

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI BEBEK UYKU TAKİP
SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

ERAY ERKEN

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

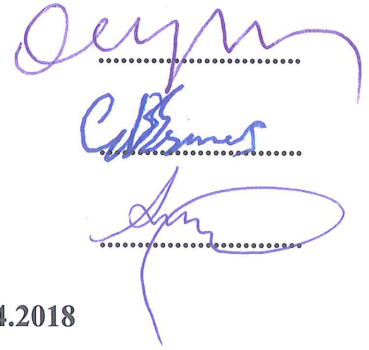
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI BEBEK UYKU TAKİP
SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

ERAY ERKEN

Prof.Dr. Oğuzhan URHAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Gökhan Bora ESMER
Jüri Üyesi, Marmara Üniversitesi
Dr.Öğr.Ü. Aysun TAŞYAPI ÇELEBİ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 04.04.2018



ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bilgi birikimiyle beni yönlendiren, sınırsız sabır gösteren değerli zamanını ve rehberliğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Oğuzhan URHAN'a ve emeği geçen tüm değerli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, verdiğim her kararda bana yol gösteren, sevgileriyle bana güç veren ve beni destekleyen sevgili eşim Pınar ERKEN ve oğlum Ahmet ERKEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, mensubu olduğum Türk Silahlı Kuvvetlerinin değerli personeline, bana manevi destek verdikleri için şükranlarımı sunar, bahtlarının ve başarılarının daim olmasını dilerim.

Nisan- 2018

Eray ERKEN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. NESNELERİN İNTERNETİ	3
1.1. Nesnelerin İnterneti ve Multimedya Nesnelerinin İnterneti Kavramları.....	3
1.2. Multimedya Nesnelerinin İnterneti Öğeleri	4
1.2.1. Sensörler	5
1.2.2. Platform, sistem ve cihazlar.....	5
1.2.3. Ağ yapıları	6
1.2.4. Bulut ve diğer ağ elemanları.....	9
1.3. Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Haberleşme Modelleri.....	10
1.3.1. Makine-makine haberleşmesi (M2M)	10
1.3.2. Makine-bulut haberleşmesi.....	11
1.4. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları.....	12
2. BEBEK UYKU TAKİP SİSTEMLERİ.....	17
2.1. Geleneksel Bebek Uyku Takip Sistemleri ve Uygulama Alanları.....	17
2.2. Günümüzde Kullanılan Bebek Uyku Takip Sistemleri	18
3. NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI BEBEK UYKU TAKİP SİSTEMİNİN RASPBERRY PI VE KAMERA MODÜLÜ KULLANARAK GERÇEKLENMESİ.....	22
3.1. Giriş	22
3.2. Bebek Uyku Takip Sisteminde Kullanılan Donanım	22
3.3. Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri	24
3.3.1. Blok bazlı mutlak fark toplamları işlemi	25
3.3.2. Gürültüden arındırma.....	27
3.3.3. Morfolojik açma	29
3.3.4. Uyanma tespiti	33
3.4. Video Akışı	34
3.5. Android Tabanlı Uygulama	34
4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	36
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR.....	42
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	47
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Cisco Tarafından Yapılan Araştırma Sonuçları.....	3
Şekil 1.2.	Akıllı Cihaz ve Platformlarda Kullanılan Örnek Dijital Sensör ve Destek Modülleri.....	5
Şekil 1.3.	Multimedya Nesnelere İnternetinde Kullanılan Örnek Platform, Sistem ve Cihazlar	6
Şekil 1.4.	Bluetooth protokolü ile direkt bağlantı kuran örnek cihazlar	11
Şekil 1.5.	Haberleşme Modelleri.....	11
Şekil 1.6.	Nesnelerin İnterneti konusunda örnek uygulama alanlarının gösterildiği ilüstrasyon.....	12
Şekil 1.7.	IP ve NDN tabanlı ağ mimarisinin karşılaştırması	13
Şekil 1.8.	Bileklik ile cihaz kontrolü çalışması.....	14
Şekil 1.9.	Yürüyüş paterni ile PIN doğrulama.	14
Şekil 1.10.	Görünür ışık kullanan Nesnelere İnterneti tabanlı örnek sistemler	15
Şekil 1.11.	Halihazırda kullanılan örnek kablosuz şarj cihazı	16
Şekil 2.1.	Örnek bebek telsizleri ve kameralar	18
Şekil 2.2.	Örnek bebek hareket ve nefes algılama sistemi	18
Şekil 2.3.	Günümüzde kullanılan örnek bebek uyku takip sistemleri.....	18
Şekil 2.4.	P. R. Myakala ve diğerleri tarafından tasarlanan Bebek Takip Sistemi şematik gösterim ve örnek uygulama görüntüsü	19
Şekil 2.5.	Örnek “Euler Video Büyütme“ yöntemi uygulanmış ardışık çerçeveler	20
Şekil 2.6.	Ziganshi ve diğerleri tarafından geliştirilen bebek takip sistemi	21
Şekil 3.1.	Tez kapsamında donanım olarak kullanılan Raspberry Pi Zero W ve kızılötesi ışık destekli kamera modülü	24
Şekil 3.2.	Geliştirilen sistemin blok diyagramı.....	24
Şekil 3.3.	Örnek Çerçeveler	25
Şekil 3.4.	MFT uygulanması.....	26
Şekil 3.5.	16×16 piksel boyutundaki blokların MFT işlemi sonrasında oluşturduğu 30 x 40 boyutundaki yeni blok.	27
Şekil 3.6.	MFT uygulanan bloklar.....	27
Şekil 3.7.	Eşik uygulanmış blokların görüntüsü	28
Şekil 3.8.	Zamanda devamlılığın kontrolü.....	29
Şekil 3.9.	Yansıma veya çevresel etki nedeniyle oluşan aşırı gürültü.....	29
Şekil 3.10.	Hedef hareketi ve hedef dışı tekli bloklar	30
Şekil 3.11.	Örnek morfolojik aşındırma işlemi.....	30
Şekil 3.12.	Örnek morfolojik genişletme işlemi	31
Şekil 3.13.	Morfolojik açma işleminin adımları.	31
Şekil 3.14.	Uygulanan morfolojik işlemlerin gösterimi.....	32
Şekil 3.15.	Örnek Bir Görüntü Dizisi İçin Hareketli Blok Devamlılığının Tespiti.....	33
Şekil 3.16.	Android tabanlı uygulamanın safhaları.....	35
Şekil 4.1.	Deney Ortamında Kamera Modülünün Bakış Açısı	36

Şekil 4.2.	Örnek ardışık çerçeveler	37
Şekil 4.3.	Yapılan testlerin sonuçları.....	37
Şekil 4.4.	Gerçek Bebek İle Yapılan Denemeler.....	40



TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Ağ Protokolleri	9
Tablo 3.1. Raspberry Pi Zero W teknik özellikleri	23
Tablo 4.1. Görüntü İşlemede Uygulanan Değerler	36
Tablo 4.2. Görüntü İşlemede Kullanılan Yöntemlerin Çerçeve Hızına Etkileri	40



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MFT()	: Mutlak Fark Toplamları
$M \times N$: Blok Boyutu
$B_t(i,j)$: t anında i ve j indisindeki blok
A	: Aşındırma uygulanacak çerçeve
Y	: Yapı elemanı
Θ	: Morfolojik Aşındırma Operatörü
\oplus	: Morfolojik Genişletme Operatörü
\circ	: Morfolojik Açma Operatörü
S_t	: t. çerçevedeki eşik değeri geçen blok sayısı
H	: Hedef cismin hareketli kabul edildiği eşik değeri
D_t	: t anında depolanmış blok sayısını
k	: normalizasyon katsayısı

Kısaltmalar

ADN	: Adressable Data Networking (Adreslenebilir Veri Ağları)
FFC	: Flat Flex Cable (Düz Esnek Kablo)
fps	: Frame Per Second (Saniyedeki Çerçeve Sayısı)
HTML	: Hyper Text Markup Language (Hiper Metin İşaretleme Dili)
H.26x	: ITU-T Video Coding Experts Group Video Sıkıştırma Standartları
IIoT	: Industrial Internet of Things (Endüstriyel Nesnelerin İnterneti)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IoMT	: Internet of Multimedia Things (Multimedya Nesnelerinin İnterneti)
IP	: Internet Protocol (İnternet Protokolü)
LoRaWAN	: Long Range Wide Area Network (Uzun Mesafe Geniş Alan Ağı)
MPEG	: Moving Picture Experts Group (Hareketli Resim Uzman Grubu)
NDN	: Named Data Networking (İsimlendirilmiş Veri Ağları)
NFC	: Near Field Communication (Yakın Alan Haberleşme)
RF	: Radio Frequency (Radyo Frekans)
SAD	: Sum of Absolute Differences (Mutlak Farkların Toplamı)
SIoT	: Social Internet of Things (Sosyal Nesnelerin İnterneti)
SMS	: Short Message Service (Kısa Mesaj Servisi)
TCP	: Transmission Control Protocol (Gönderi Kontrol Protokolü)
UWB	: Ultra Wide Band (Ultra Geniş Band)
VLC	: Visual Light Communication (Görünür Işık Haberleşmesi)
WAN	: Wide Area Network (Geniş Alan Ağı)
Wi-Fi	: Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı Alanı)
6LowPAN	: IPv6 Low-Power Wireless Personal Area Network (Düşük Güç Kişisel Alan Ağı)

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI BEBEK UYKU TAKİP SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

ÖZET

Yüksek performanslı hesaplama birimlerinin ve haberleşme maliyetlerinin gün geçtikçe ucuzlaması ile Nesnelerin İnterneti, giderek hayatımızda daha çok yer almaktadır. Bebeklerin gerek güvenlik gerekse sağlık gibi nedenlerle sürekli gözlem altında tutulma gereksinimi araştırmalar için de motivasyon kaynağı haline gelmiştir.

Bu çalışmada günümüzün bu iki güncel araştırma alanı birlikte ele alınarak Nesnelerin İnterneti konseptinde çalışan bir bebek uyku takip sistemi geliştirilmiştir. Sistem oldukça düşük maliyetli bir platform üzerinde çalışmakta olup bebeklerin uyanma veya aşırı hareketliliğinin tespitini görüntü işleme ile gerçek zamanlı olarak gerçekleştirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Hareket Tespiti, Nesnelerin İnterneti, Video Akışı.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTERNET OF THINGS BASED BABY SLEEP MONITORING SYSTEM

ABSTRACT

With the reducing cost of high-performance computing modules and communication expenses day by day, the Internet of Things is increasingly taking place in our lives. The need to constantly monitor infants for safety and health reasons has also become a source of motivation for research.

In this study, a baby sleep monitoring system that works in the concept of Internet of Things by taking these two current research fields together is developed. The system works on a very low-cost platform and carries out the detection of waking or hyper-activity of babies by image processing in real-time.

Keywords: Image Processing, Motion Detection, Internet of Things, Video Streaming.

GİRİŞ

Günlük hayatımızda kullandığımız elektronik cihazların İnternete bağlanma, veri gönderme ve alma becerisi olarak tanımlanan Nesnelerin İnterneti [1], İngilizce karşılığının kısaltmasıyla IoT (Internet of Things), kavram ve uygulama olarak hayatımızda her geçen gün daha fazla yer edinmektedir. 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'nde on beş akademisyen tarafından kahve makinesini kamera ile görmek için hazırlanan sistem, Nesnelerin İnterneti kavramının ilk adımları olarak kabul edilmiştir [2].

Nesnelerin İnterneti günümüzde de beyaz eşyalardan, otomobillere, akıllı ev sistemlerinden şirketlerin ürünleri ve lojistik sistemleri ile kurdukları geniş tabanlı ağlara kadar pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

İnternetin kablosuz olarak yaygınlaşması, hız ve kapasitesinin artması, İnternete bağlanan sistemlerin yaygınlaşması, maliyetlerinin düşmesi ve boyutlarının Nesnelerin İnterneti konseptine uyumlu olarak küçülmesi, kişi ve kurumları bu konuda araştırma ve incelemeye yöneltmektedir.

Günümüzde insanlar, dokunmatik yönetim cihazları kullanarak evlerinde aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi temel işlevleri kontrol etmek istemektedirler [3]. Bu kapsamda akıllı evler, akıllı binalar ve akıllı şehirler gibi birçok kavram Nesnelerin İnterneti çerçevesinde incelenmektedir. Akıllı bebek monitörleri akıllı ev sistemlerinin bir eklenti olarak ele alınabilir. Geleneksel bebek monitörleri sadece ses temelli çalışmakta ve bebeğin belirli bir seviyeden yüksek ses çıkarması durumunda ebeveynleri uarmaktadır. Yakın geçmişte geliştirilmeye başlanan sistemlerde ise ses bilgisine ek olarak görüntü bilgisinin de aktarılmasına başlanmıştır [4, 5]. Böylelikle ebeveynler bebeklerin uyku sırasındaki aktivitelerini izleyebilmektedir.

Öte yandan sadece görüntü aktarma yeteneğine sahip pasif bir izleme sistemi ebeveynin sürekli olarak görüntüyü takip etmesini gerektirmektedir. Bunun yerine, uyuyan bir bebeğin bir cihaz tarafından takip edilmesi, uyandığında veya aşırı

hareketlilik olduğunda ebebeyni uyarması daha uygulanabilir bir yaklaşım olacaktır. Bu çerçevede, belirtilen yaklaşımın Nesnelerin İnterneti konseptinde üretilen düşük maliyetli bir donanım, ağ imkanları ve uygun yazılım ile gerçeklenebileceği değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirme ışığında hazırlanan tez kapsamında ilk olarak, Nesnelerin İnterneti konusundaki literatür ve yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda Nesnelerin İnterneti ve Multimedya Nesnelerinin İnterneti kavramları, nesnelerin interneti öğeleri, nesnelerin internetinde kullanılan haberleşme modelleri ve Nesnelerin İnterneti uygulama alanları anlatılacaktır.

Çalışmanın ikinci kısmında, bebek uyku takip sistemleri konusunda literatürdeki çalışmalar, geleneksel bebek uyku takip sistemleri ve uygulama alanları ile günümüzde kullanılan bebek uyku takip sistemleri açıklanacaktır.

Çalışmanın üçüncü kısmında Nesnelerin İnterneti tabanlı bebek uyku takip sisteminin Raspberry Pi ve kamera modülü kullanarak gerçekenmesi adımları anlatılacak, donanım ve uyku tespitinde kullanılan görüntü işleme yöntemleri, video akışı ve tasarlanan Android işletim sistemi tabanlı uygulama incelenecektir.

Çalışmanın son bölümünde, kullanılan donanım ve görüntü işleme yöntemleri, hazırlanan test ortamında denenecek ve elde edilen sonuçlar anlatılacaktır.

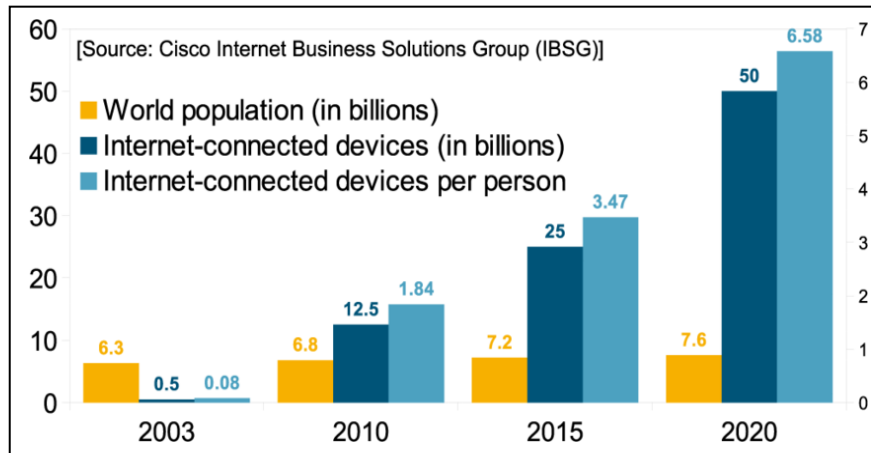
1. NESNELERİN İNTERNETİ

1.1. Nesnelerin İnterneti ve Multimedya Nesnelerinin İnterneti Kavramları

Mikrodenetleyiciler ile sayısal haberleşme için donatılmış günlük nesnelere ve bu nesnelerin birbirleriyle ve kullanıcılar ile bilgi alışverişini sağlayan iletişim protokolleri, İnternetin ayrılmaz parçası haline gelen Nesnelerin İnterneti paradigmasını oluşturmaktadır [6].

