştığı görülmektedir.[277] Bunun yanında 2016 yılında bir başka araştırmaya göre de 9 milyar dolar gelire ulaşacağı öngörülmektedir.[278] Bu gelirlerin artmasında 75 milyon abonesinin 45 milyonu Amerika Birleşik Devletleri'nde olan Netflix uygulamasının etkisi büyüktür. Netflix'in küresel olarak 2014 yılında elde ettiği gelir 5.5 milyar dolar seviyesindedir. Bu açıdan bakıldığında Amerika Birleşik Devletleri, internet yayıncılığının en agresif geliştiği pazarların başında gelmektedir.

Sonuç itibariyle Amerika Birleşik Devletlerinde, kablolu yayıncılığın ön planda olduğu ve internetin ana yayıncılık ortamı haline gelirken, karasal sayısal televizyon yayıncılığın giderek ikinci planda kaldığı görülmektedir. Özellikle mobil haberleşmedeki gelişmelere bağlı olarak karasal sayısal televizyon yayıncılığın giderek daha sınırlı bir yayıncılık ortamı haline geleceği ön görülmektedir.

5.6 JAPONYA

Japonya'nın mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 700 MHz'lik frekans bandının 2012 yılı itibariyle ihale edildiği, 470-694 MHz frekans bandının karasal sayısal yayıncılığa tahsis edildiği görülmektedir.

---

[277] a.g.k., s. 158.

[278] http://www.businessinsider.com/us-online-video-ads-9-billion-market-by-2016-2012-4 (18/02/2016)

Japonya yine diğer ülkelerden farklı olarak karasal sayısal yayıncılıkta ISDB-T standardını tercih etmektedir. Karasal sayısal yayıncılığın tercih edilme oranı Amerika Birleşik Devletleri'ne benzer olarak %13 civarındadır.[279]

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, ISDB-T ile benzer parametreleri kullanan ISDB-Tmm standardı kullanılmaktadır. Bu mobil yayıncılık standardı 2013 yılı itibariyle 207.5-222 MHz bandı arasında faaliyete geçmiştir. Bunun yanında bir diğer mobil yayıncılık standardı olan 1-seg, ISDB-T ile aynı frekans bandında ve eş zamanlı olarak kullanılmaktadır. Bu yayıncılık standartları göz önünde bulundurulduğunda Japonya, mobil yayıncılığın en yaygın ve gelişmiş olduğu ülkelerin başında gelmektedir.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, OFCOM'un yapmış olduğu araştırmaya göre bu yayıncılıktan elde edilen gelirin 2014 yılında 643 milyon dolar seviyesinde olduğu görülmektedir.[280]

Sonuç itibariyle, kablolu yayıncılık ortamının hâkim ortam olduğu Japonya'da, standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılığın tamamlayıcı bir yayıncılık ortamı olduğu ancak karasal sayısal yayıncılığın sabit alışta yaygın bir şekilde kullanılmadığı görülmektedir.

5.7 İTALYA

İtalya'nın mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 790-862 MHz'lik bandın yayıncılık hizmetinden alınıp mobil hizmetlere tahsisinin 2011'de tamamlandığı görülmektedir. Ancak henüz 700 MHz bandı için bir geçiş

[279] OFCOM, *International Communications Market Report,* 2015, s. 165.
[280] a.g.k., s. 168.

yapılmamıştır. Bu geçişin 2020'den önce olması da beklenmemekte olup hatta bu tarihin 2022'yi de aşabileceği düşünülmektedir.[281]

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, hâlihazırda İtalya'da 2013 yılından itibaren DVB-T2 standardında yayın yapılabildiği ve 2015 yılı itibariyle ise bu standardın zorunlu hale geldiği görülmektedir. İtalya, Avrupa'da en yoğun karasal yayıncılık kullanan ülkelerin başında gelmektedir. 2014 yılı rakamlarına göre ülke genelinde karasal sayısal yayının tercih edilme oranı %73 ile ilk sırada yer almaktadır.[282] Bu açıdan karasal sayısal yayıncılığın kısa ve orta vadede sonlandırılacağı düşünülmemektedir.

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS standardı ile 2015 yılında deneme yayınlarının başladığı görülmektedir.[283] DVB-H standardında 2006 ve 2008 yıllarında tahsis yapıldığı, ancak bu standardın yeterince ilgi görmemesi sebebiyle sonlandırıldığı görülmektedir. Bunun yanında DVB-T2 Lite standardı ile 2013 yılı itibariyle deneme yayınları yapılmakta olup henüz resmi olarak yayına başlanmamıştır.[284]

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, bu yayıncılıktan 2010 yılında elde edilen 60 milyon dolar gelirin, 2015 yılı itibariyle 392 milyon dolar olması, 2020 yılı itibariyle ise de 1 milyar 416 milyon dolar olması beklenmektedir.[285]

OFCOM'un online video izleme için hangi platformun tercih edildiğine dair yapmış olduğu araştırmada[286], İtalya %61 ile Avrupa genelinde akıllı telefonları en çok kullanan ülkedir.

