T.C.

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu

KARASAL SAYISAL YAYINCILIĞA GEÇİŞTE KULLANILACAK VERİCİ SİSTEMLERİNİN TEKNİK VE EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ

UZMANLIK TEZİ

Şaheste PEHLİVANLI

ANKARA

ARALIK 2010

T.C.

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu

KARASAL SAYISAL YAYINCILIĞA GEÇİŞTE KULLANILACAK VERİCİ SİSTEMLERİNİN TEKNİK VE EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ

UZMANLIK TEZİ

Şaheste PEHLİVANLI

DANIŞMAN

İzin ve Tahsisler Dairesi Başkanı Muhsin KILIÇ

ANKARA

ARALIK 2010

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Başkanlığına

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

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

ONAY

…/…/20..

Üst Kurul Başkanı

TEZ TESLİM TUTANAĞI VE DOĞRULUK BEYANI

Radyo ve Televizyon Üst Kurulu'nda görev yapan Uzman Yardımcısı olarak, Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Uzman Yardımcılığı Giriş ve Yeterlilik 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 bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplayıp sunduğumu; 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.

…/12/2010

Şaheste Pehlivanlı

Üst Kurul Uzman Yardımcısı

Uzmanlık Tezinin Adı:

Karasal sayasal yayıncılığa geçişte kullanılacak verici sistemlerinin teknik ve ekonomik yönden incelenmesi

EK: -Tez (6 adet)

Tezi Teslim Alan

Personel Dairesi Başkanı

ÖNSÖZ

Radyo ve televizyon yayıncılığında sayısal teknolojinin kullanılmaya başlanması ve daha sonra da yayına tahsis edilen frekansların ülkeler bazındaki paylaşımı ve kullanım koşullarının Cenevre 2006 antlaşması ile somutlaştırılması, sayısal yayına geçiş sürecini hem hızlandırmış hem de sağlıklı bir zemine oturtmuştur.

Bu antlaşma ile birlikte, karasal vericilerden yapılan analog TV yayınları antlaşmaya taraf olan 100'den fazla Avrupa, Asya ve Afrika'daki ülkelerde kademeli olarak sonlandırılacaktır. İlk aşamada Avrupa ülkelerinde 2015 yılından önce analog'dan sayısala dönüşüm gerçekleşecektir.

Bu çerçevede Ülkemizde de öncelikle yayıncılık sektörünü ve RTÜK'ün yapısını düzenleyen 3984 sayılı yasanın değiştirilmesi, bununla birlikte frekans planlarının yapılması süreci başlatılmıştır. Frekansların yayıncılara tahsisi ile birlikte belirli bir süre analog-sayısal yayın geçiş sürecinin yaşanması ve 2014 yılında analog yayınlara son verilerek tam alarak karasal vericilerden sayısal TV yayına geçilmesi beklenmektedir.

Yaklaşık 2 yıllık bir geçiş süreci içinde halen kullanılmakta olan 7000 dolayındaki analog TV vericilerin sayısal yayında da kullanılma imkanlarının değerlendirilmesi önemli bir konu olarak ortada durmaktadır. Bu geçiş sürecini yaşayan Avrupa ülkelerine bakıldığında, belirli gücün üzerindeki vericilerde yaş ve kalite yönünden şartları sağlayanların modifikasyon ile sayısal yayında da kullanılmaya devam edildiğini görülmektedir. Türkiye'de söz konusu durum ile ilgili kapsamlı bir araştırmanın yapılmamış olduğu görülmektedir. Bu tez ile bu eksikliğin giderilmiş olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, mevcut analog vericilerin sayısala dönüştürülmesinin teknik yönden mümkün olup olmadığı, mümkün ise hangi şartlarda ve hangi

maliyette gerçekleştirilebileceği üzerinde durulmuştur. Bir analog vericinin modifikasyonu üzerinden hareketle tüm vericilerin modifikasyonunun maliyeti çıkarılmış ve nihayet sonuç olarak bu tür modifikasyonların olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konularak genel değerlendirmeler yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Tez Değerlendirme Komisyonu Başkanlığına gerçekleştirilen bu tez çalışması ile Karasal Sayısal Yayıncılığa Geçişte Kullanılacak Verici Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden İncelenmesi hedeflenmektedir.

Bu çalışmada yaptığı değerlendirmeler ve faydalı öneri ve yorumlarından dolayı tez danışmanım İzin ve Tahsisler Dairesi Başkanı Sayın Muhsin KILIÇ'a,

Tezin çeşitli aşamalarında yardım gördüğüm Teknik Hizmetler Dairesi Başkanı Sayın Yılmaz KESMECİ'ye,

Deneyimlerini benimle paylaşan ve çalışmama yönelik katkı ve değerlendirmelerinden ötürü, TRT eski Vericiler Dairesi Başkanı Elektronik-Haberleşme Mühendisi Sayın Erkan CAN'a,

Her türlü destek ve sabrıyla, sürekli yanımda olan biricik ablama,

Çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI

ÖNSÖZ ..... **I**

TEŞEKKÜR ..... **III**

İÇİNDEKİLER ..... **IV**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **IX**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **XIV**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **XV**

GRAFİKLER LİSTESİ ..... **XVII**

GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

1.1. TELEVİZYON YAYINCILIĞININ KISA TARİHİ 6

1.2. TÜRKİYE'DE TELEVİZYON YAYINCILIĞININ DURUMU 8

1.3. DÜNYADA VE AB ÜLKELERİNDE RADYO TELEVİZYON YAYINCILIĞINDAKİ GENEL DURUM VE EĞİLİMLER 9

1.4. TÜRKİYE'DE SAYISAL YAYINA GEÇİŞ SÜRECİ 12

1.5. VERİCİLERDEN TELEVİZYON YAYINCILIĞI 13

İKİNCİ BÖLÜM

2.1. ANALOG TV YAYINCILIĞI, ANALOG VERİCİLERİN GENEL YAPISI VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ 15

2.1.1. Analog TV Yayıncılığı 15

2.1.2. Analog Vericilerin Genel Yapısı ve Özellikleri 17

2.1.2.1. Verici Tanımı 17

2.1.2.1.1. Yapıları Açısından Vericiler 18

2.1.2.1.2. Ses Girişi Açısından Vericiler 19

2.1.2.1.3. Yayın Gücü Açısından Vericiler 20

2.1.2.1.4. Yayın Frekans Bandı Açısından Vericiler 20

2.1.2.1.5. Verici Katların İşlevleri 20

2.1.2.1.5.1. Ses Modülatörü 20

2.1.2.1.5.2. Görüntü düzelticileri 21

2.1.2.1.5.3. Resim Modülatörü 23

2.1.2.1.6. Ara Frekanstaki Düzeltme ve İşlemler 24

2.1.2.1.7. Mikserler 25

2.1.2.1.8. RF Yükselteçler 25

2.1.2.1.9. Kavşaklar (Ses – Resim Birleştiricileri = Diplexer) 26

2.1.3. Alıcı-Verici Anten 27

2.1.4. Filtreler 28

2.1.5. Verici ve Aktarıcıların Çıkış Güçleri 29

2.1.6. Ülkemizde Kullanılan Analog TV Vericilerinin Genel Özellikleri ve Yapıları 30

2.1.6.1. Vericilerin Çalışma Esasları 31

2.1.6.2. Ülkemizde Kullanılan Vericilerin Genel Yapısı 32

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.1. SAYISAL TV YAYINCILIĞI, SAYISAL VERİCİLERİN GENEL YAPISI VE ÖZELLİKLERİ 34

3.1.1. Sayısal Televizyon Yayıncılığı 34

3.1.2. DVB-T'de Kullanılacak Frekanslar 37

3.1.3. DVB-T Frekans Planlaması Kriterleri 37

3.1.4. DVB-T Standardı 39

3.1.5. DVB-T2 (Karasal Sayısal TV Yayıncılığında İkinci Jenerasyon-ETSI EN 302 755) 45

3.1.6. DVB-T Yayını, Sinyal İletimi, Vericiler 47

3.1.7. Sayısal Karasal Yayında Verici İstasyonları 50

3.1.8. Yayın Alış Tarafı 51

3.1.9. MER (Modulation Error Ratio) 52

3.1.10. PA (Power Ampflifier) Üniteleri 54

3.1.11. DVB-T'de Modülasyon 55

3.1.12. Sayısal Modülasyon Yöntemleri 56

3.1.13. Tek Frekans Ağı (SFN : Single Frequency Networks) 64

3.1.14. DVB-T Aktarıcı ve Boşluk Doldurucular (Gap-Filler) 66

3.1.15. Sayısal Yayında Görüntü Formatları 67

3.1.16. Sayısal TV İşaretlerinin Çoğullanması 67

3.1.17. İletim Protokolleri 69

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.1. ANALOG VERİCİLERİN SAYISALA MODİFİKASYONU 75

4.2. ANALOG VE SAYISAL YAYINCILIKTAKİ FARKLILIKLAR.....77

4.3. ANALOG VERİCİNİN MODİFİKASYON SÜRECİ 81

4.3.1. Hem Analog Hem de Sayısal Yayına Uygun Exciter.....82

BEŞİNCİ BÖLÜM

5.1. ANALOG TV VERİCİSİNİN SAYISALA DÖNÜŞTÜRME MALİYETİ.....84

5.2. MODİFİKASYONUN ÜRETİCİ FİRMALARCA YA DA UZMANLARINCA YAPILMASI 88

5.3. GARANTİ.....88

5.4. MARKALAR BAZINDA DEĞERLENDİRME YAPILMASI.....89

5.5. TOPYEKÜN ÜLKE EKONOMİSİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRME ...89

5.5.1. 200W ve Aşağı Güçteki Bir Analog Vericinin Modifikasyon Maliyeti 93

SONUÇ VE ÖNERİLER.....98

KAYNAKÇA 103

EKLER 107

EK 1: FİRMALARA SORULAR 107
EK 2: FİRMALARA SORULAR (İNGİLİZCE) 111
EK 3: FİRMALARDAN CEVAPLAR 114
EK 4: YAYINCI KURULUŞLARA SORULAR.....116

EK 5: YAYINCI KURULUŞLARDAN CEVAPLAR 118

TÜRKÇE ÖZET 119

İNGİLİZCE ÖZET.....120

ÖZGEÇMİŞ.....121

SİMGELER VE KISALTMALAR

µs	mikrosaniye
€	Euro,Avrupa para birimi
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADC/DAC	Analogue to Digital Converter/Digital to Analogue Converter
AF	Audio Frequency
AM	Amplitude Modulation
API	Application Programming Interface
ASI	Asynchronous Serial Interface
ATSC	Advanced Television Systems Committee
AVC	Advanced Video Coding
BBC	British Broadcasting Corparation
CAT	Conditional Access Table
CATV	Cable TV
CCIR	Consultative Committee on International Radio
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
DAB	Digital Audio Broadcasting
dB	Desibel
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSL	Digital Subscriber Line
DTV	Direct to Video

DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting-Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting-Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcasting-Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial
DVD	Digital Versatile Disc
EBU	European Broadcasting Union
ECM	Entitlement Control Messages
EMM	Entitlement Management Messages
ETSI	European Telecommunications and Standards Institute
FFT	Fast Fourier Transform
FM	Frequency Modulation
GE'06	Cenevre 2006 antlaşması
GHz	Gigahertz (10^9 Hertz)
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile
HD	High Definition
HDTV	High Definition TV
HP	High Priority
HPA	High Power Amplifier
HYK	Haberleşme Yüksek Kurulu
IEC	International Electrotechnical Commission
IF	Intermediate Frequency
IMD	Intermodulation Distortion
IP	Internet Protocol

IRD	Integrated Receiver Decoder
IRT	Institut für Rundfunktechnik
ISDB-T	Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
ITU/R	International Telecommunication Union Radiocommunication Sector
Kbps	Kilo bits per second
kHz	Kilo Hertz (10^3 Hertz)
kW	Kilo Watt (10^3 Watt)
LAN	Local Area Network
LCD	Liquide Crystal Display
LDMOS	Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor
LP	Low Priority
Mb/s	Megabit (10^6 bit) / saniye
Mbps	Mega bit per second (10^6 Bit)
MER	Modulation Error Ratio
MFN	Multi Frequency Network
MHz	Mega Hertz (10^6 Hertz)
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
MPEG-2	Motion Picture Expert Group Version 2
ms	milisaniye
MUSICAM	Masking Pattern Adopted Universal Subband Integrated Coding and Multiplexing
NTSC	National Television Systems Committee

OFDM	Ortogonal Frequency Division Multiplexing
OSD	On Screen Display
PA	Power Amplifier
PAL	Phase Alternate Line
PAR	Pick to Average Ratio
PAT	Program Association Table
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
PCR	Program Clock Reference
PES	Packetized Elementary Stream
PID	Packet Identification Data
PMT	Program Map Table
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RF	Radio Frequency
RMS	Root Mean Square
RRC	Regional Radiocommunications Conference
RTÜK	Radyo ve Televizyon Üst Kurulu
S/N	Signal to Noise Ratio
SAW	Surface Acoustic Wave
SD	Standard Definition
SDTV	Standard Definition TV
SFN	Single Frequency Network
STB	Set-Top-Box
T-DAB	Terrestrial Digital Audio Broadcasting

TK	Telekomünikasyon Kurumu
TPS	Transmission Parameter Signalling
TRT	Türkiye Radyo ve Televizyon Kurumu
TS	Transport Stream
TSE	Türk Standardları Enstitüsü
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TV	Televizyon
UHF	Ultra High Frequency
VF	Video Frequency
VHF	Very High Frequency
VSB	Vestigal Side Band
W	Watt
WLAN	Wireless Local Area Network

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Avrupa Yayın Bölgesi Yayıncılık Frekans Bandları 16
Tablo 2: DVB-T parametreleri 39
Tablo 3: Parametrelere Göre Veri Oranları (Mb/s) 42
Tablo 4: DVB-T'de 8 MHz'lik bir bant içindeki modülasyon ve mod'lara göre akış hızları 46
Tablo 5: DVB-T2 COFDM parametreleri 46
Tablo 6: DVB-T2'de 8 MHz'lik bir bant içindeki akış hızları 47
Tablo 7: Mod'ların teknik kriterleri 61
Tablo 8: Kanal bant genişliklerine göre mod'lar bazında parametreler 63
Tablo 9 : "8k" ve "2k" modlarında kanal bant genişliğine göre vericiler arasındaki en uzak mesafeler 65
Tablo 10: Sayısal görüntü formatları 67
Tablo 11: Avrupa'daki DVB-T'ye dönüşüm durumu ve sistem tercihleri.....75
Tablo 12: Analog vericilerde tepe güç/ortalama (PAR: Pick to Average) güç oranları 78
Tablo 13: DTV sisteminde PAR değerleri 78
Tablo 14: Güçlerine göre verici fiyatları.....86
Tablo 15: İhale sonrası, güçlerine göre tahmini verici fiyatları.....87
Tablo 16: Analog vericilerin sayısala dönüşümünün birim ve toplam bazdaki maliyetleri.....95

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Pasif aktarıcı (yansıtıcı) sistemi.....17
Şekil 2: Ses ve resmin ayrı ve ortak kuvvetlendirildiği sistemlerin yapısı 18
Şekil 3: Bileşik video sinyali ve işaretle modüle edilmiş taşıyıcı. 23
Şekil 4: Artık Yan bant (Vestigal Sideband) Süzgeci ve taşıyıcı seviyeleri. ...24
Şekil 5: Diplexerin prensip şeması 26
Şekil 6: RF sinyal yapısı. 30
Şekil 7: Genel DVB-T şeması 40
Şekil 8: DVB-T Transmisyon çerçevesi 41
Şekil 9: TRT DVB-T deneme yayını genel şeması 43
Şekil 10: İstanbul'daki DVB-T vericisinin (TRT) sinyal seviyesi bakımdan kapsama alanı.....45
Şekil 11: Genel bir DVB-T (T2) şebeke planlama yapısı 48
Şekil 12: Uydu üzerinden vericilere program nakline ait şebeke planlaması.49
Şekil 13: Programların karasal sistemler üzerinden verici istasyonlarına iletilmesi 49
Şekil 14: Programların geniş bant altyapı üzerinden vericilere nakli durumundaki şebeke yapısı 50
Şekil 15: Set Üstü Kutu kullanılarak yayınların alınması 51
Şekil 16: Set Üstü Kutu Cihazı (Set Top Box) blok şeması 52
Şekil 17: DVB-T sinyalinin şebekede monitör edilmesi 53
Şekil 18: QAM Modülasyonun yapılışı 58
Şekil 19: QAM Modülasyonun işaretinin zamanla değişimi 58
Şekil 20: 16 ve 64 QAM Modülasyonun çıkış vektörleri 58
Şekil 21: PSK modülasyonda çıkış vektörleri QPSK modüleli işaretin değişimi.....59
Şekil 22: COFDM Modülasyonunun blok şeması 62
Şekil 23: COFDM Modülasyonunun zaman ve frekans uzayında görünüşü .63

Şekil 24: Sayısal TV işaretlerinin paketlenerek yayınlanması 68
Şekil 25: MPEG sayısal TV yayınında hiyerarşik katmanlar 69
Şekil 26: MPEG-2 yayın paketleri dizisi ve bir taşıma paketinin yapısı 71
Şekil 27: Sayısal TV sinyallerinin çoğullanarak program paketi haline getirilmesi 72
Şekil 28: Çoğullanmış sayısal TV sinyallerinin ayrıştırılması 74
Şekil 29: Resim/Ses'in ayrı anfi edildiği bir vericinin temel blok şeması.....80
Şekil 30: Resim/Ses'in ortak anfi edildiği bir vericinin temel blok şeması.....80
Şekil 31: Ses/resmin ayrı anfili vericinin modifikasyonu durumunda değiştirilecek birimler.....81
Şekil 32: Ses/resim ortak anfili vericinin modifikasyonu durumunda değiştirilecek birimler.....82
Şekil 33: Analog verici blok şeması.....83
Şekil 34: DVB-T(T2) verici blok şeması 83

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Özel yayıncı kuruluşların TV vericilerinin frekans kanallarına göre dağılımı. 90
Grafik 2: Özel yayıncı kuruluş vericilerinin güçlerine göre tasnifi. 90
Grafik 3: TRT vericilerinin frekans kanallarına göre dağılımı. 91
Grafik 4: TRT vericilerinin güçlerine göre tasnifi.....92
Grafik 5: TRT ve özel yayıncı kuruluşların vericilerinin güçlerine göre tasnifi93

GİRİŞ

Ülkemizde, özel kanalların yayına başlamasından çok önce, 1968 yılında TRT tarafından karasal vericilerden ilk TV yayını gerçekleştirilmiştir. Bu yayın öncesinde İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından deneme ve araştırma niteliğinde, havaya sinyaller yayılmışsa da bu TV yayıncılığı anlamına gelmemekle beraber, ilk TV vericisinin Ülkemizde hayata geçirilmesi bakımından önemlidir.

TRT'nin 1968 yılında başlattığı düzenli TV yayınları, ilk önce Ankara ve İstanbul illeri için ve haftanın belli günlerinde sınırlı saatlerde yapılmış, daha sonra da diğer illere kurulan vericilerden Ankara'dan gönderilen kayıtlı materyallerin okutturulması suretiyle posta yayınları şeklinde devam etmiştir. 1970'li yıllarda TRT'nin verici sayıları hızla artmış, 1980'li yıllarda tek TV kanalından çok kanallı sistemlere ve renkli yayına geçilmiştir. 1990'lı yıllar ise, TRT'nin kanal ve verici ağını genişletmesi yanında, özel yayın kuruluşlarının da, yasal ve anayasal zemini olmamasına rağmen, yayınlarına başlamasına tanıklık etmiştir. 1993 Yılında Anayasanın 133. maddesinde yapılan düzenleme ve 1994 yılında RTÜK'ün kurulması ile bu boşluk doldurulmuş, ancak aradan geçen 15 yıldan fazla bir zamana rağmen özel yayın kuruluşlarının lisanslandırılamaması önemli bir eksiklik olarak ortada bulunmaktadır.

Vericiler; uydudan gerçekleştirilen yayınların izleyicilerin çanak anten sistemleri ile doğrudan izleme imkanının yaygınlaşmaya başladığı 1990'lı yıllara gelinceye kadar, yayın izlemenin tek yolu olmuştur.

Genel anlamda TV vericileri, sinyal alma ve güçlerine göre çeşitli isimlerle adlandırılırlar. Sinyali çanak anten sistemleri ile uydudan alarak belirlenen bir kanaldan yayınlayan cihazlara "verici", başka bir verici ya da aktarıcıdan yayın alıp farklı bir kanaldan yayınlayan cihazlara da "aktarıcı" adı verilmektedir. Aktarıcıların sayısı oldukça azalmış olup, sınırlı sayıda

TRT'de kullanılmaktadır. Bu aktarıcılar da, uydu alış sistemlerinin özellikle yoğun kar yağışı alan bölgelerde kış aylarında sağlıklı çalıştırılamamasından dolayı, tercih edilmektedir.

Uydudan yayın izleme oranının hızla artmasından dolayı, karasal vericilerden yayın alma oranı gün geçtikçe azalmıştır. Özellikle kırsal kesimlerde karasal vericilerden yayınlanan kanal sayısının az olması, hatta bazı yerlerde sadece TRT'nin bir-iki kanalı ile sınırlı olmasından dolayı, yayınları uydudan izlemek neredeyse yüzde yüzler seviyesine ulaşmıştır. Bunda ayrıca uydudan yayın alan çanak anten sistemlerinin fiyatlarının çok ucuzlaması, cihazların kolayca bulunabilir olmasının da etkili olduğu kuşkusuzdur.

Dolayısıyla karasal vericilerden, özellikle kırsal kesimden başlanarak, yayın izleme oranının azalması, başta TRT olmak üzere, yayıncıların vericilerini kapatmaya ve verici ağını küçültmeye yöneltmiştir. Yüksek maliyetli ve özel TV kanallarına ait vericilerle farklı yerde ya da farklı yönde bulunan yüksek dağ tepelerindeki verici istasyonlarındaki TV vericilerinin de hem izleyicilerin antenlerini daha çok kanal alabildikleri özel kanalların bulunduğu yöne çevirmeleri hem de çanak anten yaygınlığından dolayı, TRT'ce kapatılmaya başlanması ile birlikte de sadece küçük güçlü vericilerde değil, aynı zamanda yüksek güçlü vericilerde de sayıca önemli azalmalar söz konusu olmaktadır.

Karasal yayın amacıyla analog TV vericilerin sayısının azalmasının bir nedeni de "Karasal Vericilerden Sayısal Yayın" sürecidir. 2003 Yılında TRT tarafından ilk defa Ülkemizde DVB-T deneme yayınları yapılmaya başlanmış ve halen de bu deneme yayınları sürdürülmektedir. 2005 ve 2006 Yıllarında Haberleşme Yüksek Kurulu tarafından sayısal TV yayıncılığı ile ilgili önemli kararlar alındığı, bu kapsamda TRT-özel yayın kuruluşları işbirliği ile deneme yayınlarına hız verildiğini görüyoruz. Yine 2006 yılında Avrupa Bölgesel Radyokomünikasyon Frekans Planlama toplantısı yapılmış ve bu toplantıların sonucu olarak katılan tüm ülkeleri bağlayıcı nitelikte sayısal yayına geçiş süreci teknik yönden kriterlere bağlanmış, ayrıca analog yayından sayısal

yayına geçiş de bir takvime bağlanmıştır. Bu antlaşmalara bakıldığında; karasal vericilerden radyo ve TV yayınlarına dair kullanılacak frekanslar ile analog yayından sayısal yayına geçiş sürecinin, tarihinin, komşu ülkelerle koordinasyonun, ilgili tüm teknik kriterlerin belirlendiği görülmektedir.Söz konusu antlaşmalar kısaca GE'06(Cenevre 2006) antlaşması olarak adlandırılmaktadır. Elektronik Haberleşme Kanunu ile Ülkemizde Frekans Planlama görevinin yeniden RTÜK'e verilmesi karasal vericilerden sayısal yayında kullanılan modülasyon tekniklerinde daha ileri bir yapının uygulama imkanının (DVB-T2) ortaya çıkması ve daha bir çok sebeple Ülkemizde halen karasal ortamdan sayısal yayınlara kısmen ya da bütünüyle geçilmiş değildir.

Sayısal yayınların avantajlarına bakıldığında, bu sisteme Ülkemiz açısından olan ihtiyaç, Avrupa Ülkelerinden de önce gelmektedir. Yayıncı sayısının çok fazla olması, buna bağlı olarak verici sayılarının artması ve vericilerin tam bir planlamaya bağlanmadan gelişigüzel konuşlandırılması, güçlerinin de keza planlamalara uygun olmaması, beraberinde bir çok sorunu da getirmiştir. Bu düzensiz yapı, yerleşim birimlerine hakim tepelerin birer direk tarlasına dönüşmesine yol açmış, aynı zamanda yerleşim birimlerine yakın olan bu emisyon noktalarının da zaman zaman yaydıkları radyasyon nedeniyle insan sağlığını tehdit eder seviyeye ulaşmıştır. Yayıncı sayısının çok olması, frekans spektrumunun yoğun kullanılmasına, hatta yetmemesi nedeniyle yayınların birbirlerini bozar hale gelmesine yol açmıştır. Topyekün bakıldığında, frekans kirliliğinin yaşanması, verici ve yayıncı sayılarındaki anormal artışlar nedeniyle, Ülkemizde bir an evvel sayısal yayına geçilerek hem verici sayısının azaltılması, hem de plana dayalı sağlıklı bir yayın ortamına geçilmesi elzemdir.

Bu kapsamda RTÜK tarafından başlatılan frekans planlama çalışmalarının yapılması, RTÜK yasasının özellikle sayısal yayını ve düzenlemelerini kolaylaştıracak şekilde tadil edilmesi gündemde olup, bu çalışmaların uyumlu bir şekilde yürütülmekte olduğu görülmektedir.

Gerek kamu gerekse de özel kesimde sahip olunan analog TV vericilerinin ekonomik değer anlamında sayısal yayında da kullanılma imkanlarının değerlendirilmesi, en azından bu imkanların ciddiyetle araştırılıp incelenmesi çok önemlidir. Analog yayından sayısal yayına geçiş sürecinin zaman bakımından kısa/orta/uzun ve ülke çapında aynı anda ya da il-il, bölge-bölge, kademeli olarak yapılıp yapılmayacağı da yine sahip olunan analog vericilerin sayısalda da değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Geçiş süreci ne kadar kısa olursa, mevcut analog vericilerin yıpranmaları o kadar az olacak ve sayısal da değerlendirilme imkanları da o oranda artacaktır.

Bu tezde, en temel anlamda bir analog TV vericisinin DVB-T (T2) standartlarında olmak üzere, sayısala modifikasyonun; olabilirliği, maliyeti, teknik kriterlere uyumluluğu yanında bunlara bağlı diğer yönlerden değerlendirilmesinden başlanarak en genel anlamda topyekün tüm analog vericilerin sayısala modifikasyon imkanları, maliyetleri ile bunun ülke ekonomisine katkıları/etkileri değerlendirilmektedir.

Bu çalışma, Ülkemizin TV yayıncılığında analog yayından sayısal yayına geçişte ele alınması gereken en önemli konulardan birisi ele alınarak değerlendirilmiştir. Sayıları binlerce ve güçleri 1 Watt'tan 20000 Watt'a kadar değişen, yaşları da 1 ile 30 arasında değişen birlerce vericinin sayısal yayında tekrar kullanılma imkanının incelenmesi, Ülkemiz yayıncılığına katkı sağlayacak en önemli konulardan birisidir. Bu amaçla, çalışmada öncelikle analog TV yayıncılığı ve analog TV vericisi anlatılmış sonra da DVB-T sistemi ve bu yayını gerçekleştirecek olan DVB-T vericileri tarif edildikten sonra, analog bir TV vericisinin sayısala hangi aşamalarda ve maliyetlerle modifiye edilebileceği incelenmiştir. Daha sonra da bir verici bakımından yapılan inceleme tüm vericiler açısından topyekün bir incelemeye dönüştürülmüştür. En sonunda da, bu dönüşümle ilgili çeşitli sonuçlar çıkarılmıştır.

Şüphesiz ki, bir vericinin sayısala dönüştürülmesini, en iyi bir şekilde bu vericinin üreticisi, vericinin son durumunu tetkik ederek yapabilir. Ancak, bu tez konusu ile ilgili incelemede, genel anlamda bir analog vericinin iyi

durumda olduğu varsayılarak ve yerinde herhangi bir fiili incelemede bulunmadan dönüşüm çalışması anlatılmıştır.

Ülkemizde halen yayıncılıkta kullanılan çok farklı marka ve modelde vericiler mevcuttur. Sayıları 20'nin üzerindeki markalara bakıldığında, bazılarının üreticilerinin artık bu işle iştigal etmediği görülmektedir. Bazı vericilerin de firmaların özel dizaynı olduğu, genel dizaynlardan farklı olduğu, bu özel yapılar nedeniyle vericinin dönüşümü için öncelikle vericinin iyi bir analizinin yapılması gerektigi görülmektedir. Bu nedenle, bu kadar çok farklı markadaki vericinin kendi üretimleri olmasa bile başka firmalarca topyekün dönüşümlerinin yapılması ya da yaptırılması konusunda mevcut firmalarla bir dizi görüşme yapılması, örnek birer vericinin dönüşümünün yapılması/yaptırılması ve sonra ortak testlerinin, kararlılıklarının incelenmesi yararlı olacaktır.

Sayısal yayın, bilindiği gibi, hassas bir yapıya sahiptir. Sinyalin gücü yanında kalitesinin de ölçülebilir kriterler çerçevesinde belirli sınırlar dahilinde tutulması durumunda ancak yayın izlenebilir. Analog yayında sinyaldeki bozulmalara rağmen, kötü de olsa, yayın bir şekilde izlenebilirken, sayısal yayında istenen kriterleri sağlamayan sinyal, cihazlar tarafından çözülemez ve dolayısıyla da yayın izlenemez.

Bu nedenle, bir analog vericinin sayısala dönüştürülmesinden sonra, güç yükselteçlerinden başlanarak, vericinin yaydığı sinyal üzerinde olumsuz etkisi olabilecek tüm unsurların ciddi bir şekilde değerlendirilmesi ve uzun süre kararlılıklarının test edilmesi gerekir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1.1. TELEVİZYON YAYINCILIĞININ KISA TARİHİ

Televizyon yayıncılığı; Alman mucit Paul Gottlieb Nipkow tarafından 1884 yılında, resimlerin teller üzerinden nakli için döner-disk tekniği geliştirmesiyle, teknik olarak başlamış oldu. Televizyon tekniğinin ilk yıllarında yoğun bir ilgiyle karşılanan bu gelişme, mekanik sistem olması nedeniyle, ilerleyen yıllarda daha fazla gelişme şansı bulamadı. Elektronik televizyon tekniği, Amerikalı mühendis Philo T. Farnsworth tarafından geliştirilen görüntü tekniği ile 1927 yılında başlamış oldu. 1928 yılında Ernst Alexanderson ve Joan Baird tarafından nesnelerin görüntülerinin elektriksel olarak iletilebileceği gösterildi. 1930 yılında Philo T. Farnnsworth ve Viladimir K.Zworykin tarafından izlenmesi daha kolay bir televizyonun geliştirilmesiyle ilk televizyon kamerasının yapılmasına yol açacak nitelikte bir yöntem bulundu.

1933 yılında Edwin Armstrong tarafından FM (Frequency Modulation-Frekans Modülasyonu) tekniği geliştirildi. 1939-1945 yılları arasında Amerika'da ticari televizyon yayıncılığının yoğunluk kazanmaya başladığı sıralarda, II. Dünya savaşı nedeniyle televizyon konusundaki deneysel çalışmalarda hissedilir bir yavaşlama görüldü. Bu dönemde savaş haberlerinin radyodan dikkatle izlenmesi nedeniyle radyo yayıncılığında hızlı bir gelişme yaşandı[1].

1935 yılında ilk resmi ve düzenli televizyon yayınlarına Berlin'de başlanmış, ilk ticari televizyon programlarına ise, BBC tarafından İngiltere'de 1936 yılında başlanmıştır. Olimpiyat oyunlarının ilk defa yayınlanması da yine 1936 yılında Almanya'da gerçekleştirilmiştir. 1938 yılında Alman Werner

[1] Communication Certification Laboratory (CCL), http://www.cclab.com/ (09.09.2010)

Flechsig tarafından renkli televizyon tüpü geliştirildi. İlk renkli televizyon yayını 1941 yılında Amerika'da test edildikten sonra, düşük kaliteli olarak renkli televizyon yayınları 1953 yılında Amerika'da başlamış oldu. 1960'lı yıllarda alıcı imalatı için yarı iletken teknolojisi ile transistörlerin kullanılmasıyla radyo ve televizyonların boyutları oldukça küçülmeye başlamıştır. 1980 yılında; kablo ortamından televizyon yayınlarına başlanarak, ev kullanımına uygun görüntü kayıt cihazları geliştirildi. Aynı yıllarda iyice yaygınlaşmaya başlayan kişisel bilgisayarlar insanların TV ve radyodan daha fazla vakitlerini almaya başlarken, Almanya'da sayısal yayıncılık üzerine ilk çalışmalar başlatıldı.

1981 Yılına kadar Alman "Institut für Rundfunktechnik (IRT)" 'in bir araştırma projesi olan DAB, 1985 yılında yapılan tanıtımlarla duyulmuş ve bir yıl sonra da Avrupa Birliği'nin bir araştırma projesi (EUREKA-147 numaralı proje) halini almıştır. İlk DAB test yayını Almanya ve Fransa'da yapıldı. 1994 yılında ITU tarafından Eureka-147 standart olarak kabul edildi. Bu projenin ilk ürünü COFDM modülasyon tekniği, ilk olarak T-DAB olarak adlandırılan karasal vericilerden sayısal radyo yayınında kullanılmaya başlandı. Daha sonra da bu modülasyon tekniğinin yine sayısal karasal TV yayıncılığında da kullanılabileceği görüldüğünden, DVB-T yayınının da temelini oluşturmuştur[2].

DVB-T, Avrupa'da bir çok ülkede düzenli yayınlar olarak sürdürülmekte ve bütün Avrupa ülkelerinin önümüzdeki birkaç yıl içinde tümüyle analog TV yayınlarını sonlandırması beklenmektedir. Karasal vericilerden yapılan yayınların kullandığı frekans bandının çok geniş olması ve bu kapasitenin TV yayıncılığı dışında mobil haberleşme sistemleri için de en uygun frekans bandında olmasından dolayı, uzun yıllardır devam eden baskılar sonuç vermiş ve UHF bandının bir kısmı, yaklaşık 100 MHz'lik bölümü, yakın gelecekte kullanılmak üzere mobil haberleşme hizmetlerine tahsis edilmiştir. TV yayıncılığına tahsis edilen kapasitenin azalmasına

[2] Harvard University, A Chronology of Communication Events http://people.seas.harvard.edu/~jones/history/comm_chron2.html(10.07.2010).

rağmen, aynı kapasiteden çok sayıda TV kanalı yayın imkanı DVB-T ile sağlanmışken, bunu daha da artırma imkanı getiren, daha ileri modülasyon tekniği olan DVB-T2 de standartlaşmış ve yakın zamanda uygulama alanı bulması beklenmektedir.