Nesnelerin İnterneti; ev aletleri, gözetleme kameraları, izleme sensörleri vb. çok çeşitli cihazlarla kolay erişim ve etkileşim sağlayarak, bir dizi uygulama geliştirmeyi teşvik etmektedir. Bireysel ve kurumsal kullanıcılara sunulan bu tür uygulamalar, algılayıcılar tarafından üretilen muazzam miktarda veri çeşitliliğinden faydalanır. Nesnelerin İnterneti konsepti kapsamında; ev otomasyonu, endüstriyel otomasyon, tıbbi yardımlar, mobil sağlık hizmetleri, yaşlı yardımı, akıllı enerji yönetimi ve akıllı şebekeler, otomotiv, trafik yönetimi ve daha birçok alanda uygulamalar bulunmaktadır.

Yapılan araştırmalara göre İnternete bağlı cihaz sayısının 2020 yılına gelindiğinde 50 milyar cihaz seviyesine çıkması öngörülmektedir. Şekil 1.1'de verilen araştırma verilerine göre; 2003 yılında dünyada kişi başına düşen birbiriyle bağlantılı cihaz oranı 0,08 iken bu oranın 2020 tahmini ise 6,48'dir [7].



Şekil 1.1. Cisco Tarafından Yapılan Araştırma Sonuçları [7]

İstatistikler, İnternet ortamında multimedya veri akışının diğer verilere oranla arttığını göstermektedir [6]. Örneğin kablosuz video akışının 2020'lere gelindiğinde tüm İnternet veri akışının %60-75'i olacağı öngörülmektedir [8]. Gelinen nokta, araştırmacıları geleneksel Nesnelerin İnterneti mimarisinin multimedya özelinde incelenmesine yöneltmektedir. Buna ilave olarak sadece multimedya özelinde değil Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things (IIoT)), Sosyal Nesnelerin İnterneti (Social Internet of Things (SIIoT)) gibi Nesnelerin İnterneti konseptinde birçok alt paradigma oluşmuştur.

Bu alt paradigmalardan olan Multimedya Nesnelerinin İnterneti (Internet of Multimedia Things (IoMT)); akıllı multimedya nesnelere, uygulamalar ve multimedya servisleri arasında etkileşim ve işbirliği olarak tanımlanmaktadır [9]. Günümüzde multimedya sistemlerinin tek başına sağladığı imkanların ağ ortamında birbirleri ve diğer ağ öğeleri ile etkileşim içerisinde kullanılabilmesine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir [6,8-10].

Bu tezde gerçekleşmesi hedeflenen Nesnelerin İnterneti tabanlı bebek uyku takip sistemi, içerdiği öğeler itibarıyla Multimedya Nesnelerinin İnterneti paradigmasının ilgi alanına girmektedir. Bu nedenle müteakip kısımlar Multimedya Nesnelerinin İnterneti özelinde açıklanmıştır.

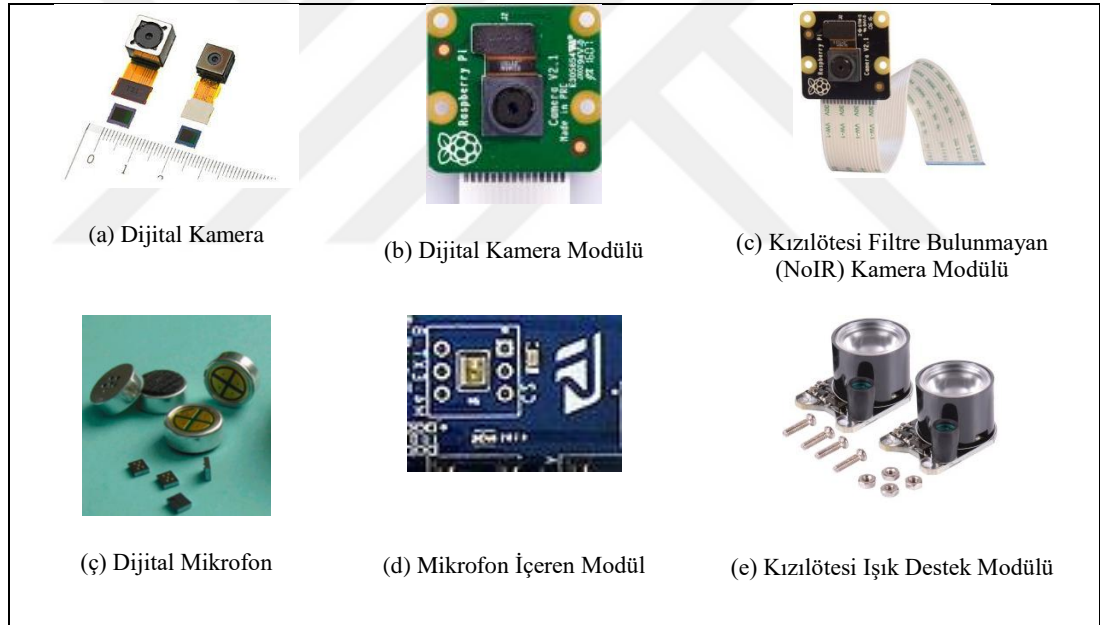
1.2 Multimedya Nesnelerinin İnterneti Öğeleri

Multimedya, diğer bir ifadeyle “Çoklu Ortam“; metin, görüntü, grafik, çizim, ses, video ve animasyonların çoklu ortam cihazlarında gösterilmesi, dosyalarda saklanması, haberleşme ağlarından iletilmesi ve sayısal olarak işlenmesi ile ilgili bir kavramdır. Multimedya nesnelerinin günümüzde, kişilerin tek başlarına kullanımından öteye İnternet ortamında yer alması, paylaşılması, depolanması multimedya kavramını Nesnelerin İnterneti kavramıyla ilişkilendirmiştir. Bu çerçevede, multimedya kavramının Nesnelerin İnterneti bağlamındaki öğeleri aşağıda açıklanmıştır.

1.2.1. Sensörler

Görüntü ve ses algılayıcılar multimedya kavramı içerisinde yer alan temel sensörlerdir. Geçmişte bu algılayıcılar büyük boyutlu ve analog veri üretebilirken, günümüzde çok küçük boyutlarda ve akıllı cihazların birer parçası olarak yer almaktadır.

Akıllı telefon, tablet, bilgisayar gibi İnternete bağlanabilen hemen her akıllı cihazda küçük boyutlu kamera ve mikrofon bulunmaktadır. İlave olarak mikrodenetleyici ihtiva eden platformlarda kullanılmak üzere kamera ve mikrofon modülleri de mevcuttur. Görünür ışık tayfı dışında kalan tayflarda görüntü elde edebilen kızılötesi dijital kamera ve kızılötesi ışık destek modülleri de sensörlerin her ortamda görüntü alabilmesini sağlamaktadır.

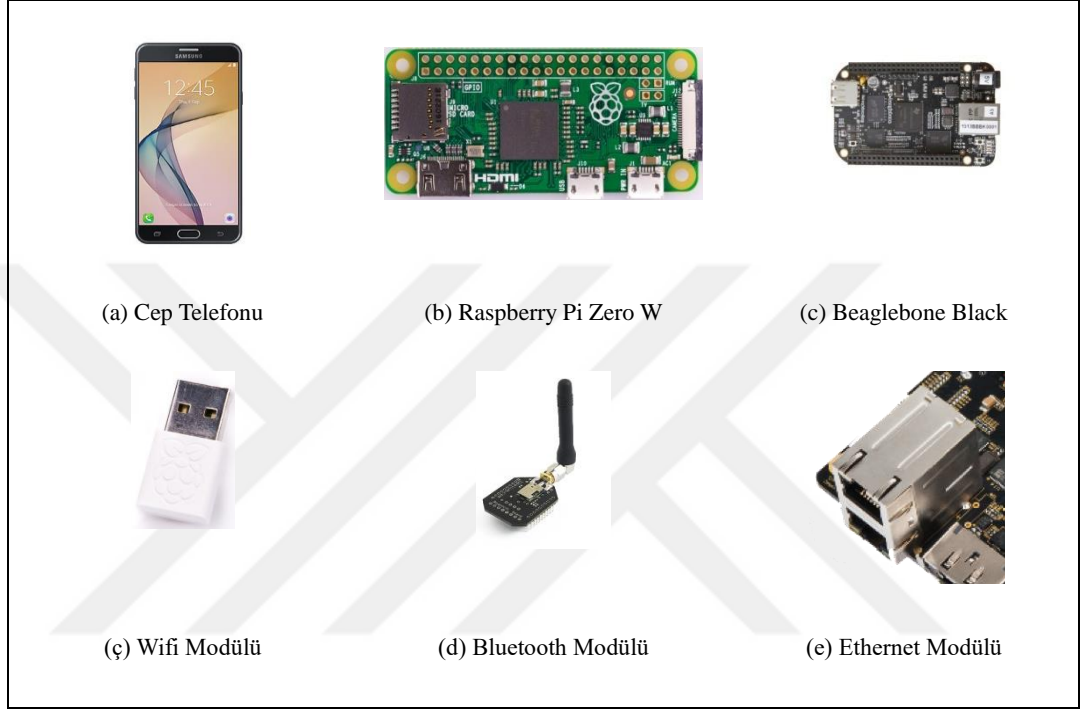


Şekil 1.2. Akıllı Cihaz ve Platformlarda Kullanılan Örnek Dijital Sensör ve Destek Modülleri [11-15]

1.2.2. Platform, sistem ve cihazlar

Görüntü veya ses elde edilmesini sağlayan sensörlerin, medya oynatıcıların, multimedya verilerinin saklandığı depolama birimlerinin ve haberleşme ağları üzerinden veri transferi ve etkileşim sağlayan protokollerin bulunduğu tüm platform, sistem ve cihazlar bu kapsamda değerlendirilebilir.

Akıllı telefon, tablet ve bilgisayar gibi uygulama tabanlı cihazların yanında, araştırmacıların farklı projelerinde kullanılmak üzere tasarlanmış Raspberry Pi, Beaglebone benzeri mini bilgisayar kartları, mikrodenetleyici içeren geliştirme kartları ve bu platformların İnternete veya ilgili cihaza bağlantısını sağlayan Bluetooth, WiFi, Ethernet modülleri bulunmaktadır.



Şekil 1.3. Multimedya Nesnelerinin İnternetinde Kullanılan Örnek Platform, Sistem ve Cihazlar [13,16-18]

1.2.3. Ağ yapıları

Nesnelerin İnterneti paradigmasını oluşturan temel öğelerden birisi de nesnelerin birbiriyle etkileşime girmesi ve veri transferini sağlayan alt yapıdır. Nesnelerin İnterneti adında her ne kadar İnternet kelimesi bulunsa da nesnelerin iletişimini sağlayan her türlü ağ ve iletişim aracı bu altyapıyı oluşturmaktadır. Wi-Fi ve Bluetooth'un birlikte kullanıldığı akıllı ev sistemleri bu yapıya bir örnek olarak gösterilebilir. Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, 6LowPAN, Thread, Mobil Ağlar (GPRS, 3G, LTE, NB-IoT), NFC, Sigfox, Neul, LoRaWan, Nesnelerin İnternetinde kullanılan önemli protokollerden bazılarıdır. Bu protokoller kısaca aşağıda açıklanmıştır. Ayrıca Tablo 1.1'de bu protokollere ait rakamsal değerler verilmiştir.

“Wireless Fidelity“, (Kablosuz Bağlantı Alanı) kelimelerinin kısaltması olan Wi-Fi, kişisel bilgisayar, video oyunu konsolları, dijital ses oynatıcıları ve akıllı telefonlar gibi cihazların kablosuz olarak birbirlerine bağlanmasını sağlayan teknolojidir. Günümüzde klasik Wi-Fi bağlantısı yanında kullanıcılara Wi-Fi Direct, Wi-Fi HaLow, Wi-Fi Home Design, Wi-Fi Location, Wi-Fi Protected Setup, Wi-Fi Time-Sync, Wi-Fi Vantage gibi çözümler de sunulmaktadır [19].

Bluetooth, kablo bağlantısını ortadan kaldıran kısa mesafe radyo frekansı (RF) teknolojisinin adıdır. Bluetooth özellikle giyilebilir akıllı teknolojilerde öne çıkmaktadır. Bluetooth Low-Energy (BLE), sağlık alanında, fitness'ta, güvenlik ve ev eğlence sistemlerinde yeni uygulamalar hedefleyen Bluetooth Special Interest Group (SIG) tarafından tasarlanan ve pazarlanan kablosuz kişisel alan ağı teknolojisidir. Son olarak Bluetooth 5 standardı 2016 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Bluetooth 5, BLE'ye göre; 2 kat daha hızlı ve 4 kat daha uzun mesafede haberleşme imkanı sahiptir. Ayrıca optimizasyonlar ile veri iletiminde etkinlik artırılmış ve enerji tüketimi azaltılmıştır [20].

ZigBee, IEEE 802.15.4 altyapısında ve standart çokgen ağ (Mesh Network) ile uygulama profilleri kullanılarak kurulan kısa mesafe kablosuz ağ standardı olarak tanımlanır. Sistem esnekliği, birlikte işlerliği, güvenilirliği, düşük maliyeti ve enerji tasarrufu gibi avantajları göz önüne alındığında ZigBee, nesnelerin iletişimde yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. ZigBee, kablosuz iletişim kanallarının otomatik olarak aranmasına ve çok sayıda kablosuz ağın bir arada var olmasına imkân tanımaktadır [21].

Z-wave otomasyon konusunda başarısını ispatlamış, tüm dünyada kabul görmüş ve bir çok firmanın hali hazırda kullandığı kablosuz iletişim protokolü ve standardıdır (ITU-T G.9959). Evinizdeki/ofisinizdeki elektrik/elektronik cihazların birbirleri ve ayrıca kullanıcı ile (tablet/akıllı telefonlar aracılığıyla) kablosuz haberleşmesine olanak sağlar. Dünya genelinde 300'ün üzerinde firma tarafından ev/ofis otomasyonuna yönelik ürettikleri ürünlerinde kullanılmaktadır. Görece daha yeni olan bu protokolün, yaygın olarak kullanılan ZigBee protokolüne göre güvenilirlik, kolay kullanım ve birlikte işlerlik konularında avantajları bulunmaktadır [22].

6LoWPAN, IEEE 802.15.4 standardı ve IPv6 ağ teknolojisini kullanmaktadır. Birden fazla sayıda sistem, cihaz veya sensörün, daha az enerji ile geniş spektruma yayılan veri tiplerini aralarında transfer edebildikleri iletişim ağıdır [23, 24].

Thread, özellikle ev otomasyonu için tasarlanmış, IPv6 ağ teknolojisini ve düşük güç tüketimli IEEE 802.15.4 MAC/PHY standardını kullanan bir protokoldür. Thread, İnternet ağının özellikle ağ katmanında güvenli veri akışı sağlamaktadır [25].

Mobil Ağlar, cep telefonlarının Nesnelerin İnterneti içerisindeki yeri göz önüne alındığında, yerel alanda bulunan nesnelerin daha uzakta bulunanlar ile iletişime geçebilmesi için en etkili yollardan biridir. Geçmişten günümüze GSM/GPRS/EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G) ve LTE (4G) protokollerini kullanan mobil ağlar gelişimine 5G ve özellikle akıllı uygulamalar için geliştirilen NB-IoT (Narrow Band-Internet of Things) ile devam etmektedir.

İlk kez, telekomünikasyon şirketleri arasındaki üçüncü nesil mobil iletişim (3G) ortaklık projesi kapsamında oluşturulan 3GPP tarafından önerilen NB-IoT, özellikle akıllı çevre uygulamaları için tasarlanmış Düşük Güç Geniş Alan (Low Power Wide Area-LPWA) teknolojisidir. NB-IoT, veri düzlemleri ve nesneler arasındaki yoğun bilgi akışını, düşük güç tüketimi ve hücresel ağın günümüzde sunduğu geniş imkanlar ile sağlamaktadır [26].

NFC, Yakın Alan İletişimi; müşteri elektroniği, mobil cihazlar ve bilgisayarlar ile etkileşim için tasarlanmış bir kısa menzilli, kablosuz, kişisel iletişim alanı teknolojisidir. Yakın Alan İletişimi manyetik alan indüksiyonu kullanarak çalışır ve etiket ile okuyucu işlevine sahiptir. Bu teknolojiyi kullanan cihazları birbirlerine dokundurularak veya yakın mesafeye getirilerek 2 yönlü iletişim sağlanabilir [25].