---

[281] http://www.broadbandtvnews.com/2015/06/18/italy-to-overshoot-700mhz-spectrum-deadline/ (18/02/2016)
[282] OFCOM, *International Communications Market Report*, 2015, s. 165.
[283] http://www.broadbandtvnews.com/2015/10/23/ericsson-and-tim-first-lte-broadcast-concert-in-italy/ (18/02/2016)
[284] http://advanced-television.com/2013/05/13/rai-starts-dvb-t2-lite-trials/ (18/02/2016)
[285] http://www.digitaltvnews.net/?p=26141 (18/02/2016)
[286] OFCOM, *International Communications Market Report*, 2015, s. 311.

Sonuç itibariyle İtalya'da mevcut durum itibariyle karasal sayısal televizyon yayıncılığının, hâkim yayıncılık ortamı olarak uzun yıllar devam edeceği düşünülmektedir. Kısa ve orta vadede mobil haberleşmeye yönelik olarak 800 MHz altında ayrıca bir tahsisin yapılmayacağı da ön görülmektedir.

5.8 İSPANYA

İspanya'nın mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 2011 yılı itibariyle 790-862 MHz frekans bandının mobil operatörlere verildiği, ancak bu bandın mobil hizmetler için kullanımına 2015 yılı itibariyle geçildiği görülmektedir. 2011 yılında bu bant için gerçekleştirilen ihale neticesinde toplam 1.6 milyar dolar gelir elde edilmiştir. 700 MHz bandı için planlama düşünülmekte olup, mevcut durumda karasal sayısal yayıncılık bu bantta varlığını sürdürmektedir.

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, DVB-T standardında yayınların devam ettiği görülmektedir. Bunun yanında İspanya, DVB-T2 standardında, 4K çözünürlükte ve 100 kare/saniye oranında test yayını yapan ülkelerin başında gelmektedir. İspanya, İtalya gibi Avrupa'da karasal yayıncılığın en çok tercih edildiği ülkelerden biridir. 2014 yılı rakamlarına göre ülke genelinde karasal sayısal yayının tercih edilme oranı %69 ile ilk sırada yer almaktadır.[287]Bu açıdan karasal sayısal yayıncılığın, İtalya'da olduğu gibi İspanya'da da kısa ve orta vadede sonlandırılacağı düşünülmemektedir.

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, eMBMS standardında 2015 yılında Vodafone tarafından deneme yayınlarının başladığı görülmektedir. DVB-H standardında 2008 ve 2009 yıllarında deneme yayını

[287] OFCOM, *International Communications Market Report,* 2015, s. 165.

yapıldığı, ancak bu standardın yeterince ilgi görmemesiyle sonlandırıldığı görülmektedir.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, bu yayıncılıktan 2010 yılında elde edilen 41 milyon dolar gelirin, 2015 yılı itibariyle 326 milyon dolar olması, 2020 yılı itibariyle ise de 878 milyon dolar olması beklenmektedir. Bu rakamlar doğrultusunda internet yayıncılığın geliştiği gözükse de diğer Avrupa ülkelerinin gerisinde kaldığı görülmektedir.[288]

Sonuç itibariyle, aynı İtalya gibi karasal sayısal televizyon yayıncılığın hâkim yayıncılık ortamı olarak uzun yıllar devam edeceği düşünülmektedir. Bu bağlamda karasal sayısal yayıncılığa tahsis edilen bantların varlığını kısa ve orta vadede koruyacağı tahmin edilmektedir.

5.9 ÇİN

Çin'in mevcut durumu sayısal pay kavramı açısından değerlendirildiğinde, 470-790 MHz aralığının karasal yayıncılık için kullanıldığı görülmektedir. 2015-2018 yılları arasında analog karasal yayıncılığın tamamen kapatılması planlanmaktadır. 700 MHz frekans bandından LTE şebekeleri için testler devam etmekte olup bu bandın mobil haberleşme teknolojilerine tahsisinin 2020 yılına kadar gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.[289]

Karasal sayısal yayıncılık açısından değerlendirildiğinde, DTMB standardında yayın yapıldığı, bunun yanında halen belli noktalarda analog karasal yayıncılığın devam ettiği görülmektedir. Karasal yayıncılık 24 milyon civarında olan abone sayısı

[288] http://www.digitaltvnews.net/?p=26141 (18/02/2016)
[289] http://www.telecompaper.com/news/china-begins-700-mhz-td-lte-trial--1006166 (16/02/2016)

ve %5-10 arasında değişen izleyici oranıyla diğer birçok ortamın gerisinde kalmaktadır. Çin'de hâkim olarak tercih edilen ortam kablolu yayın ortamı olup, IPTV ile beraber %50'nin üzerinde tercih edilme oranı bulunmakta, toplamda 268 milyon 400 bin izleyiciye hitap etmektedir.[290]

Standarda bağlı olarak yapılan mobil yayıncılık açısından değerlendirildiğinde eMBMS standardı ile 2015 yılında deneme yayınlarının başladığı görülmektedir. Bunun yanında CMMB olarak ifade edilen ve 2635 – 2660 MHz arasında, uydu haberleşmesine dayalı olarak yapılan mobil yayıncılık standardının da kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca karasal sayısal yayıncılık için kullanılan DTMB adlı standardı ile, mobil yayıncılıkta yapılabilmektedir.

