

**YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖMÜLÜ SİSTEMLERDE KABLOSUZ HABERLEŞME  
PROTOKOLÜ İLE GÖRÜNTÜ VE VİDEO AKTARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hamza Osman İLHAN**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Bilgisayar Mühendisliği Programı**

**HAZİRAN 2012**



**YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖMÜLÜ SİSTEMLERDE KABLOSUZ HABERLEŞME  
PROTOKOLÜ İLE GÖRÜNTÜ VE VİDEO AKTARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hamza Osman İLHAN  
(105105009)**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Bilgisayar Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ**

**HAZİRAN 2012**



YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 105105009 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hamza Osman İLHAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**GÖMÜLÜ SİSTEMLERDE KABLOSUZ HABERLEŞME PROTOKOLÜ İLE GÖRÜNTÜ VE VİDEO AKTARIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ  
Yalova Üniversitesi



**Jüri Üyeleri :** Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ  
Yalova Üniversitesi



**Yard. Doç. Dr. Osman KOÇAL**  
Yalova Üniversitesi



**Yard. Doç. Dr. Kayhan İNCE**  
Yalova Üniversitesi



**Teslim Tarihi :** 18 Mayıs 2012  
**Savunma Tarihi :** 29 Haziran 2012



*Muhterem Dedem'e,*





## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, teknolojik gelişmelerin hayatımızı kolaylaştırması ve daha güvenli hale getirmesi amacıyla yapılan bir gömülü sistem tasarımını konu edinmektedir. Bu amaç doğrultusunda mevcut kablolu projeksiyon cihazlarına ilave özellikler kazandıracak bir ara sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında gerekli donanımları temin eden Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine ve çalışmamda beni yönlendiren Yalova Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ hocama teşekkür ederim.

Haziran 2012

Hamza Osman İLHAN  
(Araştırma Görevlisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY .....	xix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivasyon.....	1
1.2 Tezin Amacı .....	3
1.3 Literatür Araştırması .....	4
1.4 Bölümlerin Özeti .....	6
<b>2. KABLOSUZ VERİ AKTARIMI .....</b>	<b>7</b>
2.1 Kablosuz Haberleşme Standartları .....	8
2.1.1 802.11 (WiFi).....	10
2.1.1.1 802.11a.....	11
2.1.1.2 802.11b.....	11
2.1.1.3 802.11g.....	12
2.1.1.4 802.11n.....	12
2.1 Uygulama Katmanı Protokolleri .....	13
2.2 Video formatları .....	14
<b>3. GÖMÜLÜ SİSTEMLER.....</b>	<b>17</b>
3.1 Gömülü Sistem Çeşitleri .....	18
3.1.1 Tek Çalışan Gömülü Sistemler .....	18
3.1.2 Gerçek Zamanlı Gömülü Sistemler .....	20
3.1.3 Ağa Bağlı Gömülü Sistemler .....	20
3.1.4 Harekete Duyarlı Gömülü Sistemler.....	21
3.2 Gömülü Sistem Tasarımı.....	21
3.2.1 Kullanıcı Arayüzleri.....	22
3.2.2 Devre Elemanları .....	22
3.2.3 Hata Ayıklama .....	22
3.2.4 İşletim Sistemi Adaptasyonu .....	23
3.2.5 Giriş Çıkış Birimleri ile Olan Etkileşim .....	23
3.2.6 Test Süreci .....	23
3.3 Gömülü Sistem Tasarımlarını Etkileyen Faktörler .....	23
3.3.1 Güvenirlilik .....	24
3.3.2 Maliyet Etkisi .....	24
3.3.3 Güç Sarfıyatı .....	24
3.3.4 Birimlerin Etkin Kullanımı .....	25
3.3.4 Boyut .....	25

3.3.4 Kullanım Ömrü .....	25
3.3.4 Kullanım Alanı .....	25
3.4 Gömülü Sistem Uygulamaları .....	26
3.5 ARM (Acorn Risc Machine) İşlemcileri .....	26
3.6 ARM Çekirdekleri .....	27
3.7 ARM ve DSP bütünleşmesi.....	31
3.8 Kullanılan İşletim Sistemleri .....	31
3.9 Uygulama Alanları .....	32
3.10 Texas Instrument ve Omap.....	32
3.11 Geliştirilen OMAP serileri .....	33
3.12 BeagleBoard xM.....	35
3.12.1 Kart Özellikleri.....	35
3.13 PandaBoard.....	39
3.13.1 Kart Özellikleri.....	39
3.14 Geliştirme Kartlarının Desteklediği Ek Donanımlar .....	41
3.15 Uygun İşletim Sistemi .....	41
<b>4. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>43</b>
4.1 Çalışmanın Gerekliliği.....	43
4.2 Sistemin Çalışma Prensipleri .....	43
4.3 Uygun İşletim Sisteminin Belirlenmesi.....	46
4.4 Sistem Kurulumu.....	49
4.5 Videonun Kaydedilmesi ve Gönderilmesi.....	51
4.5.1 FFMpeg ve X11Grab .....	51
4.5.2 FFServer .....	52
4.6 Videonun Alınması ve Oynatılması .....	52
4.6.1 GStreamer.....	52
4.6.2 VLC .....	54
4.7 Sistemler Arası İletişim .....	54
4.7.1 DHCP .....	54
4.7.2 RTSP .....	55
4.8 Çalışmanın Uygulama Alanı .....	56
<b>5. PERFORMANS TESTLERİ .....</b>	<b>57</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>63</b>
6.1 Sonuçlar.....	63
6.2 Öneriler.....	64
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>71</b>

## KISALTMALAR

<b>ARM</b>	:AcornRisc Machine
<b>ATM</b>	:AutomaticTax Machine
<b>CCS</b>	:Code Composer Studio
<b>CMOS</b>	: Complementary Metal OxideSemiconductor
<b>DHCP</b>	:Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DNS</b>	: Domain Name Server
<b>DSP</b>	:DigitalSignalProcessor
<b>FPS</b>	:Frame Per Second
<b>GPIO</b>	: General PurposeInput – Output
<b>GUI</b>	: Graphical User Interface
<b>I2C</b>	: Inter-IntegratedCircuit
<b>IDE</b>	:Integrated Development Environment
<b>IP</b>	: Internet Protocol
<b>IrDA</b>	:infraRed Data Association
<b>ISP</b>	: Image SignalProcessor
<b>JTAG</b>	:Joint Test Action Group
<b>LCD</b>	: Liquid CrystalDisplay
<b>LED</b>	:LightEmittingDiode
<b>LPDDR</b>	:LowPowerDouble Data Rate
<b>LVDS</b>	:LowVoltageDifferentialSystem
<b>Mbps</b>	:Megabitspersecond
<b>MIMO</b>	:MultipleInput / MultipleOutput
<b>MMC</b>	: Multi Media Card
<b>MPU</b>	: MicroprocessorUnit
<b>OMAP</b>	: Open Multimedia Application Platform
<b>PDA</b>	:PersonalDigitalAssistant
<b>PIN</b>	:PersonalIdentificationNumber
<b>POP</b>	:Package on Package
<b>POS</b>	: Point Of Sale
<b>RAM</b>	:Random Access Memory
<b>ROM</b>	: Read Only Memory
<b>RTSP</b>	: Real Time Streaming Protocol
<b>SD</b>	:SecureDigital
<b>SoCs</b>	:System on Chips
<b>TCP</b>	:Transmission Control Protocol
<b>TI</b>	: Texas Instrument
<b>UDP</b>	: User Datagram Protocol
<b>UPNP</b>	: Universal Plug And Play
<b>USB OTG</b>	: USB On-The-Go
<b>USB</b>	: Universal SerialBus
<b>VGA</b>	: Video GraphicArray
<b>VLC</b>	: Video Lan Client
<b>WiMAX</b>	:WorldwideInteroperabilityforMicrowave Access



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 1.1</b> : Projeksiyon cihazlarına tasarlanan sistemin maliyet çizelgesi.....	2
<b>Çizelge 3.1</b> : ARM Ltd. tarafından çıkarılan ARM işlemcileri ve kullanım alanları	29
<b>Çizelge 3.2</b> : OMAP çiplerinin çeşitleri ve sınıflandırılması. ....	34
<b>Çizelge 5.1</b> : 1920x1080 (1080p) çözünürlük ve 15 fps video oynatım esnasındaki CPU yükleri .....	58
<b>Çizelge 5.2</b> : 1280x720 (720p) çözünürlük ve 15 fps video oynatım esnasındaki CPU yükleri .....	59
<b>Çizelge 5.3</b> : 720x576 (576p) çözünürlük ve 15 fps video oynatım esnasındaki CPU yükleri .....	60
<b>Çizelge 5.4(a)</b> : 720x576 (576p) çözünürlük ve 10 fps ham (raw) video formatındaki masaüstü görüntüsünün belirtilen formata çevrimi ve yayını esnasındaki CPU yükleri .....	61
<b>Çizelge 5.4(b)</b> : 720x480 (480p) çözünürlük ve 10 fps ham (raw) video formatındaki masaüstü görüntüsünün belirtilen formata çevrimi ve yayını esnasındaki CPU yükleri .....	61





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Eski (solda) ve yeni (orta ve sağ) teknoloji projeksiyon cihazları ve fiyatları .....	1
Şekil 1.2 : Bazı projeksiyon cihazı giriş standartları .....	3
Şekil 2.1 : Geliştirilen Standartların Kapsama alanı ve Hız (Mbps) karşılaştırması... 8	8
Şekil 2.2 : Zaman Bölmeli İkileme.....	9
Şekil 2.3 : Ham (Solda) ve Kodlanmış (Sağda) görüntü karşılaştırması. ....	14
Şekil 3.1 : Ana hatlarıyla gömülü sistem blok şeması.....	18
Şekil 3.2 : LED monteli (solda) ve LCD ekranlı (sağda) gömülü sistemler.....	19
Şekil 3.3 : LVDS çevirici devresi ve LCD Panel .....	19
Şekil 3.4 : BeagleBoard temellik oluşturulan akıllı ev uygulaması.....	20
Şekil 3.5 : Bazı devre elemanları .....	22
Şekil 3.6 : Günlük hayattan gömülü sistem çözümleri ...	26
Şekil 3.7 : 32 bit Arm7 blok şeması ...	27
Şekil 3.8 : TI-C6A816x entegresi(sol) ve blok şeması(sağ) .....	31
Şekil 3.9 : Bazı firmaların telefonlarda kullandıkları ARM işlemciler ...	32
Şekil 3.10 : Texas Instrument'in başlıca ürünleri.....	33
Şekil 3.11 : PandaBoard revA3 (solda) ve BeagleBoard xM (sağda). ....	33
Şekil 3.12 : BeagleBoard xM bağlantı uçları ve çip özellikleri.....	36
Şekil 3.13 : DM 3537 Çip Blog Şeması .....	37
Şekil 3.14 : BeagleBoard xM Blog Sema.....	38
Şekil 3.15 : BeagleBoard Rev C4.....	38
Şekil 3.16 : BeagleBoard xM. ....	38
Şekil 3.17 : PandaBoard RevA3.....	39
Şekil 3.18 : PandaBoard Rev A3 Blok Şeması.....	40
Şekil 3.19 : OMAP 4430 Blok Şeması .....	40
Şekil 4.1 : Ortam şeması.....	44
Şekil 4.2 : Videonun projeksiyona gönderilmesi ve diğer bilgisayardan erişimi.....	45
Şekil 4.3 : Projeksiyon Tarafı .....	46
Şekil 4.4 : Ubuntu yüklü Beagleboardun 576p avi formatlı video oynatımındaki işlemci yükü .....	47
Şekil 4.5 : Angstrom yüklü Beagleboardun 576p avi formatlı video oynatımındaki işlemci yükü .....	47
Şekil 4.6 : Angstrom yüklü Pandaboardun 1080p mkv formatlı video oynatımındaki işlemci yükü .....	48
Şekil 4.7 : Ubuntu yüklü Pandaboardun 1080p mkv formatlı video oynatımındaki işlemci yükü .....	48
Şekil 4.8 : Kullanılan işletim sistemlerinin Gstreamer bağlantısı .....	48
Şekil 4.9 : Python dilinde yazılan görüntü oynatma (solda) ve gönderme (sağda) menüleri.....	49
Şekil 4.10 : Windows 32-64 bit tabanlı işletim sistemi için yazılmış ara yüz.....	50
Şekil 4.11 : Sistemin Mantıksal Akış Şeması.....	51

<b>Şekil 4.12</b> : Gstreamer boru hattı yapısı .....	53
<b>Şekil 4.13</b> : OGG oynatıcı için Gstreamer işlemi .....	53
<b>Şekil 4.14</b> : DHCP çalışma prensibi .....	55
<b>Şekil 4.15</b> : 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun HTTP protokolü ile gnd... 55	55
<b>Şekil 4.16</b> : 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun HTTP protokolü ile alımı. 56	56
<b>Şekil 4.17</b> : 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun RTSP protokolü ile gnd ... 56	56
<b>Şekil 4.18</b> : 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun RTSP protokolü ile alımı. 56	56
<b>Şekil 5.1</b> : 1080p çözünürlükteki avi formatlı verilerin (kb) transferi ve gecikme süresi (2.68sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt). ....	58
<b>Şekil 5.2</b> : 1080p çözünürlükteki mkv formatlı verilerin (kb) transferi ve gecikme süresi (5.73 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt)....	58
<b>Şekil 5.3</b> : 720p çözünürlükteki avi formatlı verilerin (kb) transfer ve gecikme süresi (1.88 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt).....	59
<b>Şekil 5.4</b> : 720p çözünürlükteki mkv formatlı verilerin (kb) transferi ve gecikme süresi (3.58 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt) .....	59
<b>Şekil 5.5</b> : 576p çözünürlükteki avi formatlı verilerin (kb) transferi ve gecikme süresi (1.20 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt) .....	60
<b>Şekil 5.6</b> : 576p çözünürlükteki mkv formatlı verilerin (kb) transferi ve gecikme süresi (2.82 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt) .....	60

# GÖMÜLÜ SİSTEMLERDE KABLOSUZ HABERLEŞME PROTOKOLÜ İLE GÖRÜNTÜ VE VIDEO AKTARIMI

## ÖZET

Gömülü Sistemler, günlük hayatımızı kolaylaştırmakta, uğraş gerektiren işlerin kısa zamanda tamamlanmasına olanak sağlamaktadır. Güvenli oluşları, kullanıcıların müdahalesine gerek olmaksızın kolayca kullanılabilir olmaları gibi avantajlar nedeniyle bu sistemlere olan ilgi her geçen gün daha da artmaktadır. Öyle ki bu kapsamda yapılan araştırma çalışmaları hem akademik çevrelerde hem de endüstriyel çevrelerde büyük bir destek görmektedir.

Günlük hayatta kullanımı yaygın olan pekçok cihaz gömülü sistemler içermektedir. Bu kapsamdaki cihazlardan birisi de projeksiyon cihazlarıdır. Bu cihazların sağladığı kullanıcı fonksiyonları, teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün daha da zenginleşmektedir. Buna karşılık, bu kapsamda geliştirilen yeni ürünlerin maliyeti genellikle daha yüksek olabilmektedir.

Bu tez çalışması, yukarıdaki tespitten hareketle, halen kullanımda bulunan eski model projeksiyon cihazlarına düşük maliyetlerle ilave fonksiyonlar kazandıracak gömülü sistem çözümleri geliştirme ihtiyacı dikkate alınarak başlatılmıştır. Özellikle ülkemizde FATİH (Fırsatları Arttırma Teknolojiyi İyileştirme Hareketi) projesi ile yakın gelecekte yaygınlaşması beklenen “akıllı sınıf“ konsepti içerisinde kullanılacak eğitim-öğretim materyalleri arasında projeksiyon cihazlarının vazgeçilmez bir konumda olması, bu yöneliş için itici rol oynamıştır. Çünkü bu kapsamda kullanılacak projeksiyon cihazları, halen okullarımızda yaygın bir kullanım alanına sahiptir ve bunların proje kapsamında da kullanılabilir olacağı düşünülmektedir.

Buna göre eski model projeksiyon cihazlarına yapılması gereken fonksiyon ilavelerinin başında, çoklu erişime olanak sağlayacak uygulamaların olduğu düşünülmüştür. Dolayısıyla bu tez çalışması, anılan ihtiyaca cevap verecek bir gömülü sistem tasarımı konu almıştır.

Çalışmada gerçekleştirilen gömülü sistem çözümü ARM mimarisini esas alan işlemcilerin kullanıldığı PandaBoard ve BeagleBoard kartları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sistemde, projeksiyon cihazının kablosuz olarak birden çok kullanıcı tarafından erişimine olanak sağlayacak, dahili işletim sistemi sunacak, pekçok dosya formatını destekleyebilecek bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Öyle ki, sınıf ortamında bir kullanıcı(öğrenci) kendi bilgisayarını kullanarak kablosuz erişim ile projeksiyon cihazına bağlanıp sunum yapabileceği gibi, başkasının sunumunu projeksiyon cihazı yerine kendi bilgisayar ekranında izleme olanağına sahip olmaktadır.

Gerçekleştirilen sistemin performans değerlendirmeleri, aktarılan dosya biçimlerine bağlı olarak gecikme ve işlemci gücü ihtiyacı parametreleri esas alınarak yapılmıştır. Buna göre literatürdeki benzer çalışmalarla elde edilen performans verileri, Pandaboard üzerindeki uygulamalarla tatmin edici bir düzeye ulaştırılmıştır.



# **VIDEO AND IMAGE STREAMING ON EMBEDDED SYSTEMS OVER WIRELESS COMMUNICATION PROTOCOL**

## **SUMMARY**

Embedded systems facilitate our daily lives, they provide an opportunity to complete jobs that require efforts in a short time. The interest on those devices are gradually increasing with each passing day with the aid of its advantages such as safe existences, readily available without the need for intervention by the users. So that; in this context, this research studies get a great supports from both academic and industrial areas.

Devices which are mostly being used in daily lives consists from embedded systems. In this context, projection devices are also in this kind devices. User functions provided by these devices are improving by day after day with the parallel advances in technological developments. Although, this development of new products has usually higher costs.

This thesis study was initiated according to identification mentioned above which is about a need of developing embedded system solution for currently in use old model projection device which will provide additional functions with low cost. Especially in our country, with the help of FATIH ( The Movement of increasing opportunities, improving technology) project, projection devices will be in indispensable position within the concept of “smart classes” expecting to be spread all country in near future. For this orientation, it has played a driving role for this study. Because projection devices which will be used in this substance already have a wide application area in our schools and are thought to be used in FATIH project as well.

According to this, applications allowing multi user access to projection device are thought as first order improvement on old model projection device. Therefore this thesis' work's matter referred to the design of an embedded system which has to respond the needs.

In this study, embedded system solution performed on Beagleboard and Pandaboard development cards both having ARM architecture based processors. In the system, a design carried out with allowing the access from multiple users and having an internal operating system will offer many files formats that will support. So, users ( student) in a classroom can connect to projection device by a wireless access using his own computer to make a presentation or he is able to monitor others presentations on his own computer screen instead of projection screen.

Performance evaluations of the system carried out by the latency parameters depending transmitted file formats and loads of processors while playing videos. According to the performance evaluations, data obtained from similar studies in the literature, was brought above to a satisfactory level by Pandaboard.



## 1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda kullanılan birçok elektronik cihaz, gömülü sistemler içerir. Gömülü sistemler, merkezi işlem birimi, çevre birimler ve sürücü yazılımdan oluşmaktadır[1]. Uydu alıcılar, POS cihazları, ATM makineleri bunlardan bazılarıdır.

Bu kapsamdaki cihazlardan birisi de kullanım alanları günümüzde yaygınlaşmış olan projeksiyon cihazlarıdır. Bu cihazların sağladığı kullanım fonksiyonları teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün daha da zenginleşmektedir. Buna karşılık bu kapsamda geliştirilen yeni cihazların maliyeti genellikle daha yüksek olmaktadır. Şekil 1.1 de görüldüğü üzere, eski model kablo gerektiren ve dahili işletim sisteminden yoksun olarak üretilen projeksiyon cihazlarının maliyeti ile kablosuz olarak kullanılabilen ve işletim sistemleri bulunan projeksiyon cihazlarının maliyetleri 5-6 kata kadar farklılık göstermektedir [2]. Bunun yanı sıra, Şekil 1.1’de belirtilen yüksek model olarak sayılan projeksiyon cihazlarında çoklu erişim özelliği mevcut değildir. Bu tip projeksiyon cihazları özel olarak üretilmektedir ve fiyatları çeşitlilik göstermektedir.



Acer K11 (500\$)

Sony VPL-FX35 (3000\$)

Acer P7500 (3500\$)

Şekil 1.1: Eski (Solda) ve Yeni(Orta ve Sağ) teknoloji Projeksiyon cihazları ve fiyatları [2]

### 1.1 Motivasyon

Oluşan bu fiyat farkının ortadan kaldırmak ve eski tip cihazların kullanım alanlarını genişletmek amacıyla gömülü sistem çözümleri düşünülebilir. Çizelge 1.1’de

görüldüğü üzere, uygun gömülü sistem çözümleri ile eski tür cihazlara ilave fonksiyonlar, daha düşük maliyetlerle kazandırılabilir. Çizelgede bahsedilen gömülü sistem çözümleri arasında PandaBoard ve BeagleBoard tez kapsamında incelenen gömülü sistem geliştirme kartlarıdır.

**Çizelge 1.1:** Projeksiyon cihazlarına tasarlanan sistemin maliyet çizelgesi

Ürün ismi	Fiyat
Acer K11	500 \$
PandaBoard / BeagleBoard / Raspberry Pi	179 \$ / 149 \$ / 25 \$
Klavye ve Mause seti	20 \$
Hafıza Birimi	15 \$
<b>TOPLAM</b>	714 \$ / 684 \$ / 560 \$

Ülkemizde bilişim teknolojileri kapsamında kullanılan bilgisayarlar ve bunlarla ilgili birçok çevre donanımı gibi, projeksiyon cihazlarının da ithal ediliyor olması gerçeği, bu yöndeki çalışmaların ülkemizde teşvik edilmesini zorunlu kılmaktadır [3]. Öyle ki bu cihazların birçoğu, yeni teknolojik versiyonlarının piyasaya sürülmesi ile ekonomik ömrünü doldurmadan yenileri ile değiştirilmektedir. Başka bir deyişle, ülkemizde sınırlı kaynakların verimsiz kullanılması ve kaynak israfları gündeme gelmektedir.

Oysaki tüm elektronik sistemler gibi gömülü sistemlerle ilgili olarak da ülkemizde sistem geliştirme, bu yolla üretime katkı sağlama ve katma değer üretme potansiyeli mevcuttur. Bu açıdan, anılan çalışmaların üniversitelerimizde tez ve proje çalışmalarına konu edilmesi büyük önem arz etmektedir.

FATİH (Fırsatları Arttırma Teknolojiyi İyileştirme Hareketi) projesi olarak anılan, eğitim-öğretim ortamlarının ve buna bağlı olarak verilen eğitimin kalitesini arttırmaya yönelik başlatılan proje [4], bu tez çalışması içinteşvik unsuru olmuştur. Proje kapsamında, okullarda hali hazırda kullanılan projeksiyon cihazlarının akıllı tahtalar eşliğinde adaptasyonunun sağlanması, ülkemizin ilave harcamaların kısılmasına ayrıca mevcut sistemlerin çok daha iyi bir duruma getirilmesine olanak sağlayacaktır.



## 1.2 Tezin Amacı

Projeksiyon cihazlarına erişim için, sunum yapacak kullanıcılar sırası ile kendi özel bilgisayarlarını, projeksiyon cihazına çeşitli giriş standartlarına (Şekil 1.2) bağlı kablolar ile (VGA-DVI-HDMI-M1-Svideo) bağlayarak sunumlarını gerçekleştirirler [5,6]. Ancak bu bazı kısıtlamaları ve zorlukları da beraberinde getirir. Bir konferans odasında pek çok sunum gerçekleştirileceğinde bu kablo bağlama gerekliliği hem zaman kaybı, hem de uğraş demektir. Bunun yanı sıra, kablolardaki hasarlar sunumun sağlıklı bir şekilde gerçekleşmemesine neden olabilir.



Şekil 1.2: Bazı projeksiyon cihazı giriş standartları (DVI – Svideo – VGA - M1 - HDMI) [6].

Ayrıca şahsi diz üstü bilgisayarları olmayan ve USB portunu kullanma mecburiyetinde kalan kullanıcılar için de sabit bir sistemin ortamda bulundurulması gereklidir. Bazı durumlarda portun bulundurulması da çözüm olarak yeterli gelmemektedir. USB porta sahip olan işletim sistemlerinin dosya oynatımında yetersiz kalması sunum yapacak kullanıcıları kısıtlayan başka bir faktördür. Diğer yandan kablolu projeksiyon cihazlarının giriş ünitelerindeki farklılık ve aynı şekilde kullanıcıların kendi sunum yapacakları cihazlardaki görüntü çıkış ünitelerinin çeşitliliği, fazladan bir çevirici gerektirmektedir. Bu ise sunum yapacaklar için hesapta olmayan problemleri oluşturmaktadır. Pek çok eski tabanlı projeksiyon cihazlarında bahsedilen bu kısıtlamalar neticesinde problemlerle karşılaşılmaktadır.