Sigfox, Güç tüketimini en aza indirmek için ultra dar bant aralığını kullanan hücresel iletişim çeşididir. Ev/bina sayaçları, alarm sistemleri, sokak aydınlatması, güvenlik sistemleri başta olmak üzere akıllı ev ve akıllı şehirlerde kullanılmaktadır [27, 28].

Neul, yüksek ölçeklenebilirlik, yüksek kapsama alanı, düşük güç tüketimi ve düşük maliyeti ile kablosuz ağlar arasında önemli bir konuma sahiptir. 1 GHz bandının altında saniyede 100 kbps'ye kadar veri iletim hızına sahiptir [28, 29].

LoRaWAN, çok az güç kullanacak şekilde optimize edilmiş olup, uzun menzilli, geniş alanlı ağ (WAN) özelliklerine sahiptir. Böylece, LoRaWAN Nesnelerin İnterneti ağı içindeki kablosuz ve pille çalışan uç noktalar için mükemmel bir çözüm sunar. 0,3 kbps'den 50 kbps'ye kadar veri hızı sağlayarak iki yönlü haberleşmeleri güvenli bir şekilde gerçekleştirebilir [25].

Tablo 1.1. Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Ağ Protokolleri [19-29]

Protokol Adı	Standart	Frekans	Mesafe	Veri Hızı
Bluetooth	Bluetooth 4.2/5	2.4GHz (ISM)	50/200m	1/2 Mbps
Zigbee	IEEE802.15.4	2.4GHz	10-100m	250kbps
Z-Wave	Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959	900 Mhz (ISM)	30m	9.6/40/100kbit/s
UWB	ARIB STD-T91	3.1-10.6 GHz	-	10 metrede 100 Mbps
6LowPAN	RFC6282	Kullandığı Protokol Frekansısı	-	-
Thread	based on IEE-E802.15.4 and 6LowPAN	2.4GHz (ISM)	-	-
Wi-Fi	802.11n	2.4-5 GHz	~50m	150-200 Mbps
Hücreyel Ağ	GSM/2G/3G/4G	900/1800/1900/2100MHz	35 km maks.	Veri indirme: 35-170kps (GPRS), 120-384kbps (EDGE), 384Kbps-2Mbps (UMTS), 600kbps-10Mbps (HSPA), 3-10Mbps (LTE)
NFC	ISO/IEC 18000-3	13.56 MHz (ISM)	10 cm	100-420 kbps
Sigfox	Sigfox	900 Mhz	30-50 km (açık alan)	10-1000 bps
Neul	Neul	900MHz (ISM)	10 km	~100 bpps
LoRaWAN	LoRaWAN	Çeşitli	15 km km (açık alan)	0.3-50 kbps

1.2.4. Bulut ve diğer ağ elemanları

Nesnelerin İnterneti cihaz ve sistemleri, ağ içerisinde konumlandırılmış sunucu ve istemci bilgisayarlar, yönlendiriciler, ağ geçidi ve anahtar gibi ağ elemanlarını kullanmaktadır. İlave olarak bu nesneler gerekli durumda yeni nesil bilişim teknolojisi olan bulut bilişimden de faydalanmaktadır.

Bulut Bilişim, IBM tarafından ilk defa 2007 yılında gündeme getirilmesinden bu yana, IBM, Google, Amazon, Microsoft gibi dev şirketlerin yanı sıra diğer büyük kurum, şirket ve kuruluşlar tarafından desteklenmektedir. Bulut Bilişim, yapılandırılabilir bilişim kaynaklarından oluşan ortak bir havuza, uygun koşullarda ve isteğe bağlı olarak her zaman, her yerden erişime imkân veren bir teknolojidir [30].

Konvansiyonel bulut bilişimde tüm veri merkezi sunuculara yüklenmekte, işlendikten sonra ilgili yerlere transfer edilmektedir. Bu işlemler ağ üzerinde bir yük oluşturmaktadır [31]. Daha önceki bölümlerde bahsedilen İnternete bağlı cihaz sayısının dolayısıyla da veri miktarının artması bu yükü daha da fazla artıracaktır. Bu yükün azaltılması ve etkinliğin artırılması maksadıyla Bulut Bilişim yanında Sis Bilişim (Fog Computing), Uç Bilişim (Edge Computing) gibi kavramlar geliştirilmiştir. Bunlar, nesnelerin ürettikleri veriyi merkezi bir sunucuya gönderip de işlenmesini sağlayan mimarinin aksine, önce yerel bir noktada analiz edilmesini ve ihtiyaç olunan kadarının merkezi sunuculara gönderilmesini öneren mimarilerdir.

1.3. Nesnelerin İnternetinde Kullanılan Haberleşme Modelleri

Nesnelerin İnterneti, kavram olarak bireyler dışında kalan, İngilizce ifadesiyle “Things“, Türkçe ifadesiyle “Şeylerin“ özne, İnternet ve ağ sisteminin de nesne ve yüklemine oluşturduğu bir modeli anlatmaktadır. Bu modelde nesneler, mecazi anlamda kişileştirilerek birbirleriyle veya bilgisayar programlarıyla iletişime geçmektedir. Bu bağlamda makine-makine haberleşmesi ve makine-bulut haberleşmesi Nesnelerin İnternetinde kullanılan iki temel haberleşme modelidir.

1.3.1. Makine-makine haberleşmesi (M2M)

Makine-Makine Haberleşmesi, arada herhangi bir yardımcı donanım olmadan nesnelerin birbirleriyle bağlantı kurdukları ve veri transferi yaptıkları bir modeldir [32]. Bu modelde birebir iletişim sadece İnternet ortamında IP tabanlı olarak gerçekleşmeyebilir. Bölüm 1.2.3'te bahsedilen haberleşme protokolleri veya İnternet ortamında ağ eleman ve modellerinin yardımıyla kurulan iletişim de bu kapsamdadır. Örneğin Şekil 1.4'te Bluetooth protokolü ile doğrudan bağlantı kuran örnek cihazlar gösterilmiştir.

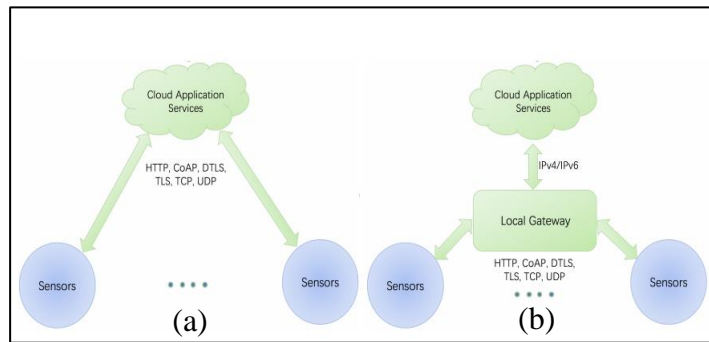


Şekil 1.4. Bluetooth protokolü ile direkt bağlantı kuran örnek cihazlar [33]

Kullanıcı perspektifinden bakıldığında makine-makine haberleşmesinin uyumluluk sorunu vardır. Cihazların haberleşmesini sağlayan pek çok protokol birbirini desteklememektedir. Örneğin Z-Wave protokolünü kullanan bir akıllı ev sistemi Zigbee protokolünü kullanan cihaz ile iletişim kuramaz [34]. Bu durumda ara sistemler kullanılarak uyum sorunu giderilmektedir.

1.3.2. Makine-bulut haberleşmesi

Bu modelde nesnelere, bulut bilişimde servis sağlayıcı olarak yer alan uygulama ve programlar ile iletişime geçerek işlem veya veri depolama, veri indirme vb. hizmetlerden faydalanırlar [32]. Bu modelde İnternete bağlantı geleneksel kablolu veya Wi-Fi protokolü ile sağlanırken, veri işleme ve transfer işlemlerinde ağ sisteminin diğer eleman, yöntem ve protokolleri kullanılmaktadır. Doğrudan makine bulut haberleşmesi ve ağ geçidi kullanarak makine bulut haberleşmesi Şekil 1.5'te gösterilmiştir.



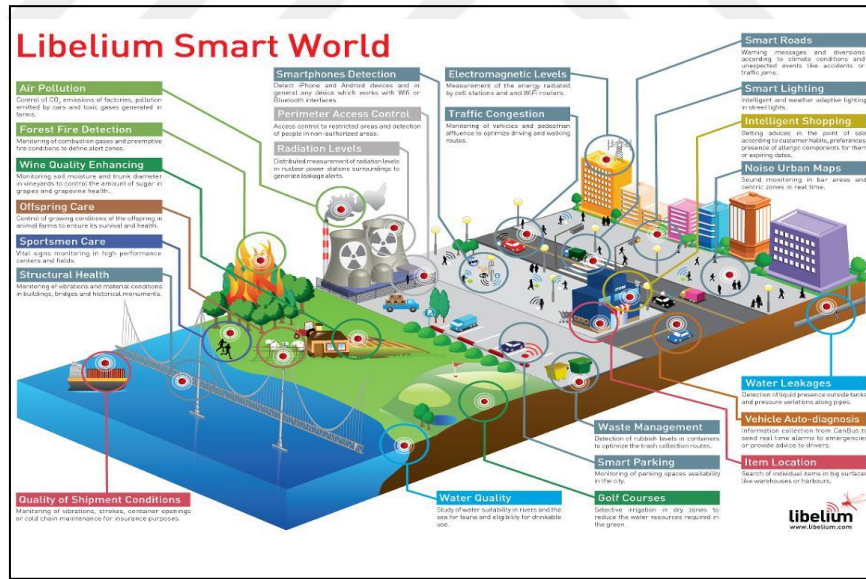
Şekil 1.5. (a) Makine bulut haberleşmesi, (b) Ağ geçidi kullanarak makine bulut haberleşmesi [31]

1.4. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları

Nesnelerin İnterneti konusundaki akademik çalışmalar incelendiğinde, ilgi alanının genel olarak;

- Bulut bilişim de dahil olmak üzere tüm ağ yapısının Nesnelerin İnterneti konseptinde ele alınması,
- Cihazlar, sensörler gibi fiziksel nesneler ve akıllı ev sistemleri, akıllı şehirler vb. uygulama alanları ve bu alanların yönetimi,
- Sosyal ağlar gibi yazılımsal uygulama alanları ve bu alanların yönetimi,
- Kablosuz haberleşme yöntemleri, protokolleri,
- Nesnelerin İnternetinde ağ güvenliği, konularında olduğu görülmektedir [35-48].

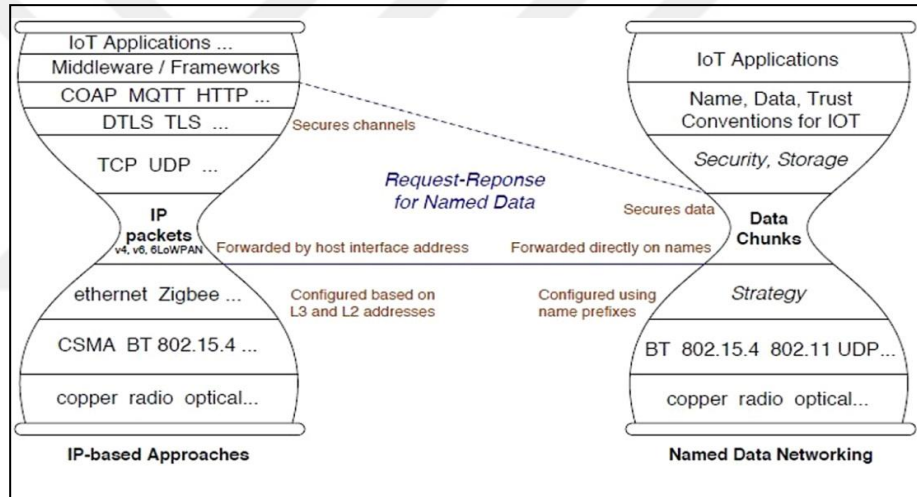
Diğer taraftan Şekil 1.6'da yer alan gösterimde, sosyal alan ve endüstride Nesnelerin İnternetinin kullanıldığı örnek kullanım alanları verilmiştir. Bu gösterimden görüleceği gibi İnternetin olduğu hemen her alanda Nesnelerin İnternetinin var olduğundan bahsedebiliriz.



Şekil 1.6. Nesnelerin İnterneti konusunda örnek uygulama alanlarının gösterildiği illüstrasyon [36]

Genel ilgi alanları çerçevesinde örnek çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

W. Shang ve diğerleri ile M. Chowdhury ve diğerleri tarafından; aynı ortamda bulunmalarına rağmen bulut bilişim servislerini kullanmaları nedeniyle TCP/IP protokolü ile bağlanan akıllı ev nesnelerinin birbirleriyle kurdukları iletişim etkinliğinin artırılması için İsimlendirilmiş Veri Ağları (Named Data Networking-NDN) kullanımı ve NDN mimarisinde veri güvenliği konuları incelenmiştir. İsimlendirilmiş veri ağları mimarisinde kullanıcı (IP) tabanlı yönlendirme yerine, isim tabanlı yönlendirme kullanılmaktadır. Bu mimaride, NDN protokolü kullanılarak, sadece uygulama verilerini içeren özel veri paketleri oluşturulmakta ve isim tabanlı yönlendirme yapılmaktadır [37, 38]. Çalışmanın temelini oluşturan NDN modeli ile klasik IP tabanlı ağ modeli Şekil 1.7’de gösterilmiştir.

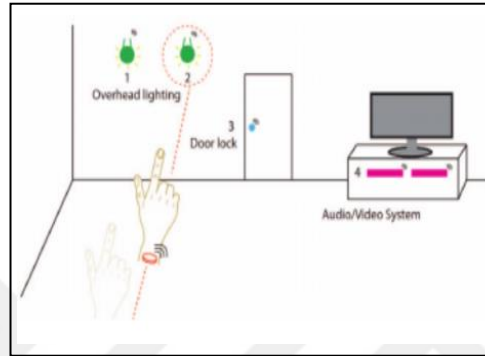


Şekil 1.7. IP ve NDN tabanlı ağ mimarisinin karşılaştırması [37]

J. J. Garcia tarafından; yukarıda bahsedilen NDN protokolü yerine Adreslenebilir Veri Ağları (Addressable Data Networking-ADN) kullanımı önerilmektedir. NDN’den farklı olarak ADN mimarisi, adres tabanlı bir yönlendirme düzlemi kullanır ve verileri, uygulamaların katılımı olmaksızın adreslere sorunsuz şekilde yönlendirebilmektedir [39].

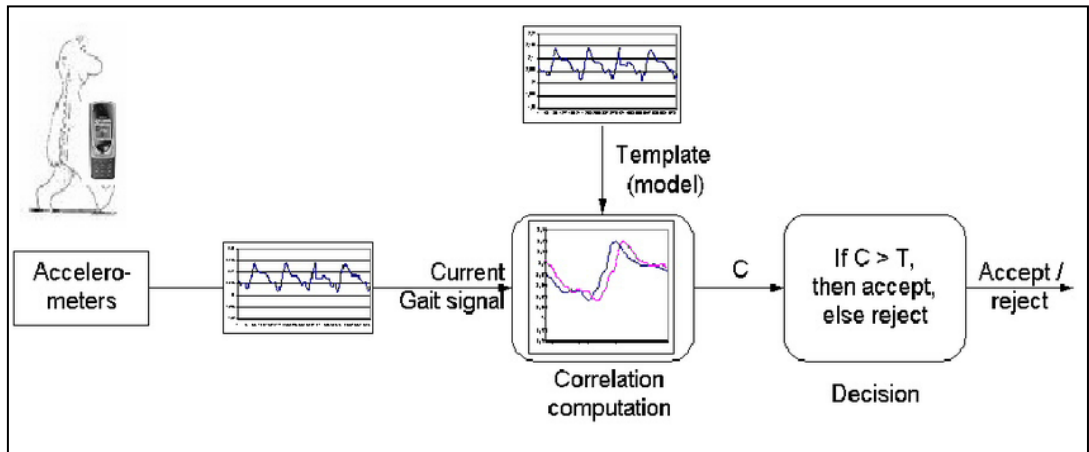
J. Hall ve diğerleri tarafından; Nesnelerin İnterneti için yeni bir komut mesaj servisi (CoMPES) hazırlanmıştır. Bu komut servisi ile nesnelerin kontrolünü etkili ve hızlı bir şekilde uygulayan ölçeklenebilir ve uyarlanabilir bir iletişim sistemi oluşturulmuştur [40].