1.2. TÜRKİYE'DE TELEVİZYON YAYINCILIĞININ DURUMU

1964 Yılında kurulan Türkiye Radyo-Televizyon Kurumu, radyo yayınlarını gerçekleştirmekte olan vericileri Basın-Yayın ve Turizm Genel Müdürlüğü'nden devralmış ve daha sonra da 1968 yılında Ankara'da 600W gücünde bir verici ile Ülkemizde ilk TV yayınlarını başlatmıştır. Alman Hükümetinin teknik desteği ile özellikle stüdyo donanımları kurulmuş ve siyah/beyaz yayın yapılmaya başlanmıştır. Avrupa'dan epeyce bir zaman sonra başlayan bu yayınlar önceleri haftada 3 gün olarak, 1971 yılından itibaren ise 4 gün olarak gerçekleştirilmiştir. Ankara'dan yapılan yayınlar, 1972 yılından itibaren linkler vasıtasıyla 1971 yılına kadar eğitim amaçlı yayın yapan İTÜ'nün 50W gücündeki vericisine taşınarak, İstanbul iline yayın yapılmaya başlanmıştır. Yayın süresi 1974 yılından itibaren haftada 7 güne çıkarılarak, verici ve aktarıcı sayıları hızla artırılıp kapsama alanı genişletilmiş, 1982 yılında renkli yayına başlanması kararı alındıktan sonra, 1984 yılından itibaren tamamen renkli yayına geçilmiştir. Yayınların kapsama alanı 1987 yılı sonunda Ülke nüfusunun %91'ine ulaşmıştır.

1970'li yıllardan itibaren ivme kazanan yayıncılık sektörü, renkli TV yayıncılığının yaygınlaşması ve radyoda da FM modülasyonlu vericilerin kurulmasıyla birlikte daha kaliteli, renkli, görsel içeriği yüksek yayıncılık halini almıştır. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise sektördeki teknolojik gelişmeler, takip edilmesi güç bir hal almıştır. Özellikle ülkemizde, özel radyo ve TV yayıncı sayısındaki patlama, bugün için yüzlerle ifade edilen TV yayıncı sayısını ve

binlerle ifade edilen radyo yayıncı sayısını ortaya çıkarmıştır. Böylece 1990'lı yıllardan sonra radyo-TV yayıncılığı önemli bir sektör halini almıştır[3].

Avrupa'da da, kamu yayıncıları ve özel yayıncılar yayın hayatlarını birlikte sürdürmektedir. Ancak, Avrupa'daki yayıncılar oldukça sınırlı sayıda ve lisanslı olarak yayın yaptıklarından, altyapılarını hazırladıktan sonra özel yayın yapmalarına izin verilmesinden dolayı ülkemizdeki fiili durum sorunları bu ülkelerde yaşanmamaktadır. Ülkemizde özel yayınlara; yasada yeri olmamasına rağmen, 1990 yılından itibaren fiili bir durum olarak başlandıktan ancak 4 yıl sonra yasal düzenleme getirilmiştir. 3984 sayılı Radyo ve Televizyonların Kuruluş ve Yayınları Hakkındaki Kanun ile kurulan RTÜK tarafından frekans ihaleleri ile yayıncılara lisans verilmesi aradan geçen uzunca bir süreye rağmen gerçekleştirilememiştir.

1.3. DÜNYADA VE AB ÜLKELERİNDE RADYO TELEVİZYON YAYINCILIĞINDAKİ GENEL DURUM VE EĞİLİMLER

Radyo ve televizyon yayınları, yayıncılığın ilk yıllarından itibaren, kitle iletişim araçları arasında, kendine özgü nitelikleri nedeniyle özel bir konuma sahip olmuştur. Ses ve görüntü sinyallerinin taşındığı frekans spektrumunun sınırlı bir kaynak olması ve özellikle televizyonun toplumu etkilemede diğer kitle iletişim araçlarından daha güçlü bir araç olması, bu kaynak ve araçların kamu yararı için kullanılmasını gerekli kılmıştır. Bu nedenle de bir kamu hizmeti olarak kabul edilen yayıncılık, tüm Avrupa ülkelerinde, tekel konumunda olan ve genellikle kamu hukukuna, bazen de özel hukuk kurallarına göre kurulmuş şirketler tarafından başlatılmıştır. Devletin yayın ayrıcalığı tanıdığı bu şirketlerin faaliyetleri çeşitli derecelerde özel yasalar ile düzenlenmiş olduğundan, şirketlerin kamusal veya özel nitelik taşımaları pek önemli olmamıştır.

[3] T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı-Haberleşme Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ocak 2000, http://www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3165/oik581.pdf (15.08.2010).

Özellikle 1950 yılında imzalanan Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ve Sözleşme'nin 10.maddesinde yer alan ifade özgürlüğü, radyo ve televizyon yayınlarının çoğulcu bir yapıya taşınmasında en önemli etken olmuştur. Her ne kadar, sözleşme, "bu madde hükmünün" radyo ve televizyon yayıncılığının, izin sistemine bağlanmasına engel olmadığı hükmüne yer vermiş ise de ifade özgürlüğünün en etkin kullanım alanı, radyo ve televizyon yayınları olmuştur. İfade özgürlüğünün sağlanması, televizyonun kitle iletişim aracı olarak yaygınlaşması ile buluşunca, 1950'li yılların ortalarından itibaren bazı Avrupa ülkelerinde, birden fazla kamu ya da özel kuruluşlara yayın izni verilmeye başlanmıştır. Ancak, bu kuruluşların tamamı, kamusal kaynaklarla finanse edilen ve devlet idaresinin yetki alanı içindeki yayın kuruluşları olmuştur. Çeşitlilik sadece İngiltere'de ITV[4] şirketinin kuruluşunda amaçlanmıştır. Diğer ülkelerde bir ikinci yayın kuruluşunun ortaya çıkışı, Almanya örneğinde olduğu gibi, ya ülkenin federal yapısından, ya da Belçika örneğinde olduğu gibi etnik ve kültürel farklılıktan kaynaklanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise, radyo ve televizyon yayıncılığı, başlangıcından itibaren, Avrupa'dan farklı olarak, ticari bir faaliyet olarak görülmüştür. Amerikan radyo ve televizyon yayıncılığının belkemiğini yerel istasyonlar oluşturmaktadır. Ancak ülke çapındaki radyo televizyon şebekeleri, ticari şirketlerin elindedir. Bu şirketler bazı yerel istasyonlara sahiptiler ve aynı zamanda diğerleri ile de kendi programlarının yayınlanması için anlaşmışlardır. 1999 yılı itibariyle ABD'deki toplam 1558 televizyon istasyonunun 1216 tanesi ticari televizyon şirketlerine aittir[5]. Dolayısıyla Amerika Birleşik Devletlerinde kamusal kaynaklarla finanse edilen yayın kuruluşlarının sektördeki faaliyeti sektörün kar amaçlı yayın kuruluşlarınca yönlendirilmesini etkileyecek bir boyuta ulaşamamıştır.

---

4 ITV: 15 adet bölgesel lisansa sahip olan İngiltere'nin en büyük ticari televizyon ağıdır.

5 Federal Commucation Commission (FCC), http://www.fcc.gov/ (09.09.2010).

Radyo ve televizyon yayıncılığı endüstrisinde tüm dünyada yaşanan değişim, ilk önce 1980'li yılların ortalarından itibaren yeni yayın teknolojisi olarak uydudan ve kablodan yapılabilen analog radyo ve televizyon yayınları ile görülmeye başlanmıştır. Radyo ve televizyon yayıncılığında, özellikle uydu yayıncılığı göz önüne alındığında, ulusal sınırlar ortadan kalkmış ve medyanın ülke sınırlarını taşan sorunları ortaya çıkmıştır. Daha da önemlisi, uydu ve kablo dağıtım teknolojisindeki gelişmeler ve yeni dağıtım yöntemleri (şifreli yayın gibi) yayıncılığın ekonomik temelini değiştirmiştir. Daha önce tamamen "kamusal mal" olma özeliklerine sahip olan radyo ve televizyon yayınları artık piyasada alınıp satılabilen bir "özel mal" a dönüşmüştür.

Ancak devrimsel nitelikteki asıl değişim, 1990 yılından itibaren, radyo ve televizyon yayın teknolojisinin, sayısal teknoloji ve telekomünikasyon teknolojisi ile yakınsaması sonucunda gerçekleşmiştir. Görsel-işitsel içeriklerin üretiminde 1990'ların başında kullanılmaya başlanan sayısal teknolojinin günümüz radyo ve televizyon yayıncılığındaki en önemli etkisi, hiç kuşkusuz, bu içeriklerin taşındığı ve sınırlı kaynak olan frekans kapasitesinin etkin kullanılarak artırılmasında görülmüştür.

Sayısal uydu ve sayısal kablo yayınları, 1996 yılından itibaren Avrupa Birliği üye devletlerinin radyo ve televizyon yayıncılığı piyasalarında hızla yaygınlaşmış ve 1999 yılı itibariyle, Avrupa ülkelerindeki mevcut analog uydu yayınlarının tamamı sayısal sisteme dönüştürülmüştür. Aynı yıl, 15 Avrupa ülkesindeki yaklaşık 50 milyon kablo, sayısal yayın yapabilecek duruma getirilmiştir. Karasal sayısal yayıncılık pazarı, bu iki dağıtım sistemine göre daha yavaş bir gelişme göstermektedir. İngiltere'de, 1998 yılında başlayan karasal sayısal yayın, Avrupa'da gerçekleştirilen ilk karasal sayısal yayın olmuştur. Özetlenecek olursa, radyo ve televizyon yayıncılığı endüstrisindeki gelişim, birbiri içine geçmiş üç ayrı aşamada gerçekleşmektedir.

Analog teknoloji, sayısal teknoloji ve nihayet bilgi teknolojileri veya yazılım teknolojisi olarak adlandırılan bu üç ayrı aşama, günümüzde Ülkemiz de dâhil pek çok Avrupa ülkesinde farklı seviyelerde, aynı anda

yaşanmaktadır. Çok kanallı sayısal radyo ve televizyon yayınlarının yer aldığı ikinci aşama doğal olarak analog yayınların yer aldığı birinci aşamanın yerini alacak ve sonuç olarak analog yayınlar sonlandırılacaktır.

Ancak ikinci aşama ile üçüncü aşama çok daha farklı bir ilişki içerisinde devam edecektir. Bu iki aşama arasındaki geçişin ne zaman başlayıp ne zaman sonuçlanacağını doğru olarak tahmin etmek ise mümkün değildir.

1.4. TÜRKİYE'DE SAYISAL YAYINA GEÇİŞ SÜRECİ

Ülkemizde analog yayıncılıktan sayısal yayına geçişle ilgili olarak idari, mali, teknik hususların değerlendirildiği bir çalışmanın yapılması 1998 yılında Başbakanlık talimatına bağlanmıştır.

Bu talimata uygun olarak Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Başkanlığı koordinatörlüğünde ilgili kamu kurum ve kuruluşundan temsilcilerin iştiraki ile oluşturulan komisyonca yapılan çalışmalar sonucu, kısaca "Konsept Dokümanı" olarak adlandırılan rapor hazırlanmıştır. Söz konusu rapor 2002 yılında onay için Haberleşme Yüksek Kuruluna (HYK) sunulmak üzere sekretaryası olan Haberleşme Genel Müdürlüğüne gönderilmiş, ancak HYK'nun kaldırıldığı 2008 yılına kadar onaylanmamıştır. Bu rapor sayısal yayıncılığı (Sayısal radyo ve TV yayıncılığı) teknik olarak tarif etmek dışında Ülkemizin dönüşüm için yaşayacağı süreci (Eylem Planı), maliyeti ve sosyal etkileri de içermektedir.

Rapordaki sayısal yayına geçiş sürecinden deneme yayınları ve düzenli yayınlara geçiş bölümü daha sonra 29 Mart ve 7 Ekim 2005 tarihli Haberleşme Yüksek Kurulu toplantılarında belirlenmiş ve karar altına alınmıştır. Buna göre, 2006 yılında Ankara, İstanbul ve İzmir illerinde deneme yayınları yapıldıktan sonra düzenli yayınlara, özel kanalların da katılımı ile geçilecek ve 2014 yılında da Ülkemizde vericilerden analog TV yayınlarına son verilecektir. Haberleşme Yüksek Kurulu Kararlarında vericilerden sayısal

radyo yayınına (T-DAB) ilişkin bir husus bulunmamaktadır. Bu nedenle Ülkemizde sayısal radyo yayınlarına geçişle ilgili bir takvim ya da uygulama planı da mevcut değildir.

1.5. VERİCİLERDEN TELEVİZYON YAYINCILIĞI

Ülkemizde ilk TV yayını 31 Ocak 1968 tarihinde TRT tarafından Ankara'da başlatılmıştır. Yayınlar önce paket programlar şeklinde, sonra da Ankara-Merkezden radyolink sistemleri ile iletilmiştir. Yayın bandı olarak da yine Avrupa ile paralel olarak VHF (174-230 MHz aralığı) ve UHF (470-862 Mhz aralığı) bantlarında VHF için 7 Mhz'lik kanallar, UHF bandı için de 8'er Mhz'lik kanallar kullanılmaktadır. Yayınların ilk yıllarında az sayıda verici ile çok geniş alanları kapsamak ve vericilerle aktarıcılara program iletmek amacıyla vericiler yüksek dağ tepelerine kurulmuştur. Böylece birbirlerine doğrudan sinyal ulaştırabilen vericiler sayesinde ayrıca iletim sistemleri kurulmadan geniş kitlelere ve alanlara yayın ulaştırılabilmiştir. Daha sonraları iletim sistemi olarak radyolinklerin kurulması ile farklı mekanlardan yayın hazırlamak ve iletmek imkanı doğmuştur. Ülkemizin çok dağınık nüfus yapısına sahip olması (38.000'den fazla yerleşim birimi) yanında her yıl milyonlarca nüfusun hareket etmesi ve çok dağlık yapısı nedeniyle yayıncılık açısından zor bir yapıya sahiptir. Bütün bu durumlar karşısında yüksek dağ tepelerinden şemsiye gibi yayın ulaştırma geçmişte olduğu gibi, günümüzde de kullanımı gerekli bir yöntemdir.

1980'li yılların sonlarından itibaren vericilere program iletimi uydular (Intelsat) üzerinden yapılmaya başlanmış, 1994 ve 1996 yıllarında yörüngeye yerleştirilen Türksat uydularımız ile de bu imkan çok gelişmiş, ayrıca izleyicilere uydularımızdan doğrudan program iletme imkanı da doğmuştur.

Uyduların çoğalması ile birlikte kapasite kiralama maliyeti de azalmış ve sınır tanımayan yapısının ve kalitesinin getirdiği üstünlük sayesinde uyduda yayıncılık hızla gelişmiş ve özellikle de 1990'lı yıllardan sonra Ülkemizde de kanal sayısı çok artmıştır. Kablo TV'den yapılan yayınlar hızla

artan uydu kanalları nedeniyle özellikle Avrupa'da vericilerden yayın izlemeyi azaltmıştır. Öyle ki, 2003 yılında Almanya-Berlin'de vericilerden analog yayınlara son verildiğinde, bu ortamdan yayın izleme oranı yüzde 5 idi. Frekans kapasitesini farklı hizmetlere kaptırmamak ve maliyetleri düşürerek cazibeyi artırmak için karasal vericilerden sayısal yayın yapılması fikri 1990'lı yıllarda tartışılmaya başlanmıştır. Avrupa Yayın Birliği (EBU), Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Birliği (CEPT) ve Uluslararası Telekomünikasyon İdareleri Birliği (ITU) bünyesinde yürütülen çalışmalar neticesinde sayısal TV yayın standardı (DVB) oluşturulmuş ve Avrupa için bu yayınların uydu (DVB-S), kablo (DVB-C) ve vericilerden (DVB-T) yapılan bölümleri için tavsiye kararları alınmıştır[6].

1997 yılında İngiltere'nin Chester kentindeki toplantıda, Avrupa yayın alanında karasal vericilerden sayısal TV yayını (DVB-T) için VHF bandı (174-230 MHz) ile UHF (470-862 MHz) bandlarının tamamının kullanılabileceği kararlaştırılmıştır. 2004 yılında ITU tarafından, Avrupa ve Afrika Yayın Alanlarında tüm VHF ve UHF bandlarında Sayısal Karasal TV ve Radyo Frekans Planlarının yapılacağı Bölgesel Radyokomünikasyon Konferansı (RRC-04/06) çalışmaları başlatılmış ve 2006 yılında da sonuçlandırılmıştır. Bu konferans sonunda Avrupa ve Afrika'da karasal vericilerden sayısal yayın için ihtiyaç duyulacak frekansların uluslararası anlamda paylaşımı yapılmış, aynı zamanda bu sistem ve frekans paylaşımı için teknik parametreler ve kurallar da imzalanan GE'06(Cenevre 2006) adlı antlaşma ile ortaya konulmuştur.

[6] T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Dokuzuncu Kalkınma Planı- Bilgi ve İletişim Teknolojileri Özel İhtisas Komisyonu Yayıncılık Alt Komisyonu Raporu, Haziran 2006, http://ekutup.dpt.gov.tr/bilisim/oik696.pdf (10.07.2010).

İKİNCİ BÖLÜM

2.1. ANALOG TV YAYINCILIĞI, ANALOG VERİCİLERİN GENEL YAPISI VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde analog tv yayıncılığı, analog vericilerin yapısı ve özellikleri anlatılmaktadır.

2.1.1. Analog TV Yayıncılığı

Renkli TV yayınları çoğu ülkede yaygınlaşmışken, ülkemizde TV yayınlarına siyah beyaz olarak 1968 yılında başlanmıştır. Tek banttan (VHF bandı) başlayan TV yayınları ülke genelinde yaygınlaşırken, TV üreticileri de sadece VHF bandında alış yapmaya uygun TV alıcıları üretmiş ya da yurt dışından buna uygun TV alıcıları ithal edilmiştir. 1970'lerin sonlarına doğru büyük şehirlerde enterferansın önüne geçilmesi için UHF bandlı vericiler kullanılmaya başlandığında yerli üretim TV alıcılarının UHF tünerlerinin olmaması nedeniyle TV alıcılarının değiştirilmesi veya TV alıcılarına bu kartların takılması ihtiyacı doğmuştur[7]. 1984'lere kadar TV yayınlarında renk bilgisini keserek yayın yapan TRT, 1984 yılında renkli yayıncılığa başladığında, ülkemizde pek çok evde siyah beyaz TV alıcılarının renkli TV alıcıları ile değiştirilmesi ihtiyacı doğmuştur.

1990'lı yıllarda yasal boşluklardan yararlanan özel radyo ve TV'ler önceleri yayınlarını büyük şehirlerde başlatmışlardır. Bu yayınların uluslararası teknik standartlarda yapılması gerekirken, özel yayıncılar kendi imkanları doğrultusunda istedikleri frekanslarda ve güçlerde yayınlara başlamışlardır. Rastgele frekanslarda ve değişik güçlerde başlayan bu

[7] T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı-Haberleşme Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ocak 2000, http://www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3165/oik581.pdf (15.08.2010).

yayınları düzgün bir şekilde izleyebilmek isteyen izleyiciler, yeni anten sistemleri, band geçiren filtreler ve anten yükselteçleri kullanmak zorunda kalmışlardır. Bu ihtiyaçların giderilmesi için denetimsiz ve standart dışı üretimler nedeniyle hem istenen netice çoğu zaman alınamamış hem de büyük bir kaynak israfına ve özellikle düzensiz yerleştirilen alıcı ve verici antenlerinden dolayı görüntü kirliliğine neden olunmuştur. Avrupa Yayın Bölgesi Yayıncılık Frekans Bandları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Avrupa Yayın Bölgesi Yayıncılık Frekans Bandları

Frekans Bandı	Frekans (MHz)	Uygulama
Band I (VHF)	47-68	Analog TV, (Kablo TV)
Band II (VHF)	87-108	FM Radyo
Band III (VHF)	174-230	Analog TV, Sayısal TV
Band V, IV (UHF)	470-862	Analog TV, Sayısal TV
L-Band	1452-1492	T-DAB

VHF (Band I, Band III) ile UHF (Band IV,V) bandlarında analog PAL[8] B/G modülasyonlu karasal televizyon yayınlarında; bir program kanalı VHF'de 7MHz ve UHF'de 8MHz band genişliği işgal etmektedir. VHF Bandında 8 kanal (kanal 5-12) UHF Bandında ise 49 (kanal 21-69) kanal bulunmaktadır. Ancak, ITU (International Telecommunication Union) standart ve kriterlerine uygun olarak analog TV yayını için yapılan frekans planlamalarında, Ülkemiz için karasal vericilerden en fazla 8 ulusal yayın yapılabileceği, bölgesel ve yerel yayınlar ile birlikte yerleşim yerleri arasında en fazla yayın alabilecek yerde bu rakamın 25 ve en az yayın alabilecek yerde ise 4 program kanalı olabileceği görülmüştür. Bunun nedeni, vericilerin birbirlerini enterfere etmemeleri için belirli aralıklarla kanalların kullanılabilmesi ve en önemlisi de yerleşim birimlerinin coğrafik yapılarından dolayı bir bölge için kurulan

[8] PAL: Phase Alternation by Line, 1963 yılında Almanya'da Dr. Waiter BRUCH tarafından geliştirilen Televizyon görüntü sistemi standardı olup; B, D, G, H, I, M, ve N tipleri mevcuttur.

vericiler kadar çevrelerine kurulan vericilerin de birbirlerini enterfere etmeyecek şekilde planlama yapılması zorunluluğudur.

2.1.2. Analog Vericilerin Genel Yapısı ve Özellikleri

Analog vericilerin genel yapısı, özellikleri ve analog verici katları bu bölümde anlatılmıştır.

2.1.2.1. Verici Tanımı

TV yayınlarının yeterince kuvvetli ve gölgesiz alınamadığı yerlerde belli bir vericiden alınan işaretleri kuvvetlendirerek tekrar yayınlayan cihazlara aktarıcı, uydudan aldığı işaretleri yayınlayan cihazlar da verici olarak adlandırılır.

En basit aktarıcı bir alıcı anten ile verici antenin art arda bağlanması ile elde edilir ki alış ile veriş kanalında bir değişiklik olmaması sebebiyle bu pasif aktarıcı veya yansıtıcı olarak adlandırılır. Burada sadece elektromanyetik dalganın yönünü değiştirmek söz konusudur. Bu tür pasif yansıtıcıların verimi çok düşük olduğundan ancak kuvvetli sinyallerin alınabildiği noktada, yönlendirilmiş bir anten ile sadece belirli bir bölgeye (mahalle) yayın iletmek amacıyla kullanılır.



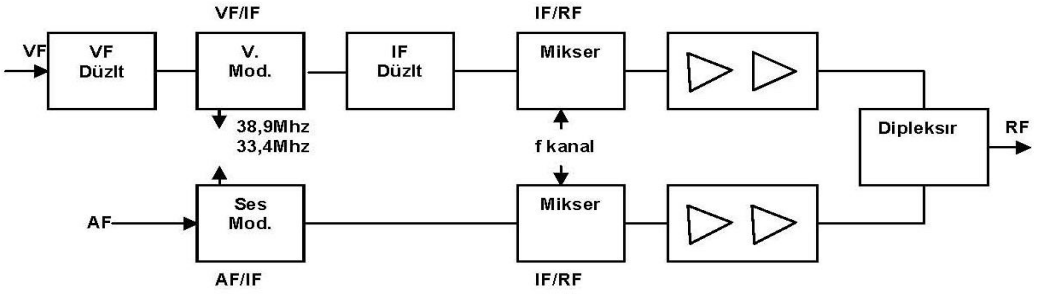
Şekil 1: Pasif aktarıcı (yansıtıcı) sistemi

Şekil 1'de en genel anlamda belirli bir bölge ya da mahale yayın yapmak üzere konuşlandırılan aktarıcı istasyonu gösterilmektedir.

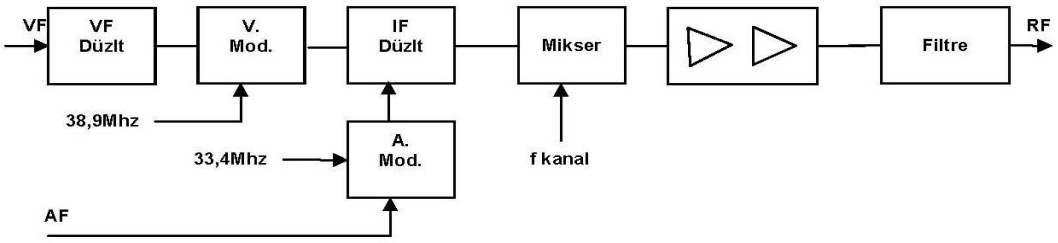
2.1.2.1.1. Yapıları Açısından Vericiler

Televizyon vericileri; ses ve resim sinyallerinin ayrık (split-sound : ses ve resmin farklı kollardan kuvvetlendirildiği sistem) ya da ortak (intercarrier : ses ve resim sinyallerinin ortak kuvvetlendirildiği sistem) işlem görmesi bakımından ikiye ayrılır.

Verici ve aktarıcının temel blok şeması Şekil 2'de verilmiştir. Vericiler ile aktarıcıların şemaları farklı olmakla beraber aktarıcılar ortak taşıyıcılı sisteme benzerler. Bu benzerlik çıkış katlarındadır.



a)Ayrık Ses(Split sound) tipi TV Vericisi



b) Ortak taşıyıcılı(intercarrier) tipi TV vericisi

Şekil 2: Ses ve resmin ayrı ve ortak kuvvetlendirildiği sistemlerin yapısı

Şekil 2a'da ayrık ses tipi bir verici gösterilmiştir. Dikkat edilirse bu sistem iki ayrı verici gibidir. Vericilerden üst koldaki resim sinyaline, alt koldaki ise ses sinyaline aittir. Burada tek ses girişli bir sistem dikkate alınmış olup, çift ses girişli sistemlerde dual sound modülatör bulunmaktadır.

Ses vericisinin katları şunlardır; ses modülatörü, ses mikseri ve radyo frekans yükseltecidir. Resim vericisinin katları da buna benzer, ancak fazladan iki adet düzeltici mevcuttur. Ayrıca resim vericisinde yükselteç sayısı da daha fazla olabilir. Bunlar; görüntü düzelteci (Video corrector), görüntü modülatörü, ara frekans düzelteci, görüntü mikseri ve radyo frekans yükselteçleridir.

Her iki vericinin çıkışı bir kavşak ünitesine gelir, burada birleştirilen sinyallerin çıkışı antene bağlanır. Genellikle bu tür vericilerde kavşak ünitesinde bir arıza olması halinde yayın kesintisine meydan vermemek için ortak taşıyıcılı sisteme dönüştürebilme imkanı mevcuttur. Ancak bu durumda intermodülasyon[9] ürünlerinin etkisini azaltmak amacıyla yüksek güçlü sistemlerde güç yarıya düşürülmelidir.

Şekil 2b'de ortak taşıyıcılı bir verici gösterilmiştir. Bu vericinin ayrık ses vericisinden farkı alt koldaki ses vericisidir. Burada ses modülatörü çıkışında sinyal resme ait üst koldaki sinyal ile birleşmektedir. Bu sebepten bu vericilerin ses modülatöründen sonraki ses mikseri ve radyo frekans yükselteçleri kullanılmaz. Bu tür vericilerde kavşak da yoktur, ancak 4 kutuplu filtre (notch) kullanılır.

2.1.2.1.2. Ses Girişi Açısından Vericiler

Eski tip vericilerin tamamı tek ses girişlidir. Buna karşılık 1980'den sonra imal edilen vericilerde genellikle çift ses (Dual) girişi vardır. Çift ses, aktarıcılarda önemli değildir.

[9] İntermodülasyon, sinyallerin birbirine karışması ve parazite yol açması olayıdır.

2.1.2.1.3. Yayın Gücü Açısından Vericiler

Verici gücü, senkron anındaki görüntü taşıyıcı gücü olarak tarif edilir. Ses gücü genellikle resmin 1/10'u oranındadır.

2.1.2.1.4. Yayın Frekans Bandı Açısından Vericiler

Vericilerin çeşitli teknik özellikleri uluslararası kuruluşlarca tespit edilmiştir. Buna göre ülkemizde kullanılan yayın standardı PAL B ve G standartlarıdır. B standardı VHF bandı, 30MHz-300MHz aralığına ilişkin, G standardı ise UHF bandı 300MHz-3GHz arasına ilişkindir[10].

2.1.2.1.5. Verici Katların İşlevleri

Verici katları ve işlevleri aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır.

2.1.2.1.5.1. Ses Modülatörü

TV ve FM vericilerde ses modülatörlerinin girişine uygulanan AF (Audio frequency) sinyal önce bir tampon yükselteç ve ön vurgu devresine uygulanır. Yükseltecin görevi seviye ayarıdır. Ön vurgu devresi ise AF bandının üst kısmında oluşan gürültüyü azaltmak maksadıyla kullanılır. 3180 Hz'in üstündeki frekansları 6dB/decade bir eğimle arttırır. Yani frekans her iki katına çıktığında işaretin gerilimi 2 misli arttırılır. Ön vurgu (Preemphasis) devresi TV ses ve FM vericilerinde kullanılır. Alıcıdaki dengeleme (deemphasis) devresi de bu işlemin tersini yaparak işareti tekrar eski haline getirir . Böylece tiz seslerdeki hışırtı giderilir.

Modülatör FM tekniği ile çalışır. Yani modülatör çıkışında sabit genlikli bir sinüs sinyali vardır. Modülatöre hiçbir ses girişi yokken modülatör çıkışındaki sinüs sinyalinin frekansına merkez frekans (Centre Frequency) denir. Merkez frekans 1. ses modülatöründe 33.4 MHz, 2. ses modülatöründe

[10] H.V. Simms, *Principles of PAL Colour Television, Newnes Technical Books*, London 1983,s.13.

ise 33.1578125 MHz'dir. AF sinyali L-C devresinden oluşan osilatördeki varaktör diyodun katoduna uygulanarak diyodun kapasitif değerinin değişmesi sağlanır. Böylece L-C devresinin salınım (osilasyon) frekansı da değişir. AF sinyali ne kadar yüksek seviyeli ise frekansın değişimi de o kadar fazla olur. Mesela maksimum düzeyde (genellikle 0 dBm'lik) bir AF sinyali frekansın 33.35 ile 33.45 MHz.arasında değişikliğe uğraması sonucunu doğurur.

FM modülatörü frekans değişikliği esasına göre çalıştığı için bu osilatörlerde frekansı sabit tutacak kristal kullanılamaz. Bu eksiklik uzun zaman içerisinde merkez frekansının kendi kendine değişmesine yol açabilir. Bu tehlikeye karşı faz kontrol devreleri kullanılır. Faz kontrolü için kristalli bir yardımcı osilatörden faydalanılır. Gerek yardımcı osilatör, gerekse FM modülatör çıkışlarındaki sinyallerin farkları bölünür. Bu iki sinyal bir fark devresine uygulanır. İki sinyalin frekansları arasında uzun süre devam eden bu farklılık bu devrenin çıkışında bir DC gerilim oluşmasına yol açar, DC gerilim FM modülatörü varaktörüne uygulanarak merkez frekansının düzelmesi sağlanır.

2.1.2.1.5.2. Görüntü düzelticileri

VF sinyali vericide öncelikle bazı düzeltme devrelerinden geçer. Düzeltici veya ön düzeltici (precorrector) denen bu devrelerin görevleri şöyledir.

Tampon Yükselteç: VF sinyal seviye ayarı için kullanılır.

Beyaz sınırlayıcı: Aydınlık sinyal seviyesinin herhangi bir sebeple artıp 1000nV'u geçmesi halinde geçen kısmı kesmek amacıyla kullanılır. Ancak bu devreye paralel 4.43 MHz'lik bir bant geçiren filtre vardır. Bu sebeple renk sinyali bu sınırlamadan etkilenmez.

Kenetleyici: VF sinyalinin 50Hz'lik şebeke sinyali ve siyah beyaz içerik değişimi ile video işaretinin siyah seviyesinin değişerek TV ekranında düşey yönde hareket eden gölgelere yol açmaması VF sinyalinin art kenetleme eşiği denilen süre içerisinde bu noktanın belirli bir gerilime kenetlenerek sabit tutulmasıdır. Bunun için kenetleme devresi kullanılır.Diyotlu ve transistörlü iki kenetleme devresi, girişe uygulanan işaretin en alt noktasını P potansiyometresinin çıkışındaki doğru gerilime kenetler. Bu seviye ayarlanarak resmin en beyaz yerinde modülasyon derinliği %90 olacak şekilde video işaretinin genliği ve siyah seviye ayarlanır.

Senkron ayar: VF sinyali profesyonel alıcı çıkışlarından alındığı zaman senkron boyunun genellikle 300 mV'tan düşük olduğu görülür. Bu durum pratikte ekranda resmin akmasına sebep olur. Bunun için bazı devrelerde senkron boyunu gerekli seviyeye ayarlayabilmek için bir düzenek vardır.

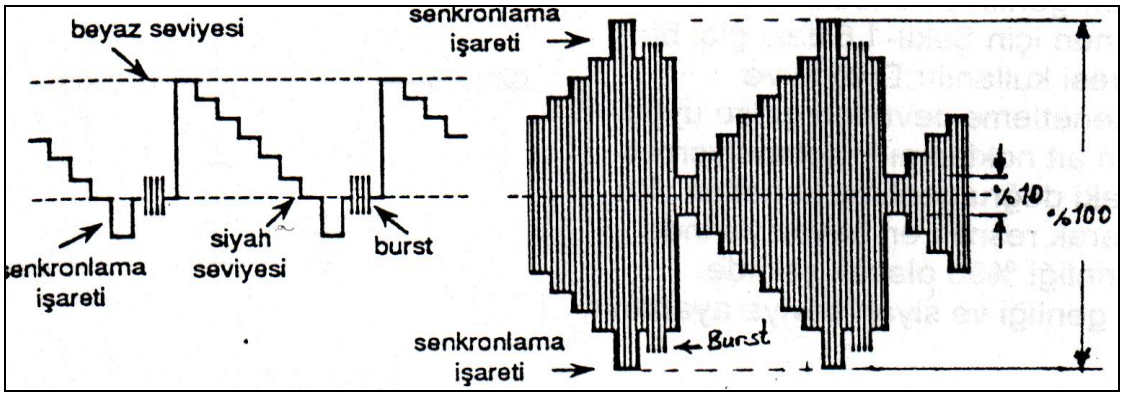
Doğrusallık: VF sinyalinin değişik seviyelerde değişik kazanç ile yükseltilmesi olayına doğrusallık bozukluğu denir. Bozukluk görüntünün silikleşmesine yol açabilir. Bozukluğu gidermek için doğrusallık devrelerinden faydalanılır. Bazı vericilerde bu işlem daha sonraki katlarda yapılır.

Grup gecikme düzelticisi: Vericinin yükselteç ve kavşakları ile alıcının ses kapanı denilen filtre devresi değişik frekanslardaki sinyallerde farklı faz gecikmelerine sebep olurlar. Bu durum TV ekranındaki şekillerin sağ tarafında gölgeler oluşmasına yol açar. Sorun grup gecikme devresi denilen devreler ile düzeltilir.

2.1.2.1.5.3. Resim Modülatörü

Bu üniteye uygulanan 1 Vp-p VF sinyali, 38.9 MHz frekanslı taşıyıcıyı genlik modülasyonu ile modüle eder. Taşıyıcı bazı vericilerde modülatör katında bazı vericilerde ayrı katta kristalli bir devrede üretilir.

Modülatör devrelerinden istenilen en önemli özellik doğrusal olması, yani elde edilen işaretin zarfının video işareti ile aynı olması ve 5,5 MHz band genişliğine sahip olmasıdır. Ülkemizde kullanılan B ve G sistemlerinde resim modülatörü negatif modülasyon yapar. Yani modülatöre uygulanan VF sinyali negatiftir. Bu yüzden osilaskopta[11] incelenirse VF sinyalinin genliği artarken taşıyıcının genliği azalır. Çarpma prensibi ile çalışan genlik modülatörleri taşıyıcı bastırılmış çift yan bantlı bir işaret üretir. Normal bir genlik modülasyonu elde etmek için bu tür modülasyondan sonra taşıyıcının istenen miktarda tekrar eklenmesi gerekir. Modülasyon derinliği video işaretinin beyaz seviyesi ayarlanarak %10'a ayarlanır. Taşıyıcı sinyalin bilgi işareti ile modülasyonu Şekil 3'te gösterilmiştir.