Bahsedilen sorunların giderilmesi için kablosuz, ileri düzey dahili işletim sistemleri bulunan ve USB portunu tam verimli şekilde kullanabilen projeksiyon cihazlarına yönelmek gerekir. Ancak bu, maliyetli bir yöneliş olacaktır. Normal bir kablolu eski tip bir projeksiyon cihazı ile, kablosuz, dahili işletim sistemi bulunan ve USB destek sağlayan pek çok kullanıcının kullanımına açık olan tam fonksiyonel projeksiyon cihazları arasında 5 kata kadar fiyat farkı vardır [2] .

Bu çalışmada, bahsedilen bu sorunların çözümüne katkı sağlamak amaçlanmıştır. Bunun için Pandaboard [7] ve Beagleboard [8] adı verilen gömülü sistem geliştirme kartları üzerinde çalışmalar yapıp, her iki karta ait sonuçlar kıyaslanmıştır. Böylece

mevcut ve kablolu projeksiyon cihazlarına fonksiyonların kazandırılması ve fazladan masrafa girmeden var olan projeksiyon cihazını kullanarak, fonksiyonellik itibarıyla yeni nesil kablosuz projeksiyon cihazlarını aratmayacak bir gömülü sistem çözümünün geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca gömülü sistem uygulama geliştirme kartlarına gömülen işletim sistemi sayesinde USB portlarının doğrudan kullanımının sağlanması ve ilave bir ön sisteme gerek olmadan sunumun, USB portu kullanılarak yapılabilmesi amaçlanmıştır. Tasarımda Linux tabanlı işletim sistemi kullanılarak pek çok dosyanın rahat ve fonksiyonel olarak çalıştırılması amaçlanmıştır.

Ayrıca, önceki bölümde bahsedilen FATİH projesinin amaçlarının yayınlanması, tez çalışmasına teşvik unsuru olmuştur. Bu açıdan yapılacak çalışmalar, FATİH projesi kapsamında yapılacak çalışmalar için kaynak olması amaçlanmıştır.

### **1.3 Literatür Araştırması**

Bu çalışmanın asıl amacı çözünürlüğü ve akışkanlığı yüksek görüntülerin gecikme süresi en aza indirgenmiş şekilde kablosuz olarak projeksiyon ortamında sunulabilmesidir. Bu nedenle ilk olarak transferini yapacağımız görüntü formatlarından mkv, avi, asf ve flv hakkında, CoryAltheide ve Harlan Carvey bilgi tarafından yazılan kitap incelenmiştir [9]. Bahsedilen formatlar kapsamında görüntülerin kalite sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasının ikinci aşaması olarak kablosuz bağlantıyı sağlamak amacıyla iletişim protokollerine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu aşamada Jin-Shyan Lee ve arkadaşları tarafından hazırlanan çalışmada karşılaştırmalı olarak bahsedilen Zigbee, Bluetooth, UWB ve WiFi haberleşme protokolleri incelenmiştir [10]. Yapılan inceleme sonucunda verimlilik, mesafe faktörü, güç tasarrufu ve taşınan verinin kullanmış olduğu band genişliği açısından bu tezde WiFi protokolünün kullanımına karar verilmiştir.

802.11 mimarisi kapsamında OSI ağ topolojisinin uygulama katmanında yer alan, bu çalışmanın da temelini oluşturan videoların yayınlanması amacıyla kullanılacak protokol için RTSP, HTTP, SIP, RTP tabanlı araştırmalar yapılmıştır. RTSP ve HTTP protokollerini karşılaştırmalı sunan ve videolar gibi medya dosyalarında RTSP protokolünün avantajlarını belirten Khan ve arkadaşlarının çalışmasından faydalanılmıştır [11]. Ayrıca araştırmalar neticesinde SIP olarak sunulan hizmetlerin

ise cep telefonları gibi fazla bant genişliği gerektirmeyen ortamlar için kullanıldığı belirlenmiştir [12]. RTP ise kontrolsüz olarak sunulan bir servis olduğu saptanmış, artık günümüzde pek anlam ifade etmediği için tercih edilmemiştir [13].

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilmek istenen gömülü sistem tasarımı için, bu sistemler üzerine yapılmış olan evvelki çalışmalar taranmıştır. Bu amaçla ilk olarak gömülü sistem ve görüntü transferleri üzerine Pura, A. ve Raghu, C. tarafından yapılan çalışma incelenmiştir [14]. Projeksiyon tabanlı olarak yapılan çalışmada, görüntülerin transferi amacı ile Texas Instrument [15] tarafından çıkarılan gömülü sistem uygulama geliştirme kartı Beagleboard tanınmıştır. Kullanılacak olan bu Beagleboard'un anlaşılabilmesi için yayınlar incelemiş ve gerçek zamanlı olarak görüntü işleme üzerinde performans sonuçlarını sunan çalışmalar taranarak Beagleboard'un mimarisi hakkında bilgiler edinilmiştir [16,17]. Pura, A. tarafından yapılan çalışmada bahsedilen Beagleboard'un, sınırlı işlemci hızı ve dâhili kablosuz internet adaptörü olmamasından dolayı sonuçlarının tam verim teşkil etmediği görülmüştür. Ayrıca Beagleboard'un mkv gibi yüksek işlem kabiliyeti gerektiren dosya formatları için yetersiz kalması ve belli çözünürlük seviyelerinde akıcı oynatamaması gibi problemlerle ilgili olarak bu çalışmada, sistem içi gecikmelerden bahsedilmiştir. Bunun neticesinde Pura, A. Çalışmasında avi gibi işlem yükü az olan kodlamalara yönelmiş fakat kodlamalardaki sıkıştırma kabiliyetinin yetersizliği nedeniyle yüksek çözünürlükteki videolarda boyuttan dolayı çözümleme işlemini gerçek zamanlı gerçekleştiremeyip, akıcı video oynatamadığı görülmüştür. Bütün bunların yanısıra Beagleboard'da görüntü transferi için, bulunmayan kablosuz haberleşme adaptörünü telafi etmek amacıyla kullanılan harici USB kablosuz internet adaptörü sonucunda da gecikmeler meydana gelebileceği belirtilmiştir. Belirtilen sistem sadece Linux tabanlı düşünülmüş olup Linux tabanlı bilgisayarların ara yüzü tasarlanmıştır. Bu da günümüzde pek çok Windows kullanıcısının sisteme erişimini olanaksız kılmıştır [18]. Ayrıca sözü geçen çalışmada bahsedilen ve bu tez çalışmasında da üzerinde durduğumuz bir diğer husus, sistemdeki kullanıcıların kontrolü için yetersiz kalan ara yüzünün geliştirilip, yeterli hale getirilmesidir.

Beagleboard'da bahsedilen bu kısıtlamalar, literatür araştırmasında başka geliştirme kartlarına ait kaynaklara yönelmeye neden olmuştur. Beagleboard ve diğer geliştirme kartlarından olan Hawkboard ve Pandaboard ile kıyaslamalar yapan Dahnoun, N. Ve Brand, J. yapmış oldukları çalışmalarında Pandaboardun getirmiş olduğu

yeniliklerden bahsetmişlerdir [19]. Bunun üzerine, Pandaboard ile görüntü ve video aktarımı hakkındaki kaynaklar araştırılmış ve iki Pandaboard arasındaki görüntü akışını yazmış olduğu kodlama ile gerçekleştiren Andy G.'nin çalışması incelenmiştir [20]. Bu çalışma önceden Beagleboard ile yapılan çalışmanın Pandaboarda adapte edilebilirliği ve sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlı çalışmamızın temelini oluşturmuştur.

Bu incelemeler neticesinde bu tez çalışmasının çerçevesi Beagleboard ve Pandaboard içeren iki ayrı sistemin tasarlanması ve bunların performans analizlerinin yapılması şeklinde belirlenmiştir.

#### **1.4 Bölümlerin Özeti**

Belirtilen amaca uygun olarak tezin içeriği aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

Birinci bölümde problemin tanımlanmasına, tezin amacı ve kapsamına değinilmiştir.

İkinci bölümde, kablosuz iletişim protokolleri genel olarak izah edilmiş ve çalışmada asıl kullanılan iletişim protokolü detaylı olarak sunulmuştur.

Üçüncü bölümde gömülü sistem mimarilerine değinilmiş ve günümüzde birçok gömülü sistem tasarımlarında kullanılan ARM mimarisi hakkında bilgiler verilmiştir. Aynı bölümde Texas Instrument tarafından çalışmamızda da kullandığımız geliştirme kartlarının genel özellikleri sunulmuştur.

Dördüncü bölümde tez kapsamında gerçekleştirilen gömülü sistem tasarımı hakkında bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde bu tez çalışmasında yapılan testlerin performans sonuçları sunulmuştur.

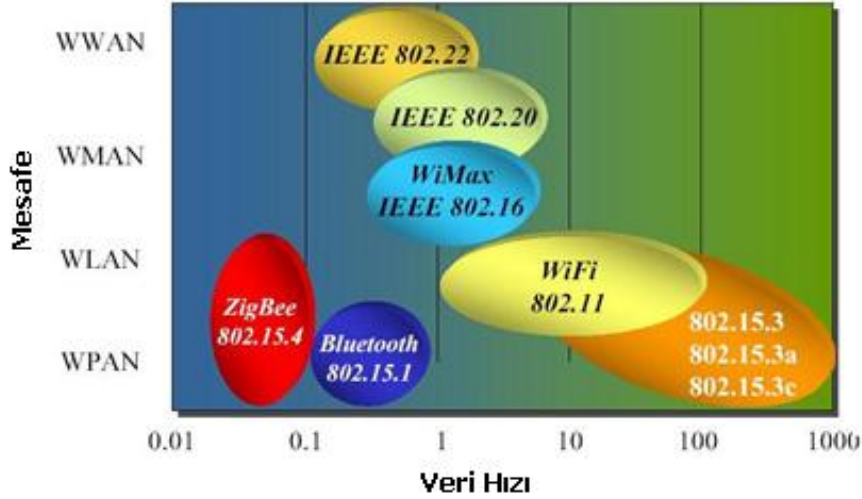
Son bölümde ise çalışmaya ilişkin sonuçlar, ileride yapılması düşünülen çalışmalar ve tavsiyeler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

## 2. KABLOSUZ VERİ AKTARIMI

Kablosuz olarak verilerin aktarımı, ilk olarak iletişim amaçlı kullanılsada, son yıllarda, kişisel bilgisayarların veya diğer elektronik cihazların portatif ve uzaktan kontrol edilmesinde kullanılmaktadır. Üretilen yeni teknolojilerde kablosuz olarak sistemlere erişim sunulması ve kontrolünün sağlanması kullanıcılar tarafından en çok talep edilen özellikler arasında gelir. Kullanıcılar sadece cep telefonu ile dahi evlerini, arabalarını ve diğer günlük eşyalarını uzaktan kullanmak istemektedirler [21]. Teknolojinin hızla gelişmesi, günümüzde bunu mümkün kılmaktadır. Ancak güvenlik, dayanıklılık, uzun ömürlü olma gibi bazı aşılması gereken problemler bulunmaktadır.

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) adlı teknik bir organizasyon olan grup, kâr amacı gütmeyen, mühendislik bilimleri ile ilgili bu ve benzeri sorunlara çözüm aramaktadır [22]. Günümüzde cihazların iletişim kuracakları standartları da bu organizasyon tarafından oluşturulan gruplar belirlemiştir. Oluşturulan grup tarafından çıkarılan bu standartlar 802 ana kod altında yayınlanmaktadır [10,23]. Çıkarılan bu standartların çeşitlenmesi öncelikle kullandıkları band genişliği, frekans aralığı ile alakalıdır. Bir diğer etken ise kullandıkları alanların genişliğidir (Şekil 2.1).

Kablosuz iletişim için de standartlar oluşturulmuştur. Evrensel olarak kabul edilen bu standartlar dahilinde ağlar kurulur, veri iletişimi sağlanabilir. Güncel olarak kullanılan kablosuz modemler üzerinden internete bağlanılan 802.11 WiFi standardı bunlardan en çok kullanılanıdır. Bunun dışında telefonlardaki bluetooth diye adlandırılan 802.15.3 standardı ise popülerliğini günümüzde kaybetse de, hala kullanılmaya devam eden grup tarafından çıkarılan başka bir standarttır.



Şekil 2.1: Geliştirilen Standartların Kapsama alanı ve Hız (Mbps) karşılaştırması [10].

## 2.1 Kablosuz Haberleşme Standartları

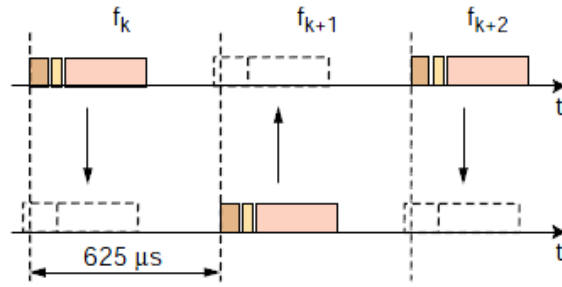
Bu bölümde kablosuz iletişim için geliştirilen başlıca standartlara değinilecektir. Şekil 2.1’de hız ve kapsama alanına ait karşılaştırmalı şema verilmiştir.

Zigbee, kablosuz haberleşme teknolojilerinde düşük hızlı kablosuz kişisel yerel ağ haberleşmesi olarak bilinir. Zigbee teknolojisi, küçük boyutta veri alışverişi ile gerçekleştirilmesi mümkün uygulamalarda düşük maliyetli olması, minimum güç tüketme prensibine dayanması, kurulumunun kolay ve esnek yapıda olması açısından büyük oranda tercih edilmektedir [10]. Bu teknoloji sayesinde karmaşık ağ yapıları kurmak, bunları genişletmek ve bu yapıların diğer teknolojilerle haberleşmesini sağlamak mümkündür.

Zigbee, pil ömrünün uzunluğu, istenildiği kadar ağ kurma avantajı, sistem kaynaklarını en az oranda kullanması sayesinde izleme ve kontrol amaçlı uygulamalarda kullanılabilir en uygun teknolojidir [24]. Dezavantajı ise Wi-Fi veya Bluetooth’da olduğu gibi büyük boyutlarda veri akışı sağlayamamasıdır [23]. Bu da Zigbee’nin daha çok küçük boyutlarda veri akışının olduğu uygulamalarda kullanılması demektir. Ayrıca Zigbee lisans gerektirmeyen frekans bandını kullanır, kurulumu ucuz ve kolaydır. Esnek ve genişletilebilen ağ yapısına sahiptir.

Bluetooth, kablosuz kısa mesafeli, ses ve veri haberleşmesini sağlamak için oluşturulmuş ve standard çalışmaları hala devam eden bir sisteme verilen isimdir [25]. Bugün pek çok insanın kullandığı televizyonların uzaktan kumandası, aslında Bluetooth'un atası sayılabilir. Ancak aradaki en büyük fark, şu an kullanılmakta olan uzaktan kumandalar (TV vb.), IrDA (infraRed Data Association), kızıl ötesi ışık ile veri iletişimini sağlamaktadır. Bluetooth'da ise 2.4GHz'de radyo dalgaları kullanılmaktadır. Dolayısıyla, haberleşme için IrDA gibi doğrudan görüş hattı gerektirmediğinden üstünlük sunmaktadır.

Bluetooth iletişiminin kullandığı frekans bandı 2.4 GHz ile 2.48 GHz arasındadır. Bu bandın kullanımı lisanssız olup endüstriyel, bilimsel ve medikal bant olarak adlandırılmaktadır. Kanal sayısı 1 MHz'lik aralıklarla toplam 79 adet olmakla birlikte Fransa ve Japonya'da 23 adedi kullanılmaktadır. Giriş tekniği olarak, Zaman Bölmeli Çoklu Giriş (Time Division Multiple Access) tekniğinin bir türevidir olan Zaman Bölmeli İkileme (Time Division Duplexing) tekniği kullanılmaktadır [26].



Şekil 2.2: Zaman Bölmeli İkileme [26]

Her Bluetooth cihazı tek bir kimliğe sahiptir. Bluetooth teknolojisine sahip bir ekipman çevresinde Bluetooth özelliğine sahip başka ekipmanlar olup olmadığını araştırır. Temas halinde, sistemlerin bağlantı kurup kurmayacaklarını belirlemeleri amacıyla sistemler arasında bir bilgi alışverişi gerçekleştirilir. İlk karşılaşma sırasında Bluetooth cihazları kişisel kimlik numaralarını (PIN) birbirlerine gönderir. Bundan sonra, daha fazla teşhis işlemine gerek yoktur. Bir Bluetooth hücresi içinde aynı anda en fazla sekiz cihaz çalışabilir. Üstelik her Bluetooth cihazı aynı anda farklı hücreler içinde aktif olabilir.

802.15.3 standartı kablosuz kişisel alan ağları içinde video veri transferini desteklemek üzere, 20 Mbps veri hızı üzerinde multimedia iletişimi sunmaktadır [27].

802.15, WPAN için tasarlanmış olup, bilhassa WiMedia olarak bilinen 802.15.3 arayüz kartları ile son kullanıcılara ulaşmıştır. Kullanımı, temel olarak, kablosuz yerel ağ ve kablosuz kişisel alan ağları içinde multimedya iletişim uygulamalarını kapsar.

Genel olarak WiMAX olarak bilinen standart ise 802.16 olarak adlandırılan standarttır. WiFi olarak kullanılan standartın geliştirilmiş halidir [28]. 802.16 teknolojisi kablosuz ağların ötesinde geniş bant hizmetleri dağıtmak isteyen ağ operatörlerinin işinde devrim gerçekleştirmiştir. Amaç WiFi frekansından daha yüksek bir hızda ve geniş alanda erişimi sunabilmektir. 2006 yılında tamamlanan WiMAX sadece şirketler tarafından kullanılmaktadır. Ancak Kanada ve Çin'de yerel olarak bazı noktalarda halka hizmet olarak sunulmaktadır.

Gelişmekte olan bir başka standart ise 802.20 olarak bilinen geniş mobil bant kablosuz erişimi olarak tasarlanan standarttır [29]. WiMAX olarak bilinen standartı mobilize etmeyi amaçlamıştır. 5 MHz bant genişliğindedir.

Standartlar arasında en uzak mesafeli haberleşmeye olanak sunan IEEE 802.22 ise televizyon frekans aralığında bulunan boş alanların yani herhangi bir broadcast servisine atanmış olan fakat kullanılmayan alanlardan faydalanarak bölgesel kablosuz ağ (Wireless Regional Area Network) oluşturulmasına olanak sağlayan bir standarttır. Bu standartla birlikte, erişimin zor olduğu, düşük nüfus yoğunluklu bölgelere ve kimi kırsal alanlara geniş bant erişiminin getirilmesi amaçlanmıştır. Bu standart şimdiye kadar geliştirilmiş standartlar arasında en geniş kapsama alanına sahiptir. Ayrıca veri iletim hızı ise 22 Mbps olarak duyurulmuştur [30].

### **2.1.1 802.11 (WiFi)**

IEEE 2,4 GHz frekansında çalışan, maksimum 75 metreyi kapsayan, 1-2 Mbps aralığında veri iletimi hızı sunan bu standardın teknolojik gelişmeler sonucunda yetersiz hale gelmesiyle, 802.11x adı verilen standartlar serisini geliştirmeye başlamıştır [10]. Arada farklar olmasına rağmen temel olarak 802.11 ailesi aynı iletişim kurallarını kullanır. 802.11a, 802.11b, 802.11g ve yeni geliştirilen 802.11n bu standartlardan en çok kullanılanlardır.



### **2.1.1.1 802.11a**

802.11 standardının yetersiz hale gelmesiyle, 1999 yılında ortaya çıkan ilk geliştirilmiş sürümdür. Bu standart temelde 802.11 ile benzer olmasına karşın 5 GHz frekansında çalışmaktadır. 54 Mbps veri iletim hızı sunan bu standart, açık alanlarda maksimum 100 metreyi kapsayacak şekilde çalışabilmektedir [31].

802.11a'yı diğer kablosuz ağ standartlarından ayıran temel avantajı daha fazla kapasiteye (throughput) destek vermesi ve daha fazla kanal kapasitesi olmasıdır, böylelikle daha fazla bant genişliği kullanımına olanak sağlamaktadır.

Diğer standartların aksine 802.11a'nın 5 GHz frekansında çalışması bu standardda çeşitli avantajlar ve dezavantajlar sağlamıştır. Bu frekansta yayın yapmanın olumlu yanı, bluetooth, mikrodalga fırın ve kablosuz telefon gibi diğer elektronik cihazlarının farklı frekans aralığını kullanmasından dolayı kanal kapasitesi artar ve veri iletim hızı daha yüksek olur. Bununla birlikte 5 GHz frekansında yapılan yayınların, duvar gibi engeller tarafından daha fazla emilmesi nedeniyle 802.11a'nın kapalı alanlardaki kapsama alanı diğer standartlara göre daha düşüktür [23].

Son olarak, bu teknoloji yüksek veri iletim hızına ihtiyaç duyan kullanıcılar ve video dağılım sistemlerinde aktif olarak kullanılmaktadır. Daha pahalı cihazlarda bulunmasına rağmen iş hayatında kurumsal kullanıcılar tarafından tercih edilmektedir.

### **2.1.1.2 802.11b**

802.11b standardı 802.11a ile beraber 1999 yılında piyasaya sürülmüştür. Ancak 802.11a'ya göre çok daha kısa bir sürede yaygınlaşarak bütün dünyada kullanılmaya başlanmıştır. 802.11b, 802.11 gibi 2.4 GHz frekans bandında çalışmakta ve 11 Mbps veri iletim hızına çıkabilmektedir. İlk çıktığında 802.11b erişebildiği veri iletim hızının etkisiyle ethernet teknolojisine rakip hale gelmiş ve kablosuz ağ kullanımının yaygınlaşmasında büyük rol oynamıştır. 802.11b'nin sağladığı en önemli avantaj kapsama alanı mesafesinin fazla olmasıdır. 2.4 Ghz frekansında yayın yapmasından dolayı kapalı alanlarda yaklaşık olarak 38 metre, açık alanlarda ise 150 metreyi aşacak şekilde alanı kapsayabilmektedir. Ayrıca maliyet açısından da diğer standartlara göre oldukça uygundur [10].

Bununla birlikte bluetooth, mikrodalga fırın ve kablosuz telefon gibi farklı elektronik cihazlar ile aynı frekansta çalışmasından dolayı işaretler birbiriyle karışmaktadır. Bunun sonucunda veri iletim hızı ve bant genişliği 802.11a'ya göre daha düşüktür.

Sonuç olarak, 802.11b genellikle ofis ortamları, hastaneler, depolar ve fabrikalar gibi ortamlarda kullanılmaya oldukça uygundur. Özellikle konferans salonları, çalışma alanları ve kablo çekmenin tehlikeli olduğu noktalarda ağ bağlantısı sağlanması için uygun bir teknolojidir. Kısaca 802.11b, taşınabilirliğin gerekli olduğu ve orta hızlı ağ bağlantılarına ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılır.

### **2.1.1.3 802.11g**

2003 yılında IEEE tarafından kablosuz ağ standartlarında geliştirilen 3. nesil teknolojidir. 802.11b'de olduğu gibi 2.4 GHz frekansında çalışmaktadır. 802.11g standardı temel olarak 802.11b standardının bir uzantısıdır, fakat veri iletim hızı ve kullanılan bant genişliğinde önemli ölçüde gelişme sağlanmıştır. Bu açıdan bakılırsa 802.11g için 802.11a ve 802.11b'nin daha etkin olduğu özelliklerinin birleştirilmiş hali olduğu söylenebilir [10].

802.11g'nin sahip olduğu en önemli özellik 802.11b ile ulaşılan kapsama alanını koruyarak, (açık alanlarda 38 metre, kapalı alanlarda 150 metre) veri iletim hızını ortalama 22 Mbps'a ulaştırmasıdır. Bu hız 802.11a'da olduğu gibi maksimum 54 Mbps'a ulaşabilmektedir.

Bu standardın zaman zaman 802.11b ile çalışan cihazlarla uyum sorunu yaşamasından dolayı kullanımı çok fazla yaygınlaşmamıştır. Bununla birlikte fiyatının 802.11b'den yüksek olması da tercih edilebilirliğini azaltmaktadır.

Son olarak, yüksek hız gerektiren video ve çoklu ortam uygulamalarında hızı ve kapsadığı alanın genişliği nedeniyle 802.11g standardı oldukça uygundur.

