KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TI DAVINCI™ PLATFORMUNDA H.264/AVC VİDEO KODLAMA VE AĞ ÜZERİNDEN İLETİM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisi Halim Cem KEFELİ

Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Sarp Ertürk

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TI DAVINCI™ PLATFORMUNDA H.264/AVC VİDEO KODLAMA VE AĞ ÜZERİNDEN İLETİM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisi Halim Cem KEFELİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 02.06.2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 07.07.2008

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Prof. Dr. Sarp ERTÜRK	Yrd. Doç. Dr Cabir VURAL	Yrd. Doç. Dr Oğuzhan URHAN
(.....)	(.....)	(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma yalnızca yüksek lisans eğitimimin doğal bir sonucu olarak değil üniversite, lise ve hatta ilkokul yıllarını dahi kapsayan bir eğitim sürecinin olgunlaşmış meyvesi olarak düşünülmelidir. Bu bağlamda eğitim ve öğrenim hayatım boyunca benim önüme maddi ve manevi olarak her türlü malzemeyi hazırlayıp koyan AİLEME, benim eğitimim için her zaman destekçi olan ve bir süre önce aramızdan ayrılan DEDEM ve BABAANNEME, çalışmalarıma destek olan değerlerli ARKADAŞLARIMA, bu tezin yazım aşamasında bana yardımcı olan arkadaşım Özlem ÖKSÜZ'e ve değerli katkılarından dolayı Özgü ALAY'a ve yapmış olduğum çalışmalar süresince bana göstermiş olduğu anlayıştan dolayı sevgili İLKAY ÇAKMAK'a teşekkürlerimi sunmayı asli bir görev olarak bilirim.

Tez çalışmam boyunca beni yönlendiren, yardımcı olan ve TI DaVinci™ gibi güzide bir gömülü platform ile tanışmamı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Sarp ERTÜRK'e kıymetli emeklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

"TI DaVinci™ Platformunda H.264/AVC Video Kodlama ve Ağ Üzerinden İletim" isimli bu çalışmanın gömülü sistemler ile uğraşan ve video kodlama konusunda bir şeyler yapmak isteyen herkese faydalı olmasını temenni ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
SİMGELER DİZİNİ iv
KISALTMALAR v
ÖZET vii
İNGİLİZCE ÖZET viii

1. GİRİŞ 1

2. TEMEL KAVRAMLAR 5
2.1. Renk Uzayları 5
2.1.1. RGB renk uzayı 5
2.1.2. YC_rC_b renk uzayı 6
2.2. Analog Video İşaretleri 8
2.3. Sayısal Video 11
2.4. Temel Sıkıştırma Algoritmaları 12

3. H.264 VİDEO KODLAMA 16
3.1. Giriş 16
3.2. H.264 Video Profilleri 16
3.3. H.264 Video Kodlama Standardı 18
3.4. H.264 Video Kodlama Aşamaları 21

4. TI DAVINCI™ TEKNOLOJİSİ 27
4.1. Giriş 27
4.2. TI DaVinci™ Teknolojisinin Sunmuş Olduğu Özellikler 30
4.3. TI DaVinci™ Uygulama Geliştirme Kiti[4] 32
4.4. TI DVEVM™ Üzerinde H.264 Video Kodlayıcı ve Çözücü Uygulaması 34

5. AĞ MİMARİSİ 37
5.1. Giriş 37
5.2. IPTV 40
5.3. Geliştirilen Video Aktarım Yazılımı İçin Ağ Yapısı 43
5.4. Geliştirilen TCP Temelli Video Bit Dizini Görüntüleyici 46

SONUÇLAR ve ÖNERİLER 48
KAYNAKLAR 49
KİŞİSEL YAYINLAR ve ESERLER 51
ÖZGEÇMİŞ 52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: RGB renk uzayı için renk skalası 6
Şekil 2.2: YC_rC_b renk uzayında kullanılan renk formatları 8
Şekil 2.3: Analog video işareti için tarama yapısı 9
Şekil 2.4: Analog bir işaret için Siyah-Beyaz renk tonlarının grafiksel gösterimi ... 10
Şekil 2.5: Analog video işaretleri için yapı 10
Şekil 2.6: JPEG görüntü sıkıştırma algoritması için örnekler. (a) Orijinal imge çerçevesi (b) %40 sıkıştırılmış görüntü (c) %80 sıkıştırılmış görüntü 12
Şekil 2.7: MPEG-7'nin temel çalışma prensibi 14
Şekil 3.1: H.264 profillerinin desteklediği temel özellikler 17
Şekil 3.2: H.264 için temsili gösterim 18
Şekil 3.3: H.264 Kodlayıcı yapısı 19
Şekil 3.4: H.264 Kod Çözücü yapısı 20
Şekil 3.5: Farklı MB bölüntü çeşitleri 21
Şekil 3.6: H.264 için alternatif referans çerçeveler 23
Şekil 3.7: Çeyrek piksel çözünürlüklü hareket vektörü 23
Şekil 3.8: Komşu pikseller ve öngörü yönleri 24
Şekil 3.9: Intra-4x4 için ilk 5 öngörü kipi 24
Şekil 3.10: Bloklama-önler süzgecin yeniden oluşturulan imge üzerindeki etkisi ... 26
Şekil 4.1: TI DaVinci™ Uygulama geliştirme platformu. 28
Şekil 4.2: TI DaVinci™ için blok gösterim 28
Şekil 4.3: (a) ARM için temsili blok gösterim. (b) DSP için genel blok gösterim ... 29
Şekil 4.4: DVEVM için blok gösterim 33
Şekil 4.4: ARM ve DSP işlemcileri kullanımı için temsili gösterim 35
Şekil 4.5: ARM ve DSP işlemciler arasındaki işlem sıralaması 36
Şekil 5.1: OSI referans modeli için temsili gösterim 37
Şekil 5.2: OSI referans modeli ve TCP/IP için temsili gösterim 38
Şekil 5.3: IPTV için network yapısı 43
Şekil 5.4: LAN için haberleşme 44
Şekil 5.5: WAN için haberleşme 45
Şekil 5.6: C++ dili ile geliştirilen video çözücü 47

SİMGELER DİZİNİ

t	: Zaman
Y	: Renk uzayı ışıklılık bileşeni
k_r	: Renk uzayı ağırlıklandırma parametresi
F_n	: Giriş çerçevesi
F_{n-1}'	: Referans çerçevesi
F^{-1}	: İki boyutlu ters ayrık Fourier dönüşümü
D_n	: Artıklık bloğu
J	: Hız-bozulma maliyeti
R	: Bit miktarı
λ	: Lagrange çarpanı

KISALTMALAR

D.V.D	: Digital Versatile Disc
P.A.L	: Phase Alternation Lines
P.EL	: Picture Element
H.S.I	: Hue, Saturation, Intensity
H.V.S	: Human Visual System
R.G.B	: Red, Green, Blue
C.R.T	: Cathode Ray Tube
D.V	: Digital Video
V.H.S	: Video Home System
H.i.8	: High-Band Video8
J.P.E.G	: Joint Photographic Experts Group
C.O.D.E.C	: COmpression-DECompresion
M.P.E.G	: Moving Pictures Experts Group
DI.V.X	: Digital Video Express
B.P	: Baseline Profile
C.A.V.L.C	: Context-Adaptive Variable-Length Coding
F.M.O	: Flexible Macroblock Ordering
A.S.O	: Arbitrary Slice Ordering
R.S	: Redundancy Slices
M.P	: Main Profile
C.A.B.A.C	: Context Adaptive Binary Arithmetic Coding
E.P	: Extended Profile
H.P	: High Profile
H.D.T.V	: High Definition TV
S.D.T.V	: Standard Definition TV
M.B	: Macro Block
D.C.T	: Discrete Cosine Transform
O.S.I	: Open System Interconnection
T.C.P	: Transmission Control Protocol
I.P	: Internet Protocol
M.A.C	: Media Access Control
N.A.T	: Network Address Translation
P.A.T	: Port Address Translation
L.A.N	: Local Area Network
W.A.N	: Wide Area Network
I.S.P	: Internet Service Provider
A.D.S.L	: Asymmetric Digital Subscriber Line
N.I.C	: Network Interface Card
R.OM	: Read Only Memory
A.R.P	: Address Resolution Protokol
S.o.C	: System On Chip
M.I.P.S	: Mega Instruction Per Second

P.D.A	: Personal Digital Assistant
V.C.E.G	: Video Coding Experts Group
I.P.T.V	: Internet Protocol Television
D.S.L	: Digital Subscriber Line
V.o.D	: Video on Demand
S.T.B	: Set Top Box
I.G.M.P	: Internet Group Multicast Protocol
R.T.S.P	: Real Time Streaming Protocol
P.2.P	: Peer-to-Peer
P.P.P	: Point-to-Point Protocol
VO.I.P	: Voice over IP
Q.o.S	: Quality Of Service
D.S.L.A.M	: Digital Subscriber Line Access Multiplexer
B.R.A.S	: Broadband Remote Access Server
M.P.L.S	: Multi Protocol Label Switching
A.T.M	: Asynchronous Transfer Mode
A.S.I.C	: Application-Specific Integrated Circuit
A.P.I	: Application Programming Interface
E.M.IF	: External Memory Interface
E.D.M.A	: Enhanced Direct Memory Access
E.M.A.C	: Ethernet Media Access Control
G.P.I.O	: General Purpose Input/Output
U.A.R.T	: Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
U.S.B	: Universal Serial Bus
J.T.A.G	: Joint Test Action Group
S.A.T.A	: Serial Advanced Technology Attachment
A.T.A	: Advanced Technology Attachment

TI DAVINCI™ PLATFORMUNDA H.264/AVC VİDEO KODLAMA VE AĞ ÜZERİNDEN İLETİM

Halim Cem KEFELİ

Anahtar Kelimeler: Video Kodlama, H.264/AVC, Gömülü Sistemler, TI DaVinci™, Network Üzerinden Video İletimi, Sayısal İşaret İşleme, DSP

Özet: Teknolojinin gelişmesi ile birlikte çoklu ortam uygulamaları günlük hayatımızda oldukça fazla yer kaplamaya başlamıştır. Daha önceleri telefon gibi yalnızca ses iletimi gerçekleştiren cihazlar yerini yavaş yavaş görüntü naklini de gerçekleştirebilen cihazlara bırakmaya başlamıştır. Bilgisayar teknolojisinin iletişimde basamak oluşturması ve hızlı veri aktarımına olanak sağlaması, görüntülerin de bu bilgisayar ağları üzerinden gönderilmesine olanak sağlamıştır. Bu tez kapsamında gömülü bir platform olan TI DaVinci™ ortamında kodlanan H.264/AVC video bit dizini bilgisayar ağı üzerinden hedef bilgisayara gönderilmiş ve bilgisayar üzerinde koşan bir arayüz yardımı ile kullanıcı tarafından görüntülenmiştir. Hem gömülü sistem hem de bilgisayar tarafında koşan yazılımlar bu tez kapsamında C/C++ programlama dili ile yazılmıştır.

H.264/AVC VIDEO CODING ON TI DAVINCI™ PLATFORM AND TRANSMISSION OVER IP NETWORK

Halim Cem KEFELİ

Keywords: Video Coding, H.264/AVC, Embedded Systems, TI DaVinci™, Multimedia Transmission over IP Network, Digital Signal Processing, DSP

Abstract: Multimedia applications have started to find increased applications in everyday life with improvements in technology. Equipments such as telephones that facilitate only voice transmission have started to give way to equipments that also enable image transmission. Computer technology has enabled communications over computer Networks and the ability to facilitate fast data transmission has enabled images to be sent ıver computer Networks. In this thesis, video is H.264/AVC encoded on the TI DaVinci™ embedded platform and the bit stream is transmitted over a computer network to the target computer where the video can be watched with help of a graphical user interface. Software that runs on the embedded system as well as on the computer side has been written in the C/C++ programming language.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler özellikle sanayi devriminin sonrasında çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Fizik, kimya, matematik ve diğer temel bilimlerle karşılaştırıldığında bilişim alanındaki gelişmeler özelikle son yüzyılın ikinci yarısında diğerlerine göre çok daha fazla ve üretici olmuştur. Bu gelişmeyi hızlandıran en büyük etken şüphesiz ülkelerin savunma politikalarına göre şekillendirdiği güvenlik ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Ülkeler, savunma politikalarını belirlemiş, buna uygun teknolojik gelişmeler için alt yapıyı kurmuş ve bu teknolojileri geliştirebilmek için desteklemişlerdir. Bilişim sektöründe güçlü olan ülkelerin dünya konjonktüründe daha fazla söz sahibi olacağı ilkesine göre hareket eden bu tutum sayesinde günümüzde kullandığımız birçok teknolojik yenilik insanlığın hizmetine dolaylı yoldan da olsa sunulmuştur. Dolayısıyla çoğu zaman öncelikle askeri gereksinimlerden dolayı ortaya atılan büyük ve yeni teknolojik fikirler günü geldiğinde günlük hayatta da kolayca uygulama alanı bulmuştur. Bunun yanı sıra insan ihtiyaçlarını temel alan ve bu ihtiyaçların giderilmesine yönelik çalışmalar da global rekabet şartlarında her zaman var olmuştur [1].

Bahsedilen tüm bu ihtiyaçların artışı ve mevcut teknolojinin ihtiyaçları karşılayamaması nedeniyle dünya elektronik alt yapısında da güçlü ve kalıcı değişiklikler yaşanmıştır. Bir önceki yüzyıl içerisinde elektronik dünyasındaki analog sistemler terk edilmeye ve yerlerini sayısal sistemlere bırakmaya başlamıştır. Aşağıda verilen, sayısal sistemlerin avantajları sayısal teknolojilerin hızla yaygınlaşmasına zemin hazırlamıştır.

Sayısal Yöntemlerin Avantajları[2];

- Bozulmalardan daha az etkilenme: Sayısal işaretler yalnızca belirli değerler alırlar ve dolayısı ile analog işaretlere göre bozulmaları daha azdır.

- Sayısal yöntemlerin kesinliği daha yüksektir: Analog sistemlerde kullanılan devre elemanları her zaman bir tolerans değerine sahiptir, bu yüzden devreden devreye değişim gösterebilmektedirler.

- Sayısal işaretlerin saklanması daha kolaydır: Sayısal işaretler bellek, disket, CD gibi sayısal ortamlarda saklanabilmektedir.

- Sayısal yöntemler daha esnektir: Yazılımlar sayesinde daha esnek bir yapı sunmaktadır.

- Sayısal sistemler daha kararlıdır: Analog devreler sıcaklık, nem ne yaşlanmadan dolayı zaman içerisinde farklı karakteristikler gösterebilmektedirler.

- Bazı işlevler yalnızca sayısal sistemlerle sağlanabilmektedir: Kayıpsız sıkıştırma ve şifreleme gibi bazı özel uygulamalar yalnızca sayısal sistemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Video kodlama gibi uygulamalar yalnızca sayısal sistemler ile yapılabilmektedir.

- Bilgisayarların yaygın kullanımı: Sayısal bir şekilde çalışan bilgisayarlar sayısal işaret işlemede güçlü performanslar sunmaktadır.

Sayısal sistemlerdeki bu gelişmeler sayesinde giderek daha fazla kullanım alanı bulmaya başlayan çoklu ortam uygulamalarının verimliliğinin arttırabilmesi sağlanmıştır. Böylece ses ve görüntü gibi verilerin artık analog teknolojilerle olan birlikteliği de yavaş yavaş son bulmaya başlamıştır.

Teknolojideki bu hızlı gelişmelere rağmen bilgisayar ağları üzerinden iletilmek istenen çoklu ortam uygulamalarının daha verimli bir bant genişliği ile kullanılması her zaman arzulanan bir özellik olmuştur. Yine aynı şekilde diskte kaplanan veri miktarının azaltılması da bu bağlamda çok önemlidir. Bu ihtiyaçlar beraberinde çoklu ortam verilerinin sıkıştırılarak iletilmesi ve saklanması zorunluluğunu doğurmuştur. Bununla birlikte yüksek bit hızı ihtiyacı ve verilerin hafıza birimlerinde saklanması her geçen gün önem kazanmaktadır. Ham video işaretlerinin depolanması

için çok büyük bellek boyutları, iletilmesi için de çok yüksek veri hızları gerekmektedir. Televizyon kalitesindeki görüntülerin ancak birkaç dakikalık bölümünün DVD ortamında kaydedilebilmesi, depolama ortamlarının sıkıştırılmamış videolar için uygun olmadığını göstermektedir. Analog bir PAL (Phase Alternation Lines) çerçevesi 400.000'den fazla resim bileşeni (Picture Element–Pixel,PEL) içermektedir. Tazeleme hızı saniyede 25 çerçeve olan PAL sisteminde bir saniyelik görüntü için 11 milyondan fazla piksel iletilmesi gerekmektedir. Her bir pikselin üç temel renk bileşeni (Kırmızı, Yeşil, Mavi) ile 8'er ile bit temsil edildiği durumda her bir piksel için 24 bitlik bit veri miktarı ortaya çıkmaktadır. Bu durumda gerçek zamanlı görüntü iletimi için 253 Mbps'lik bir iletim hızına ihtiyaç duyulmaktadır. Sayısal görüntüde bu kadar yüksek miktarların saklanabilmesi bellek yönetimi açısından son derece sıkıntılı sonuçlara neden olmaktadır. Bu sıkıntıların giderilmesi için video sıkıştırma algoritmalarının verimli bir şekilde kullanılması kaçınılmaz olmaktadır.