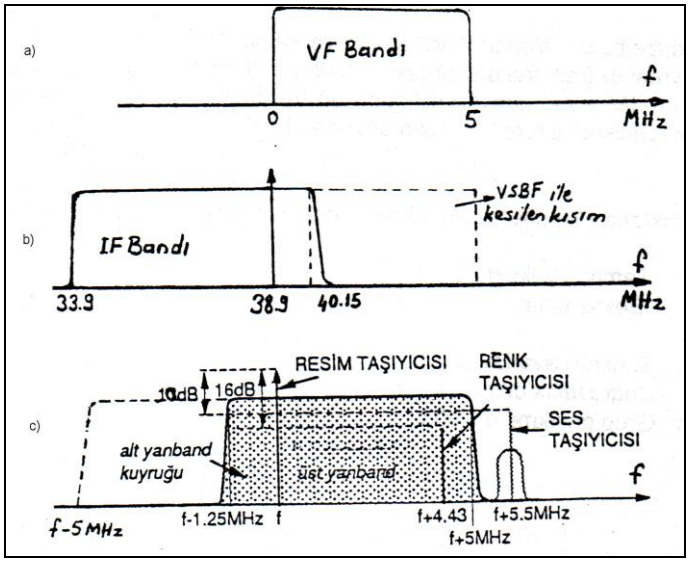


Şekil 3: Bileşik video sinyali ve işaretle modüle edilmiş taşıyıcı.

Görüntü modülasyonu için çeşitli devreler kullanılabilse de en yaygın devre türü dengeli modülatör denilen devredir. Bir VF sinyalinin bandı, IF'de

[11] Osilaskop : Dalga şeklini gösteren ölçü aletidir.

Artık Yan Bant süzgecinin frekans eğrisi ve sonuç olarak RF'deki frekans bantları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4: Artık Yan bant (Vestigal Sideband) Süzgeci ve taşıyıcı seviyeleri

.

2.1.2.1.6. Ara Frekanstaki Düzeltme ve İşlemler

Vericilerin ara frekansta (38.9MHz) bazı düzeltme devreleri vardır. Bunlar özetle şöyle sıralanabilir:

Artık Yan Bant Filtresi (VSBF): 5 MHz'lik VF sinyali 5'i altta, 5'i üstte olmak üzere 10MHz'lik IF bandı oluşturur. Bu kadar geniş bandı iletmek sorun olduğu gibi, esasen frekans bandı kısıtlı olduğundan teknik olarak da imkansızdır. Daraltma üstteki bandın bir kısmını süzen özel bir filtre ile gerçekleştirilir. Bu filtrenin ayarı çok hassas olduğundan sadece kalibrasyon laboratuarında ayarlanabilir.

Grup gecikme düzelteci: VF öndüzelticide kullanılan düzelteç gibidir. Amacı VSBF'nin yol açtığı grup gecikme bozukluğunu gidermektir.

Kenetleme :Taşıyıcının 50 Hz'lik şebeke frekansından etkilenmesi çıkış yükselteçlerinin aşırı yüklenmesine sebep olabilir. Bunu önlemek için yapılır.

Diferansiyel Kazanç ve Diferansiyel faz: Renk sinyalinin fazı renk türünü, genliği ise rengin canlılığını (saturation) gösterir. Bu sebeple aydınlık düzeyinin renk kazanç fazını etkilememesi gerekir. Diferansiyel kazanç ve faz devreleri bunu önler.

Ses birleştirme : Ortak taşıyıcı sistemlerde 33.4 MHz'lik modüleli ses taşıyıcısı, 38.9 MHz'lik modüleli görüntü taşıyıcısı ile birleştirilir. Ayrık ses tipi vericilerde bu söz konusu değildir[12].

2.1.2.1.7. Mikserler

Ara frekans (IF) sinyalinin yayın frekansı (RF) sinyali haline getirildiği kat 2. mixer ya da frekans çevirici (frequency converter) denir. Bu kata iki sinyal girer. Bunlar ara frekans (IF) sinyali ve yardımcı alt taşıyıcıdır (subcarrier). Alt taşıyıcı genellikle harici bir osilatörün çıkışıdır. Bu osilatör kristalli , fırınlı veya sentezörlü olabilir.

Mikser genellikle basit bir transistör devresinden ibarettir. Bu devreye giren iki sinyalin frekansları çıkışta karıştırılmış olarak çıkar. Yani çıkışta fark ve toplam sinyalleri vardır.

Mikser devresini takip eden bir bant geçiren filtre, (BPF : Band Pass Filter) vardır. Bu filtre sayesinde RF toplam sinyali süzülür ve çıkışta sadece RF fark sinyali kalır.

2.1.2.1.8. RF Yükselteçler

Mikser çıkışındaki RF sinyalin gücü düşüktür. Yayın yapılacak yere göre istenilen miktarda güç elde etmek için bir veya birden fazla yükselteç

[12] Nedim ARDOĞA, *TRT Genel Müdürlüğü Vericiler Dairesi Başkanlığı Eğitim Notları,*Türkiye Radyo Televizyon Kurumu,Ankara,2005,s.2-6.

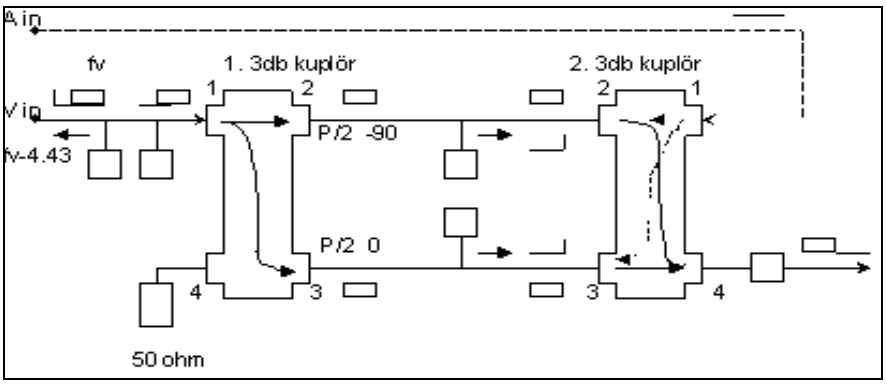
kullanılır. Çok yüksek güçlü (5/10/20 kW) RF sinyaller elde etmek için genellikle tetrot tüplü yükselteçler kullanılmakla beraber son yıllarda paralel transistörlü yükselteçlerle de bu güçler elde edilebilmektedir.

Yükselteçlerde ister transistörlü ister tüplü olsun istenilen verimi alabilmek için kendinden önceki veya sonraki katla giriş ve çıkış empedans uyumu (matching) sağlanmalıdır. Bunun için transistörlü yükselteçlerde bu işlem ayarlı kapasitörler ile, tüplü yükselteçlerde ise cavity (Kavite) üzerinde kapasitif ve endüktif etki yapan ayar çubukları ile yapılır. Kötü ayar halinde çıkış yükseltecinden sürücü yükselticiye geri dönen RF sinyal (yansıma) sürücü yükseltecinin arızalanmasına sebep olacağından bunu önlemek için özellikle yüksek güçlerde iki yükselteç arasında sirkülatör denen devre elemanları kullanılır.

2.1.2.1.9. Kavşaklar (Ses – Resim Birleştiricileri = Diplexer)

Ayrık ses tip vericilerin çıkışındaki resim ve ses RF sinyalleri diplexer denilen devrelerde birleştirilerek antene verilirler. Bu devrelerin boyutları RF sinyallerin gücüne göre değişir. Bu sistemlerde araya girme kaybı düşük, ses ile resim arasındaki izolasyonun yüksek olması gerekir. Diplexer'lar ayrık ses tip vericilere özgü olup ortak taşıyıcılı vericiler ve aktarıcılarda kullanılmazlar.

Bir diplexer'in prensip şeması Şekil 5'te verilmiş olup çalışma prensibi şöyledir.



Şekil 5: Diplexerin prensip şeması

Diplexer Vi girişinden 5MHz band genişliğindeki resim RF sinyali uygulanır. SC1 ve SC2 (subcarrier) kapan filtreleri fv - 4.43MHz frekansına ayarlanmıştır. Dolayısı ile resim sinyali yolundan gelebilecek fv – 4.43MHz'lik sinyalleri bastırır.

i. 3db kuplörün 1 nolu ucundan giren resim RF sinyali kuplörün yapısı itibari ile 2 ve 3 nolu uçlarından genliği yarıya düşmüş, fakat her iki sinyal arasında 90º faz farkı oluşmuş şekilde çıkar.

ii. 3db kuplörün 1 nolu girişine uygulanan ses RF sinyali de resimde olduğu gibi 2 ve 3 nolu uçlarından yarı genlik, 90º faz farklı olarak çıkar. Ancak AC1 ve AC2 ses kapan filtreleri geçişlerine izin vermediği (600KHz'e ayarlı)için aynı yoldan geri dönerler. Ancak dönüşlerinde hem resim hem de ses RF sinyalleri bu defa ters yönde faz kaymasına uğrarlar dolayısı ile iki koldaki sinyalin faz farkı sıfırlanır ve iki sinyal birleşmiş olarak 4 nolu uçtan çıkarlar. Bu yol üzerinde harmonikleri süzmek üzere bir filtre bulunur. Filtre çıkışındaki ses resim birleşmiş RF sinyali antene verilir[13].

2.1.3. Alıcı-Verici Anten

Alış anteni aktarıcının çalışabilmesi için uydudan yeterli seviyede sinyal almak amacıyla kullanılırlar. Bu amaçla bu antenler yüksek kazanç sağlamak ve değişik yönlerden gelen istenmeyen işaretleri almaması için yatay eksende dar açı kapsamalı yapılırlar. Ayrıca alış istikametinin belirli bir açısında alış sinyalini enterfere eden bir yayın geliyorsa bunun etkisini en aza indirmek amacıyla alış anteni mümkün mertebe bina veya kulenin, enterfere eden istasyonu görmeyen tarafına montaj edilmelidir.

[13] Adele Emm, *Researching for television and radio*, Routledge,London 2002,s.24.

Verici antenleri ise TV yayınının her yönden alınabilmesi amacıyla yatay eksende geniş patternli(kapsamalı) yapılırlar. Yatay eksende yönlendirmesiz bir anten kazançsız bir anten demektir. Halbuki istenen yönde yayın yapmak, istenmeyen yönde yapmamak için antenlerin kazançlı yani yönlendirilmiş olması gerekir. Bunun için antenin düşey eksende hüzme genişliği daraltılarak kazanç artırılır, elektro manyetik dalganın havaya gitmesi önlenerek yayın hedefine gitmesi sağlanır.

Antenlerin yatay yöndeki elektromanyetik dalga yoğunluğunu gösteren paterne Horizantal patern, düşey (dikey) yöndeki paterne de Vertikal patern denir.

Kapsanacak alanın genişlik, uzaklık durumuna göre verici anten dizisi oluşturulur. Yayının istenilen yöne yapılabilmesi için antenlerde mekanik veya elektriki eğim (tilt) verilir. Elektriki eğim anten dizisindeki panellerin fazları veya branş feeder boylarının değiştirilmesi ile, mekanik tilt de antenin yayın alanına doğru düşey yönde küçük açılarla eğilmesi veya birbirlerine olan mesafelerinin ayarlanması ile yapılır[14].

2.1.4. Filtreler

Cihaz girişinde kanal dışı, istenmeyen sinyallerin süzülerek temiz bir sinyal elde etmek amacıyla, çıkışta da ses ve resim taşıyıcılarının aktif devrelerden geçerken birbirleri ile kısmen karışması sonucu yayınlanması gereken sinyaller haricinde kanal dışı sinyallerin (harmonik ve intermodülasyon ürünleri) yayınlanarak başka sistemleri etkilemesini önlemek amacıyla band geçiren filtreler, belirli frekanslarda istenmeyen ürünleri bastırmak amacıyla Notch filtreler, ara frekans (IF) katında keskin bir geçiş sağlamak amacıyla SAW (Surface Acoustic Wave) filtreler kullanılır.

[14] Avni Morgül, *Ortak Anten, Uydu ve Kablo TV Sistemleri*, Yenikarar Matbaası,İstanbul,1993.

Filtreler pasif elemanlardan oluştuğundan kazancı yoktur ancak filtrenin kalitesine göre bir miktar kaybı vardır. Buna “araya girme kaybı” (Trought Loss veya Insertion loss) denir. Bu değer filtrenin teknik özelliklerinde belirtilir ayarlarda belirtilen değere ulaştırılmaya çalışılır. Genellikle bu araya girme kaybının (Insertion Loss<1 dB) mümkün mertebe sıfıra yakın olması gerekir.

RF katlarının karakteristik empedansı 50 ohm olduğundan filtrenin bağlı olduğu diğer katlar ile maksimum güç transferi yapabilmesi için filtrenin empedansının bu katlarla uyumlu (50 ohm) olması gerekir.

2.1.5. Verici ve Aktarıcıların Çıkış Güçleri

Genellikle verici ve aktarıcıların çıkışlarında basit bir devre ile gerçekleştirilen tepe gücü (peak power) ölçen ibreli ölçü aletleri yerleştirilir. Bu ölçü aletleri ses ve resim RF gücünü okumak için ayrıdırlar.

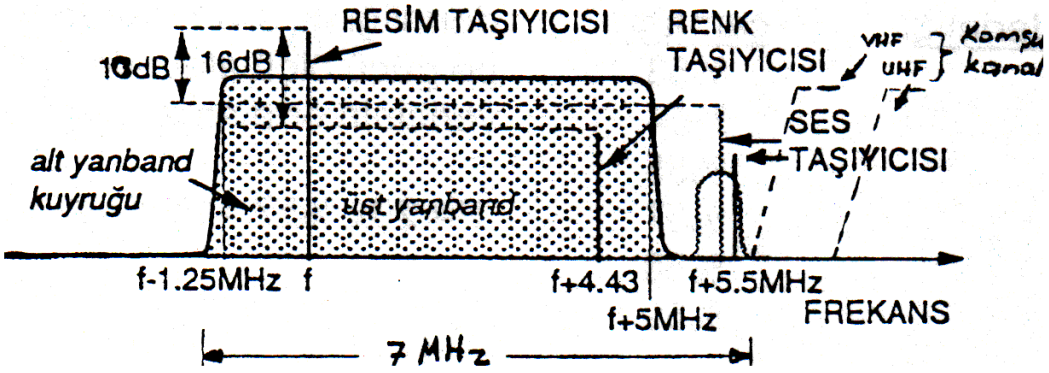
Resim RF gücünü ölçen alet gerçekte ortalama gücü değil senkron anında yayınlanan gücü ölçer. Esasen cihazların etiket gücü olarak da tepe güç telaffuz edilir. Vericinin her satırı için 4.7 µs süre ile %100 güç yayınladığı, buna karşılık 59.3 µs süre ile yayınlanan gücün daha düşük olduğu görülür. Bu sebeple görüntüye ait RF gücün ortalama değerini bulmak için termik güç ölçü aleti kullanmak veya tepe güç ölçü aletinde okunan gücü belli rakamlarla çarpmak gerekir. Ses sinyali FM modüleli olduğundan tepe güç ölçü aletindeki ortalama güce eşittir. Şekil 6’da RF Sinyal yapısı gösterilmektedir.

Genel olarak bir TV programı sırasında yayınlanan ortalama RF tepe güç, ölçü aletinde okunan gücün %30-%35’i dolayındadır. Yayınlanan görüntü karanlık ise bu oran artar, aydınlık ise düşer.

Vericilerin performans ölçüleri sırasında siyah bir resim yayınlanır. Çıkışta modülasyon derinliği ölçülür ve bu rakam kullanılarak ortalama gücün tepe gücün yüzde kaçı olduğu anlaşılır.

Yayınlanan sinyalin frekans bandı: Anten sistemine uygulanan sinyal hem görüntü hem de ses'e ait RF bandına sahiptir. Görüntü taşıyıcısına fT denirse bantda; (fT - 1.25) MHz frekansından başlar (fT + 5.75) MHz frekansına kadar devam eder. Toplam bant genişliği 7 MHz'dir.

7 MHz'lik bandın 1.25 MHz'lik alt yan bandı ile 5 MHz'lik üst yan bandı görüntüye ilişkindir. Üst yan bantta ses ve görüntü sinyalleri arasındaki dar bir koruma bölgesinden sonra ses bandı başlar. Bu bandın merkezi üst yan bantta 5.5 MHz frekansındadır. Bu merkez çevresinde iki yöne doğru en fazla 0.25 MHz'lik bölümler ses bandını oluşturur[15].



Şekil 6: RF sinyal yapısı.

2.1.6. Ülkemizde Kullanılan Analog TV Vericilerinin Genel Özellikleri ve Yapıları

Sistem Standartları: Ülkemize kullanılan bütün analog tv vericileri CCIR[16]'ın 625 satır, B ve G sistemi ile negatif modülasyon esasına göre

---

15 Aselsan, *Alıcı-verici prensipleri*, Aselsan Yayınları,Ankara,1985,s.43-54.

16 CCIR : Consultive Committee on İnternational Radio,Uluslararası Radyo Danışma Komitesi 1992 yılında ITU/R haline gelmiştir.

yayın yapmaktadır. Tüm cihazlar 624-2 nolu ITU/R[17] tavsiyeleri ve B/G PAL standardına göre imal edilir.

Vericiler Mono-Stereo ve çift ses (dual sound) yayın yapma kapasitesinde teçhiz edilir. Ancak, Ülkemizde tv yayıncılığında stereo ve çift ses yayın yapılmadığından, TRT dışındaki yayıncılar bu özellikleri tercih etmemektedir. Çift ses ve stereo yayın özellikleri 957 nolu ITU/R raporundaki uluslararası adaptasyonlu teleteks sistemi karakteristiklerine de uygundur.

Vericiler; ses vericisinin çıkış gücü resim vericisinin 1/10'u (mono çalışma modunda). 1/13,1/20 (çift ses modunda) oranında imal edilir.

Vericiler ara frekans IF esasına göre çalışır, ara frekanslar (IF) resim taşıyıcısı için 38,9 MHz, birinci ses taşıyıcı için 33,4 MHz ve ikinci ses taşıyıcı için 33.1578125 MHz'tir.

2.1.6.1. Çalışma Esasları

Ülkemizde TV yayınları VHF ve UHF bantlarından gerçekleştirilmektedir. Bu bantlardan VHF'de 5-12. kanallar UHF bandından ise 21-69. kanallardan yayın yapılmaktadır. Dolayısıyla, Ülkemize alınacak vericiler bu bantların belirtilen kanallarında çalışabilecek şekilde olmalıdır. Vericiler, arıza durumlarında güvenli ve kesintisiz yayın yapabilmek bakımından, talebe göre çift sürücülü ya da tek sürücülü olarak imal edilir.

Vericilerin yayına giriş çıkışları genellikle personelsiz olarak, otomatik gerçekleşir. Profesyonel alıcı veya TVRO (Television Receive Only) ile uydudan alınacak temel band video işareti vasıtasıyla otomatik olarak vericiler ON/OFF olur. Video işaretli girişi kesildiğinde verici ayarlanmış belirli bir süre için çıkış gücünü düşürerek (-3 dB) çalışmaya devam eder, ancak kesintinin süreyi aşması durumunda sistem otomatik olarak OFF olur. Sinyal

[17] ITU/R : Uluslararası Telekomünikasyon Birliği 'nin Radyokomünikasyon yayıncılığından sorumlu olan birimidir.

geldikten sonra vericiler yine belirli bir süre içinde (genellikle 30 sn içinde) yeniden tam güçte yayına geçer.

2.1.6.2. Ülkemizde Kullanılan Vericilerin Genel Yapısı

Ülkemize ilk TV vericileri TRT tarafından getirilmiştir. Dönemin teknolojisi gereği bu vericilerde sinyal yükselteci (anfi) görevini elektron tüpler görmüştür. Ancak 1990'lı yıllardan itibaren aşamalı olarak bu tüplü vericiler yerine yarı-iletken (Solid – State) kuvvetlendiricili vericiler satın alınmaktadır. Özel kanalların da neredeyse tüm TV vericileri yarı iletken esasına göre yapılandırılmıştır.

Verici ve vericiyi oluşturan tüm birim ve alt birimler –5 ºC ile + 45 ºC sıcaklıkta, %95 nem ve 2000 m yükseklikteki ortam şartlarında yeterli "emniyet payında" çalışacak şekilde tasarlanırlar.

Bugün itibariyle tüm TV vericilerinde sentezörlü osilatörler kullanılmaktadır, böylelikle verici frekansının değiştirilmesi durumunda herhangi bir devre elemanının değiştirilmesine ihtiyaç kalmadan, frekans değişikliği kolayca yapılabilmektedir.

Vericilerin genel tasarımı, yine son yıllarda, modüler yapıda gerçekleştirilmekte ve tüm modüller plug-in yapıdadır. Vericiler basınçlı hava ve/veya su ile soğutulmaktadır. Su ile soğutulanlar, daha pahalı olmakla beraber, daha sessiz çalışmaları, ya da kararlı çalışmalarından dolayı tercih edilirler. Ancak bu tür soğutma sistemleri ayrımı genellikle güçlere göre yapılır ve 5 kW ve üzeri vericiler için su ile soğutma, daha aşağısı için de hava ile soğutma tercih edilmektedir.

Vericilerde emisyon tipi, resim vericisi için C3F (negative modülasyon); ses vericisi için F3, 50 kHz +/- deviasyon, 50 mikrosaniye[18] pre–emphasis'dir.

Vericilerde artık yan bant ve TV alıcılarındaki hatalardan kaynaklanan doğrusal bozulmaları telafi etmek üzere (Kyoto 1978; CCIR'ın 266 nolu tavsiyesine uygun) faz ön düzeltme (precorrection) devresi bulunur.

Vericiler için RF çıkış sinyali özelliklerinin sınır değerleri CCIR'nin 624-2 nolu tavsiyesindeki B-G sistemindeki modülasyon yüzdelerine uygundur.

Senkron seviyesi……	%l00
Karartma seviyesi……..	%75 – 2,5
Tepe beyaz seviyesi……..	%l0 – 12,5
Siyah seviye ile karartma seviyesi arasındaki fark	%0-2

Bu sınır değerler herhangi bir parlaklık seviyesi için de geçerlidir[19].

[18] Mikrosaniye: 10^{-6} saniye

[19] Adnan ÇELİK, *TRT Genel Müdürlüğü Vericiler Dairesi Başkanlığı Eğitim Notları*,Türkiye Radyo Televizyon Kurumu,Ankara,2005,s.21.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.1. SAYISAL TV YAYINCILIĞI, SAYISAL VERİCİLERİN GENEL YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde sayısal tv yayıncılığı ile sayısal vericilerin özellikleri anlatılmıştır.

3.1.1. Sayısal Televizyon Yayıncılığı

Sayısal Televizyon Yayıncılığı 4 ana başlık altında toplanmaktadır:

Uydudan

Kablodan

Vericilerden

Mobil ortamlardan gerçekleştirilen yayınlardır.

Bu ortamlardan uydudan ve kablodan gerçekleştirilen yayınlarda aşağı yukarı dünyada tek sistem kullanılmaktadır.

Bunlar da; DVB-S (Uydu) ve DVB-C (Kablo)'dir.

Karasal (Vericilerden) Sayısal Televizyon Yayıncılığı'nda ise 4 farklı sistem bulunmaktadır:

DVB-T: Avrupa'da geliştirilen ve tüm Avrupa ülkeleri ile Avustralya, Singapur, Hindistan gibi diğer ülkelerin kabul ettiği sistemdir.

ATSC (Advanced Television System Committee) : ABD tarafından geliştirilen ve ABD, Kanada, Arjantin, Tayvan, Güney Kore gibi diğer ülkelerde kabul edilen sistemdir.

ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting) : Japonya tarafından geliştirilmiş olan bir sistemdir.

DVB-H (DVB-Handheld : Cep telefonlarına veya cep TV-avuçiçi-alıcılarına yönelik TV yayını): Bu konuda halen testler yapılmaktadır. Buna karşın özellikle Japonya ve Almanya'da uygulamalara başlanmıştır.

Sayısal Yayıncılık konusunda Ülkemiz Avrupa'nın kabul ettiği DVB (Digital Video Broadcasting) sistemini tercih etmiştir.

DVB-S: TRT'nin Türkiye, Avrupa, Amerika, Avustralya'ya yönelik uydu yayınları DVB-S formatında 1999 yılından bu yana gerçekleştirilmektedir. Özellikle Avrupa ve Amerika'da 1990'lı yılların ortalarından itibaren bu yayın formatında uydudan yayınlar yapılmaya başlanmıştır.

Ülkemizdeki diğer tüm özel kanallar da uydudan bu formatta yayın yapmaktadır.

DVB-C: Avrupa'da ve Ülkemizde TV yayınları kablo-TV şebekesi üzerinden sayısal olarak bu formatta yayınlanmaktadır.

DVB-T: Ülkemizde de, Avrupa'da olduğu gibi, karasal vericilerden sayısal yayın sistemi olarak DVB-T tercih edilmiş ve denemelere bu sistem ile başlanmıştır.

DVB-T2: Karasal vericilerden sayısal TV yayın sistemi olup, DVB-T'ye göre daha ileri modülasyon ve daha geniş kapasite sağlayan sistemdir[20].

Karasal Vericilerden Sayısal (DVB-T) TV Yayıncılığı ile,

- Daha kaliteli ses ve görüntü,

[20] Digital Video Broadcasting (DVB), http://www.dvb.org/technology/dvbt2/(07.09.2010).

- Diğer enterferans kaynaklarından daha az etkilenme nedeniyle daha kaliteli yayın alış,

- SFN (Tek Frekans Ağı) yayın sistemi sayesinde; birden çok verici aynı kanaldan yayın yapabileceğinden, frekans spektrumundan büyük tasarruf, sinyallerin birbirlerini güçlendirmesi sayesinde şebekeye olumlu katkı,

- Bir UHF ya da VHF kanalından analog yayında 1 TV program kanalı yayınlanabilirken, DVB-T'de bu sayı resmin MPEG-2 kodlu olması durumunda 4-5 program kanalına kadar, MPEG-4 kodlu olması durumunda 10 TV kanalına kadar çıkabilmekte,

- Bir vericiden birden çok TV kanalının aynı anda yayınlanması sayesinde, analog sistemlere göre çok daha az sayıda verici kullanılacağından, frekans spektrumundaki tasarruf kadar verici sayısında da çok ciddi tasarruflar olacaktır. Bu da önemli miktarda verici ve aksesuarları ile enerji tasarrufu sağlamaktadır[21].

DVB-T2 sistemi kullanılması durumunda ise,

DVB-T'ye göre aynı kapasiteden iletilen bilgi miktarı %30 daha fazla olmakta,

- Aynı kanal içinde programla birlikte çeşitli veriler de iletilebilmekte,

- Elektronik Program Rehberi (EPG) yayınlanabilmekte ve etkileşimli TV uygulamaları yapılabilmektedir[22].

---

[21] Erkan Can, "Sayısal televizyon Yayıncılığı", *Elektrik Mühendisleri Odası*, s.2-3 http://www.emo.org.tr/ekler/347c51419ffb23c_ek.pdf?dergi=2 (15.09.2010).

[22] Richard Brice, *Newnes guide to digital TV,* Newnes Publications, Burlington 2003,s.55.

3.1.2. DVB-T'de Kullanılacak Frekanslar:

1997 yılında İngiltere'nin Chester kentinde yapılan toplantıda, Avrupa Yayın Alanında DVB-T için VHF bandı (174-230 MHz) ile UHF (470-862 MHz) bandlarının tamamının kullanılabileceği kararlaştırılmıştır.

2004 yılında başlayan ve 2006 yılının 14 Mayıs-17 Haziran tarihleri arasında yapılan nihai konferans olan RRC-06 (Regional Radiocommunication Conference) konferansı ve sonucunda imzalanan GE'06 antlaşması ile bu çalışmalar sonuçlandırılmıştır. Buna göre Avrupa , Afrika ve bazı Asya Ülkelerinin katılımı ile yapılan konferans sonunda her ülkenin DVB-T ve T-DAB yayınında kullanacağı frekanslar ile analogdan sayısal yayına geçiş süreci ve koşulları belirlenip antlaşmalar yapılmıştır.

Dolayısıyla Ülkemizde DVB-T yayınında VHF bandının 5-11 ya da 5-10. kanalları ile (T-DAB yayınlarına ayrılacak kapasiteye bağlı olarak), UHF bandının 21-60. kanalları kullanılacaktır.

3.1.3. DVB-T Frekans Planlaması Kriterleri

DVB-T sistemi, karasal yayıncılara çeşitli şeçme imkanları ile servis sunabilecek imkan tanır. Bu imkanlar, sabit çatı anteninden taşınabilir antene, hareketli sinyal alışına kadar çeşitlilik sunar. Sayısal cihaz üreticileri çok çeşitlilik gösteren bu imkanları içerecek şekilde cihaz imal ederken teknolojinin imkan tanıdığı oranda, üretimlerinde paket olarak tümleşik devrelerle bu özellikleri içerecek üretim tarzını benimserler. DVB-T sistemleri için halihazırda üretilen mikro devre elemanları, COFDM özellikleri nedeniyle, hiyerarşik modülasyona imkan verecek şekilde üretilmektedir. Hiyerarşik modülasyonda, çok sayıda programların oluşturduğu iki ayrı veri dizisi bir DVB-T dizisi olarak modüle edilir. Bu dizilerden biri "yüksek öncelikli" (HP-High Priority), diğeri ise "düşük öncelikli" (LP-Low Priority) dizi olarak isimlendirilir. İyi özellikte alış durumundaki alıcılar tarafından her iki öncelikli

(HP, LP) veri dizisi de alınırken, daha zayıf alış şartlarındaki alıcılar tarafından sadece yüksek öncelikli (HP) veri dizisi alınır. Yayıncılar, birbirinden tamamen farklı iki servis yapısı içeren, iki farklı tipte DVB-T alıcısını hedefler. Bu servislerden LP dizi içereni, HP'ye oranla daha yüksek bit oranı sunarken, sinyali çeşitli nedenlerle daha yüksek bozulma duyarlılığı gösterir. Örneğin bir yayıncı, izleyicilerinin sinyal alış şartlarını değerlendirerek, HDTV yayınlarını LP dizisi olarak iletmeyi seçebilir. Böylece yayıncılar, hiyerarşik modülasyonla SD ve HD yayınlarını aynı anda sunma imkanı elde ederler[23] .

DVB-T sistemi, yayıncılara COFDM tekniğine uygulanabilecek çok sayıda iletim kombinasyonu ve kolaylık sunmaktadır. Hiyerarşik modülasyon yapısı ile aynı RF kanalından yeterli koruma oranları ile iki ayrı veri dizisini iletme imkanının yanında, "Tek Frekans Ağı" (SFN-Single Frequency Network) planlaması ile aynı RF bloğunu kullanan vericilerle yerel veya ülke boyutunda yayın kapsaması mümkündür. Örneğin, SFN uygulaması ile, ülke kapsaması halinde bir şehirden diğerine seyahat anında frekans değişikliği olmaksızın aynı yayını izlemek mümkün olacaktır. SFN planlamasında; aynı veya farklı programların yayını için birbirinden bağımsız vericilerle, birden fazla frekans kullanılarak yapılan "Çok Frekans Ağı" (MFN-Multi Frequency Network) uygulamasının aksine, tek bir frekansta daha düşük güçlerde yayın yapan vericilerle bir ağ oluşturularak, frekans spektrumunun daha verimli kullanılması sağlanır.

DVB-T sistemi için frekans planlamasında, ülkelerin coğrafi yapılarına göre SFN ve MFN yapıları ayrı olarak veya birlikte kullanılabilmektedir: Geniş Alan MFN (Büyük yerleşim veya ülke kapsaması, aralarındaki mesafe büyük olan çok sayıda verici), Bölgesel SFN (Bölgesel kapsama, aralarındaki mesafe büyük olan birkaç verici), Geniş Alan MFN-SFN (Yüksek güçlü MFN ana vericiler ve kapsamanın yapılamadığı yerlerde "tekrarlayıcı" -Repeater)

---

[23] Gerard Faria, *COFDM: An Opportunity To Operate Differently Broadcast Networks*, Director of Research ITIS, France 1999, s.14.

veya SFN “boşluk doldurucu” (Gap-Fillers) kullanımı birlikte ya da ayrı ayrı yapılabilmektedir.

DVB-T sisteminde frekans planlamasını etkileyen diğer parametreler; taşıyıcı modu, yararlı sembol süresi, güvenlik aralığı, kodlama oranı ve kullanılan modülasyon tipi Tablo 2’de verilmektedir. Bu parametrelerin nasıl değerlendirilmesi gerektiği hususu ileride ilgili bölümlerde açıklanmaktadır[24].

Tablo 2: DVB-T parametreleri

PARAMETRELER		
Taşıyıcı Modu	2-k (1705 taşıyıcı)	8-k (6817 taşıyıcı)
Yararlı Sembol Süresi	224 µs	886 µs
Güvenlik Aralığı	1/4 ,1/8,1/16,1/32	
Kodlama Oranı	1/2 ,2/3,3/4,5/6,7/8	
Modülasyon Tipi	QPSK,16-QAM,64-QAM	

3.1.4. DVB-T Standardı

DVB-T sistemi , ETSI[25] ETS 300 744 standardı ile tanımlanan görüntü ve ses teknik özelliklerini MPEG sıkıştırma standardı temelinde sağlar. Özellikle ses kısmının kodlama sistemi; halen sayısal ses yayıncılığında (DAB-Digital Audio Broadcasting) standart olarak kullanılmakta olan MPEG-1 Layer II (MUSICAM-Masking Pattern Adopted Universal Subband Integrated Coding and Multiplexing) standardını içerir[26]. DVB-T sisteminin transmisyon çerçevesi, düşük bit hızlarında modüle edilmiş binlerce alt taşıyıcı üzerinden, 30 MBit’e kadar hızlarda transmisyon hızını gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Her bir alt taşıyıcı, bilginin sadece küçük bir parçasını taşır. Karasal yayın şartlarında çok yollu propagasyon (Multipath Propagation),

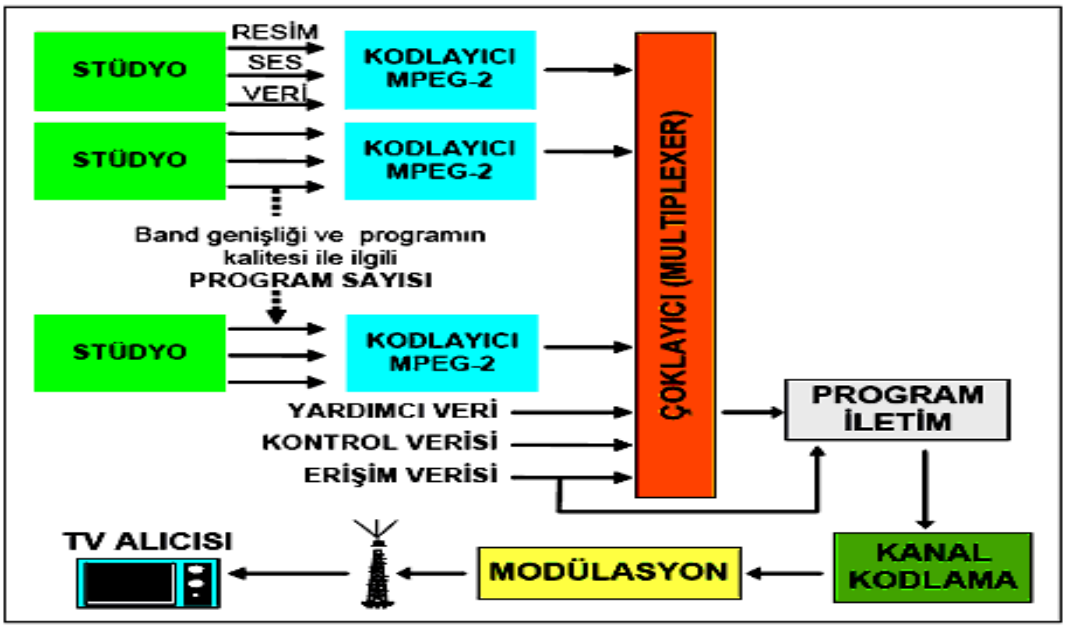
[24] Edward Safford, *A Guide to radio & TV broadcast engineering practice*, USA : Tab,New York 1971,s.67.