İnternet yayıncılığı açısından değerlendirildiğinde, bu yayıncılıktan 2014 yılında elde edilen gelirin 423 milyon dolar olduğu görülmektedir. Bu gelirin, 2015 yılı itibariyle 856 milyon dolar olması, 2020 yılı itibariyle ise de 12 milyar 265 milyon dolar olması beklenmektedir. Bu rakamlar doğrultusunda internet yayıncılığı konusunda, dünyanın önde gelen ülkelerinden biri haline geleceği düşünülmektedir.[291]

Sonuç itibariyle, kablolu yayıncılığın hâkim yayıncılık ortamı olduğu Çin'de karasal sayısal televizyon yayıncılığının orta vadede geleceğinin belirsiz olduğu düşünülmektedir.

[290] IHS Technology, *Current Market And Technology Trends In The Broadcasting Sector*, 2015, s. 47.
[291] http://www.digitaltvnews.net/?p=26141 (18/02/2016)

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Analog yayıncılıktan sayısal yayıncılığa geçişte, işin frekans tahsisi boyutuna bakan yönüyle temel olarak iki sonuç ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki karasal sayısal yayıncılığın daha kaliteli yayına imkân tanıması; ikincisi ise bu kaliteli yayınların iletilirken daha az frekans bandına ihtiyaç duyulması olarak gösterilebilmektedir. Bu noktada, karasal sayısal yayıncılık daha verimli olduğu için dünya genelinde yaygınlaşmaya başlamış, öte yandan bu geçiş sonucunda ortaya çıkan frekans bantlarına farklı hizmetler de tahsis edilmiştir.

Yayıncılık için ayrılmış olan frekans spektrumunda bu geçişle birlikte sayısal pay süreci başlamış ve bu durum karasal yayıncılığın geleceğini önemli ölçüde değiştirmiştir. Karasal televizyon yayıncılığına tahsis edilen frekans bantları, WRC 2007 ile birlikte başlayan, WRC 2012 ve 2015 toplantılarıyla devam eden süreçte giderek azalmış ve dünyanın birçok ülkesinde 694 MHz ve üstünü kapsayan frekans bantları mobil haberleşme hizmetlerine tahsis edilmiştir.

Karasal yayıncılık, sayısal yayıncılığa geçişle birlikte yaygınlaşırken, bir yandan tahsis edildiği frekans bantlarını kaybetmeye başlamıştır. Özellikle WRC 2023 ile beraber mevcut durumda karasal sayısal yayıncılığa tahsis edilmiş olan tüm UHF frekans bantlarının karasal yayıncılıktan alınıp telekomünikasyon hizmetlerine tahsis edilmesi hususunun, gelecekte ihtimal dâhilinde olduğu görülmektedir.

Karasal yayıncılıkta bu gelişmeler olurken, geniş bant internetin gerek yerel ağ bağlantılarıyla gerekse mobil operatörler ile birlikte son kullanıcı açısından erişilebilir olması sayesinde, veri kullanım oranları önemli ölçüde artmıştır. Artan cihaz sayısı ve artan veri kullanımı, içerik üreticilerinin ve cihaz üreticilerinin dikkatini geniş bant internet teknolojisine doğru kaydırmıştır. Bunun sonucunda yayıncılık için uydu,

kablo ve karasal ortamlarının yanında geniş bant internet teknolojileri de tercih edilmeye başlanmıştır.

Günümüzde yayıncılık, geniş bant internet teknolojilerindeki bu gelişmelere bağlı olarak klasik yayıncılık anlayışından farklılaşmıştır. Hâlihazırda bir video paylaşım sitesi olan Youtube, Alexa adlı web istatistiklerinin yer aldığı sitede en çok ziyaret edilen web sitelerinin başında gelmektedir. Her ne kadar Youtube, başlangıç itibariyle sadece bir video paylaşım sitesi olarak değerlendirilmiş olsa da son zamanlarda sunmuş olduğu servisler ile birlikte OTT yayıncılığı altında değerlendirilebilmektedir. Artık Youtube ile canlı yayın yapılabilmekte, "Youtube RED" aboneliği sayesinde belirli bir ücret karşılığında videolar ve müzikler indirilebilmekte, çevrimdışı da dinlenebilmektedir.