Video işaretlerinin sınırlı bant genişliğinde verimli olarak iletilmesi ve hafıza ünitelerinde daha verimli saklanabilmesi için sıkıştırılması gerekmektedir. Video işaretleri çok fazla miktarda artıklık (Redundancy) içermektedir. Artıklık, iletim ortamında gönderilmesine gerek olmayan veridir. Video işaretlerinde artıklık bilgisinin bulunup atılmasıyla sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Kayıpsız video sıkıştırma sistemlerinde istatiksel artıklık kullanılmaktadır. Bu sayede orijinal video işareti alıcıda kayıpsız bir şekilde yeniden oluşturulabilir. Fakat kayıpsız sıkıştırma düşük bant genişlikerinde görüntü ve videonun sıkıştırılmasında yeterli olamamaktadır. Birçok video sıkıştırma sistemlerinin yapısında kayıplı sıkıştırma yöntemleri kullanılmaktadır. Kayıplı sıkıştırma yöntemi ile videonun yüksek oranda sıkıştırılması mümkündür. Bununla beraber kayıplı sıkıştırmanın özelliğinden dolayı sıkıştırılmış videonun çözülmesi sonrasında oluşan video ile orijinal video aynı kalitede olmamaktadır. Video sıkıştırmada kullanılan algoritmaların amacı, verimli bir sıkıştırma sağlarken aynı zamanda sıkıştırma etkisinden dolayı oluşan bozulma etkisini en aza indirmektir [3].

Bu tez kapsamında bu çoklu ortam kodlama ihtiyaçlarının karşılanabilmesi ve donanımsal olarak gerçeklenebilmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla bölüm 2 içerisinde analog ve sayısal sistemler ile ilgili kullanılan bazı terimler, bazı protokoller ve kodlama yapıları üzerinde durulmaktadır. Bu kodlama yapıları sayesinde oluşan sayısal verilerin avantajlarından bahsedilmekte ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmektedir.

Bölüm 3'te son yılların en gözde ve en gelişmiş video kodlama standardı olan H.264/AVC video kodlama teknolojisinden söz edilmektedir. Kodlayıcı ve çözücü yapıları hakkında bilgi verilmektedir.

Bölüm 4'te bu tez kapsamında uygulama geliştirme platformu olarak kullanılan Texas Instrument DaVinci™[4] teknolojisi ile ilgili bilgi verilmektedir ayrıca tez kapsamında kullanılan referans yazılımlar hakkında bilgi verilmektedir.

Bölüm 5'te kodlanan video bit dizininin bilgisayar ağı üzerinden iletimi için kullanılan yöntemler ve genel ağ mimari yapısı hakkında bilgiler verilmektedir. Profesyonel uygulamalarda kullanılan ağ şematiği üzerinde durulmakta ve IPTV uygulamaları için network yapısından bahsedilmektedir.

Sonuçlar ve ileriki çalışmalar ise Bölüm 6'da incelenmektedir.

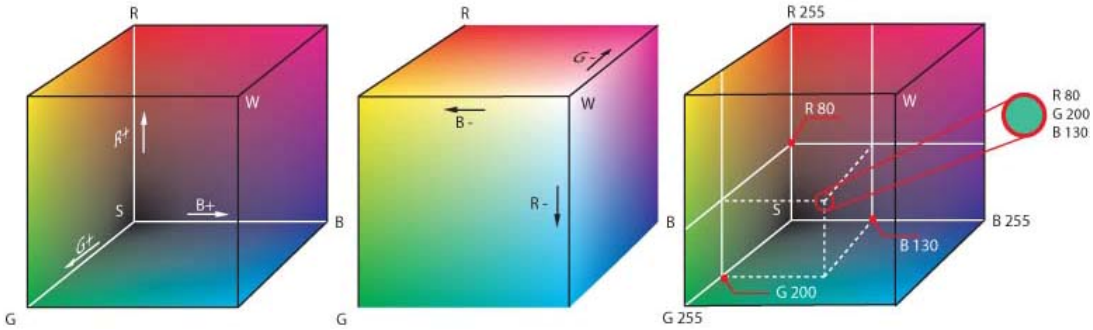
2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Renk Uzayları

Video kodlama uygulamalarında çerçeveleri oluşturan resim bileşenleri tek renkli (Monochrome) veya renkli (Colour) olabilmektedir. Tek renkli görüntülerde çerçevedeki her bir resim elemanı parlaklık veya ışıklılık (Brightness or Luminance) değeriyle ifade edilmektedir. Renkli görüntülerde ise her bir resim elemanı en az 3 renkle ifade edilmektedir. Genel amaçlı video uygulamalarında ışıklılık ve renk bileşenleri 8 bit ile gösterilmektedir. Bununla beraber bazı uygulamalarda (Medikal, grafik uygulamaları gibi) bit derinliği daha da artmaktadır. Video uygulamalarında renklerin gösterilmesi için birçok farklı sistem önerilmiştir. Bunlardan her biri renk uzayı olarak bilinmektedir. Temel renk uzaylarından bazıları kırmızı/yeşil/mavi (Red/Green/Blue RGB), ışıklılık, renk bileşenleri (Luminance/ Red Chrominance/Bl ue Chrominance YC_rC_b) ve renk özü/doygunluk/ışıklılık (Hue/Saturation/Intensity HSI) uzaylarıdır. HSI renk farklarının analitik analizi için kullanılmakta olup insanın görsel algılamasına (HVS) benzer bir yapıya sahiptir. Sayısal imgelerde ve video gösterimlerinde daha çok RGB ve YC_rC_b renk uzayları kullanılmaktadır ve bu tez içeriğinde de bu iki renk uzayı üzerinde durulmuştur[3].

2.1.1. RGB renk uzayı

RGB renk uzayında her bir renk değeri 8 bit ile örneklenmektedir. Bu bağlamda gerçek fiziksel ortamda her bir piksel 24 bit ile ifade edilmiş olmaktadır. Kırmızı, yeşil ve mavi renklerin farklı oranlarda bir araya gelmesiyle herhangi bir renk tonunu elde etmek mümkündür. Şekil 2.1'de RGB renk uzayı için renk skalası verilmiştir.



Şekil 2.1: RGB renk uzayı için renk skalası[5].

2.1.2. YC_rC_b renk uzayı

Video kodlama uygulamalarında, bant genişliğinin ve hafıza birimlerinin daha verimli kullanılması için RGB renk uzayı formatı pek tercih edilmemektedir[3]. Daha önce söz edildiği gibi işaretlerdeki artıklık miktarı azaltılarak veri sıkıştırılması mümkün olmaktadır. Tüm görüntü sıkıştırma algoritmaları insan gözünün sezinleyemeyeceği ölçülerde veri kaybını olağan olarak karşılamaktadır. Yapılan araştırmalar RGB renk uzayı için bahsedilen temel 3 renk bileşeninin her bir piksel için farklı ve eksiksiz olarak bulunmasının gerekli olmadığı sonucunu göstermiştir. Bu düşünceden hareketle pikselleri gruplama ve insan gözünün daha hassas olduğu özellikleri bu gruplar içerisinde daha aktif bulundurma yoluna gidilmiştir.

İnsan gözü ışıklılık bileşenlerine renk bileşenlerine göre daha çok duyarlıdır. *RGB* uzayında renk bileşenleri ile ışıklılık bileşenleri aynı çözünürlüğe sahiptir. YC_rC_b uzayında ise ışıklılık bileşenleri için kullanılan çözünürlük, renk bileşenleri için kullanılan çözünürlükten daha fazladır. YC_rC_b renk uzayı, analog video sıkıştırmada kullanılan YUV renk uzayının ölçeklenmiş ve ofset eklenmiş formu ile ifade edilebilmektedir. İmge işleme ve video kodlama uygulamalarında bant genişliğini ve hafıza birimlerini daha verimli kullanabilmek amacıyla RGB renk uzayı yerine YC_rC_b renk uzayı sıklıkla kullanılmaktadır. Video kodlama öncesinde ilk işlem olarak RGB renk uzayı ile YC_rC_b renk uzayı arasında bir dönüşüm yapılmakta ve renk değerleri YC_rC_b renk uzayı ile ifade edilmektedir. YC_rC_b renk uzayında Y(Işıklılık) bileşeni, R(Red)/G(Green)/B(Blue) renk bileşenlerinin ağırlıklı

ortalaması ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplama için kullanılan eşitlik denklem (2.1) ve (2.2) ile verilmektedir[3].

$$Y = k_R R + k_G G + k_B B \tag{2.1}$$

$$k_R + k_G + k_B = 1 \tag{2.2}$$

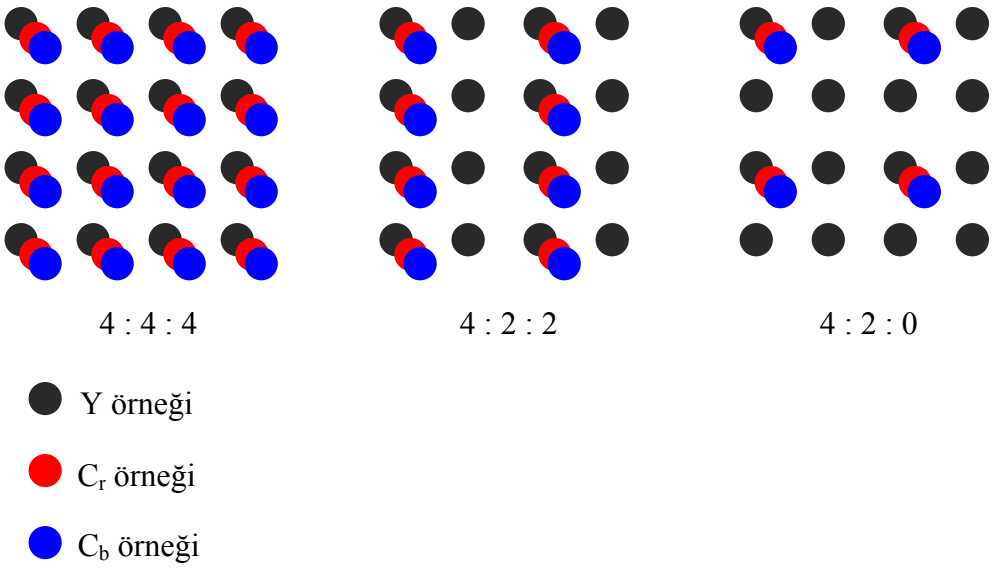
Bu eşitlikte k_X değerleri ağırlandırma parametresi olarak kullanılmaktadır.R,G ve B değerleri ise ilgili piksel için sayısallaştırılmış değerlerdir. ITU-R BT.601 standardına göre; $k_G = 0.114$, $k_R = 0.299$ olarak belirlenmiştir [6]. Renk bileşenleri her bir rengin (R,G,B) Y bileşeninden çıkarılmasıyla elde edilmektedir. Renk bileşenleri ve ışıklılık bileşenin RGB renk uzayından elde edilmesi, denklem (2.3)'te gösterilmektedir. Denklem 2.4'te ise YC_rC_b renk uzayından RGB renk uzayına geçiş için gerekli olan dönüşüm matrisi verilmektedir. Uygulamada, YC_rC_b renk uzayındaki Y, C_r ve C_b değerleri kaydedilmekte veya iletilmektedir.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +0.257 & +0.504 & +0.098 \\ -0.148 & -0.291 & +0.439 \\ +0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \tag{2.3}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +1.164 & +0.000 & +1.596 \\ +1.164 & -0.392 & +0.813 \\ +1.164 & +2.017 & -0.000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y - 16 \\ C_b - 128 \\ C_r - 128 \end{bmatrix} \tag{2.4}$$

Video kodlama uygulamalarında farklı YC_rC_b renk alt örnekleme formatları kullanılmaktadır. YC_rC_b $4:4:4$ örnekleme formatında, her bir bileşen bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle ışıklılık bileşeni ile renk bileşenleri aynı çözünürlük değerine sahiptirler. Bu örnekleme formatında herhangi bir kayıp olmamaktadır. $4:2:2$ örnekleme formatında ise renk bileşenleri ışıklılık bileşeni ile aynı dikey çözünürlüğe sahiptirler. Fakat bu örnekleme formatında yatay çözünürlük yarıya inmektedir. En çok tercih edilen örnekleme formatı olan $4:2:0$ formatında

ise hem yatayda hem de dikeyde alt örnekleme yapılmaktadır. Bu yöntemde C_r ve C_b bileşenlerinin yatay ve dikey çözünürlüğü, Y bileşenin çözünürlüğünün yarısı kadar olmaktadır. Bu formatlara ek olarak $4:0:0$ örnekleme formatında sadece ışıklılık bileşenleri kullanılmaktadır. YC_rC_b renk uzayında kullanılan örnekleme formatları Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



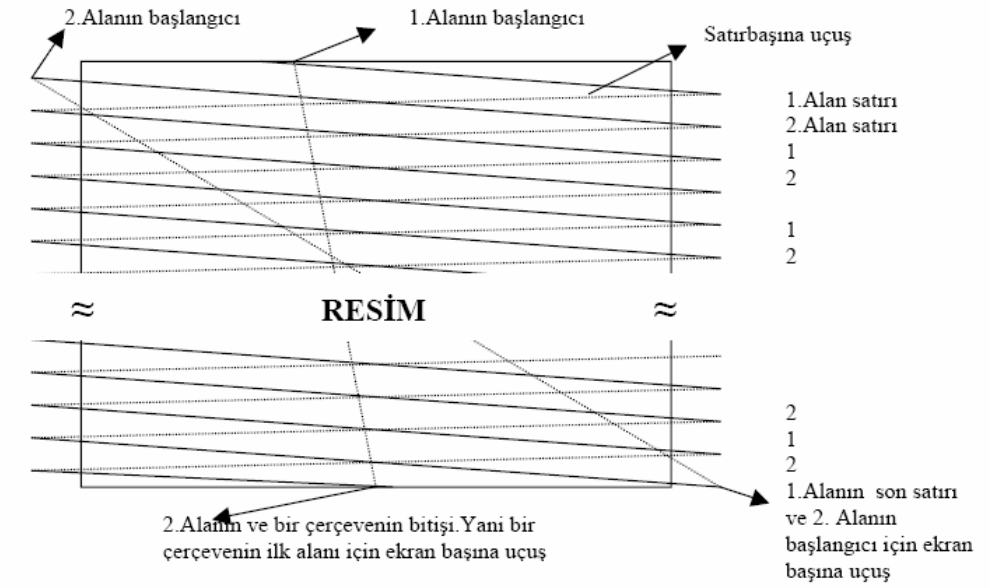
Şekil 2.2: YC_rC_b renk uzayında kullanılan renk formatları[3].

2.2. Analog Video İşaretleri

Video işareti, gerçek dünyadaki bir görüntünün kamera vasıtası ile elektriksel hale dönüştürülmesiyle oluşan sinyaldir ve iletimi tamamen analog olarak yapılmaktadır. Video işareti ilk dönemlerde renksiz (Siyah/Beyaz) bir formda ifade edilebilmiş daha sonraları ise bu siyah/beyaz işaretlere renk bileşenleri de eklenerek renkli görüntülerin oluşturulması sağlanmıştır. Renk bileşenlerinin sisteme dahil edilmesi sağlanırken renksiz görüntü alıcıları ile de geriye dönük uyumluluk korunmuştur.

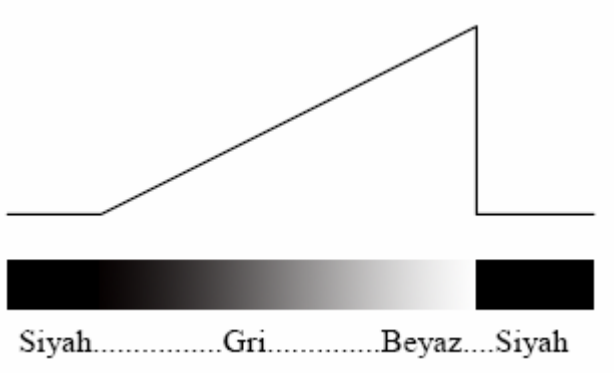
Resmi göstermeye yarayan televizyon tüpünde (CRT - Cathode Ray Tube) PAL görüntü standardı kullanılıyorsa resim 625 satırın birleştirilmesiyle oluşmaktadır. CRT'de görüntü elektron tabancası ismi verilen bir yapı kullanılarak oluşturulmaktadır. Elektron tabancası görüntüyü oluşturabilmek için yatay ve dikey

pozisyonları taramaktadır. Böylece her bir görüntü elemanı için analog değerleri ilgili pozisyonlara aktarmaktadır. Bu şekilde oluşturulmuş bir görüntü satırlardan, satırlar ise sütunlardan oluşmaktadır. Bu satırlar soldan sağa doğru hareketler ile görüntü ise yukarıdan aşağı hareketler ile başarılı bir şekilde gösterilmektedir. Ancak gerçek görüntü, televizyon teknolojisinin yeni gelişmeye başladığı yıllardaki teknolojik kısıtlamalar nedeniyle, elektron tabancasının bir çerçeveyi baştan sona tek taraması ile oluşturulamamaktadır. Bu şekilde bir görüntü oluşturulursa saniyede 24 karelik bir hareketlilik elde edilmektedir. Bu değer ise saniyedeki çerçeve sayısı bakımından insan gözünün hareketli cisimleri algılama sınırının altında kalmaktadır. Bir başka söyleyişle insan gözü saniyede 24 karelik resmi kırpışmalı olarak izlemektedir ve buna kırpışma (Flicker) etkisi adı verilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için, resmin ilk önce tek satırları çerçeve sonuna kadar taranmakta, daha sonra ise çift satırları çerçeve sonuna kadar taranmaktadır. Böylece taranan çerçeve sayısı iki katına (50) çıkmakta ve kırpışma ortadan kalkmış olmaktadır. Bu durumda band genişliği aynı kalmakta fakat çözünürlük yarıya düşmektedir. Tarama işlemleri ekranın en üst orta noktasından başlamakta ve tek satırlar taranarak ekranın alt orta noktasında bitirilmektedir. Daha sonra ikinci alanın taranması için tarama ekranın sol üst başına uçmakta (Flyback Time - Geri Uçuş Süresi) ve ikinci alanın ilk taraması başlamaktadır. Çift satırlar da Şekil 2.3'te verilen sırayla taranarak ikinci alan ve dolayısı ile iki alandan oluşan bir resim çerçevesi tamamlanmış olmaktadır.