[25] ETSI:European Telecommunications and Standards Institute(Avrupa Telekomunikasyon Standartları Enstitüsü). ETSI 5 kıtada 62 ülkeden 700'den fazla üyeye sahiptir. Avrupa Birliği tarafından resmi olarak Avrupa standartları organizasyonu olarak tanınmaktadır.

[26] ITU-R BS. 1114-1, ITU-R, System for Terrestrial Digital Sound Broadcasting to Vehicular, Portable and Fixed Receivers in the Frequency Range 30-3000 MHz, Cenevre, 1995, http://electronics.ihs.com/collections/video/cm183.htm(10.06.2010).

kanal gürültüsü, enterferans gibi nedenlerle bu alt taşıyıcılardan her hangi birisinin bozulması halinde, taşınan bilginin sadece küçük bir kısmı kaybolmuş olur. Şekil 7'de DVB-T şeması gösterilmiştir.

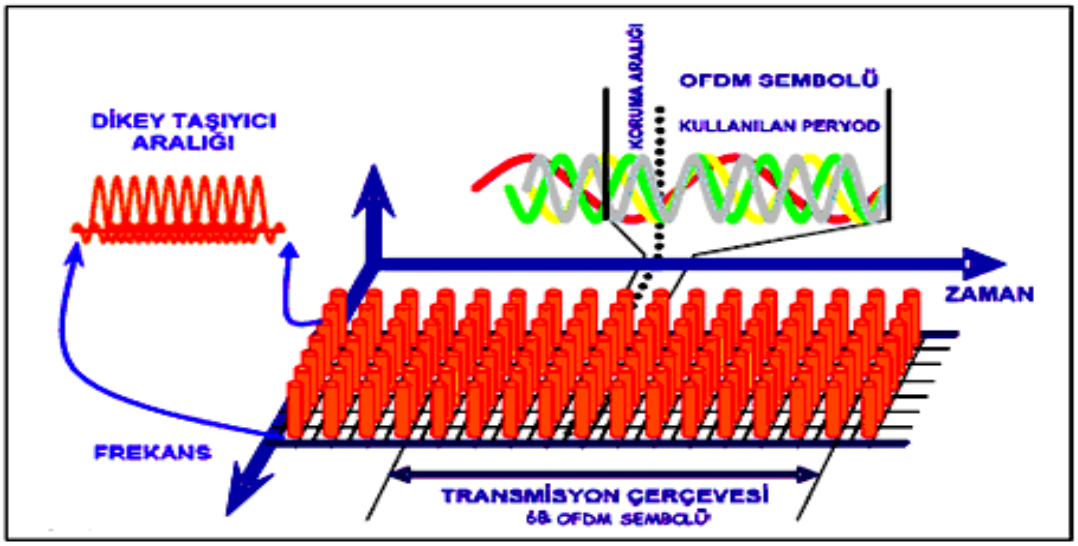
OFDM[27] modülasyon tipinin kodlanmış tipi olan COFDM kullanılmasıyla; taşınacak bilgi iletimden önce kodlanarak, kalan bilgideki koruma kodlarından yararlanmak suretiyle, kaybolan bilginin demodülatörde yeniden elde edilmesine imkan tanınır.



Şekil 7: Genel DVB-T şeması

Transmisyon (iletim) esnasında kötü propagasyon şartları nedeni ile bilgi kaybı olması durumunda bilginin tamamını kaybetmemek için tek taşıyıcı yapısı yerine çok taşıyıcı tekniği kullanılması şematik olarak Şekil 8'de gösterilmiştir.

[27] OFDM : Amerikan sistemi ATSC için 8-VSB (Vestigal Side Band) modülasyonu ve Japon sistemi ISDB-T için OFDM modülasyonu kullanılmaktadır.



Şekil 8: DVB-T Transmisyon çerçevesi

Taşıyıcılar arası enterferanstan kaçınmak için; alt taşıyıcılar arası süre, sembol süresinin tersi ile orantılı olacak şekilde ayarlanmak üzere, alt taşıyıcılar dikey olarak konumlanmıştır. Taşınan semboller arası enterferanstan kaçınmak için, COFDM sembolleri arasına koruma aralıkları yerleştirilmiş ve böylece sembollerin faydalı peryodu artırılmıştır.

COFDM transmisyon çerçevesi düzenlemesi, alıcıda kanalı örnekleyen hızlı Fourier Transform (FFT-Fast Fourier Transform) çerçevesi oluşmasına izin verir. Alıcıda oluşan FFT çerçevesinin süresi, faydalı peryod süresi ile aynıdır. Böylece, koruma aralığı süresinde doğal olarak anten tarafından esas sinyal ile beraber alınan ve faz gecikmeleri ile oluşan bozuk sinyallerin karışımı arasından ana sinyalin seçilmesi sağlanır. Sistemde dikey konumlanmanın yanında çok taşıyıcının ve koruma aralıklarının kullanılması, durgun ve hareketli durumlar için sinyal ekolarına karşı etkili olup, özellikle hareketli alışlarda söz konusu olan Doppler[28] etkileri için önemlidir.

Çoğunlukla 2K ve 8K olarak adlandırılan ve sırasıyla 1705, 6817 aktif taşıyıcı içeren, her biri QPSK veya QAM (16/64) modüleli sinyal işaretinin

[28] Avusturya'lı matematikçi Christian Andreas Doppler, Doppler etkisi denen ve özellikle yansımalarla çok yollu yayılım ile görülen frekans etkilerini açıklamasıyla meşhurdur.

çözülmesi için iki modda da FFT (Fast Fourier Transform) algoritmaları çalıştırılır.

DVB-T sisteminin bant genişliği (kanal), analog karasal yayınlardaki bant genişlikleri (6,7,8 MHz) ile aynıdır.

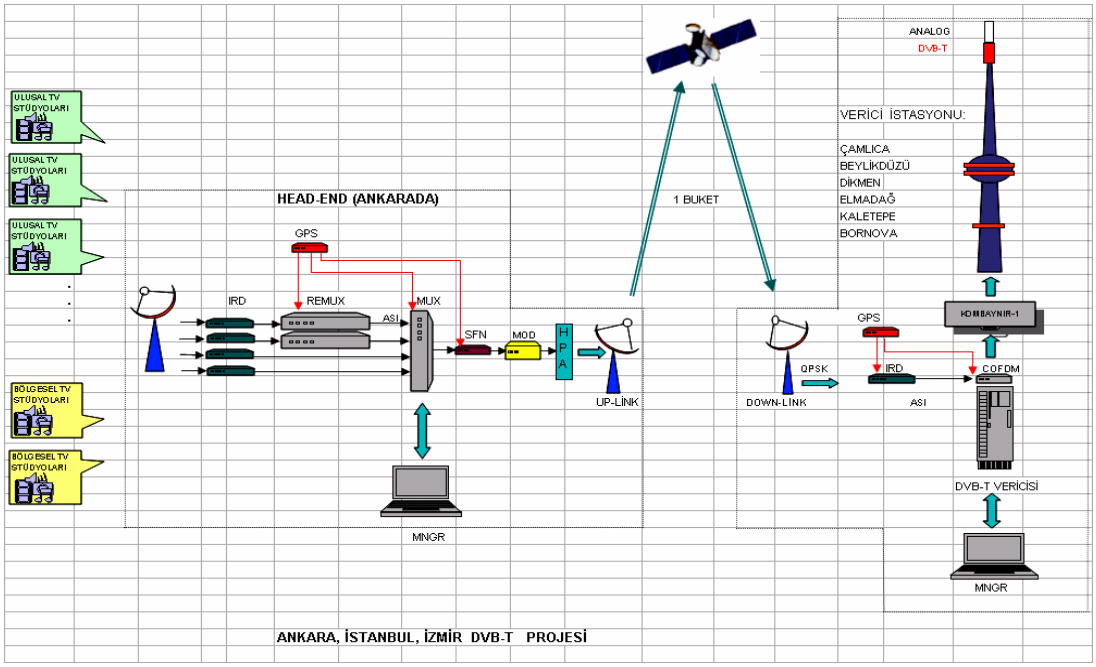
Modülator girişinde taşınacak veri katarı bit oranı; 6, 7, 8 MHz bant genişliğinden hangisinin seçildiğine, seçilen modülasyon yapısına (QPSK veya 16/64 QAM), 1/2'den 7/8'e kadar oranlarda değişen hata düzeltme kodlaması (Error Correction Code) seçimine ve 1/4'den 1/32'ye kadar değişen oranlarda koruma aralığı seçimine bağlıdır (Tablo 3). Bu parametrelerin seçimine bağlı olarak bit oranı, MPEG-2 kodlama için 4Mb/s ile yaklaşık 32Mb/s değerleri arasında değişmektedir. Tablo 3'te, kod oranı; gönderilen veri paketi içinde hata kontrol sembollerinin bilgi içeren yararlı sembollere oranını ve Koruma Oranı; iki veri sembol paketi arasında kalan koruma süresini ifade etmektedir. Sistem tasarlanırken, bu işletim mod'larının seçimi büyük önem arz etmektedir[29].

Tablo 3: Parametrelere Göre Veri Oranları (Mb/s)

Modülasyon tipi	**Her bir alt taşıyıcıdaki Bit sayısı**	**Kod oranı**	**Koruma oranı**			
			1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	2	1/2	4.98	5.53	5.85	6.03
	2	2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
	2	3/4	7.46	8.29	8.78	9.05
	2	5/6	8.29	9.22	9.76	10.05
	2	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	4	1/2	9.95	11.06	11.71	12.06
	4	2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
	4	3/4	14.93	16.59	17.56	18.1
	4	5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
	4	7/8	17.42	19.35	20.47	21.11
64-QAM	6	1/2	14.93	16.59	17.56	18.1
	6	2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
	6	3/4	22.39	24.88	26.35	37.14
	6	5/6	24.88	27.65	29.27	30.16
	6	7/8	26.13	29.03	30.74	31.67

[29] Sean Gilbert, *World Radio TV Handbook: WRTH*, Oxford : WRTH Pub. Ltd.,Oxford 2007,s.43-50.

TRT tarafından 2005 yılından bu yana yapılmakta olan DVB-T deneme yayınlarındaki genel yapı aşağıda verilmektedir. Bu kapsamda Ankara, İstanbul ve İzmir'deki DVB-T vericilerinden zaman zaman deneme yayınları yapılmaktadır.



Şekil 9: TRT DVB-T deneme yayını genel şeması

Genel olarak Şekil 9'u açıklamak gerekirse TV stüdyolarından gelen modüle edilmemiş temel band (baseband) sinyaller multipleks işleticilerde toplanarak tek sinyal TS (transport stream) haline getirilirler, SFN şebekesinde çalışabilmesi için GPS[30]'den geçmesi gerekmektedir. Temel band sinyal modülatörde QPSK ile modüle edildikten sonra uyduya TS'nin çıkabilmesi için up-converter yardımıyla HPA (High Power Amplifier)'da TS frekansı 14 Ghz'ler civarına ve gücü de 100W'lar seviyesine yükseltilir. Uyduya çıktıktan sonra 14 Ghz[31]'ler civarında olan frekans downlink ile 1 Ghz'e indirilir ve modülatörde QPSK modülasyonuna uğrayarak RF sinyali,

[30] GPS (Global Positioning System; Küresel Konumlama Sistemi), düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla arasındaki mesafeyi ölçerek Dünya üzerindeki kesin yeri tespit etmeyi mümkün kılar.

[31] Ghz : 10^9 hertz

vericilerde kullanılacak olan ara sinyal IF'ye dönüştürülür. IRD'ye giren TS sinyali ASI sinyaline dönüşmüş olur ve söz konusu sinyal modüle edilmemiş temel band 1Ghz dolaylarında frekansa sahip bir sinyaldir. COFDM modülatöründe içinde mevcut yazılımlar ile seçilen DVB-T parametreleriyle modüle edilen sinyal, verici antene uygun band aralığında ve gücünde gönderilir[32].

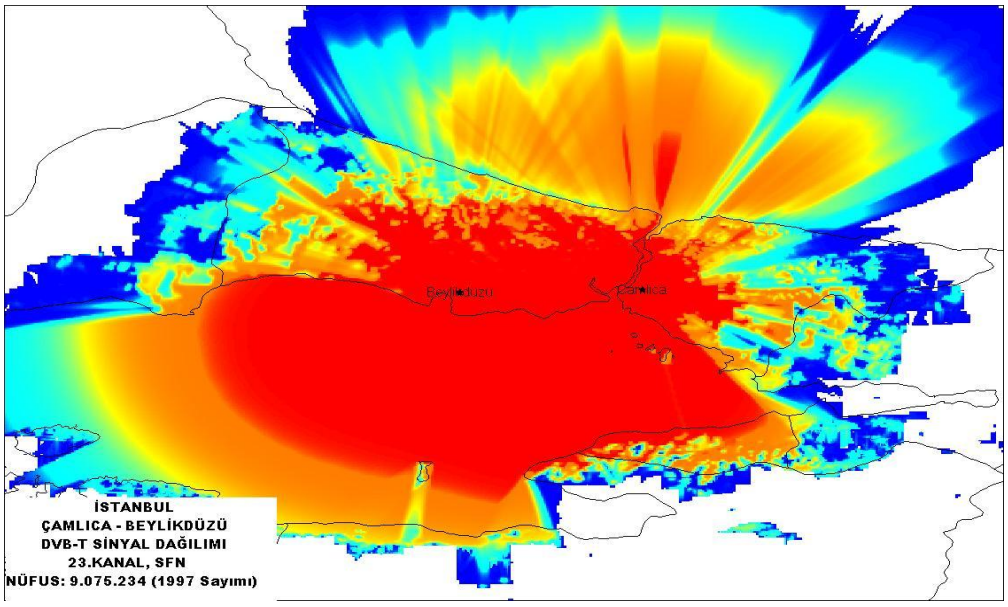
TRT Sitesinde mevcut 1 adet up-link ile Türksat uydularına TRT kanalları çıkılmakta ve doğrudan sayısal olarak vericiye girilmektedir.

Vericiler de; 8k, QPSK, 1/8 (guard interval), 3/4 FEC değerlerinde yayın yapmaktadır.

Vericiler; İstanbul'da her biri 1,2'şer kW olmak üzere 2 verici ile Ankara'da 1,5 kW ve 500 W vericilerle deneme yayını yapılmaktadır.

Vericilerin yayın kanalları: Ankara UHF bandı 31. kanal, İstanbul ise yine UHF bandı 23. kanaldır. Şekil 10'da İstanbul'daki DVB vericisinin kapsama alanı gösterilmektedir.

[32] Wolfgang Hoeg, Thomas Lauterbach, *Digital audio broadcasting : principles and applications of digital radio*, West Sussex : John Witey & Sons,Berlin 2003,s.13.



Şekil 10: İstanbul'daki DVB-T vericisinin (TRT) sinyal seviyesi bakımdan kapsama alanı

3.1.5. DVB-T2 (Karasal Sayısal TV Yayıncılığında İkinci Jenerasyon-ETSI EN 302 755)

DVB-T'den DVB-T2'ye geçiş ile birlikte;

- Daha yüksek veri iletim kapasitesi, daha iyi FEC değeri (DVB-S2 ayarında),
- Daha iyi mobil alış imkanı,
- COFDM Modülasyon tekniğinde, DVB-T'de tanımlı mod'lara ilave yeni mod'lar (1K, 2K, 4K, 8K, 16K and 32K modu),
- İleri seviye modülasyonlar (QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM),
- Farklı bant genişliklerinde çalışma imkanları sağlanmıştır (Bant genişliği: 10, 8, 7, 6, 5, 1.7 MHz).

DVB-T'de 8 MHz'lik bir bant içindeki modülasyon ve mod'lara göre akış hızları Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: DVB-T'de 8 MHz'lik bir bant içindeki modülasyon ve mod'lara göre akış hızları

Modülasyon Tipi	**Kodlama oranı**	**Güvenlik aralığı 1/4**	**Güvenlik aralığı 1/8**	**Güvenlik aralığı 1/16**	**Güvenlik aralığı 1/32**
		Mbit/s	Mbit/s	Mbit/s	Mbit/s
QPSK	1/2	4.97	5.52	5.85	6.03
	2/3	6.63	7.37	7.80	8.04
	3/4	7.46	8.29	8.78	9.04
	5/6	8.29	9.21	9.75	10.05
	7/8	8.70	9.67	10.24	10.55
16QAM	1/2	9.95	11.05	11.70	12.06
	2/3	13.27	14.74	15.61	16.08
	3/4	14.92	16.58	17.56	18.09
	5/6	16.58	18.43	19.51	20.10
	7/8	17.41	19.35	20.49	21.11
64 QAM	1/2	14.92	16.58	17.56	18.09
	2/3	19.90	22.11	23.41	24.12
	3/4	22.39	24.88	26.34	27.14
	5/6	24.88	27.64	29.27	30.16
	7/8	26.12	29.02	30.73	31.66

DVB-T2 için COFDM parametreleri Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5: DVB-T2 COFDM parametreleri

Taşıyıcı Modu	**Sembol süresi [ms]**	**Taşıyıcı aralığı[kHz]**
32K	3.58	0.27
16K	1.79	0.55
8K	0.89	1.11
4K	0.44	2.23
2K	0.22	4.46
1K	0.11	8.92

DVB-T2 için 8 MHz'lik bir bant içindeki akış hızları Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6: DVB-T2'de 8 MHz'lik bir bant içindeki akış hızları

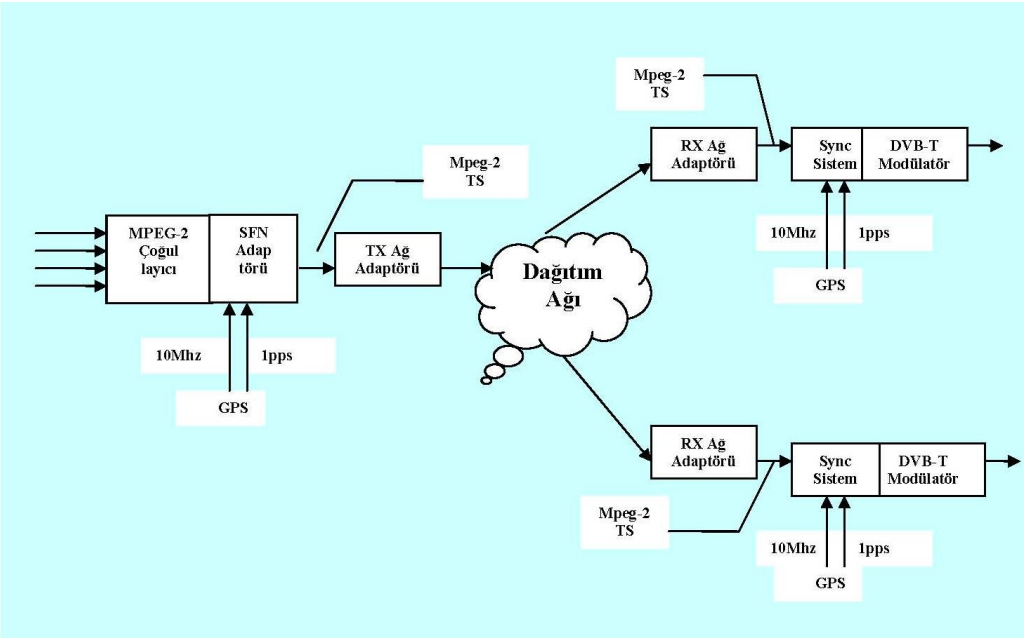
Modulasyon tipi	Kodlama oranı	Akış Hızı[Mbit/s]	Akış Hızı[Mbit/s]
QPSK	1/2	7.56	5.35
	3/5	9.07	6.42
	2/3	10.08	7.14
	3/4	11.34	8.03
	4/5	12.10	8.56
	5/6	12.60	8.92
16QAM	1/2	15.12	10.70
	3/5	18.14	12.84
	2/3	20.16	14.27
	3/4	22.68	16.05
	4/5	24.19	17.12
	5/6	25.20	17.84
64QAM	1/2	22.68	16.05
	3/5	27.22	19.27
	2/3	30.24	21.41
	3/4	34.02	24.08
	4/5	36.29	25.69
	5/6	37.80	26.54
256QAM	1/2	30.24	21.41
	3/5	36.29	25.69
	2/3	40.32	28.54
	3/4	45.36	32.11
	4/5	48.38	34.25
	5/6	50.40	35.68

3.1.6. DVB-T Yayını, Sinyal İletimi, Vericiler

DVB-T sisteminde kullanılan COFDM modülasyon tekniğinin bir üstünlüğü olarak, belirli bir bölgeye yayın ulaştırmak amacıyla, uygun planlamalar dahilinde, birden çok verici aynı frekansta çalıştırılabilir. Buna SFN (Single Frequency Network) çalışma modu denilir ve bu durum frekans spektrumunda büyük tasarruflar sağlar. Bu durumda, aynı programı yayınlayacak olan bu SFN şebekesine dahil vericilerin çok iyi senkronize edilmesi gerekir. Bunun için de GPS uyduları üzerinden sağlanan sinyalleri senkronizasyon amacıyla kullanan uygun donanımların da vericilere ilave edilmesi gerekir. Vericilerden yayın bazında konu değerlendirildiğinde, stüdyoda programların MPEG-2 kodlanması, bu programların multiplekser

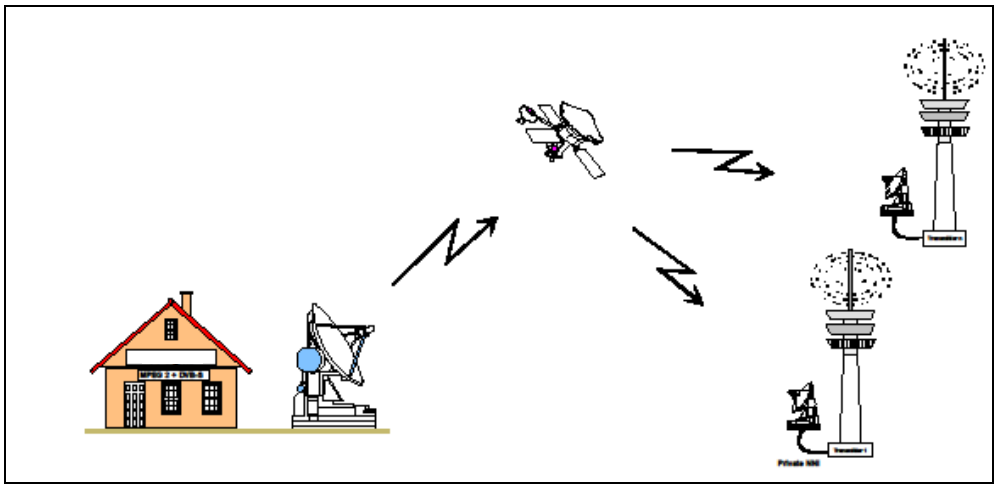
cihazında birleştirilerek, tanımlı tek bir dizge (sinyal) oluşturması (Transport Stream :TS) gerekir.

TS, ASI (Asynchronous Serial Interface) formatında tüm vericilere uygun iletim şebekesi üzerinden iletilir. Bu iletim ağırlıklı olarak uydu üzerinden yapılmakla birlikte, radyolinkler, fiber optik kablolar ya da benzer ortamlardan da yapılabilir. Hem karasal hem de uydu üzerinden iletimlerde ASI-TS sinyali QPSK modülatorü vasıtasıyla modüle edilerek bir IF taşıyıcıya bindirilir. Sonra da bu IF sinyali (genellikle 70 MHz olur)bir up-converter üzerinden geçirilerek uyduya çıkılır ya da karasal linkler üzerinden iletilir. Bu yolla, tek bir noktadan uyduya çıkılarak tüm verici ya da aktarıcı istasyonlarına sinyaller doğrudan ve aracısız olarak iletilmiş olur. Genel bir DVB-T(T2) şebeke planlama yapısı Şekil 11'de gösterilmiştir.



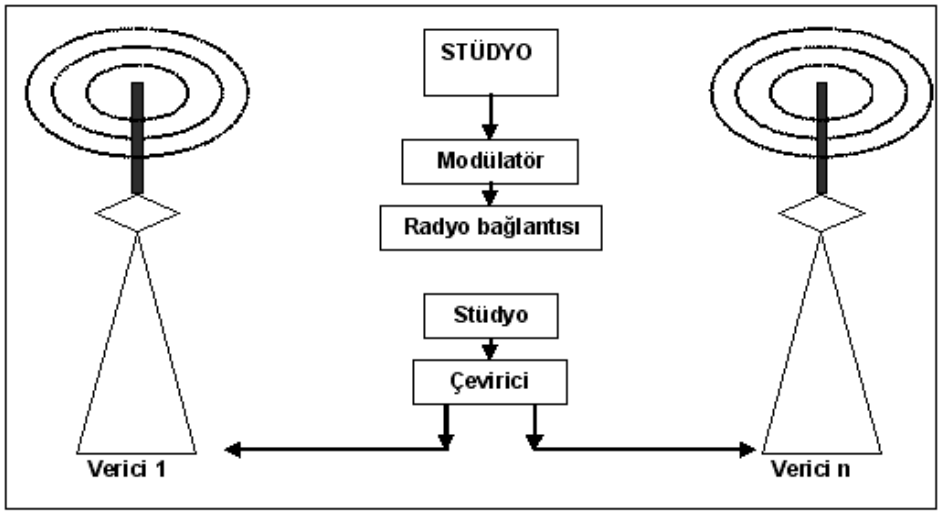
Şekil 11: Genel bir DVB-T (T2) şebeke planlama yapısı

Stüdyo çıkışından itibaren programların (TS'nin) vericilere uydu üzerinden iletilmesi durumunda en genel şebeke yapısı aşağıda yer alan Şekil 12'deki gibidir. Türkiye'de kullanılan iletim sistemi genelde bu yapıdadır.



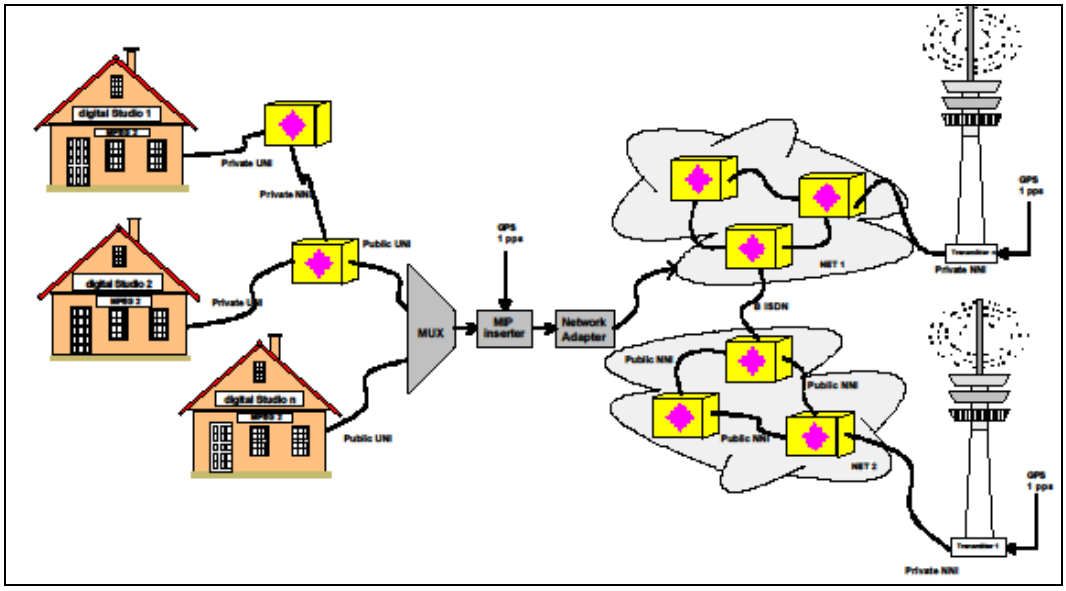
Şekil 12: Uydu üzerinden vericilere program nakline ait şebeke planlaması

Programların iletimi (TS'nin transmisyonu), uydu yerine yersel sistemler olan radyolink ya da fiber optik kablolar yoluyla yapılması durumunda da Şekil 13'te belirtilen yapı kullanılacaktır. Almanya'da kurulan sistem genelde bu şekildedir.



Şekil 13: Programların karasal sistemler üzerinden verici istasyonlarına iletilmesi

Son olarak da iletimin, geniş bantlı sistemler üzerinden yapılması durumunda genel iletim şeması Şekil 14'te verildiği gibi olacaktır. İngiltere'de kurulan sistem genelde bu şekildedir.



Şekil 14: Programların geniş bant altyapı üzerinden vericilere nakli durumundaki şebeke yapısı

3.1.7. Sayısal Karasal Yayında Verici İstasyonları

RF sinyali uydudan ya da karasal link üzerinden parabolik ya da uydu alıcı antenleri ile alınarak , tekrar IF frekansı seviyesine indirilir ve sayısal IRD (Integrated Receiver Decoder) vasıtasıyla tekrar stüdyo çıkışındaki video-audio baseband sinyali elde edilir. Bu yolla, verici istasyonlarında hem analog vericiler için sinyal elde edildiği gibi, DVB-T vericileri için de ASI sinyali elde edilmiş olunur.

DVB-T Vericisi, ASI TS sinyalini bir IF frekansı üzerine, (36.15MHz) COFDM tekniğini kullanarak modüle eder, sonra da sinyal UHF ya da VHF kanalındaki uygun kanala frekansı ayarlanır (up-convert edilir) ve son olarak da uygun bir güce kadar güç yükseltimi yapılır.

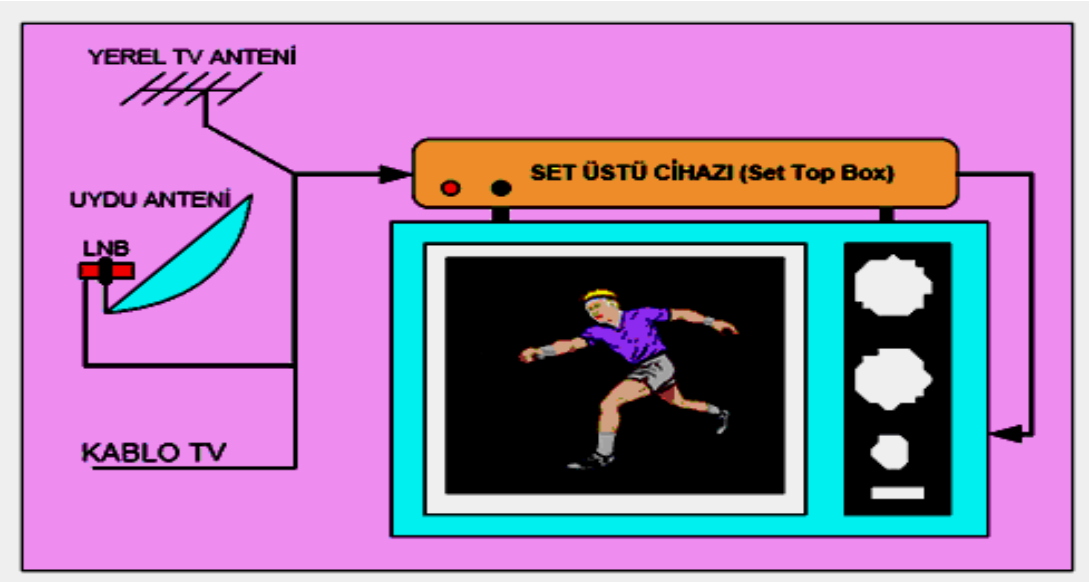
Güç yükselteç çıkışı da bir bant geçiren filtreden geçirilerek sinyal şekillendirilir ve böylece RF bandındaki bitişik diğer kanalları bozmayacak hale getirilir. Sonra da bu çıkış anten sistemine verilir.

Verici istasyonunda, yayının sağlıklı yapılmasını sağlamak üzere elektrik, güç yükselteç katları gibi ünitelerde yedeklemeye gidilmesinde fayda vardır.

3.1.8. Yayın Alış Tarafı

DVB-T sinyali, standart UHF ya da VHF çatı antenleri ile alınarak, DVB-T set-üstü-kutuya iletilir, bu kutudaki demodülatör kanalıyla COFDM modüleli sinyal çözülür ve son olarak da MPEG-2 kodlu sinyalin kodu çözülerek audio-video sinyalleri elde edilir. Bu ses ve resim bilgileri standart TV alıcısına audio-video arayüz birimleri olan SCART ya da koaksiyel kablolarla aktarılır.

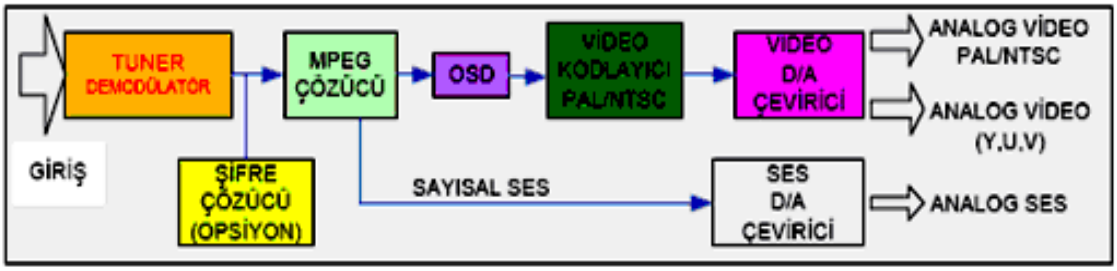
DVB-T alıcıları orijinal olarak sayısal yayınları almak için imal edilen alıcılardır. Halen analog yayınlar için kullanılmakta olan milyonlarca TV alıcısını kısa bir süre içinde değiştirmek mümkün olmadığından, ilk aşamada bu cihazları değiştirmek yerine mevcut analog alıcılarla sayısal yayınları almak için Set Üstü Cihaz (STB-Set Top Box) adı verilen üniteler geliştirilmiştir. Şekil 15'te görüldüğü gibi bu üniteler sayısal yayın işaretlerini alarak analog işaretlere çevirir ve analog TV alıcısına uygun hale getirir.



Şekil 15: Set Üstü Kutu kullanılarak yayınların alınması

Set üstü cihaza antenden gelen modüleli sinyal, önce "Tüner/Demodülatör" bölümünden geçirilerek MPEG-2 veri dizisi elde edilir. Bu noktada, istenirse şifre çözme devresi kullanılarak şifreli yayınların izlenmesi sağlanır. Elde edilen dizi MPEG kod çözücüye uygulanarak sayısal ses ve görüntü işaretinin kodlanmadan önceki hali elde edilir. Sayısal ses, bir sayısal-analog dönüştürücü (Audio DAC) yardımı ile iki veya beş kanallı analog ses haline dönüştürülür.

Sayısal görüntü işaretinin üzerine menü yazıları (OSD-On Screen Display) ve diğer istenen ek görüntüler eklenerek bir video kodlayıcıdan geçirilir ve PAL veya NTSC[33] standardında birleşik görüntü işareti elde edilir. Çıkan işaret sayısal-analog dönüştürücüden (Video DAC) geçirilerek analog görüntü işareti elde edilir[34]. Şekil 16'da görüldüğü gibi sayısal modüleli olarak alınan sinyal, set üstü cihazı vasıtasıyla, analog vericide işlenebilecek olan analog ses ve görüntü sinyali haline çevrilmiş olur. Bütün bu işlemler döngüsü gelişmiş bir mikro işlemci tarafından denetlenir.