### **2.1.1.4 802.11n**

Zaman içerisinde kullanıcı sayısının artması ve kullanıcıların farklı uygulamaları kullanmak istemesi daha fazla bant genişliği, daha fazla erişilebilirlik ve daha geniş kapsama alanı gibi talepleri artırmıştır. Bu amaçla IEEE 2003 yılından beri 802.11n standardını geliştirmek üzere çalışmaya başlamıştır. 802.11n, Çoklu Giriş / Çoklu Çıkış (MIMO), adı verilen bir protokol sayesinde 2,4 GHz ve 5 GHz frekanslarının her ikisini de aynı anda kullanabilmektedir. MIMO teknolojisi, iletilecek bir bilginin

parçalara ayrılıp farklı antenler üzerinden karşı tarafa gönderilmesini sağlar. Diğer standartlarla çalışan cihazlar bir anten üzerinden bir yayın yaparken, 802.11n teknolojisine sahip ağ cihazları gönderi tarafında 2 veya daha fazla yayın yaparken, alım tarafında birden fazla anten kullanırlar ve birden fazla alınan/gönderilen yayımları birleştirirler. Gönderilen veriler duvarlardan, kapılardan ve diğer eşyalardan yansiyarak ve farklı rotalar takip ederek alıcı antene farklı zamanlarda ve birden fazla kere varır. MIMO teknolojisi bu durumu kendi lehine kullanarak işaretin güçlenmesini ve daha uzaklara iletilmesini sağlar [32].

Sonuç olarak, 802.11n henüz tam olarak tamamlanmamış bir standart olmasına rağmen vadettiği veri hızı, güvenilirlik ve olması beklenen yüksek fiyatı ile İnternet telefonu, müzik ve video yayını, IPTV gibi daha fazla bant genişliği isteyen uygulamalar için oldukça yeterli olacaktır.

## **2.2 Uygulama Katmanı Protokolleri**

Yukarda bahsedilen bağlantı standartlarında, OSI ağ tapolojisi kullanılmaktadır. Bu modelde bulunan katmanlardan en sonu olan uygulama katmanı programcılarını ilgilendiren kısımdır. Programcılar 7. katman olan uygulama katmanının sunmuş olduğu protokoller çerçevesinde programlarını hazırlayarak, diğer katmanlarla uğraşmadan, kolay bir şekilde ağa uygun programlar sunarlar. Başlıca protokoller HTTP, RTP, RTSP, SIP, SMTP, FTP olarak sıralanabilir [11,12,13].

HTTP, internete erişim sağlamak için kullanılan bir protokoldür. Örnek olarak HTTP protokolü sayesinde programcılar bir internet tarayıcı yazıp bu protokol çerçevesinde internete iletişim kurarlar [11].

RTP ile ise programcılar tarafından gerçek zamanlı olarak ses ve görüntü aktarımı sağlamak amacı için oluşturulmuş bir protokoldür. Ancak denetim safhası olmadığından günümüzde ömrünü tamamlamıştır. Bunun yerine kontrol kanalını da içeren iki kanallı RTSP oluşturulmuştur. Günümüzdeki ağ üzerinden TV kanallarının yayını bu protokol ile yayın yapmaktadır [13].

SIP, cep telefonlarının kullandıkları mobil bant üzerinde görüntü aktarımını sunan eski bir protokoldür. Günümüzde 3G gibi hızlı mobil bantlar oluşturulduğu için RTSP protokolü kullanılabilir [12].

FTP, dosya transferlerini olanak sunan bir altyapı protokolüdür. Programcılar için ortak bir alan sunarak burada dosya paylaşımını sunmaktadır.

SMTP protokolü anlık cevap beklemeyen çalışma prensibi ile oluşturulmuş bir protokoldür. Mail gönderme ve alma gibi sunucuda saklanabilen verilerin iletişimde kullanılmaktadır. Programcılar Mail yazma programlarında gönderme kısmında bu protokolü kullanmaktadır.

### 2.3 Video Formatları

Videolar, birbirini izleyen pek çok görüntünün sıralı ve hızlı bir şekilde sunulması olarak adlandırılır. Görüntülerdeki kalite farklılıkları ve saniyede sunulan görüntü sayısı, videolarda “*codec*” olarak adlandırılan kodlamalarla belli bir formata dönüştürülmelidir. Aksi takdirde ham video dediğimiz boyutu yüksek videolar oluşur [33].



**Şekil 2.3:** Ham (Solda) ve Kodlanmış (Sağda) görüntü karşılaştırması [33]

Görüntülerin sunumdaki kalitelerine ve saniyede sunulan görüntü sayısına göre kodlamaların etkisi ile sonuçlar değişkenlik gösterir (Şekil 2.3). Kullanılan kodlamalar işlemciyi yoran bir kodlama olduğunda videolar kaliteli olmakta,

işlemciye fazla yüklenmeden yapılan kodlamalarda ise videoların kaliteside azalmaktadır. H264, H263, MPEG, DivX, Flv belli başlı kodlama formatlarıdır. Bu kodlamalar arasında H264 en kaliteli görüntüyü, sıkıştırılmış biçimde sunan ve HD olarak nitelendirilen formattır. MPEG ise adını oluşturulduğu gruptan alan ve ses,video verisini eşzamanlı sıkıştırıp senkron kaymasını minimum indirgeyen bir kodlamadır. Günümüzde MPEG-4 olarak bazı HD videolar da kullanılmaktadır. DivX ise görüntüden taviz vererek minimum şekilde boyutu indirgemeye yarayan kodlamadır. Ham videodaki örnekleme aralıkları azdır. Kestirim oranı yüksek olarak kod yürütülür. Böylelikle aradaki fazla resimler kullanılmaz ve kestirim yapılarak resimler arası boşluk tahmin edilir. Bu yöntemin bir diğer adı ise vektör akış diyagramı olarak geçmektedir.

MKV olarak adlandırılan Matroska formatı ise H264 kodlamasını temel alan ama açık kaynak kodlu bir kodlamadır. Görüntü kalitesinde ve boyut ikileminde en verimli sonuçlar sunan kodlamadır. ASF formatı ise Microsoft tarafından RTSP protokolü üzerinden sunulan bir görüntü ve ses sunum formatıdır. ASF formatı aslında bir kodlama şekli değildir. Sadece görüntü ve sesin en uygun şekilde nasıl sunulabileceği kısmında oluşturulan formattır. Yani verilerin yapısıyla alakalı kısımdaki değişiklikler neticesinde oluşturulan formattır.

Flv uzantısı ile çıkarılan diğer bir kodlama ise Adobe tarafından Flash Playerlara özgü çıkarılan formattır. Asıl amaç ASF tarzı Microsoft tarafından geliştirilen video ve ses akışı üzerine oluşturulmuş yapıyı, flashplayerlarda internet üzerinden kullanabilecek formatta sunmaktır. Youtube, VEVO gibi pek çok internet sayfası üzerinde videoları gömen sitelerde kullanılmaktadır. Dezavantajı işlemci üzerinde ASF'den daha fazla işlem yükü oluşturmaktadır. Günümüzde HTML 5'in çıkmasıyla Flv tabanlı formatların sitede kullanılması ortadan kalkmaktadır.



### 3. GÖMÜLÜ SİSTEMLER

“Genel Amaçlı Bilgisayarlar” diye isimlendirilen; masaüstü bilgisayarlar, sunucular ya da ana bilgisayarlar, programlanabilmesi kolay ve programı doğrultusunda her işi yapabilen bilgisayarlardır. Üzerlerine yüklenen amaca uygun yazılmış programlara göre kullanım amaçları da değişmektedir. Aynı sistemden oluşmuş bir bilgisayar yazılmış programa göre finansman işlemlerinde kullanılabilceği gibi programda yapılan değişiklikler ile oyun amaçlı veya hesaplamalar içinde kullanılabilir. Bunun yanısıra sadece tek bir amaç için üretilen bilgisayarlarda mevcuttur. Müzik setleri, elektronik çamaşır makineleri, cep telefonları, mutfak eşyaları bu tür bilgisayarlar sayesinde işlemlerini gerçekleştirir. “Özel Amaçlı Bilgisayarlar” olarak nitelendirilen bu tarz bilgisayarlar işlemlerini gerçekleştirmek için gömülü sistem olarak adlandırılan elektronik devrelere ihtiyaç duyarlar [34].

Gömülü sistemler, sadece belirlenen bir amaç için üretilmiş elektronik sistemlerdir. Bu elektronik sistemler dahilinde ana hatlarıyla, merkezi birim olarak işlemci ve çevresel iletişim protokollerini kullanan çevresel birimler bulunur. Aradaki iletişimleri ve donanımsal olarak tam fonksiyonel çalışmasını sağlayan yazılımsal kısımda bulunur. Bu yazılımlar firmware olarak isimlendirilir. Gömülü sistemler uzun süreli kullanılacak şekilde sistem çökmelerine dayanıklı ve güncellemeye gerek duymayan yazılımları ile birlikte üretilir [35].

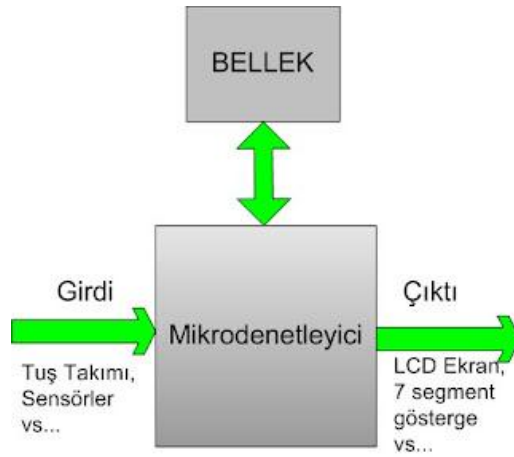
Genellikle gömülü sistemler başka sistemlerden bağımsız çalışır. Örneğin, uydu alıcısı çalışabilmesi için dış ortamdaki sistemlere bağlı olmadan, kendi kontrol biriminin doğrultusunda işlemlerini yürütür ve görüntüleri çıkış portlarına aktarır. Bazı durumlarda gömülü sistemler yakınlarındaki cihazlarla ya da uzak bilgisayarlarla iletişim kurabilir. Buna örnek olarak bazı uydu cihazlarındaki seri port modülünden sisteme müdahale edilebilmesi verilebilir. Gönderilen mesajlar veri toplamak, veri işlemek ya da bakım için kullanılır. Örneğimizdeki uydu alıcısı için bakım amaçlı kullanılmaktadır.

### 3.1 Gömülü Sistem Çeşitleri

Güncel hayatta karşımıza çıkan gömülü sistem uygulamalarını dört başlık altında inceleyebiliriz [36].

#### 3.1.1 Tek çalışan gömülü sistemler

Bu tür gömülü sistemler başka sistemlere bağlı olmadan verileri dış ortamdan alıp kendi dahilinde işleyebilirler ve çıkış verisini ise aynı şekilde bağımsız olarak kullanıcıların takip edebilecekleri ekranlarda gösterilebilecek formatta sunabilirler (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Ana hatlarıyla gömülü sistem blok şeması

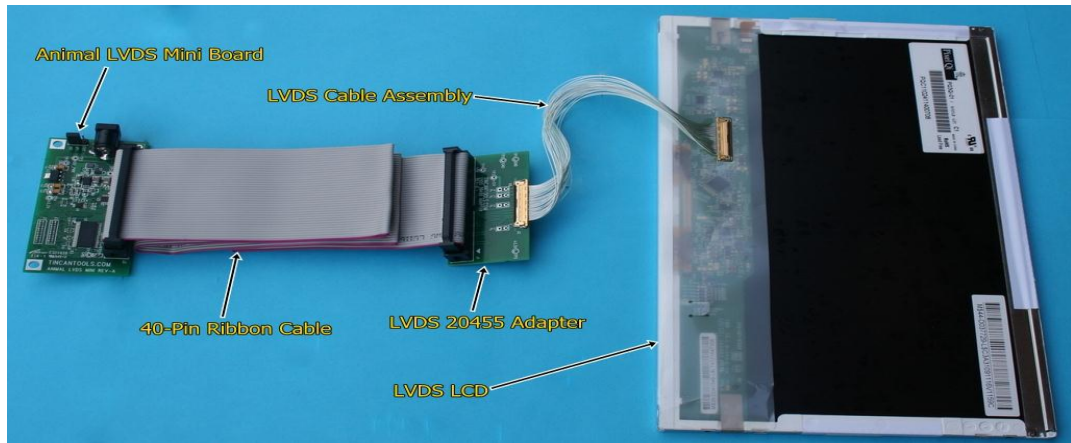
Veri girişi donanımsal olarak sistem üzerine yerleştirilen fiziksel butonlarla sağlanabileceği gibi algılayıcılar tarafından okunan değerlerde olabilir. Sistem dahilinde işlenen verilerin sonuçları, porta bağlanan ekranda gösterilir. Ekranı ihtiyaç olmayan durumlarda ise elektronik devrenin üzerine monte edilmiş LED sistemi üzerinden gözlemlenir (Şekil 3.2). Üretim tesislerinde kullanılan sistemler ya da otomobiller üzerine yerleştirilmiş sistemler tek çalışan gömülü sistemlere örnek verilebilir [36].





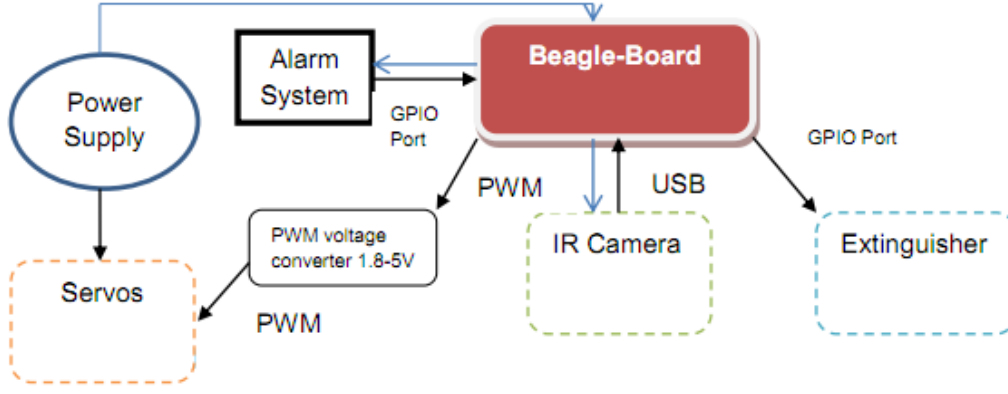
Şekil 3.2: LED monteli (solda) ve LCD ekranlı (sağda) gömülü sistemler [36]

Tek çalışan gömülü sistem cihazları dış dünyadan algıladıkları verileri çeviriciler yardımıyla elektrik sinyallerine çevirir. Elektrik sinyalleri gömülü sistem dahilinde işlem den geçirildikten sonra çevre cihazların kontrol etmek veya çıktıyı göstermek amaçlı çıkış bilgisi yine elektrik sinyalleri ile gerekli sürücülere gönderilir. Görüntü sunulacak bir veri mevcutsa LVDS tarzı LCD ekran sürücü devresine veriler gönderilir (Şekil 3.3) [37].



Şekil 3.3: LVDS çevirici devresi ve LCD Panel [37]

Kontrol mekanizması tetiklenecek ise, çıkış bilgisi kontrolü sağlanan cihazın rölelerine gönderilir. Örneğin akıllı ev uygulamalarında kullanılan gömülü sistem devreleri, yangın söndürme için, durum oluştuğunda röleleri tetikleyerek istenen işlemi gerçekleştirir (Şekil 3.4) [38]. Buna benzer bir güvenlik kamera sisteminde ise görüntü kayıtları LVDS sürücü kartı üzerinden LCD ye gönderilerek görüntü gösterilir.



Şekil 3.4: BeagleBoardtemellik oluşturulan akıllı ev uygulaması [38]

Çalışma esnasında başka bir çevre cihazdan bağımsız olma durumu en büyük özellikleri olmasının yanı sıra küçük ebatla üretilebilmeleri ve hemen hemen her türlü donanımsal çözüm gerektiren yerlerde kullanılabilmesi bu tip kartlara ilgiyi ve araştırmayı arttırmıştır. Ayrıca sistemlerin düşük enerji sarfiyatı sayesinde cihazların dış batarya beslemesi ile taşınabilir olması ve sürekli çalışır kılınması kolaydır.

### 3.1.2 Gerçek zamanlı gömülü sistemler

Gömülü sistemlerden bazı durumlarda belirlenen görevi tam zamanında gerçekleştirmesi istenebilir. Örneğin, arabaların fren sistemini kontrol eden bir gömülü sistem sürücünün fren pedalına basması anında devreye girmek zorundadır. Milisaniyelerle ifade edilen hatalar dahi kazalara sebep olabilir [39].

Gerçek zamanlı gömülü sistemler işlem süresinin sınırlarına göre “zorunlu gerçek zamanlı gömülü sistemler” ve “esnek gerçek zamanlı gömülü sistemler” olarak ikiye ayrılır. Gerçek zamanlı tanımı ses ve görüntü iletiminde sıkça karşılaşılan bir kelimedir. Fakat ses ve görüntü iletiminde birkaç milisaniyelik gecikmenin olması sistemin işleyişini etkilemez. Bu sebepten dolayı ses ve görüntü taşımaya yönelik tasarlanmış olan gerçek zamanlı gömülü sistemler, esnek gerçek zamanlı gömülü sistem olarak adlandırılır.

### 3.1.3 Ağa bağlı gömülü sistemler

Günümüzde bir kaynağın paylaşılıp pekçok kullanıcının onu kullanması ve böylelikle küresel çevre oluşturulması bir gerekliliktir. Buna paralel olarak ise yeni çıkan gömülü sistemlerin çoğu ağ tabanlı ek donanımları ile üretilmektedir. Bu gibi

durumlar için gömülü sistemler mevcut bilgisayarlarla iletişime geçebileceği gibi aynı zamanda kendi aralarında da iletişim kurabilecek ve kaynakların eşzamanlı olarak ulaşımı, kontrolü mümkün olacaktır. Bu iletişim yazılan belli protokoller çerçevesi doğrultusunda oluşturulur. Belli başlı protokollere örnek olarak TCP/IP ve UDP verilebilir. Bu tür sistemler son yıllarda gelişme göstermiştir. Ayrıca gömülü sistem üzerindeki değerlerin kontrolü web tabanlı olarak bu protokoller çerçevesinde de kontrol edilebilir. İnternet üzerine görüntü sunan web kameraları da bu tür sistemlere örnektir. Bu uygulamalar internet bilgi uygulamaları olarak adlandırılır.

### **3.1.4 Harekete duyarlı gömülü sistemler**

Güncel yaşantımızda kullandığımız kablosuz internet bağlantı hızının 54 Mbps hızlara çıkması ile taşınabilir cihazlar ses iletimine ek olarak yüksek oranlı veri iletim servisleri de çalıştırmaya başlamıştır. OpenCV, Java, Python gibi işlemci gücünü fazla yormayan programlama dillerinin desteği ile kablosuz veri akışındaki hızlılık kullanılarak gömülü sistemler üzerinde birçok uygulama yazılmıştır. Çalıştırılan bu gömülü sistem uygulamaları sayesinde kullanıcı verilerini yerel belleklerde toplayabilir, verileri üzerinde işlem yapabilir ve verilerini istenilen kaynağa kablosuz olarak iletebilir [14,16,17,19]. Gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan uygulamalar, çoklu ortam uygulamaları bu cihazların güçlü işletim sistemleri ve yüksek kapasitedeki bellekleri ile en az güç sarfiyatı yapılarak kullanılabilir.

### **3.2 Gömülü Sistem Tasarımı**

Genel anlamda bir sistemin tasarlanması iki aşamadan oluşur. Donanım ve yazılım olarak nitelendirilen bu iki aşama, gömülü sistemlerin tasarımı yapılırken de dikkate alınarak, uygun donanım parçaları ile yazılım desteğinin beraber oluşturulmasına bağlıdır [36]. Tabanda istenilen işlemleri, en hızlı şekilde ve en az kaynak kullanımı ile gerçekleştirecek sistemlerin tasarlanması amaçlanır. Bu sebeple tasarım aşamasında verilmesi gereken bir takım kararlar bulunur. Bu kararlar doğrultusunda bir gömülü sistem tasarımı 6 ana başlık altında tasarlanır [40].

### 3.2.1 Kullanıcı Arayüzleri

Gömülü sistemlerin tasarlanmasında ilk aşama kullanılacak derleyicinin tespit edilmesidir. Bu derleyici programcıya gömülü sisteme yazılacak program için bir platform oluşturduğu gibi tasarı sonrasında gömülü sistemlerin kontrolünde de hem kullanıcıya hem de tasarlayıcıya rehberlik eder [40]. Örnek olarak ilerde bahsedeceğimiz Texas Instrument gömülü sistem tasarlayan ve üretimini yapan firma CCS adı verilen program üzerinden çalışmakta ayrıca bu programı kullanıcılara önermektedir.

### 3.2.2 Devre Elemanları

Gömülü sistem tasarımındaki fiziksel boyut dediğimiz donanımsal kısmında ise ilk olarak kullanılacak malzemeler hakkında yeterli bilgiye sahip olmak gerekir [41]. İstlenen amaca en iyi hizmet edecek bir devrenin gerçekleştirme boyutu, onun devre bileşenleri arasındaki uyum çerçevesinde olur. Bu yüzden gömülü sistem devresinin tasarlanmasında direnç, diyot, transistor, kondansatör gibi kavramların anlaşılması ve uygun değerlerin bulunması gerekliliktir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: Bazı devre elemanları (Direnç – Diyot – Kondansatör - Transistor) [41]

### 3.2.3 Hata Ayıklama

Donanım ve yazılım olarak tasarlanan bir gömülü sistem uygulamasında bir sonraki aşama tasarlayıcı tarafından hataların indirgenmesidir. Tasarlanan sistemin istenen amaca ne derece hizmet edebildiği belirlenir ve hata payları hesaplanarak sistemlerin geliştirilmesi amaçlanır. Geliştirilen cihazlar mevcut tasarlanan sistemlerin bir başka modeli olarak kullanıcılara sunulur. Örneğin, Pandaboard RevA1 ve Pandaboard RevB.

### **3.2.4 İşletim Sistemi Adaptasyonu**

Mevcut herhangi donanımsal yapının tam fonksiyonel olarak çalışmasını yüklenen işletim sistemi çekirdeği belirler. Gömülü sistemlerde de aynı şekilde giriş çıkış portlarının adaptasyonu, güç sarfiyatı, dahili modüllerin tanımlanması gibi durumların en iyi şekilde adapte olması için uygun işletim sisteminin kullanılması gereklidir. Aksi takdirde yazılım kısmının donanım kısmı ile iletişimi mümkün olamayacaktır. Bu noktada işletim sistemleri üzerinde çoğu denenerek uygun olanın bulunması ve entegre edilme süreci yer alır [42].

Gömülü sistem tasarımında kullanılan belli başlı işletim sistemleri ECOS, freeRTOS, JavaOS, LynxOS, Mobilinux, Ubuntu, PalmOS kullanılmaktadır.

### **3.2.5 Giriş – Çıkış Birimleri ile Olan Etkileşim**

Sistemlerin dış dünya ile etkileşimi mevcut portlar üzerinden olmaktadır. Gömülü sistemler gibi dış dünya ile etkileşim içinde olan sistemler için ise bu portların uyumu ve senkronizasyonu gereklidir. Aksi takdirde giriş birimlerinin yanlış olarak alınması direkt olarak çıkış verilerini etkileyecek böylece sistem dahilinde tasarlanan yazılım kısmı hiçbir önem taşımamaktadır. Senkronize olarak portlar okunmalı ve etkileşim süresince, dış etkenlerden minimum etkilenen bir sistemin tasarımına gidilmelidir. Netice itibarı ile gömülü sistemlerin her ortamda çalışabilecek şekilde tasarlanması amaçlanmalıdır.

### **3.2.6 Test Süreci**

Gömülü Sistem tasarım sürecinde en önem teşkil eden ve sistemin geleceği ile doğrudan etkili kısımdır. Tasarlanan sistemler amaca yönelik belirlenen dış koşullar altında uzun süreli test edilmelidir. Geri dönüşler sık sık gözden geçirilmeli ve gerekli düzenlemeler sistem üzerinde yapılmalıdır.

## **3.3 Gömülü Sistem Tasarımlarını Etkileyen Faktörler**

Gömülü Sistem tasarımında kararları etkileyen bazı faktörler doğrultusunda tasarlanan sistemler değişiklik göstermektedir. Günümüzde gömülü sistemin tasarımında kullanılacak çok sayıda ve özellikle yongalar, bu faktörler sayesinde üretilmiştir. Sistem için gerekli donanımsal seçim yapılırken güvenilirlik, maliyet,

kaynak kullanımı, işlem zaman sınırı gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması, tasarımın en uygun şekilde yapılabilmesi için gereklilik haline gelmiştir[35].