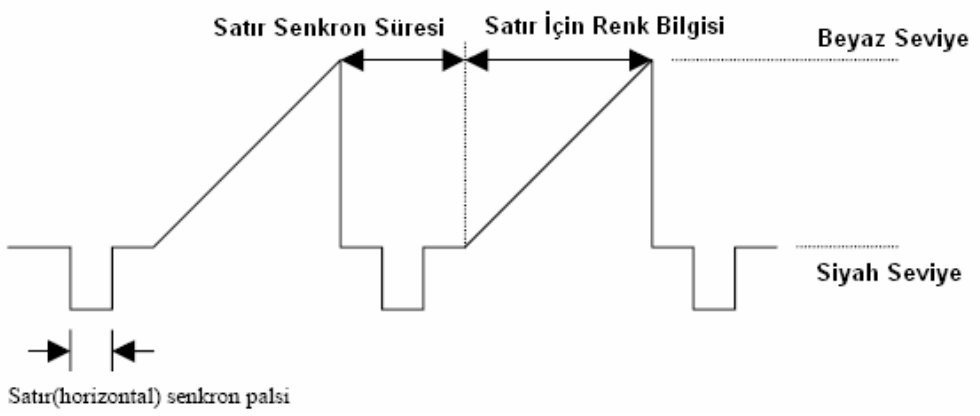
Şekil 2.3: Analog video işareti için tarama yapısı[7].

Siyah/Beyaz bir resimde, resim beyaz ve siyahın tonlarından oluşmaktadır. Şekil 2.4'te siyahtan beyaza yavaşça açılan ve sonrasında siyaha ani geçişi gösteren analog bir işaretin temsili gösterimi verilmektedir.



Şekil 2.4: Analog bir işaret için Siyah-Beyaz renk tonlarının grafiksel gösterimi[7].

Resim görüntüleyicilerde alınan bu analog işaretin satırlar olarak ifade edilmesi için satır verileri arasında bazı eşzamanlama işaretleri bulunmaktadır. Yine aynı şekilde resim çerçevelerinin birer çerçeve olarak ifade edilebilmesi için de bir senkronizasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.5'te satır verileri arasına bindirilen bu eşzamanlama işaretleri gösterilmektedir. Bu eş zamanlama işaretleri sayesinde resim görüntüleyiciler aldıkları analog işaret verilerini doğru zamanda doğru yerde sorunsuz olarak gösterebilmektedir.



Şekil 2.5: Analog video işaretleri için yapı[7].

2.3. Sayısal Video

Sayısal teknolojilerin gelişmesi ve bilgisayar sistemlerinin günlük hayatta sıkça yer bulması ile birlikte birçok sektörde olduğu gibi sinema ve video sektöründe de hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Böylece daha önceleri yapılması çok zahmetli olan ve çok fazla vakit isteyen işler daha kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

Video teknolojisinde sayısal devrim öncesinde görüntüler tamamen analog olarak kaydediliyordu. VHS ve Hi8 gibi analog görüntü formatları, belirli aralıklarla gelen elektriksel sinyallerin oluşturduğu resim çerçevelerinin yine belirli bir hızda yenilenmesiyle, görüntünün hareketli olarak algılanmasını sağlamaktaydı.

Sayısal videonun doğuşu 1994 yılında, sektördeki öncü 10 firmanın bir konsorsiyum oluşturarak DV (Digital Video) standardını belirlemesi ile başlamıştır. Buradaki temel amaç 6.35mm'lik kasetleri kullanarak, sayısal görüntünün çok daha yüksek kalitede kaydedilebilmesi ve bu standart altında farklı firmaların ürettikleri donanım ve yazılımların bir arada, uyumlu olarak çalışabilmesine olanak tanımaktır.

İlk geliştirilen dijital video formatı, Motion JPEG olarak adlandırılan bir teknoloji kullanarak yaklaşık olarak saniyede 25 megabitlik sabit bir veri hızı ve 5:1 değerinde sıkıştırma oranı ile işlem yapmaktadır. Sayısal yöntemler geliştirilirken görüntü kalitesinin en az VHS kalitesinde olması hedeflenmektedir. Ayrıca, görüntü ve ses bilgilerinin sayısal olarak kaydedilebilmesi ve saklanması, kopyalandığı zaman meydana gelebilecek kalite kaybını engelleyerek, aynı kalitede sayısız kopya üretilmesine olanak sağlamaktadır.

Sayısal videonun bir avantajı da bilgisayar ortamına aktarılmasının çok daha kolay olmasıdır. Aslında kaydedilen görüntüler ister analog, ister sayısal olarak kaydedilmiş olsun, gerekli donanım sağlandığında dijital ortama aktarılması mümkündür. Eğer görüntü analog ise öncelikle sayısallaştırılması gerekmektedir. Bunun için uygun bir video yakalama kartının (Capture Card) bulunması gerekmektedir. Fakat doğrudan analog-sayısal dönüşüm yapılarak elde edilen bu çoklu ortam dosyaları bellekte çok fazla yer kaplamaktadır. Bu sorun ile baş

edebilmek amacıyla bir takım sıkıştırma yöntemleri geliştirilmiştir. Genel olarak CODEC (COmpression-DECompresion) olarak adlandırılan sıkıştırma formatlarına, yaygın olarak kullanılan MPEG, Real Media, DivX, H.264 örneklerini verilebilmektedir[8].

2.4. Temel Sıkıştırma Algoritmaları

İmge temelli görüntü sıkıştırma algoritmaları arasında en yaygın kullanılan ve iyi bir performans veren JPEG, Joint Photographic Experts Group'un baş harflerinden oluşmaktadır. Bu grup, bu standardı ve onu takip eden başarılı JPEG 2000 standardını sağlamak ve sürdürmek ile görevli bulunmaktadır. JPEG günümüzde en yaygın olarak kullanılan sıkıştırma formatıdır ve tek bir görüntünün sıkıştırılması için tasarlanmıştır. JPEG çok yüksek seviyede sıkıştırma ile göreceli olarak daha düşük görüntü kalitesi veya daha düşük sıkıştırma seviyesi ile daha iyi resim kalitesi sağlamaktadır. Şekil 2.6'da pars resminin üç farklı sıkıştırma oranı için JPEG kodlanan imge çerçevelerinin görüntüler verilmektedir. Şekilden de aşılacağı gibi JPEG'de sıkıştırma oranları arttırıldıkça resmin genel dokusu değişmemekte fakat bloklaşma etkisi oluşmaktadır.



(a) (b) (c)

Şekil 2.6: JPEG görüntü sıkıştırma algoritması için örnekler. (a) Orijinal imge çerçevesi (b) %40 sıkıştırılmış görüntü (c) %80 sıkıştırılmış görüntü

Motion JPEG veya M–JPEG daha yüksek sıkıştırma oranlarına sahip olup hareketli görüntüler ve video için tasarlanmıştır. Temel olarak M–JPEG sayısal video çıkışını bir JPEG resim dizisi olarak görmekte ve buna göre kodlama yapmaktadır. Böylece

bu tekniği kullanarak pahalı olmayan network kamera, DVR ve video sunucuları üretmek kolaylaşmıştır.

MPEG, Motion Picture Experts Group'un ilk harflerinden oluşmaktadır. Bu komite 1980'in sonlarına doğru kurulmuş olup, hareketli görüntülerin ve sesin kodlanması için bir standard yaratmak amacını taşımaktadır. İlk günden bu yana MPEG–1, MPEG–2 ve MPEG–4 video kodlama standartları yaratılmıştır.

MPEG–1 1993 yılında ilan edilen ilk standarttır. MPEG–1 video sıkıştırma tekniklerini JPEG standardı için geliştirilen tekniklerden almış ve video dizinlerinin daha efektif kodlanması için fazladan teknikler ilave etmiştir. MPEG ile sıkıştırılmış videoda, video dizininin sadece yeni bölümleri dahil edilmekte, görüntünün değişmeyen bitleri basitçe tekrar kullanılmakta böylece daha az görüntü verisinin oluşması hedeflenmektedir. MPEG–1, CD üzerine sayısal video kaydı için kullanılan standarttır.

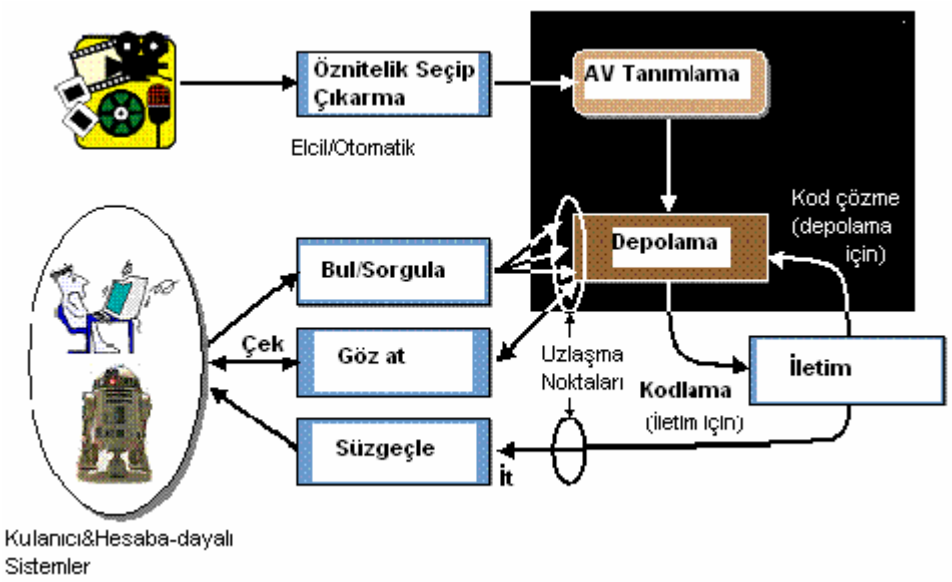
MPEG–2, MPEG–1'in sıkıştırma tekniğinin genişletilerek daha büyük ve daha kaliteli görüntüler elde edilmesine odaklanmıştır. Bu ise MPEG–1'e göre daha küçük sıkıştırma oranlarını ve daha yüksek band genişliği kullanımını gerektirmektedir. Ayrıca aynı video dizin hızlarında daha fazla gelişmiş teknikler ile video zenginleştirmeyi sağlamaktadır. Bu gelişmiş teknikler yüksek maaliyetleri de içerdiğinden MPEG–2 için ilave işlem yükleri söz konusu olmaktadır. Buna rağmen sıkıştırılmış sayısal videonun DVD üzerine kaydında bu standard yaygın olarak kullanılmaktadır.

MPEG–4, daha düşük band genişliğini kullanan mobil telefon, PDA(Personal Digital Assistant) gibi uygulamaları desteklediği gibi yüksek resim kalitesini ve yüksek band genişlikleri kullanan uygulamaları da desteklemektedir. Günümüzde filmler MPEG–4 standardı ile sıkıştırılmaktadır. Mobil telefonlar da bu standardı kullanmaktadır. Hem MPEG–2 hem de MPEG–4 bir dizi resim büyüklüğü, resim hızı ve band genişliği kullanımını desteklemektedir. MPEG serisi 720×576 çözünürlükteki imge çevreleri için elverişli kodlama ortamını sunmaktadır. Bununla beraber uygulamaların gerçek zamanlı olması için MPEG görüntüler 30 çerçeve/saniye

hızlarına kadar rahatlıkla kullanılabilmektedir. Bu serinin bit hızları ise 1.86 MBit ile 15 MBit arasında değişim gösterebilmektedir.

H.26x, H.261 ve H.263 sıkıştırma tekniklerinin ortak adıdır. Özellikle video konferans için tasarlanmışlardır. Öyle ki sesi ve videoyu aşırı derecede düşük band genişliğine sahip hatlar üzerinden (örneğin telefon hatları) iletmeyi amaç edinmiştir[8].

Çoklu-ortam iletimi, IP ağlarında, TV yayınlarında, gezgin ağlarda ve daha birçok alanlardaki değişik ağlarda gerçekleşebilmektedir. Çoklu ortamın değişik kodlama türlerinden yararlanılarak kayıt ortamlarında saklanması çoklu ortam arşiv yığınlarının oluşmasına neden olmaktadır. Oluşan bu yığınlarda istenen çoklu ortama çabuk ulaşmak için MPEG–7 standardı geliştirilmiştir.



Şekil 2.7: MPEG-7'nin temel çalışma prensibi[9].

MPEG–7, XML tabanlı çoklu ortam meta-veri standardı olup, 2002'de standartlaşmıştır (Martinez et al. 2002). MPEG–7, çoklu ortam içeriği tanımlanabilmesine imkan sağlamaktadır. İçerik, çoklu ortam tanımlayan araçlar, tanımlamalar (Descriptions) olarak isimlendirilmektedir. Bu tanımlamalar sayesinde video dizileri için bazı önemli özellikler çıkarılmakta ve bu şekilde ifade edilebilmektedir. Çıkarılan özellikler yardımı ile daha sonraları arşiv içerisinden istenilen özelliklere uygun veriler çekilebilmekte ve daha kolay, daha hızlı bir

şekilde sınıflandırılma yapılabilmektedir. Şekil 2.7'de MPEG–7 için genel hareket yapısı verilmektedir.

Farklı sıkıştırma algoritmaları farklı fonsiyonlar sağlamakta olup bazıları diğerlerinden daha esnektir. Bu yüzden gereksinimler göz önünde bulundurularak hangi sıkıştırma tekniğini kullanan cihazlar kullanılacağına karar verilmelidir.

Farklı çoklu ortam iletimi özelliklerine göre farklı yöntemler kullanmak mümkündür. Bu yüzden bant genişliği, ortamın durumu, hareketli ve durağan nesnelerin niteliği gibi ölçütler video ve resim kodlama algoritması belirlemede çok önemlidir. Gerçek zamanlı uygulamaların bilgisayar ağları üzerine uygulanması aşamasında DVD görüntü kalitesinin yakalanması çoğu zaman mümkün olmamaktadır.

Bu konudaki bir diğer önemli unsur ise maliyettir. Gerçek zamanlılık, yüksek bant genişliği ve yüksek kalite gerektiren uygulamalar için geliştirilen algoritmalar klasik yaklaşımlara göre genellikle karmaşıklık olarak daha üst seviyelerde kalmaktadır[8].

3. H.264 VİDEO KODLAMA

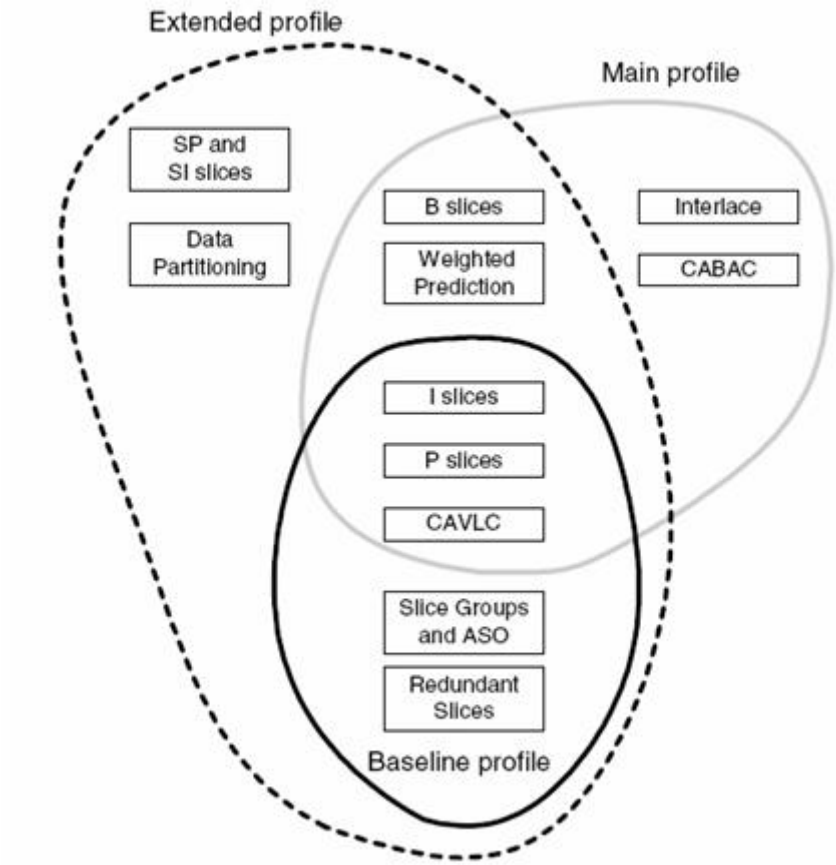
3.1. Giriş

H.264/AVC, ITU-T VCEG (Video Kodlama Uzmanları Grubu) ve ISO/IEC MPEG (Devinimli Resim Uzmanları Grubu) ortak çalışmalarının ürünü olan en yeni video kodlama standardıdır [10] ve bu algoritma son yıllarda geliştirilen en verimli video sıkıştırma tekniği olarak göze çarpmaktadır. Diğer türdeşlerine göre aynı bit derinliklerinde ve bit miktarlarında daha verimli bir performans sunan yöntem birçok farklı platform için uygulama alanı bulmaktadır. Örneğin yüksek çözünürlük ve yüksek kaliteye olanak sağlayan ve bellek sorununun olmadığı sistemlerde kullanılabilmektedir. Bununla beraber kalitenin göreceli olarak önemli olduğu ve veri kapasitesinin sınırlı değerlerle ifade edildiği ortamlarda da yine kullanılabilmektedir. Bu özellikler H.264'ü PC temelli uygulamalarda mükemmel kılarken video konferans ve düşük kalitenin yeterli olduğu ortamlarda da kullanışlı hale getirmektedir. H.264'ün bahsedilen bu yüksek kodlama verimliliği, farklı iletişim ortamlarıyla uyumlu gürbüz yapısı standardın önümüzdeki bir kaç yıl içinde, sayısal TV, DVD, internet üzerinden video aktarımı ve telsiz ağlarda video konferansı ve video iletimi gibi uygulamalarda geniş çapta kullanılacağını işaret etmektedir[10].