Youtube gibi hizmetlerin yanı sıra ülkemize yeni giriş yapmış olan, film, dizi gibi birçok eserin kiralanmasına ve satın alınmasına imkân sağlayan Netflix de, en popüler OTT servislerinden biridir. Artık izleyicilerin birçoğu, OTT servislerinin sunduğu esneklik ve internet hızlarının kabul edilebilir seviyede olması gibi nedenlerden dolayı, geleneksel medyanın yanında Netflix benzeri OTT uygulamalarını da tercih etmektedir.

Netflix, kullanıcılarına standart çözünürlük için 3.0 Mbps, yüksek çözünürlük için 5.0 Mbps, ultra yüksek çözünürlük için ise 25 Mbps bağlantıları önermektedir.[292] Akamai adlı şirketin verilerine göre Türkiye'nin ortalama internet hızının 5.8 Mbps olduğu düşünüldüğünde, tamamıyla yayın akışı için tahsis edilmiş ortalama bir internet bağlantısının yüksek çözünürlüklü yayına erişebileceği düşünülmektedir.[293]

Mobil cihazlar, internet yayıncılığı için en önemli ekipmanların başında gelmektedir. Mobil cihaz kullanıcıları, kendilerine özgü içeriğe ulaşabildiği gibi,

[292] https://help.netflix.com/en/node/306 (11/05/2017)
[293] https://www.akamai.com/us/en/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-map.jsp#stoi-map (11/05/2017)

mobil yayıncılık standartların kullanılmasıyla birlikte birden fazla kullanıcıya aynı veri paketinin iletildiği geleneksel yayıncılık mantığındaki yayınlara da erişilebilmektedir. Bu teknoloji, canlı yayınlarda, spor müsabakalarında, yani aynı içeriğin talep edildiği durumlarda, hâlihazırda kendisine tahsis edilen sabit bir bant genişliğinde aynı yayın içeriğini ileterek kullanıcıların ayrıca kota/veri harcamasının önüne geçmesi sayesinde oldukça avantajlıdır.

Standarda dayalı mobil yayıncılığın sahip olduğu bu avantajlara rağmen halen dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılmadığı görülmektedir. DVB-H ve Media FLO gibi birçok mobil yayıncılık standardı ortaya çıkmış, ancak bir süre sonra ortadan kalkmıştır. Buna sebep olarak mobil cihazlarda desteğin olmayışı, sadece mobil yayıncılığa dayalı yeni bir altyapı kurmanın cazip olmaması gösterilebilir.

Mobil yayıncılığın sahip olduğu bu dezavantajlar, gelişimini durdurmamıştır. eMBMS ve DVB-T2 Lite gibi farklı mobil yayıncılık standartları ortaya çıkmıştır. DVB-T2 Lite, DVB-T2 standardı parametrelerinde yapılacak değişikliklerle aynı altyapıyı kullanabilmekte ve bu durum altyapı sorununu önemli ölçüde ortadan kaldırmaktadır. Bunun yanında DVB-T2 Lite standardının, mobil cihaz desteğinin zayıf olması ve Sayısal Pay neticesinde karasal sayısal yayıncılığa ayrılmış olan frekans bandının mobil haberleşme hizmetlerine kaymasından dolayı gelişimi oldukça yavaştır.

eMBMS standardı ise hâlihazırdaki LTE altyapısında ufak çaplı modifikasyonlarla yayınlarını iletebilmekte, ayrıca Qualcomm gibi büyük mikroişlemci üreticileri tarafından desteklenmekte ve son kullanıcı tarafında cihaz desteğini hızla artırmaktadır. Ayrıca Sayısal Pay ile beraber mobil haberleşme hizmetlerine tahsis edilen frekans bantlarının giderek genişlemesi neticesinde, bu yayıncılık teknolojisine ilgi de artmaktadır.

eMBMS standardı, sahip olduğu bu avantajlar sayesinde birçok ülkede test edilmekte ve bu teknolojinin tahsisinin yapılması planlanmaktadır. Ülkemizde de test aşamasında olan ve halen gelişmekte olan bu teknolojinin, henüz tümüyle başarılı olduğu, yüksek kullanım oranlarına eriştiği bir ülke bulunmamaktadır. Bu noktada kullanıcıların herhangi bir standarda bağlı olmadan yayın imkânı sağlayan OTT servislerini mi yoksa eMBMS teknolojisini mi tercih edeceği hususu mobil yayıncılığın gidişatını önemli ölçüde etkileyecektir.