### **3.3.1 Güvenirlilik**

Gömülü sistemler her ne kadar bağımsız olarak üretilseler de yer faktörünün verimli kullanılması açısından genellikle cihazların içinde kullanıcıların ulaşamayacağı yerlere monte edilebilme özelliği ile üretilirler. Bu tarz sistemlerin asıl amacı aralıksız çalışabilmeyi sunmak olduğundan kullanıcı müdahalesine imkân vermeyen tasarımda dizayn edilirler. Yani kullanıcılar tarafından bir sıfırlamaya veya yeniden başlatmaya gerek bırakmayacak şekilde olurlar. Masaüstü bilgisayarlarda sistem genelinde bir sorunla karşılaşıldığında sistemin sıfırlanması kullanıcı tarafından sağlanabilir. Gömülü sistemler güvenilir donanıma ve yazılıma sahiptir. Bir donanım arızası yüzünden sistem sorunu ile karşılaşıldığında gömülü sistem kendini otomatik olarak sıfırlar. Gömülü sistemler için güvenilirlik son derece önemlidir.

### **3.3.2 Maliyet etkisi**

Gömülü sistemler kullanıldığı amaca göre çeşitlendiği belirtilmişti. Aynı şekilde tasarımlar kullanılan yere göre maliyet bakımından çeşitlik gösterebilir. Uzay çalışmaları için tasarlanan bir gömülü sistemin maliyet bakımından boyutu ile kamera güvenlik için tasarlanan bir gömülü sistemin maliyet boyutu farklı olacaktır. Riskli ve önem arz eden uygulamalarda maliyet faktörü göz ardı edilir. Ancak günümüzde pek çok gömülü sistemin satışa yönelik olduğunu düşünürsek maliyet alıcı taraf için önem arz etmektedir. Bu günümüzde nanoteknolojiyi ön plana çıkarmakta ve tasarımcıya minimum maliyet ile maksimum verim alabileceği gömülü sistemlerin tasarımına itmektedir.

### **3.3.3 Güç sarfiyatı**

Gömülü Sistemler düşük güç ile çalışan sistemlerdir. 220V AC gerilim gibi yüksek gerilimler yerine 12V veya 5V DC gerilim gibi düşük besleme ve akım değerlerinde çalışırlar. Bu, devrelerde kullanılan elektronik elemanların gerekliliğidir. Kullanıcıların bir diğer masrafı olan enerjiye harcanan bedel böylelikle azalmaktadır. Sistemler tasarlanırken bu göz önünde bulundurularak sistem tasarımı yapılır. Bunun için tasarımcılar donanımsal olarak voltaj düzenleyici ön devreler kurabildiği gibi yazılım olarak da sistemin kendini bekleme durumuna alması gibi ek çözümler sunar.

### **3.3.4 Birimlerin etkin kullanımı**

Mikro denetleyicilerin, mikroişlemcilerin ve sayısal işaret işlemcilerin (DSP) genel adı “işlemci” ‘dir. Gömülü sistemlerin kalbini oluşturan işlemciler günümüzde çeşitlilik gösterir. Hemen her amaca uygun işlemci birimi üretilmiştir. İşlemci seçimi yaparken maliyet faktörü ve güç sarfiyatı seçimi etkileyen en önemli etkenlerdir. Bununla beraber gömülü sistemlerde programların saklandığı sadece okumaya açık bellek (ROM) ile değişken verilerin depolandığı RAM birimi bulunur. Yeni çıkan işlemciler ek hafıza bloklarına gerek kalmadan kendi dahilinde sınırlı boyutlarda bu olanakları sunarlar. Böylelikle sistemin tasarımı kolaylaştığı gibi hızı da artmaktadır. Ancak yüksek değişkenli amaçlara yönelik uygulamalarda dahili RAM biriminin yetersiz kalması nedeniyle donanımsal olarak RAM bloğu sisteme dahil edilir. Harici hafıza birimi ile işlemcinin iletişiminin tam sağlanmasına dikkat edilmeli böylelikle tasarlanan sistemin dahildeki tüm birimleri ile etkileşiminin tam olması sağlanarak sistemin etkin kullanımı amaçlanır.

### **3.3.5 Boyut**

Tek bir amaca yönelik tasarlanan gömülü sistemler genellikle başka bir cihazın içine yerleştirilmiş durumdadır. İçine yerleştirilen cihazın boyutlarına bağlı olarak gömülü sistemin boyutu da tasarımda önemlidir. Ayrıca günümüzde kullanıcılar ufak boyutlu, yer kaplamayan tasarımlara daha çok ilgilidirler.

### **3.3.6 Kullanım ömrü**

Üzerindeki yazılımın defalarca kullanılmasına yönelik tasarlanan gömülü sistemlerin kullanım ömürlerinin uzun olması, beraberinde bulunan cihazın ömrünü de etkileyecektir. Bu sebeple gömülü sistemlerin donanım ve yazılım ömrünün uzun olması istenir.

### **3.3.7 Kullanım alanı**

Gömülü Sistemler tasarlanırken önceden de belirtildiği gibi tamamen belirlenen amaca yönelik üretilirler. Bu anlamda belirlenen amaca hangi alanlarda hizmet edileceği gömülü sistem tasarımının sürecini değiştirir. Örneğin sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu ortamlar ile normal ortamlarda aynı amaca yönelik olarak kullanılan cihazın performansı eşit olmaz. Bu durumlar için kullanım alanlarının özel olarak belirlenmesi gerekir

### 3.4 Gömülü Sistem Uygulamaları

Günlük yaşantımızda gömülü sistemlerle bilinçli veya bilinçsiz olarak her zaman etkileşim içindeyiz (Şekil 3.6). Hayatımızı kolaylaştırdıkları bazı ana başlıklar şu şekilde sıralanabilir:

- Cep Telefonları
- Ağ Ekipmanları
- Ev Otomasyon Ürünleri
- Hava Savunma Sistemleri
- Tıbbi Ekipmanlar
- Ölçüm Sistemleri vb.



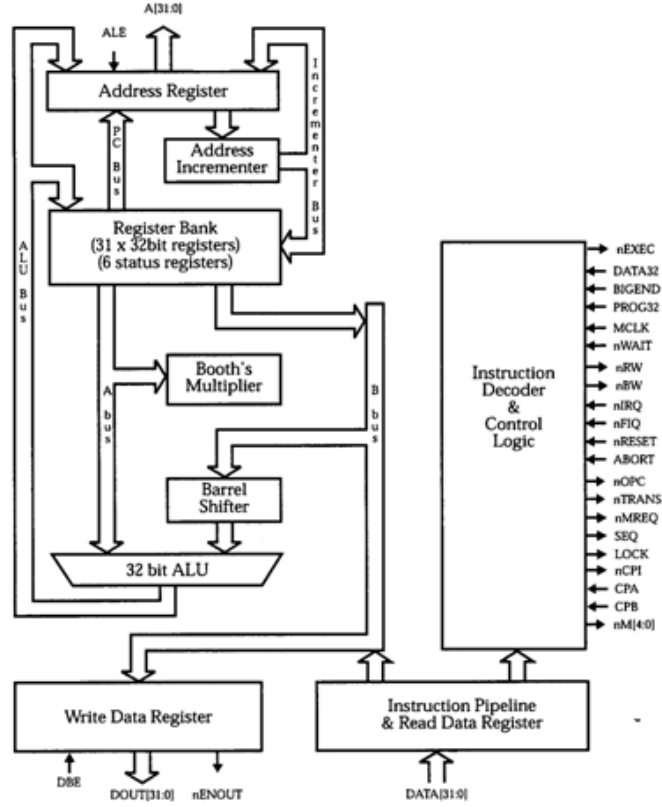
Şekil 3.6: Günlük hayattan gömülü sistem çözümleri [35].

### 3.5 ARM (AcornRisc Machine)

ARM mimarisi pek çok gömülü sistem çözümlerinde kullanılan 32-bit RISC işlemci mimarisidir [43] (Şekil 3.7).

ARM bir mimaridir ve adını icat eden firmadan alır. Bu mimari 1983 yılında “Acorn Computers Ltd” isimli bir şirket tarafından ARM1 ismiyle tasarlanmaya başlanmış ve 1985 yılında piyasaya sürülmüştür. Takip eden sene 32 bitlik ARM2 modeli piyasaya sürülmüş, basit ve kullanışlı yapısıyla ses getirmiştir. 1990 yılında firma ismi Advanced RISC Machines Ltd olarak değiştirilmiştir. 1998 yılında firma ismini tekrar değiştirerek günümüzde de kullanılan ARM Ltd yapmıştır [44].





Şekil 3.7: 32 bit Arm7 blok şeması [44].

ARM firması 32 bitlik işlemci çekirdekleri üretmektedir ve NXP(Philips), Samsung, NEC, Atmel gibi diğer firmalara lisanslı olarak bu çekirdekleri satmaktadır. ARM şirketinin verdiği bilgilere göre şuanda 200 üzerinde firmaya 600 ün üzerinde işlemci mimarisi ve çekirdeği lisanslanmış durumdadır. Bu ailenin bugünlerdeki en önemli kolu Intel' n XScale' dir [44].

ARM işlemciler 32 bitlik yapısı, düşük güç tüketimi, yüksek performansı gibi özelliklerinden dolayı sektörde açık ara lider durumdadırlar. 2009 yılı verilerine göre tüm dünyadaki 32 bitlik gömülü sistemlerde kullanılan işlemcilerin %90ı ARM mimarisini kullanmaktadır. Düşük güç tüketimi sayesinde cep telefonları, PDA'lar ve taşınabilir cihazlarda tercih edilmektedir [44,45].

### 3.6 ARM Çekirdekleri

1983 yılında başlayan ilk ARM1 modellerinden sonra tasarımcı şirket pek çok modelini parça parça geliştirerek sunmuştur. Bazı ARM çalışmaları, oluşturulmuş işlemci hızları ve kullanım alanları Çizelge 3.1 de görülmektedir. Çizelgede, aile

olarak çıkartılan işlemci modelleri aslında yapı b3l3m3nde bahsedilen işlemcinin mimarisi 3zerine, çekirdekte yapılan geliştirmeler sonucunda 3retilir. Mesela ARM2 mimarisi ve çekirdeği tamamen ARM1 den farklı olarak geliştirilmiştir. ARM3 de ise ARM2 mimarisi ve çekirdeği sabit tutularak *overclock*<sup>1</sup> ile 3r3n piyasaya tekrardan çıkarılmıştır. ARM6 da ise bu durum tamamen değişiklik g3stermektedir. Veri yolları ve adresleme ARM3 3n mimarisini kullansa da çekirdek yeniden inşa edilmiş b3ylelikle yeni bir model çıkmıştır.

G3n3m3zde ARM Cortex serisi en g3ncel ve hızlı olarak nitelendirilen seridir. Genel olarak çoğu tablet bilgisayarlar da ise ARM11 in ARMv6 model işlemcileri kullanılmaktadır (izelge 3.1).

---

<sup>1</sup> Donanımsal g3c3n yazılım olarak tam kullanılacak performans d3zeyine getirilmesi [46]

**Çizelge 3.1:** ARM Ltd. tarafından çıkarılan ARM işlemcileri ve kullanım alanları [44].

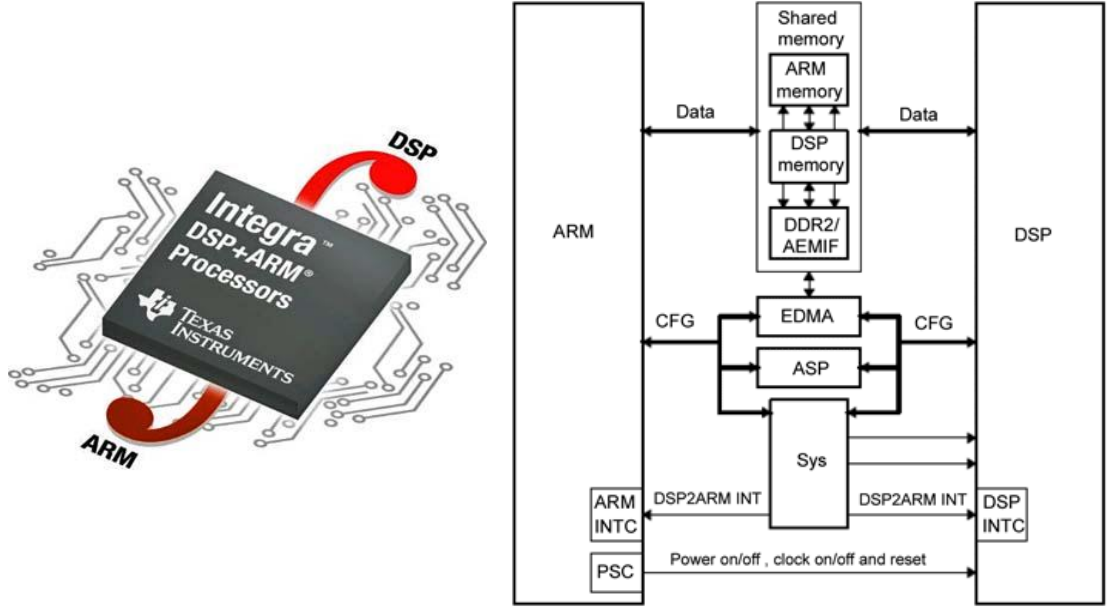
<b>Aile</b>	<b>Yapı</b>	<b>Çekirdek</b>	<b>MIPS @ MHz</b>	<b>Kullanıldığı Uygulama</b>
<b>ARM1</b>	ARMv1	ARM1		ARM Evaluation System second processor for BBC Micro
<b>ARM2</b>	ARMv2	ARM2	4 MIPS @ 8 MHz	Acorn Archimedes, Chessmachine
	ARMv2a	ARM250	7 MIPS @ 12 MHz	Acorn Archimedes
<b>ARM3</b>	ARMv2a	ARM2a	12 MIPS @ 25 MHz	Acorn Archimedes
<b>ARM6</b>	ARMv3	ARM60	10 MIPS @ 12 MHz	3DO Interactive Multiplayer, Zarlink GPS Receiver
		ARM600	28 MIPS @ 33 MHz	
		ARM610	17 MIPS @ 20 MHz	Acorn Risc PC 600, Apple Newton 100 series
<b>ARM7</b>	ARMv3	ARM700	40 MHz	Acorn Risc PC prototype CPU card
		ARM710	40 MHz	Acorn Risc PC 700
		ARM710a	40 MHz	Acorn Risc PC 700, Apple eMate 300
		ARM7100	18 MHz	Psion Series 5
		ARM7500	40 MHz	Acorn A7000
		ARM7500FE	56 MHz	Acorn A7000+
<b>ARM7TDMI</b>	ARMv4T	ARM7TDMI(-S)	15 MIPS @ 16.8 MHz	Game Boy Advance, Nintendo DS, iPod
		ARM710T	36 MIPS @ 40 MHz	Psion Series 5mx, Psion Revo/Revo Plus/Diamond Mako
		ARM720T	60 MIPS @ 59.8 MHz	Zipit Wireless Messenger, NXP Semiconductors LH7952x

**Çizelge 3.1 (devam):** ARM Ltd. tarafından çıkarılan ARM işlemcileri ve kullanım alanları [44].

<b>StrongARM</b>	ARMv4	SA-110	203 MHz	Apple Newton 2x00 series, Acorn Risc PC, Psion Netbook
		SA-1110	233 MHz	LART (computer), Intel Assabet, Ipaq H36x0, HP Jornada 7xx
<b>ARM8</b>	ARMv4	ARM810 <sup>[2]</sup>	84 MIPS @ 72 MHz	Acorn Risc PC prototype CPU card
<b>ARM9TDMI</b>	ARMv4T	ARM920T	200 MIPS @ 180 MHz	Hewlet Packard HP-49/50 Calc, Samsung S3C2442 (HTC TyTN,FIC
<b>ARM9E</b>	ARMv5TE	ARM946E-S		Nintendo DS, Nokia N-Gage, Conexant 802.11 chip
	ARMv5TEJ	ARM926EJ-S	220 MIPS @ 200 MHz	Sony Ericsson (K, W serileri), Siemens and Benq (x65 serileri), Texas Instruments OMAP1710, OMAP1610,OMAP1611, OMAP1612, OMAP-L137, OMAP-L138,Wii deki ati holywood ekran kartı
<b>XScale</b>	ARMv5TE	80219	400/600 MHz	Thecus N2100
		IOP321	600 Mips @ 600 MHz	Iyonix
		PXA263	200, 300 and 400 MHz	Sony CLIE NX73V, NX80V
		PXA27x	800 MIPS@624 MHz	HTC Universal, HPhx4700, Dell Axim x30, x50
		Monahans	1000MIPS@1.25 GHz	Samsung Omnia
<b>ARM11</b>	ARMv6	ARM1136J(F)-S <sup>[9]</sup>	740 @ 532-665 MHz	Texas Instruments OMAP2420 (Nokia E90, Nokia N93, Nokia N95,Nokia N82), Freescale MXC300-30 (Nokia E63, Nokia E71, Nokia E51, Nokia E75, Nokia N97, Nokia N81), HTC Dream. Motorola Z6. HTC Hero
	ARMv6KZ	ARM1176JZ(F)-S		Apple iPhone, Apple iPod touch,
<b>Cortex</b>	ARMv7-A	Cortex-A8	up to 2000	Texas Instruments OMAP3xxx series, Apple iPhone 3GS, Nokia N900.
		Cortex-A9 MP	2.0 DMIPS/MHz	Texas Instruments OMAP4430/4440 ; "Sparrow" (planned) <sup>[11][12]</sup>

### 3.7 ARM ve DSP bütünleşmesi

Yeni nesil ARM işlemcilerine günümüzde revaçta olan görüntü ve sinyal işleme için kullanabilecekleri yeni DSP komut dizinleri eklenerek, işlemcilerin DSP modülü ile paralel çalışabilmesi sağlanmıştır. Böylece ARM mimarisi içindeki işlemci DSP işlemcileri ile daha hızlı bir şekilde iletişim sağlamaktadır(Şekil 3.8).



Şekil 3.8: TI-C6A816x entegresi(sol) ve blok şeması(sağ)

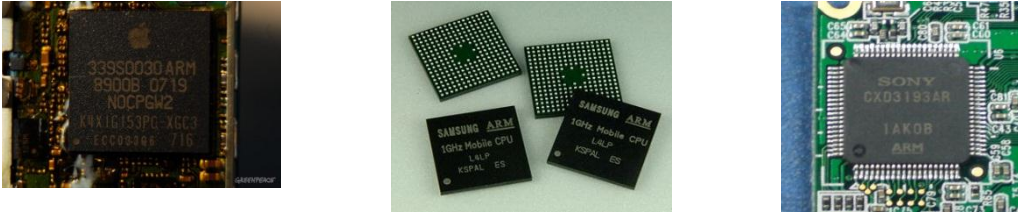
### 3.8 Kullanılan İşletim Sistemi

İlk ARM işlemcileri gömülü şekilde gelen ve RISC OS üzerine kurulmuş *Arthur*<sup>2</sup> işletim sistemini kullanmaktaydı [47]. Ancak Günümüzde yetersiz kalan bu işletim sisteminin yerine Windows CE, Windows 8, Ubuntu Linux, Android gibi güncel işletim sistemleri kullanılmaktadır. İşletim Sistemi Seçiminde esas alınan ölçüt, giriş çıkış portlarının tam verimli kullanılması, Bellek erişimi ve CPU kullanımının verimli olarak işlenebilmesidir [35].

<sup>2</sup>1987 yılında AcornComputers isimli şirket tarafından 5 ay gibi kısa süre içinde geliştirilen işletim sistemi [47].

### 3.9 Uygulama Alanı

Çizelge 3.1 de belirtilen modellerin satırlarında kullanım alanlarından örneklerde verilmiştir. Bunlardan en göze çarpan, dünya genelinde yaklaşık 41 milyon kayıtlı kullanıcısı olan Apple tarafından üretilen iPhone telefonudur [48]. Bunun dışında akıllı cep telefonları sınıfına giren Samsung, Benq, Nokia ve Sony-Ericsson gibi telefon pazarına hükmeden büyük şirketlerin ürettiği telefonlarda da ARM işlemcileri kullanılmaktadır (Şekil 3.9). Tablet bilgisayarlarda ise tamamen ARM mimarisinin kullanılması fiyat ve performans düzeyini makul kılmakta ve buda alıcı kesime cazip olanaklar sunmaktadır.



Şekil 3.9: Bazı firmaların telefonlarda kullandıkları ARM işlemciler ( Apple – Samsung – Sony ) [44].

### 3.10 Texas Instrument ve Omap

Texas Instruments(TI) elektronik devre elemanlar üretiminde Amerika'nın önde gelen firmalarındandır. Genellikle yarı iletken devre elemanları üretir. Günümüzde ayrıca DLP teknolojisinin normal lambalı projeksiyon cihazlarının yerini almasıyla bu sektörde öncü duruma gelmiştir. DLP gibi DSP işlemcilerinin üretiminde de dünyada birinci sıradadır. Pek çok DSP modeli ve bunların geliştirme kitlerini dünyaya sunmaktadır. Genel itibarı ile merkezi işlem birimi, denetleyiciler, hesap makineleri gibi pek çok alanda yarı iletken üretiminde INTEL ve Samsung firmalarından sonra 3. Sırada yer alır [49].

TI tarafından üretilen elektronik elemanların başta gelen modelleri (Şekil 3.10) :

- Sayısal İşaret İşlemcileri(DSP) olarak TMS320 ve DaVinci serileri,
- Düşük maliyeti ve düşük enerji tüketimini amaçlayan gömülü sistem uygulamalarında kullanılmak üzere üretilen denetleyici serileri (MSP4xx),
- İçerisinde DSP, ARM ve grafik işlemci bulunan OMAP çip serileri

OMAP çipleri düşük voltajlarda yüksek verimli çalışabilmeleri ile ön plana çıkmıştır. Ayrıca büyük sistemler gibi soğutma gereksinimleri yoktur. Devre iç sıcaklığı devre elemanları için tehlike oluşturmayacak boyuttadır. Proje kapsamında OMAP seri çipler kullanıldığı için aşağıda bu çipler ile ilgili açıklamalar yapılmıştır.

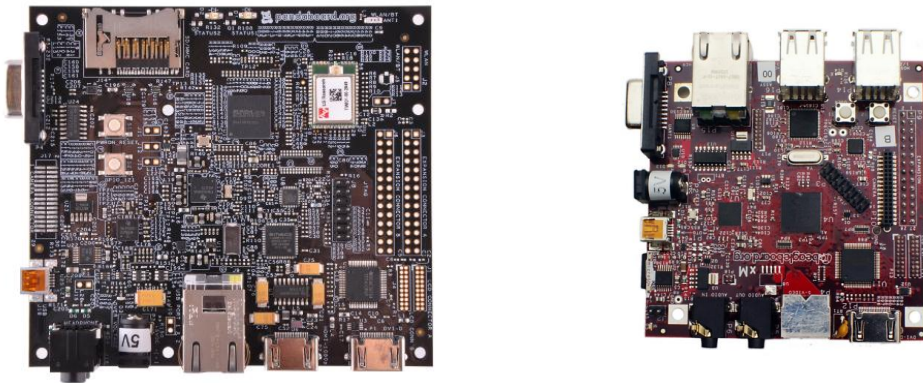


Şekil 3.10: Texas Instrument'in başlıca ürünleri (TMS32020GBL – MSP430 – OMAP 4430) [49].

### 3.11 Geliştirilen OMAP Serileri

OMAP çipleri genel anlamda tek çip üzerinde bir sistem (SoCs) olarak nitelendirilir [50]. Dahilinde ARM tabanlı bir merkezi işlem birimi ve buna paralel olarak çalışan Sayısal İşaret İşleme birimi bulunur. Eski OMAP serileri sadece DSP birimini barındırmaktayken yeni çıkan OMAP serileri DSP ve ARM'in eşliğinde grafik işleme birimi (SGX) içermektedir.

Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere, TI, OMAP ürünlerini 3 ana kategoride çeşitlendirmiştir. Projemiz kapsamında BeagleBoard ve PandaBoard'a değinilecektir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: PandaBoard revA3 (solda) [52] ve BeagleBoardxM (sağda) [51].

Çizelge 3.2: OMAP çiplerinin çeşitleri ve sınıflandırılması [53].