A. Alanwar ve diğeri tarafından; ultra geniş band (UWB) ile donatılmış bir bileklik kullanılarak nesnelerin el hareketiyle işaret edilmesi sonrasında seçim ve kontrol işlevlerini yerine getiren bir sistem önerilmiştir [41]. Önerilen sistem Şekil 1.8'de gösterilmektedir. Nesnelere ile bileklik arasındaki mesafeler sürekli ölçülmektedir. Elin ilgilenilen nesneye doğru yönelmesi ve bu sayede nesne ile bileklik arasındaki mesafenin kısılması sonucunda hangi nesnenin seçildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 1.8. Bileklik ile cihaz kontrolü çalışması [41]

W. Xu ve diğeri tarafından; akıllı saatlerin veri güvenliği konusuna alternatif bir yaklaşım getirilmiştir. Bu çerçevede, normal yürüyüş, telefonla konuşurken yürüyüş gibi farklı paternleri içeren yürüyüş hareketlerinin akıllı saat vasıtasıyla analiz edilmesi ile örüntü tanıma uygulaması hazırlanmıştır. Bu uygulamayla, pin kodu benzeri doğrulama yöntemlerine alternatif olarak kişilerin yürüyüş paterni doğrulama kodu olarak kullanılmıştır [42]. Şekil 1.9'da uygulamanın çalışma mantığı gösterilmektedir.



Şekil 1.9. Yürüyüş paterni ile PIN doğrulama [42]

J. E. Kim ve diğeri tarafından; yeni bir paradigma olan Sosyal Nesnelerin İnterneti (Social Internet of Things (SIoT)) kullanılarak bir uç programlama aracı geliştirilmiştir. Bu araçla sosyal ağlarda sadece kişiler arası değil nesnelere arası etkileşim ve veri alışverişi gerçekleştirilmiştir. Bu etkileşim kullanılarak kişilerin kayıtlı özelliklerine göre sosyal ağ programının otonom kararlar vermesi sağlanmıştır [43].

S. Schmid ve diğeri tarafından; görünür ışık haberleşmesi (Visible Light Communication VLC) için yazılım tabanlı bir uygulama önerilmiştir. Bu çalışmada, çevre koşullarına göre bağlantı hassasiyetini adaptif olarak değiştirebilen ve iç mekanda VLC kullanarak ağa bağlanabilen bir uygulama tasarlanmıştır [44]. Görünür ışık kullanan Nesnelerin İnterneti tabanlı örnek sistemlere ait gösterim Şekil 1.10'da belirtilmiştir.



Şekil 1.10. Görünür ışık kullanan Nesnelerin İnterneti tabanlı örnek sistemler [45]

Z. Dong ve diğeri tarafından; şu anda ve gelecekteki akıllı evler için Otomatik Ayarlanabilir Kablosuz Şarj (ATHOME) konsepti sunulmuştur. ATHOME, toplam şarj gücünü ve bu sayede enerji maliyetini en düşük düzeye indirmek için, sürekli çalışan kablosuz şarj cihazlarının şarj gücünü otomatik olarak, akıllı cihazları besleyecek kadar, enerji sağlamak üzere ayarlar [46].



Şekil 1.11. Halihazırda kullanılan örnek kablosuz şarj cihazı [47]

S. Rani ve diğerleri tarafından; Multimedya Nesnelerinin İnterneti için yeni bir haberleşme protokolü önerilmiştir. İnternet ortamında, multimedya uygulamaları için iletim hızının yüksek ve enerji etkin olması gerektiği savunulmuş, öneri olarak, multimedya cihazlarından gönderilen verilerin iletimi esnasında kullanılan fiziksel, veri bağlantı (data link) ve ağ (network) katmanları arasında çapraz bağlantı oluşturulması düşünülmüştür. MATLAB programı kullanılarak yapılan analizlerde önerilen protokolün daha iyi sonuç verdiği değerlendirilmiştir [48].

2. BEBEK UYKU TAKİP SİSTEMLERİ

İnsan yaşam biçiminin hızla şehirleşmesi temel yaşamı derinden etkilemektedir. Her geçen gün yoğunlaşan şehir hayatı insanların çocuklarına göstermeleri gereken ilgiyi azaltmakta ve yine özellikle bebekleri olanlar, bebek bakımı ve takibi nedeniyle yapmaları gereken işleri ihmal edebilmektedir [49]. Sosyal hayat ve bebek bakımı arasındaki dengenin sağlanması adına geçmişten günümüze çeşitli teknolojik çözümler üretilmiştir. Bebeklerin uykudan uyandığında belirli bir süre yalnız kalmalarının ebeveynleri endişelendirmesi veya sağlık problemleri nedeniyle sürekli takip edilme zorunluluğu bebek takip sistemlerini bir ihtiyaç haline getirmiştir. Geçmişten günümüze bu ihtiyaçlar genel olarak değişmese de gelişen teknoloji ile birlikte çeşitli sistem ve cihazlar bebek takibi için kullanılmaktadır. Sadece bebeklerin uyku takibine özel bir cihaz bulunmamakla birlikte mevcut takip cihazları uyku takibi maksatlı olarak da kullanılmaktadır.

2.1. Geleneksel Bebek Uyku Takip Sistemleri ve Uygulama Alanları

Geleneksel olarak bebek ve bebek uyku takibi, ses ve hareket algılama temelli cihazlar ve kamera ile yapılmaktadır. Bu kapsamdaki cihazlar incelendiğinde genel olarak;

- Bebeklerin ihtiyaçlarını ağlayarak anlattıkları varsayımından hareketle, ağlama sesini ileten bebek telsizleri,
- Özellikle ani bebek ölümü benzeri sağlık probleminden doğan ihtiyaçlar kapsamında; kalp ritminin, nefes alıp vermesinin ve vücut hareketlerinin algılandığı sistemler,
- RF kamera ile görüntü aktarma sistemleri, kullanılmaktadır.

Bu cihaz ve sistemlere ait örnekler Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Örnek bebek telsizleri ve kameralar [50]

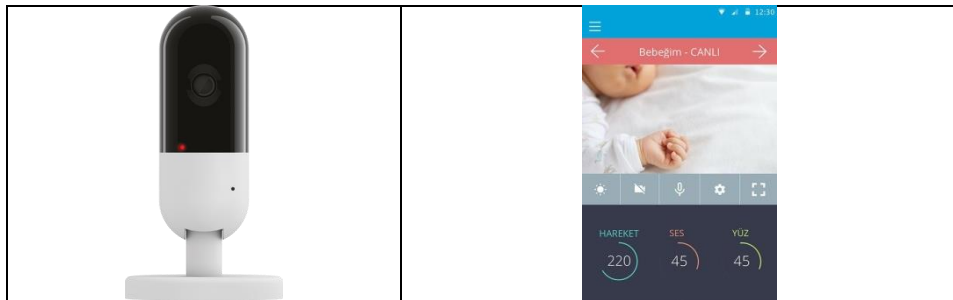


Şekil 2.2. Örnek bebek hareket ve nefes algılama sistemi [51]

2.2. Günümüzde Kullanılan Bebek Uyku Takip Sistemleri

Günümüzde bebek uyku takibinde kullanılan sensörlerde çok büyük değişiklik ve eklenti bulunmamaktadır. Bununla birlikte, sensörlerin ve bebek uyku takibi kapsamında kullanılan cihazların boyutlarının küçülmesi, imkanlarının artması ve maliyetlerinin düşmesi son yıllarda bu cihazlara olan ilgiyi artırmıştır.

Diğer taraftan, İnternet hızı ve kapasitesine bağlı olarak kablosuz video akışı ve mikro işlemcilerin görüntü işleme kapasiteleri sürekli gelişmektedir. Buna bağlı olarak özellikle IP tabanlı çalışan kameralar, bebek uyku takip sistemleri içerisinde kullanılmaya başlanmıştır [4, 5]. İlave olarak bu sistemlere, video kaydı, canlı izleme, akıllı yüz tanıma ile yabancı alarmı, akıllı gülümseme tespiti vb. çeşitli fonksiyonlar eklenmiştir [52]. Bu kapsamda örnek kamera ve sistemin ekran görüntüsü Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

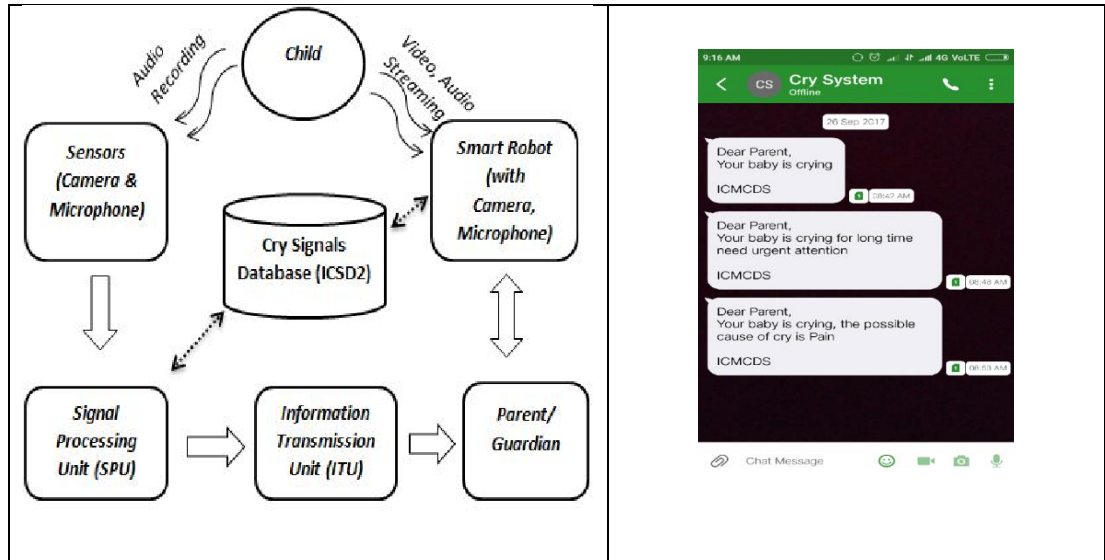


Şekil 2.3. Günümüzde kullanılan örnek bebek uyku takip sistemleri [52]

Yakın zamanda bebek takibine ilişkin yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde ise ses ve görüntü analizi temelli çalışmalar yürütüldüğü görülmektedir. Bu çalışmalardan tez kapsamında yapılan çalışma ile kısmen benzer noktaları bulunanlar aşağıda özetlenmiştir.

C.Y.Fang ve diğerleri tarafından; odada yüksek bir noktaya yerleştirilen IP kamera ile bebek takip sistemi tasarlanmıştır. Sistem, video görüntüsünden bebek tespiti yapmakta, daha sonra bebeği takip etmektedir. Bebek görüntüsünün ekran dışına çıkmasını önlemek için kamera, sistem tarafından takip verisi kullanılarak otomatik olarak hareket ettirilmektedir [4]. Sistem bebek tespit ve takip işlemini belirti izleme (feature tracking) algoritmalarını kullanarak yapmaktadır.

P. R. Myakala ve diğerleri tarafından; ses analizi ile ağlama tespiti, sonrasında ebebeynlerin SMS ile bilgilendirilmeleri ve ebebeyn tarafından gerek görülürse mobil veya web arayüzü kullanarak bir robotu bebeğin yanına sevk ederek video ve ses akışı yaptırmayı içeren bir sistem tasarlanmıştır. Ses analizinde, özellikle ses analizinde kullanılan ve klasik filtreleme yöntemlerinin kombinasyonu ile oluşturulan sıfır frekans filtreleme (Zero Frequency Filtering) sinyal işleme yöntemleri ile oto korelasyon kullanılmıştır [49].



Şekil 2.4. P. R. Myakala ve diğerleri tarafından tasarlanan Bebek Takip Sistemi şematik gösterim ve örnek uygulama görüntüsü [49]

Liu ve diğeri tarafından Ani Bebek Ölümü Sendromuna daha kısa sürede müdahale edilebilmesi için video tabanlı ve nesnelerin interneti konseptinde bir bebek takip sistemi önerilmiştir. Sistemde, görüntü analizi için Euler Video Büyütme (Eulerian Magnification) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde tekrar eden piksel değişimleri orijinal çerçeveye büyütülerek (pikselin renk değeri değiştirilerek) eklenmekte, bu sayede tekrar eden hareket daha belirgin hale gelmektedir. Bu çalışmada ilgi alanı bebek nefesi olduğundan; bebek nefes alış verişinde değişen piksel değerleri bu yöntem ile büyütülmüş, tekrar eden nefes alma döngüsünde bir bozulma tespit edilmesi durumunda (piksellerde büyüme oluşmaması durumu) sistemin ikaz vermesi sağlanmıştır [53].

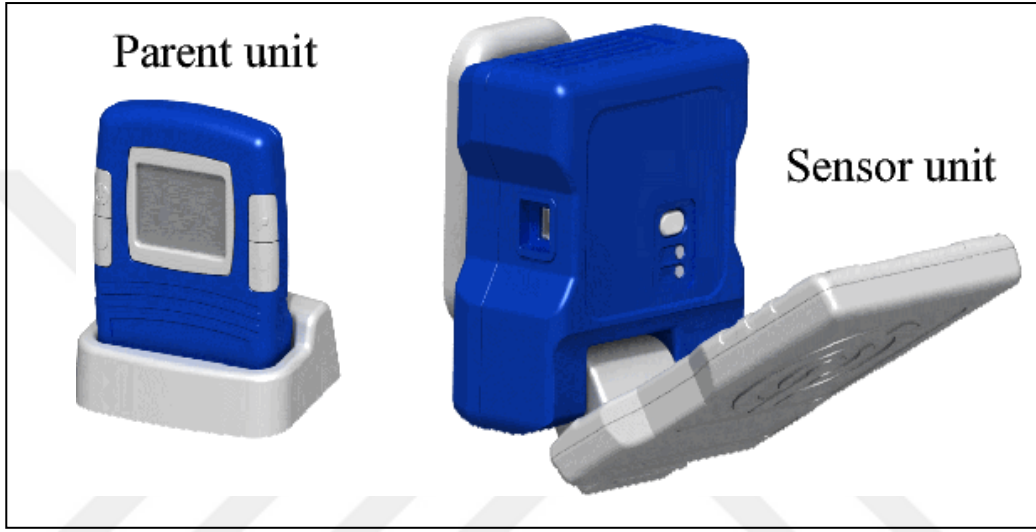


Şekil 2.5. Örnek “Euler Video Büyütme“ yöntemi uygulanmış ardışık çerçeveler [54]

Symon ve diğeri tarafından bebek sesi ve görüntüsünü ebebeynlere aktaran bir sistem tasarlanmıştır. Sistemde, ses algılayıcı olarak mikrofon, görüntü aktarımı için kamera modülü ve bebek hareketinin tespiti için pasif kızılötesi algılayıcı (PIR) ve Raspberry Pi B+ tek kart bilgisayar kullanılmıştır. Sistemde yer alan donanımlar ile bebek hareketi ve ağlama tespiti yapılmakta, görüntü ve ses monitöre aktarılmaktadır [55].

Raghavan ve diğeri tarafından yapılan çalışmada; kablosuz algılayıcılar kullanılarak hareket tespiti yöntemleri ile bebek takibi önerilmektedir. Sensörler bebeklerin takacağı el veya ayak bileziğine yerleştirilmiştir. Bu sensörlerden alınacak veriler ve hareket tespiti algoritmaları ile bebeklerin takip edilebileceği önerilmiş, kullanılan donanım ile pahalı cihaz ve kameralara gerek duyulmadan bebek güvenliği ve emniyetinin sağlanabileceği öne sürülmüştür [56].

Ziganshi ve diğeri tarafından yine Ani Bebek Ölümü Sendromu veya yeni doğan bebeklerin sağlık nedeniyle sürekli takibi gereken durumlar için Ultra Geniş Band (UWB) Radar temelli bir bebek takip sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem ile bebeklerin temassız olarak nefes alış/verişleri ve nabızları takip edilebilmektedir. Özellikle yeni doğan bebeklerin uykularında hareket etmemeleri ve ses çıkartmamaları nedeniyle uyku anında kullanılmayan bu amaçlı ses ve görüntü temelli monitörlerin aksine bu sistemin uykuda da kullanılabileceği belirtilmiştir [57].



3. NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI BEBEK UYKU TAKİP SİSTEMİNİN RASPBERRY PI VE KAMERA MODÜLÜ KULLANARAK GERÇEKLENMESİ

3.1. Giriş

Görüntü aktarma yeteneğine sahip pasif bir izleme sistemi ebeveynin sürekli olarak görüntüyü takip etmesini gerektirmektedir. Bunun yerine, uyuyan bir bebeğin bir cihaz tarafından takip edilmesi, uyandığında veya aşırı hareketlilik olduğunda ebeveyni uyarması, tasarlanan sistemin konseptini oluşturmaktadır.

Sistemin tasarım öncelikleri; donanımın düşük maliyetli olması, her tür ışık ortamında çalışabilmesi, uyanma tespitininin pasif video görüntüsü kullanılarak yapılması ve video akışının (streaming) uyanma tespiti sonrasında kendiliğinden başlatılması olarak belirlenmiştir.

Bu tez kapsamında; Nesnelerin İnterneti tabanlı bebek uyku takip sisteminin Raspberry Pi ve kamera modülü kullanarak gerçekleştirilmesi için kullanılan donanım incelenmiş, uyanma tespiti için görüntü işleme yöntemleri ele alınmış ve geliştirilen Android tabanlı uygulama tanıtılmıştır.

3.2. Bebek Uyku Takip Sisteminde Kullanılan Donanım

Multimedya Nesnelerinin İnterneti konseptindeki sensör ve platformların incelenmesi neticesinde; Raspberry Pi Zero W tek kart bilgisayar ve bu tek kart bilgisayarlar ile uyumlu kameraların sistemin gerçekleştirilmesinde kullanılabilecekleri değerlendirilmiştir. Kullanılan donanım aşağıda açıklanmıştır.

a. Raspberry Pi Zero W: Donanımın ana bileşeni olarak, çalışmanın amacı ve Nesnelerin İnterneti konseptine uygun olarak küçük boyutlarına oranla düşük maliyetli ve yüksek performanslı bilgisayar olan Raspberry Pi Zero W kullanılmıştır.

Benzer platformlar arasından bu modelin tercih edilmesine gerekçe olarak;

- İşlemcisinin tasarlanan görüntü analizi işlemlerini ve video akışını yapabilecek kapasitede olması,
- Maliyetinin ticari ürün olarak satılan ve IP tabanlı olarak çalışan cihazlara göre düşük olması (Şekil 2.3.'te gösterilen sistemin fiyatı 599 " [52], Raspberry Pi Zero W ve kamera modülünün toplam fiyatı yaklaşık 30 \$ [58]),
- Bluetooth ve Wi-Fi kablosuz haberleşme modüllerinin kart üzerinde olması,
- Boyutlarının benzer özellikteki kartlara oranla daha küçük olması, (Beaglebone Black boyutu: 88,98 × 54,63 mm, Raspberry Pi Zero W boyutu: 64,5 × 30 mm) maddeleri sayılabilir.

Raspberry Pi Zero W mini bilgisayar kartına ait özellikler Tablo 3.1.'de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Raspberry Pi Zero W teknik özellikleri [13]

ÖZELLİK	AÇIKLAMA
İşlemci	1GHz, Single-core
Dahili Hafıza	512MB RAM LPDDR2
Ekran Çıkışı	Mini HDMI
USB	USB On-The-Go Giriş
Güç Girişi	Micro USB Güç Girişi
Giriş Çıkış Pin Sayısı	HAT uyumlu 40 adet pin header
Kamera Konnektörü	CSI Kamera Konektörü
Wi-Fi	802.11b/g/n Wireless LAN standardında dahili modül
Bluetooth	Bluetooth 4.1(Bluetooth Low Energy) dahili modül
İşletim Sistemi	Raspbian Stretch

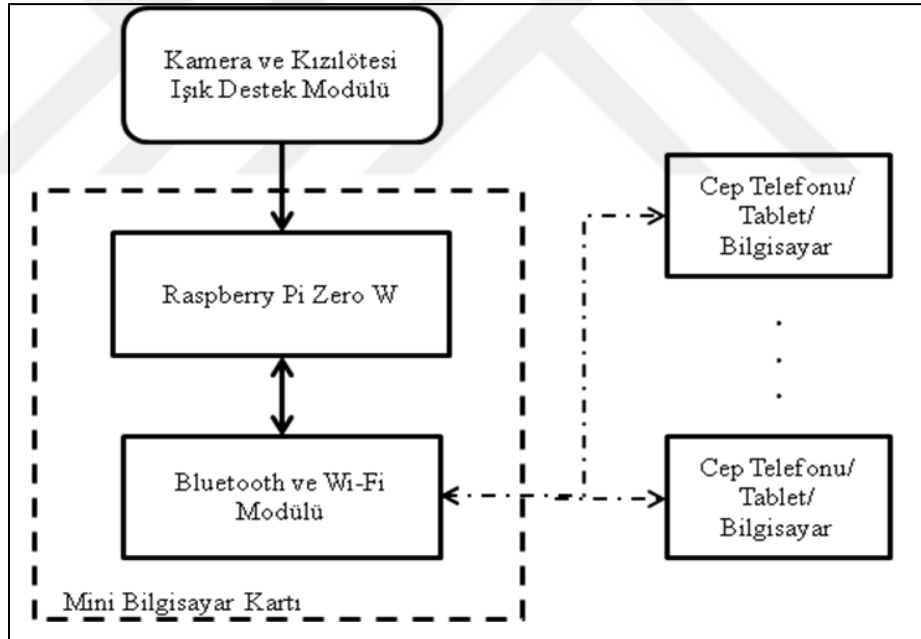
b. Kamera ve Kızılötesi Işık Destek Modülü : Raspberry Pi Zero W tek kart bilgisayarda bulunan kamera konnektörü aracılığı ile Raspberry ekosistemi için geliştirilen kamera modülleri uygun bir FFC (Flat Flex Cable) ile bağlanabilmektedir. Bu ekosistem için geliştirildiğinden pi kamera modülü tercih edilmiştir. Kamera modülüne ilave olarak, modül üzerine eklenebilen ve tüm ışıklandırma ortamında görüntü alınabilmesi için ortam ışığına göre kendi ışık yoğunluğunu ayarlayabilen kızılötesi ışık destek modülü kullanılmıştır.

Pi kamera ve kızılötesi ışık destek modülünün Raspberry Pi Zero W kartına irtibatlanmış hali Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Tez kapsamında donanım olarak kullanılan Raspberry Pi Zero W ve kızılötesi ışık destekli kamera modülü [59]

Geliştirilen sistemin blok diyagramı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Geliştirilen sistemin blok diyagramı

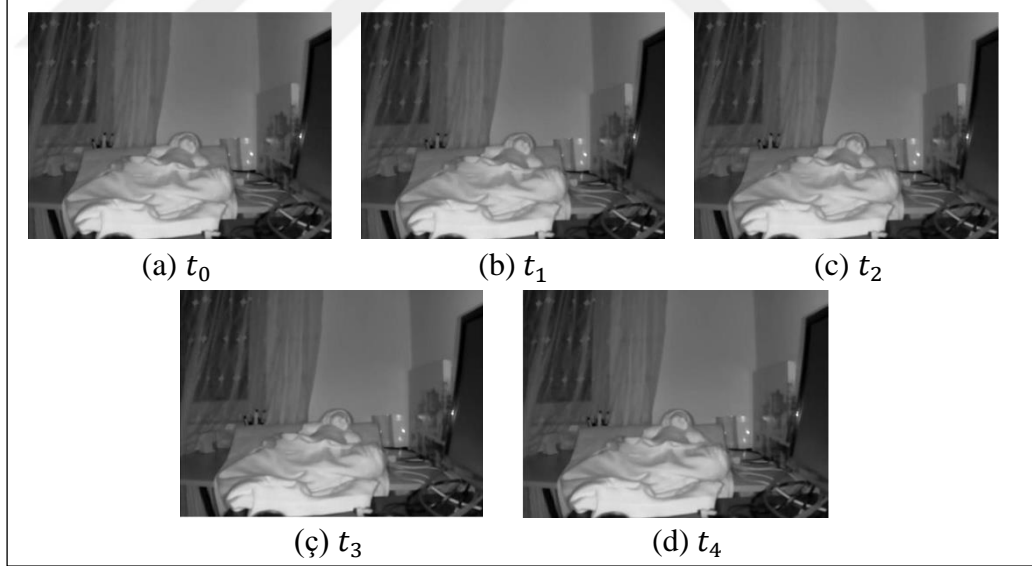
3.3. Kullanılan Görüntü İşleme Yöntemleri

Sistemin çalışmasını sağlayan yazılım iki temel kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım görüntü işleme ile bebek hareketlerini analiz ederek uyanma tespiti yapmakta, ikinci kısım ise uyanma tespiti sonrasında ebeveyne uyarı mesajı yollayıp video akışını sağlamaktadır.

Sistemde uyanma tespitinin yapılabilmesi için bir dizi görüntü işleme yöntemi uygulanmıştır. Görüntü analizi, ardışık çerçeveler analiz edilerek hareket gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen sistemde uyanma tespiti 3 aşamalı bir mekanizma kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada ardışık olarak alınan görüntü çerçeveleri (image frame) örtüşmeyen (non-overlapping) bloklara ayrılarak blok temelli olarak incelenmiştir. Bu aşamada bloklar için hareketli veya hareketsiz kararı verilmiştir. Sonraki aşamada hareketin görüntü içerisinde kapladığı alan değerlendirilerek hareket büyük/küçük olarak sınıflandırılmıştır. Son aşamada ise görüntü çerçevesinde belirli büyüklükteki hareketin sürekliliği incelenmiştir. Görüş alanı içerisinde belirli büyüklükteki bir hareketin belirli bir süre boyunca olması durumunda bebeğin hareketlendiği ve/veya uyandığı kararı verilmiştir.

Aşağıda bu aşamalar detaylandırılmıştır. Yapılan işlemlerin geliştirilen sistemdeki adımları Şekil 3.3'te yer alan ve pi kameradan alınan 640×480 piksel boyutlu ardışık 5 adet örnek çerçeve üzerinden gösterilecektir.



Şekil 3.3. Örnek Çerçeveler

3.3.1. Blok bazlı mutlak fark toplamları işlemi

Mutlak Fark Toplamları (Sum of Absolute Differences (SAD)), H.26x ve MPEG-1/2/4 gibi video kodlama standartlarında hareket kestirimi hesabında yaygın olarak kullanılan bir uyumlama ölçütüdür [60]. Hareketin tespiti aşamasında ardışık görüntü

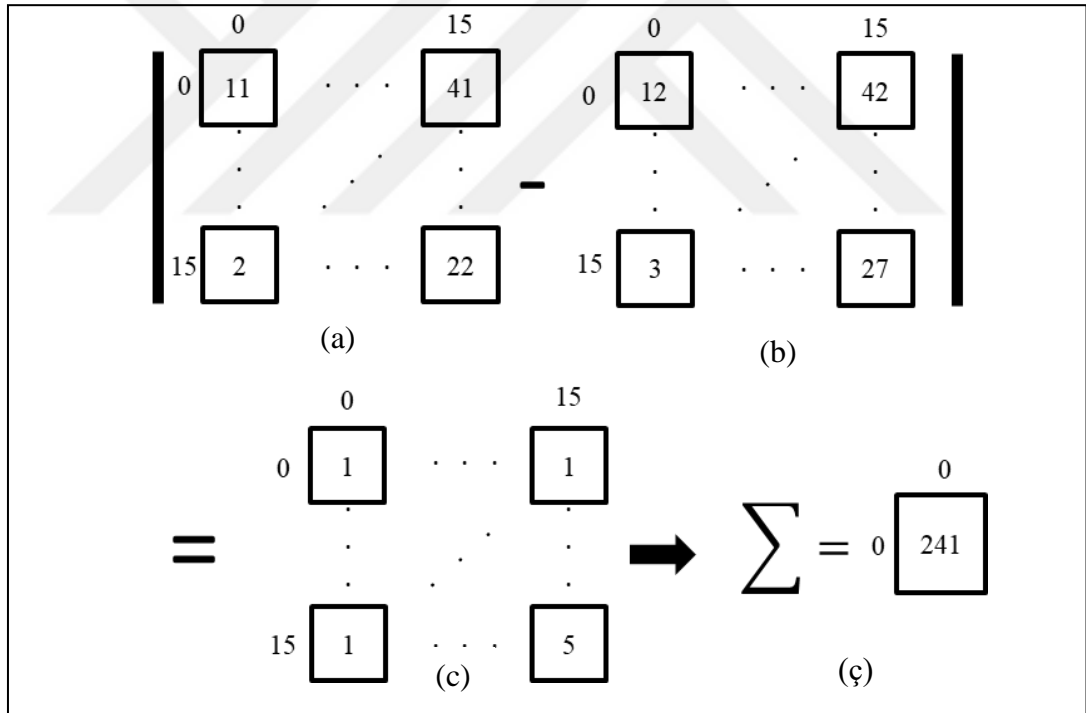
çerçeveleri arasında;

$$MFT_t(x,y) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |B_t(i,j) - B_{t-1}(i,j)| \quad (3.1)$$

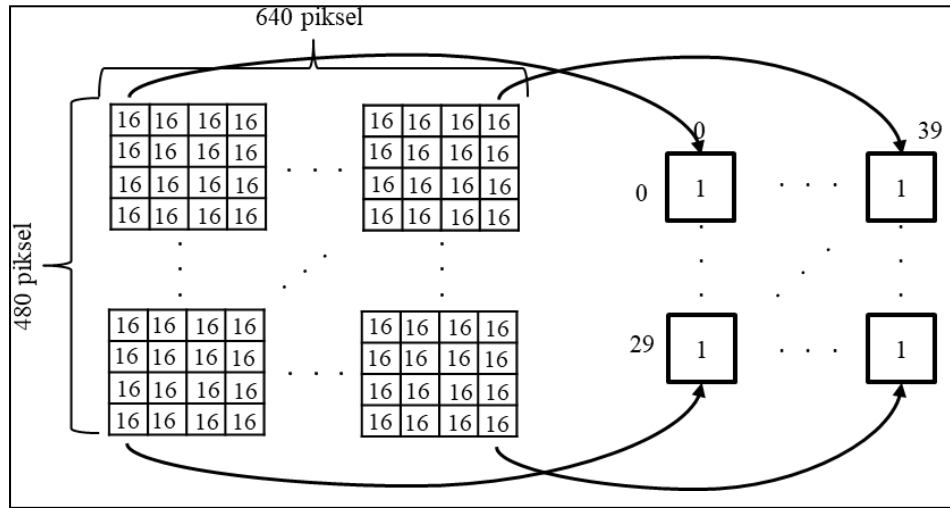
denklemleri ile blok bazlı mutlak fark toplamları (MFT) hesabı yapılmaktadır.

Eşitlik (3.1)'de $B_t(i,j)$ o anki görüntü çerçevesinin bloğunu gösterirken, $B_{t-1}(i,j)$ bir önceki görüntü çerçevesinde aynı konuma denk gelen bloğu göstermektedir. M ve N ise ilgili bloğun yatay ve dikey eksenindeki piksel sayısına karşılık gelmektedir.