Sonuç itibariyle mevcut teknolojik gelişmeler ve uluslararası kararlar göz önünde bulundurulduğunda;

- Karasal yayıncılığın, mobil hizmetler için artan frekans spektrumu ihtiyacı karşısında tahsis edilen frekans bantlarının bir kısmını veya tamamını kaybedebileceği,

- Ancak bu sürecin en erken WRC 2023 sonrasında belirlenebileceği, başta EBU olmak üzere birçok kuruluşun en az 2030'a kadar karasal yayıncılığa devam edilmesi hususunda görüş bildirmesi nedeniyle özellikle Avrupa'da karasal sayısal yayıncılığın kısa vadede sonlandırılmayacağı,

- Sadece ekonomik kriterler göz önünde bulundurulduğunda, 470-694 MHz bandının mobil haberleşme sistemlerinde kullanımı daha uygun olduğu görülse de, özellikle ulusal güvenlik ile ilgili hususlarda yayın devamlılığı açısından uydu ve kablo yayıncılığına alternatif teşkil etmesi açısından karasal sayısal televizyon yayıncılığın önemini koruduğu,

- Ülkemizde bir lisans dönemi (10 yıl) için 470-694 MHz bantlarında karasal sayısal yayın lisanslarının verilebileceği ve bu kapsamda karasal sayısal televizyon yayınlarına geçilmesinin uygun olacağı,

- Spektrum yönetiminin hem ekonomik hem de stratejik açıdan son derece önemli olduğu ve bu alanda alınacak kararlarda teknolojik gelişmeler ile

birlikte uluslararası alanda yapılan toplantılarda alınan kararların da belirleyici rol oynadığı,

- Sıkıştırma teknolojilerindeki gelişmeler neticesinde daha az frekans bandından daha fazla kanal ile daha kaliteli yayın yapılabilmesinin mümkün olduğu, bu sayede spektrumun daha verimli kullanılabileceği,

- İnternet üzerinden yapılan yayıncılığın uydu, kablo veya karasal gibi temel yayıncılık ortamı haline geldiği,

- İnternet yayıncılığına artan talebin, mobil cihazlarda OTT yayıncılığını önemli ölçüde yaygınlaştıracağı,

- Mobil haberleşme teknolojilerinin 5G ile beraber gelişimini sürdüreceği, bu gelişim neticesinde daha fazla frekans bandına ihtiyaç duyacağı,

- Hâlihazırda RTÜK'e tahsisli 470-694 MHz bandının mobil haberleşmede altyapı maliyetlerini düşürmek adına önemli bir potansiyele sahip olduğu, ancak halen birçok mobil haberleşmeye tanımlı frekans bandının aktif olarak kullanılmamasından dolayı bu kapasitenin bir süre daha karasal sayısal yayıncılıkta kalmasının uygun olacağının,

- eMBMS tekniğine dayalı mobil yayıncılığın, frekans spektrumunu etkin kullanımından dolayı daha fazla tercih edileceği,

- Yakın vadede eMBMS tekniğinin, karasal sayısal yayıncılığın alternatifi değil tamamlayıcısı konumunda olduğu ancak bu yayıncılık tekniğinin özellikle 694-790 MHz bandı için test edilmesinin/kullanılmasının uygun olacağı,

- Karasal yayıncılık için tahsis edilen frekans bandının daralmasına bağlı olarak, eMBMS tekniği dışında kalan ve karasal ortamdan yayıncılığı esas alan mobil yayıncılık standartlarına ilginin azalacağı,

değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Akman, Hüseyin, Türker Gül Fatma ve Akman Hatice (2012), *Türkiye'de Wi-Max Kullanımının Değerlendirilmesi*, Akademik Bilişim Konferansları.

Alcatel-Lucent (2009), *Strategic White Paper- The LTE Network Architecture.*

Amitabh Kumar (2006), *Implementing Mobile TV: ATSC Mobile DTV, MediaFLO, DVB-H/SH, DMB,WiMAX, 3G Systems, and Rich Media Applications.*

ATSC (2013), *Recommended Practice: Guide to the ATSC Mobile DTV Standard.*

Birgör, Ulaş ve Karaca, Ümit (2007), *Karasal Sayısal Yayın (Dijital TV),* TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İzmir Şubesi.

CEPT (2013), *TV distribution via Cellular Networks*.

Cisco (2015), *The Zettabyte Era—Trends and Analysis*.

Cisco (2017), *Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update*.

Çalış, Kübra ve Özdemir Suat, (2014), *Yeni Nesil Mobil Genişbant Teknolojileri ve Türkiye*.

Çatak, Serkan (2015), *Türkiye'de IPTV'den Sosyal TV'ye Dönüşüm*, Marmara Üniversitesi.

David, Gómez-Barquero (2013), *Next Generation Mobile Broadcasting*, CRC Press.

EBU (2014), *Frequency And Network Plannıng Aspects of DVB-T2*.

Ekin, Mehmet, (2014), *1400 MHz Frekans Bandının LTE (Long Term Evolution) Hizmetlerinde Kullanılması: Türkiye İçin Düzenleyici Öneriler*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu

Ergül, Gözde ve Selçuk, Paker, (2009), *UMTS Şebekelerinde Çoklu Dağıtım-MBMS*, Elektrik Mühendisleri Odası.