Şekil 16: Set Üstü Kutu Cihazı (Set Top Box) blok şeması

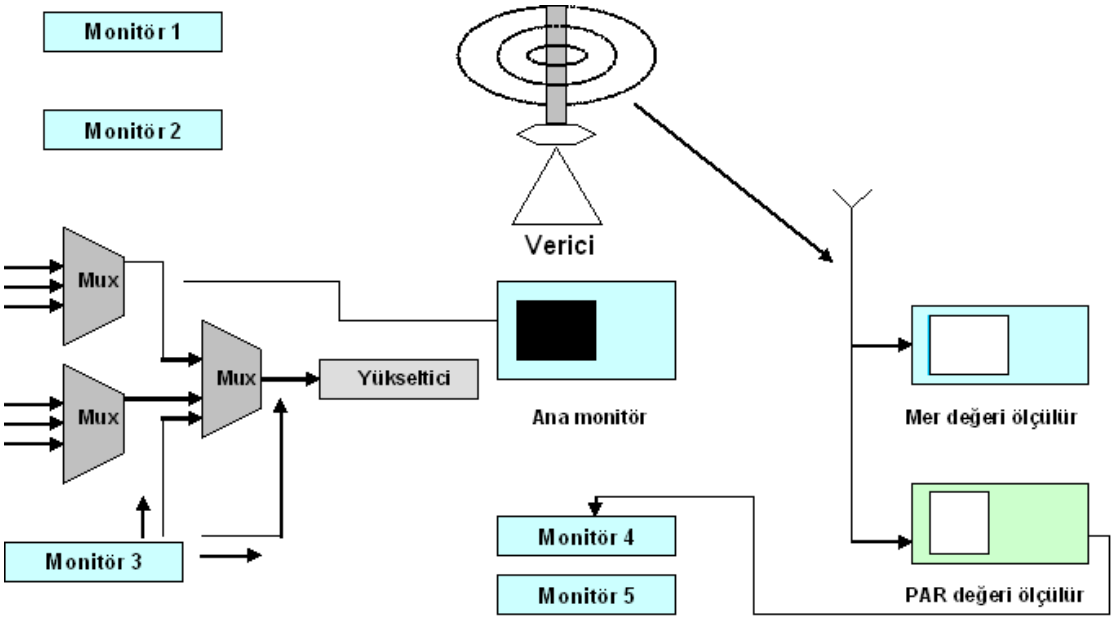
3.1.9. MER (Modulation Error Ratio)

DVB-T vericilerinden yapılan yayınların kalitesini rakamsal olarak gösteren en önemli parametre MER değeridir. Bir yerde bu MER değeri,

[33] NTSC : National Television System Comitee, dünyada yaygın olarak kullanılan bir renk kodlama sistemidir. 525 yatay çizgi, 30 fps resim hızı ile yayın yapmaktadır

[34] Avni Morgül, "Dijital Televizyon Yayınlarının (DVB) Bugünkü Durumu", *Boğaziçi Üniversitesi Elektrik/Elektronik Bölümü*, 2004, s. 14 http://www.satturkey.com (15.08.2010).

sinyalin kalitesinin özetidir. MER değeri, DVB-T yayını için kullanılan COFDM modülatöründen seçilen QPSK, 16QAM ya da 64QAM takım yıldızı (constellation) durumunu gösterir. MER değeri, DVB-T vericisinden yayınlanan sinyalin, alıcı tarafa distorsiyon ya da intermodülasyonlardan dolayı ne kadar bozulmuş olarak iletildiğini gösterir. Amplifier (PA: Power Amplifier) COFDM sinyali üzerinde distorsiyon oluşturur ki ne kadar çok PA varsa, o kadar çok distorsiyondan söz edebiliriz; bu da sinyalin daha çok ideal durumundan uzaklaşmasını sağlar. Bu durumda da MER değeri düşer. Buradan da şunu söyleyebiliriz, MER ne kadar yüksek ise, o kadar kaliteli DVB-T sinyali var demektir. Yayının alıcılara sağlıklı ulaşması, ancak sinyalin her aşamada monitör edilmesi, varsa sorunların bu yolla tespiti gerekir. DVB-T şebekesinin çeşitli aşamalarındaki sinyal monitör yapısı örnek olması bakımından Şekil 17'de verilmektedir.



Şekil 17: DVB-T sinyalinin şebekede monitör edilmesi

Yüksek MER[35] değeri, verici açısından daha geniş kapsama alanı demektir ki iki DVB-T Vericisini aynı çıkış gücünde ancak farklı MER değerlerinde olduğunu varsayarsak, her iki vericinin kapsama alanlarındaki performansı-kalitesi farklı olacaktır.

3.1.10. PA (Power Ampflifier) Üniteleri,

DVB-T sinyali, çok dinamik bir aralığa sahiptir, bu nedenle, yüksek kaliteli COFDM sinyali elde edebilmek için kararlı ve doğrusal (lineer) çalışan güç yükselteçlerinin(PA) kullanılması gerekir. Bu kararlı güç yükselteçleri de ancak sayısal öndüzelteçlerle (pre-correction) sağlanabilir ki, bu da yüksek MER değeri demektir.

Bilindiği üzere, LDMOS amplifikatörler, bipolar ya da mosfet amplifikatörlere göre daha kararlı ve düzgün performansa sahip olduğundan, DVB-T verici performansı da buna bağlı olarak artacaktır. Anfikatörler açısından bir diğer önemli konu da "back-off" değeridir.

Bunu bir örnekle açıklamak daha yararlı olacaktır. Örneğin 1kW tepe (peak) gücü olan analog LDMOS TV vericisini DVB-T'ye çevirmek istersek; öncelikle analog PAL "exciter" ünitesinin "DVB-T exciter" ile değiştirilmesi gerekir. Gerekli tüm ayarlamalar yapıldıktan ve en yüksek DVB-T çıkış gücüne ayarlandıktan sonra okuduğumuz değer 250W RMS (Root Mean Square, toplam ortalama -average- güç) olacaktır.

Bu "back-off" değeri, DVB-T verici gücünün analog vericinin gücüne (peak power) oranıdır ve bu değer dörtte bir ya da 6dB aşağısıdır. PA[36]'ların kalitesi de yine "back-off" değerleri ile ölçülür: en iyi PA, en düşük "back-off" değerine sahip anfidir. LDMOS teknolojisi ile üretilmiş PA'lar 6dB'lik back-off

---

[35] MER ; Mer değeri vericide modifikasyon yapıldıktan sonra modifikasyonun doğru yapılıp yapılmadığının kontrolü için ölçülmesi gereken en önemli parametrelerden biridir.

[36] PA(Power Ampflifier): Güç Yükselteçleri,Modifikasyon öncesi analog vericinin modifikasyona uygun olup olmadığını belirlemede kontrol edilmesi gereken en önemli unsurlardan biridir.

değerini sağlarken, Mosfet ve Bipolar PA'ların aynı değeri 7 ile 9 dB arasındadır.

3.1.11. DVB-T'de Modülasyon

DVB-T modülatörün, yayıncıya tahsis edilen ve en uygun olan parametrelere ayarlanması gerekir. Öncelikle hangi bantta çalışılacağı (VHF, UHF) ve hangi bant genişliğinde çalışılacağı (6-7-8 MHz), çalışma modunun (2k,8k; DVB-T için), takım yıldızı (constellation) yapısının (QPSK, 16QAM, 64QAM), FEC oranının (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) ve son olarak da koruma aralığının (Guard Interval: 1/32, 1/16, 1/8, 1/4) belirlenmesi gerekir. Birkaç örnek vermek gerekirse; Bir UHF DVB-T vericisinin 8 MHz'lik bant genişliği, 8k çalışma modu, QPSK takım yıldızı, 2/3 FEC değeri ve 1/4 koruma aralığı ile birlikte ETSI EN 300 744 numaralı tavsiyelerine göre maksimum 6.64Mbit/s'lik veri akışını elde edeceğimizi gösterir. Bu kapasiteden de ancak bir adet ya da düşük kaliteli 2 adet SD formatında TV programı yayınlanabilir. Buna karşılık, yine aynı tavsiyede görürüz ki, bu konfigürasyona karşılık gelen sabit alışlar için gerekli minimum S/N[37] oranı 5.7dB'dir ve bu da sinyalin alıcı tarafta gürültülere karşı çok üstün olduğunu, kaliteli bir resim alabileceğimizi gösterir.

Başka bir UHF DVB-T vericisinin de yine aynı bant genişliği için ve çalışma modu için, fakat takım yıldızı olarak olarak 64QAM'ın ve 5/6 ileri hata düzeltme oranı (FEC : Forward Error Correction) rate ve 1/32 koruma aralığının seçilmesi durumunda maksimum 30.16Mbit/s'lik veri akış hızına erişildiğini görürüz. Bu kapasiteden de 5-8 adet kaliteli MPEG-2 kodlanmış TV programı iletmek mümkündür.

Bu modda çalışırken, maksimum akış hızına ulaşılmasına rağmen, alış tarafında gerekli minimum S/N oranı 20dB'dir. Bu da göstermektedir ki,

[37] S/N : İletilmek istenen bilgi sinyali ile bu sinyalin üzerindeki gürültü bileşenleri arasındaki orana sinyal gürültü oranı (S/N) denilir. Yayıncılıkta en önemli sorunlardan biri gürültü (parazit) dür. Yayıncı gürültüyü mümkün olduğu kadar düşük tutmak zorundadır.

yüksek akış hızında alıcı tarafta kaliteli bir resim elde edebilmek için daha yüksek sinyal seviyesi oluşturmamız gerekir.

Bu iki örnekteki verici güçleri eşit ise, bu durumda ilk örnekteki verici ikincisine göre daha yüksek kapsama alanına sahip olacaktır[38].

3.1.12. Sayısal Modülasyon Yöntemleri

Bütün standartlarda görüntü sıkıştırma yöntemi olarak MPEG-2/4 kullanılmaktadır. Avrupa'daki sayısal TV yayınlarında DVB standardının (ISO/IEC1318, ITU-R601) üç değişik modülasyon biçimi kullanılmaktadır.

- COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Modulation),
- QPSK (Quadrature Phase Shift Keying),
- QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

A.B.D.'de yerel yayınlar için COFDM yerine tek yan bandı kısmen bastırılmış bir genlik modülasyonunun (bugün analog yayınlar için kullanılan modülasyon) sayısala uyarlanmış şekli olan 8-seviyeli VSB (Vestigal Side Band) modülasyon tercih edilmiştir. Amerikan standardında VSB modülasyonu trellis kodlaması ve Reed-Solomon tipi hata kodlaması ile birlikte kullanılmaktadır[39].

Sayısal modülasyonda temel olarak analog modülasyon tekniğinden bilinen, genlik faz veya frekans modülasyon teknikleri kullanılır. Modülasyonu sayısal yapan özellik; modüle eden sinyalin sayısal olması, yani sadece önceden belirlenmiş sınırlı sayıda değerler alabilmesidir. Örnek olarak eğer ikili (binary) bir sayısal modülasyon söz konusu ise gri sinyali sadece 0/1 gibi iki farklı değer alabilir. Modülasyon sonunda da sadece iki farklı taşıyıcı

---

[38] Hervé Benoit ,*Digital Television MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system*, John Wiley & Sons Inc (Arnold), New York 1997,s.43.

[39] Martyn J. Riley, *Digital Video Communications*, Artech House, Boston 1997,s.65.

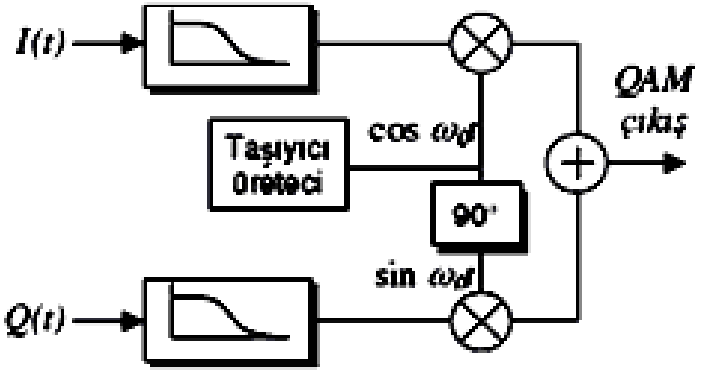
sinyali çıkar. İletişim sistemlerinde özellikle de sayısal TV sistemlerinde frekans bant genişliğinin mümkün olduğunca az yapılabilmesi için ikili sistemler yerine çoklu sayısal modülasyon teknikleri tercih edilir. Örnek olarak 4-seviyeli genlik modülasyonunda 0-1-2-3 volt genlik seviyeleri kullanılabilir. Frekans bant genişliğini daha da azaltmak için aynı frekansta birbirine dik iki taşıyıcı (sinüs ve kosinüs) kullanılırsa bu tür modülasyona da Dikgen Modülasyon (Quadrature Modulation) adı verilir. Sayısal giriş sinyalleri "0" ve "1" seviyesine karşı düşen kare dalgalar biçimindedir. Böyle bir kare dalganın frekans bant genişliği teorik olarak sonsuzdur ve iletilebilmesi için sonsuz bant genişliğine gerek vardır. Bu ise pratik olarak imkansızdır. Dolayısı ile sayısal sinyalleri sonlu bant genişliği olan iletim kanallarından geçirebilmemiz için bunların frekans sınırlayıcı süzgeçlerden geçirilmesi gerekir. Bu süzgeçlerin bant genişliğinin uygun seçilmesi çok önemlidir. Semboller arası karışmayı önlemek için zaman uzayındaki sinyalin sıfırdan geçtiği anlar işaret periyodunun tam katı olmalıdır. Böylece semboller arası karışma önlenmiş olur.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) modülasyonunda iki gri sinyali vardır. Bu sinyaller birbirine dik yani aralarında 90 derece faz farkı bulunan iki taşıyıcıyı kipler.

Eğer taşıyıcılardan biri $\sin w_0 t$ şeklinde ise diğeri $\cos w_0 t$ şeklinde olacağından çıkış işareti :

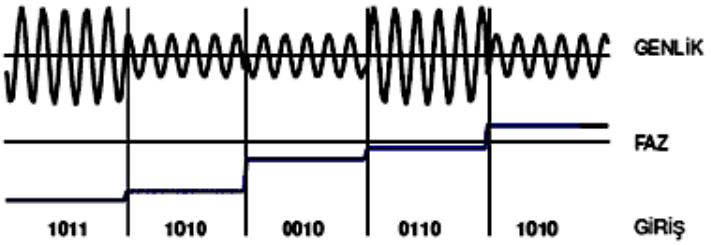
$S(t) = a\cos w_0 t + b\sin w_0 t$ şeklinde ifade edilebilir.

Burada a ve b katsayıları sayısal giriş sinyalleri olan "1" ve "0" lardan oluşur. Bunu gerçekleştirmek için iki çarpma devresi ve bir faz kaydırıcıdan oluşan Şekil 18'teki devre kullanılabilir. Karışmaları önlemek için giriş sinyalleri bir alçak geçiren süzgeçten (tercihen Nyquist süzgeci) geçirilmelidir. 16 QAM kodlamada 16 değişik kelime söz konusu olduğuna göre her kelime 4-bit uzunlukta ve a, b katsayıları da ikişer bit uzunlukta olmalıdır.



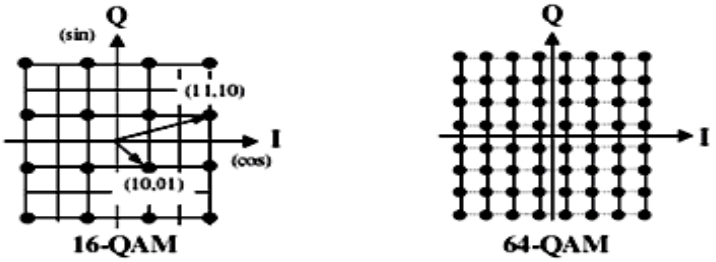
Şekil 18: QAM Modülasyonun yapılışı

Alıcı tarafta sinyalin en az hata ile çözülebilmesi için elde edilecek 16 değişik vektörün birbirine eşit uzaklıkta olması gerekir. Bu uzaklığa 2 birim dersek, a, b katsayılarının -3;-1;+1 ve +3 olarak seçilmesi gerekir. a ve b'nin her biri dört ayrı değer alabildiğine göre 4x4=16 değişik vektör tanımlanabilir. QAM Modülasyonunun zamanla değişimi Şekil 19'da verilmiştir.



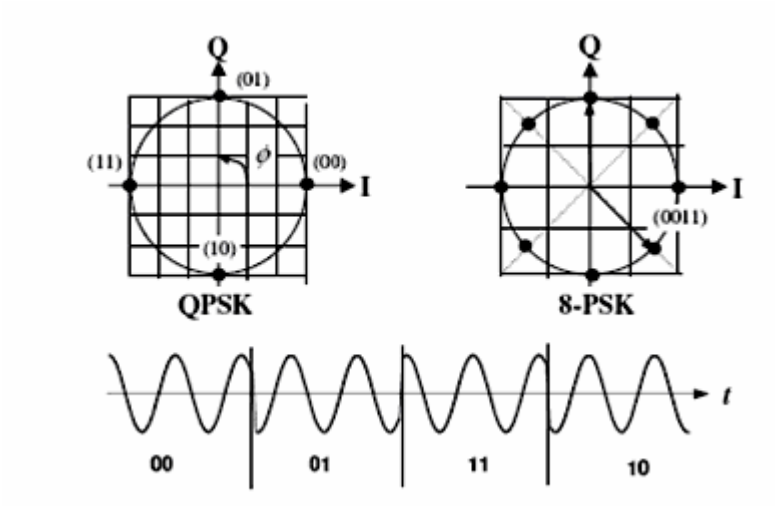
Şekil 19: QAM Modülasyonun işaretinin zamanla değişimi

Benzer şekilde 64-QAM kodlamada a, b katsayılarının her biri 8 farklı değer alabilir (3-bit) ve vektörlerin yerleşimi Şekil 20'deki gibi olur.



Şekil 20: 16 ve 64 QAM Modülasyonun çıkış vektörleri

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) : Faz bilgisinin gelen sayısal bilgiye göre değiştirilmesi esasına dayanır. Faz değişikliği bir değerden diğer değere ani olarak değiştirildiğinden bu tür modülasyonlara genellikle “Faz Kaydırma Anahtarlaması (Phase Shift Keying, PSK)” adı verilir. PSK bir sinyal şeklinde gösterilebilir. M sayısı faz’ın kaç değişik değer alabileceğini göstermek üzere sayısal faz modülasyonu “M-PSK” şeklinde ifade edilir. En basit faz kaydırmalı modülasyon M=2 için elde edilen ikili PSK modülasyon olup “Binary PSK” olarak adlandırılır. En çok kullanılan ise M=4 için elde edilen QPSK modülasyonudur. Bu modülasyonda faz değişimleri 90 derecelik atlamalarla Şekil 21’deki gibi olur.



Şekil 21: PSK modülasyonda çıkış vektörleri QPSK modüleli işaretin değişimi

QPSK modülasyonda kod çözme sırasında oluşacak hataları ve frekans band genişliğini en aza indirmek için “GRAY” kodlaması kullanılır. GRAY kodlamasında her seferinde en çok bir bit değişimine izin verilir. Yani 00’dan 11’e atlanmaz. Örnek olarak 2-bitlik GRAY kodlaması 00,01,11,10 şeklinde 4 kelimeden oluşur.

COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Modulation): Avrupa ülkeleri karasal sayısal TV yayınları (DVB-T) için VSB sistemine göre daha karmaşık olan fakat özellikle yansımalı olarak yayılan sinyallerde daha hatasız çalışan COFDM modülasyon sistemini kabul etmişlerdir. Bu tür yayınlar ilk olarak 1999 yılında İngiltere'de başlamıştır.

Örtüşmeye izin verdiğinden frekans spektrumunu daha etkin olarak kullanır,

Frekans bölgesini dar bantlı ve düzgün pek çok alt kanallara böldüğünden frekansa bağlı zayıflamaya (frequency selective fading) tek taşıyıcılı sistemlere oranla çok daha fazla dayanıklıdır,

Çerçeveler arasına fazladan bitler konularak semboller arası (ISI) ve çerçeveler arası (IFI) karışma önlenebilir,

Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) teknikleri sayesinde modülasyon ve kip çözme işlemleri kolaylıkla uygulanabilir,

Kanal frekans düzeltmesi (Equalization) adaptif teknikler kullanılmasına gerek kalmadan kolaylıkla yapılabilir,

Örnekleme zamanı kaymalarına karşı daha az duyarlıdır,

Yan kanal karışmaları ve parazitik gürültülerden daha az etkilenir.

Bunlara karşılık OFDM modülasyonunun kötü yanları da vardır. Bunlar:

OFDM işaretinin genlik değişimi gürültü sinyali gibi ani yükselmeler ve düşmeler gösterir. Yani işaretin tepe değeri ile ortalama değeri arasında 6/1 hatta bazen 8/1 gibi büyük oranda farklar vardır. Bu da kullanılacak RF güç

kuvvetlendiricilerinin büyük dinamik seviyeye sahip olmalarını ve düşük verimli olmalarını gerekli kılar,

Taşıyıcı frekans kaymalarına çok duyarlıdır.

DVB-T yayınlarında kullanılan OFDM kodlamasında 2048 (2k) ve 8192 (8k) taşıyıcı olmak üzere iki farklı yayın modu kullanılır.

"2k" Modunda taşıyıcı sayısı az olmakla beraber çerçeve hızı daha fazladır. Sonuç olarak her iki mod'daki veri hızı yaklaşık olarak aynıdır. "2k" Modunda taşıyıcılar arasında yaklaşık 4kHz aralık vardır ve sembol uzunluğu 250us'dir. Buna karşılık "8k" modunda taşıyıcılar arasında yaklaşık 1kHz aralık vardır ve sembol uzunluğu 1ms'dir. "8k" Modu frekans kaymalarına karşı çok duyarlıdır. Buna karşılık "2k" modu frekans kaymalarına dayanıklı olmakla beraber uzun gecikmelerden daha çok etkilenir. Bu yüzden 8k modu sabit sistemler için, 2k modu ise doppler etkisine dayanıklı olduğundan hareketli sistemler için daha uygundur.

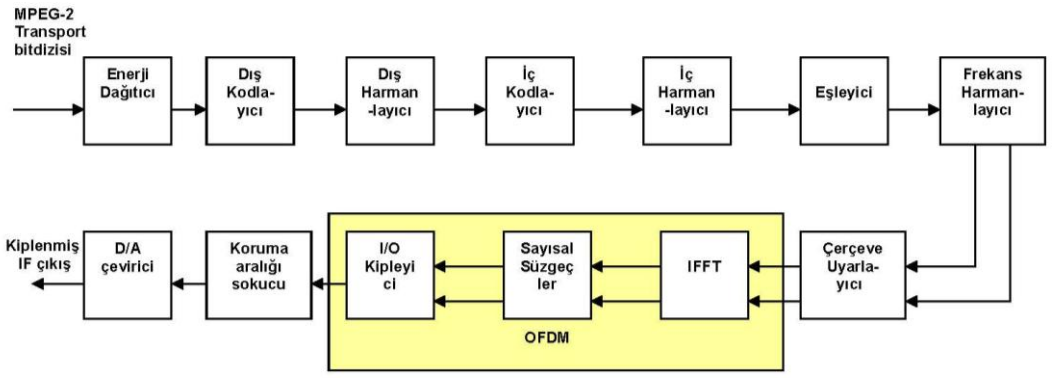
Bu taşıyıcıların hepsi veri iletiminde kullanılmaz. Bunlardan bir kısmı sinyal gücünü ve iletim ortamının özelliklerini belirlemek için (TPS:Transmission Parameter Signalling) ve kanaldaki yansımaların yok edilmesi için kullanılır. Bir kısmı hiç kullanılmaz. Bir kısmı da pilot olarak kullanılır.Mod'ların Teknik Kriterleri Tablo 7'de özetlenmiştir.

Tablo 7: Mod'ların teknik kriterleri

Toplam taşıyıcı sayısı	**2k Modu**	**8k Modu**
	2048	8192
Sembol Uzunluğu	250 µs	1 ms
Taşıyıcı Aralığı	4 kHz	1 kHz
Kullanılan taşıyıcı sayısı	1705	6817
Dağıtılmış pilot taşıyıcı	142/131	568/524
Sürekli pilot taşıyıcı	45	177
TPS taşıyıcı	17	68
Sinyal taşıyan taşıyıcı	1512	6048

Gönderilecek sinyalin önemine göre taşıyıcılar 4QAM(QPSK), 16QAM veya 64QAM olarak kiplenir. MPEG kodlama parametreleri, yayın başlıkları gibi önemli parametreler QPSK olarak kiplenir. Buna karşılık bozulması halinde hayati bir kayıp olmayan görüntü bilgileri ise gürültüye karşı daha dayanıksız olan fakat daha çok veri taşıma kapasitesi bulunan 64QAM yöntemiyle kiplenir.

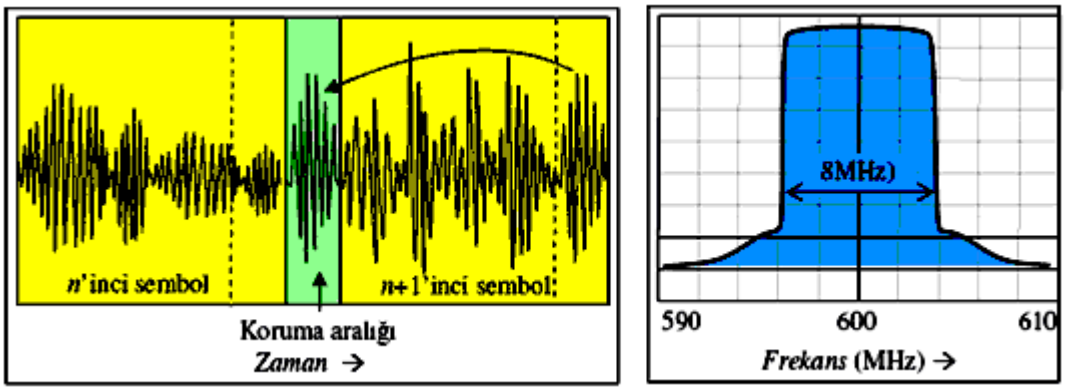
MPEG Transport dizisi OFDM kipleyiciye verilmeden önce bit dizileri üzerinde “Enerji Dağıtıcı” blok yardımı ile değişiklikler yapılarak elde edilecek sinyalin her frekanstaki enerjilerinin mümkün olduğu kadar eşit yapılmasına çalışılır. Daha sonra dış ve iç hata kodlayıcı ve harmanlayıcı devreler yardımı ile sayısal işaretler iletim hatalarına karşı korunur. Şekil 22’de COFDM Modülasyonu anlatılmaktadır.



Şekil 22: COFDM Modülasyonunun blok şeması

Uydu yayınlarında olduğu gibi dış kodlayıcıda Reed-Solomon kodlaması iç kodlayıcıda ise Evrişimli kodlama (Convolutional coding) kullanılır. Evrişimli kodlamada R=1/2 ile 7/8 arası kod oranlarından herhangi biri seçilebilir. En sonunda veri bitleri çerçeveler halinde OFDM kipleyiciye uygulanır.Kipleyici çıkışında çerçeveler arasına çerçeve uzunluğunun 1/4 ila 1/32’si kadar koruma (guard) aralıkları bırakılır ve bu aralıklar çerçevenin son kısmındaki sinyalin aynısı ile doldurulur. Böylece alıcıda bu sinyalin kendisi ile evrişimi (otocorrelation) kullanılarak sembol eş zamanlaması kolayca

yapılır. COFDM Modülasyonunun zaman ve frekans uzayında görünüşü Şekil 23'te gösterilmektedir.



Şekil 23: COFDM Modülasyonunun zaman ve frekans uzayında görünüşü

Karasal OFDM TV sinyali 6-7-8 Mhz band genişliklerinde yayınlanabilir. Kullanılacak band genişliğine göre sembol süreleri, taşıyıcı frekans aralıkları ve IFFT örnekleme frekansları ayarlanır. Kanal bant genişliklerine göre mod'lar bazında parametreler Tablo 8'de gösterilmektedir.

Tablo 8: Kanal bant genişliklerine göre mod'lar bazında parametreler

Kanal Bandgenişliği (MHz)	8	7	6
Sinyal Band genişliği(Mhz)	7,61	6,66	5,70
Örnekleme Frekansı(Mhz)	9,14	8,0	6,65
Sembol Süresi(µs)	224	256	298,7
Taşıyıcı Aralığı(kHz)	4,46	3,90	3,34

a)"2k" modunda kanal bant genişliğine göre ayarlanan parametreler

Kanal Bandgenişliği (MHz)	8	7	6
Sinyal Band genişliği(Mhz)	7,60	6,65	5,70
Örnekleme Frekansı(Mhz)	9,14	8,0	6,85
Sembol Süresi(µs)	896	1024	1194,7
Taşıyıcı Aralığı(kHz)	1,11	0,97	0,83

b)"8k" modunda kanal bant genişliğine göre ayarlanan parametreler

3.1.13. Tek Frekans Ağı (SFN : Single Frequency Networks)

Tek frekans ağları, frekans spektrumundan tasarruf sağlamak amacıyla yapılacak frekans planlamalarındaki en iyi yöntemdir. SFN şebekesi, genellikle, küçük ya da orta büyüklükte olmalı ve bir şehri ya da belirli bir bölgenin kapsaması hedeflenmelidir.

Bu yolla, bir çok SFN'den oluşan ulusal çapta MFN (Multi-Frequency Network) şebekeleri kurularak, ülke tamamen kapsanabilir. SFN'nin temeli, tamamen aynı programları yayınlamak üzere, tam senkronlanmış halde doğru planlanmış bir şebeke içindeki 2 ya da daha fazla vericinin aynı frekansta çalışması anlamına gelir. Buradaki en önemli hususlardan birisi, stüdyodan vericilere iletilen sinyalin (TS), vericilerden yayınlanan sinyalin ve frekansın diğer SFN şekesine dahil vericilerle tam senkron olmasıdır. Bu da Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS : Global Positioning System) sinyali vasıtasıyla sağlanabilir.

Stüdyoda senkronizasyon, sinyalin iletim ortamına verilmeden önce (uydu, kablo, link gibi) multipleksırdan sonra GPS alıcı ile senkronlanmış SFN uyarlayıcı (adapter) yoluyla yapılır. Tabii ki, vericilerin birbirlerine olan uzaklıklarının da belirlenen koruma aralığı sınırları içinde olması gerektiği unutulmamalıdır.

Analog TV yayınlarında bir verici belli bir kanalda, örnek olarak UHF 60. kanalda, yayın yapıyorsa bu vericinin kapsama alanı içinde aynı kanalda ve komşu 59. ve 61. kanallarda ve bu kanaldan 39 MHz ötedeki 66 -67. kanallarda başka bir verici yayın yapamaz. Aksi takdirde bu vericiler birbirinin işaretini karıştırıp bozar. Bu yüzden özellikle İstanbul, Ankara gibi büyük şehirlerde aynı yayınlar başka bölgelerde farklı kanallardan yayın yaparlar. Bu da bir bölgede yayın yapabilecek program sayısını büyük ölçüde sınırlar.

Sayısal karasal yayın sisteminde aynı bölgedeki vericiler aynı frekanstan eş zamanlı yayın yapabilirler. Bu sisteme "tek frekanslı yayın

sistemi, SFN *(*single frequency network*)*" adı verilir. Bu sistemde değişik vericilerden gelen sinyaller alıcı tarafından tıpkı yansımış işaretler gibi algılanır. Yansımış sinyaller yansıma süresi belli bir değerden az olduğu zaman OFDM kiplemede bir sorun yaratmaz ve temiz bir görüntü elde edilebilir.

Yansımaların ve aynı frekanstaki diğer vericilerden gelen sinyallerin bozucu etki yapmaması için en uzun gecikme süresinin OFDM paketleri arasındaki koruma aralığı (guard) süresinden kısa olması gereklidir. Bu da aynı frekanstaki vericiler arasındaki en uzak mesafeyi sınırlar. Elektro-manyetik dalgalar ışık hızında yayıldığına göre bu mesafe kolayca hesaplanabilir. Tablo 9'da çeşitli yayın modları için bu mesafeler verilmiştir.

Tablo 9 : "8k" ve "2k" modlarında kanal bant genişliğine göre vericiler arasındaki en uzak mesafeler

Mod	**8/7 Mhz kanal**			
	Koruma Aralığı oranı	**Sembol süresi µs**	**Koruma Aralığı µs**	**Verici Uzaklığı Km**
2k	1/4	224/256	56/64	16,8/19,2
2k	1/32	224/256	7/8	2,1/2,4
8k	1/4	896/1024	224/256	67,1/76,7
8k	1/32	896/1024	28/32	8,4/9,6

Görüldüğü gibi 8k mod'unda 2k mod'una göre daha geniş bir kapsama alanı elde edilmektedir. Ayrıca kanal band genişliği azaldıkça da mesafe artmaktadır. Bu tür yayının en zor tarafı vericiler arasında eş zamanlılığı sağlamaktır. Bunun için GPS uydularından yararlanılır. Bu uydulardan bir saniye aralıklı eş zamanlama sinyalleri yayınlanır. Profesyonel GPS alıcıları bu sinyalleri kullanarak 10MHz'lik bir referans frekansı üretir. Vericiler bu referans frekansı kullanarak birbirine kenetli, fazı ve frekansı aynı olan,

taşıyıcı frekansları üretirler. Ayrıca 1 saniyelik referanslar kullanılarak mega paketlerin aynı anda yayınlanması sağlanır[40].

3.1.14. DVB-T Aktarıcı ve Boşluk Doldurucular (Gap-Filler)

DVB-T şebekesini planladıktan, hatta kurduktan sonra yapılacak çalışma, şebeke içinde yeterli sinyal seviyesine ulaşılamayan yerlerin tespit edilmesidir. Özellikle coğrafi yapıdan kaynaklanan sorunlar nedeniyle ya da bazı vericilerin "gölgesinde kalması"ndan (shadow zones) dolayı yayın alamayan noktaların tespit edilmesi gerekir.

Bu bölge ya da alanlara yayın ulaştırmak üzere ya aldığı sinyali kuvvetlendirip farklı frekans üzerinden, yayın aldığı vericiye göre daha düşük güçteki aktarıcılarla ya da bir vericiden ya da aktarıcıdan sinyali alıp frekansında değişiklik yapmadan şebekenin en düşük güçlü vericileri olarak tanımlanan boşluk doldurucular ile şebekenin tamamlanması gerekir.

Şebeke eğer SFN ise, doğal olarak kapsanamayan alanların boşluk doldurucular ile doldurulması gerekir. Ancak bir MFN yapıda, farklı bir kanaldan yayın yapacak şekilde bir verici ya da aktarıcı ile boşluklar doldurulur.

Bu cihazlarla yayın yaparken dikkat edilecek en önemli husus, alış kolu ve veriş kolundaki frekansların aynı olmasından dolayı, dikkatli planlama ve montaj yapılamaz ise, cihaza zarar veren bir geri besleme (feed-back) sözkonusu olabilir.

Eğer boşluk doldurucular bir SFN şebekesi içinde bir yere kurulacak ise de, biraz önce sözünü ettiğimiz hassasiyet daha da artacaktır. Çünkü, bu cihazın anteninden yayınlanan sinyalin geri besleme yoluyla alış kolundan cihaza zarar verme tehlikesi yanında, SFN şebekesindeki tüm vericilerle aynı

---

[40] Murat Tekalp, *Digital Video Processing*, Prentice Hall, New York 1995,s.56.

frekansta çalışacağından, diğer vericilerden aldığı sinyal doğrudan gelen değil, yansıyarak gelen sinyal olabilir. Böyle bir durumda boşluk doldurucuların sayısal işlemci (processor) katında Dijital Eko Giderici (Digital Echo Canceller) adlı bir cihaz kullanmak gerekir[41].