Katagori	Model numarası	Komut Dizimi	CPU	Öne Çıkan Özellik (DSP, GPU, ISP, Mem)	Kullanıldığı Cihazlar
<b>Yüksek Performans</b>	OMAP2431	ARMv6	330 MHz ARM1136	DSP	Nokia N93, E90, HTC Hero ...
	OMAP3530	ARMv7	720 MHz ARM Cortex-A8	PowerVR SGX530 + DSP	Always Innovating Touch Book, BeagleBoard, Gumstix Overo Water, <a href="#">Pandora</a> ...
	OMAP4430	ARMv7	1-1.2 GHz dual-core ARM Cortex-A9	PowerVR SGX540 @ 304 MHz + DSP	BlackBerry PlayBook, Panasonic Lumix, Fujitsu Regza, LG Prada, LG Optimus 3D P920, Motorola Droid 3/Milestone 3, Motorola Droid RAZR, Motorola Xyboard, PandaBoard, Samsung Galaxy S II, Toshiba AT200, Amazon Kindle Fire, Samsung Galaxy Tab 2 ...
	OMAP4460	ARMv7	1.2-1.5 GHz dual-core ARM Cortex-A9	PowerVR SGX540 @ 384 MHz + DSP	Samsung Galaxy Nexus, Huawei Ascend, Pandaboard ES ...
	OMAP4470	ARMv7	1.8 GHz dual-core ARM Cortex-A9	PowerVR SGX544 @ 384 MHz + dedicated 2D graphics core	2012 ikinci çeyrekte çıkarılacak
	OMAP5432	ARMv7	2 GHz dual-core ARM Cortex-A15	PowerVR SGX544MP2 @ 532 MHz + DSP	2012 üçüncü çeyrekte çıkarılacak
<b>Basit Multimedya İşlemcileri</b>	OMAP-DM500	ARMv4	63 DMIPS @ 70 MHz	ISP	Game Boy Advance, Nintendo DS, iPod ...
	OMAP-DM525	ARMv5	220 MIPS @ 200 MHz	ISP	Sony Ericsson (K, W serisi); Siemens and Benq
<b>Entegre Modem İşlemcileri</b>	OMAP730	ARMv4	200 MHz	GSM/GPRS digital baseband + SDRAM	Telsiz uygulamalarında
	OMAP710	ARMv4	133 MHz	GSM/GPRS digital band	Telsiz uygulamalarında



### 3.12 BeagleBoard xM

Texas Instrument (TI) tarafından geliştirilen DM 3730 çipini kullanan ve Amerikan Digkey firması tarafından patentlenmiş gömülü sistem uygulamaları geliştirme kartıdır [51]. Genel anlamda boyutu küçültülmüş bir bilgisayar (Single Board Computer) özelliğindedir. 5 V giriş gerilimi ile çalışır. Donanımsal eklemelere göre (LCD, Touchscreen vb.) akıma olan ihtiyaç değişkenlik gösterse de maksimum 4 A ve 5V regüleli bir güç kaynağı ile kesintisiz çalıştırılır. Isınma sorunu olmadığından fan gerektirmez. Fansız olması, düşük enerji gerekliliği ve ürünün makul derecedeki fiyatı sebebiyle çok sayıda gömülü sistem tasarımcısı tarafından kullanılmaktadır.

#### 3.12.1 Kart Özellikleri

BeagleBoard'un dikkat çeken en büyük özelliği microSD kartlar vasıtasıyla kartlara gömülen işletim sistemi tarafından geliştirme kartının başlatılabilmesidir. Sistem üzerinde uygulama geliştiriciler için sistemin kendi işletim sisteminin olması büyük kolaylık sunmaktadır. Programcılar yerel olarak sistem üzerinde ARM tabanlı yazılım geliştirebilirler. Ayrıca hata ayıklama işlemleride aynı şekilde *toolchain*<sup>3</sup> işlemine gerek duyulmadan, board üzerindeki işletim sistemi kullanılarak yapılır. Aksi takdirde ARM tabanlı uygulama geliştirenler için kullandıkları Intel veya AMD mimarisine sahip masaüstü tarzı bilgisayarlarda genel olarak *toolchain*<sup>3</sup> diye nitelendirilen ek programların yüklenmesi ve hazırlanan yazılımın mevcut mimariden ARM mimarisinde çalışacak şekile dönüştürülmesi gerekir. BeagleBoard tarzı işletim sistemi gömülebilen boardlar da ise bu sınırlama kaldırılmıştır.

BeagleBoard xM'de SPI, I2C, UART ve USB olarak tanımlanan seri iletişim protokollerinden hepsini desteklemektedir. UART iletişimi için dahilde RS232 bağlantı portu bulunur. USB iletişim için kart üzerinde bir adet USB micro denetleyicisi ve buna bağlı 4 adet USB portu yerleştirilmiştir. Hafıza kartına gömülen işletim sistemine bağlı olarak desteklenen USB cihazlar portlar vasıtasıyla sisteme dahil edilir [51].

---

<sup>3</sup> Platformlara özel programların adapte edilme işlemidir. Programın yazıldığı ortamdan başka platformlarda programların uyumlu çalışması için gereklidir [54].

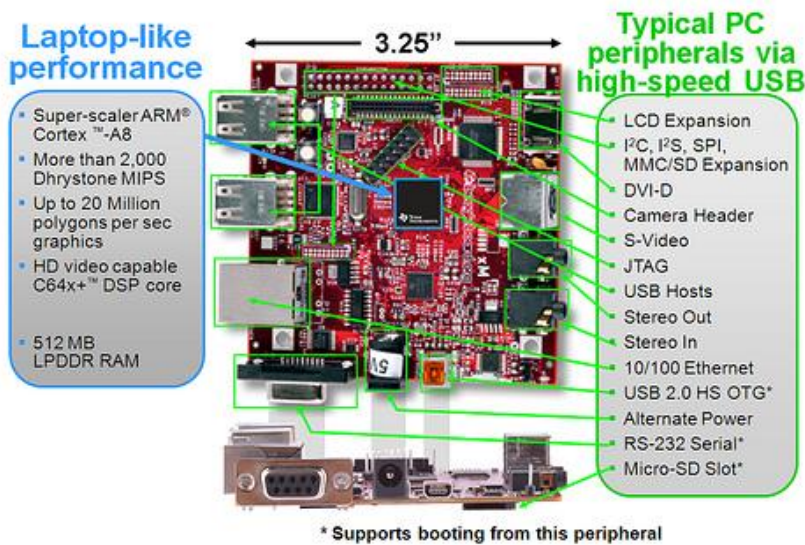
Görüntü çıkışı için HDMI soketli sayısal işaret çıkışı veren portu bulunur. Sadece sayısal formatta sinyal çıkışı olduğundan DVI veya HDMI girişli monitörlerin bağlanma zorunluluğu bu tarz geliştirme kartlarının olumsuz yanıdır. Ancak sinyal çevirici tarzı ön devre tasarımlarıyla bu sınırlama ortadan kaldırılabilir [55]. Ayrıca S-video portunda mevcuttur.

Günümüzde internet erişiminin her alanda zaruri olması sebebiyle, geliştirme kartına 10/100 Mbps hızında ethernet modülü adapte edilmiş böylece işletim sisteminin internete bağlanabilmesine olanak sunulmuştur.

Beagleboard xM de sunulan diğer bir çevresel birimi ise ses giriş ve çıkışlarıdır. Bu çıkışlar vasıtasıyla geliştirme kartına hopörler ve mikrofon bağlanabilmektedir.

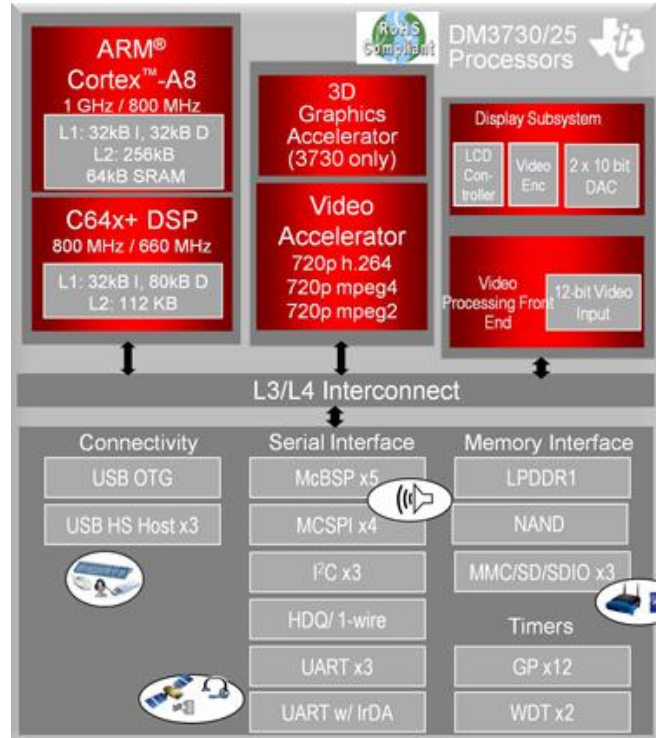
Geliştirme kartının çalışma voltaj değeri 5 V' dur. 5V güç kaynağı veya adaptörle çalıştırılabileceği gibi USB OTG portundan da kart çalıştırılabilir. Yalnız sisteme USB portu kullanılarak sisteme dahil edilen cihazların çektikleri akım değerleri arttıkça USB OTG tarafından besleme akım yönünden yetersiz kalabilir. Bu yüzden kart kendini bekleme (*Hold*) konumuna alabilir. Bunu önlemek amacıyla 5v ve 4A lik bir adaptörle sistemi beslemek daha yararlıdır.

Ayrıca kartta, Şekil 3.12 de görüldüğü üzere, diğer sistemlerin kontrolünü sağlamak veya karta ek modullerin eklenmesi için 28 adet genel amaçlı giriş-çıkış pini, CMOS tarzı kart üzerine takılabilen kameralar için bağlantı uçları ve JTAG pinleri mevcuttur [51].



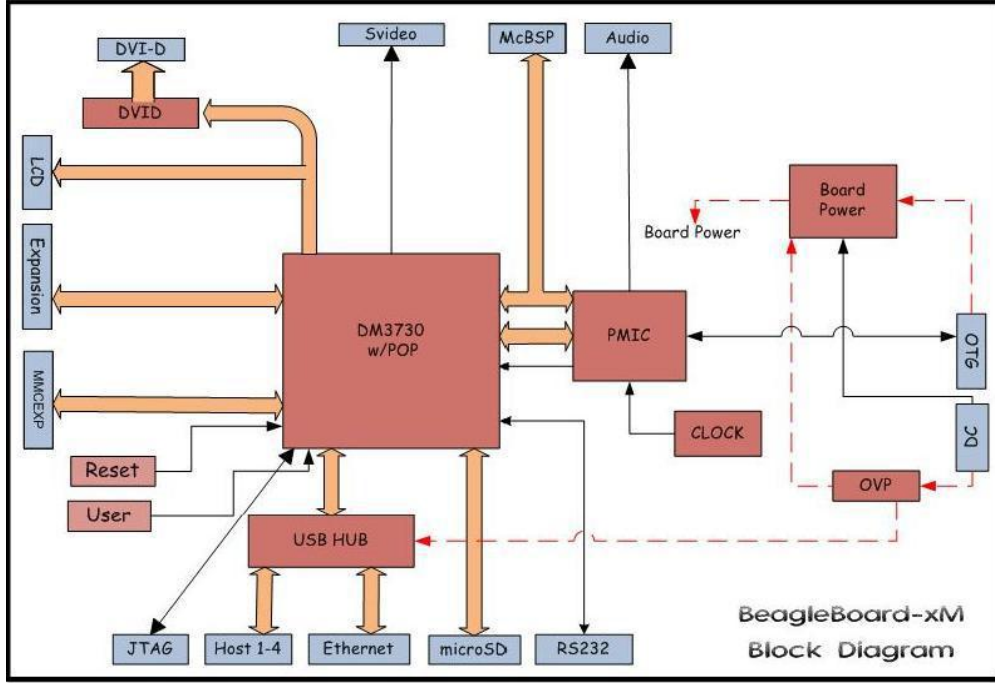
Şekil 3.12: BeagleBoard xM bağlantı uçları ve çip özellikleri [8]

Bahsedilen çevresel birimlerin dışında, merkezi birim olan DM 3730 yongası dahilinde kademeli olarak 1 GHz hıza çıkabilen (400 – 600 – 800 – 1000) ARM Cortex A8 işlemci birimi, 800 MHz hıza çıkabilen (260 – 520 – 660 - 800) TMS320C64x+ DSP çekirdeği ve OpenGL ES v1.1 ve v2.0 destekli POWERVR SGX grafik işlemci birimi mevcuttur [56] (Şekil 3.13). İşlemci birimi tek çekirdekli yapıdan oluşur. DSP ise maksimum 720p diye nitelendirilen 1280x720 çözünürlüğe sahip video dosyalarını 30 fps lik hızda oynatabilecek kapasitededir. Geliştirme kartındaki hafıza birimi olarak 512 MB LPDDR RAM kullanılmıştır.



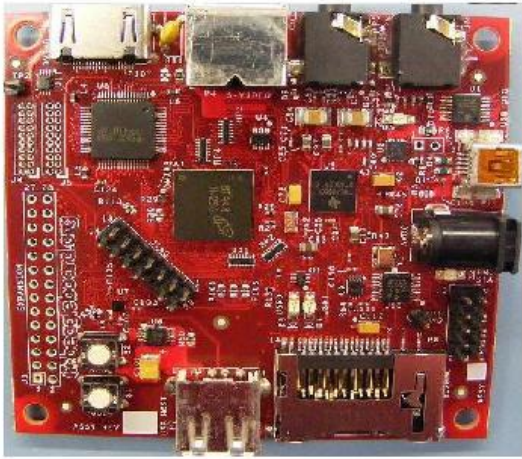
Şekil 3.13: DM 3537 Çip Blok Şeması [56]

BeagleBoard xM geliştirme kartı 82.55 x 82.55 mm ebatlarında üretilerek küçük ama orta düzey bir laptop kadar performans vermesi amaçlanmıştır.(Şekil 3.14)

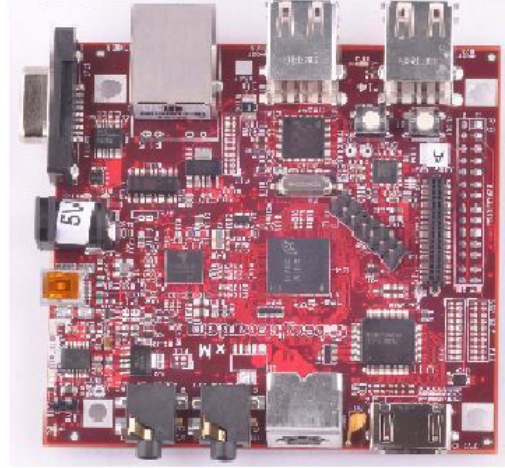


Şekil 3.14 : BeagleBoard xM Blok Sema [51]

Beagleboard gömülü sistem geliştirme kartı, RevC4 (Şekil 3.15) ve xM (Şekil 3.16) olarak isimlendirilen iki adet model altında üretilmektedir. Kullanılan işlemci türüne ve geliştirme kartı dahilindeki port çeşitliliğine bağlı olarak model farklılıkları oluşmuştur. Bu farklıların fiziksel kısımları aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



Şekil 3.15: BeagleBoard Rev C4 [8]



Şekil 3.16: BeagleBoard xM [8]

### 3.13 PandaBoard

Pandaboard (Şekil 3.17); BeagleBoard gibi Texas Instrument tarafından geliştirilen “tek kart üzerinde bilgisayar” (SBC) diye nitelendirilen ve işletim sisteminin SDHC formatlı hafıza kartına gömülüp çalışmasına olanak sağlayan uygulama ve donanımsal sistem geliştirme kartıdır. İşletim sisteminin hafıza kart birimlerine gömülmesi, geliştiricilere ARM tabanlı sistemlere program yazarken *toolchain* ile platform oluşturma zorunluluklarını ortadan kaldırır.



Şekil 3.17: PandaBoard RevA3 [7] [52]

#### 3.13.1 Kart Özellikleri

USB seri iletişim için Pandaboard üzerinde 2 adet USB portu bulunur. BeagleBoard gibi Pandaboard da çevresel iletişimi sağlamak amacıyla SPI, I2C ve UART seri iletişim protokollerini destekler. UART için bir adet RS232 bağlantı portu bulunur. Ayrıca geliştirme kartı üzerindeki JTEG'lerden de UART seri iletişim sağlanır.

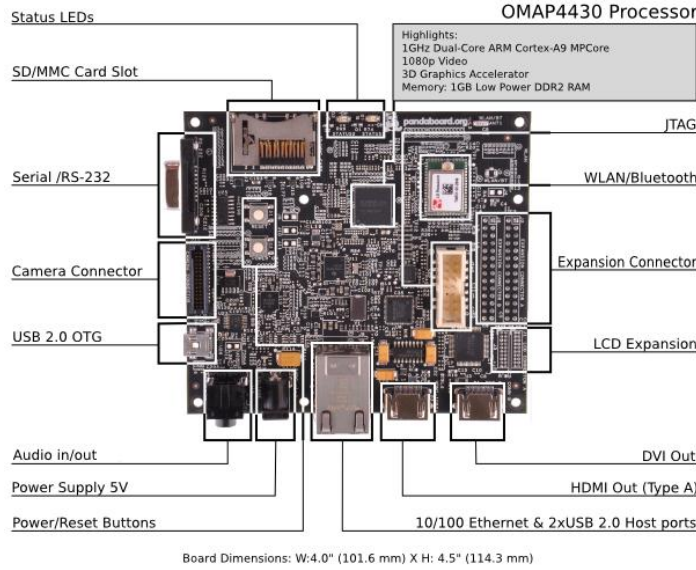
Pandaboard üzerinde iki adet HDMI soketi bulunur. Bunlarda Beagleboarda benzer şekilde sadece sayısal çıkış verirler. VGA tarzı monitörlerin bağlanması için çevirici ön devrelere ihtiyaç vardır [55]. HDMI soketlerden aynı anda çıkış bilgisi alınarak iki farklı ekrana yansıtılabilir. Ayrıca geliştirme kartının üzerinde LCD bağlantı uçları da mevcuttur. Beagleboard'ın aksine S-Video çıkışı bulunmamaktadır.

İnternet erişimi için 100 Mbps Ethernet portunun yanı sıra dahili olarak 54 Mbps hızında 802.11b protokolü dahilinde bağlanabilen kablosuz internet adaptörü eklenmiştir. Kablosuz olarak ağ kurabilir veya mevcut ağa bağlanabilir.



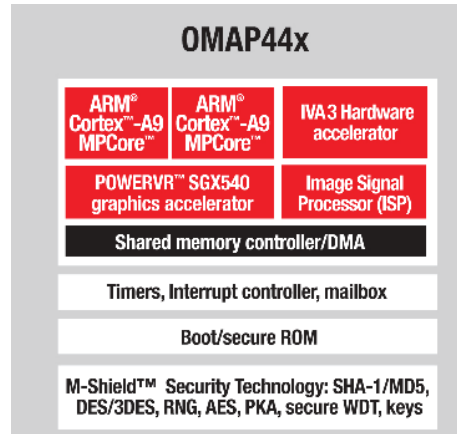
Beagleboard'da olduğu gibi Pandaboard'da da ses giriş ve çıkış portları bulunur. Hafıza birimi olarak kart üzerine 1 GB LPDDR2 RAM yerleştirilmiştir. Ayrıca SD kart sabit disk görevinde çalışır.

Bahsedilen çevresel bağlantılar ve modüllerin 101.6x114.3 mm boyutlarındaki ufak bir kart üzerine yerleştirilmiş olması geliştirme kartının, geliştiriciler için başka bir cazip yanı olmuştur [52] (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: PandaBoard Rev A3 Blok Şeması [52]

Merkezi bölümde ise TI tarafından üretilen OMAP 4430 serisi POP yongası kullanılmıştır. Yonga içerisinde 1 GHz çift çekirdek ARM Cortex A9 işlemcisini, ISP işaret işlemcisini ve POWERVR SGX540 grafik işlemcisini barındırır [57] (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: OMAP 4430 Blok Şeması [57]

### 3.14 Geliştirme Kartlarının Desteklediği Ek Donanımlar

USB portunu kullanan pekçok ek donanım, yüklenen işletim sisteminin desteklediği kaynaklar doğrultusunda çalışmaktadır. Sonuçta bir sistemin işlevselliği tamamen işletim sisteminin çekirdek yazılımı denem kernel bilgisi ile alakalıdır. Örneğin : USB camera, USB wifi adaptor gibi cihazlar Angstrom işletim sisteminde sorunlarla karşılaşmaktadır ancak Ubuntu ARM versiyonu işletim sistemlerinde çoğu model desteklenmektedir. Dikkat edilmesi gereken bir başka nokta ise, geliştirme kartlarına besleme gerilim ve akım değerlerinin USB portlarındaki cihazlarıda destekleyecek olmasıdır. USB portu üzerinden yüksek akım çeken cihazlar kart tarafından beklenen akım değerleri desteklenemediği zaman aktif olmayacaktır. Bu durumlar için harici beslemeli USB çoklayıcılar (*Hub*) kullanılmalıdır.

### 3.15 Uygun İşletim Sistemleri

Sistemlere uygun işletim sistemleri tasarlanırken, sistemlerin mimarilerine uygun olarak yorumlanması gerekir. BeagleBoard ve PandaBoard geliştirme kartları ARM tabanlı adresleme ve sistem mimarisine sahiptirler. Geliştiriciler mevcut işletim sistemlerini ARM tabanlı mimariye uydurarak (toolchain ile işletim sistemi oluşturmak) kartlara gömebilirler.

PandaBoard için OMAP4 mimarisine, BeagleBoard için OMAP3 mimarisine uygun olarak işletim sistemleri yorumlamalı ve kartlara gömülmelidir. Günümüzde BeagleBoarda uyumlu Unix tabanlı Angstrom işletim sistemi en çok kullanılan ve verimliliği uygun olan bir işletim sistemidir. Bunun yanında DOS tabanlı Windows CE de lisansı satın alınarak yüklenebilir. Android, Fedora, Gentoo, Maemo ise yüklenebilen diğer Linux tabanlı işletim sistemleridir. PandaBoard için ise Linux tabanlı Ubuntu'nun OMAP4 versiyonu kararlı çalışmaktadır. Ayrıca Windows CE, Angstrom ve Android ICE cream Sandwich yüklenebilmektedir [58].





## **4. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **4.1 Çalışmanın Gerekliliği**

Çalışmamızın amacı mevcut projeksiyon cihazlarının kablosuz olarak pek çok kişi tarafından maksimum verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak bir ara sistemin hem donanım hem yazılım destekli olarak tasarlanmasıdır. Böylelikle eski tip projeksiyon cihazları bulunan kullanıcılar, günümüzde ileri teknoloji olarak tanımlanan projeksiyon cihazlarına yakın bir performansta projeksiyon cihazlarını kullanmaya devam edebileceklerdir. Bu, kullanıcıların hesapta olmayan harcamaları ve giriş bölümünde anlatılan mevcut kablolar veya diğer nedenlerden meydana gelen problemlerin oluşmasını engelleyecektir. Bu çalışmada tasarlanan sistemin maliyetinin, yeni nesil kablosuz projeksiyon cihazların maliyetinden çok daha uygun olması, ekonomik anlamda kablolu projeksiyon cihazları bulunan kullanıcılar için gereklilik arz etmektedir.

Çalışmanın ekonomik ve güncel hayattaki gerekliliğinin dışında, bilimsel alanda ARM mimarisi ile ilgili Türkçe kaynaklı uygulamaların yetersiz olması bu alanda çalışma yapılmasını gerekli kılmıştır. BeagleBoard veya PandaBoard gibi ARM mimarisi içeren geliştirme kartlarına yönelik çalışmalar yapılması sayesinde bu alanda yapılacak çalışmalara yardımcı olmak amaçlanmıştır.

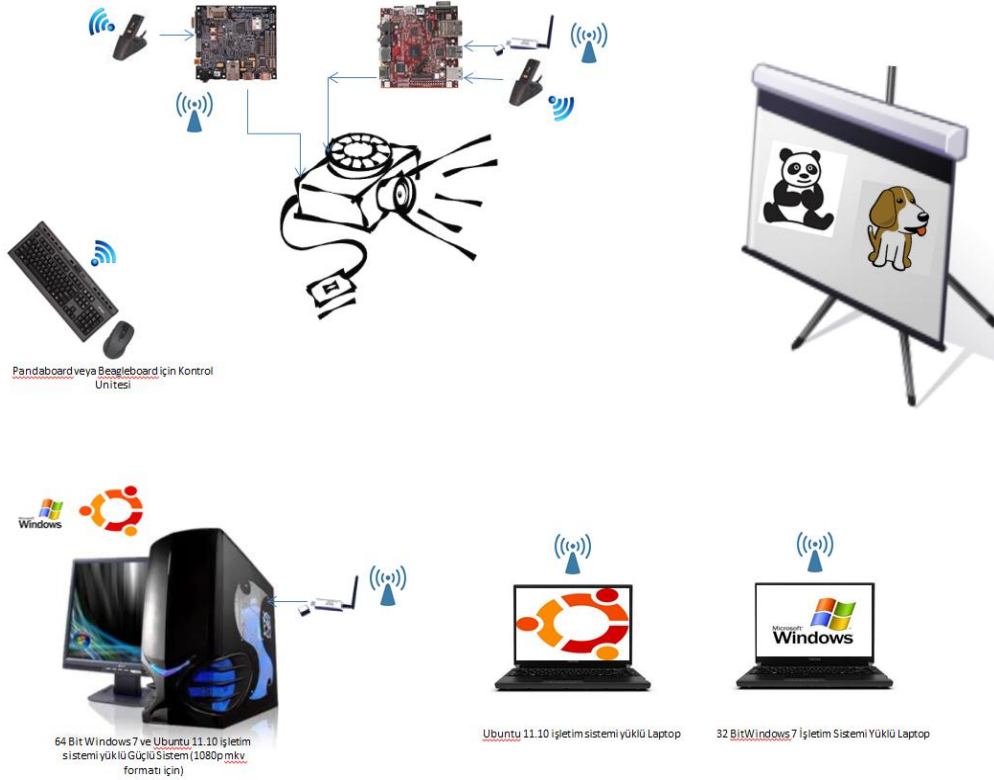
Bu nedenlerin dışında, ülkemizde yeni yeni başlatılan, eğitim-öğretim ortamlarının kalitesinin arttırılmasına paralel olarak eğitim kalitesini arttırmayı amaçlayan FATİH projesi ile projeksiyon cihazlarının öneminin daha da artması, cihazların kullanım alanlarını genişletmeyi ve geliştirmeyi amaçlayan çalışmamızı gerekli kılmıştır.