3.2. H.264 Video Profilleri

H.264 video kodlama standardı, kullanıcılara 4 farklı profil yapısı sunarak farklı video uygulama platformları için esneklik sağlamaktadır. Her bir profilin kendine ait işlevleri bulunmaktadır. Taban profil (Baseline Profile) içsel-çerçeveler arası kodlamayı ve içerik uyarlamalı değişken uzunluklu entropi kodlamayı desteklemektedir (CAVLC). Çift yönlü hareket dengelemesinde kullanılan B çerçevesi bu profilde yer almamaktadır. Videonun iletimi sırasında ortaya çıkan veri

kaybını önlemek için Esnek Makroblok Sıralaması (FMO) [11], Gelişigüzel Dilim Sıralaması (ASO) ve Artık dilim (RS) gibi farklı algoritmalar bu profile eklenmiştir. Bu algoritmalar hata esnekliği/hata gizleme (Error Resilience/Error Concealment) ismiyle anılmaktadır. Ana Profil (Main Profile), B çerçeveleri kullanılarak çerçeveler arası kodlamayı ve içerik uyarlamalı ikili aritmetik kodlamayı (CABAC) kullanan entropi kodlamayı içermektedir. Bununla birlikte binişimli video (Interlace Video) özelliği bu profile dahil edilmiştir. H.264 video kodlamasında kullanılan bir diğer profil ise gelişmiş profil (Extended Profile) yapısıdır. Bu profil, binişimli video özelliğini desteklememektedir. İletim ortamında meydana gelebilecek veri kaybını en aza indirgemek için veri bölme (Data Partitioning) özelliği bu profile eklenmiştir. Gelişmiş Profil, Taban Profilin kullandığı tüm özellikleri desteklemektedir. Şekil 3.1'de H.264 profillerinin desteklediği temel özellikler temsili şekil ile verilmiştir.

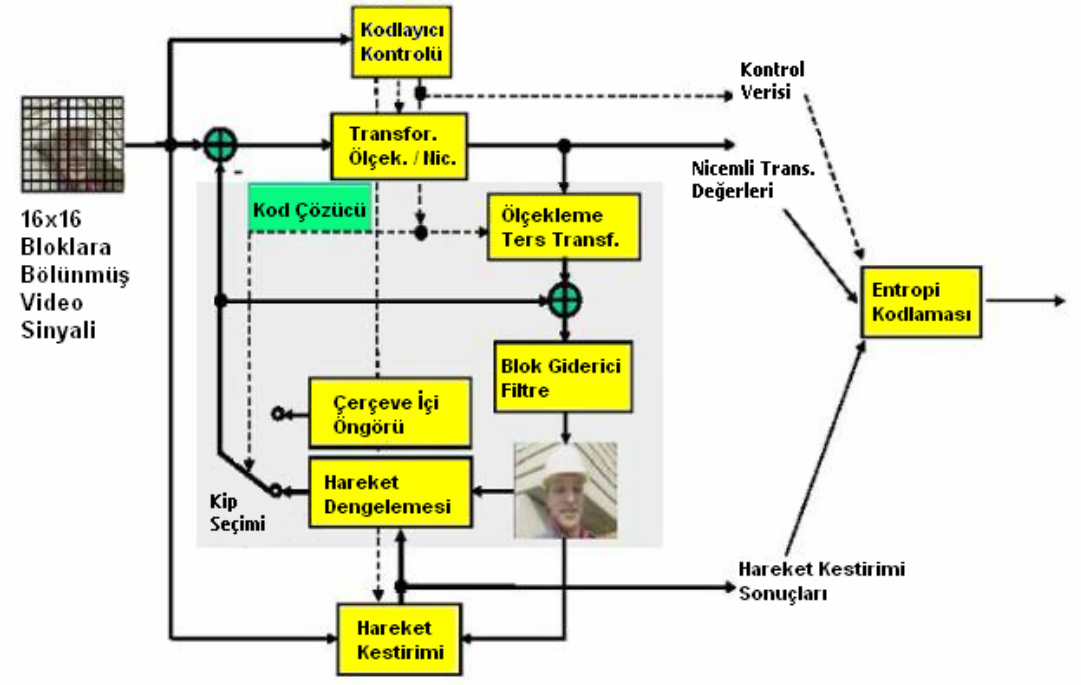


Şekil 3.1: H.264 profillerinin desteklediği temel özellikler[3]

H.264 video kodlama standardında 2004 yılında yeni bir düzenlemeye gidilmiştir [11]. Çalışma Aralığı Genişletmesi (Frext) ismiyle ortaya çıkan bu düzenleme ile birlikte kullanıcılara yeni bir profil daha sunulmaktadır. Yüksek Profil (High Profile) olarak isimlendirilen bu profil kendi içinde bölümlere ayrılmaktadır. Farklı YC_rC_b formatlarını desteklemesi (4:2:2, 4:4:4), 8×8 dönüşüm kodlamasını kullanması ve piksel başına kullanılan bit derinliğinin 12 bit/piksel değerine kadar çıkması yüksek profilin kullandığı temel özelliklerdendir.

Taban Profil video konferansı ve kablosuz haberleşme alanlarında kullanılmaktadır. Ana Profilin uygulama alanları ise video depolama ve televizyon yayınlarıdır. Gelişmiş Profil ise duraksız çoklu ortam iletimi uygulamalarında (Streaming Media Applications) kullanışlıdır. Yüksek Profil ise özellikle yüksek çözünürlüklü televizyon yayınlarında (HDTV) kullanılmaktadır[3].

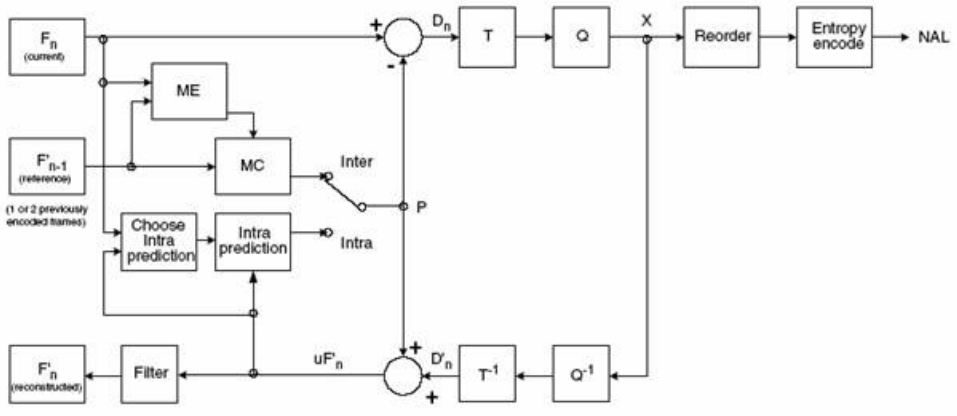
3.3. H.264 Video Kodlama Standardı



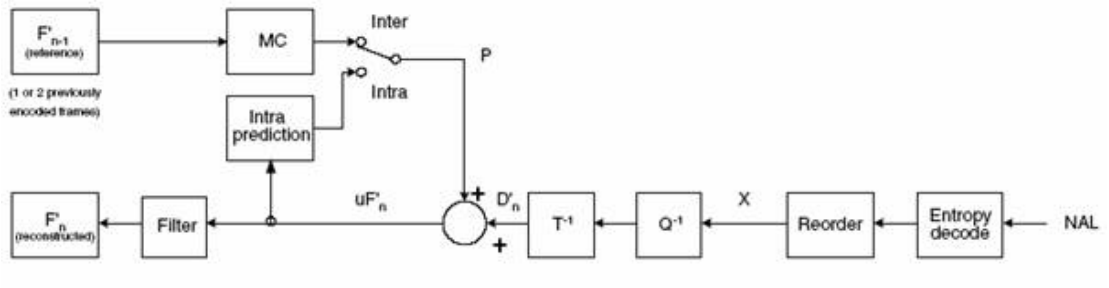
Şekil 3.2: H.264 için temsili gösterim[10]

Şekil 3.1'de H.264 için temel kodlayıcı yapısı verilmektedir. Genel bir video kodlama sisteminde kodlama işlemi iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan birisi kodlayıcı (Encoder), diğeri ise kod çözücü (Decoder) yapısıdır. Şekil 3.3'de H.264 video kodlama standardının kodlayıcı tarafı gösterilmektedir. Şekil 3.4'te ise kod çözücü bölümü gösterilmektedir.

H.264 kodlayıcı yapısı incelendiğinde F_n olarak isimlendirilen giriş çerçevesinin makro bloklara ayrıldığı görülmektedir. Her bir makro blok çerçeve-içi (Inter) veya çerçeveler arası (Intra) kodlama yöntemi kullanılarak kodlanmaktadır. Tahmin bloğu (Prediction-P) çerçeve-içi kodlamada, o anki çerçeve içerisindeki kodlanmış, çözülmüş ve yeniden oluşturulmuş örnek değerlerinden oluşturulmaktadır. Tahmin bloğunun çerçeveler arası kodlama yapısı ile kodlanacak olması durumunda, bu blok uygun referans çerçevesi kullanılarak hareket-dengelemesi ile oluşturulmaktadır. F_{n-1}' olarak ifade edilen referans çerçevesi (Referans çerçevesi geçmiş veya gelecekteki çerçeveler olabilir) her zaman daha önce kodlanmış, yeniden oluşturulmuş ve süzgeçlenmiş bir yapıda bulunmaktadır. Artıklık bloğunu (D_n) oluşturmak için, tahmin bloğu ile kodlanacak o anki bloğun farkı alınmaktadır. Artıklık bloğu yani fark bloğu, uygun bir blok dönüşüm kodlaması kullanılarak frekans düzlemine dönüştürülmektedir. Dönüşüm kodlaması sonrası ilgili dönüşüm katsayıları nicemlenmektedir. Nicemlenen dönüşüm katsayıları yeniden düzenlenmekte ve kayıpsız sıkıştırma özelliği olan entropi kodlama ile kodlanmaktadır [3].



Şekil 3.3: H.264 Kodlayıcı yapısı[3].



Şekil 3.4: H.264 Kod Çözücü yapısı[3].

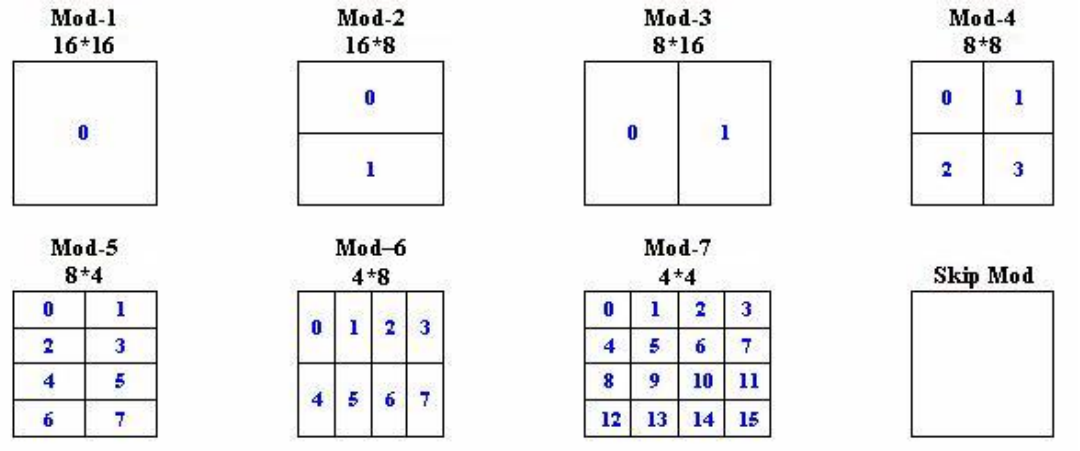
Entropi kodlanmış katsayılar, makro blok içindeki her bloğu çözmek için gerekli olan başlık bilgileri ile birlikte sıkıştırılmış bit dizinini oluşturmaktadır ve bu bit dizinleri iletim için veya depolamak için ağ soyutlama katmanına (NAL) gönderilmektedir. Video kodlama sistemlerinde daha fazla sıkıştırma için çerçevelerin referans olarak kullanılması, diğer bir ifade ile çerçeveler arası kodlama gerekmektedir. Çerçevelerin referans olarak kullanılabilmesi için makro blok içindeki her bir bloğun çözülmesi ve yeniden oluşturulması gerekmektedir. Şekil 3.2'de x olarak gösterilen katsayılar ters nicemlenmekte ve fark bloğunu (D_n') oluşturmak için ters dönüşüm yapısına sokulmaktadır. Süzgeçlenmemiş bloğu yani orijinal bloğu yeniden oluşturmak için fark bloğuna P bloğu eklenmektedir: $uF_n' = P + D_n'$. Blokluluk etkisini (Blocking-Artifacts) azaltmak için uF_n' çerçevesindeki her bir blok gerekli ise süzgeçleme işlemine sokulmaktadır ve F_n' referans çerçevesi oluşturulmaktadır.

H.264 kod çözücünün yapısı incelendiğinde, öncelikle sıkıştırılmış bit dizinleri ters entropi kodlama ile çözülmekte ve yeniden düzenlenerek x katsayıları elde edilmektedir. Bu katsayılar ters nicemlenmekte ve ters dönüşümden geçirilmektedir. Ardından D_n' bloğu elde edilmektedir. Bit dizinindeki ilgili bilgiler kullanılarak tahmin bloğu P oluşturulmaktadır. Tahmin bloğu fark bloğu ile toplanıp süzgeçlenmemiş uF_n' çerçevesi elde edilmektedir. Bu çerçevedeki bloklar çerçeve-içi kod çözme işleminde kullanılmaktadır. Çerçeveler arası kod çözme işleminde ise uF_n' süzgeçlenerek F_n' yapısına dönüştürülmektedir[3].

3.4. H.264 Video Kodlama Aşamaları

H.264 video kodlayıcısında giriş için kullanılan her çerçeve, ışıklılılık bileşeni için, 16×16 piksellik MakroBloklara (MB) bölünmektedir ve kodlayıcı her MB'yi uygun bir sırayla kodlamaktadır. ICT, nicemleme, hareket kestirimi ve dengelemesi, kip seçimi, kodlayıcı karar ve kontrolleri H.264 video kodlayıcı için temel modüllerdir ve daha önceki standardlarda da benzerleri bulunmaktadır. Fakat H.264 video kodlayıcı içerisinde bulunan çerçeve içi öngörü kipleri ve bloklama önler süzgeçler, diğer standardlarda olmayan bazı özellikleri ile H.264'te ortaya çıkan modüllerdir.

Çerçeveler arası hareket kestirimi: H.264 video kodlayıcı standardında her MB farklı boyutlarda alt-bloklara bölünebilmektedir ve hareket kestirimi için kullanılmaktadır. Işıklılık bloğu için kullanılabilecek alt-blok boyutları 16×16, 16×8, 8×16, 8×8 piksel boyutlarındadır. 8×8 blok boyutunun seçilmesi durumunda, her 8×8 alt-blok ayrıca 8×4, 4×8 ya da 4×4'lük alt-bloklara bölünebilmektedir. Şekil 3.5'te bu farklı blok boyutları için oluşturulan temsili bölümlemeler gösterilmektedir.



Şekil 3.5: Farklı MB bölüntü çeşitleri[3].

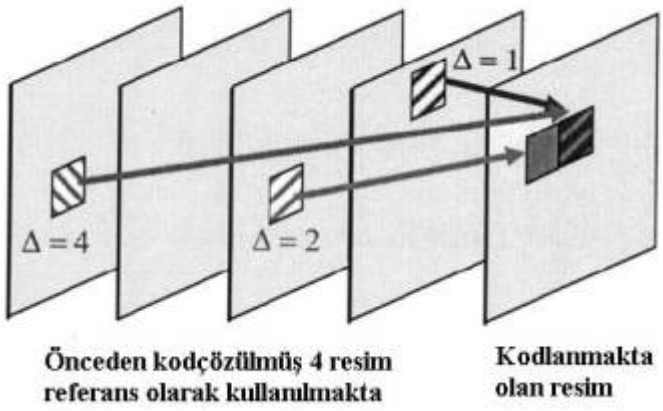
Bir sonraki aşama olarak bölütlenen bu makrobloklar ya da gerekirse her alt makroblok için hareket kestirimi yapılmaktadır. Hareket kestirimi her alt-blok için referans çerçevesinde en düşük hız-bozunum masrafını verecek aynı boyutta bir

öngörü bloğu aranması işlemi olarak adlandırılmaktadır. 4×4 bölüntülenmesi kullanılıyorsa, ilgili MB için 16 farklı hareket vektörünün bulunup kodlanması gerekmektedir. Hareket dengelemesinde en uygun blok boyutunu seçmek için hız-bozunum (RD-Rate Distortion) özelliği kullanılmaktadır. Bu yöntemde Lagrange metodu kullanmaktadır ve denklem 3.1'de gösterilmektedir.

$$J = D + \lambda R \tag{3.1}$$

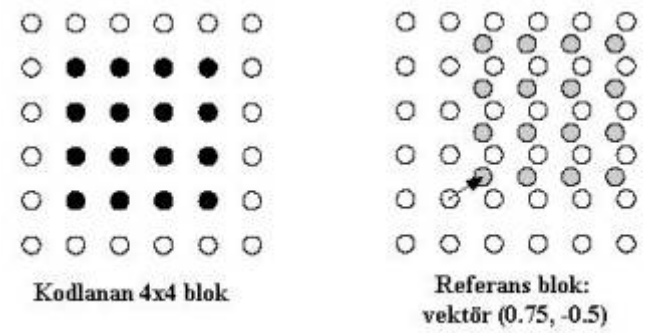
3.1 no'lu denklemde J hız-bozulma maliyetini, D bozulmayı, R ise kullanılacak blok için gerekli olan bit miktarını vermektedir. λ ise Lagrange çarpanı olarak bilinmektedir. H.264 video kodlamasında D yani bozulma için yapılacak hesap, önceki standartlara göre daha basittir çünkü tamsayılı dönüşüm kodlaması ve nicemleme kullanılmaktadır. Yine aynı şekilde R değeri, arama tabloları kullanılarak verimli bir şekilde hesaplanabilmektedir [3].

H.264'te hareket dengelemesini daha verimli kılan diğer iki faktör ise hareket kestiriminin birden fazla referans çerçeve içerisinde yapılabilmesi ve hareket vektörlerinin hassaslığının çeyrek piksel çözünürlüğe kadar artırılabilmesidir. Bu iki özellik, denenmesi gereken hareket vektörlerinin miktarını artırdığı için hesap karmaşıklığını da artırmaktadır. Bununla birlikte daha hassas sonuçlar elde edilmekte ve daha iyi bir görüntü kalitesi oluşturulabilmektedir. Şekil 3.6'da kodlanmakta olan imge çerçevesi için hareket vektörü hesaplama işlemi temsili olarak gösterilmektedir. Şekilde de görüldü gibi hali hazırda kodlanmakta olan imge çerçevesi için yalnızca bir önceki çerçeve içerisinde değil birkaç önceki çerçeveler içerisinde de hareket kestirimi işlemi uygulanmaktadır[3].