3.1.15. Sayısal Yayında Görüntü Formatları

Sayısal TV yayını için görüntü sıkıştırma yöntemi olarak her ne kadar MPEG-2 standardı kabul edilmişse de elde edilmek istenen resim kalitesi ve kullanılacak ülkelere göre değişik resim formatları söz konusudur. Bu standartlar resim kalitesine göre "Yüksek Çözünürlü (HDTV)" ve "Standart Çözünürlü (SDTV)" olmak üzere ve ülkelere göre de 50 ve 60 Hz olmak üzere dört ayrı kategoride değerlendirilebilir.Tablo 10'da sayısal görüntü formatları gösterilmiştir.

Tablo10: Sayısal görüntü formatları

	50 Hz		60 Hz	
	HDTV	SDTV	HDTV	SDTV
Benek×Satır	1920×1080 1280×720	720×576 544,480,352×576	1920×1080 1280×720	704×480 640×480
En:Boy	16:9	16:9,4:3	16:9	16:9,4:3
Tarama	Sürekli(P) Geçmeli(I)	Sürekli(P) Geçmeli(I)	Sürekli(P) Geçmeli(I)	Sürekli(P) Geçmeli(I)
Çerçeve/s	50I,25P 50P,25P	50I,50P,25P 50I,25P	60I,30P,24P 60P,30P,24P	60I,60P,30P,24P 60I,60P,30P,24P

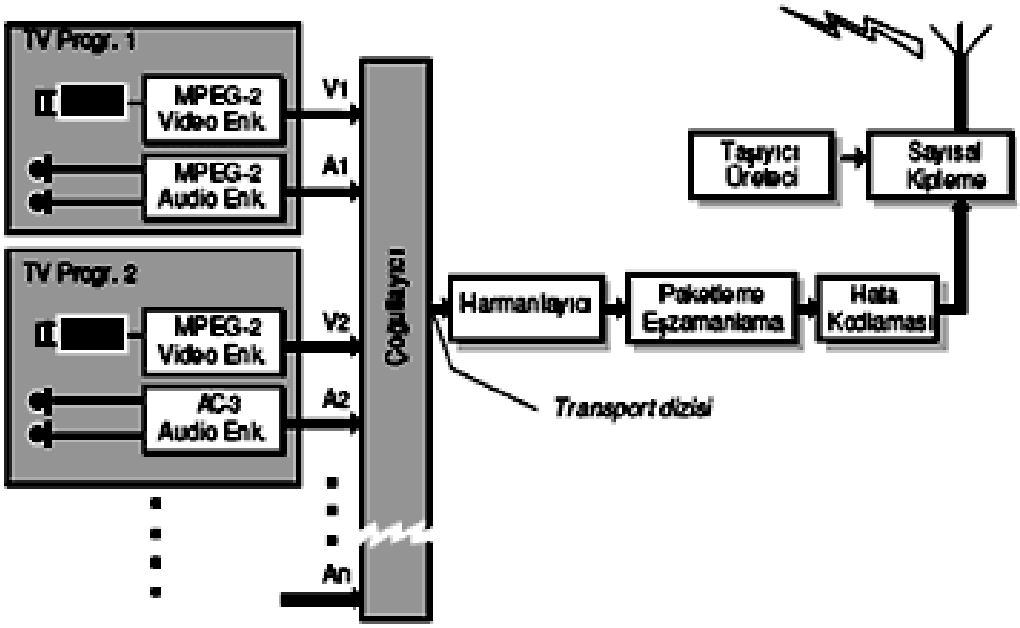
3.1.16. Sayısal Tv İşaretlerinin Çoğullanması

Sayısal TV işaretlerinin yayınlanması için sayısal ses ve görüntüye ait verilerin önce paketler haline getirilmesi, sonra bu paketlerin harmanlanarak birleştirilmesi (zaman çoğullaması) ve tek bir bit-dizisi haline getirilmesi gerekir. Bu dizi kullanılacak yayın standardına uygun bir şekilde kiplenerek

[41] Avni Morgül ,*Dijital Televizyon*, Anten Dünyası yayınları, İstanbul, 2002,s.24.

yayına verilir. Sayısal TV işaretlerinin paketlenerek yayınlanması Şekil 24'te gösterilmiştir.

MPEG görüntü ve ses kodlayıcısından ayrı ayrı gelen paketler ardı ardına eklenerek taşıma (transport) katmanı oluşturulur. Ses ve görüntü paketlerinin sayıları ve uzunlukları eşit değildir. Hangi paketin hangi bilgiyi taşıdığı başındaki "*Paket Başlığı*" kısmına bakılarak anlaşılır.



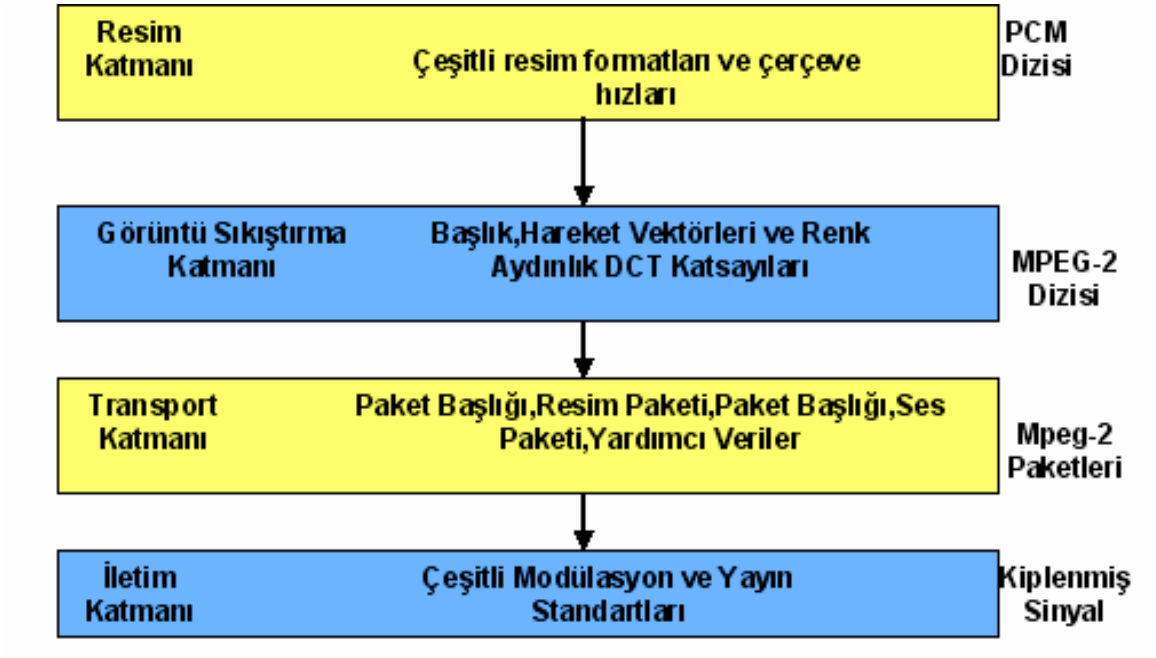
Şekil 24: Sayısal TV işaretlerinin paketlenerek yayınlanması

Çoğu zaman sayısal TV yayını yapan kuruluşlar birden fazla TV yayınını aynı "yayın paketi" içinde gönderirler. Bu durumda sadece bir takım ses ve görüntü işaretlerin değil, birden fazla stüdyodan gelen işaretlerin birleştirilmesi gerekir[42].

[42] Bernard Grob ,*Basic Television and Video Systems*, Mc. Graw-Hill, New York 1986,s.19.

3.1.17. İletim Protokolleri

Sayısal TV yayın işaretleri hiyerarşik bir yapı içinde ele alınırsa, bu işaretler dört farklı katman halinde düşünülebilir. Bu bölümde sayısal verilerin yayına hazırlandığı "taşıma" ve işaretlerin verici taraftan alıcı tarafa gönderildiği "iletim" katmanlarında yapılan işlemler incelenecektir.Şekil 25'te MPEG sayısal TV yayınında hiyerarşik katmanlar gösterilmiştir.



Şekil 25: MPEG sayısal TV yayınında hiyerarşik katmanlar

Taşıma paketlerinde ses ve görüntü bilgileri dışında diğer yardımcı bilgileri (Program bilgileri, alt yazılar v.s.) de iletmek gerekir. Ayrıca bu sayısal bilgileri iletim sırasında meydana gelebilecek bozulmalardan korumak için "Hata Bulma ve Düzeltme Kodlaması" gerekir. Hata düzeltmesi, her paket için belli sayıda bit eklenerek sağlanır. Eklenen bit sayısı ne kadar çok olursa o orandaki bozulmuş veri bitleri düzeltilebilir. Bazen ani bozulmalar veya karışmalar yüzünden aynı paketin içindeki çok sayıda bit bozulabilir (hata patlaması: error burst). Böyle bir durumda hata bitlerini kullanarak düzeltme yapma imkanı ortadan kalkar. Bu durumu önlemek için ard arda gelen paketlerin bitleri belli kurallara göre harmanlanarak yeni bir büyük

paket oluşturulur. Bu harmanlanmış paketlerde bir hata patlaması olursa bu sadece bir paketteki bitleri bozmaz. Ard arda gelen paketlerin her birinden az sayıda bit bozulmuş olur ve bunlar da düzeltilebilir.

MPEG kodlayıcıdan gelen Temel Dizi (Elementary Stream, ES) önce paketler haline dönüştürülür. Bu paketlere Paketlenmiş Temel Dizi (Packetized Elementary Stream, PES) adı verilir. Her MPEG paketi bir Paket Başlığı (Packet Header) ile veri bitlerinden meydana gelir.

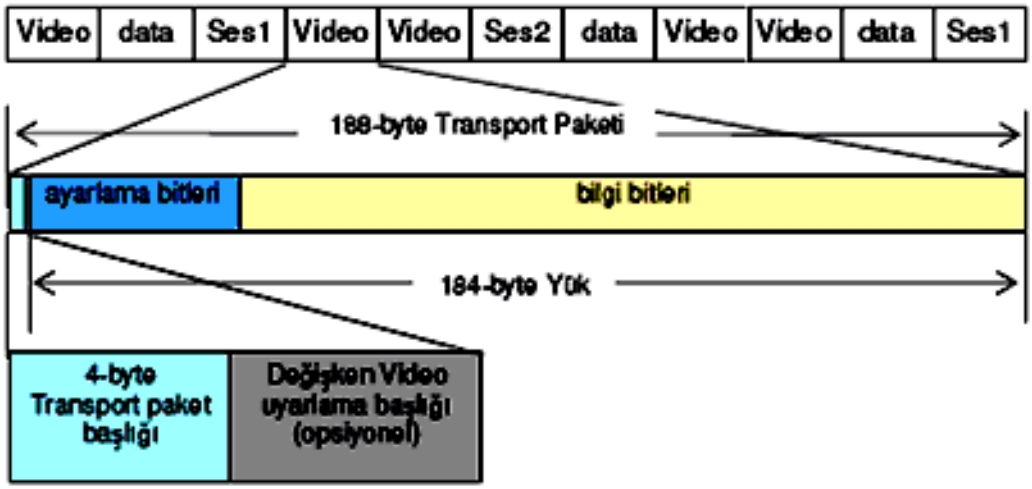
Temel dizi paketlerinin (PES) uzunluğu değişken olabilir. Bu paketler 184 byte[43]'lık sabit uzunluklu taşıma paketlerine dönüştürülürken bir ayarlama yapılması gerekir. Eğer PES paketinin uzunluğu 184 byte veya daha küçükse bir PES paketi bir taşıma paketine dönüştürülür. Eğer 184 byte'dan büyükse 184 byte'lık kısımlara ayrılarak birden fazla taşıma paketi halinde iletim ortamına verilir. Burada ISO/IEC 13818-1 standardının getirdiği bazı sınırlamalar vardır; Her taşıma(transport) paketi sadece bir PES paketinin verilerini taşıyabilir ve her PES paketi daima taşıma paketinin "yük" kısmının başında başlamak ve sonunda bitmek zorundadır. Şekil 24'te örnek bir paketleme görülmektedir. 184 byte'dan daha kısa kalan paketler "ayarlama bitleri" ile doldurulur. Bu ayarlama bitleri aynı zamanda eş zamanlama saat bilgisini de taşırlar.

Her MPEG-2 transport paketi başlık (header) ve yük (payload) olmak üzere iki ana kısımdan meydana gelir. 4-byte'lık Taşıma Paket Başlığı (Transport Packet Header) kısmında paket eş zamanlaması (packet sync.), taşınan bilginin cinsi veya Paket Tanıtma Bilgisi (Packet Identification Data, PID), paketin karışması veya kaybolmasını önleyen bilgiler ve şifreleme bilgileri bulunur. Değişken uzunluktaki Video Uyarlama Başlığında (Video Adaptation Header) zaman ayarlaması, medya eş zamanlaması ve diğer başlangıç ve işaret bilgileri (flag) bulunur. Bundan sonra, paketi 188 byte'a

[43] Byte : elektronik ve bilgisayar bilimlerinde genellikle 8 bitlik dizilim boyunca 1 veya 0 değerlerini bünyesine alan ve kaydedilen bilgilerin türünden bağımsız bir bellek ölçüm birimi. 8 bit= 1 bayt.

tamamlamak üzere hiçbir bilgi taşımayan uzunluk uyarlama bitleri ve arkadan sıkıştırılmış görüntü veya ses bilgisini taşıyan bitler gelir.

Her PID numarası ilgili paketin taşıdığı bilginin cinsini kaçıncı paket olduğunu gösterir. 8-bitlik PID numarasının ilk dört biti bilginin cinsini belirler. PID=0000 paketin Program Eşleme Tablosu (PMT), PID = 0001 görüntü, PID = 0100 ses ve PID =1010 data bilgisi olduğunu gösterir. En başta gönderilen Program İlişki Tablosu (PAT) ise 0 numaralı paketin ne taşıdığını, her programın program numarasını ve bu programın eşleme tablosunun (PMT) hangi pakette olduğunu gösterir. Program Eşleme Tablosunda (PMT) ise bir programı oluşturan paketlerin PID numaralarının ne olduğu bilgisi yer almaktadır. MPEG-2 yayın paketleri dizisi ve bir taşıma paketinin yapısı Şekil 26'da gösterilmektedir.

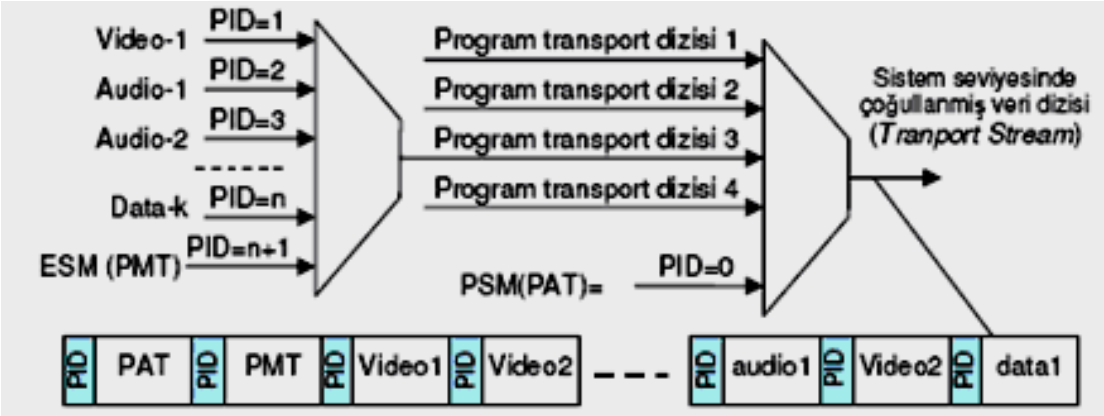


Şekil 26: MPEG-2 yayın paketleri dizisi ve bir taşıma paketinin yapısı

Yeni sistemler eklendikçe PID numaralarının ilk dört bitlik kısmı değiştirilecek, böylece yeni sistemlerin eskilerle uyumluluğu sağlanacaktır. Mevcut kod çözücüler bu yeni numaraları işleme sokmayarak karışıklığı önlemiş olacaktır. Yeni kod çözücüler ise yeni ve eski numaraları işleme sokacaktır. Örnek olarak ilerde 3-boyutlu TV yayını başlarsa görüntüyü üç boyutlu hale getirmek için eklenen paketlerin başına yukarda belirtilen dört numaradan farklı bir numara konulacak, böylece standart çözücüler bu

paketleri atlayarak görüntünün sadece 2-boyutlu kısmı ile ilgili yerlerini alabileceklerdir. Sayısal TV sinyallerinin çoğullanarak program paketi haline getirilmesi Şekil 27'de gösterilmektedir.

Ses sinyalleri görüntüden daha önceliklidir. Çünkü görüntüdeki kısa süreksizlikler insanı fazla rahatsız etmez. Buna karşılık sesteki en küçük kesilme veya bozulma çok rahatsız edici bir etki yapar. Bir taşıma paketi sadece bir cins (ses, görüntü veya data) bilgiyi taşır ve bunlar ard arda dizilerek Program Paket Dizisi elde edilir[44].



Şekil 27: Sayısal TV sinyallerinin çoğullanarak program paketi haline getirilmesi

MPEG-2 Tabloları şunlardır:

a) Program İlişki Tablosu (Program Association Table veya Program Allocation Table PAT) :

PID=0 numaralı paket olarak gönderilmesi zorunlu olan bu paket arkadan gelen paketlerin hangi bilgiyi taşıdığı ve hangi numaralı paketin hangi programa ait olduğunu gösteren bilgileri taşır. Dizideki diğer bütün bilgiler şifrelenmiş olsa da program ilişki tablosu mutlaka açık yani şifresiz olarak gönderilmelidir.

---

[44] Walter Fisher ,*Digital Television*, Rohde&Schwarz, Springer, Berlin 2004,s.24.

b) Program Eşleme Tablosu (Program Map Table, PMT): Dizideki her program için bir tane PMT tablosu bulunur. Bir programı oluşturan ses ve görüntü paketlerinin hangi PID numaraları ile iletildiğini gösterir. Paket numaraları şifresiz olmalıdır. Buna karşılık bu pakette başka özel bilgiler de gönderilebilir ve bunlar şifrelenebilir. Bunlara örnek olarak kısıtlı kullanım şifresini çözmek için gerekli iki bilgiden biri olan Lisans Kontrol Bilgileri (Entitlement Control Messages: ECM) ve Lisans Denetim Bilgileri (Entitlement Management Messages: EMM) gösterilebilir.

c) Şartlı Kullanım Tablosu (Conditional Access Table, CAT): Eğer iletilen dizide bir tane bile şifreli veya şartlı kullanımlı program varsa bu tablo da gönderilmelidir. PID=1 numaralı paket olarak gönderilir ve şartlı kullanım sistemlerine ait Lisans Denetim Bilgileri (Entitlement Management Messages: EMM) bilgisini taşıyan paketlerin numaraları bu tabloda yer alır.

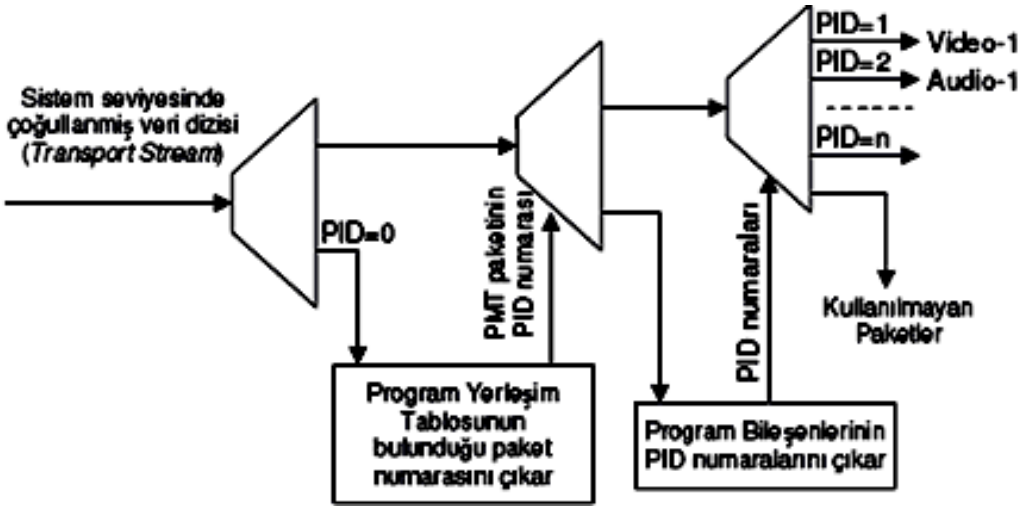
d) Özel Tablolar: Bu tablolarda yayınlarla ilgili özel bilgiler ve bunların hangi numaralı paketlerde bulunduğu bilgileri yer alır. Uzunluğu 4096 byte kadar olabilir.

Bu tablolara ek olarak DVB Servis Bilgileri (DVB Sevice Information, DVB- SI) tabloları da iletilebilir. Bu ek tablolar sayesinde hızlı bir şekilde kanal değiştirme ve yayınlarla ilgili bilgi alma imkanları elde edilir.

Alıcı tarafta alınan çoğullanmış transport dizinin (Transport Stream) ayrıştırılması için ters işlemler yapılır. Yeni bir kanal seçilip eş zamanlama sağlandıktan sonra MPEG taşıma dizisi gelmeye başlar. Çözme işlemine başlamak için PID=0 numaralı paketin gelmesi beklenir. Bu paket geldiğinde çözümlenerek istenen programın Program Yerleşim Paketinin (PMT) PID numarası çıkartılır ve bu paketin gelmesi beklenir. Bu paket alındığında artık çözülecek paketler belli olmuştur[45].

---

[45] Avni Morgül, *Televizyon Tekniği*, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1997,s.34.



Şekil 28: Çoğullanmış sayısal TV sinyallerinin ayrıştırılması

Kullanıcı hangi programı izleyeceğini belirleyince ilgili paketin PID numarası yardımı ile PMT tablosu elde edilir. PMT tablosunda Program Saat Referans (Program Clock Reference, PCR) bilgisinin bulunduğu paketin PID numarası bulunarak PCR çıkartılır ve sistem saatine (STS) ayarlanır. Eğer birden fazla ses veya görüntü seçeneği varsa bu izleyiciye iletilir. Çoğullanmış sayısal TV sinyallerinin ayrıştırılması Şekil 28'de gösterilmektedir.

İzleyici seçimini yaptıktan sonra ilgili paketlerin numaraları belirlenir ve paketler geldikçe ayıklanarak hafızaya atılır ve bunlar uygun biçimde sıralanarak görüntü, ses ve data ile ilgili bağımsız bit dizileri elde edilmiş olur. Bu diziler ilgili kod çözücü bloklara iletilir, MPEG-2 kod çözülerek ses ve görüntü elde edilir.

Kanal değiştiğinde dizilerin ayrılması ve kod çözme işlemi yaklaşık bir saniye kadar zaman alır[46].

---

[46] Thomas Sikora , *MPEG Digital Video Coding Standards*, IEEE Signal Processing Magazine, Washington 1997, s.82.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.1. ANALOG VERİCİLERİN SAYISALA MODİFİKASYONU

Karasal sayısal TV yayıncılığının, dünya çapında kabul görmesinden sonra, yayıncılar buna uygun yatırım ve planlama çalışmaları yapmaktadır. Analog yayınlar devam ederken, bu arada da yayıncılar sayısal yayına uygun altyapıları hazırlayacak, izleyiciler de bu yeni sisteme uygun alış sistemlerini temin edeceklerdir.

Avrupa geneline bakıldığında, analog TV yayınların sonlandırılma, sayısal yayına başlama ve analog yayınların sonlandırılarak sadece sayısal yayın düzenine geçme tarihleri Tablo 11'de verilmektedir.

Tablo 11: Avrupa'daki DVB-T'ye dönüşüm durumu ve sistem tercihleri

Ülke	DVB-T Başlangıç Tarihi	Sıkıştırma Formatı	Analog Yayın Sonlandırma Tarihi
İngiltere	1998	MPEG-2	2012
İsveç	1999	MPEG-2 / MPEG-4 AVC	Tamamlandı (2007)
İspanya	2000/2005	MPEG-2	2010
Finlandiya	2001	MPEG-2	Tamamlandı (2007)
İsviçre	2001	MPEG-2	Tamamlandı (2008)
Almanya	2002	MPEG-2	Tamamlandı (2008)
Belçika	2002	MPEG-2	Tamamlandı (2008)
Hollanda	2003	MPEG-2	Tamamlandı (2006)
İtalya	2004	MPEG-2	2012
Fransa	2005	MPEG-2 / MPEG-4 AVC	2011
Çek Cumhuriyeti	2005	MPEG-2	2011
Danimarka	2006	MPEG-2 / MPEG-4 AVC	2009
Estonya	2006	MPEG-4 AVC	2010
Avusturya	2006	MPEG-2	2010
Slovenya	2006	MPEG-4 AVC	2011

Tablo 11' in devamı

Ülke	DVB-T Başlangıç Tarihi	Sıkıştırma Formatı	Analog Yayın Sonlandırma Tarihi
Norveç	2007	MPEG-4 AVC	2009
Litvanya	2008	MPEG-4 AVC	2012
Macaristan	2008	MPEG-4 AVC	2011
Portekiz	2009	MPEG-4 AVC	2012
Hırvatistan	2009	MPEG-4 AVC	2011
Letonya	2009	MPEG-4 AVC	2011
Polonya	2009	MPEG-4 AVC	2013
Yunanistan	2009	MPEG-4 AVC	2012
Slovakya	Belirlenmedi	TBC	2012
Rusya	Belirlenmedi	MPEG-4 AVC	2015

Kaynak : European Broadcasting Union (EBU), http://www.ebu.ch/(07.08.2010)

Tablo 11'den de görüleceği üzere, 2012 yılı sonuna kadar Avrupa'da çoğu ülke dönüşümü tamamlamış olacaktır. Geriye kalanlar ise GE'06 antlaşmasına göre 17 Haziran 2015 tarihine kadar bu dönüşümü bir şekilde tamamlamak durumundadır.

Bu durumda, yayıncılar karasal yayın için kullandıkları analog TV vericilerini, yaşlarına ve işlerlik durumlarına göre gözden geçirerek, sayısal yayına tam olarak geçişin sağlanmasından sonra da kullanma imkanlarını değerlendirmektedir.

Sayısal yayına dönüşüm tarihine kadar da analog yayınların sürdürülmesi için üç seçenekten söz edilebilir;

1. Mevcut analog vericilerle bir şekilde yayınının sürdürülmesi,

2. Yeni bir verici ile değiştirmek,

3. Yeni bir verici alıp, bunun hem analog hem de sayısal yayın yapabilecek (ya da dönüştürülebilecek) kabiliyette olması.

Birinci seçenek, yayıncıdan yayıncıya, ülkeden ülkeye farklılık gösterebilir. Mevcut vericilerin yaşı, kalite durumu, yedek malzeme durumu, üretici desteğinin devam edip etmediği, tecrübeli personel durumu vb. birçok faktör değerlendirildiğinde ancak bu yönde karar verilebilecek bir konudur.

İkinci seçenek analog yayınların sağlıklı devamı için uygun yöntem olmakla beraber, ekonomik ömrü içinde sayısal yayına dönüştürülme imkanları, maliyeti, sağlıklı sonuç alınıp alınamayacağı, üretici garantileri ve destekleri ile garanti şartlarının da yine birlikte değerlendirilmesi gereken bir durumdur.

Üçüncü yöntemin en uygun olduğu düşünülebilir. Satın alınacak yeni vericinin analog formatta yayın yaparken, aynı zamanda az bir masrafla ve teknik olarak sıkıntı yaşanmadan bu vericiden sayısal yayın yapabilme imkanının olması durumudur.

4.2. ANALOG VE SAYISAL YAYINCILIKTAKİ FARKLILIKLAR

Analog ve sayısal modülasyon karakteristikleri birbirlerinden farklıdır. Ancak, her ikisi de genlik modülasyonlu RF'i birbirlerinden büyük farklılıklarla kullanırlar. Analog yayın sisteminde, resim sinyali genlik modülasyonlu, ses sinyali de FM modülasyonlu sinyal kullanır. Analog yayın sisteminde, ortalama RF güç seviyesi, resim seviyesi ile önemli ölçüde değişir. Çoğu CCIR standartlarına göre çoğu vericilerin görüntü bölümü negatif genlik modülasyonludur ve vericiler de resim tepe güç değerlerine göre sınıflandırılır.

Tablo 12: Analog vericilerde tepe güç/ortalama (PAR[47]: Pick to Average) güç oranları

CCIR Sistem	NTSC-M	PAL-G	PAL-I
Siyah Seviye (dB)	2.23	2.24	2.14
Gri Seviye (dB)	5.14	5.06	4.54
Beyaz Seviye (dB)	7.55	7.34	6.79
Toplamda Güç Değişimi (dB)	5.32	5.14	4.65

Tablo 12'den görüleceği gibi, dB cinsinden, tepe gücün ortalama güce oranı bütün sistemlerde önemli oranda değişmektedir. Bu geniş marj, verici dizaynlarında önemli tedbirler alınmasını gerektirmektedir. Bunlar arasında güç kaynakları, anfiler, soğutma sistemleri gibi maliyete doğrudan önemli etkileri olan birimler de vardır.

Buna karşılık mevcut tüm sayısal yayın formatları COFDM ve 8-VSB'dir, sabit ortalama RF güce sahiptir ve programın içeriği ile güç değişmez. Vericiler de, ortalama güçlerine göre sınıflandırılır.

DVB-T sinyali, istatistiki olarak iki boyutlu Gaussian işlemi adı verilen bir yöntemle modellenebilir. DVB-T için, PAR (Peak to Average Ratio) değeri, filtrelemeden bağımsız olarak sabittir.

Tablo 13: DTV sisteminde PAR değerleri

DTV Sistemi	DVB-T	ATSC
PAR (Zamanın 99.99%)	9.5dB[2]	7.0 dB[2]

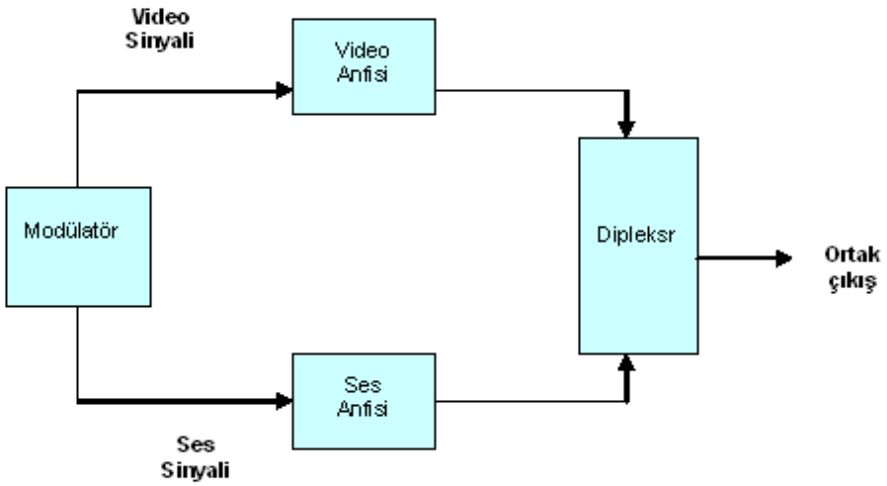
Pratikte elde edilen sonuçlardan hareketle, belirli bir periyodda (Tablo 13'te zamanın %99'u olarak belirtilen, ölçüm yapılan sürenin yaklaşık tamamında elde edilen ölçüm sonucudur) elde edilen sonuçlar Tablo 13'te verilmektedir. Burada önemli olan husus, PAR değeri ne kadar yüksek ise,

[47] PAR : Pick to average,modifikasyonun doğru yapılıp yapılmadığının kontrolü için kontrol edilmesi gereken en önemli parametrelerden biridir.

vericinin RF katında sinyal kararlılığını sağlamak için o kadar hassas cihazlar ve ayarlamalar gerektiğidir. İstenilen kararlılıkta RF sinyali elde edebilmek için PAR değerine bağlı olarak RF birimlerinde kullanılan özellikle güç yükselteçlerin doğrusallığı ve öndüzelteçler burada önemlidir. Pratikte, analog ve sayısal sinyallerin öndüzeltme (precorrections) işlemleri aynıdır; her ikisinde de faz ve genlik düzeltmeleri bütün bant boyunca ve modülasyona göre yapılır (ayarlamalarda aralarında çok az farklılıklar vardır). Bu öndüzeltmeler, sayısal sistemlerde (esasen son yıllarda üretilen analog vericilerde de), eskiden olduğu gibi manuel ayarlamalarla değil, bilgisayar tabanlı işlemcilerde depolanan verilerle, istenilen filtre ve doğrusallığa bağlı olarak, kolayca ayarlanabilmektedir.

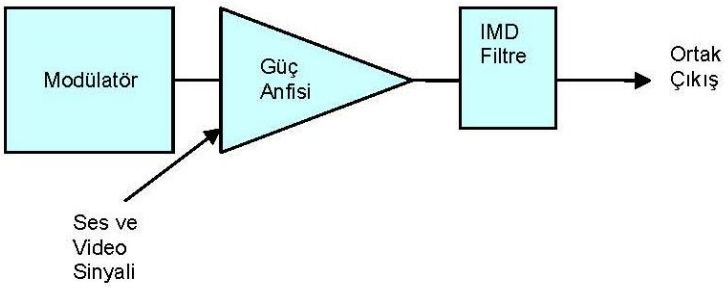
Ses ve resmin ayrı kollardan işlem gördüğü, yükseltildiği ve sonuçta birleştirici ünitede (diplekser) bir araya getirildikten sonra yayınlandığı sistemler, gerek işletme bakım gerekse de kararlılık bakımından daha iyi sistemlerdir. Resim ve ses için ayrı ayrı optimizasyonun sağlanması ile birlikte sonuçta en iyi güç verimi elde edilir.

Ayrıca, ses ve resmin birlikte işlem gördüğü sistemler vardır (intercarrier sistem). Genellikle yüksek güçlü vericilerde ses-resim ayrı ayrı yükseltilir, düşük güçlülerde ise ortak anfi sistemi (intercarrier ya da common anfi) kullanılır. Ortak anfi sistemi, şüphesiz maliyetleri de düşürmektedir. Bugün için hemen hemen tüm üreticilerin ortak anfi sistemine dayanan verici ürettiği görülmektedir. Bunda, yukarıda da sözü edildiği üzere, yeni öndüzeltme sistemlerinin resim/ses modülasyon etkileşimleri ve diğer intermodülasyonların önlenmesindeki üstün başarılarının etkili olduğu şüphesizdir.



Şekil 29: Resim/Ses'in ayrı anfi edildiği bir vericinin temel blok şeması

Şekil 29'da verilen yapıda ses ve resim sinyalleri ayrı kollardan kuvvetlendirilip, nihayetinde dipleksırda birleşmektedir. Aşağıda Şekil 30'da de ortak anfili sistemin temel blok şeması verilmektedir.