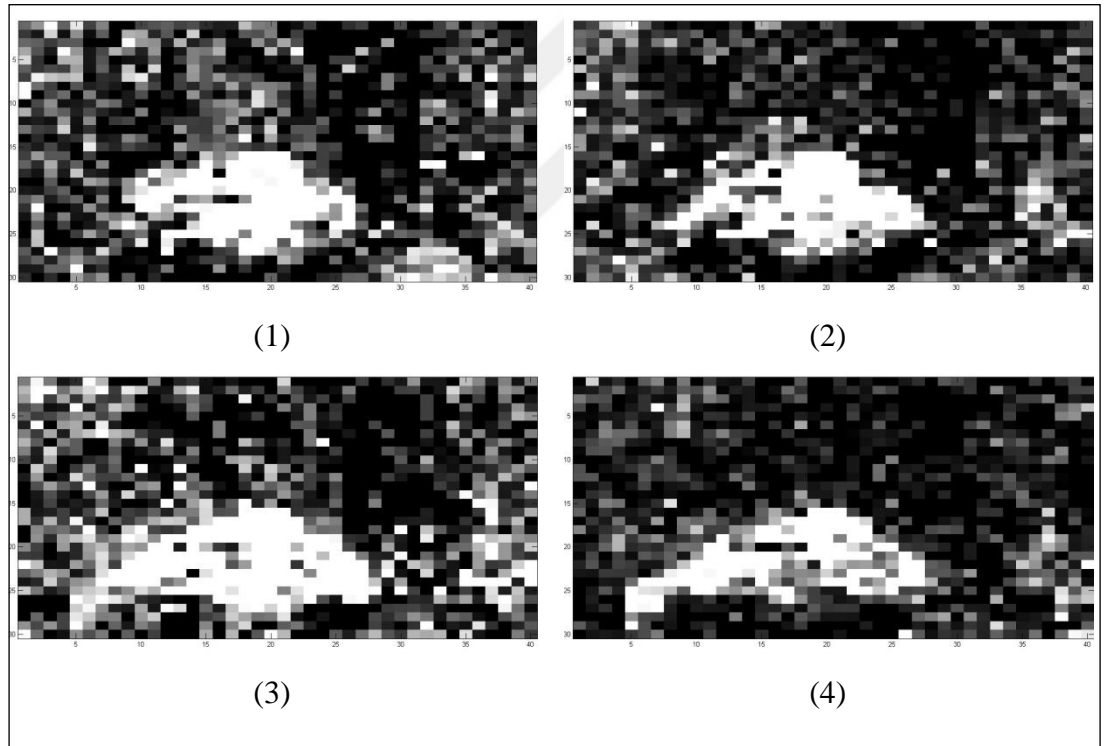
MFT, çerçevenin tümünde ve 16×16 piksel boyundaki bloklar için hesaplanmıştır. Bir adet örnek hesaplama Şekil 3.4 ve Şekil 3.5 'te, Şekil 3.3'te yer alan örnek çerçevelere MFT uygulanmış hali Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.4. MFT uygulanması (a) t_1 çerçevesine ait değerlerin bir bölümü $B_t(i,j)$, (b) t_0 çerçevesine ait değerlerin bir bölümü $B_{t-1}(i,j)$, (c) Hücre (piksel) farkları mutlak değerleri, (ç) Elde edilen değerlerin toplamı



Şekil 3.5. 16×16 piksel boyutundaki blokların MFT işlemi sonrasında oluşturduğu 30 x 40 boyutundaki yeni blok

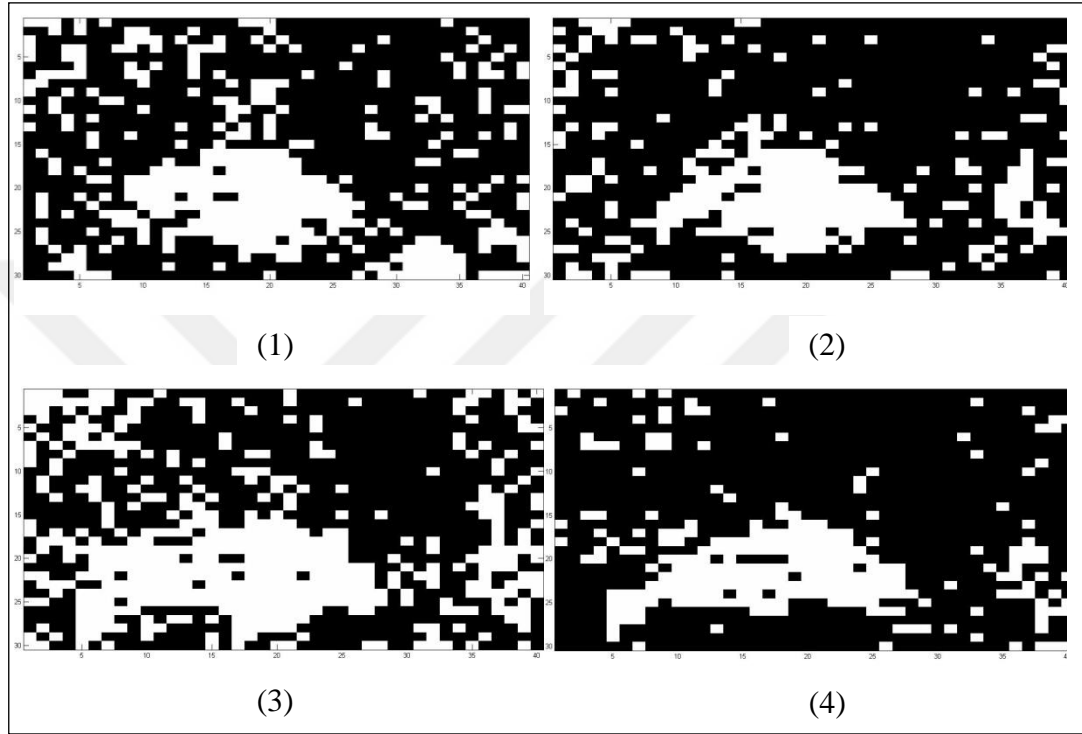


Şekil 3.6. MFT uygulanan bloklar

3.3.2. Gürültüden arındırma

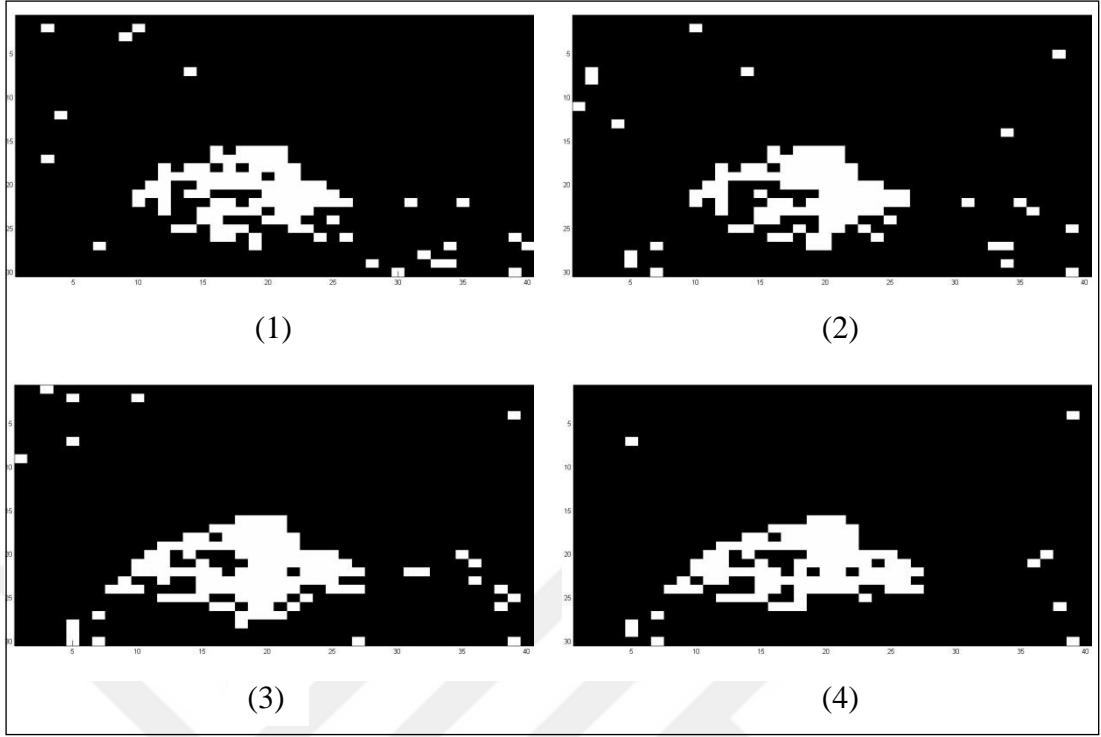
Örnekteki çerçevelerden hareketin alt orta kısımda olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte çerçevenin genelinde gürültü kabul edebileceğimiz bloklar bulunmaktadır. Bu gürültüler hareket anlamına geldiğinden gerçek hareketin doğru tespiti için süzgeçten geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlem için üç farklı yöntem uygulanmıştır.

Her bir blok için (3.1)'de verilen şekilde MTF hesabı yapıldıktan sonra ilgili bloğun hareketli olup olmadığını belirlemek için bu değer sabit bir eşik değeri ile karşılaştırılmıştır. Eşik değerinden büyük MFT'ye sahip olan bloklar hareketli olarak, diğerleri ise hareketsiz olarak sınıflandırılmıştır. Eşik uygulandıktan sonra elde edilen yeni görüntüler Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



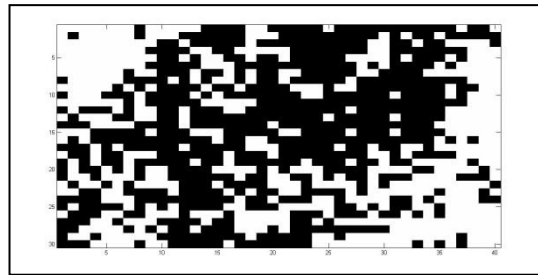
Şekil 3.7. Eşik uygulanmış blokların görüntüsü

İkinci olarak hareketin zamanda devamlılığı kontrol edilmiştir. Bu kapsamda aynı blokta arka arkaya üç hareket oluşmuşsa bu blokta hareket var kabul edilmiştir. Bu yöntemin Şekil 3.7'deki görüntülere uygulanması sonrasında elde edilen yeni görüntüler Şekil 3.8'de sunulmuştur.



Şekil 3.8. Zamanda devamlılığın kontrolü

Son olarak; kızılötesi ışık desteğinin kendisini ayarlaması sonrasında veya çevresel etkiler nedeniyle nadiren ekranın büyük bölümünde hareket varmış gibi gözükmektedir. Farklı çerçevelerden karşılaşılan örnek durum Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bu durumla karşılaşıldığında çerçevenin tümünde hareket yok kabul edilmektedir.

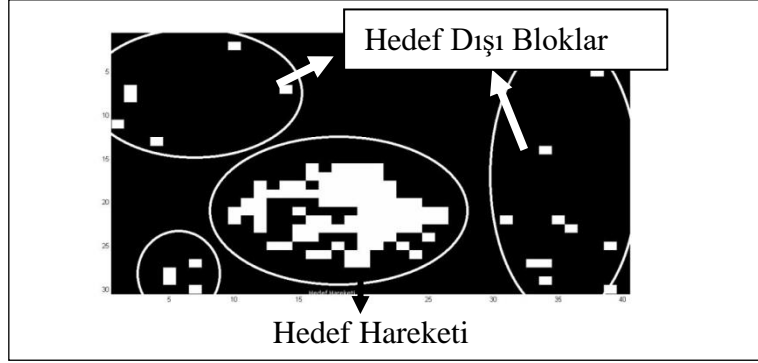


Şekil 3.9. Yansıma veya çevresel etki nedeniyle oluşan aşırı gürültü

3.3.3. Morfolojik işlemler

Şekil 3.9 incelendiğinde bazı tek veya ikili blokların hareketli olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Bunun temel nedeni yavaş hareket eden hareketli blokların kaçırılmaması için bu aşamada kullanılan eşik değerinin küçük tutulmasıdır. Büyük

hareketin tespitinde çerçeve içerisindeki eşik değeri geçen blokların toplamı dikkate alındığından bahse konu hedef dışı blokların oluşumu sonucu olumsuz olarak etkilemektedir.



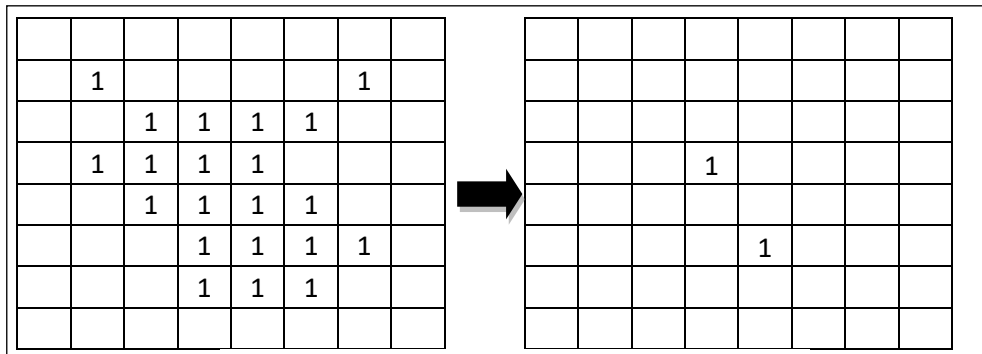
Şekil 3.10. Hedef hareketi ve hedef dışı tekli bloklar

Bu aşamada tek blokluk bu tip hataların giderilmesi için ikili morfolojik işlemlerden (binary morphology) faydalanılmıştır. Hedef hareketinin daha belirgin bir şekilde ayrılmasını sağlamak için, görüntüye sırasıyla aşındırma (erosion) ve genişletme (dilation) morfolojik işlemleri uygulanarak, morfolojik açma (opening) işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler örnekleriyle birlikte aşağıda açıklanmıştır.

Aşındırma : Bu işlem, çerçevedeki blokları yapısal elemanın şekli ve boyutuna bağlı olarak aşındırmaktadır. Aşındırma, yapısal elemandan daha küçük blokları silmesi nedeniyle çerçevede yer alan objeler arasındaki gürültüleri yok eder [61]. A, aşındırma uygulanacak çerçeve, Y, yapı elemanı olmak üzere, aşındırma;

$$A \ominus Y = \{z | (Y_z \subseteq A)\} \quad (3.2)$$

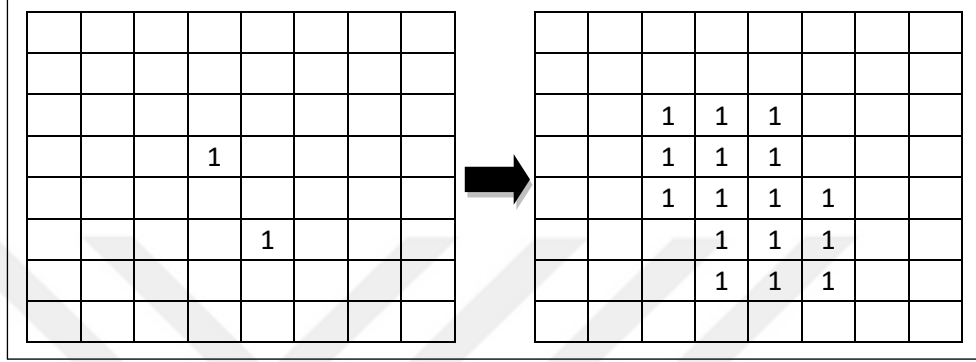
denklemleri ile tanımlanmıştır.