Şekil 3.6: H.264 için alternatif referans çerçeveler [10]

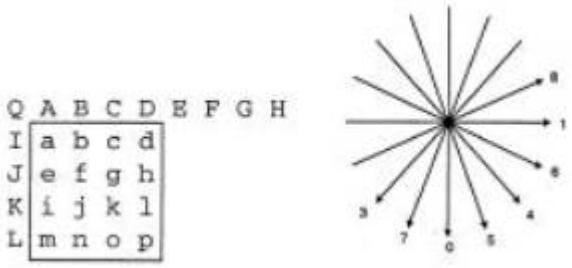
Hareket dengelemesi P-tipi ve B-tipi ismi verilen MB'ler için yapılmaktadır. B-tipi MB'lerde hareket kestirimi için ilk aşamada iki farklı öngörü bloğu seçilmektedir. Sonrasında ise bu iki farklı öngörü bloğunun ağırlıklı ortalaması kullanılmaktadır. Şekil 3.7'de kodlanan blok ve bu ağırlıklı ortalama işlemi sonucunda oluşan çeyrek piksel çözünürlüklü hareket vektörü temsili olarak gösterilmektedir.



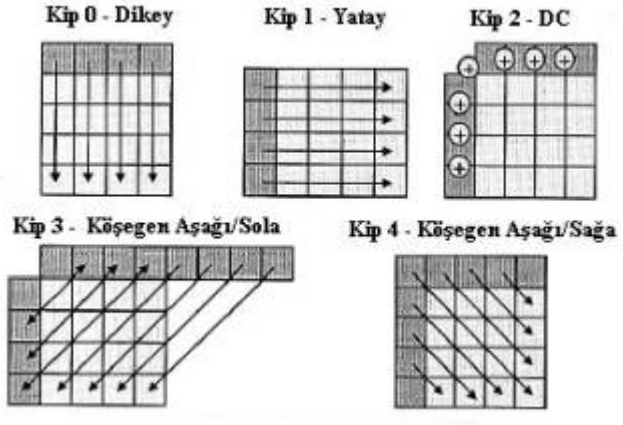
Şekil 3.7: Çeyrek piksel çözünürlüklü hareket vektörü [10]

Hareket dengelemesi yapılmayan MB'ler için (I tipi MB'ler), aynı çerçeve içinde daha önceden kod çözülmüş komşu piksel değerlerini kullanarak öngörüde bulunmak mümkündür. Bu işlem çerçeve içi öngörü olarak isimlendirilmektedir. Bu öngörü, ışıklılık işareti için, iki farklı şekilde yapılabilmektedir. İlki makroblokların 4×4'lük alt-bloklara bölünmesi ve her alt-blok için komşularından öngörüde bulunulmasıyla gerçekleştirilmektedir (Intra-4×4). Diğer bir yöntem ise 16×16 MB için bütün olarak

öngörüde bulunulmasıdır (Intra-16×16). Ayrıca, Intra-4×4 için 9, Intra-16×16 için 4 farklı öngörü biçimi (Kipi) tanımlanmıştır. Şekil 3.8'de Intra-4×4 öngörüsü için kullanılan komşu pikseller ve 9 öngörü yönü gösterilmektedir. Şekil 3.9'da ise öngörünün yönüne göre mevcut beş farklı öngörü kipi gösterilmektedir. Çerçeve içi öngörü kipleri verimliliğe katkı sağlamakla birlikte, en iyi kip seçimi için yapılması gereken hesaplamalar video kodlayıcı yapısı için daha fazla işlem yüküne neden olmaktadır.



Şekil 3.8: Komşu pikseller ve öngörü yönleri [10]



Şekil 3.9: Intra-4x4 için ilk 5 öngörü kipi [10]

Bu aşamadan sonra takip edilecek işlem basamağı kip seçiminin yapılmasıdır. Bunun için, her kipin H-B masrafının hesaplanması ya da bir şekilde kestirilmesi gerekmektedir. Her MB için, bütün çerçeve içi, çerçeveler arası ve diğer kip çeşitleri içerisinden hız-bozunum (H-B) verimliliği en yüksek olan kipin seçilmesi kip seçim aşamasının temel mantığıdır. Bu sayede bahse konu olan makroblok için en verimli geri çatma ortamının varlığı kontrol edilmekte ve bu duruma göre kodlamalar

yapılmaktadır. Bu yapı H.264 video kodlayıcısına daima en iyisini seçme fırsatı sunmaktadır.

Makroblokların ışıklılık ve renklilik bileşenleri için çerçeve içi ya da çerçeveler arası öngörü işlemleri tamamlandıktan sonra, geriye kalan öngörü hatası 4×4'lük alt-bloklar halinde ICT işleminden geçirilmekte, ölçeklenmekte, nicemlenmekte ve entropi kodlanmaktadır.

Kodlayıcı kontrol modülü, her MB için kod çözücüye gönderilmesi gereken ve MB'nin nasıl kodlandığına dair bilgi içeren kontrol parametrelerinin seçiminden sorumludur. Bu parametreler yardımı ile MB kodlama kipi ve nicemleme adım boyutu gösterilebilmektedir. Nicemleme adımının değeri hız kontrolü açısından çok önemlidir. Hız kontrolü çerçeve seviyesinde ya da MB seviyesinde nicemleme adımının boyutunu değiştirmek suretiyle gerçekleştirilebilmektedir. H.264 standardı, H-B optimizasyonunu kullanılarak, bit hızını ayarlarken görüntü kalitesini en üst seviyede tutabilmeyi amaçlamaktadır.

H.264'te son aşamayı oluşturan ve kullanılan diğer bir özellik ise bloklama önler süzgeçtir. Video kodlamaya ek işlem yükü getirmesine rağmen, bu özelliğin kullanılmasıyla yüksek sıkıştırma oranlarında görsel video kalitesinde artış sağlanmaktadır.

Süzgeçleme işlemi, kodlayıcı ve kod-çözücü tarafında ters dönüşüm işlemi sonrasında yapılmaktadır. Süzgeçlenmiş makro-bloklar kodlayıcı tarafında hareket dengelemesinde kullanılmaktadır. Kod çözücü tarafında süzgeçleme işlemi sonrası elde edilen makro bloklar, doğrudan çıkış imgesi olarak kullanılmaktadır. Çerçeve içi kodlanmış makro bloklar süzgeçleme işlemine sokulurken, çerçeve-içi tahmin işlemi, süzgeçlenmemiş makro bloklar kullanılarak yapılmaktadır.

Süzgeçleme işlemi sonrasında blok kenarlarının yumuşatılmasıyla, yeniden oluşturulan imgenin görsel kalitesi artmaktadır. Bununla birlikte, süzgeçlenmiş makro bloklar kullanarak daha iyi hareket dengelemesi elde etmek mümkün olmaktadır. Süzgeçleme, makro bloktaki alt blokların yatay ve dikey kenarlarına

uygulanmaktadır. Şekil 3.10'da bloklama-önler süzgecin yeniden oluşturulan imge üzerindeki etkisi gösterilmektedir[3].

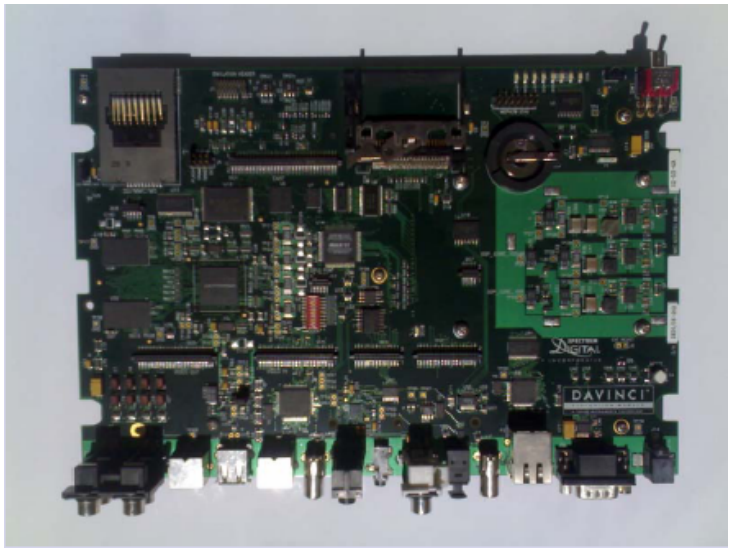


Şekil 3.10: Bloklama-önler süzgecin yeniden oluşturulan imge üzerindeki etkisi: (a) bloklama-önler süzgeç pasif (b) bloklama-önler süzgeç aktif[3]

4. TI DAVINCI™ TEKNOLOJİSİ

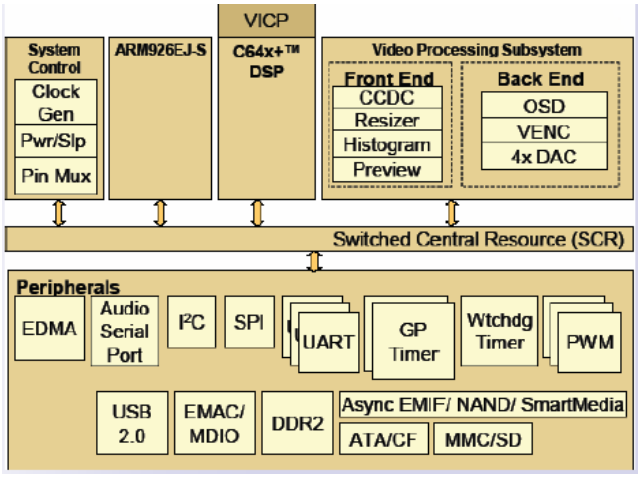
4.1. Giriş

TMS320DM644x (DaVinci™ platformu) [13], gelecek nesil gömülü sistemlerin video ve ses işleme gibi gereksinimleri göz önüne alınarak geliştirilmiş yeni bir teknolojidir. Bu platform çift çekirdekli bir mimariye sahiptir. Mimarisinin sunmuş olduğu çift çekirdekli yapı gerçek zamanlı uygulamaların performansını arttırmakta ve özellikle sayısal video ve ses işleme gibi ağır hesapsal yüklerin üstesinden kolayca gelebilmektedir. İçerisinde yüksek performanslı sabit noktalı işlem yapabilen bir sayısal işaret işleyici yongası (DSP) (fixed-point TMS320C64x+™) ve 32 bitlik RISC mimarisinde bir ARM (ARM926EJ-S) işlemci yongası bulunmaktadır. ARM işlemci, sistem koşullama, düzenleme, güç yönetimi, kullanıcı arayüzü, bağlantı fonksiyonları, DSP alt sisteminin kontrolü gibi, sistemin tüm kontrollerinden sorumludur. DSP ise imge, video ve ses işleme fonksiyonları gibi özellikle yüksek hesapsal yüke sahip işlemlerin gerçekleştirilmesi için kullanılabilmektedir. Bu çalışmada yapılan uygulamalarda tasarımcıların DaVinci™ işlemcisi ile kolay ve rahat bir şekilde uygulama geliştirebilmeleri için TI tarafından üretilen bir uygulama geliştirme kiti [13] (Digital Video Evaluation Module-DVEVM) kullanılmıştır. Uygulama geliştirme kitinin donanımsal görüntüsü şekil 4.1'de verilmektedir. Bu kit içerisinde uygulama kartı, NTSC/PAL CCD kamera, LCD ekran ve ses giriş çıkış arayüzleri bulunmaktadır. Uygulama kartı üzerinde ise TI DaVinci™ [4] işlemcisi ve diğer arabirimler ile birlikte 40GB kapasiteli bir sabit disk bulunmaktadır. ARM işlemcisi gerçek zamanlı bir Linux dağıtımı olan Monta Vista'yı çalıştırmaktadır. DVEVM ile birlikte H.264, MPEG–4, AAC+ ve G.711 kodlayıcı ve kod çözücü uygulamaları için çeşitli gösterimler bulunmaktadır. Şekil 4.2'de DaVinci™ platformunun blok gösterimi verilmektedir.



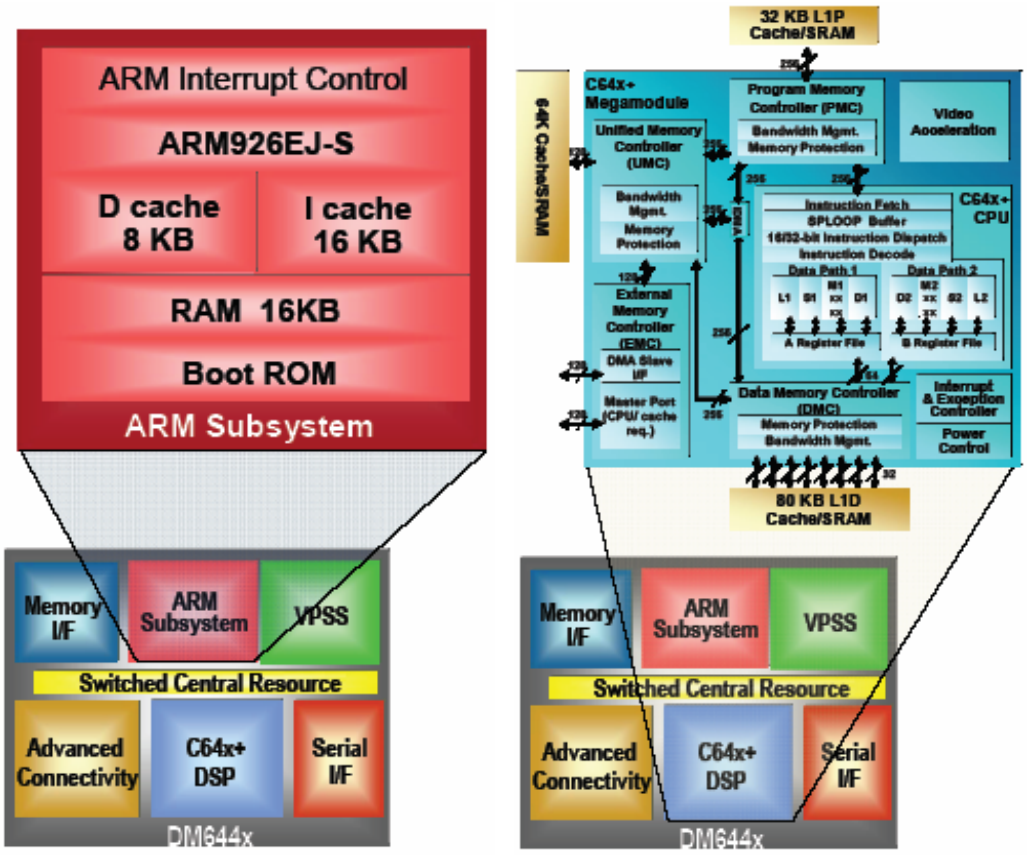
Şekil 4.1: TI DaVinci™ Uygulama geliştirme platformu.

Günümüzde görüntü, ses işleme ve iletimi gibi çoklu ortam uygulamaları çok büyük bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Bu bağlamda DaVinci™ platformu sayısal uygulamalarında bu ihtiyaçların karşılanmasını amaçlamaktadır. Üzerinde gömülü gelen tanıtım uygulamaları ile gerçek zamanlı olarak ses ve görüntüler işlenebilmektedir. Tüm bu işlemler "Codec Engine" tarafından yapılmaktadır. Codec Engine video ve ses işleme kısmını bulunduran bir dizi uygulama programı arayüzünden (Application Program Interface-API) oluşmaktadır. Tüm işaret işleme algoritmaları Codec Engine tarafından yönetilip, DaVinci™ DSP çekirdeği üzerinde yürütülmektedir [4].



Şekil 4.2: TI DaVinci™ için blok gösterim[16].

DaVinci^{TM} teknolojisi çift çekirdekli bir mimariye sahip olduğu için temel olarak iki farklı başlık altında incelenebilmektedir. Bunlardan ilki sistemin yöneticisi konumunda görev alan ARM işlemci çekirdeğidir. ARM işlemcinin bu mimari içerisindeki görevi sistem koşullama ve düzenleme, güç yönetimi, kullanıcı arayüzü, çevre birimlerin yönlendirilmesi ve yönetilmesi olarak özetlenebilmektedir. Bu tür sayısal işleme işlemi barındırmayan özellikleri ARM işlemcinin üstlenmesi DSP işlemcisinin daha verimli bir şekilde kullanılmasının önünü açmaktadır. Birçok klasik DSP uygulamasında sayısal işaret işleyen işlemci bir yandan da çevre birimler ile olan ilişkileri de yönetmektedir. Dolayısıyla işlemci performansı asıl işi çevre birim kontrolü olmayan sayısal işaret işleyici üzerine binmektedir ve performansı kısıtlanmaktadır. DaVinci^{TM} teknolojisi sayesinde sayısal işaret işleyici imge, video ve ses işleme gibi yüksek hesapsal yüke sahip işlemlerin gerçekleştirilmesi için kullanılıp yalnızca üzerine düşen işlemleri gerçekleştirmektedir. Şekil 4.3'de ARM ve DSP için genel yapı şeması verilmektedir.



(a) (b)

Şekil 4.3: (a) ARM için temsili blok gösterim. (b) DSP için genel blok gösterim.[15]

4.2. TI DaVinci™ Teknolojisinin Sunmuş Olduğu Özellikler

DaVinci™ platformu uygulama geliştiricilere birçok özellik sunmaktadır. DaVinci™ işlemcisinin desteklediği birçok arayüz için uygulama geliştime kiti üzerinde gelen birçok çevre birim sayesinde uygulamaya özgü yazılımlar geliştirmek mümkün olmaktadır. Bu bölüm altında DaVinci™ işlemcisinin arayüzleri, özellikleri ve kullanım alanları üzerinde açıklamalar yapılmaktadır[13].