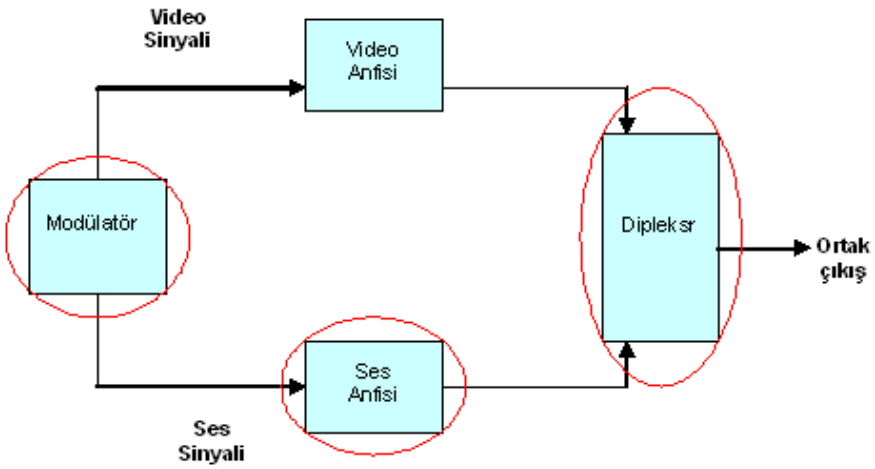


Şekil 30: Resim/Ses'in ortak anfi edildiği bir vericinin temel blok şeması

Dikkat edilecek olursa, Şekil 30'ta farklı olarak, dipleksır yerini filtre almıştır. IMD filtre (Intermodulation Distortion) , anfiler tarafından üretilen ve istenmeyen 3. harmoniklerin bastırılmasında kullanılır. Bu aşamada istenirse de ayrıca öndüzelteç devreleri de kullanılabilir.

4.3. ANALOG VERİCİNİN MODİFİKASYON SÜRECİ

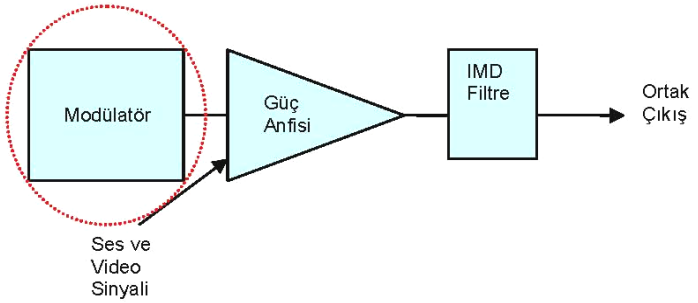
Ortak anfili vericilerin, sayısala daha kolay modifiye edilebildiği görülmektedir. Her ne kadar ortak anfili sistem ile ayrık anfili sistemlerin karşılaştırılmasında güç harcama yönüyle ortak anfili sistemleri bir miktar dezavantajlı olsa da konu modifikasyon olunca, ortaya ciddi maliyet avantajları çıkmaktadır.



Şekil 31: Ses/resmin ayrı anfili vericinin modifikasyonu durumunda değiştirilecek birimler

Şekil 31'de, ses ve resim sinyallerinin ayrı kollardan yükseltildiği analog TV vericisinin, sayısala modifikasyonu durumunda değiştirilmesi gereken birimler kesikli çizgi ile belirtilmiştir. Modifikasyon durumunda exciter/modülatör ile RF sisteminde değişiklikler yapılması gerekmektedir. Ses ile ilgili bölümün iptal edilmesi, bu bölümdeki anfilerin kullanılma imkanı varsa da diğer bölümlerde kullanılması değerlendirilebilir. Notch dipleksır devre dışı bırakılıp, yerine uygun bir maskeleme filtresi ilavesi gerekecektir. Bunun dışında güç ölçerler, pik dedektörleri vb. bazı birimlerin de yenilenmesi ya da ayarlanması gerekebilir.

Ortak anfili analog vericinin sayısala modifikasyonunu gösteren yapı da şekil 32'de verilmektedir.



Şekil 32: Ses/resim ortak anfili vericinin modifikasyonu durumunda değiştirilecek birimler

Bu durumdaki modifikasyon daha kolay ve açıktır. Exciter/modülatör ile muhtemelen RF dedektörleri ve ölçü sistemleri de değiştirilmeli ya da modifiye edilmeli, bunun dışındaki sistemlerde kayda değer bir değişiklik yapılması gerekmemektedir. RF yolu aynen kullanılabilir; ancak çıkış filtresi maskeleme filtresi ile değiştirilmesi gerekebilir.

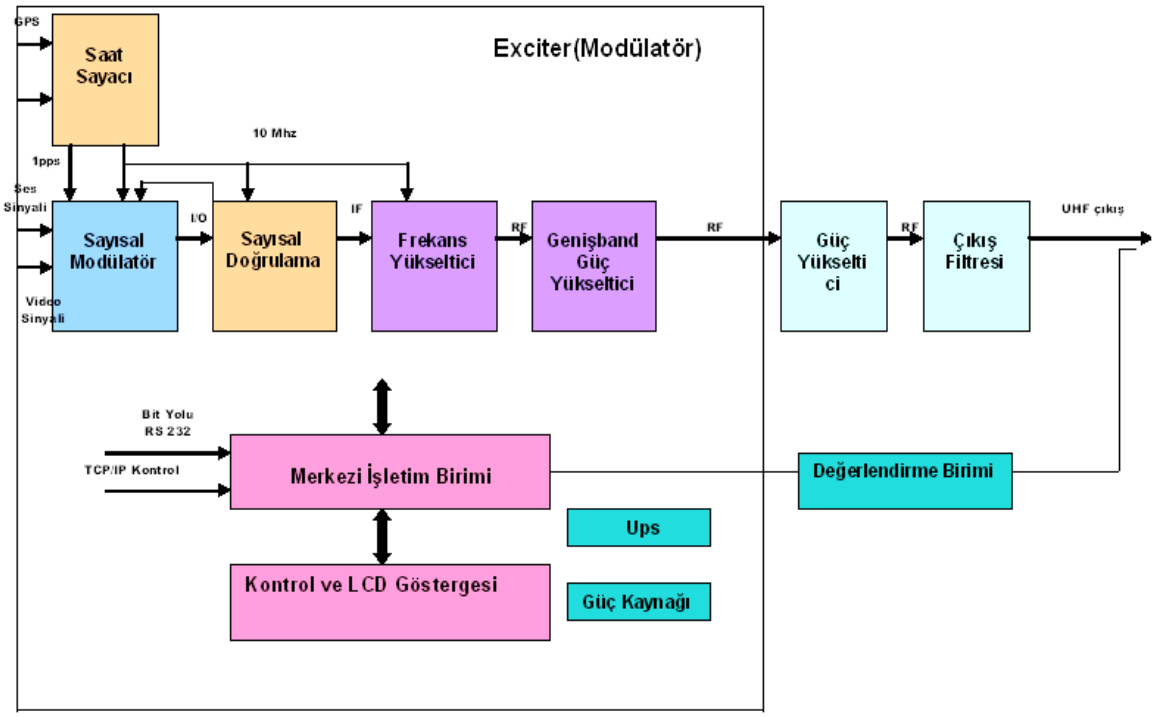
Sonuç itibariyle, ortak anfili analog vericilerin sayısala modifikasyonu daha kolay ve az maliyetlidir ve aynı zamanda bir gün tekrar analoğa dönüştürülmesi söz konusu olursa da bu daha kolayca yapılabilir[48].

4.3.1. Hem Analog Hem de Sayısal Yayına Uygun Exciter

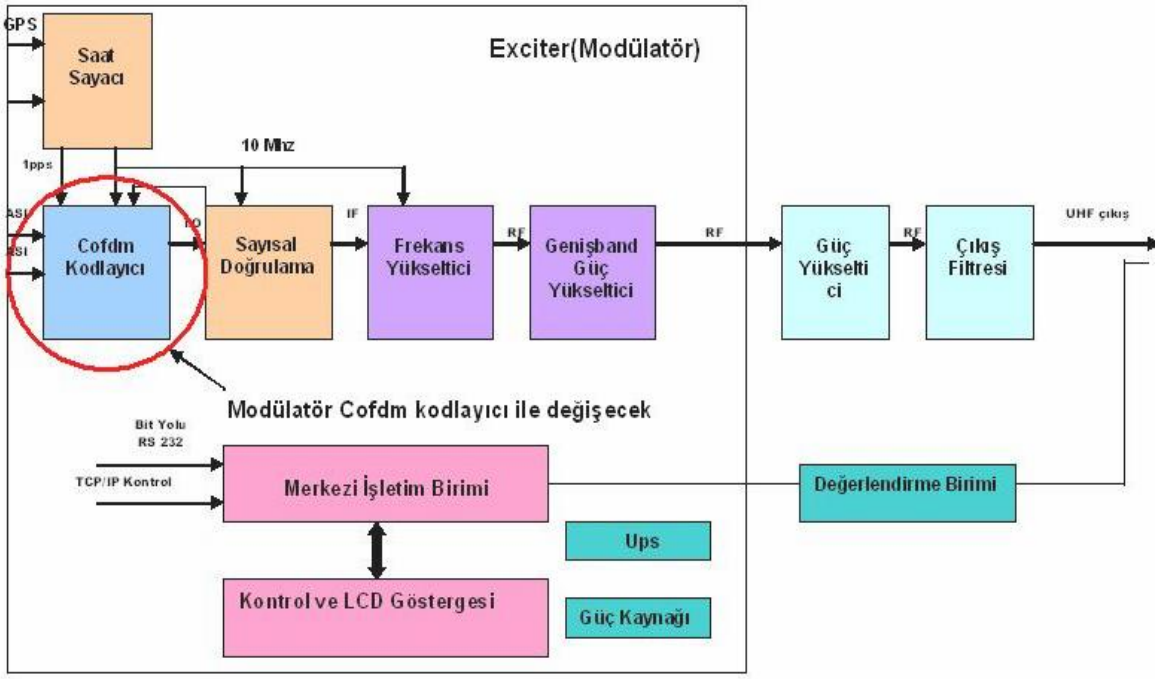
Son yıllarda yaygın olarak analog vericiler az bir modifikasyonla (genellikle bir yazılımla ya da çok düşük maliyetli dönüşüm ile) sayısal yayın yapabilecek şekilde üretilmektedir. Exciter'lar, yazılımla ya da içlerinde modülatörlerin değiştirilmesi ile DVB-T (en genel anlamda DTV) yayını yapabilecek hale getirilebilmektedir. Aşağıda Şekil 33'te analog verici, ancak modülatörü sinyal üzerinde sayısal işlem yapabilecek şekilde (basebandda; resim ve ses sinyalini I/Q seri 364 MBit/s'lik işleyen modülatörü ile) bir dizayn, Şekil 34'te de bu modülatör yerine COFDM modülatörü ilavesiyle aynı vericinin sayısala dönüşümü gösterilmektedir.

---

[48] Sean Gilbert, *World Radio TV Handbook: WRTH*, Oxford : WRTH Pub. Ltd.,Oxford 2008,s.56.



Şekil 33: Analog verici blok şeması



Şekil 34: DVB-T(T2) verici blok şeması

BEŞİNCİ BÖLÜM

5.1. ANALOG TV VERİCİSİNİN SAYISALA DÖNÜŞTÜRME MALİYETİ

Bir analog vericinin öncelikle yükselteç katlarının sayısal yayında aranan kriterleri sağlayıp sağlamadığına bakılması gerekir. İstenilen doğrusallıkta (linearite) ve kararlılıkta çalışması, istenmeyen intermodülasyon ürünleri bakımından sınırlar içinde çalışması koşuluyla;

Analog vericilerin DVB-T2'ye dönüşebilmesi için;

a. Video ve audio modülatörlerin yerine COFDM modülatör (7500 - 9000€ arası) takılması gerekir (analog vericinin up-converter kısmı kullanılabilir, bunun için COFDM modülatörün IF çıkışının kullanılması yeterlidir. Analog vericinin çıkış yönlü kuplörü sayısala da uygun olmalıdır),

b. Sayısal çıkış filtresi (band geçiren filtre) ilave edilmesi gerekir (Bunun fiyatı güce göre değişmektedir. 1500 - 5000€),

c. Uydudan sayısal TV yayınlarını (TS) alıp, vericiye yine sayısal olarak giriş yapabilmek için analog uydu alıcıların yerine IRD (Integrated Receiver Decoder) uydu alıcı olarak adlandırılan cihazın uydu alış koluna eklenmesi gerekir.(ASI çıkışlı bu cihazın fiyatı 1000 – 3000€),

d. Vericilerin SFN mod'da çalışması durumunda GPS sisteminin de temin edilip, çıkışının modülatöre girilmesi gerekir.(GPS Clock source 1000€),

e. DVB-T2 modülatör çıkışının analog verici üzerindeki nihai çıkış anfilerini sürmek için yeterli değil ise araya yükselteci anfilerin ilavesi gerekir. (1000 €).

Burada, analog vericinin sayısala dönüştürülmesi ile birlikte birçok kontrol bilgilerinin de sağlanması gerekir ki, vericiden vericiye özellikle dizayna bağlı bu kontrol bilgilerinin sağlandığı, uyumun gerçekleştiği varsayılmış olup, fiyatlandırma yapılmamıştır.

Buna göre, 200W ve altı güçte olan bir analog TV vericisinin DVB-T2'ye uyumlu sayısal vericiye dönüştürülmesi için; 10000€ ile 15000€ arası harcama yapmak gerekir, SFN şebekesine dahil bir verici ise de bu fiyatlara 1000€'luk GPS cihazı fiyatını da ilave etmek gerekir.

1 kW ve fazla güçte olan vericilerin dönüştürülme maliyeti ise, 200W ve aşağısı güçte olan vericilerden farklı olarak çıkış filtresi kullanılması gerekmesi nedeniyle dönüşüm maliyeti artmaktadır. Bu durumda yukarıda düşük güçlü vericiler için verilen maliyetlere vericinin gücüne göre (1 kW, 2 kW, 5 kW, 10 kW gibi) uygun bant geçiren filtre maliyeti olarak ortalama 4000€ daha ilave yapmak gerekecektir.

Özetlemek gerekirse; 200W ve daha aşağı güçte olan vericilerin analogdan sayısal yayına uygun olarak SFN şebekesinde çalışacak şekilde modifikasyonu 10000€ ile 15000€ arasında, orta güçte vericiler için ise 12500€ ile 17000€ arasında bir meblağa malolabileceği görülmektedir.

Vericilerin yapısına göre değişmekle birlikte, sinyal giriş ünitesi (program input equipment) de gerekebilir. Bunun fiyatlanması ayrı bir ünite olarak mümkün olmayıp, modifikasyonu yapacak firmanın verici yapısına göre tasarlaması ya da temin etmesi gerekir.

Yukarıdaki hesaplamalar analog yayında tek bir TV kanalının yayınını gerçekleştiren verici içindir. Sayısal yayına geçildiğinde, dönüşümle beraber

bu vericiden programın kalitesine bağlı olarak 10 hatta 12 TV kanalı bir arada yayınlanacaktır. Bu nedenle, vericide bir arıza olması durumunda analog yayında tek bir kanal kesilirken, sayısal yayında bu sayısal vericiden yapılan tüm programlar kesileceğinden, bu vericinin mutlaka tam ya da kısmi bölümlerinin yedeklenmesi gerekir. Tam yedekli, yani eş özelliklere sahip bir verici ile yedeklenmesi ideal çözüm olmakla beraber, tercih edilen genellikle vericinin çift sürücülü (double-drive) ve hatta güç katlarının da n+1 denilen tam yedekli olmasıdır. Yükselteç katlarının da tam yedekli (reductant) olmasında yarar vardır.

DVB-T2 vericilerle, analogdan sayısala dönüştürülmüş vericilerin fiyatlarını kıyaslamak bakımından, bazı firmalardan temin edilen DVB-T verici fiyatları aşağıdaki Tablo 14'te gösterildiği gibidir:

Tablo 14: Güçlerine göre verici fiyatları

GÜÇ	FİYAT
200 W'lık verici	30.000- 60.000€
600 W'lık verici	40.000- 70.000€
1kW'lık verici	60.000-100.000€
1,5kW'lık verici	80.000- 130.000€
2,5kW'lık verici	110.000- 170.000€

Kaynak : Elettronika[49] (İtalya), Rohde Und Schwarz[50] (Almanya) firmalarının verici fiyatlarının ortalamasını göstermektedir.

Burada verilen fiyatlar firmalarca belirlenen liste fiyatı olup, ihale ortamında %25-%30 arası indirimlerin söz konusu olması beklenebilir. Bu durumda, aynı grup verici fiyatları da aşağıdaki Tablo 15'teki gibi olacaktır:

[49] Elettronika: 1988 yılında İtalya'da kurulmuş olan, 40 ülkede distribütör ve ortaklıkları bulunan radyo televizyon yayıncılığı alanında hizmet veren şirketlerden biridir.

[50] Rohde Und Schwarz:75 yıldır radyo televizyon yayıncılığı alanında hizmet veren 70'den fazla ülkede bayilikleri ve ofisleri bulunan bir Alman firmasıdır.

Tablo 15: İhale sonrası, güçlerine göre tahmini verici fiyatları

GÜÇ	FİYAT
200 W'lık verici	20.000- 40.000€
600 W'lık verici	28.000- 50.000€
1kW'lık verici	40.000-70.000€
1,5kW'lık verici	55.000- 90.000€
2,5kW'lık verici	80.000- 120.000€

Aynı ya da benzer güçteki DVB-T2 vericisi ile analogdan sayısala dönüştürülmüş verici için yapılacak harcamalar sonrası maliyetleri karşılaştırmak gerekirse;

200 W'lık bir DVB-T2 vericisi ihale sonrası 20.000- 40.000€ arası,

aynı güçteki bir analog vericinin DVB-T2'ye dönüştürme maliyeti ise 7.500- 12.500€ arasında değişmektedir.

Bu durumda analog bir TV vericisini DVB-T2'ye dönüştürmek için yapılan harcamanın yeni bir DVB-T2 verici satın almaya oranı ise;

10.000/40.000 = %25 ile 15.000/20.000= %75 aralığında değişmektedir.

Bu hesaplama orta-yüksek güçlü vericiler için yapılacak olursa;

1 kW'lık bir DVB-T2 vericisi ihale sonrası 40.000- 70.000€ arası,

aynı güçteki bir analog vericinin DVB-T2'ye dönüştürme maliyeti ise 12.500- 17.500€ arası değişmektedir.

Bu durumda analog bir TV vericisini DVB-T2'ye dönüştürmek için yapılan harcamanın yeni bir DVB-T2 verici satın almaya oranı ise;

12.500/70.000 = %17,85 ile 17.500/40.000= %43,75 aralığında değişmektedir.

5.2. MODİFİKASYONUN ÜRETİCİ FİRMALARCA YA DA UZMANLARINCA YAPILMASI

Modifikasyon, nihayetinde eski bir vericinin yeni parçalarla tadil edilmesidir. Analog vericinin bir kısım üniteleri yeni birimlerle, ünitelerle yenilenmektedir. Ancak diğer üniteleri ise eskiden olduğu gibi kullanılmaya devam edecektir. Bu durumda, yenilenen parçalarla eskilerin uyumlu çalışması, bu uyumluluğun bu vericinin ekonomik ya da teknolojik ömrü boyunca sürmesi önemlidir. Özellikle vericilerin sağlıklı çalışması için yeni birimler ile eski birimler arasındaki iletişimin sağlıklı olması, vericinin sağlıklı çalışması için aşırı ısınma, aşırı yansıma vb. vericiyi korumaya yönelik kontrol bilgilerinin yeni birimlere doğru aktarılması önemlidir. Bu nedenle modifikasyon yapılırken, vericilerin yapısının iyi bilinmesi, ya da iyi bilen, hatta üreten firmalarca yapılması yerinde olacaktır.

5.3. GARANTİ

Vericilerin modifikasyonu ile birlikte, garanti konusunun da beraber değerlendirilmesi gerekir. Modifikasyonu yapan firma, zaten garantisi bitmiş olan analog vericinin sadece yeni eklenen parçaların değil, vericinin bütününe garanti vermesi yönünde antlaşma yapmak gerekir. Dolayısıyla, yapılacak modifikasyon ihalelerinde, vericinin modifikasyon sonrası tamamının garanti kapsamında olacağını özellikle belirtmek gerekir. Aksi durumda, hangi arızanın kimden kaynaklandığı, dolayısıyla da sorumluluklar yönüyle ortaya çıkacak sorun işin içinden çıkılmaz hal alabilir.

5.4. MARKALAR BAZINDA DEĞERLENDİRME YAPILMASI

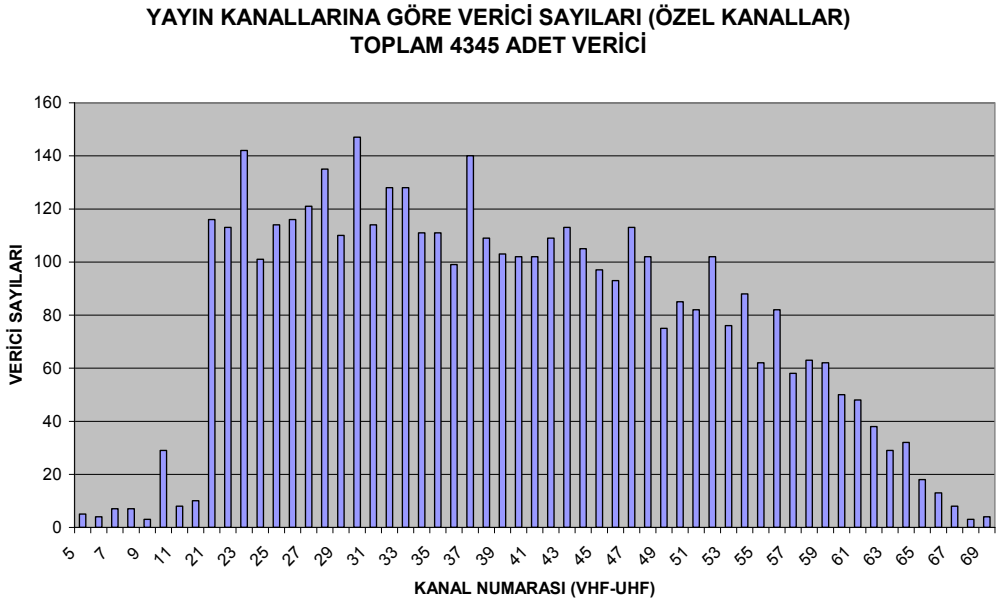
Ülkemizdeki analog TV vericilerine bakıldığında, 20'nin üzerinde farklı markanın olduğu görülmektedir. Firmalarca, modifikasyon sözkonusu olduğunda, üretici ya da satın aldıkları firmalarla temasa geçerek, zaten üretimin tüm aşamalarını bilen ve know-how[51]'larına sahip firmalarca modifikasyonun en hızlı ve sağlıklı yapılabileceği, en iyi verimin alınabileceği gerçeğinden hareketle, bu yola gidilmesi en uygunu olacaktır. Bu durum, garanti ve modifikasyon sonrası sorunların en aza indirilmesi ve çözümünde kolaylık sağlayacaktır.

5.5. TOPYEKÜN ÜLKE EKONOMİSİ BAKIMINDAN DEĞERLENDİRME

Ülkemizde sayısal yayına geçilmesi sonrasında ihtiyaç duyulacak DVB-T(ya da DVB-T2) verici sayısı tam olarak ancak frekans planlarının yapılması ve sonrasındaki ihaleler sonunda belli olacaktır. Karasal yayıncılık, ülkemizde uzunca yıllardır yayın alma ortamı olarak ilk sırada iken, son yıllarda uydu yayıncılığının yaygınlaşması sonrasında ikinci sıraya düşmüştür. Bu şartlarda bugün karasal vericilerden yayın için frekans ihalesi yapılsa, kaç yayıncının lisans için müracaat edeceğini kestirmek zordur.

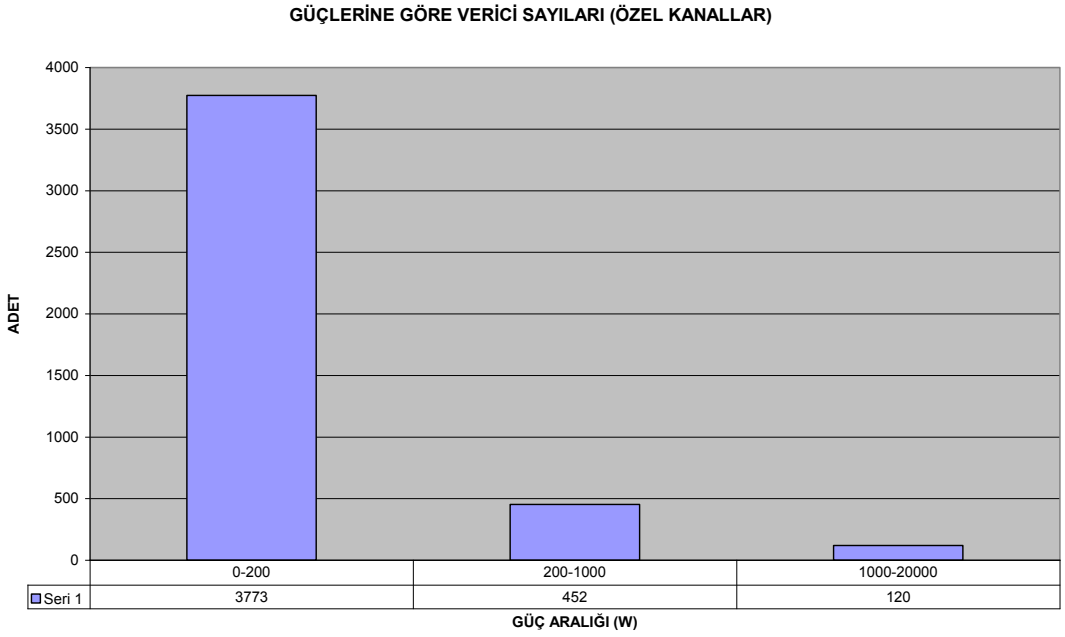
Özel kanalların ve TRT'nin analog TV vericilerinin güçlerine göre kategorize edilmiş tablo ile kanallarına göre (UHF-VHF bantlarında) durumunu gösteren tablo aşağıda verilmektedir. Bu tablolar üzerinde yorumlar yaparak, bir takım çıkarımlara ulaşmak mümkündür.

[51] Know-how : Teknik Bilgi. Bir işin başından sonuna kadar yapılışını gösteren bilgiye teknik bilgi denir



Grafik 1: Özel yayıncı kuruluşların TV vericilerinin[52] frekans kanallarına göre dağılımı

Grafik 1'den görüleceği üzere, vericiler ağırlıklı olarak UHF bandı 22. kanal ile 65. kanal arasındadır. Bu durumda vericilerin tamamına yakını UHF bandında olduğunu söylemek olasıdır.

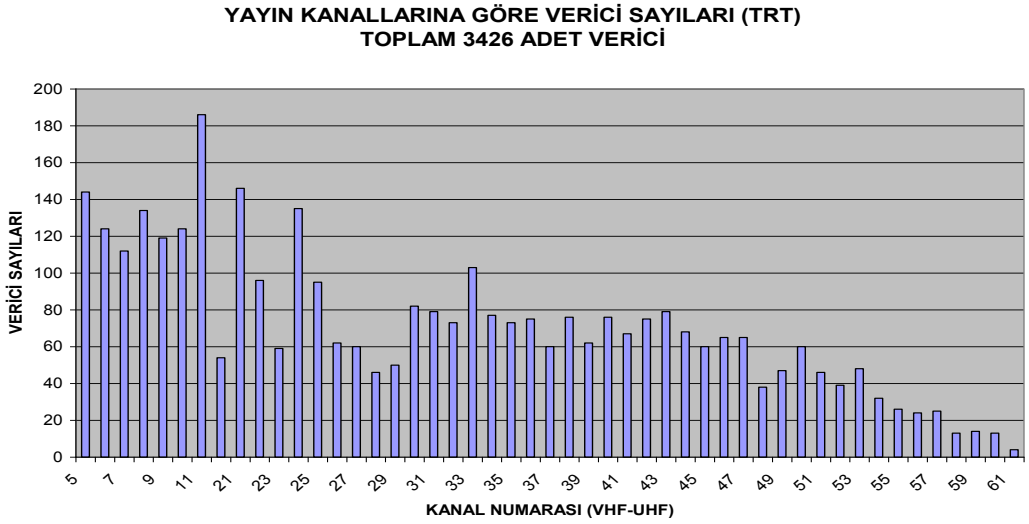


Grafik 2: Özel yayıncı kuruluş vericilerinin güçlerine göre tasnifi

[52] Veriler RTÜK(Radyo ve Televizyon Üst Kurulu) İzin Tahsisler Dairesi'nden alınmıştır.

Grafik 2'den de özel kanal vericilerinin çok önemli bir kısmının verici çıkış güçlerinin 200 W ve altında olduğu görülmektedir.

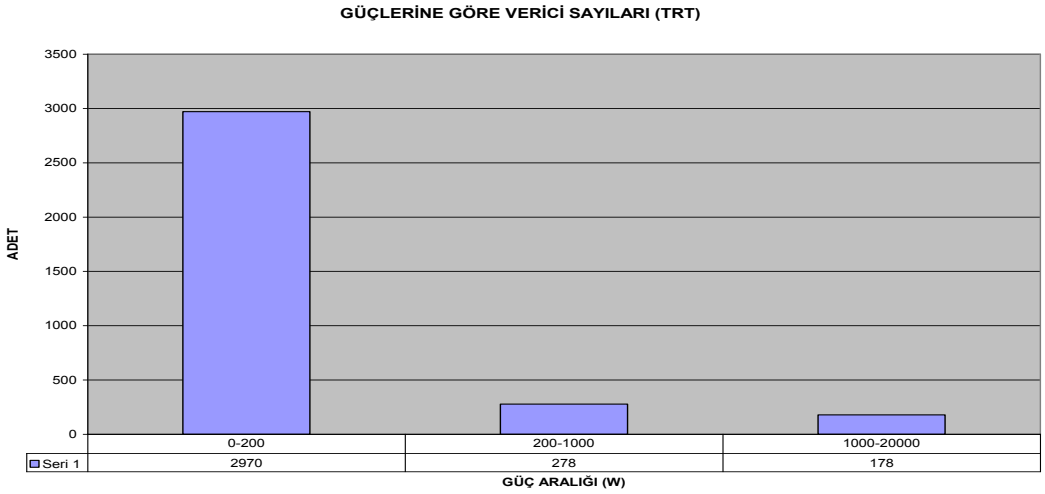
Aynı incelemenin TRT vericileri için yapılacak olursa, aşağıdaki grafiğe ulaşılmaktadır.



Grafik 3: TRT vericilerinin frekans kanallarına göre dağılımı

Grafik 3'ten, TRT'nin VHF bandını daha yoğun kullandığı, 800 dolayında vericinin VHF bandında çalıştığı görülmektedir[53].

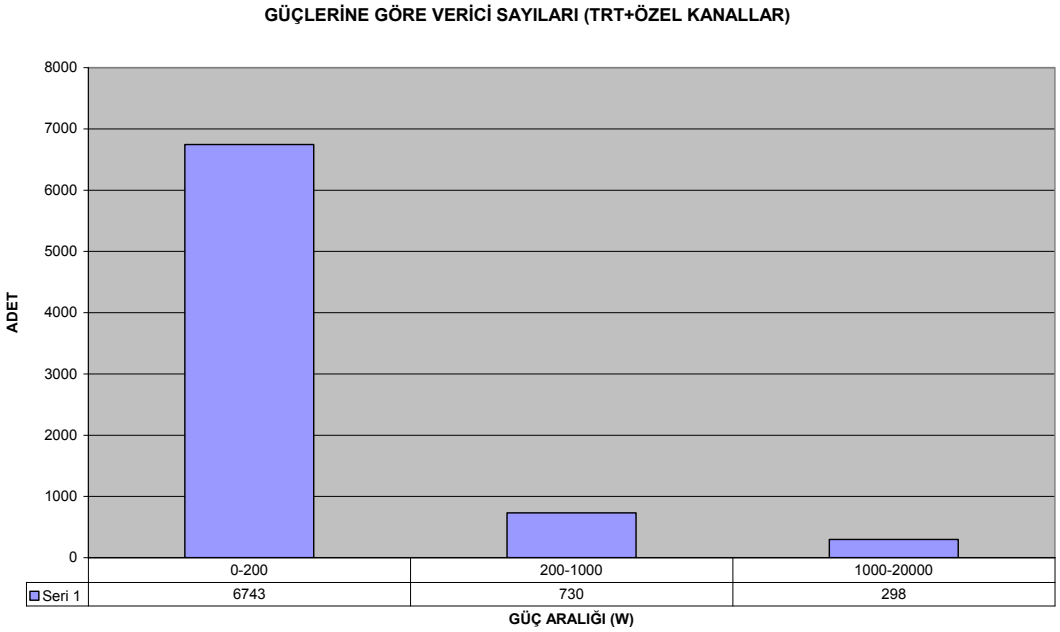
[53] Veriler, Türkiye Radyo - Televizyon Kurumu Verici İşletmeleri Dairesinden alınmıştır.



Grafik 4: TRT vericilerinin güçlerine göre tasnifi

Grafik 4'ten, özel kanal vericilerinde olduğu gibi, TRT vericilerinin de ağırlıklı olarak verici çıkış güçleri bakımından ağırlığın 200W ve altında olduğu görülmektedir.

VHF bandı ile UHF bandında çalışan analog vericilerin sayısala modifikasyonunda maliyet farkının oluşması sözkonusu olmadığından, bu konu üzerinde durulmayacaktır. Ancak güçler bakımından TRT ve özel kanal vericilerinin birlikte değerlendirildiği kümülatif bir tablonun yararlı olacağı öngörülmektedir. Bu durumda aşağıda gösterilen grafiğe ulaşılmaktadır.



Grafik 5: TRT ve özel yayıncı kuruluşların vericilerinin güçlerine göre tasnifi

Grafik 5'ten, Türkiye'deki analog TV vericilerinin yaklaşık 87'sinin (6743 adet) 0-200 aralığında olduğu (200W dahil), geriye kalan %13'ünün de (1026 adet) 200W üstünde (20 kW'a kadar) olduğu görülmektedir.

Tüm bu vericilerin sayısala modifikasyonlarının yapılabileceği varsayılarak; Ülke bazında tüm vericilerin sayısala dönüştürülmesi durumunda toplam bir maliyet çıkarmak gerekirse, aşağıdaki bilgilere ulaşılabilir.

5.5.1. 200W ve Aşağı Güçteki Bir Analog Vericinin Modifikasyon Maliyeti

1 kW'lık bir analog vericinin modifikasyon maliyeti	:12.500- 17.500€
200W'lık yeni bir DVB-T2 verici maliyeti	:20.000- 40.000€
1kW'lık yeni bir DVB-T2 verici maliyeti	:40.000- 70.000€

Modifikasyon maliyeti/yeni bir DVB-T2 verici maliyeti oranı (0-200W arası için yüzde olarak) :%25 - %75

Modifikasyon maliyeti/yeni bir DVB-T2 verici maliyeti oranı (1 kW için yüzde olarak) :%17,85 - %43,75

Ülkemizde mevcut 200W ve aşağı güçteki analog TV verici sayısı : 6743

Ülkemizde mevcut 200W'tan yukarı güçteki analog TV verici sayısı :1026

200W ve daha düşük güçteki tüm analog TV vericilerin toplam modifikasyon maliyeti :67.430.000€ - 101.145.000€

200W ve daha yukarı güçteki tüm analog TV vericilerin toplam modifikasyon maliyeti :12.825.000€ - 17.955.000€

G E N E L T O P L A M :80.255.000€ - 119.100.000€

Tablo 16: Analog vericilerin sayısala dönüşümünün birim ve toplam bazdaki maliyetleri:

200W ve yukarı güçler için bir analog vericinin modifikasyon maliyeti	10.000- 15.000€
1 kW'lık bir analog vericinin modifikasyon maliyeti	12.500- 17.500€
200W'lık yeni bir DVB-T2 verici maliyeti	20.000- 40.000€
1kW'lık yeni bir DVB-T2 verici maliyeti	40.000- 70.000€
Modifikasyon maliyeti/yeni bir DVB-T2 verici maliyeti oranı (0-200W aralığı için ve yüzdesel olarak)	%25 - %75
Modifikasyon maliyeti/yeni bir DVB-T2 verici maliyeti (1 kW için ve yüzdesel olarak)	%17,85 - %43,75
Ülkemizde mevcut 200W ve daha düşük güçteki analog TV verici sayısı	6743
Ülkemizde mevcut 200W'tan yukarı güçteki analog TV verici sayısı	1026
200W ve daha düşük tüm analog TV vericilerin toplam modifikasyon maliyeti	67.430.000€ - 101.145.000€
200W'tan yukarı güçteki tüm analog TV vericilerin toplam modifikasyon maliyeti	12.825.000€ - 17.955.000€
G E N E L T O P L A M	80.255.000€ - 119.100.000€

Tablo 16'daki özet bilgilerden de görüleceği üzere; Ülkemizdeki tüm analog vericilerin sayısala dönüşüm maliyeti ortalama 95 Milyon € dolayındadır. Bu büyüklükteki bir dönüşümün rekabetçi bir ortamdaki ihalelerle çok daha aşağı rakamlara ineceğini tahmin etmek zor değildir.