İki farklı geliştirme kartı sisteme adapte edilerek performansları ölçülmüş ve verimli sonuçlar teşkil eden kart belirlenmiştir.

### **4.2 Sistemin Çalışma Prensipleri**

Üzerine işletim sistemi gömülen PandaBoard ve BeagleBoard, HDMI görüntü çıkışları ile DVI veya HDMI girişlere sahip projeksiyon cihazına bağlanır. Bunların

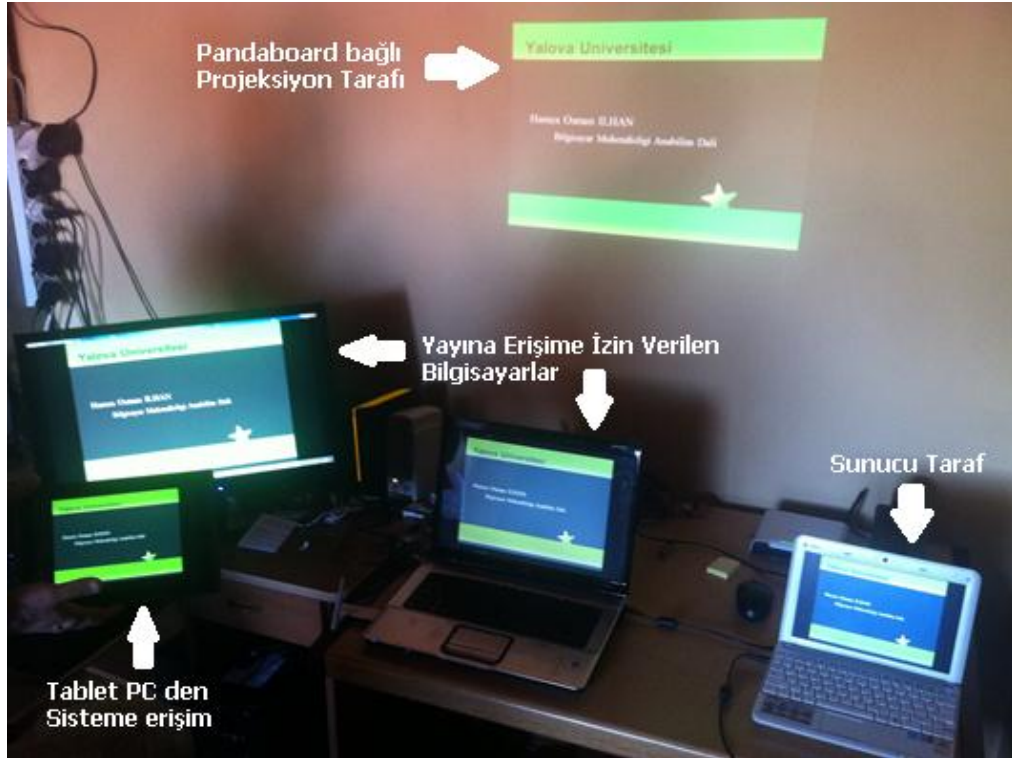
dışında bir giriş formatına sahip projeksiyon cihazı için çevirici öndevre tasarlanarak sisteme dahil edilir. Ortamdaki kullanıcıların bilgisayarları, projeksiyona bağlı olan gömülü sistem geliştirme kartının DHCP sunucu ağına istemci (client) olarak bağlanarak IP'lerini alır. Aynı ağ dâhilindeki kullanıcılar masaüstü görüntülerini kendi yerel sunucularına (localhost) yaymaya başlarlar. Bu masaüstü görüntüsü ilk basta sunumu yapılacak bilgisayarda işlenmemiş veri (raw) formatında kaydedilir. Bu şekilde yayın yapmak, işlenmemiş videolardaki boyut büyüklüğünden dolayı ağ üzerinde pek çok kayba uğrayacaktır [32,59]. Bu yüzden kendi işlemcileri dâhilinde yayın yapılacak formata ve çözünürlük değerlerine yazılmış olan ara yüz programı ile çevrilir. Bu yayınlar, gömülü sistem geliştirme kartlarında yazılan kullanıcı seçme ara yüzü vasıtası ile izin verilerek projeksiyona aktarılır. Sunum sırasında kullanıcı, gönderilen kaynak için yazılmış ara yüzden isterse sunumu sonlandırabildiği gibi, kartlar üzerindeki yazılan GUI vasıtası ile de sunum sonlandırılabilir. Aynı şekilde ortamdaki başka kullanıcılar bu yayınlanan görüntüye kendi bilgisayarlarında, yazılmış olan ara yüz ile ulaşabilirler. Yazdığımız bu ara yüz programı Linux bilgisayarlarında Totem video oynatıcıyı, Windows ta ise VLC video oynatıcıyı kullanarak bu sunumlara erişim sağlar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Ortam şeması.

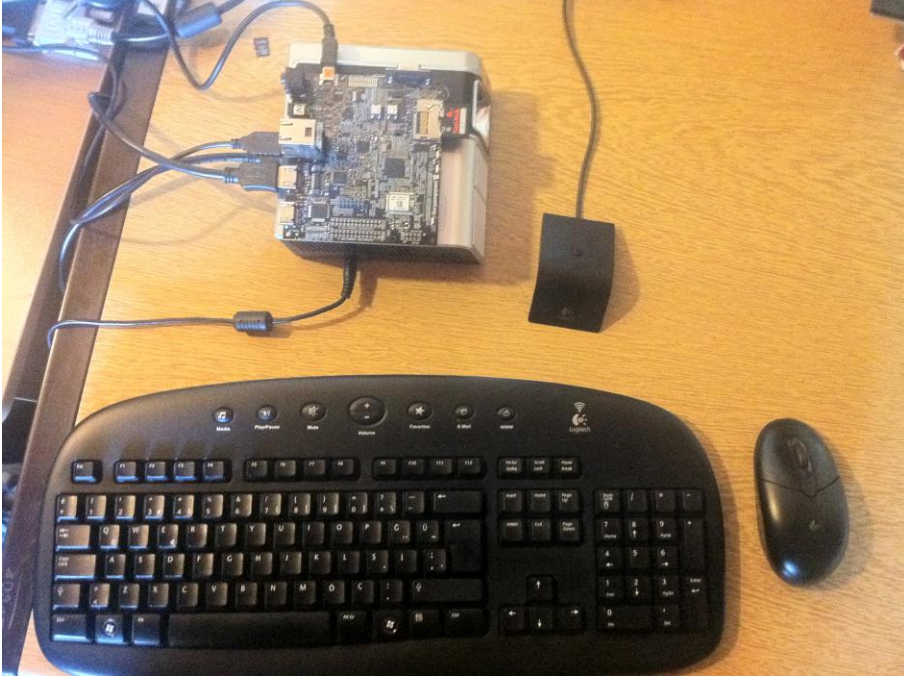
Bir diğerk özellik ise geliştirme kartları istenirse direk olarak, kendi işletim sistemindeki işlenmemiş görüntü formatındaki (raw video) masaüstü görüntüsünü kendi dâhilinde istenen formata çevirerek projeksiyona yayın yapabileceği gibi kullanıcılar bu yayına kendi bilgisayarından da ulaşabilirler (Şekil 4.2).

Sistem düzeneği hem Beagleboard hem Pandaboard için kurulmuş ve oynatım değerleri, gecikme süreleri ölçülmüştür. Ayrıca Beagleboard'un işlemci kapasitesinin yetmediği durumlarda Pandaboard için değerler kaydedilmiştir.



Şekil 4.2: Videonun projeksiyona gönderilmesi ve diğer bilgisayardan erişimi

Projeksiyon tarafında Pandaboardun bağlantısı ve kontrolü için kullanılan kablosuz klavye ve fare Şekil 4.3 de görülmektedir.



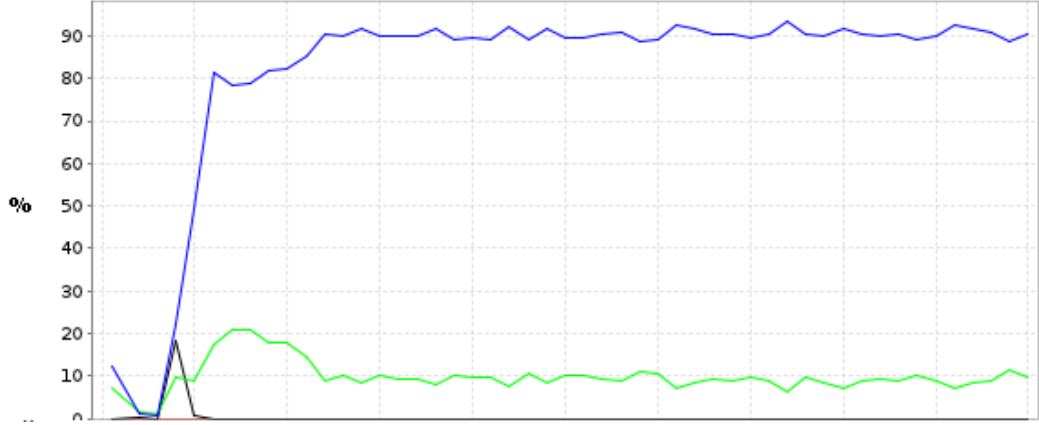
Şekil 4.3: Projeksiyon Tarafı

### 4.3 Uygun İşletim Sisteminin Belirlenmesi

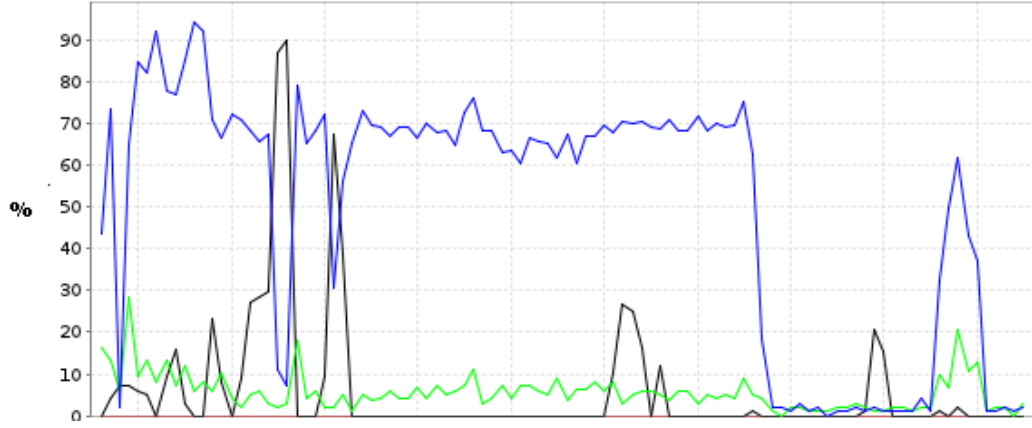
Çalışmamızda, BeagleBoard'a Angstrom işletim sistemi, PandaBoard'a ise Ubuntu 11.10 işletim sistemi yüklendi (Şekil 4.8). Bunların seçimine; desteklenen donanım sürücülerine, kaynak sunucularına, yazılımlarının uygunluğuna ve sistemlerin boş zamanlarındaki sistem CPU yük oranları değerlerine bağlı olarak değerlendirmeler neticesinde karar verildi.

Angstrom, BeagleBoarda ilk Linux çekirdeğinin adapte edilmiş sürümüdür. Beagleboard gibi sınırlı RAM ve işlemci özelliği olan sistemler için kaynakların kullanımını en iyi organize eden işletim sistemi olduğu denemeler sonucu gözlemlenmiştir. Ayrıca sunmuş olduğu donanım tanıma kütüphanesi ve yazılım desteği ile proje kapsamında Beagleboard için amaçlanan harici USB kablosuz internet adaptörü sürücülerini, görüntünün sunumunu ve kaydedilmesini sağlayan programların verimli şekilde kullanılmasını sağlamıştır.

Angstrom işletim sistemi Beagleboardun ARM işlemcisi ve DSP çekirdeğinin eşzamanlı olarak verimli kullanımına olanak sağlamaktadır. Angstrom ve Ubuntu yüklenmiş iki farklı sistemde görüntülerin kodlamasında işlemci üzerinde oluşan yük farklılıkları Şekil 4.4 ve 4.5 de görülmektedir.



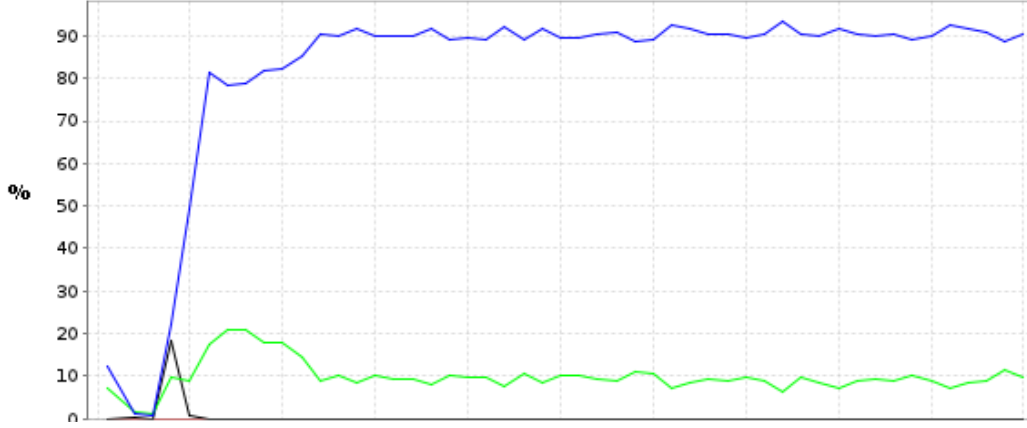
Şekil 4.4: Ubuntu yüklü Beagleboardun 576p avi formatlı video oynatımındaki işlemci yükü



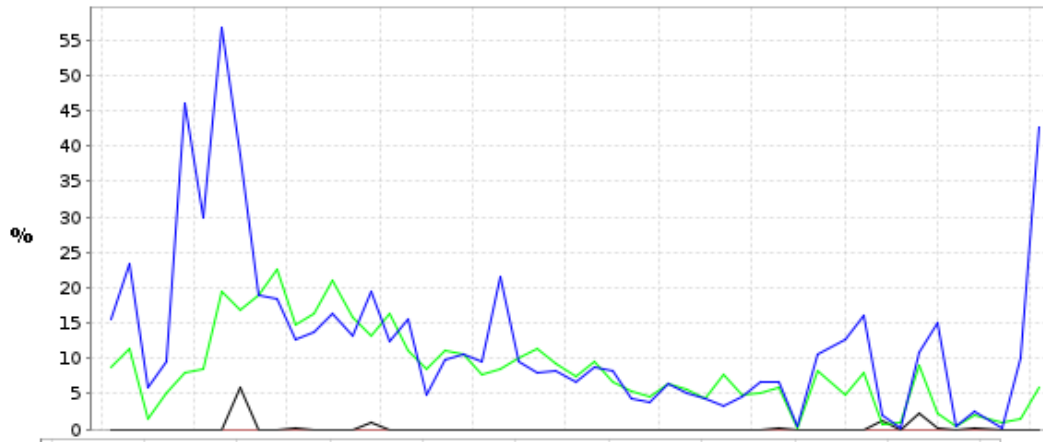
Şekil 4.5: Angstrom yüklü Beagleboardun 576p avi formatlı video oynatımındaki işlemci yükü

Angstrom, görüntü formatlarının çözülmesinde DSP birimini kullanmakta olduğundan işlemci üzerine düşen yük azalmaktadır. Bunun neticesinde işlemcinin verimli kullanımı gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Ubuntu işletim sisteminin OMAP3 mimarisi olarak genel anlamda nitelendirilen DM3730 mimarisine tam uygun olmaması neticesinde tercih edilmemiştir.

Pandaboard için kullanılan Ubuntu 11.10 ise tamamen OMAP4 tabanlı mimari için derlenmiş olduğundan sistemin kaynaklarını diğer derlemelerden daha verimli şekilde kullandığı gözlemlenmiştir. DSP ile ARM uyumunu sağlayan Ubuntu 11.10 ile tam desteği olmayan Angstrom işletim sistemi yüklenmiş sistemlerden alınan sonuçlar Şekil 4.6 ve 4.7 de gösterilmektedir.

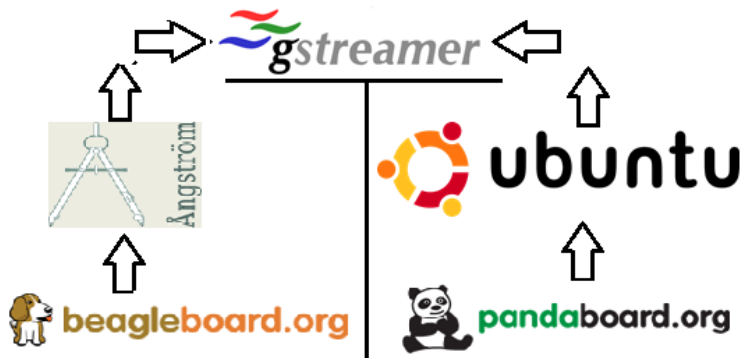


Şekil 4.6: Angstrom yüklü Pandaboardun 1080p mkv formatlıvideo oynatımındaki işlemci yükü



Şekil 4.7: Ubuntu yüklü Pandaboard üzerinde görüntü oynatımı sırasındaki işlemci yükü

Ayrıca Linux tabanlı çıkarılan işletim sistemleri arasında günümüzde en çok tercih edilen olması nedeniyle donanımsal destek kütüphaneleri de her gün güncel olarak çoğalmaktadır. GStreamer gibi OMAP4 için TI tarafından desteklenen pek çok yazılımda Ubuntu destekli olarak çıkarılmaktadır.



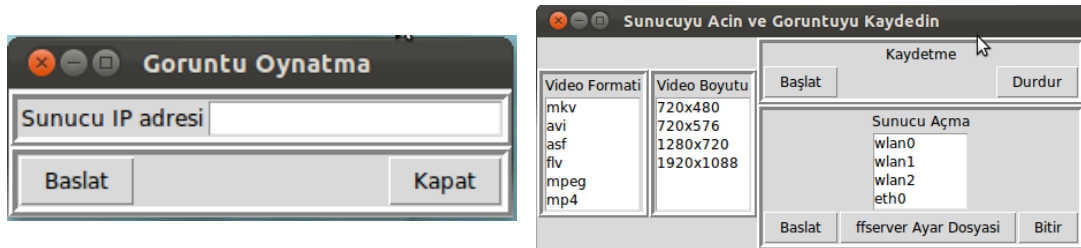
Şekil 4.8: Kullanılan işletim sistemlerinin Gstreamer bağlantısı.

#### 4.4 Sistemin Kurulumu

Geliştirme kartlarına önceki bölümde bahsedilen işletim sistemlerinin gömülmesinden sonra masaüstü görüntülerin kaydedilmesi için gstreamer, dosya formatları için kodlayıcı ve kod çözücü eklentiler (gsplugins), verimli DSP kullanımı için BeagleBoard'a DSP\_link, PandaBoard'a SysLink, ekran sunumu için gerekli olan Ffmpeg, Ffserver ve x11 kaynakları yüklendi. Kaydedilen ve istenilen formata dönüştürüldükten sonra sunumu gerçekleştirilecek görüntülerin, geliştirme kartlarında veya kullanıcıların kendi bilgisayarlarında oynatımı için Gstreamer ile paralel çalışan Linux işletim sistemleri için totem video oynatıcı, Windows işletim sistemleri için ise VLC oynatıcı tercih edildi. Ayrıca Pandaboard'a özel olarak TI\_Omap<sup>4</sup> kaynakları eklenerek Gstreamer'in çalışma prensibi olan boru hattının (pipeline) verimli şekilde kullanılması sağlandı. Beagleboardda bu kaynaklar için ise, Angstrom işletim sistemi tarafından hazır sunulduğundan ek işlem yapılmadı.

Network iletişimi için kartlar üzerinde işletim sistemlerinin desteklediği doğrultuda DHCP sunucu kuruldu. Sisteme bağlanacak bilgisayarlara atanacak iplerin ayarlaması MAC adreslerine göre yapıldı.

Ayrıca kullanımı kolay olan Python programında Linux (Şekil 4.9) ve Windows (Şekil 4.10) işletim sisteminde görüntünün gönderilmesi ve oynatımı için ara yüz tasarlanarak Beagleboard'a, Pandaboard'a, sistem dahilinde projeksiyonu kullanması amaçlanan dizüstü bilgisayarlarına ve masaüstü bilgisayara yüklendi.

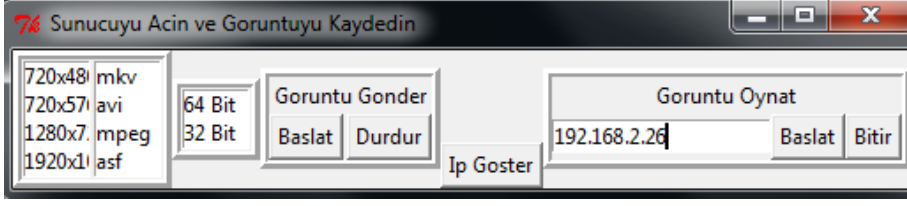


Şekil 4.9: Python dilinde yazılan görüntü oynatma (solda) ve gönderme (sağda) menüleri.

Ara yüz programlarının kontrolü için ise sistemin tamamen portatif ve kablolardan arındırılmış olması amacı ile kablosuz klavye ve fare kullanıldı.

<sup>4</sup> Texas Instrument bünyesinde, geliştiricilerin Gstreamer ve OMAP yapısının uyumu üzerine açık kaynak kodlu olarak çalışan grup [52].





Şekil 4.10: Windows 32-64 bit tabanlı işletim sistemi için yazılmış ara yüz

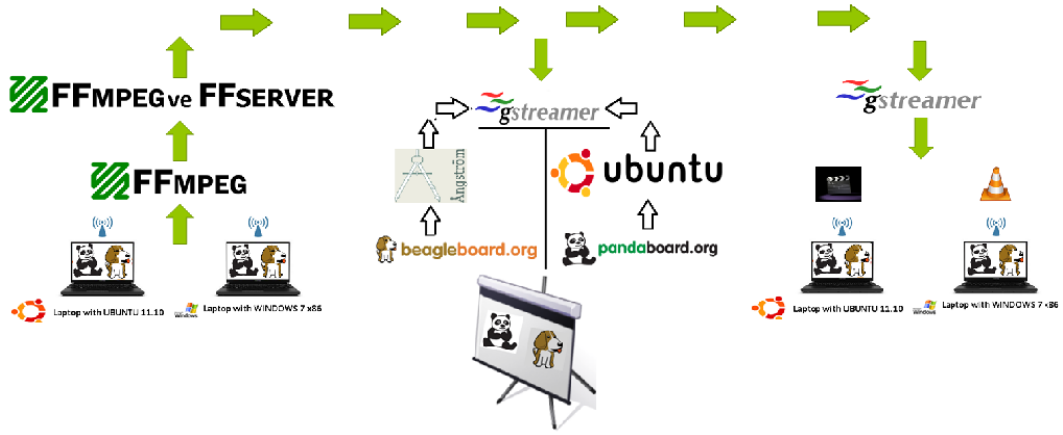
Günümüzde kullanıcısı en fazla olan Windows ve Ubuntu işletim sistemlerinin üzerinde, tasarlanan sistem denendi. Bu amaçla sunum dâhilinde test amaçlı kullanılacak ortamdaki dizüstü bilgisayarlara Windows 7 işletim sistemi ve Linux Ubuntu 11.10 işletim sistemi kuruldu. Laptopların ham video (raw video) formatındaki masaüstü görüntüsünü 1080p yüksek çözünürlüğe ve yüksek işlemci yükü dosya formatlarına çevirmeye işlemcilerinin yetmediği durum için ise hem Linux Ubuntu 11.10 hem de Windows 7 işletim sistemine sahip masaüstü bilgisayarı kullanıldı. Bütün Linux tabanlı bilgisayarlara aynı şekilde ffmpeg ve dosya formatına ait kaynaklar dâhil edilerek ffmpeg ve totem programları ile python da görüntü gönderimi ve alımı için tasarlanan ara yüzler yüklendi. Windows tabanlı bilgisayara ise VLC oynatıcı ve pythonda tasarlanan hem 32 bit hem de 64 bit destekli yazılan ara yüz yüklenerek görüntü göndermeye ve oynatmaya hazır hale getirildi (Şekil 4.11). Kullanıcıların bu programları ayrı ayrı bulma ve yükleme zorluluğu göz önüne alınarak bütün gerekli dosyalar paket haline getirilerek yükleme dosyası oluşturuldu. Sistem dahilinde kullanılan tüm yazılımların açık kaynak kodlu (open source) olmasına dikkat edildi.