Şekil 3.11. Örnek morfolojik aşındırma işlemi

Yayma : Bu işlem, aşındırmanın aksine yapısal elemanın boyut ve şekline göre blokları genişletir. Yayma, çerçeve içerisinde bulunan nesne görüntüleri içindeki boşlukları doldurur [61]. Yine A, aşındırma uygulanacak çerçeve, Y, ise yapı elemanının bire tümleyeni olmak üzere genişletme; Denklem (3.3)'te tanımlanmıştır.

$$A \oplus Y = \{z | (\widehat{Y}_z \cap A \neq 0)\} \quad (3.3)$$

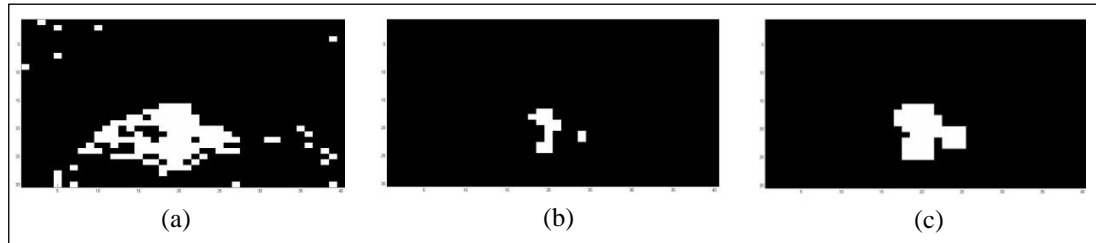


Şekil 3.12. Örnek morfolojik genişletme işlemi

Morfolojik Açma : Bu işlem aşındırma ve genişletme işlemlerinin arka arkaya yapılmasıdır. Açma, yapısal elemanın şekil ve boyutuna bağlı olarak, çerçeve içerisinde bulunan nesne görüntülerinin dış sınırını pürüzsüzleştirir, nesnelere arasında oluşan dar köprüleri kaldırır, ve nesnelere dışındaki küçük çıkıntıları siler [61]. Morfolojik açma; denklem (3.4)'te tanımlanmıştır.

$$A \circ Y = (A \ominus Y) \oplus Y \quad (3.4)$$

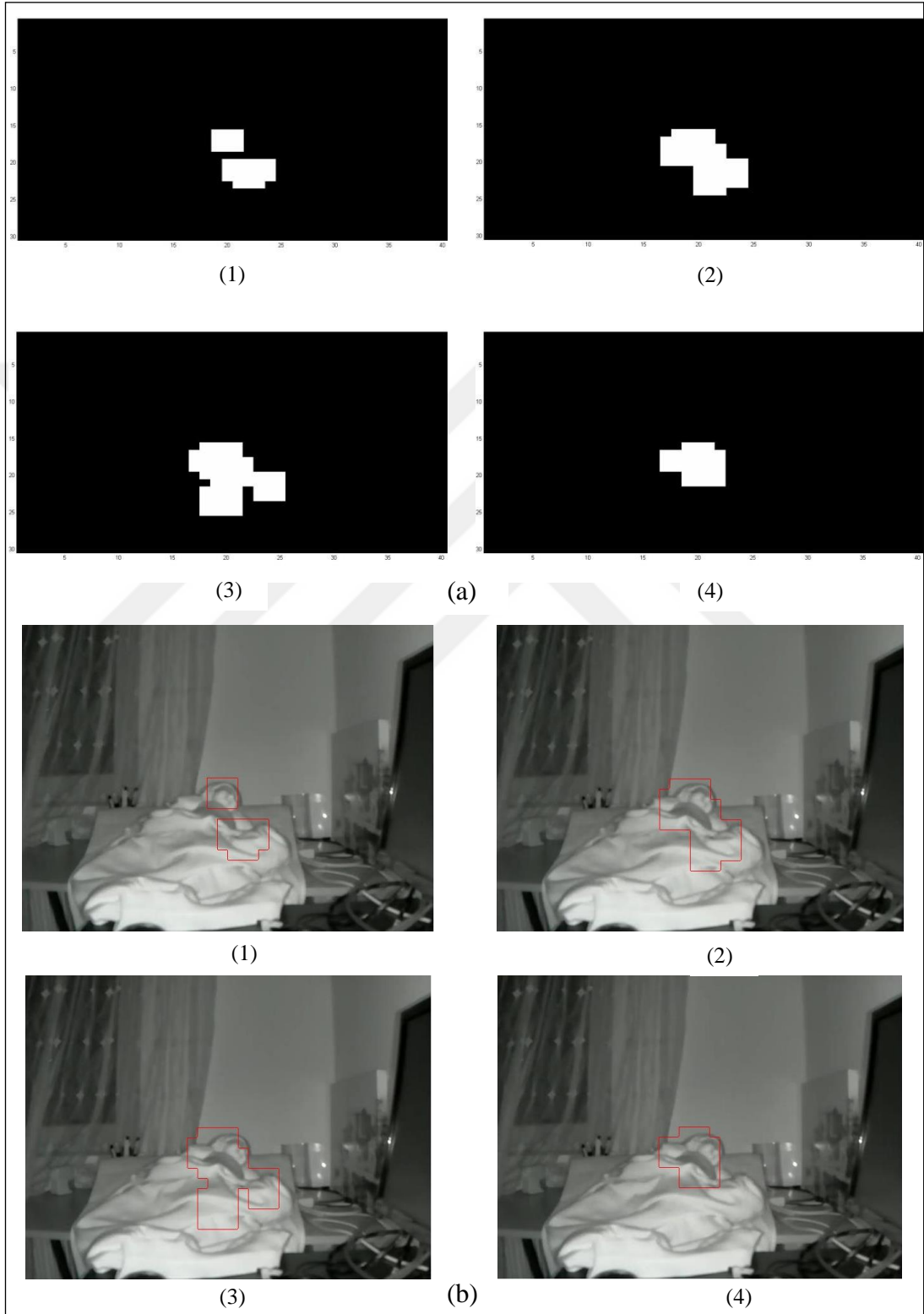
Önce aşındırma, ardından da genişletme işlemi sonrası neticelenen morfolojik açma işlemine ait örnek Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Morfolojik açma işleminin adımları (a) Orijinal Görüntü, (b) Aşındırma işlemi sonrasında elde edilen görüntü, (c) Aşındırılan görüntüye genişletme işlemi uygulandıktan sonraki görüntü

Yukarıda açıklanan morfolojik açma işlemi sonucunda, yapısal elemandan küçük bozucular etkin şekilde elemine edilmiştir. Morfolojik açma işlemi sonrası elde

edilen sonuçlar ve tüm görüntü işleme sonuçlarının esas görüntü üzerine çakıştırılması, yapılan işlemlerin kontrolü için Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Uygulanan morfolojik işlemlerin gösterimi (a) Morfolojik açma işlemi, (b) Orjinal görüntü ile (a)'dakilerin çakıştırılması (Not: Görüntünün daha kolay anlaşılabilmesi için morfolojik açmanın sadece sınırları gösterilmiştir.)

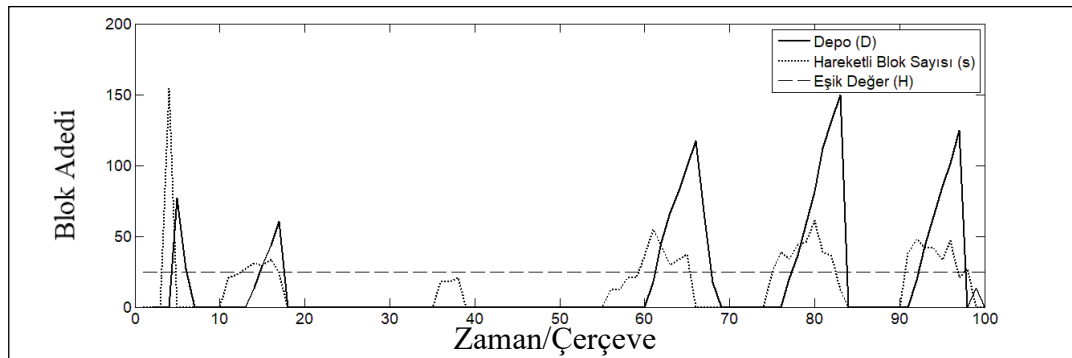
3.3.4. Uyanma tespiti

Şu ana kadarki aşamalarda hareket tespiti yapılmış, görüntü işleme yöntemleriyle süzgeçten geçirilmiş ve belirli bir eşik uygulanarak küçük hareketler elimine edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, uyku anında neredeyse hareketsiz olan bebek ve bebeğin bulunduğu ortamdaki nesnelerin hareketlerine kıyasla, uyanma sürecindeki benzer büyük hareketler tespit edilebilmiştir.

Bununla birlikte, uyku anında da büyük hareketler gözlenebilir. Her büyük hareket uyanma olarak kabul edilemez. Bu nedenle bu aşamada büyük hareketin devamlılığı tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu kapsamda hareketli blok sayısının zamana göre değişimi incelenmektedir. Bu amaçla; Denklem (3.5) ile hareketli blok sayısı zamana bağlı olarak takip edilmektedir.

$$D_t = \begin{cases} D_{t-1} + S_t & , S_t > H \\ D_{t-1} - k & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte S_t , t. çerçevedeki eşik değeri geçen blok sayısını; H , hedef cismin hareketli kabul edildiği eşik değeri; D_t , t anında depolanmış blok sayısını; k ise bir normalizasyon katsayısını göstermektedir. Eşik değeri geçen blok sayısı H katsayısından büyükse D değeri artmaktadır. D değeri belirli bir seviyeye geldiğinde büyük hareketin devamlı olduğu kabul edilmektedir. Eşik değeri geçen blok sayısı ile zamanla artan/azalan depo (D) arasındaki ilişkinin gösterildiği örnek Şekil 3.15'te sunulmuştur. Grafikten blok sayısının (s) belirli bir adedin (25 blok) üzerinde ve devamlı olması durumunda depo (d) değerinin arttığı, aksi durumda azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.15. Örnek Bir Görüntü Dizisi İçin Hareketli Blok Devamlılığının Tespiti

3.4. Video Akışı

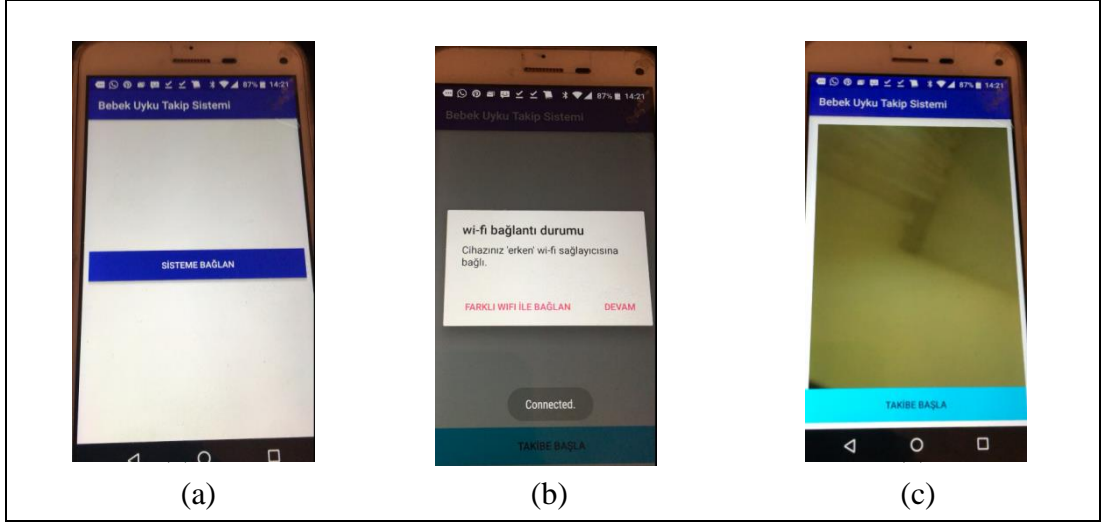
Harekli blokların devamlılığın belirli bir seviyenin üzerine çıkması neticesinde, sistem uyanmanın gerçekleşmiş olduğuna karar vererek görüntü işlemeyi kesmekte ve video akışına geçmektedir.

Video akışı kamera modülünden alınan görüntülerin 'mpeg' formatında gönderilmesiyle sağlanmaktadır. Kullanıcının videoyu yerel ağ üzerinde seyredebilmesi için HTML dilinde arayüz hazırlanmıştır. Kullanıcı Raspberry Pi yerel IP adresi ve belirlenen port üzerinden Raspberry Pi sunucusuna bağlanarak kamera modülünün sağladığı görüntüyü takip edebilmektedir.

3.5. Android Tabanlı Uygulama

Bir önceki kısımda bahsedilen şekliyle kullanıcıların, sistemi kullanabilmeleri için bağlı oldukları yerel ağa göre değişen IP numaralarını bilmeleri gerekmektedir. İlk bölümdede vurgulandığı gibi amaç nesnelere iletişime geçirek hayatı kolaylaştırmaktır. Bu nedenle kablosuz bağlanma işlemlerini kendiliğinden yapan veya yönlendiren Android tabanlı bir uygulama hazırlanmıştır.

Sistem ilk olarak Bluetooth ile bağlantı kurmakta, arka planda Wi-Fi şifre girişini yapmakta ve Raspberry Pi tek kart bilgisayarın Wi-Fi ile İnternete bağlı olup olmadığını kontrol etmekte, bağlı değilse kullanıcıyı bağlantı için yönlendirmektedir. İkinci olarak video akışı sağlayarak bir nevi kameranın monitörlüğünü yapmaktadır. Kullanıcı kamerayı ayarladıktan sonra buton yardımıyla uyku takip işlemini başlatmaktadır. Yukarıda açıklanan takip sonrasında uyanma tespiti yapılması durumunda kullanıcı ses ile ikaz edilmekte ve video akışı kendiliğinden tekrar başlatılmaktadır. Sistemin çalışmasını gösteren görüntüler Şekil 3.16'da yer almaktadır.



Şekil 3.16. Android tabanlı uygulamanın sayfaları (a) Uygulamanın açılış ekranı, “Sisteme Bağlan“ butonu ile Bluetooth bağlantısı kurulmaktadır. (b) Raspberry Pi’nin Wi-Fi’ye bağlantısı yapılmaktadır. (c) Bağlantılar tamamlanmıştır, sistem takibe hazırdır. Takip tamamlandığında aynı ekran tekrar gelmektedir

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Tasarlanan sistemin ilk aşamasında donanım ve yazılımın kontrolü maksadıyla bir test ortamı hazırlanmıştır. Test ortamında Raspberry Pi Zero, kamera modülü ve oyuncak bebek kullanılmıştır. Deney ortamında kamera modülünün bakış açısı Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Testler esnasında hareket eden bölge oval çerçeve içine alınmıştır.

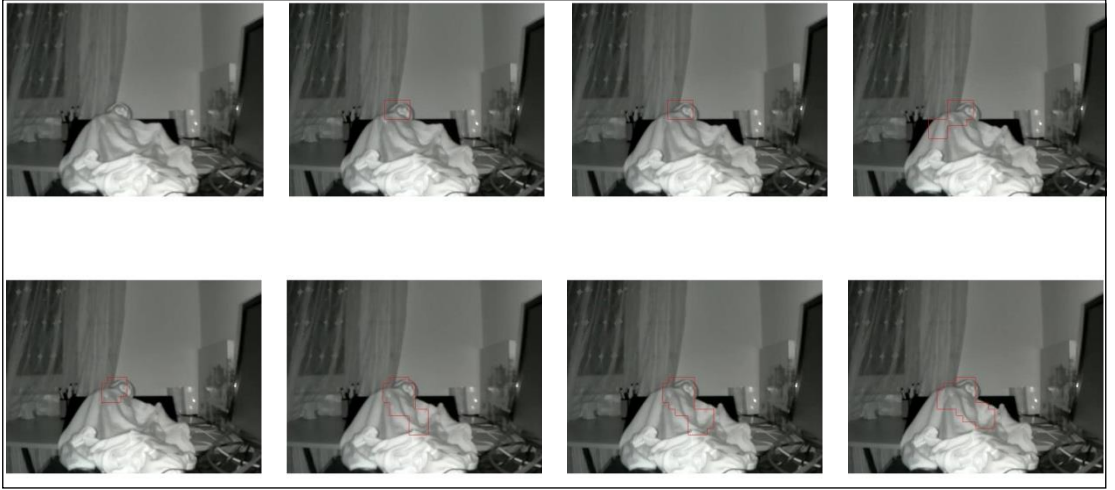


Şekil 4.1. Deney Ortamında Kamera Modülünün Bakış Açısı

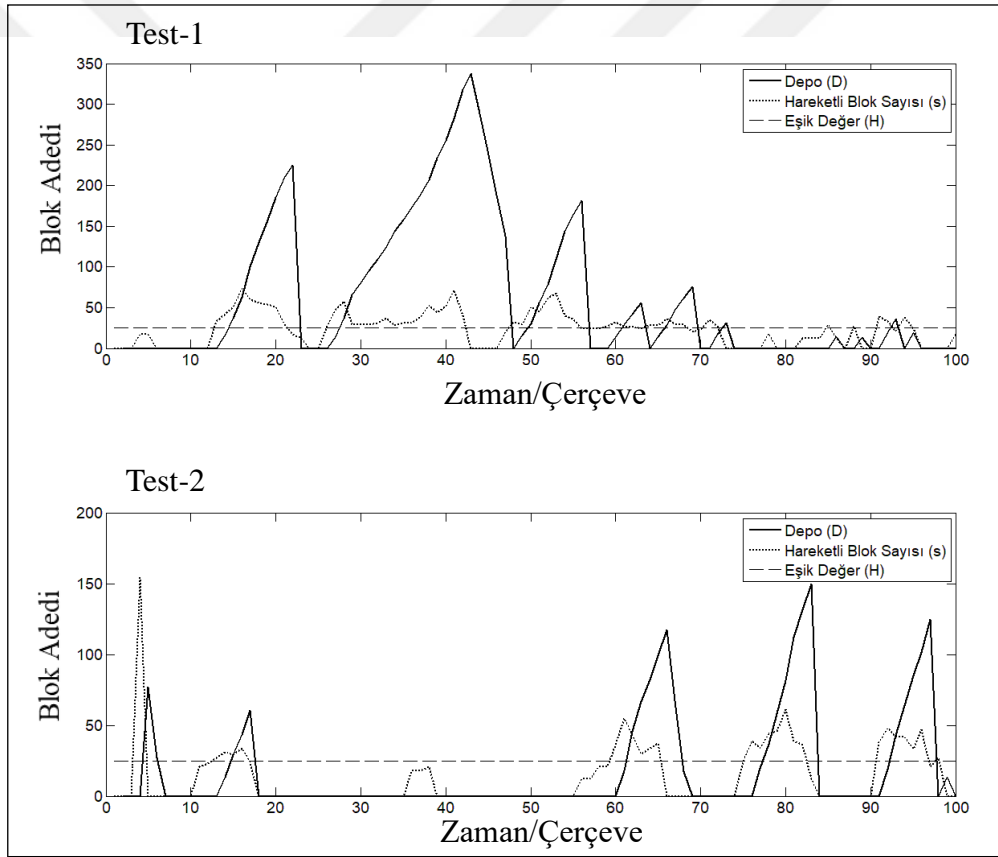
Test kapsamında ışıklı ve tamamen karanlık ortamda, model bebek hareketsiz ve hareketli olarak toplam on farklı test yapılmıştır. Uygulanan değerler Tablo 4.1’de verilmiştir. Elde edilen hareketli blok tespit sonuçlarından ardışık görsel örnekler Şekil 4.1.’de ve testlerin sonuçlarını gösteren grafik Şekil 4.2 ve 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.1. Görüntü İşlemede Uygulanan Değerler