Ericsson (2015), *Ericsson Mobility Report November 2015*.

Ertekin, Ömer (1998), *Frekans Spektrum Yönetimi ve Türkiye*, Ulaştırma Bakanlığı-Türkiye Ulusal Enformasyon Altyapısı Proje Ofisi.

European Broadcasting Union (2016), *TV Programme Accommodation in a DVB-T2 Multiplex For (U)HDTV with HEVC Video Coding*, EBU Technical Report, Cenevre.

Fa-Long Luo (2011), *Digital Front-End in Wireless Communications and Broadcasting: Circuits and Signal Processing*, Cambridge University Press.

Frost&Sullivan, (2015), *Trends and Forecasts for the HEVC Video Encoder and Transcoder Market in M&E Applications*.

Gatesair (2015*), LTE Mobile Offload using DVB-T2*.

Global IPTV Subscriber Numbers, http://point-topic.com/free-analysis/global-iptv-subscriber-numbers-q4-2014/ (07/02/2016)

GSA (2015), *BRIEFING: 5G trials, commitments and forecasts*.

GSA (2015*), 4G Market & Technology Update, LTE Broadcast*.

Gülşen, Azzet (2013), *900 ve 1800 MHz Frekans Bandlarının Gelecekteki Kullanımı ve Türkiye Analizi,* Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

Güngör, Müberra, Aydın Cihan, Saygı Nur ve Tözer Ayhan (2010), *Elektronik Haberleşme Sektöründe Eğilimler*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

IAB (2015), *Mobile Video 2015: A global perspective*.

IHS Technology (2015), *Current Market And Technology Trends In The Broadcasting Sector*.

İşler, Erkan, Yabacı Seyhun Barbaros ve İkiz Turgut, *UMTS ve LTE Şebekelerinde Radyo Erişim Tekniklerinin Kıyaslanması*, Elektrik Mühendisleri Odası.

J. M. Peha, (2008) *Sharing Spectrum through Spectrum Policy Reform and Cognitive Radi*, Proceedings of the IEEE.

Juniper Research, http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/ott-mobile-voice-revenues-to-top-$10bn-by-2020 (07/02/2016)

Karaoğlu, Mustafa (2011), *Dünya'da Ve Türkiye'de Sayısal Karasal TV Yayıncılığı (DVB-T & DVB-T2)* , Radyo ve Televizyon Üst Kurulu.

Kaybal, Fazlı (2014), *700 MHz Bandı için Türkiye Önerileri*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

Kaymakçıoğlu, Oğuz (2014), *Televizyon Sistemlerinin Analogdan Sayısala Doğru Geçirdiği Süreç ve Bu Sürecin Türkiye Ekonomisine Olan Etkileri*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

Özdamar, Kazım (2013), *Modern Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Kaan Kitabevi, Eskişehir.

Kefeli, Cem (2008), *Video Kodlama*, Yüksek Lisans Semineri.

Küçükünsal, Jale (2006), *Metropol Alanlar İçin Kablosuz Erişim (Wıreless. Metropolitan Area Network / Kablosuz Metropol Alan. Ağları-Wman) Uygulamaları ve Düzenleme Önerileri*, Telekomünikasyon Kurumu.

Yıldız, Mehtap, (2005), *Araştırmalarda Kaynak Tarama Yöntemleri*, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Morgül, Avni (2011), Sayısal Televizyon Tekniği, Papatya yayınları, İstanbul.

Morgül, Avni (2011), "Sayısal Karasal TV Yayını", Ders Notu, Boğaziçi Üniversitesi Elektrik/Elektronik Bölümü.

OFCOM (2014), *Decision to make the 700 MHz band available for mobile data statement*.

OFCOM (2015), *International Communications Market Report 2015.*

OFCOM (2014), *The Future of Free View TV*.

OFCOM (2015), *Update on the UK preparations for the World Radiocommunication Conference 2015 (WRC-15).*

Paçacı K., Kaya, Alpay, N. Güler, UÇAR Nedim ve Kazancı Mahmut, (2008), *Spektrumda Serbestleşme Ve Yeni Eğilimler*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

RTÜK (2012), *Türkiye Karasal Sayısal Televizyon (DVB-T2) Ulusal Frekans Planı*.

Samsung (2015), *eMBMS with Samsung.*

Selek, Yusuf Korhan, İlhan Erhan ve Yayla Faruk (2010), *Esnek Spektrum Yönetimi: Spektrum İhaleleri ve Spektrum Ticareti*, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.

Taşkın, Cebrail, (2012), *Birey eksenli interaktif yayıncılık: IPTV*, RTÜK.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) (2004), *Radio Spectrum Management for a Converging World Background Paper*.

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) (2015), *Report Of The CPM to The World Radiocommunication Conference 2015*.

Viavi Solutions (2015), LTE Evolved MultimediaBroadcast Multicast Services (eMBMS).