Ekonomik ve teknolojik ömrünü yitirmiş vericilerin ayıklanmasından sonra ve hem yayıncıların hem de üreticilerin yapacakları incelemeler sonucu sayısala modifikasyonu mümkün olan ve olmayan vericiler seçildikten sonra geriye kalanlar üzerinde durulması gerekir. Bu tetkikler sonucu, modifiye edilebilecek verici sayısının önemli miktarda düşmesi beklenebilir.

Bu aşamadan sonra, karar yayıncılara kalmaktadır. Bir yayıncı vericisini modifiye ettirmek için yapacağı çalışmalardan sonra modifikasyonu yapacak firma ile uzlaşacakları şartlar uygun ise bunu tercih edecektir.

Unutulmamalıdır ki, en gerçekçi çözüm yeni sayısal bir verici ile yayın yapılmasıdır ki, bu durumda hem bütünüyle yeni bir verici olması hem de üreticinin vereceği garantiden dolayı uzun yıllar sağlıklı yayın yapılabilecektir.

Mevcut 7000'den fazla analog verici parkı düşünüldüğünde, sayısal yayına geçişte bunların nasıl değerlendirilebileceğinin de sadece yayıncıları değil, Ülkemizi ve bu çerçevede ilgili düzenleyici kurumları ilgilendiren bir konu olduğu görülmektedir.

Bu bakımdan, RTÜK koordinatörlüğünde bir çalışma grubunun kurulması; bu gruba yayıncılar yanında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunun da dahil edilmesinde yarar vardır. Bu kapsamda her markadan bir ya da iki vericinin üretici firmalarına modifikasyon amacıyla verilip, sonuçlarının görülmesi, test edilmesi yararlı olacaktır. Alınacak sonuçlara göre ve marka, vericinin yaşı bazında değerlendirmeler yapılarak modifikasyon konusunda ilerlemek gerekmektedir. Yine bu kapsamda modifikasyon için üretici firmalar ve tüm yayıncıları temsilen bir kuruluş ile temas edilerek modifikasyonun fiilen ülkemizde yapılmasının getireceği işgücünün Ülke kaynaklarından kullanılması, varsa da ilave birim-ünite-parçaların da yerli sanayiden karşılanma durumlarının görüşülmesi yararlı olacaktır.

Buraya kadarki tüm hesaplamalar analog bir vericinin DVB-T2'ye dönüşümüne aittir. DVB-T2 teknolojik olarak HD yayınlara DVB-T'ye göre daha uyumlu olduğu için ve daha fazla veri iletimi sağladığı için Ülkemizde DVB-T2'ye geçişin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

DVB-T2, şüphesiz yayın bant genişliğinde DVB-T'ye göre %30-40'lar seviyesinde daha fazla kapasite yaratmakla birlikte, pratikteki üstünlüklerinin yeterli test edilmesi ve özellikle modülatör fiyatlarının daha aşağılara inmesi gerekir. Almanya gibi ülkelere bakıldığında önce DVB-T'ye geçilmiştir.Yalnız Almanya DVB-T teknolojisini DVB-T2'ye dönüştürmek için alt yapısını tekrar oluşturmaya çalışmaktadır.Bu durum da ciddi mali yatırım

gerektirmektedir.Avrupa Ülkelerinin birçoğunun mevcut DVB-T teknolojilerini DVB-T2'ye dönüştürme çalışmaları yaptığı bilinmektedir.Bu nedenle Ülkemiz için de DVB-T yerine DVB-T2 teknolojisine direk geçmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Avrupa'da televizyon yayıncılığında analog'dan sayısala geçişin önümüzdeki bir ya da iki yılda tamamlanması beklenmektedir. Bu süreç Ülkemizde de yaşanacaktır, ancak bazı ön çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bunlardan birincisi sayısal yayını ve frekans tahsisini sayısal yayına göre düzenleyen 3984 sayılı Radyo ve Televizyonların Kuruluş ve Yayınları Hakkındaki Kanunu'ndaki tadilatların bir an evvel tamamlanması, ikincisi frekans planlarının yapılması ve nihayet üçüncüsü de lisansların verilmesidir. Bu süreçlerin tamamlanması ile birlikte, analog TV yayınların da sonlandırılacağı tarih belli olacaktır.

Bu dönüşüm ile birlikte binlerce analog TV verici de, bu dönüşümü yaşayan diğer ülkelerde olduğu gibi, ya atıl durumda bırakılacak ya da kısmi de olsa, modifikasyonla sayısal yayında tekrar kullanılacaktır.

Bu dönüşümü yaşayan ve verici sayıları bakımından ülkemiz ile benzerlik gösteren Almanya'ya bakıldığında, Almanya'nın özellikle gücü 5 kW üzerindeki vericilerden iyi durumda olanları (yaşı 10'dan küçük) modifikasyonla sayısala dönüştürerek kullandığı görülmektedir. Yine Almanya son 5 yıldır kurduğu yüksek güçlü analog vericileri sadece yazılım değişikliği ile sayısal yayın yapabilecek kabiliyette tesis ettiği için, bu vericilerde modifikasyon maliyetsizce gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde, bir dezavantaj olarak değerlendirilebilecek konulardan birisi, verici markalarının sayılarının fazlalığı olup, bu markaların sahibi olan bazı üreticiler çoktan bu işi bırakmıştır. Dolayısıyla, modifikasyon sözkonusu olduğunda, bu vericiler başka üreticiler tarafından ele alınmak durumundadır.

Bir diğer husus da, yayında olan vericilerimizin tam ve sağlıklı envanterlerinin çıkarılmasıdır. Bu envanter bilgisi; vericilerin üreticileri, marka-model, tip, güç, fiili durumu, kullanılan yükselteç tipleri, yapısı, kullanılan transistörlerin tipi, kontrol yapıları gibi onlarca hatta yüzlerce bilgiyi kapsamaktadır. Ayrıca bu çalışmanın uzmanlarınca yapılması gerektiği açıktır. Yine aynı ekipçe bu vericilerin sayısala modifikasyonlarının yapılıp yapılamayacağının da değerlendirilmesi gerekmektedir. Dönüşüme uygun görülenlerden numuneler alınarak bu işle ilgilenen firmalara vericilerin sayısala modifikasyonlarının yaptırılması ve sonuçlarının da yine bu firmalarla birlikte değerlendirildikten sonra, dönüşümün teknik bazda sonuçlarının görülmesi gerekmektedir. Bu sonuçlardan tatmin edici bulunanlar için firmalardan teklif alınarak süre ve maliyet yönünden genel bir değerlendirme yapılması yararlı olacaktır.

Bu genel değerlendirme, aynı zamanda bu işin mali anlamda büyüklüğünü de ortaya koyacaktır. Bu büyüklük Ülkemiz yatırımcıları için de değerlendirilecek bir konu olabilir ve yerli firmalardan bu işe girmek isteyenlere de bir imkan yaratılmış olur. Bu kapsamda modifikasyonun bazı unsurlarının da yine yerli üretimi imkanları da sağlanmış olur. Ancak bunun için firmalara zaman tanınmasını teminen bir an evvel harekete geçilmesi gerekir ki dönüşüm tarihinde firmalar hazırlıklarını bitirmiş olsunlar.

Daha ileri ve hızlı modülasyon sistemi olan DVB-T2'nin maliyeti ile halen yaygın olarak kullanılmakta olan DVB-T'nin maliyetinin bugün için ve ilerisi için ayrı ayrı mali analizlerinin yapılması gerekir. Bugün için bir adet DVB-T modülatör fiyatı ile DVB-T2 modülatörü arasında mali yönden farklar bulunmaktadır.

Almanya ve İngiltere başta olmak üzere dönüşümü tamamlamış ya da tamamlamak üzere olan ülkelerin DVB-T sisteminde yayın yaptığı bilinmektedir. Bu dönüşüme başladıkları tarihten bu yana sağladıkları tasarruflar ile bu dönüşümü yapmadan DVB-T'yi beklemeleri durumundaki yapmış olabilecekleri analog yayın harcamalarının sayısal yayının tüm

zincirleri bazında değerlendirildiğinde, bu ülkelerin çok ciddi tasarruf sağladıkları görülecektir. Örnek olarak Almanya yıllık olarak yaklaşık 450 Milyon Avro[54] tutarındaki bir harcamayı Analog TV yayıncılığında verici hizmetleri için yaparken, sayısal yayına geçildiğinde bu harcamanın üçte birler seviyesine düştüğünü hesaplamıştır. Bu ülkelerdeki dönüşümün gerçekleştirildiği tarihten bu yana elde ettikleri tasarruflar toplandığında bulunacak tutar ile bu vericilerde ve alıcı sistemlerinde DVB-T(T2) için yapılacak dönüşüm maliyetlerinin mukayese edilmesinde fayda vardır. Bu tür hesaplamalar, hangi sistemin hangi zamanlamayla kullanılması gerektiğini gösterecektir.

Cenevre 2006 anlaşması ile DVB-T(T2)'ye son geçiş tarihleri belirlenmiş, ayrıca Avrupa Birliği de bazı tavsiye kararları ile bu süreci kısaltma yönünde tavsiye kararları almıştır. Ancak her halükarda dönüşümün bu antlaşmada belirtildiği üzere 2015 yılı Haziran ayına kadar tamamlanması ya da sınırlarımız dışına taşacak şekilde bu tarihten sonra analog sinyal yayınlanmaması gerekmektedir.

Bu nedenle, Ülkemiz adına, başta yasal düzenleme olmak üzere, her türlü en alt seviyeden üst seviyeye kadar çalışmaların yapılması, tartışma platformlarının yaratılması, konunun yayıncılık gündeminde tutulması, bir çok yönden benzerlik gösteren ve dönüşümü tamamlamış batılı ülkelerin yakından incelenmesi, tecrübelerinden yararlanılması yerinde olacaktır.

Ülkemiz sanayisinin, yatırımcısının, bilim çevrelerinin de konuya dahil olmalarının sağlanması yanında, öncü olmalarını sağlamak için de düzenleyicilerin yapmaları gereken çalışmaları hızla tamamlamaları çok önemlidir.

Ülkemize son yıllarda ithal edilen özellikle orta ve yüksek güçlü bazı analog vericilerin yazılımla sayısala da dönüştürülebileceği, yayıncılardan elde edilen bilgilerden görülmektedir. Ancak, bu tür vericilerin sayısı oldukça

[54] Avro : Euro ,Avrupa Para Birimi

azdır. Ancak toplam bazda Ülkemizdeki analog vericilerin sayıları dikkate alındığında ve sayısal yayına geçiş süreci de göz önünde bulundurulduğunda, öncelikle bu verilerin sahipleri olan yayıncıların içinde yer alacağı bir çalışma platformunun bilgi paylaşımı ve ortak hareket tarzı bakımından büyük önemi vardır. Batılı devletlere bakıldığında, tümünde bu tür platformların kurulduğu görülmektedir.

Bir analog vericinin sayısala modifikasyonundaki en önemli birim modülatördür. Modülatör fiyatlarına bakıldığında DVB-T için 4.000-6.000€ aralığında olduğu, DVB-T2 için ise bu meblağın 7500-9000€ bir tutarın ortaya çıktığı görülmektedir. Modülatörün verici bedeline oranı düşünüldüğünde, bu denli maliyetli bir ünitenin yerli üretiminin sağlanması, lisanslı da olsa bu imkanın yaratılması önemli miktarda dövizin yurt dışına çıkışını önleyecektir.

200W'a kadar güce sahip bir analog vericinin DVB-T2'ye modifikasyon maliyetinin aynı güçteki yeni bir DVB-T2 verici maliyetine oransal anlamda bakıldığında, yeni verici maliyetinin yüzde 70'lerıne varan bir harcamayla modifikasyonun yapılabileceği hesaplanmıştır. Bu oran oldukça yüksek olup, böyle bir durumda yeni bir DVB-T2 vericisi satın almak en doğru yol olacaktır. Modifiye edilecek vericinin gücü yükseldikçe, modifikasyonun harcamasının yeni bir DVB-T2 verici maliyetine oranının önemi miktarda düştüğü görülmektedir. Buradan da şöyle bir çıkarıma gidilebilir. Modifiye edilecek vericinin gücü ne kadar yüksek ise, modifikasyon yapılarak bu vericiyi DVB-T2'ye dönüştürmek o oranda mantıklı ve yerinde olacaktır. Nitekim, Avrupalı yayıncılar da çoğunlukla yüksek güçlü vericileri, özellikle de 5 kW ve üzeri vericileri modifiye etme yoluna gitmiştir. Firmalarla bu anlamda yapılacak işbirliği ve sonrasında alınacak tekliflerden en uygun güç ve maliyet tespiti yapılacaktır.

Sadece vericiler için değil, genel anlamda modifikasyon ya da tadilat harcamalarının yenisini yapmak ya da satın almak için yapılacak harcamalara oranının yüzdesel olarak %25-30'ları geçmemesi gerektiği kabül gören bir hususdur. Bu nedenle, yapılacak çalışmalarla en doğru sonuç elde

edilebilecek olmasına rağmen, bu çalışmada gücü 1 kW ve yukarısı olan analog vericiler için ancak DVB-T(T2)'ye modifikasyonun değerlendirilebileceği kanaati ortaya çıkmaktadır.

Bu tezin, bu kapsamda, düzenleyici kurum olarak Üst Kurulumuza olduğu kadar, yukarıda belirttiğim diğer aktörlere de katkısı olacaktır.

KAYNAKÇA

KİTAPLAR

Benoit, Hervé (1997), *Digital Television MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system*, John Wiley & Sons Inc (Arnold), New York.

Bricei, Richard (2003), *Newnes guide to digital TV,* Newnes Publications, Burlington.

Emm, Adele (2002), *Researching for television and radio,* Routledge,London.

Faria, Gerard (1999), *COFDM: An Opportunity To Operate Differently Broadcast Networks*, Director of Research ITIS, France.

Fisher, Walter (2004), *Digital Television, Rohde&Schwarz*, Springer, Berlin.

Gilbert, Sean (2007), *World Radio TV Handbook: WRTH*, Oxford: WRTH Pub. Ltd., Oxford.

Gilbert, Sean (2008), *World Radio TV Handbook: WRTH*, Oxford: WRTH Pub. Ltd., Oxford.

Grop, Bernard (1986), *Basic Television and Video Systems*, Mc. Graw-Hill, New York.

Hoeg, Wolfgang (2003), Thomas Lauterbach, *Digital audio broadcasting : principles and applications of digital radio*, West Sussex : John Witey & Sons, Berlin.

J. Riley, Martyn (1997), *Digital Video Communications*, Artech House, Boston.
Morgül, Avni (1993), *Ortak Anten, Uydu ve Kablo TV Sistemleri*, Yenikarar Matbaası, İstanbul.

Morgül, Avni (1997), *Televizyon Tekniği*, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Morgül, Avni (2002), *Dijital Televizyon*, Anten Dünyası yayınları, İstanbul.

Safford, Edward (1971), *A Guide to radio & TV broadcast engineering practice*, USA : Tab,New York.

Sikora, Thomas (1997), *MPEG Digital Video Coding Standards*, IEEE Signal Processing Magazine, Washington.

Tekalp, Murat (1995), *Digital Video Processing*, Prentice Hall, New York.

MAKALELER

Can, Erkan (2006), "Sayısal televizyon Yayıncılığı", *Elektrik Mühendisleri Odası*, s.2-3 http://www.emo.org.tr/ekler/347c51419ffb23c_ek.pdf?dergi=2 (15.09.2010).

Morgül, Avni (2004), "Dijital Televizyon Yayınlarının (DVB) Bugünkü Durumu", *Boğaziçi Üniversitesi Elektrik/Elektronik Bölümü*, s.14 http://www.satturkey.com (15.08.2010).

ANONİM ESER

Aselsan(1985), *Alıcı-verici prensipleri,* Aselsan Yayınları, Ankara.

YAYINLANMAMIŞ DERS NOTLARI

Ardoğa, Nedim (2005), *TRT Genel Müdürlüğü Vericiler Dairesi Başkanlığı Eğitim Notları,* Türkiye Radyo Televizyon Kurumu, Ankara.

Çelik, Adnan (2005), *TRT Genel Müdürlüğü Vericiler Dairesi Başkanlığı Eğitim Notları,* Türkiye Radyo Televizyon Kurumu, Ankara.

İNTERNET KAYNAKLARI

Communication Certification Laboratory (CCL), http://www.cclab.com/ (09.09.2010).

Digital Video Broadcasting (DVB),http://www.dvb.org/technology/dvbt2/ (07.09.2010).

European Broadcasting Union (EBU), http://www.ebu.ch/(07.08.2010).

Federal Communication Commission (FCC), http://www.fcc.gov/ (09.09.2010).

Harvard University, A Chronology of Communication Events, http://people.seas.harvard.edu/~jones/history/comm_chron2.html (10.07.2010).

ITU-R BS. 1114-1, ITU-R, System for Terrestrial Digital Sound Broadcasting to Vehicular, Portable and Fixed Receivers in the Frequency Range 30-3000 MHz (1995), Cenevre , http://electronics.ihs.com/collections/video/cm183.htm (10.06.2010).

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (Haziran 2006), Dokuzuncu Kalkınma Planı - Bilgi ve İletişim Teknolojileri Özel İhtisas Komisyonu Yayıncılık Alt Komisyonu Raporu, http://ekutup.dpt.gov.tr/bilisim/oik696.pdf (10.07.2010).

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (Ocak 2000), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı - Haberleşme Özel İhtisas Komisyonu Raporu, http://www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3165/oik581.pdf (12.08.2010).

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (Ocak 2000), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı - Haberleşme Özel İhtisas Komisyonu Raporu, http://www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3165/oik581.pdf (19.08.2010).

EKLER

EK 1: FİRMALARA SORULAR

EK 2: FİRMALARA SORULAR (İNGİLİZCE)

EK 3: FİRMALARDAN CEVAPLAR

EK 4: YAYINCI KURULUŞLARA SORULAR

EK 5: YAYINCI KURULUŞLARDAN CEVAPLAR

EK 1: FİRMALARA SORULAR

Sayın : Firma Yetkilileri,

Halen Radyo ve Televizyon Üst Kurulu (RTÜK)'nda Uzman Yardımcısı olarak çalışmaktayım. Elektronik Mühendisiyim. Uzman olabilmek için hazırlamam gereken TEZ konum "Karasal sayısal yayıncılığa geçişte kullanılacak verici sistemlerin teknik ve ekonomik yönden incelenmesi" 'dir.

Bu konuyu Uzmanlık Tezi olduğu kadar, hem kişisel gelişimime hem de Ülkemizde Analog TV yayıncılığından Sayısal TV yayıncılığa geçişte yardımcı bir doküman, Kurumuma ve meslektaşlarıma bir referans kaynak doküman olarak katkı sağlaması amacıyla kapsamlı ve güncel bilgi ve belgelerle destekleyerek hazırlamak arzusundayım.

Bilindiği üzere, Ülkemizde Sayısal TV Yayıncılığa geçişle ilgili çalışmalar yürütülmekte, TRT tarafından deneme yayınları yapılmaktadır. Üst Kurulumuzca da 3984 sayılı Radyo ve Televizyonların Kuruluş ve Yayınları

Hakkındaki Kanun gereğince; frekans planlamaları, izin ve tahsisi ile takip işlemleri yapılmakta ve yapılacaktır.

Tezime konu analog TV vericilerinin sayısala modifikasyonu ile ilgili olarak gerek literatürel gerekse de maliyet yönünden halihazırda yapılan bir çalışma olmadığını gördüm. Bu nedenle, bu çalışmamı geniş kapsamlı tutup, analog TV verici yapısı ve çalışma prensibi, DVB-T vericilerin yapıları ve çalışma prensipleri, kodlama ve modülasyon teknikleri, verici bedelleri (firma ismi belirtmeden), dönüşüme ait modülatör, filtre vb. birimlerin maliyetleri ile garanti ve diğer koşulları firmalar bazında sorgulayarak genel bir analiz yapmak istiyorum.

Ülkemizdeki mevcut verici marka modelleri ile sayıları ve yaşları dikkate alındığında sayısal TV yayıncılığına geçişte bu vericilerin dönüşüm maliyetlerinin uygun olması ve beklenen kalitenin elde edilmesi durumunda değerlendirilmesi gerektiği açıktır.

Bütün bu nedenlerle; hazırlamakta olduğun tezime katkı anlamında ekteki sorulara (tümüne ya da şirketinizce uygun görülenlerin) cevaplandırılarak tarafıma ulaştırılması hususundaki katkılarınızı arz ve rica ederim.

Saygılarımla

Şaheste PEHLİVANLI
RTÜK Uzman Yardımcısı

(Aşağıdaki sorular, cevapları ve firma isimleri tamamıyla gizli tutulacak; hiçbir yazılı dokümanda ve haberleşme ortamında firma adı belirtilmeyecektir. Bilgiler sadece TEZİMDE kullanılacaktır.)

1. 1W'tan başlayarak en yüksek güce kadar ürün gamındaki DVB-T verici fiyatlarınız,

2. Birinci soruya cevabınızın, varsa üretiminiz, DVB-T2 verici fiyatları olarak verilmesi,

3. DVB-T yerine DVB-T2 olması durumunda DVB-T vericisi üzerinde hangi ünitenin/ünitelerin değiştirildiği (DVB-T modülatör yerine DVB-T2 modülatörü gibi),

4. Analog vericilerinizin DVB-T'ye ve DVB-T2 dönüştürülmesi durumunda hangi birimlerin değişmesi gerektiği, bu birimlerin fiyatları,

5. Ürün gamınızdaki analog vericilerin tamamı DVB-T ya da DVB-T2'ye teknik olarak dönüştürülebilir mi? Dönüştürülmez ise de nedenleri?

6. Halen analog TV verici üretiminizin olup olmadığı?

7. Avrupa ülkelerinden (Türkiye hariç) analog TV verici alımı yapan ülke var mı?

8. Satmış olduğunuz analog bir vericinin DVB-T'ye modifijasyonunun firmanızca yapılması drumunda garantinin sadece modifikasyonu yapılan kusumları için mi yoksa tüm verici için mi geçerli olacağı ya da garanti şartlarının b durumda ayrıca değerlendirme ve fiyatlandırma konusu mu olacağı?

9. Analog bir TV vericisinin DVB-T'ye modifikasyonunda analog verici yaşının, kullanılma süresinin modifikasyona etkisi, maliyete etkisinin neler olacağı?

10. Genel anlamda analog bir TV vericisinin DVB-T'ye modifikasyonunun vericinin bedelinin yüzde kaç maliyetine gerçekleşeceği? Aynı özelliklerdeki yeni bir DVB-T verici fiyatı ile dönüşüm maliyetinin yüzdesel olarak kıyaslanması?

Şirketinizin genel anlamda yukarıdaki sorular çerçevesinde vericilerin modifikasyon yapılarak kullanılması ya da yeni bir sayısal verici alımı konusundaki tavsiyesi, görüşü ve önerileri ile modifikasyonda yaşanabilecek teknik kalite, işletme ve bakım-onarım ve garanti sorunları konusundaki görüşlerinizin paylaşılması, bu çalışmanın başarısı açısından son derece önemlidir.

Şirketiniz, verici üretici değil ise temsilciliğini ya da distribütörlüğünü yaptığınız üretici firmadan bu bilgilerin tamamını ya da şirketinizce takdir edilenlerin cevaplarının en kısa sürede tarafıma ulaştırılması konusundaki değerli katkılarınıza şimdiden teşekkür ederim.

EK 2 : FİRMALARA SORULAR (İNGİLİZCE)

Dear Sir,

I am Electronic Engineer and working for Radio and Television Supreme Council (RTUK) as an Assistant Expert. In order to be an expert, I have to prepare a “Thesis”. The thesis subject is "the modification of an analog TV transmitter to digital and the technical and economical effects and results ".

I prefer to prepare this Thesis as an reference book for my collegues, my company and also the bradcasters and regulators in Turkey. In this case, I am trying to take the information directly from manufacturers.

In that case, your support is essential.

I request from your company to answer all or some of attached questions and especially the comment on the modification cost, process, guaranty conditions, and other issues that wanted to be discussed by your company.

I will keep all the information supplied by your company, confidentally.

Thank you in advance and I am expecting to get an answer soon,

Best regards,
Şaheste PEHLİVANLI
Ass. Expert
Radio and Television Supreme Council
TURKEY
For contact:
e-mail:sahestepehlivanli@rtuk.org.tr
Mobile: (+90312)2975334

QUESTIONS

1.If you are a transmitter manufacturer, the prices of DVB-T transmitters, (covering whole powers)?

2.If it is available, the prices of DVB-T2 transmitters,

3.In the process of modification of a DVB-T transmitter to DVB-T2, is there any change on transmitter except for replacing DVB-T modulator with T2,

4.The possibility of modification of your analog TV transmitters to DVB-T (as well T2)? If yes, could you tell the details, such as which parts to be changed, prices, process, duration, etc.

5.Do you still have production of analog transmitter ?

6. Do you think that any country or broadcaster in Europe still buying Analog transmitter (except for Turkey)?

7. If you make a modification an analog Tv transmitter to DVB-T, could you tell me the guaranty conditions (applying to only changed parts, to all or subject to negotiation)?

8. Have you complated any modification of an analog TV transmitter to digital? Do you have any commend on the age of analog transmitter's effects to success of modification?

9.In general, could you give the ratio of modification cost to the modified transmitter's price as percentage? Same ratio with modification cost of an analog TV transmitter to a new DVB-T transmitter, for example 200W and 1 kW?

Except for above mentioned issues, advices regarding the modification of an analog TV transmitter to digital or buying a new DVB-T transmitter, will be much appreciated.

I believe that the modification of a analog transmitter to digital is not only discussed in Turkey, also discussed whole over European countries and your company have much experiences. Sharing these experiences will help me and also the process of Turkey's decision.

(The questions, answers, and company names will be kept completely confidential, and I never share the written documentation to anyone and your company name too. Information will be used only for my thesis.)

EK 3 : FİRMALARDAN CEVAPLAR (TÜRKİYE'NİN VERİCİ ÜRETİMİ YAPAN YERLİ FİRMALARINDAN BİRİ CEVAPLAMIŞTIR)

Sayın Şaheste Pehlivanlı,

Sorularınıza cevaplarımız aşağıdaki gibidir.

1)DVB-T artık kullanılmayacaktır. Bu sebeple DVB-T2 verici üreteceğiz.

2)DVB-T2 vericiler için Ar-Ge çalışmalarımız devam etmektedir. Şu anda fiyat vermemiz mümkün değildir.

3)DVB-T yerine DVB-T2 olması durumunda modülatör değişerek verici DVB-T2 haline gelir.

4)Analog vericilerimizin DVB-T2 dönüştürülmesi durumunda modülatörün değişmesi şarttır. Çıkış filtresinin değişmesi gerekebilir. Fiyatlandırma şu anda mümkün değil.

5)Ürün gamımızdaki analog vericilerin tamamı DVB-T2 vericiye dönüştürülebilir.

6)Analog verici üretimimiz halen vardır.

7)Bilgimiz yok.

8)Her bir vericiyi ayrı ayrı değerlendirmek gerekecektir.

9)DVB-T2 ye modifikasyonda verici yaşının maliyete etkisi elbette vardır.

Fakat daha önemli olan vericinin yapısıdır. Vericinin RF kuvvetlendirici katlarının DVB-T2 yayına uygun (LDMOS) olması maliyette çok daha önemlidir. Ayrıca düşük güçlü analog vericilerin DVB-T2'ye dönüştürülmesi maliyet ve garanti şartları açısından uygun olmayacaktır.

10)Bu soruya genel oransal maliyet açısından cevap vermek mümkün değildir. Düşük güçlü analog verici dönüşüm maliyeti %90 lar seviyesinde olabilir. Yüksek güçlü analog vericilerde oransal maliyet %10 lar seviyesine inebilir.

Analog vericileri yapıları,güçleri,kullanım süreleri ve kullanım şartları gibi çeşitli kırıterleri göz önünde bulundurarak ayrı ayrı değerlendirmek gerekecektir. Elbette kullanılabilecek vericilerden faydalanılması esas olmalıdır.

BİZİM ÜSTÜNDE ÖNEMLE DURDUĞUMUZ KONU TÜRKİYE'NİN ACELE EDEREK ESKİMİŞ DVB-T'YE GEÇMEMESİDİR.

DENEME YAYINLARI BAŞLAYAN DVB-T2 KONUSUNDAKİ GELİŞMELERİ TAKİP EDEREK VE SABIRLI OLARAK DVB-T2 SONUÇLARINI GÖRMEMİZ LAZIMDIR. YOKSA ÜLKEMİZ SİYAH-BEYAZ TELEVİZYONDA VE ARAÇ TELEFONLARINDA OLDUĞU GİBİ AVRUPANIN DEPODA KALMIŞ ÜRÜNLERİNE PAZAR OLUR.

Saygılarımla
İyi çalışmalar
Firma Genel Müdürü

EK 4 : YAYINCI KURULUŞLARA SORULAR

Sayın Yayıncı Kuruluş Yetkilileri;

Televizyon yayıncılığında sayısal yayına geçiş sürecinde, analog vericilerin yaş ve güç aralığına göre belirli koşulları sağlaması durumunda yeni bir sayısal verici almak yerine daha az maliyetle mevcut analog vericilerin sayısal vericilere modifikasyonlarının teknik olarak yapılıp yapılamayacağı, yayıncılarımızın tercihlerinin ne yönde olacağı ve bütün bu bilgilerden hareketle Ülkemizdeki verici stokları bakımından genel değerlendirme yapan bir Tez hazırlıyorum.

Bu kapsamda, kanalınızda bulunan son 10 yılda almış olduğunuz analog TV vericilerin sayıları ile ilgili aşağıdaki tabloyu doldurabilirseniz tez çalışmam için daha detaylı ve faydalı bir araştırma olmasına imkan sağlayacaktır. Ayrıca, sadece yazılımla analogdan sayısal TV vericisine modifikasyonu yapılabilen vericileriniz mevcut ise de bunu da belirtmeniz yararlı olacaktır.

Vereceğiniz bilgiler için şimdiden teşekkür eder, sağlayacağınız tüm bilgilerin sadece Tez çalışmamda kullanılacağını, şirket isminin de hiçbir suretle belirtilmeyeceğini bildirmek isterim.

Şaheste Pehlivanlı
RTÜK Uzman Yardımcısı
Elektrik-Elektronik Mühendisi
Adres : Bilkent Plaza B2 Blok
Bilkent/Ankara
Tel : (0312) 2975334
Faks:(0312) 2661950
Mail : sahestepehlivanli@rtuk.org.tr

Doldurulması istenen tablo

Verici yaşı	Verici gücü (0-200 watt)	200-1000 watt	1000 watt ve üstü
0-2 yaş			
2-5 yaş			
5-7 yaş			
7-10 yaş			

EK 5 : YAYINCI KURULUŞLARDAN CEVAPLAR (TÜRKİYE'NİN EN BÜYÜK ULUSAL YAYINCI KURULUŞLARINDAN BİRİ CEVAPLAMIŞTIR.)

Şaheste hanım, merhaba.

İstemiş olduğunuz bilgiler çizelgeye işlenmiştir.

Umarım faydalı bir bilgi olur.

İyi çalışmalar

Verici Sistemleri Müdürü

Verici yaşı	Verici gücü (0-200 watt)	200-1000 watt	1000 watt ve üstü
0-2 yaş	2		2
2-5 yaş			
5-7 yaş			
7-10 yaş	2		5

ÖZET

Yayıncılık sektöründe, sayısal teknolojilerin gelişmesiyle, analog'dan sayısala doğru hızlı bir değişim süreci yaşanmaktadır. Dünyada analog yayıncılık uygulamaları yok denecek kadar azalmıştır. Türkiye yayıncı kuruluş sayısı bakımından Amerika'dan sonra dünyadaki en fazla paya sahiptir. Bu durum ülkemiz koşullarında frekans spektrumunun daha verimli kullanılması ve yayıncıların daha sağlıklı, enterferanssız yayın yapma zorunluluğunu doğurmaktadır. Bu da ancak sayısal televizyon yayın teknolojisi ile kalıcı ve sağlıklı bir şekilde giderilebilecektir.

Bu çalışmada karasal yayıncılık açısından analog verici teknolojisi ile sayısal verici teknolojisi detaylı bir şekilde incelenmiş, verici sistemlerinde bulunan farklılıklar ortaya konulmuştur. Ayrıca, Türkiye'de DVB-T'ye geçiş sürecinde sayıları 7000'i bulan analog verici parkı için sıfırdan sayısal verici almak yerine dünyada olumlu sonuçlarını gördüğümüz modifikasyon süreci ile analog vericilerin belirli yaş ve güç aralığına göre sayısal vericiye dönüştürülebilme imkanı araştırılmıştır. 2014 yılına sonuna kadar geçilmesi düşünülen DVB-T yayıncılık için ülkemizde bulunan verici sistemler, teknik ve ekonomik yönden incelenmiş ve izlenilmesi gereken yol konusunda faydalı sonuçlar çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler : DVB-T, Verici Modifikasyonu,Sayısal Yayıncılık.

ABSTRACT

There is a process of rapid change in broadcasting sector thanks to the development of digital technologies. Analogue broadcasting applications have decreased so much that nearly disappeared in the world.

There are so many broadcasting organizations in Turkey that the number of them is the second highest after USA. For this reason, our country requires the usage of frequency spectrum more efficiently. Thus, more qualified, interference-free broadcasting can be achieved permanently by using digital television broadcasting technology.

In this thesis, I have investigated the terrestrial analog and digital transmitter technology in detail and I have introduced the differences between them.

It is well known that in our country there are about 7000 analog transmitters on air right now. I examined the transmitter's , which are appropriate in terms of age and power, modification to DVB-T in terms of cost and technical aspects as well as the successful examples of it especially in Europe.

To sum up, the transition to DVB-T should be completed by the end of 2014 in our country. Thus, I have examined the modification process of analog transmitters to digital and beneficial results have been concluded.

Key Words : DVB-T, The modification of Transmitters, Digital Broadcasting.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Kırıkkale'de doğdu. İlköğrenimini Atatürk İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Ortaöğrenimini Kırıkkale Anadolu Lisesi'nde tamamlayarak dönem üçüncüsü olarak 1996 yılında mezun oldu. Lise öğrenimini Kırıkkale Fen Lisesi'nde tamamlayarak 1999 yılında dönem ikincisi olarak mezun oldu. Gazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği'ni 2003 yılında bitirdi. Çok iyi derecede İngilizce , orta derecede Almanca bilmektedir.

Çalışma hayatına 2004 yılında Armada Limited Şirketi Ar-Ge bölümünde Proje Mühendisi olarak başladı. 2005 yılında Milli Savunma Bakanlığı Muhabere Elektronik Bilgi Sistemleri bölümünde Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak 2 yıl görev yaptı. 2007 Yılında Radyo ve Televizyon Üst Kurulu Teknik Hizmetler Dairesinde Uzman Yardımcısı olarak göreve başladı. Halen aynı görevine devam etmektedir.