- High-Performance Digital Media SoC(SoC – System On Chip) : Davinci işlemcisi tek bir chip içerisinde toplanmıştır ve tek bir kılıf ile daha kompakt bir yapı sunmaktadır. Chip içerisindeki ARM(ARM926EJ-S™) işlemci 297 MHz, DSP(C64x+™) işlemcisi ise 594 MHz saat frekansında işlem yapmaktadır.
  - DSP için 594-MHz C64x+™ saat frekansı
  - ARM için 297-MHz ARM926EJ-S™ saat frekansı
  - 8 32-Bit lik C64x+ Instructions/Cycle
  - 4752 C64x+ MIPS
  - C64x/ARM9™ işlemci çekirdekleri arasında yazılımsal tam uyumluluk

- DSP işlemcisi üzerinde 8 tane uygulamaya özgü donanımsal blok bulunmaktadır. Bu bloklar sayesinde toplama, çarma gibi matematiksel işlemler paralel bir şekilde yapılabilmektedir. Bu da işlemcinin performansının daha da arttırmakta ve ASIC(Application-Specific integrated circuit) mantığını biraz da olsa chip içerisine taşımaktadır. 64 adet 32-Bit lik genel amaçlı saklayıcısı bulunmaktadır.

- C64x+ L1/L2 Hafıza Mimarisi
  - 32K-Byte L1P program belleği (RAM/Cache) (Direct Mapped)
  - 80K-Byte L1D veri belleği (RAM/Cache) (2-Way Set-Associative)
  - 64K-Byte L2 bellek (RAM/Cache) (Flexible RAM/Cache Allocation)

- RM926EJ-S işlemci çekirdeği: ARM işlemci hem 32 bit hem de 16 bit komut setini destekleyebilmektedir. Ayrıca DSP işlemci ile olan senkronizasyon için bu komut seti geliştirilmiş ve farklı bazı özellikler eklenmiştir. ARM işlemci içerisinde

bulunan gerçek zamanlı hata ayıklama için kullanılan modüller yardımıyla uygulama geliştiriciler daha rahat bir şekilde yazılım sorgulaması yapabilmektedir.

- ARM9 Hafıza Mimarisi
  - 16K-Byte komut önbelleği
  - 8K-Byte veri önbelleği
  - 16K-Byte RAM
  - 8K-Byte ROM

- Endianness: ARM and DSP işlemcileri littleendian yapıdadır

- Video işleme alt sistemi yardımı ile her türlü video işleme operasyonu için donanımsal destek sunulmaktadır. İleri ve geri sonlu olarak iki bölümde incelenmektedir.
  - Front End: Front End olarak adlandırılan arayüz sayesinde resim ve video görüntüleme gibi özelliklerden faydalanılabilmektedir. CCD veya CMOS sensörlerden direk olarak görüntü alabilmek bu arayüz sayesinde gerçekleşmektedir. Alınan görüntüler için renk uzayı dönüşümleri ve bu imge çerçeveleri için histogram oluşturucu bu modül içerisinde yapılmaktadır. Dönüştürülen sayısal imge çerçeveleri üzerinde odaklama, tekrar boyutlandırma, ve renk dengeleme gibi işlemler bu arayüz içerisinde yapılabilmektedir.

  - Back End: Back End olarak isimlendirilen arayüz sayesinde çıkış görüntüleri görüntüleme yapılmak için kullanılan arayüzlere ve DAC lara yönlendirilebilmektedir. Bu arayüze ARM işlemci kontrolündeki Linux işletim sistemi API leri tarafından kolayca erişilebilmektedir.

- Harici Hafıza Arayüzü (EMIFs): Sistemin bellek gereksinimi iki farklı şekilde karşılanabilmektedir. İlki işletim sisteminin kurulumunun gerçekleştiği ve yer aldığı sabit bellektir. İkincisi ise RAM bellek olarak kullanılan DDR RAM olarak göze çarpmaktadır. Sistem genişlemesi için NOR ve NAND flash bellek desteği hali hazırda bulunmaktadır.

- Flash Card Arayüzü: taşınabilir uygulamalar geliştirilebilmesi için işlemci kılıfı içerisinde kompakt flash ve SD/MMC card arayüzleri hali hazırda bulunmaktadır.

- Gelişmiş DMA (EDMA) (64 Bağımsız kanal): 64 kanallı DMA yapısı sayesinde veri taşımacığı işlemci üzerine bindirilmeden daha performanslı bir sistem oluşturulabilmektedir.

- 2x64-Bit Genel Amaçlı Sayıcı – 1x64-Bit Watch Dog Timer: Zamanlayıcılar sayesinde gerçek zamanlı uygulamalar için senkron bilgisi elde edilebilmekte ve gerçek dünya ile olan iletişim daha sağlıklı bir şekilde yürütülebilmektedir.

- 3xUARTs (Bir tanesi RTS ve CTS akış kontrol yeteneğine sahiptir.)

- Seri Port Arayüzü (SPI)

- Audio Serial Port (ASP)
  - I2S
  - AC97 ses Kodek arayüzü
  - AIC12 standart ses kodek arayüzü

- 10/100 Mb/s Ethernet MAC (EMAC)

- VLYNQ™ arayüzü (FPGA Arayüzü)

- 71 adet genel amaçlı kullanım için donanımsal pinler (GPIO)

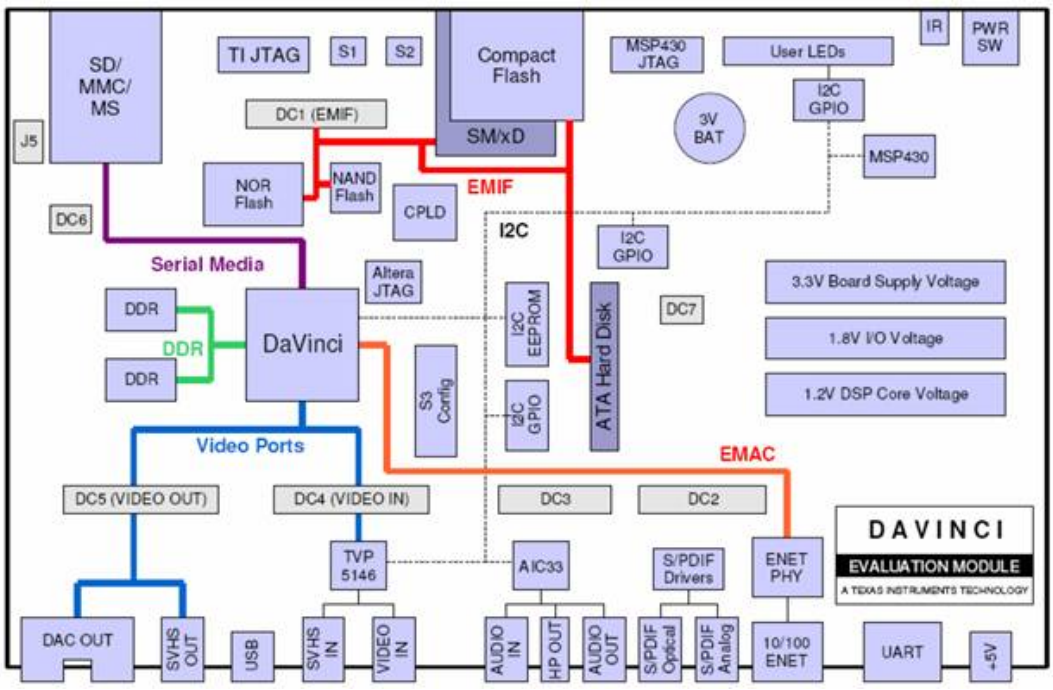
4.3. TI DaVinci™ Uygulama Geliştirme Kiti[4]

Digital Video Evaluation Module (DVEVM), tasarımcıların DaVinci™ işlemcisi ile daha kolay ve rahat bir şekilde uygulama gerçekleştirebilmeleri için sunulmuş bir uygulama geliştirme ortamıdır.

Uygulama geliştirme paketi içerisinde, uygulama kartı, NTSC/PAL CCD kamera, 5.6 inch LCD display, mikrofon ve IR uzaktan kumanda bulunmaktadır. Kart üzerinde ise 40 GB'lık sabit belleğe gömülü bir Linux, DaVinci^{TM} işlemcisi ve diğer arabirimler bulunmaktadır.

DVEVM ile birlikte H.264, MPEG–4, AAC+ ve G.711 uygulamaları için demolar ve yazılımları bulunmaktadır. DaVinci^{TM} kılıfı içerisindeki ARM işlemcinin koşturduğu MontaVista Linux 2.0 hazır olarak kit ile birlikte uygulama geliştiricilerin hizmetine sunulmaktadır.

Şekil 4.4'te uygulama geliştirme kartının(DVEVM) temsili blok diyagramı verilmektedir;



Şekil 4.4: DVEVM için blok gösterim[15]

DVEVM kartı üzerindeki çevre birimler aşağıda listelenmektedir;

- 1 video giriş portu, S video ve komposit video desteği.
- 4 kanal video çıkış portu.

- 256 Mbyte DDR2 DRAM
- UART, taşınabilir bellek yuvaları (SD card, xD card, SM card, MS card, MMC)
- 16 Mbyte Flash hafıza birimi 64 Mbytes NAND Flash, 4 Mbytes SRAM
- AIC33 stereo ses kodeği
- USB2 arayüzü
- 10/100 MBS Ethernet arayüzü
- Kızıl ötesi uygulamalar için alıcı-verici, gerçek zaman entegresi, MSP430 işlemci
- JTAG arayüzü
- ATA ve VLYNQ Arayüzü
- SPDIF Arayüzü

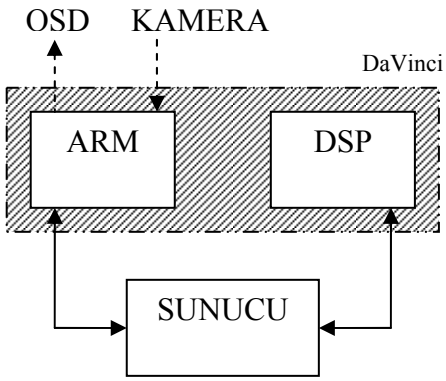
Günümüzde görüntü sıkıştırma, görüntü iletimi gibi media uygulamaları çok büyük bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Bu bağlamda DaVinci^{TM} platformu özellikle sayısal video uygulamalarında bu ihtiyaçların karşılanmasını amaçlamıştır. Platformun başlıca kullanılabileceği uygulamalar aşağıda listelenmektedir.

- Video güvenliği
- Ip Set-Top Box
- Video konferans uygulamaları
- Sayısal kameralar
- Taşınabilir çoklu ortam oynatıcıları

4.4. TI DVEVM^{TM} Üzerinde H.264 Video Kodlayıcı ve Çözücü Uygulaması

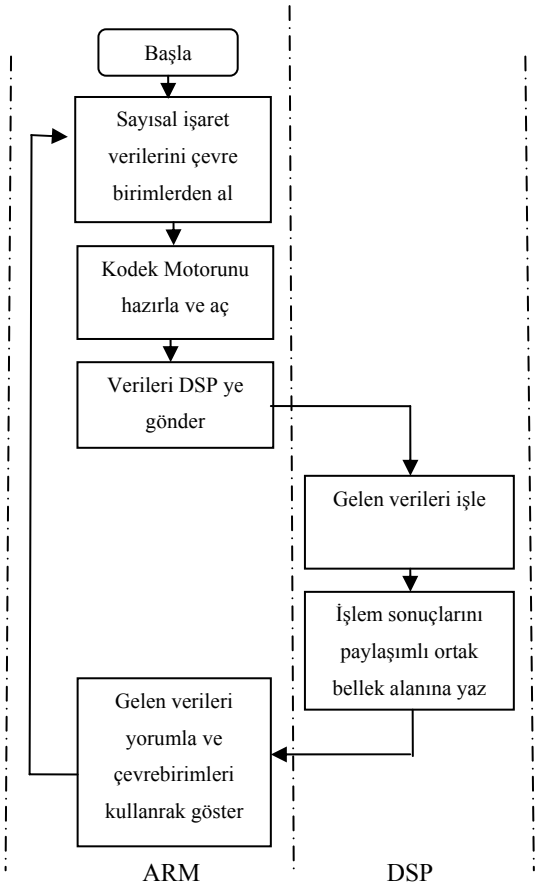
Bu çalışmada yapılan uygulamalarda tasarımcıların DaVinci^{TM} işlemcisi ile kolay ve rahat bir şekilde uygulama geliştirebilmeleri için TI tarafından üretilen bir uygulama geliştirme kiti (Digital Video Evaluation Module-DVEVM) kullanılmıştır. Uygulamalar DVEVM platformunda farklı ortamlara (ARM, DSP, Sunucu) yazılım yazarak yapılmıştır. DaVinci^{TM} Teknolojisi yazılım mimarisi olarak uygulama geliştiricilerin çok fazla aşina olmadığı bir yapı sunmaktadır. Öyle ki tek bir hedefe yazılan yazılımların koşturulması bu teknolojide mümkün olmamaktadır. Sistemin yapısı gereği Linux tarafından kontrol edilen bir DSP yapısı kullanılması

gerekmektedir. Dolayısıyla DSP tarafında koşan bir algoritma, bu algoritmayı yöneten ve ARM tarafında koşan bir Linux uygulaması ve bu ikisi arasında hafıza ve bellek işlemlerini yönlendiren Sunucu yapısının kullanılması zorunludur. ARM işlemci tarafından Linux API'leri kullanılarak çevre birimlerden alınan görüntü verileri ortak hafıza alanına gerekli parametreler ile birlikte yazılarak DSP nin işlemesi için sunulmaktadır. Kendisine gönderilen bu parametreler sayesinde veri yapısı hakkında bilgi sahibi olan DSP ise verileri işlemekte ve işlenmiş veriyi yine bu ortak kullanım alanına bırakmaktadır. Şekil 4.4'te kullanılan bu yapı gösterilmiştir.



Şekil 4.4: ARM ve DSP işlemcileri kullanımı için temsili gösterim.

Tüm işlemcilerde olduğu gibi DaVinci^{TM} işlemcilerinde de bellek yönetimi çok önemlidir ve uygulama için kritik önem taşımaktadır. Tüm bellek yönetimini gerçekleştiren Sunucu yapısı ayrıca içeriğinde DSP için yazılmış algoritma kodunu da bulundurmaktadır. Bu sunucu dosyasına ARM tarafından erişilip örneğin video ve ses işleme ile ilgili algoritmalar koşturulabilmektedir. Algoritmaların koşturulması için Codec Engine (Kodek Motoru) adı verilen bir dizi uygulama ve yönlendirme arayüzü kullanılmaktadır. ARM işlemci tarafından DSP için yazılmış bir kod bloğuna erişilmek istendiğinde ilk önce bu kodek motoru tanımlanmakta, kurulumu yapılmakta ve ilgili parametreler yardımı ile çağrılmaktadır. Çağrılan kodek motoru sunucu dosyası içerisindeki algoritma ile iletişim kurmakta ve gerekli parametreleri alıp ARM işlemciye geri göndermektedir. Kodek motorunun çağırılması işlemi DSP tarafından çağrılan her bir algoritma için yapılmaktadır. Şekil 4.5'te video kodlama ve çözme aşamalarını basamaklar halinde gösteren temsili akış şeması verilmektedir.



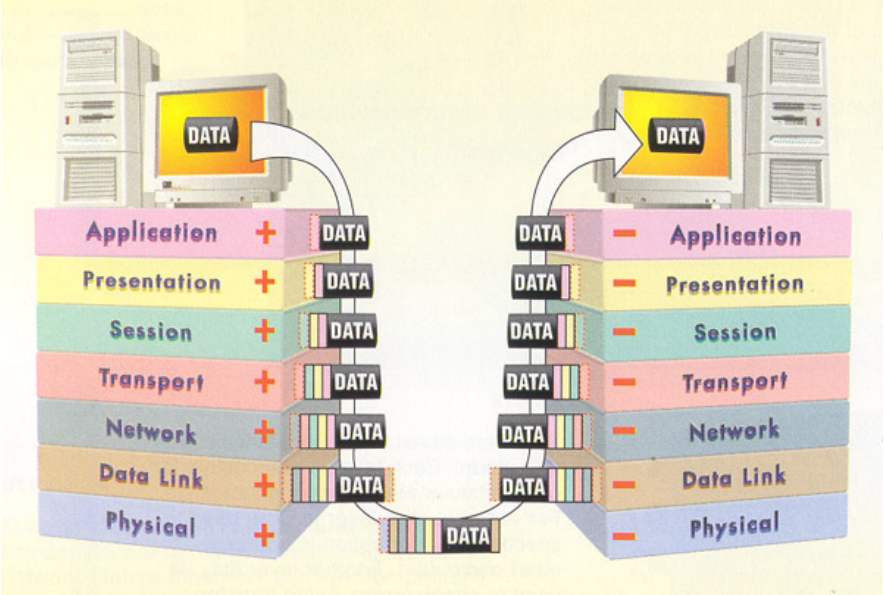
Şekil 4.5: ARM ve DSP işlemciler arasındaki işlem sıralaması

Uygulama geliştirme aşaması boyunca Nokia'nın geliştirmiş olduğu H.264 video kodlayıcı ve çözücü referans yazılımı kullanılmıştır. Yapılan birçok referans yazılım taraması sonucunda Nokia'nın geliştirmiş olduğu bu yazılımın diğer referans yazılımlara göre donanıma daha uygun olduğu anlaşılmıştır. Diğer referans yazılımlarının daha karmaşık bir yapıda bulunması ve yeterince verimli çalışamaması donanım üzerindeki gerçeklenebilirliğini azaltmaktadır.

5. AĞ MİMARİSİ

5.1. Giriş

IP üzerinden haberleşme için kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Kullanılan sistemin gereksinimleri bu yöntemlerin seçimi için basamak oluşturmaktadır. Sistemin yapısı, verimliliği, gerçek zamanlı uygulamalardaki başarımı ve veri güvenliği gibi faktörler bu yöntem seçimi için basit kriterler olarak göze çarpmaktadır.