Ara yüz programlarında görüntünün gönderim menüsünde pek çok görüntü çözünürlüğü ve formatını destekleyerek, kullanıcıya kolaylık sağlaması amaçlanmış ve test aşamasında pek çok formatın test edilebilmesine olanak sağlanmıştır.

Görüntüler RTSP network protokolünü kullanarak iletildi. Görüntü gönderecek bilgisayarın yerel sunucusuna görüntünün yayın yapması ve Pandaboard'un veya Beagleboard'un bu adresi kullanarak iletişimin kurulması için FFSERVER ve FFMPEG programlarının ayar dosyalarında gerekli düzeltmeler yapıldı.

Bu ayarlamalar neticesinde hem Beagleboard hem de Pandaboard üzerindeki görüntü gönderim ve oynatım değerleri, network dâhilindeki paketlerdeki veri kaybı ve gecikmeler ölçüldü.





Şekil 4.11: Sistemin Mantıksal Akış Şeması

## 4.5 Videonun Kaydedilmesi ve Gönderilmesi

Bu bölümde sistem dahilindeki geliştirme kartları ile iletişime geçip, projeksiyonu kullanacak bilgisayar tarafındaki programlar ve kullanımı hakkında bilgiler verilecektir.

### 4.5.1 FFMpeg ve X11grab

FFmpeg video formatları arasında hızlı çeviriler yapabilen, açık kaynak kodlu olarak kullanıcılara sunulan programdır. Ayrıca ses veya görüntü kaynağından yakalama yapabilir. Kullanımının basit olması ve hem Linux tabanlı hem de Windows tabanlı işletim sistemlerinde çalışması en belirgin özellikleridir[60].

Canlı olarak ses ve görüntü kaynaklarından kayıt yapabilmesi programın pek çok alanda kullanılmasını sağlamıştır. IP tabanlı web kameralar, bazı televizyon kanallarının canlı olarak internetten yayın yapması gibi uygulamalar Ffmpeg ile gerçekleştirilebilir. Ayrıca Ffmpeg paket olarak indirildiğinde bünyesinde x11grab kütüphanesini barındırır. X11grab sayesinde kullanıcının masaüstü görüntüsü canlı görüntü kaynağı olarak algılanır ve işlenmemiş veri (raw data) olarak kaydedilir.

Projemizde de X11grab kaynağı kullanılarak masaüstü canlı kaynak olarak alınmıştır. İşlenmemiş video formatında olan bu görüntü ffmpeg ile ara yüz programı tarafından istenen formata dönüştürülmektedir. Sadece projeksiyona erişim sağlayacak bilgisayarlar tarafında kullanılmıştır. Bunun başlıca nedeni ARM tabanlı sistemler için programın tam verim teşkil etmemesidir. ARM mimarisine optimize etmek için çapraz derleme (cross-compile) yapılması gerekmektedir.

#### **4.5.2 FFServer**

Ffmpeg programı ile paralel çalışan ve sunucuya görüntü aktarımını sağlayan açık kaynak kodlu yazılımdır [61]. Ffserver vasıtasıyla kullanıcılar RTSP, RTP, HTTP, STMP gibi protokoller üzerinden görüntüyü kendi yerel sunucularına aktarırlar. Görüntüyü yerel bilgisayarında oynatmak isteyen kullanıcılar ise gene Ffserver programı üzerinden sunucu ağına erişip, görüntüyü çağırırlar.

Ffserver Linux tabanlı bilgisayarlarda ayrıca kurulması gerekir. Windows tabanlı işletim sistemlerinde ise proje kapsamında da kullandığımız VideoLan tarafından açık kaynak olarak yazılan VLC oynatıcıda entegreli olarak gelmektedir.

Tasarlanan sistemde RTSP protokolü üzerinden, projektöre erişim sağlayacak kullanıcının kendi yerel sunucusunda yayın yapacak şekilde Ffserver ayarlanmıştır. Projeksiyona bağlı olan Beagleboard veya Pandaboard ise kullanıcının yerel sunucusuna bağlanıp dosyayı oynatmaktadır.

#### **4.6 Videonun Alınması ve Oynatılması**

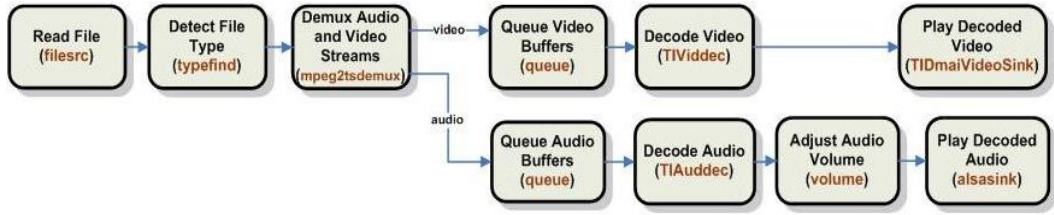
Ffserver tarafından yerel sunucuda RTSP protokolü üzerinden yayınlanan ekran görüntüsü, Pandaboard veya Beagleboard sistemlerinde Gstreamer tarafından erişilerek oynatılmaktadır. Ayrıca diğer kullanıcıların, sunulan görüntüye kendi ekranlarında ulaşabilmesi için ise Linux tabanlı bilgisayarlar için önceki bölümde bahsedilen gstreamer entegreli totem oynatıcı, Windows tabanlı bilgisayarlar için ise VideoLan tarafından desteklenen VLC oynatıcı kullanılmıştır.

##### **4.6.1 Gstreamer**

Gstreamer G objelerine dayalı olarak C dilinde yazılmış veri hattı (Pipeline) mantığı ile çalışan multimedya editörüdür. Gstreame, Ffmpeg gibi programcıya basit ses, video, kayıt ve akış düzenleme seçeneklerini sunan ve çeşitli çoklu ortam işlemlerini yapabilen bileşenler oluşturmayı sağlayan kütüphanedir. Boru hattı (Pipeline) tasarımı olması ise video editörü, akış uygulamaları, video oynatıcı gibi çeşitli çoklu ortam uygulamalarının yapılmasını sağlayan bir taban oluşturmaktadır [62].

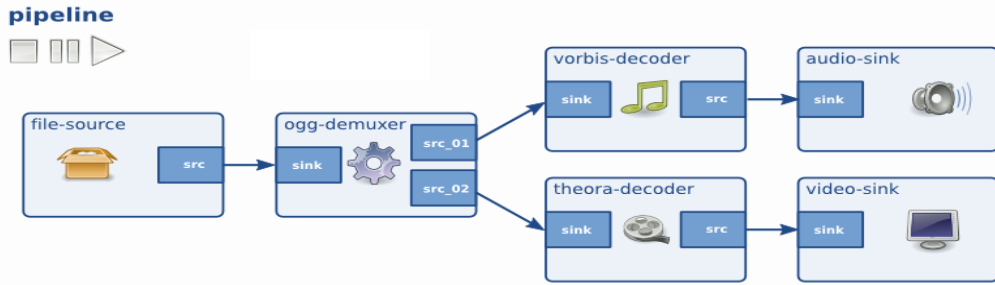
Çoklu ortam desteği (Cross-Platform) olarak Linux(x86, PowerPC ve ARM), Solaris (Intel ve SPARC), FreeBSD, MacOS X, Microsoft Windows ve OS/400 gibi sistemlerde çalışması ile kullanışlılığı artmıştır. Gstreamer Python, C++, Perl ve Ruby gibi çeşitli dillerle bağlantısı vardır. Gstreamer açık kaynak kodlu olarak sunulmaktadır.

Gstreamer boru hattı (pipeline) sistemine birden fazla işlem basamaklarını bağlayarak çalışır (Şekil 4.12). Pek çok medya oynatıcı temelde Gstreamer işlem hattını kullanmaktadır.



Şekil 4.12: Gstreamer boru hattı yapısı [62].

Aşağıdaki şekilde bir video dosyasının Gstreamer yardımı ile ogg oynatıcıda işlenmesi örneklenmiştir. Kaynak kod önce bilgisayarın hard diskinden okunur. Bu dosya OGG çözümleyiciye gönderilir. Ses kısmı ve görüntü kısmı ayrıştırılır ve farklı çözümleyicilerde işlenerek kullanıcıya oynatıcı üzerinde sunulur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: OGG oynatıcı için Gstreamer işlemi [63].

Projemizde görüntülerin sunucudan alınıp, projeksiyonda oynatıldığı Pandaboard ve Beagleboard kısımlarında Gstreamer kullanılmıştır. Bunun ana nedeni, önceki bölümde bahsedildiği gibi Ffmpeg programının ARM mimarisinde tam işlevsel çalışmamasıdır. Gstreamer ise TI tarafından desteklendiği ve kaynak erişimine izin verildiği için tercih edilmiştir. TI ayrıca Gstreamer programına OMAP4 mimarisine uygun MKV ve AVI formatlar için özel olarak bir pipeline yapısı sunmuştur [63].

#### **4.6.2 VLC (Video Lan Client)**

VideoLan firması tarafından geliştirilen, bünyesinde pek çok dosya formatı için uyumlu çözümleyiciler bulunduran, açık kaynak kodlu video oynatma aracıdır. Linux, Windows ve MacOS işletim sistemleri için sürümleri mevcuttur. Program ilk başta sadece ağ üzerinden media akışını sağlamak ve oynatmak amaçlı yazılışada günümüzde geliştirilerek en yaygın kullanılan video oynatma aracı haline gelmiştir. Ayrıca program kullanıcılara kodlarla videoları oynatabilme özelliği sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında test amaçlı kullanılan Windows işletim sistemli diz üstü bilgisayarların sunucudaki görüntülere erişebilmesi ve yerel olarak oynatabilmesi amaçlı VLC oynatıcı kullanılmıştır. Ayrıca VLC oynatıcının komut satırı kodlamalarıyla çalışması sayesinde, program python ile tasarlanan arayüz GUI ile rahatça kontrol edilmiştir.

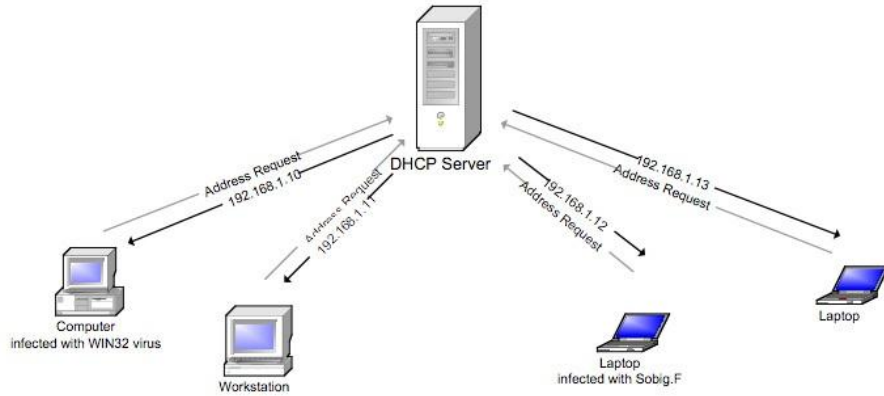
#### **4.7 Sistemler Arası İletişim**

Tasarlanan sistem dahilinde DHCP ağ kurularak RTSP protokolü üzerinden Ffserver programı yardımıyla iletişimler sağlanmış ve görüntüler projeksiyona yansıtılmıştır.

##### **4.7.1 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)**

DHCP, bilgisayarlara IP adresi ve alt ağ maskesi (subnet mask) başta olmak üzere TCP/IP parametrelerini otomatik olarak dağıtan bir protokoldür. DHCP kullanımı şu şekilde gerçekleştirilir: Bir makine DHCP sunucu olarak kurulur. DHCP sunucuda diğer bilgisayarlara dağıtılacak adresler için bir adres aralığı ve bir alt ağ maskesi tanımlanır. IP adresi ve alt ağ maskesi dışında dağıtılabilecek parametreler de (DNS ve WINS sunucu adresleri gibi) tanımlanabilir. DHCP istemci olarak belirlenmiş bilgisayarlar DHCP sunuculara başvurduklarında adres havuzlarından uygun bir adres seçilerek al ağ maskesi ile birlikte istemciye gönderilir. Bu sırada seçimsiz bilgiler (WINS sunucu ve DNS sunucu adresleri gibi) de istemciye gönderilebilir. Eğer istemci bilgisayar bu adres önerisini kabul ederse önerilen adres istemciye belli bir süre için verilir. Eğer IP adres havuzunda verilebilecek bir adres kalmamışsa ve istemci başka bir DHCP sunucudan da adres alamıyorsa TCP/IP iletişimine geçilemez. DHCP sunucular büyük alanlara kurulu olan üniversitelerde, çeşitli devlet kuruluşlarında, okullarda kurulmaktadır [64].

Projemizde DHCP sunucusu olarak Pandaboard ve Beagleboard ayarlanarak, etraftaki kullanıcılar ağa katıldıklarında IP bilgilerini kartlardan alırlar (Şekil 4.14).

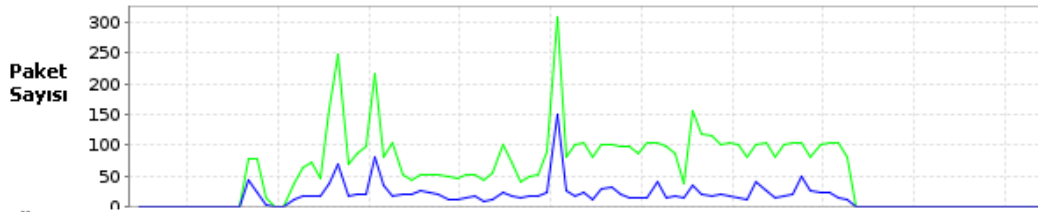


Şekil 4.14: DHCP çalışma prensibi [64].

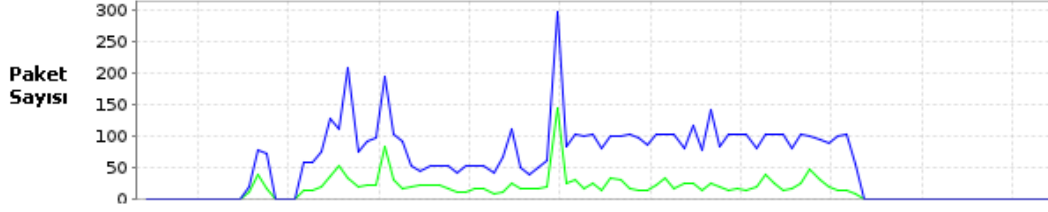
#### 4.7.2 RTSP (Real Time Streaming Protocol)

Tasarlanan sistemde sunucuda Gstreamer ve FFServer, istemcide ise VideoLan ve FFmpeg kullanılmasının bir diğer nedeni ise programların RTSP protokolünü destekleyebiliyor olmalarıdır.

Ayrıca HTTP protokolü üzerinden görüntülerin gönderilmesi test edilmiş ancak HTTP protokolünde bulunan kontrol sinyalinin her veri paketinin gönderilmesinde alıcı tarafından işlenip karşı sinyalin oluşturulması zaman aldığından tercih edilmemiştir. Şekil 4.15 ve 4.16 da HTTP protokolü üzerinden RTSP katmanını kullanmadan gönderilen veri paketlerindeki kontrol sinyallerinin hattı meşgul ettiği gözlemlenmektedir.

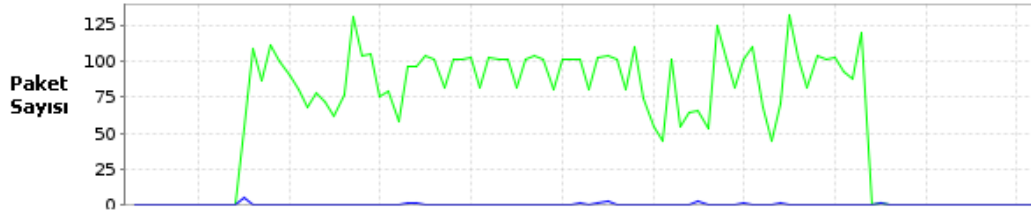


Şekil 4.15: 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun HTTP protokolü ile gönderimi

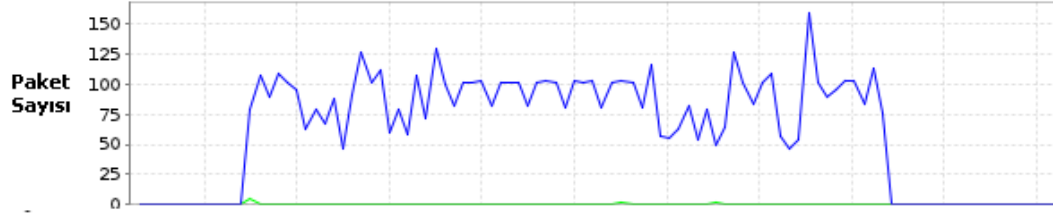


Şekil 4.16: 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun HTTP protokolü ile alımı

Gecikmenin en aza indirilmesi için RTSP protokolü kullanılmıştır. Bu protokol kapsamında kontrol sinyali eşzamanlı olarak gönderilmektedir. Bunun neticesinde taşınan veri gecikmesi azalmıştır (Şekil 4.17 ve 4.18).



Şekil 4.17: 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun RTSP protokolü ile gönderimi



Şekil 4.18: 1080p çözünürlükte mkv formatlı videonun RTSP protokolü ile alımı

#### 4.8 Çalışmanın Uygulama Alanı

Projeksiyon cihazları günümüzde pek çok alanda kullanılmaktadır. Bunların en başında konferans salonları ve eğitim-öğretim ortamları gelir. Kablolü projeksiyon cihazlarındaki sınırlılıkların her zaman yaşandığı bu ortamlarda, tasarladığımız sistem sayesinde daha rahat sunum gerçekleşecektir. Ekonomik anlamda bu gibi sorunların yeni teknolojik projeksiyon cihazlarının alımı ile giderilmesi masraflı olacağından, oluşturulan sistem bu masrafın önüne geçerek minimum harcama ile sorunların aşımında kullanılacaktır.

Ayrıca, önümüzdeki günlerde projeksiyon cihazlarına olan gereksinim, FATİH projesi ile daha da fazla olacaktır.

## 5. PERFORMANS TESTLERİ

Çalışmada avi, mkv, flv ve asf dosya formatlarının 480p, 576p, 720p ve 1080p çözünürlüklü görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Beagleboard ve Pandaboard için videoların kodlama ve kod çözme değerleri ölçülmüş ve Pandaboard'un görüntü formatları üzerindeki üstünlüğü gözlemlenmiştir.

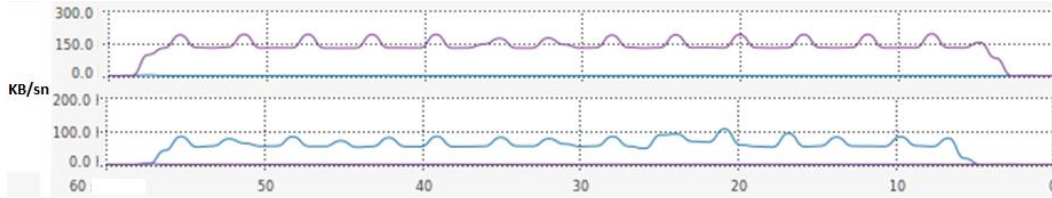
Kablosuz olarak iletişim sağlandıktan sonra veri paketlerinin gönderilmesinde ortamdaki gürültünün ve gönderilen verinin kullandığı bant genişliğinin durumuna bağlı olarak geliştirme kartlarının veriyi alım süreleri ölçülmüştür.

Beagleboard'ın 1080p çözünürlükte avi formatında video boyutundan dolayı akıcı görüntü oynatamadığı durumlarda Pandaboard 3 sn'lik bir gecikme ile akıcı video oynatmaktadır. Bunun nedeni; Beagleboard'ın 1080p çözünürlükte video oynatmalarını destekleyecek yeterli işlemci ve hafıza birimine sahip olmamasıdır. Çizelge 5.1 de görüldüğü üzere Pandaboardun çift çekirdek bir işlemcisinin olması ve RAM biriminin BeagleBoard'dan daha kabiliyetli olması nedeni ile işlemciye fazla yük düşmemiştir. Ayrıca TI tarafından OMAP4 mimarisine özel olarak tasarlanan GStreamer veri yolu yapısı sayesinde ön bellekleme (buffering) Pandaboardda en verimli şekilde yapılabilmektedir. Bunun tersine BeagleBoard ise görüntü bilgileri direk işletilmeye çalışıldığından işlemciye yük oluşturmaktadır. Beagleboard, testimizde 300 fps lik Mkv gibi ağır kod çözme işleminin olduğu formattaki videoyu 50 fps (6'da 1 oranında), Avi formatını ise 100fps (3'de 1 oranında) hızında oynatabilmiştir (Çizelge 5.1). Bu nedenden dolayı BeagleBoard üzerinde her hangi bir formatta 1080p (1920x1080) çözünürlüğünde görüntü oynatımı olmadığından transferi de mümkün değildir.

**Çizelge 5.1:** 1920x1080 (1080p) çözünürlük ve 15 fps video oynatım esnasındaki CPU yükleri

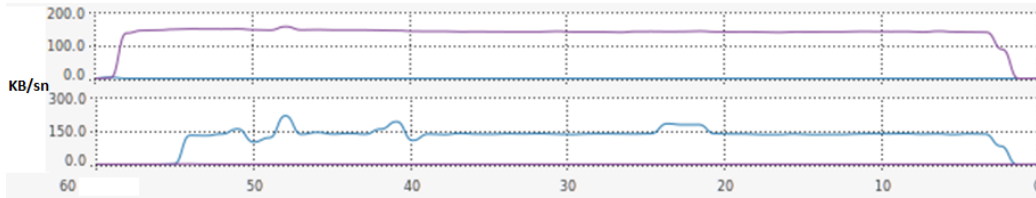
Format	İşlemcinin yüklenme oranı (%)	
	BeagleBoard	PandaBoard
Mkv	99.99(1/6)*	15.55
Asf	99.99(1/3)*	69.08
Flv	99.99(1/3)*	65.68
Avi	99.99(1/3)*	12.22

1080p görüntülerin kablosuz transferinde ise dosya formatlarının kullandığı bant genişliği, çevredeki gürültüler ve sistemlerin uzaklıkları, oluşan gecikmelerde rol oynamaktadır. Şekil 5.1 de görüldüğü üzere, sunucu bilgisayar tarafından gönderilen avi formatlarındaki veri paketinin Pandaboard tarafına erişimdeki gecikmesi, ortamdaki gürültüden dolayı 2.68 sn olarak ölçülmüştür.



**Şekil 5.1:** 1080p çözünürlükteki avi formatlı verilerin (KB) transferi ve gecikme süresi (2.68sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt)

Aynı çözünürlükteki mkv formatında ise bu değerler 5.73 sn olarak ölçülmüştür. Ortam koşulları ve sistemler arası uzaklık sabit tutulduğu bu durumda, gecikmedeki ana neden; Şekil 5.2'de de görüldüğü üzere mkv formatının kullandığı bant genişliğinin daha fazla olması ve buna bağlı olarak gönderilen verilerin daha fazla gürültüden ve çevre etkilere maruz kalmasıdır.



**Şekil 5.2:** 1080p çözünürlükteki mkv formatlı verilerin (KB) transferi ve gecikme süresi (5.73 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt)

720p çözünürlüğünde yapılan testler sonucunda ise BeagleBoard'un mkv formatında işlemci üzerine düşen yük halen fazla olduğundan, akıcı görüntü oynatamadığı diğer formatlarda ise ektradan yük oluşturulmadığı takdirde işlemci üzerindeki yük maksimum sınırlarda olacak şekilde akıcı olarak görüntüyü oynatabildiği



gözlemlenmiştir. PandaBoardun işlemci üzerine düşen yük, 1080p çözünürlükteki durumuna nazaran daha az olmuştur (Çizelge 5.2). Bu durumda Beagleboard üzerine avi formatlı görüntü verisinin paket transferi test edilmiş ve gecikme süresi işlemcideki yük nedeni ile 4.46 sn olarak ölçülmüştür. Pandaboard'da ise hem mkv hem de avi formatlı görüntü paket verisinin transferi ayrı ayrı test edilmiştir.