Wenzel, Kenneth, (2013*), DVB-T2 First Deployments, First Experiences,* Levira.

WRC-2015 (2015), *RTÜK -Yurtdışı Faaliyet Raporu*.

WSIS (2014), *WSIS 10 Year Country Report by Japan.*

Yaşlı, Ümit (2014), *Genişbant Düzenlemeleri Yönüyle Ülke İncelemeleri ve Türkiye İçin Öneriler,* Ulaştırma ve Haberleşme Bakanlığı.

Yiğit, Yasin (2012), *Sayısal Karasal Televizyon Yayıncılığının Planlanmasına İlişkin Kriterler*, Radyo ve Televizyon Üst Kurulu.

http://ceng.gazi.edu.tr/~sas/Ornekleme/aciklama.aspx (07/02/2016)

http://www.itu.int/net/ITU-R/information/promotion/e-flash/1/article4.html (07/02/2015)

http://en.wikipedia.org/wiki/NTSC (21.03.2016)

http://en.wikipedia.org/wiki/PAL (21.03.2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/SECAM (20.03.2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_television#Comparison_with_IPTV (04.04.2016)

http://www.enensys.com/technologies/dtmb-overview.html (07/02/2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/5G (07/02/2016)

http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx (07/02/2016)

http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/1g-5g-infographic (07/02/2016)

http://www.btk.gov.tr/tr-TR/Kurumdan-Haberler/Sayan5G-Frekanslari-belirlendi 07/02/2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/Multimedia_Broadcast_Multicast_Service (07/02/2016)

http://medyamerkezi.vodafone.com.tr/basin-bultenleri/vodafone-lte-ile-dijital-yayinciligi-test-eden-ilk-operator-oldu (07/02/2016)

http://www.cnnturk.com/bilim-teknoloji/teknoloji/10-soruda-turkiye-de-fiber-internet-altyapisinin-durumu (05/04/2016)

https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-H_Factsheet.pdf (07/02/2016)

http://www.connectedtv.eu/2012/03/15/danish-t2-lite-trial-goes-for-all-mobile-channel-offer/ (18/02/2016)

http://www.isdb-t.jp/en/topics/2010/11/pr-101130.html (18/02/2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/ISDB#ISDB-Tmm (18/02/2016)

http://www.rohde-schwarz-av.com/_pdf/sales%20sheet%20and%20brochures/ATSC-MH%20Poster.pdf (18/02/2016)

http://www.dailywireless.org/2010/12/20/qualcomm-sells-mediaflo-spectrum-for-1-93b/ (18/02/2016)

http://www.marketwired.com/press-release/boeing-selected-build-satellite-support-cmmb-visions-mobile-multimedia-service-china-1984559.htm (18/02/2016)

https://www.dvb.org/news/tender-for-dvb_t2-in-germany/country/germany (18/02/2016)

http://advanced-television.com/2015/05/15/france-tdf-to-test-dvb-t2%E2%80%A8/ (18/02/2016)

http://www.digitaltvnews.net/?p=26141 (18/02/2016)

http://ee.co.uk/our-company/newsroom/2015/05/31/EE-trials-live-4G-broadcast-of-FA-Cup-final-at-Wembley-stadium (18/02/2016)

http://wireless.fcc.gov/auctions/default.htm?job=auction_factsheet&id=73 (18/02/2016)

http://www.businessinsider.com/us-online-video-ads-9-billion-market-by-2016-2012-4 (18/02/2016)

http://www.broadbandtvnews.com/2015/06/18/italy-to-overshoot-700mhz-spectrum-deadline/ (18/02/2016)

http://advanced-television.com/2013/05/13/rai-starts-dvb-t2-lite-trials/ (18/02/2016)

http://www.telecompaper.com/news/china-begins-700-mhz-td-lte-trial--1006166 (16/02/2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/Clearwire (07/04/2016)

http://tivilogy.com/2013/07/02/neden-mpeg-dash-kullanilmali.html (11.05.2017)

http://www.mediaentertainmentinfo.com/2013/04/2-concept-series-what-is-the-difference-between-ott-and-iptv.html/ (11/05/2017)

https://hevc.hhi.fraunhofer.de/ (11/05/2017)
https://www.vcodex.com/hevc-an-introduction-to-high-efficiency-coding/ (14/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Video_Broadcasting (11/05/2017)

http://atsc.org/newsletter/atsc-3-0-where-we-stand (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/ISDB-T_International (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/1G (11/05/2017)

https://tr.wikipedia.org/wiki/LTE (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication)#LTE-TDD_and_LTE-FDD (11/05/2017)

http://telesinca.com/wimax.html (11/05/2017)

http://www.aselsan.com.tr/tr-tr/basin-odasi/haberler/Sayfalar/ASELSAN-ve-KEYSIGHT20160112.aspx (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_multimedia_broadcasting (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-H (11/05/2017)