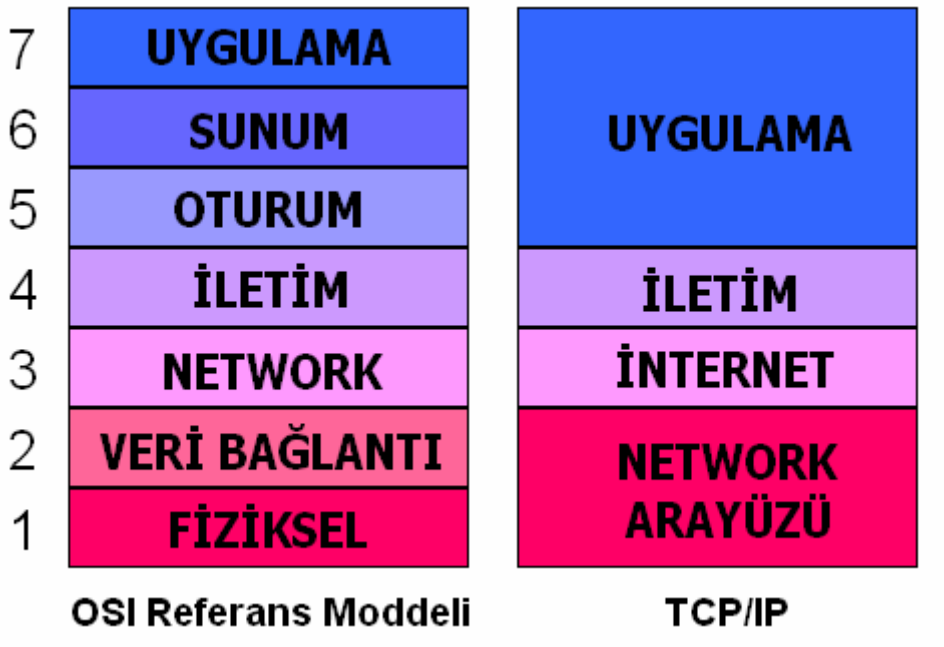


Şekil 5.1: OSI referans modeli için temsili gösterim[16].

IP üzerinden haberleşme söz konusu olduğu zaman akıllara ilk gelen OSI (Open System Interconnection-Açık Sistem Ara bağlaşımı) referans modeli olmaktadır. Bu model sayesinde bilgisayarlar arasındaki haberleşme bir standarda oturtulmuş ve destek sağlayıcı firmalar arasındaki iletişim karmaşası en aza indirgenmiştir. Bu model haberleşme için bazı standartlar getirmekte ve uygulama geliştiricilere çok büyük avantajlar sunmaktadır. Öyle ki haberleşme ortamını katmanlara ayırarak incelemekte ve daha basite indirgeyerek daha profesyonel çalışmaların ortaya çıkmasını kolaylaştırmaktadır. Örneğin uygulama katmanında çalışan bir yazılımcı

fiziksel katmanda olup bitenden haberdar bir şekilde çok hızlı ve verimli yazılımlar geliştirebilmektedir.

OSI genel itibari ile gerçek bir protokol değildir. OSI yalnızca belirli protokollerin uyması zorunluluğu bulunan kurallar bütünü olarak ifade edilebilmektedir. OSI'nin uygulamaya uyarlanmış hali olarak bilinen TCP/IP üzerinden haberleşmede oldukça sık kullanılan bir protokoldür ve OSI'nin özel bir kullanımıdır. Şekil 4.1 de OSI referans modeli ve Şekil 4.2'de de TCP/IP protokolünün yapısı verilmektedir.



Şekil 5.2: OSI referans modeli ve TCP/IP için temsili gösterim[17]

OSI referans modeli genel itibari ile 7 farklı katman olarak ifade edilmektedir. İlk katman olan fiziksel katman ağ mimarisinin kablolar ve bağlantılar arayüzü olarak düşünülebilmektedir. Ayrıca fiziksel katman adından da anlaşılabileceği gibi protokolün gözle görünen tek bölümüdür. Bu katman haricindeki katmanlar yalnızca mantıksal olarak ifade edilmektedir. HUB olarak isimlendirilen ağ cihazları bu katmanda çalışmaktadır ve görevleri yalnızca elektrik işaretlerinin düzenlenmesi ve temizlenmesidir.

İkinci katmanda ethetnet kartlarının MAC adreslerinin adreslendiği ve bu MAC adreslerine göre yönlendirme yapıldığı mantıksal öğeler bulunmaktadır. Yerel ağ içerisinde bilgisayarlar arası haberleşme her zaman için MAC adres çözümlemesi yardımı ile yapılmaktadır. Seviye 2 ağ cihazı olarak bilinen Switch'ler bu katmanda çalışmaktadır ve bahsedildiği gibi MAC adresi tabanlı bir yönlendirme yapmaktadır.

Üçüncü katman, IP adreslemesi için özelleşmiştir ve IP yönlendirmesi yapan Router gibi 3. seviye ağ cihazları bu katmanda çalışmaktadır. İç ağlardan dış ağlara yapılan yönlendirmeler için bu katmanın kullanılması zorunludur. Ayrıca iç ağdan dış ağa yapılan yönlendirmelerde bu katmanın bir öğesi olan Port numaralarının kullanılması da zorunlu hale gelmektedir. Port numaraları farklı uygulamalara alt katmanlardan erişimi sağlamak için bir belirteç olarak kullanılmaktadır. Adres yönlendirmesi için iç ağdan dış ağlara erişimde NAT ve PAT olarak adlandırılan temel iki yöntem kullanılmaktadır. NAT (Network Address Translation) networkler arası haberleşmede IP adresi maskelemeyi gerçekleştirmektedir. Bilindiği gibi IP adresleri Public ve Private olmak üzere kabaca iki başlık altında toplanabilmektedir. Yerel ağ içerisinde kullanılabilen Private IP adresleri diğer networklerle haberleşme için internet üzerinden kullanılamamaktadır. Bunun yerine her alt ağ kendisine verilen dünya üzerinde tek olan bir Public IP adresi ile heberlemelerini yapabilmektedir. NAT ile gerçekleştirilen yerel ağ içerisinde kullanılan Private IP leri Public IP adresleri ile maskelemektir. Bununla birlikte yalnızca NAT işleminin yapılması bir internet haberleşmesi üzerinde yeterli olmamaktadır. Bu aşamada yapılan ise PAT (Port Address Translation) işlemidir. PAT işlemi ile Aynı IP adresi kullanılarak bir yazılımın 65536 farklı yazılım ile bağlantı kurabilme olasılığı meydana gelmektedir. Böylece her IP adresi daha verimli bir şekilde kullanılıp aslında her PC yazılımı için bir IP gerekirken PAT sayesinde bu sayı azaltılabilmektedir.

Dördüncü katman olan Transport Katmanında veri taşımacılığı esas görev olarak belirlenmiştir. Bu katmanın sorumluğu veri taşıması sırasında meydana gelebilecek her türlü olaya karşı bir hazırlık oluşturmaktır. Veri yolunun tıkanıklılığı, veri kaybı ve haberleşme problemleri gibi durumlarda bu katman görev alarak veri paketlerinin doğru bir şekilde hedefe ulaştırılmasını sağlamaktadır. Örneğin; bir web sayfası talep edildiğinde, sunucu web sayfasının verilerini uygulama katmanı vasıtasıyla TCP

katmanına geçmektedir. TCP de bu veriyi bir seferde göndermek yerine, bölümlere ayırarak (Segment ya da paket) talep edene ulaştırmaktadır. Ayrılan bu verilere, birer sıra numarası verilerek karşı bilgisayarda anlamlı bir biçimde birleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu segmentler, internet üzerinde farklı yollardan ilerleyebilmektedir ve ilk gönderilen segment alıcı bilgisayara ilk olarak ulaşmayabilmektedir. Bütün segmentler alıcının bilgisayarında toplandığında, TCP'nin verdiği sıra numarasına göre tekrar birleştirilmekte ve anlamlı bilgi elde edilmiş olmaktadır.

Session Katmanında uç uca haberleşen bağlantı orjinli protokollerin bağlantı durumları takip edilmektedir. Birbiri ile bağlantı kuran makineler için oturum numaraları tanımlanmakta ve bu oturumlar güvenli bir şekilde yürütülmektedir.

Sunum katmanında elde edilen veriler uygulama katmanına çıkarılmak için gerekli veri türü dönüşümlerine tabi tutulmaktadır. Örneğin gelen bir resim ise; formatı belirlenmekte veriler toplanmakta ve son veri bloğu olarak uygulama katmanına sunulmaktadır.

Uygulama katmanında bilgisayar yazılımları koşmaktadır. Bu katman bir bilgisayar kullanıcısı arabirim oluşturmaktadır ve kullanıcılar bu katman yardımı ile biribirleri ile haberleşmektedir. Hepimizin kullandığı intenet sayfası görüntüleyici (internet browser) ve e-posta (e-mail) programları bu katman üzerinden tanımlanarak internet ortamına açılmaktadır.

5.2. IPTV

IPTV (Internet Protocol Television) görüntü işaretlerinin genişbant(Kablo internet/DSL) kullanıcısı aboneler veya izleyicilere internet protokolü üzerinden dağıtıldığı sistemlerdir. Bu sistem genel olarak geniş bant işletmecisi tarafından sağlanan internet bağlantısına paralel olarak aynı altyapı üzerinde tahsis edilen bir bant genişliğiyle sağlanmaktadır. IPTV kendi başına bir protokol değildir. Halen tüm dünyada 100 milyondan fazla evde genişbant internet bağlantısının kurulu olduğu

bilindiğinden IPTV'nin önümüzdeki yıllarda çok büyük bir hızla gelişme göstermesi beklenmektedir.

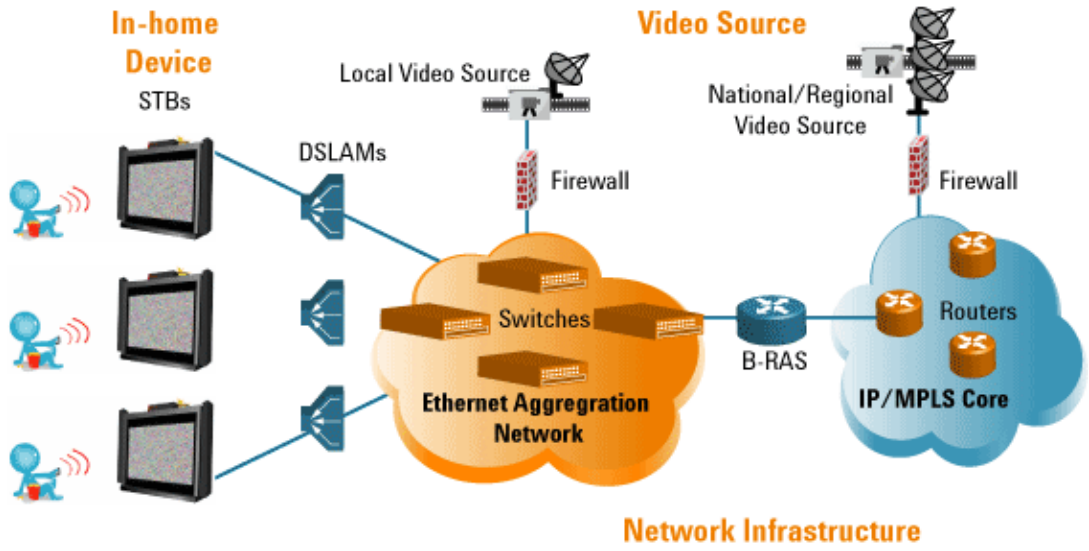
Görüntü yayınının bantgenişliği gereksinimlerinden dolayı IPTV bağlantılarının dağıtılması gerekmektedir. IPTV, hem canlı tv yayınını (Multicasting) hem de banttan yayını (VOD) desteklemektedir. VOD (Video on Demand-İsteğe Bağlı Video) olarak bilinen iste ve izle yapısı sayesinde istenilen zamanlarda istenilen videonun IP ağları üzerinden izlenebilmesi mümkün olabilmektedir. Bu yayınları izleyebilmek için televizyona bağlı bir set üstü alıcı cihaz (STB – Set Top Box) ya da kodlanmış sayısal video sinyallerini çözebilecek bir bilgisayara ihtiyaç duyulmaktadır. IPTV için genellikle canlı TV yayınları için IGMP version 2 (Kanal Değiştirme İşaretleşmesi) ve kayıttan izlemeler (VOD) için ise RTSP (Rea Time Streaming Protocol) protokolleri kullanılmaktadır. Canlı TV yayınlarının dağıtılmasında nokta-nokta (Peer-to-Peer P2P,PPP kullanıcıdan kullanıcıya) teknolojisinin kullanıldığı protokoller de yeni yeni ortaya çıkmaktadır. Bunun geleneksel dağıtım modellerine göre esas avantajı veri dağıtım yükünün kullanıcılar arasında paylaştırılabilmesi suretiyle dağıtıcının işletim giderlerini büyük ölçüde indirebilmesine olanak sağlamasıdır. IPTV için kullanılan görüntü sıkıştırma formatları MPEG-2, H.264, WMV (Windows Media Video), XviD, DivX, ve Ogg olarak göze çarpmaktadır.

IPTV'nin geleneksel TV sistemlerine göre en önemli avantajları her kullanıcının ayrı bir yayını izleyebilmesi ve iki yönlü iletişim yeteneğinin olmasıdır. Bu sayede kullanıcının dizi üzerinde denetim (Durdurma, ileri, geri sarma v.b.) yapabilmekte ve darbantlı kuzeni web uygulamalarında olduğu gibi izleyeceği birçok şeyi özgürce seçebilme olanağına sahip olmaktadır. Servis işletmecileri tüketicinin görüntü, data ve telefon iletişimini ayni paket içinden alabildiği bu uygulalara "Tripleplay" ismi verilmektedir. Bir genişbant (KabloTV/KabloNet veya ADSL) hattından tüketiciye Tripleplay sunabilmek için işletmecinin hem IPTV hem de IP Telephony (VoIP, Voice over IP) teknolojisini kullanması gerekmektedir[18].

TV ya da video yayınının internet üzerinden gecikmesiz iletilebilmesi için yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. DSL teknolojisinde meydana gelen

gelişmeler, bugün internet altyapısını oluşturan IP omurga üzerinden gerçek zamanlı olsun olmasın hertürlü verinin iletilebilmesini mümkün hale getirmiştir. Ayrıca sıkıştırma oranlarında gelişim de IPTV'nin önünün açılmasında en büyük etken olmuştur. MPEG–2 formatıyla sıkıştırılmış bir SDTV(Standard definiton) video 3-3,5 Mbps'lik bir bant genişliğine ihtiyaç duyarken HDTV (High Defination) yayını için 19 Mbps'lik bir bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. 2009 yılına kadar SD TV için ihtiyaç duyulacak band genişliğinin 1 Mbps'in altına düşeceği HDTV için ise 7 Mbps civarında olacağı öngörülmektedir. Hızla gelişen DSL çözümleri sayesinde bugün ADSL2+ ile 25Mbp/s lik bir hıza ulaşılırken VDSL ile 52Mbps'lik download hızına ulaşılmış bulunmaktadır.

Şekil 5.3'te IPTV için ağ mimarisini gösteren temsili bir blok yapı verilmektedir. Bu network mimarisi üzerinden hem video işaretlerinin hem de ses işaretlerinin gerçek zamanlı ve isteğe bağlı olarak gönderilmesi mümkün olmaktadır. Sistemim gerçek dünya gerçeklemelerinde en büyük veri taşıma yoğunluğu çekirdek ve sınır router'larında meydana gelmektedir. Bu yüzden sistemin performansının arttırılabilmesi için sınır ve çekirdek routerlarının hem sayıca hem de nitelik olarak desteklenmesi gerekebilmektedir. Bu router'ların performansı tamamen QoS (Quality of service) faktörü olarak düşünülmektedir. DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)'lar DSL sinyalinin bakır kablo üzerinden taşınabilmesine olanak sağlamaktadır. DSLAM cihazları ISP tarafında XDSL sinyal dağıtıcısı olarak bulunabileceği gibi, varolan internet altyapısını bakır tel üzerinden kullanıcılara dağıtma konusunda da kullanılmaktadır. Bir bakıma verinin çekirdek networke girişin ilk adımı olarak düşünülebilmektedir. BRAS'lar yetkilendirme için kullanılan merkezi sunuculardır. Bu sayede video yayınları üzerinde bir denetleme sağlanabilmekte ve ISP tarafından istenilen yayınların yalnızca istenilen, yetkilendirilen kişiler tarafından izlenmesine olanak sağlanabilmektedir. İletişim ISP çekirdeğinde IP üzerinden ve MPLS(Multi Protocol Label Switching) ile birlikte yürütülmektedir. MPLS sayesinde çekirdek içerisindeki yük yoğunluğu azltılmaya çalışılmaktadır. Bunu ise OSI referans modelinin L2 ve L3 katmanlarının birlikte yürütülmesi ile sağlamaktadır. Böylece ATM (Asynchronous Transfer Mode) gibi L2 üzerinde çalışan IP dönüşümü gerektiren işlem yükü fazla uygulamalara gereksinim kalmamaktadır.



Şekil 5.3: IPTV için network yapısı[20]

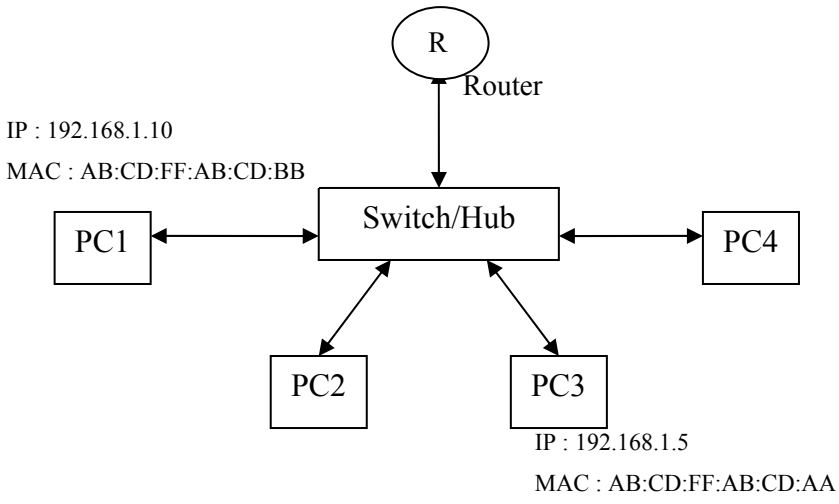
5.3. Geliştirilen Video Aktarım Yazılımı İçin Ağ Yapısı

Network yapısı genellikle iç hat ve dış hat benzetmeleri yapılarak iki ana bölüm altında incelenmektedir. İlki yerelde çalışan LAN (Local Area Network) adı verilen ağ yapısı diğeri ise WAN (Wide Area Network) olarak adlandırılan coğrafi olarak birbirinden uzak bölgeleri birbirine bağlamaya yarayan ağ yapısıdır.