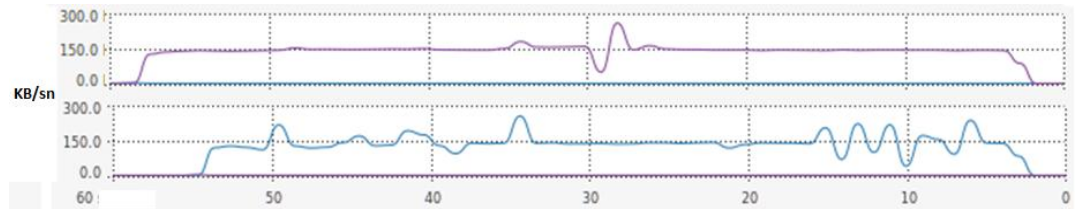
**Çizelge 5.2 :** 1280x720 (720p) çözünürlük ve 15 fps video oynatım esnasındaki CPU yükleri

Format	İşlemcinin yüklenme oranı (%)	
	BeagleBoard	PandaBoard
Mkv	99.99(1/2)*	12.80
Asf	99.02	63.65
Flv	98.99	41.61
Avi	98.22	8.63

Pandaboard üzerinde Avi formatlı görüntü testinde paketler 1.88 sn gecikmeli olarak, Mkv formatında ise bahsedildiği gibi çevresel gürültüler ve uzaklık faktörlerine ek olarak yüksek bant genişliğinden dolayı 3.58 sn gecikmeli transferlerin tamamlandığı ölçülmüştür (Şekil 5.3, 5.4).



**Şekil 5.3:** 720p çözünürlükteki avi formatlı verilerin (KB) transfer ve gecikme süresi (1.88 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt)



**Şekil 5.4:** 720p çözünürlükteki mkv formatlı verilerin (KB) transferi ve gecikme süresi (3.58 sn) Bilgisayar (üst) –PandaBoard (alt)

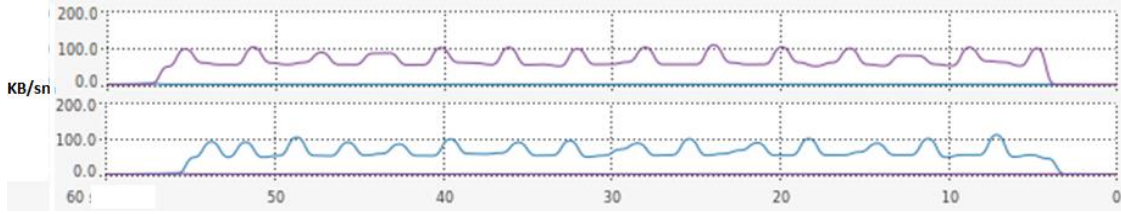
576p olarak nitelendirilen 720x576 çözünürlükteki videoların formatlara göre geliştirme kitleri üzerindeki işlemcilerde oluşturdukları yük oranları Çizelge 5.3'de görüldüğü gibidir. Bu değerler ışığında, BeagleBoard için 1080p ve 720p deki

işlevsizlik mkv formatı dışında kalkmıştır. Mkv formatında ise ağ üzerinden görüntünün transferi sırasında ekstradan yükler oluştuğu için video akıcı oynatılamamaktadır. PandaBoard da ise değerler oldukça düşük olduğundan rahat bir şekilde görüntüler transfer edilmiştir.

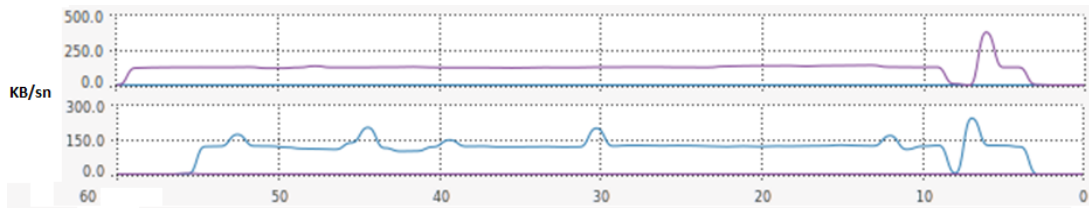
**Çizelge 5.3 :** 720x576 (576p) çözünürlük ve 15 fps video oynatım esnasındaki CPU yükleri

Format	İşlemcinin yüklenme oranı (%)	
	BeagleBoard	PandaBoard
Mkv	99.30	10.66
Asf	61.86	43.60
Flv	61.03	27.48
Avi	64.82	7.75

Pandaboard üzerinde 576p çözünürlükteki avi formatlı görüntülerin transferi 1.20 sn olmasına karşın mkv formattında ise bu değerler yüksek band genişliğinden dolayı 2.82 olarak ölçülmüştür (Şekil 5.5, 5.6). BeagleBoard 576p çözünürlükte avi formatını 3 sn ile aktarabilmektedir.



**Şekil 5.5:** 576p çözünürlükteki avi formatlı verilerin (KB) transferi ve gecikme süresi (1.20 sn) Bilgisayar (üst) – PandaBoard (alt)



**Şekil 5.6:** 576p çözünürlükteki mkv formatlı verilerin (KB) transferi ve gecikme süresi (2.82 sn) Bilgisayar (üst) – PandaBoard (alt)

Şu ana kadar anlatılan testler ve sonuçlar, görüntü formatlarının ve belli çözünürlüklerin geliştirme kartları üzerindeki işlemci yüklerini ve belli bir sunucudan geliştirme kartlarına görüntünün aktarılması, kartlar tarafından alınması arasındaki gecikme sürelerini ortaya koymuştur. Bu veriler tamamen kartların video

formatlarını çözümleyebilme kabiliyetini ortaya koymaktadır.

Çalışmamızın bir diğer boyutu ise Pandaboard ve BeagleBoard un kendi masaüstü görüntülerini kullanıcılara açmak için kaydetme kabiliyetini incelemektir. Bu durumda geliştirme kartlarının kendi ham masaüstü görüntülerini kendi dahilinde kodlayıp sunmaları gerekir.

Çizelge 5.4 de görüldüğü üzere , BeagleBoard un hiçbir dosya formatında ve çözünürlükte bunu başaramadığı gözlemlenmektedir. PandaBoard ise üstünlüğünü burda da göstermektedir.

**Çizelge 5.4 (a) :** 720x576 (576p) çözünürlük ve 10 fps ham (raw) video formatındaki masaüstü görüntüsünün belirtilen formata çevrimi ve yayını esnasındaki CPU yükleri

Format	İşlemcinin yüklenme oranı (%)	
	BeagleBoard (Yeterli Değil)	PandaBoard
Mkv	-	91.29
Asf	-	67.12
Flv	-	70.19
Avi	-	75.27

**Çizelge 5.4 (b) :** 720x480 (480p) çözünürlük ve 10 fps ham (raw) video formatındaki masaüstü görüntüsünün belirtilen formata çevrimi ve yayını esnasındaki CPU yükleri

Format	İşlemcinin yüklenme oranı (%)	
	BeagleBoard (Yeterli Değil)	PandaBoard
Mkv	-	84.29
Asf	-	55.12
Flv	-	57.19
Avi	-	67.27

Tablolardan da anlaşılacağı üzere, Pandaboard kullanıldığında, sunum yapan kişi belirtilen formatlarda arayüz vasıtası ile kendi masaüstü görüntüsünü ağa yayabilir. Ağdaki kullanıcılar projeksiyon cihazından izlenebilen bu görüntüye ayrıca yerel bilgisayarlarındanda takip edebilirler. Ancak BeagleBoardın kısıtlı kaynaklarından dolayı kendi ham masaüstü görüntüsünü kodlayamaz.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasının amacı eski tip projeksiyon cihazı kullanıcılarına ilave maliyet oluşturmadan mevcut cihazlarını ileri düzey teknoloji seviyesine getirebilmektir. Bu amaçla ARM mimarisine çalışılmış ve bu mimariyi kullanan bir sistem geliştirilmiştir. Bu geliştirmeler, Pandaboard üzerindeki modüller kullanılarak hem yazılımsal hem de donanımsal olarak gerçekleştirilmiştir. Elinizde bulunan bu çalışmada geliştirilmiş bir arayüzle tam kontrollü bir şekilde, aynı ortamda bulunan birden çok kullanıcının var olan tek projeksiyonu minimum gecikmeli olarak kullanabilmesi sağlanmıştır.

Ayrıca, projeksiyon cihazlarının, yazılan arayüz programının kontrolü ile tablet bilgisayarlarla eş zamanlı çalışması sağlanmıştır. Bu açıdan yapılan çalışma ülkemizde Milli Eğitim Bakanlığı tarafından düşünülmüş ve TÜBİTAK tarafı pekçok destek sunulan FATİH projesi kapsamında, projeksiyon cihazlarının, proje kapsamında kullanılacak tablet bilgisayarlarla uyumlu hale getirilmesinin sağlanması kısmı için temel oluşturan bir çalışma sayılabilir.

Öyle ki, FATİH projesi kapsamındaki planlanan geliştirmeler düşünülerek, yapılan tez çalışmasına, projeye paralel olacak şekilde yön verilmiş ve çalışmamızın yapılacak çalışmalara temel oluşturarak sınıf ortamlarının geliştirilmesi sağlanmıştır.

Performans analizi bölümündeki sonuçlar göz önüne alındığında, BeagleBoard için tasarlanan sistem maksimum 720p diye nitelendirilen 1280x720 çözünürlükte avi formatı 4 sn gecikmeli olarak aktarılmaktadır. Bu çözünürlüğün azaltılması aynı format dahilinde gecikmeyi minimum 2 sn'ye indirgesede görüntü kalitesindeki bozulmalar dolayısı ile tercih edilmemektedir. Mkv gibi kod çözme esnasında yüksek işlemci hızı gerektiren biçimlerdeise BeagleBoard yetersiz kaldığı testler sonucunda ortaya konmuştur.

PandaBoard da ise mkv formatlarına veri yolu yapısı (pipeline) ile sunulan destek vasıtası ile 1080p diye nitelendirilen ve yüksek çözünürlük (High Defination)

yayınların oynatımı gerçekleştirilmiştir. Ancak bu aşamada Mkv gibi yüksek bant genişliği kullanan verilerin gürültüden ve alıcı–verici arasındaki mesafeden daha çok etkilendiği ortaya çıkmıştır. Bu ise görüntülerin sunucu tarafından yüksek genişlikte çıkmasına rağmen alıcı tarafı olan PandaBoard üzerinde düşük genişlikte alınmasına neden olmuş ve bundan dolayı 6sn gecikmeler ölçülmüştür. Avi formatında ise bant genişliği makul düzeyde olduğundan gecikmeler BeagleBoard ile gözlemlenen bulgulardan daha verimli çıkmıştır.

Performans Testlerindeki bulgularda bahsedildiği üzere, PandaBoard’un 1080p dışındaki çözünürlüklerde de BeagleBoard’a nazaran daha az gecikmeli sonuçlar vermiştir. Bunun esas nedeni, önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, PandaBoard’un işlemci ve hafıza birimlerindeki üstünlüğü ve entegre olarak gelen kablosuz iletişim devresinin bulunmasıdır.

Geliştirme kartlarının alıcı taraflı analizlerinden sonra yapılan sunucu taraflı çalışma analizlerine göre de, PandaBoard’un üstünlüğü bir kez daha kanıtlanmıştır. BeagleBoard sınırlı hafıza birimi ve işlemcisi yüzünden kendi masaüstü görüntülerini kodlama sırasında yetersiz kalmıştır. PandaBoard ise 576p çözünürlükte kendi masaüstü görüntüsünü avi, mkv, flv veya asf gibi formatlara rahatlıkla dönüştürmüş ve kendi RTSP sunucusunda akışı sağlamıştır. Genel olarak bu tez çalışması dahilinde, BeagleBoard ve PandaBoard üzerinde iki ayrı sistem tasarlanmış ve birbirleriyle kıyaslamalar yapılmıştır.

Bu çalışma, gelecekteki ARM mimarisi ve Pandaboard-Beagleboard tarzı geliştirme kartları üzerindeki görüntü işlemleri ve kablosuz iletişim dâhilindeki ileriki çalışmalar için bir kaynak niteliği taşımaktadır.

## **6.2 Öneriler**

Beagleboard ile yapılan uygulama, Pandaboard kullanılarak geliştirilmiş olmasına rağmen halen beraberinde getirdiği bazı sorunlar mevcuttur. Öncelikli olarak maliyet Pandaboard ile artmış bulunmaktadır. Bu maliyet azaltılmalıdır.

Geliştirilmesi gereken bir diğer husus ise Hem BeagleBoard hem Pandaboard için ortak olan harici besleme gerekliliğidir. Besleme geriliminin projeksiyon cihazından alınması sağlanmalıdır.

Her ne kadar Pandaboard ile gecikme süreleri azaltılsa da halen minimum 2 sn'lik bir gecikme söz konusudur. Bu 2 sn'lik zaman dilimi sıfıra indirgenmeli ve tam verimli real time iletişimin sağlanması gerekmektedir.

Her iki geliştirme kartında sahip olduğu ortak eksiklik olan sadece DVI-D veya HDMI çıkışı sunmaları aşılması gereken bir diğer problemdir. Ön çevirici devrelerin sisteme adapte edilmesi kullanılabilirliği arttıracaktır.

Çalışmamızda her ne kadar ortamda ilave bir bilgisayarın bulundurulma zorunluluğu ortadan kaldırılrsa da, PandaBoard ve BeagleBoard gibi cebinizdeki bilgisayar (computer in your pocket) olarak satılan geliştirme kitlerinin işlemci kabiliyetleri sınırlı düzeyde olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak günümüzün ileri intel işlemci mimarisinin ulaşılmış olduğu performanslar beklenmemelidir. Bu açıdan hızları arttırmak amaçlı son zamanlarda çıkarılan 4 çekirdekli ARM geliştirme kitleri kullanılabilir.





## KAYNAKLAR

- [1] **Fisher J. A., Faraboschi A., Young C.**, 2005. Embedded Computing , San Francisco .
- [2] **Url-1**<<http://www.istanbulbilisim.com.tr/?act=ShowCompare&p=33330,3381>>, alındığtarih: 22.04.2012.
- [3]**Url-2** <[http://www.trademap.org/tradestat/Product\\_SelCountry\\_TS.aspx](http://www.trademap.org/tradestat/Product_SelCountry_TS.aspx)>, alındığtarih: 24.04.2012.
- [4] **Çelen F. K., Çelik A., Seferoğlu S. S.**,TürkEğitimSistemive PISA Sonuları, AkademikBilişim 2011, 2-4 şubat 2011 / İnönüÜniversitesi, Malatya
- [5]**Stephens, J., Andrew, G. H.**, United States Patent Application, No:US2006/0282793 dated 14.11.2006.
- [6] **Url-3**<[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_video\\_connectors](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_video_connectors)>, alındığtarih: 24.04.2012.
- [7]**Url-4**<<http://www.pandaboard.org>>, alındığtarih: 27.04.2012.
- [8]**Url-5**<<http://www.beagleboard.org>>, alındığtarih: 27.04.2012
- [9] **Altheide, C., Carvey, H.**, 2011. Digital Forensics with Open Source Tools.
- [10] **Jin-Shyan, L., Yu-Wei S., Chung-Chou S.**, 2007. A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. Industrial Electronics Society IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE , vol., no., pp.46-51.
- [11] **Khan, S.Q., Gaglianella, R., Luna, M.**, 2007. Experiences with blending HTTP, RTSP, and IMS [IP Multimedia Systems (IMS) Infrastructure and Services]. Communications Magazine, IEEE , vol.45, no.3, pp.122-128,.
- [12] **Schulzrinne, H., Wedlund, E.**, 2000. Application-layer mobility using SIP. Service Portability and Virtual Customer Environments, 2000 IEEE , vol., no., pp.29-36.
- [13] **Schulzrinne, H., Casner S., Frederick R., Jacobson V.**, 1996. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications
- [14] **Pura, A., Raghu, C.V.**, 2011. Design of a wireless adapter for multimedia projectors. Wireless Communication, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems Technology (Wireless VITAE), 2011 2nd International Conference on, vol., no., pp.1-4.
- [15] **Url-6**<<http://www.ti.com>>alındığtarih: 02.05.2012

- [16] **George, M., Kehtarnavaz N., Estevez, L.**, 2011. Real-time implementation of logo detection on open source BeagleBoard. Proc. SPIE 7871, 787107.
- [17] **Poudel, P., Shirvaikar, M.**, 2010. Optimization of computer vision algorithms for real time platforms. System Theory (SSST), 2010 42nd Southeastern Symposium on , vol., no., pp.51-55.
- [18] **Economides, N., Katsamakos E.**, 2006. Linux vs. Windows: A Comparison of Application and Platform Innovation Incentives for Open Source and Proprietary Software Platforms. The Economics of Open Source Software Development Pp 207-218.
- [19] **Dahnoun, N., Brand, J.**, 2011. Defining a process for rapid processor selection and algorithm development. Systems, Signal Processing and their Applications (WOSSPA).7th International Workshop on , vol., no., pp.259-262.
- [20] **Kanopure R., Ganduella A. S.**, 2012. Desktop Streaming Using Pandaboard Over WLAN. IJCST Vol. 3, Issue 1.
- [21] **Kim T. G., Kim K. H.**, 2009. Techniques of home network control using a mobile phone. Communications and Information Technology, 2009.ISCIT 2009. 9th International Symposium on , vol., no., pp.543-548.
- [22] **Url-7**<<http://www.ieee.org>>alındığı tarih: 02.05.2012
- [23] **Bernhard, H., Mangold, S., Berlemann, L.**, 2006. IEEE 802 Wireless Systems: Protocols, Multi-Hop Mesh/Relaying, Performance and Spectrum Coexistence ,NewYork
- [24] **Kim S. H., Kang J. H., Park H. S., Kim D., Kim Y.**, 2009. UPnP-ZigBee internetworking architecture mirroring a multi-hop ZigBee network topology, Consumer Electronics, IEEE Transactions on , vol.55, no.3, pp.1286-1294.
- [25] **Haartsen, J., Naghshineh, M., Inouye, J., Joeressen, O.J., Allen, W.**, 1998. Bluetooth: Visions, Goals, and Architecture. ACM Mobile Computing and Communications Review, 2 (4). 38-45.
- [26] **Ericsson Review No. 3**, 1998 BLUETOOTH—The universal radio interface for ad hoc, wireless connectivity Pp 110-117
- [27] **IEEE Std 802.15.3**, 2003, USA.
- [28] **Martin, J., Bo Li, Pressly, W., Westall, J.**, 2010. WiMAX performance at 4.9 GHz, Aerospace Conference, 2010 IEEE , vol., no., pp.1-8, 6-13 March 2010
- [29] **Greenspan, A., Klerer, M., Tomcik, J., Canchi, R., Wilson, J.**, 2008. IEEE 802.20: Mobile Broadband Wireless Access for the Twenty-First Century, Communications Magazine, IEEE, vol.46, no.7, pp.56-63, July 2008
- [30] **Stevenson, C., Chouinard, G., Zhongding L., Wendong H., Shellhammer, S., Caldwell, W.**, 2009. IEEE 802.22: The first cognitive radio

wireless regional area network standard. Communications Magazine, IEEE , vol.47, no.1, pp.130-138.

- [31] **Lacage, M., Manshaei, M. H., Turletti, T.**, 2004. IEEE 802.11 rate adaptation: apractical approach. Proceedings of MSWiM 2004. pp. 126-134.
- [32] **Yang Xiao**, 2005. IEEE 802.11n: enhancements for higher throughput in wireless LANs. Wireless Communications, IEEE , vol.12, no.6, pp. 82- 91
- [33] **Pye**, 2010. RAW vs JPEG (JPG) - The Visual Guide. Alındığı tarih: 01.06.2012, adres: <http://www.slrlounge.com/raw-vs-jpeg-jpg-the-ultimate-visual-guide>
- [34] **Altınbaşak, O.**, 2005. Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, Atlas Yayıncılık, İstanbul
- [35] **Vahid, F., Givaris, T.**,2002. Embeded System Desing, John Wiley and Sons Inc. New York, ABD.
- [36] **Dreamtech Software Team**, 2002. Programming of Embedded Systems, WileyPublishing, Inc., New York, ABD.
- [37] **Perfett, C.**, 2010. A Low Power Touch Screen Document Viewer. California Polytechnic University San Luis Obispo CPE 461 & 462 - Senior Project I & II
- [38] **Sembel, F., Winot, T.**, 2011. Heat Seeking Fire Extinguisher. Senior Design Project, Illinois University , Electrical and Computer Engineering, USA.
- [39] **Kopetz, H.**, 2011. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications Second Edition. Springer Publishing, New York. USA
- [40] **Barr, M.**, 1999. Programming Embedded Systems in C and C++, O'Reilly & Associates, Inc., California, ABD.
- [41] **Erol, O. K.**, (t.y). Gömülü Sistem Tasarımı, alındığı tarih: 01.06.2012, adres: [http://www.cizgi-tagem.org/resource/vfiles/tagem/dms\\_file/1572/](http://www.cizgi-tagem.org/resource/vfiles/tagem/dms_file/1572/)
- [42] **Pardo, J., Campelo, J.C., Serrano, J.J.**, 2004. Robustness study of an embedded operating system for industrial applications, Computer Software and Applications Conference, 2004. COMPSAC 2004. Proceedings of the 28th Annual International , vol.2, no., pp. 64- 65 vol.2, 28-30
- [43] **Furber, S.B., Wilson, A.R.**, 1987. The Acorn RISC Machine : an architectural view. Electronics and Power , vol.33, no.6, pp.402-405
- [44] **Url-8**<[http://tr.wikipedia.org/wiki/ARM\\_mimarisi](http://tr.wikipedia.org/wiki/ARM_mimarisi)> alındığı tarih: 22.11.2011
- [45]**Url-9**<<http://www.barissamanci.net/Makale/8/arm-nedir>> alındığı tarih: 12.04.2012
- [46] **Url-10**<<http://www.bilgiportal.com/v1/idx/12/342/Donanm/makale/Overclock-Nedir-Nasl-Yaplr-Resimli-Anlatm-.html>> alındığı tarih: 02.05.2012
- [47]**Url-11**<[http://www.chip.com.tr/galeri/gecmise-damgasini-vuran-isletim-sistemleri\\_1104\\_4.html](http://www.chip.com.tr/galeri/gecmise-damgasini-vuran-isletim-sistemleri_1104_4.html)>alındığıtarih: 01.05.2012

- [48] **Url-12**<<http://www.statista.com/statistics/12743/worldwide-apple-iphone-sales-since-3rd-quarter-2007/>> alındığı tarih : 28.05.2012
- [49] **Url-13**<[http://en.wikipedia.org/wiki/Texas\\_Instruments](http://en.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments)> alındığı tarih: 01.08.2011
- [50] **Martin, G. E., Chang, H.**, 2003. *Winning the SoC Revolution: Experiences in Real Design*. Kluwer Academic Publisher.
- [51] **BeagleBoard xM rev C System Reference Manual**, 2012. adres: <http://beagleboard.org>
- [52] **OMAP™ 4 PandaBoard System Reference Manual**, 2011. Adres: <http://pandaboard.org>
- [53] **Url-14**<<http://en.wikipedia.org/wiki/OMAP>> alındığı tarih: 04.04.2012
- [54] **Yaghmour, K., Masters, J., Yossef, G. B., Gerum, P.**, 2003. *Building Embedded Linux Systems* O'Reilly Media Publishing, NewYork, USA.
- [55] **Url-15**<<http://www.linusakesson.net/hardware/beagleboard/vga.php>> alındığı tarih: 04.04.2012
- [56] **DM3730 Digital Media Processor Brochure**, 2010. Adres: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/dm3730.pdf>
- [57] **OMAP™ 4 mobile applications platform**, 2010. Adres: <http://www.ti.com/general/docs/wtbu/wtbuproductcontent.tsp?templateId=6123&navigationId=12843&contentId=53243>
- [58] **Url-16**<<http://omappedia.org>> alındığı tarih: 09.12.2011
- [59] **Theodore S.**, 1996. *Wireless Communications: Principles and Practic* , IEEE Pres .
- [60] **Url-17**<<http://ffmpeg.org/documentation.html>> alındığı tarih: 02.01.2012
- [61] **Url-18**<<http://ffmpeg.org/ffserver.html>> alındığı tarih: 02.01.2012
- [62] **Gstreamer Manual**, 2012. Alındığı tarih : 02.01.2012, adres: <http://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/manual/manual.pdf>
- [63] **Url-19**< <http://gstreamer.ti.com> > alındığı tarih: 04.01.2012
- [64] **Url-20**<<http://www.esbilisim.org/dhcp-nedir/>> alındığı tarih: 02.02.2012

## ÖZGEÇMİŞ



**AdSoyad:** Hamza Osman İLHAN

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Nallıhan - 1987

**Adres:** Esenevler mh. Yunus Emre Cad. Atmaca sok.  
No:19/10 Ümraniye – İST.

**E-Posta:** hoilhan@yildiz.edu.tr

**Lisans:** Marmara Üniversitesi – Teknik Eğitim Fakültesi  
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi

**Yüksek Lisans (Varsa):** Yalova Üniversitesi – Bilgisayar Mühendisliği A.B.D