https://www.enensys.com/technologies/dvb-t2-lite/ (11/05/2017)

https://www.dvb.org/news/dvb-at-broadcastasia-2012 (11/05/2017)

https://www.enensys.com/technologies/dvb-t2-lite/ (11/05/2017)

http://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/250811dvb (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/China_Multimedia_Mobile_Broadcasting (11/05/2017)

https://en.wikipedia.org/wiki/DVB-SH (11/05/2017)

http://www.dailywireless.org/2010/12/20/qualcomm-sells-mediaflo-spectrum-for-1-93b/ (18/02/2016)

https://en.wikipedia.org/wiki/MediaFLO (11/05/2017)

http://www.dibeg.org/service/oneseg/oneseg.html (11/05/2017)

https://tr.wikipedia.org/wiki/MPEG-2 (07/02/2016)

https://www.btk.gov.tr/tr-TR/Kurumdan-Haberler/BTK-45G-Ihalesini-Onayladi (07/02/2016)

http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/Pages/default.aspx (07/02/2015)

ÖZET

"Sayısal Yayıncılık Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Frekans Spektrumu Kullanımı" başlıklı tez çalışmasında, karasal ve mobil yayıncılık teknolojilerindeki gelişimin RTÜK'e tahsis edilmiş olan 470-694 MHz bandı ile 2018 sonu itibariyle BTK'ya devredilecek olan 694-790 MHz bandına olan etkisinden bahsedilmiştir.

Bu çalışmada, sayısal televizyon yayıncılığındaki teknolojik gelişmeler, sayısal pay kavramı, karasal televizyon yayıncılık standartları, mobil haberleşme teknolojileri ve mobil yayıncılık standartları hakkında en güncel bilgileri Radyo ve Televizyon Üst Kurulu için verimli olabilecek öneriler halinde sunulması hedeflenmiştir.

Yapılan araştırmalar ve incelemeler neticesinde mobil haberleşme teknolojilerinin ve mobil televizyon yayıncılığının, karasal sayısal yayıncılık ve frekans spektrumu kullanımı üzerindeki etkileri anlatılmış, Türkiye dâhil olmak üzere farklı ülkelere ilişkin durum değerlendirmeleri paylaşılmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler neticesinde, 470-694 MHz bandı ile 694-790 MHz bandı için önerilerde bulunulmuştur.

ARŞİV Kayıt Bilgileri

Tezin Adı	Sayısal Yayıncılık Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Frekans Spektrumu Kullanımı
Tezin Yazarı	Şakir AĞIRBAŞLI
Tezin Danışmanı	Yasin YİĞİT
Tezin Konumu	Uzmanlık Tezi
Tezin Tarihi	Haziran 2017
Tezin Alanı	Yayıncılık
Tezin Yeri	RTÜK – ANKARA
Anahtar Kelimeler	Sayısal Televizyon Yayıncılığı; Sayısal Karasal Televizyon Yayıncılığı; Sayısal Pay; Mobil Yayıncılık; Mobil Haberleşme.

ABSTRACT

In the thesis study titled "Development of Digital Broadcasting Technologies and Frequency Spectrum Usage", the effect of the development in terrestrial and mobile broadcasting technologies to the 470-694 MHz which is allocated to RTÜK and 694-790 MHz that will be transferred to ICTA at the end of 2018 was mentioned.

In this study aims to introduce new developments in digital television broadcasting, digital dividend, terrestrial television broadcasting standards, mobile communication technologies and mobile broadcasting standards in order to offer the latest information for Radio and Television Supreme Council.

The effects of mobile communication technologies and mobile television broadcasting on digital terrestrial broadcasting and usage of frequency spectrum are explicated by researches and some country positions have been shared including Turkey. As a result of these examinations, recommendations have been made for 470-694 MHz and 694-790 MHz frequency bands.

Keywords: Digital Television Broadcasting; Digital Terrestrial Television Broadcasting; Digital Dividend; Mobile Broadcasting; Mobile Communication.

ÖZGEÇMİŞ

Şakir Ağırbaşlı, 30.05.1987 tarihinde Konya'da doğdu. 2002 yılında Konya Meram Anadolu Lisesini kazanmış ardından 2006 yılında Selçuk Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümüne giriş yapmıştır. 2010 yılında aynı bölümden başarıyla mezun olarak Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamış ve 2013 yılı itibariyle yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2010 –2011 yılları arasında özel sektörde çalışmış daha sonra 2 Ocak 2013 tarihi itibarıyla EÜAŞ Ankara Genel Müdürlüğüne atanmıştır.

15 Mart 2013 yılından itibaren Radyo ve Televizyon Üst Kurulu'nda Üst Kurul Uzman Yardımcısı olarak görevine devam etmektedir. Sayısal yayıncılık ve planlama konularında çok sayıda eğitim ve seminere katılmıştır. Çok iyi derecede İngilizce bilmektedir.