LAN ağlar aynı bina içerisinde, aynı kampus içerisinde ve coğrafi olarak sınırlı olan bölgelerde kullanılmaktadır. Bu ağların bant genişliği WAN lara göre oldukça fazladır ve yerel ağ yöneticisi tarafından yönetilmektedir. Servis sağlayıcı için ayrıca bir ücret gerektirmemektedir. Bunun yanı sıra performansları WAN lara göre daha yüksek ve daha istikrarlıdır. WAN ağlar çoğunlukla farklı ve birbirinden uzak coğrafyalardaki bilgisayar ağlarını birbirine bağlarlar. Alt yapısı ISP (Internet Service Provider) adı verilen firmalar tarafından sağlanmaktadır. Tam zamanlı, süre sınırlı ve bant genişliği sınırlı gibi birçok servis çeşiti bulunmaktadır. WAN ağların performans yönetimi tamamen ISP'lere aittir. WAN ağlar için bazı hız sınırlamaları vardır ve çoğu zaman LAN içerisinde elde edilen bant genişliklerini yakalamak oldukça maliyetli olmaktadır. Frame Relay, Metro Ethernet, ATM gibi WAN protokolleri günümüzde sıklıkla kullanılan ve müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilecek

kapasiteye sahip olarak geliştirilmiş teknolojilerdir. Bu teknolojiler leaseline olarak adlandırılmaktadır. Yani ISP bu hatların belirtilen şartlar altında kesintisiz olarak hizmet vereceğini garanti etmektedir. Hepimizin evlerimizde kullandığı ADSL bağlantısından en büyük farklılık da buradadır. Geliştirilen H.264 video çözücü yazılımı hem LAN hem de WAN ağlar ile haberleşebilecek şekilde tasarlanmıştır. Gerekli Portlar haberleşme için açıldıktan sonra cihazlar birbiri ile LAN ve WAN üzerinden kolayca haberleştirilmektedir.

LAN için haberleşme: Her ne kadar bir LAN içerisinde her bir cihazın IP adresi bulunsa da, yerel networkler içerisindeki haberleşme her zaman MAC (Media Access Control) adresi üzerinden yapılmaktadır. MAC adresleri bilgisayarların NIC (Network Interface Card) leri üzerindeki ROM (Read Only Memory) belleklere yazılmış 48 bitlik bir sayı ile ifade edilmektedir. MAC adresleri her bir NIC için tektir ve yeryüzünde bir MAC adresi yalnızca bir defa kullanılabilmektedir. Aynı alt networkteki bir PC diğerine paket göndereceği zaman ilk önce hedef PC için ARP (Address Resolution Protokol) adı verilen bir MAC adresi çözümlemesi yapılmaktadır. ARP nin görevi IP si bilinen fakat MAC adresi bilinmeyen PC lerin tanımlamasının yapılmasını sağlamaktır.

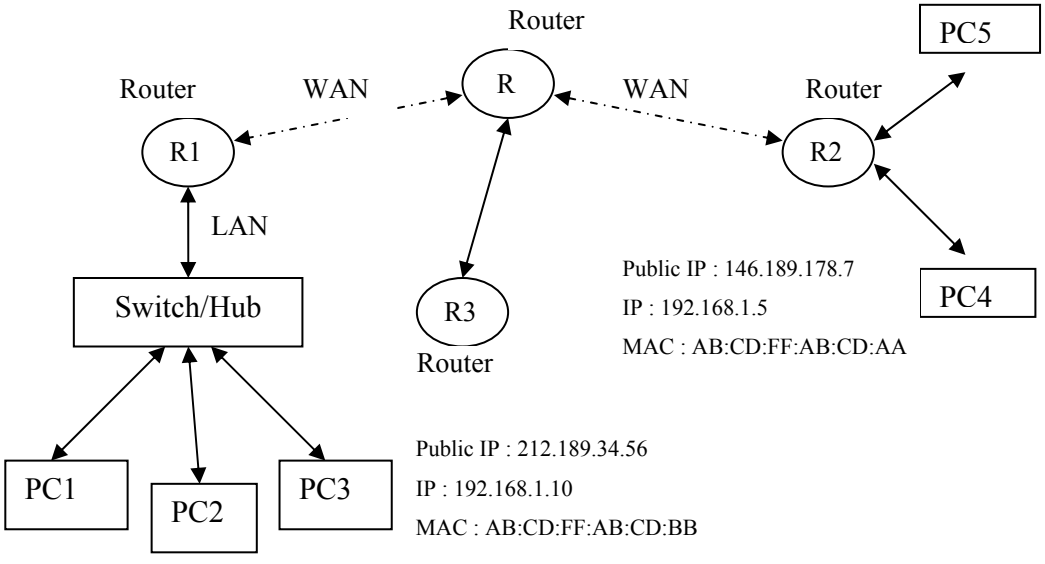


Şekil 5.4: LAN için haberleşme

PC1 PC3' e bir paket göndermek istediği zaman kendi tablosunda PC3 için bir MAC girişi olup olmadığına bakmaktadır. Eğer giriş yok ise aynı networkteki tüm PC lere

“IP si 192.168.1.5 olan bana MAC adresini göndersin” bir mesaj göndermektedir. Bu mesajı tüm PC ler almakta fakat yalnızca ip adresi 192.168.1.5 olan PC3 cevap vermektedir. PC3 “Benim IP adresim 192.168.1.5 ve MAC adresim de AB:CD:FF:AB:CD:AA” içerikli bir mesajla PC1 e geri dönmektedir. Bu aşamadan sonra artık iki PC arasındaki haberleşme açılmak istenen port üzerinden başlatılabilmektedir. LAN için haberleşme yapısı şekil 5.4’de verilmektedir.

WAN için haberleşme: WAN’lar arası haberleşme LAN içerisindeki haberleşmeden oldukça farklıdır. Çünkü yerel ağlarda haberleşme MAC üzerinden WAN larda ise gerçek IP adresleri üzerinden yapılmaktadır. WAN üzerinden iki PC’nin haberleşebilmesi için router adı verilen cihazların sistemde bulunma zorunluluğu bulunmaktadır. Routerlar tıpkı switchler gibi paketleri uygun yerlere yönlendiren cihazlardır. Switchler MAC adresine bakarak bir yönlendirme yaparken, routerlar IP adreslerine bakarak bir yönlendirme yapmaktadır. PC3 ile PC4 ün WAN üzerinden haberleşebilmesi için R1 ve R2 routerları üzerinde port yönlendirmesi yapılmalıdır. Port yönlendirmesinin anlamı XXX nolu porttan gelen paketleri iç hattaki ttt.xxx.yyy.zzz IP adresine yönlendir şeklinde ortaya çıkmaktadır.



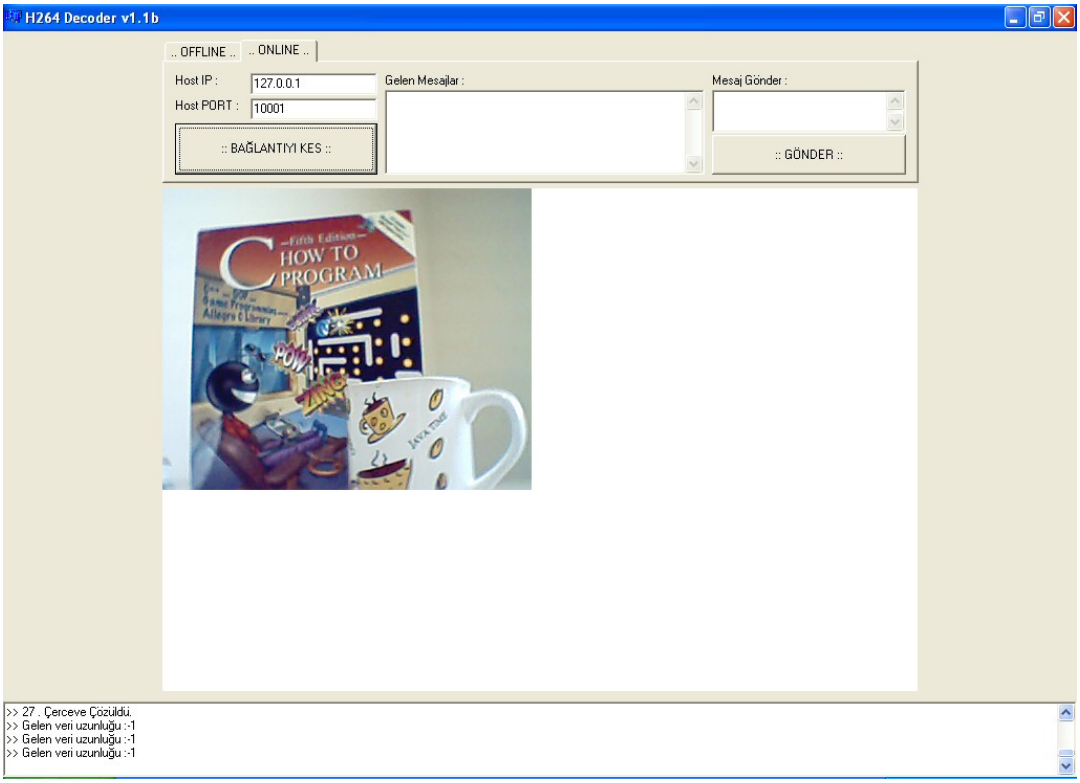
Şekil 5.5: WAN için haberleşme

PC3 PC4 e bir mesaj iletmek istediğinde hedef IP olarak 146.189.178.7 adresini kullanmaktadır. Bu adresi gören R1 router ı bunun bir LAN IP adresi olmadığını

anlayarak ilgili paketi LAN içerisine geri göndermek yerine port adresi ile birlikte bir sonraki routera gönderir. Bu şekilde birden fazla router yönlendirmesi yapılabilir. Her bir router aldığı paketin hedef adresini kontrol eder ve routing tablosunun söylediği en kısa yolu gösteren arayüzü üzerinden Paketi bir sonraki router a aktarmaktadır. Tüm bu yönlendirme işlemlerinden sonra nihayet paket R2 router'ına ulaşır. R2 router ı üzerinde de port yönlendirmesi yapıldığından paket direk olarak PC4'e aktarılmaktadır. WAN için haberleşme yapısı şekil 5.5'de verilmektedir.

5.4. Geliştirilen TCP Temelli Video Bit Dizini Görüntüleyici

Bu tez kapsamında TI DaVinci^{TM} gömülü platformunda H.264 video kodlama tekniği kullanılarak kodlanıp TCP/IP üzerinden video aktarımı gerçekleştiren bir yazılım geliştirilmiştir. Gömülü platformda kodlanan video bit dizini IP üzerinden hedef bilgisayara gönderilmekte ve hedef PC üzerindeki bir yazılım ile çözülerek gösterilmektedir. PC üzerinde çalışan yazılım C++ dili ile yazılmış olup kendisine gönderilen H.264 kodlanmış bit dizinini çözüp ekranda gösterebilecek şekilde tasarlanmıştır. Yazılım 512 MB RAM ve 1.7 GHz işlemcili bir PC ile 320×240 boyutlarında kodlanmış bir videoyu saniyede 20 çerçeve ile çözebilmektedir. Şekil 5.6'da C++ dili ile yazılmış yazılımın arayüzü ve alınan bit dizininin çözülerek elde edilen video çerçevesi gösterilmektedir.



Şekil 5.6: C++ dili ile geliştirilen video çözücü

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez kapsamında gömülü bir platform olan TI DaVinci^{TM} ortamında kodlanan H.264 video bit dizini bilgisayar ağı üzerinden hedef bilgisayara gönderilmiş ve bilgisayar üzerinde koşan bir arayüz yardımı ile kullanıcı tarafından görüntülenmiştir. Hem gömülü sistem hem de bilgisayar tarafında koşan yazılımlar bu tez kapsamında C/C++ programlama dilleri ile yazılmıştır.

Son yılların güncel video kodlama standardı olan H.264'ün bu tez kapsamında kullanılması kaliteli bir video aktarımının yapılmasına olanak sağlamıştır. Video kalitesinin arttırılmasının doğal sonucu olan işlem yükü ve bunun beraberinde gelen bit dizinindeki veri miktarı artışı video kodlayıcılar için temel sorun oluşturmaktadır. İleriki çalışmalarda video kodlamada yüksek hesap yükü gerektiren hareket kestirimi gibi uygulamaların daha hızlı yöntemler ile gerçeklenerek mevcut olan H.264 kodlayıcı yapısı ile bütünleştirilmesi düşünülmektedir.

Bilgisayar ağları üzerinden çoklu ortam iletimi için kullanılan yöntemler içerisinde TCP'nin veri bütünlüğü açısından verimli bir yöntem olduğu fakat gerçek zamanlı uygulamalar için bazı kısıtlamalar oluşturduğu bilinmektedir. UDP gibi gerçek zamanlı uygulamalara daha uygun ağ protokollerinin kullanılması ve bu protokollere ek olarak bir veri kontrol mekanizması geliştirilmesi ilerisi için düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Vikipedi, özgür ansiklopedi, "http://tr.wikipedia.org/wiki/Sanayi_Devrimi" **(Ziyaret Tarihi: 1 Mayıs 2008)**

[2] Ertürk, S., "Sayısal İşaret İşleme", ***Birsen Yayınevi*** (2005)

[3] Akbulut, O., "Bir-Bit dönüşümü temelli blok hareket kestirimlerinin H.264/AVC'ye uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmit, (2007).

[4] Texas Instruments, DaVinci Technology for digital video and audio equipment applications, "http://www.ti.com/corp/docs/landing/davinci/index.html" **(Ziyaret Tarihi: 12 Nisan 2008)**

[5] Vikipedi, özgür ansiklopedi, "http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzayı" **(Ziyaret Tarihi: 5 Mart 2008)**

[6] Recommendation ITU-R BT.601–5, "Studio encoding parameters of digital television for sdandard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios", ***ITU-T***, (1995)

[7] CÜCİOĞLU, İ. İ., Analog video sinyali ile ilgili ayrıntılı teorik bilgi "http://www.eproje.com/modules.php?name=News&file=print&sid=249" **(Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2008)**

[8] BağLAN Bilgisayar ve İletişim Sistemleri Ltd. Şti., Görüntü sıkıştırma, http://www.baglan.com.tr/urunler/axis/camera/sikistirma.html **(Ziyaret Tarihi: 02 Haziran 2008)**

[9] Kulaç, S., "MULTIMEDIA STREAMING OVER IP", Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2004).

[10] H.264 Video Kodlama Standardı İçin Verimli ve Düşük Karmaşıklıkta Kodlayıcı Tasarımı, "http://www2.isikun.edu.tr/personel/hfates/H264_research.htm" **(Ziyaret Tarihi: 02 Haziran 2008)**

[11] P. Lampert, W. De Neve, Y. Dhondt, R. Van de Walle, "Flexible macroblock ordering in H.264/AVC", ***J. Vis Commun. Image R***., 17, 358-375, (2006)

[12] Kefeli H.C., Ertürk S., "Mikrofon dizileri kullanarak TI DaVinci paltformunda akustik kaynakların uzamsal konum tespiti", ***IEEE 16. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*** (SİU'2008), Nisan 2008

[13] Texas Instruments, DaVinci Technology for digital video and audio equipment applications, “http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/tmdxevm6446.html” **(Ziyaret Tarihi: 12 Nisan 2008)**

[14] Çelebi A.T., Kefeli H.C., Ertürk S., "Texas Instruments DaVinci™ Platformunda Video Kodlama, Internet Tarayıcı ve Çokluortam İletim Uygulamaları", ***IEEE 15. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*** (SİU'2007)

[15] Texas Instruments, DaVinci Technology for digital video and audio equipment applications, “http://www.ti.com” **(Ziyaret Tarihi: 12 Nisan 2008)**

[16] 7 Katmanlı OSI Modeli, “http://www.ciscotr.com/forum/printthread.php?t=333” **(Ziyaret Tarihi: 31 Mayıs 2008)**

[17] How TCP/IP Protocol Works, "http://www.hardwaresecrets.com/article/433" **(Ziyaret Tarihi: 31 Mayıs 2008)**

[18] IPTV nedir?, "http://www.uydutvhaber.net" **(Ziyaret Tarihi: 15 Şubat 2008)**

[19] Televizyonla interneti birleştiren bu sistemin adı: IPTV, “http://www.seyrediyorum.com/IPTV/” **(Ziyaret Tarihi: 22 Kasım 2007)**

[20] IPTV Delivery Infrastructure, “http://advanced.comms.agilent.com/n2x/technologies/iptv.htm” **(Ziyaret Tarihi: 20 Haziran 2008)**

KİŞİSEL YAYINLAR ve ESERLER

[1] Çelebi A.T., Kefeli H.C., Ertürk S., "Texas Instruments DaVinciTM Platformunda Video Kodlama, Internet Tarayıcı ve Çokluortam İletim Uygulamaları", ***IEEE 15. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*** (SİU'2007), Haziran 2007

ÖZGEÇMİŞ

Halim Cem KEFELİ 1983 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Zonguldak'ta tamamladıktan sonra Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nden lisans derecesi aldı. 2006 yılında bitirdiği lisans eğitimden sonra yine aynı üniversitede ve aynı bölümde yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans eğitimiyle birlikte bazı Tübitak projelerinde yer aldı. İlgi alanları arasında yazılım geliştirme, web tasarım ve web tabanlı yazılım, mikroişlemciler ve gömülü sistem uygulamaları, sayısal işaret ve görüntü işleme yazılım&donanım gerçeklemeleri ve bilgisayar ağları bulunmaktadır. 2008 yılı bahar döneminde yüksek lisans eğitimini tamamlama durumunda olup halen KULIS'te (Kocaeli Üniversitesi İşaret ve Görüntü İşleme Laboratuarı) çalışmalarına devam etmektedir.