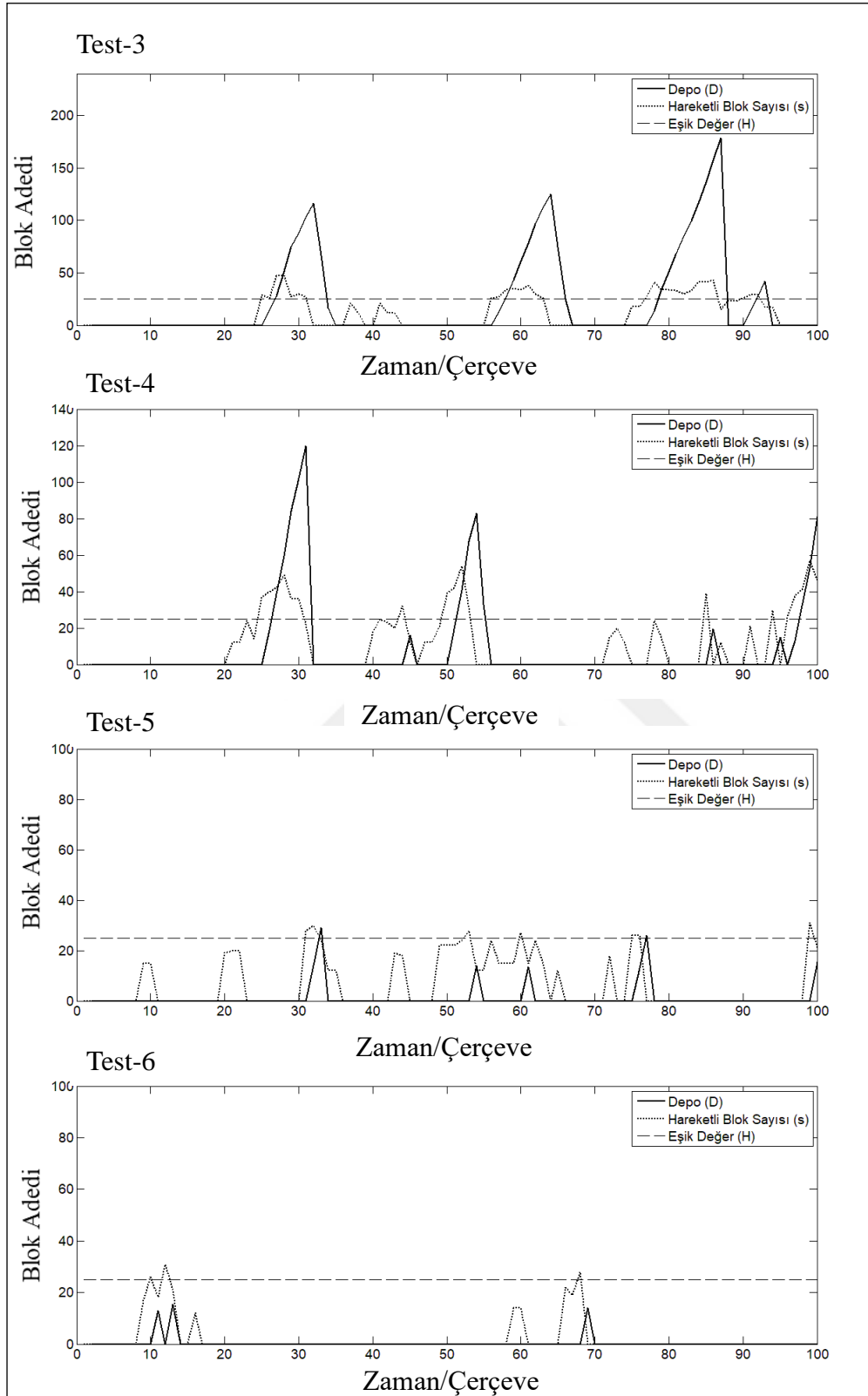
Bölüm.Kısım (formül)	Değer Adı	Değer
3.3.1. (1)	Çerçeve Boyutu	640 × 480
3.3.1. (1)	MFT blok boyutu	16 × 16
3.3.2. (-)	Eşik katsayısı	100 blok
3.3.2. (-)	Zamanda devamlık için belirlenen çerçeve adedi	3
3.3.2. (-)	Gürültü kabul edilen azami değer	400 blok
3.3.3. (-)	Morfolojik açma yapısal eleman boyutu	3 × 3 kare
3.3.4. (5)	Hedefin hareketli kabul edildiği eşik değeri (H)	25 blok
3.3.4. (5)	Normalizasyon katsayısı (k)	100



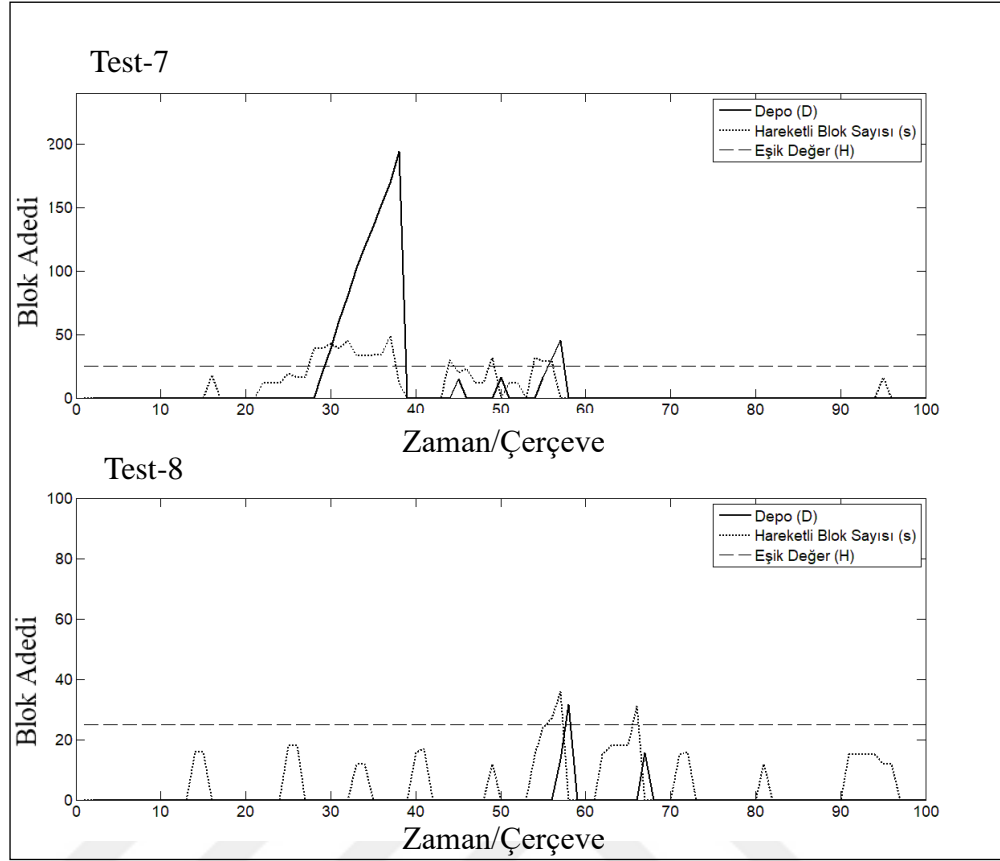
Şekil 4.2. Örnek ardışık çerçeveler



Şekil 4.3. Yapılan testlerin sonuçları. (Test 1-6) karanlıkta ışık destek modülüyle hareketli testleri, (Test 7 ve 8) gündüz şartlarında ışık desteği olmadan hareketli testleri göstermektedir



Şekil 4.3. (Devam) Yapılan testlerin sonuçları. (Test 1-6) karanlıkta ışık destek modülüyle hareketli testleri, (Test 7 ve 8) gündüz şartlarında ışık desteği olmadan hareketli testleri göstermektedir



Şekil 4.3. (Devam) Yapılan testlerin sonuçları. (Test 1-6) karanlıkta ışık destek modülüyle hareketli testleri, (Test 7 ve 8) gündüz şartlarında ışık desteği olmadan hareketli testleri göstermektedir.

Yapılan testlerin değerlendirilmesi :

Yukarıda belirtilen test sonuçlarına bakıldığında 25 blokluk eşik değeri geçen devamlı harekette depo değerinin arttığı geçmediği durumlarda azaldığı görülmektedir. Tamamen hareketsiz iki adet test yapılmış ve herhangi bir hareket belirtecek blok gözlenmediğinden grafikte gösterilmemiştir. Kızılötesi ışık destekli testlerde ışık yansımalarının hareketli blokları artırıcı etki yaptığı gözlenmiştir.

İlk 6 test gece görüş desteğiyle, 7 ve 8. testler gündüz şartlarında yapılmıştır. Model bebek, test 1’de test süresinin büyük bölümünde devamlı hareket ettirilmiş, test 2,3 ve 4’te bazı zamanlarda devamlı hareket ettirilmiş bazı zamanlarda hareketsiz bırakılmış , Test 5 ve 6’da ise az hareket ettirilmiştir. Gündüz şartlarında yapılan testlerde ise model bebek ilk testte (Test-7) bazı zamanlarda devamlı hareket ettirilmiş bazı zamanlarda hareketsiz bırakılmış, ikinci testte (Test-8) az hareket ettirilmiştir.

Kaydedilen videolar ve görüntü işleme adımlarından sonra elde edilen veriler eş zamanlı olarak iletildiğinde, eşik değeri geçen blokların model bebeğin hareket ettirilen kısımlarında kümelendiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak ışksız ortamda bebeğin uyandığı/ aşırı hareket ettiği simülasyonu yapılan ilk 4 testin ölçümlerinde uyanma barajının (depo değerinin 100 blok adedine ulaşması) geçildiği, uykuda yapılan yavaş ve kısa süreli hareketlerin test edildiği diğer 2 testte de beklendiği şekilde bu barajın geçilmediği görülmektedir. Gündüz yapılan ilk testte baraj değeri geçilmiş, ikinci testte ise baraj değerine ulaşılmamıştır.

Video çekimlerini yapan kameranın çekim hızı 25 çerçeve/saniye (fps) olarak ayarlanmıştır. Video akışı kısmında 25 fp/s hızda veri gönderilebilmiş, görüntü işleme kısmında ise yaklaşık 4 fps hızında işlem yapılmıştır. Görüntü işlemede kullanılan yöntemlerin çerçeve hızına etkileri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Görüntü İşlemede Kullanılan Yöntemlerin Çerçeve Hızına Etkileri

Görüntü İşleme Yöntemi	İşlemin Süresi (ms)
Mutlak Fark Toplamları	29,29
Eşik Uygulanması	43,91
Zamanda Devamlılık	29,88
Morfolojik Açma	135,01
Toplam	238,09 (4,2 fps)

Yapılan testlere ilave olarak gerçek bebek ile deneme yapılmış ve sonuçların test ortamındaki sonuçlar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Gerçek bebek ile uygulanan denemede, görüntü işleme yöntemleri sonrası elde edilen sonucun orijinal çerçeve üzerine eklenmesiyle oluşan görüntü Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Gerçek Bebek İle Yapılan Denemeler

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bebek uyanma tespit ve izleme sisteminde ana hedef doğrultusunda; bebeğin uyunurken ve uyanma sürecindeki hareketleri oldukça ucuz bir tek kart bilgisayar olan Raspberry Pi Zero W ve ve kamera modülü ile gerçek zamanlı olarak analiz edilebilmiş ve sistemin hareketi tespit ettiği durumda otomatik olarak video akış moduna geçmesi sağlanmıştır.

Buna ilave olarak çalışmaya, multimedya Nesnelerin İnterneti konseptinde nesnelerin haberleştiği bir arayüz uygulaması eklenmiştir. Yapılan testlerde hareketler doğru olarak algılanmış ve görüntü işleme metodlarının doğru sonuç verdiği ve sonuçların istikrarlı olduğu gözlenmiştir.

Çalışma, gece ve gündüzü temsilen farklı ışık ve tek bir test ortamında denenmiştir. Gündüz ve gece hedef hareketsizken sonuç hep aynı olmuştur. Bu çalışma için hazırlanan test ortamında model bebek, ekranın alt orta kısmında ve ekran genişliğinin yaklaşık dörtte biri boyutlarında gözükecek şekilde konumlandırılmıştır. Eğer bebek daha yakında, örneğin ekranın yarısını kaplayacak şekilde konumlandırılırdı bu durumda çok daha fazla blok hareketli olarak tespit edilecekti. Buna bağlı olarak uyanma barajı küçük hareketlerde dahi aşılacak ve sistem video akış moduna beklenenden daha erken geçmiş olacaktı. Bu nedenle bu çalışmanın devamı niteliğinde yapay sinir ağı benzeri akıllı algoritmalar kullanarak görüntü işlemede kullanılan parametre ve yöntem güncellenebilir. Diğer bir alternatif olarak kullanımdan önce bir kalibrasyon yöntemi ile parametrelerin belirlenmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Pinedo-Frausto E.D., Garcia-Macias J.A., An Experimental Analysis of Zigbee Networks, *33rd IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN)*, Montreal, Canada, 14-17 October 2008.
- [2] Liu Y., Zhou G., Key Technologies and Applications of Internet of Things, IEEE, *Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, Zhangjiajie, Hunan, China, 12-14 June 2012.
- [3] Gökbayrak A., Kılıvan S., Akın S., Çelebi A., Urhan O., Wireless Sensor Network Based Extension To Knx Home Automation System., *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, DOI:10.3906/elk-1407-47.
- [4] Fang C. Y., Lo C. S., Ho S. H., Chuang S. H., Chen S. W., A Vision-Based Infant Monitoring System Using Pt Ip Camera, *International Symposium On Computer, Consumer and Control (IS3C)*, Xi'an, China, 4-6 July 2016.
- [5] Tveit D. M., Engan K., Austvoll I., Meinich-Bache Ø., Motion Based Detection Of Respiration Rate In Infants Using Video, *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Phoenix, AZ, USA, 25-28 September 2016.
- [6] <http://ieeaccess.ieee.org / special - sections / multimedia- analysis- internet-things>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [7] Perera C., Liu C. H., Jayawardena S., Chen, M., A Survey on Internet of Things From Industrial Market Perspective, *2014 IEEE Access*, DOI: 10.1109/ACCESS.2015.2389854.
- [8] Balan T., Robu D., Sandu F., Multihoming for Mobile Internet of Multimedia Things, *Mobile Information Systems*, DOI: 10.1155/2017/6965028.
- [9] Alvi S., Afzal B., Shah G., Atzori L., Mahmood W., Internet of Multimedia Things: Vision and Challenges, *Ad Hoc Networks*, DOI: 10.1016/j.adhoc.2015.04.006.
- [10] Shalli R., Syed H. A., Rajneesh T., Jyoteesh M., Houbing S., IoMT: A Reliable Cross Layer Protocol for Internet of Multimedia Things, *IEEE Internet of Things Journal*, DOI:10.1109/JIOT.2017.2671460.
- [11] Rhijn A., *LM4665, LMV1012 Digital Microphones - Applications and System Partitioning*, SNAA101, Dallas, Texas, USA, 2011.

- [12] <http://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32-nucleo-expansion-boards.html?querycriteria=productId=SC1971>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [13] <https://www.raspberrypi.org/products>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [14] <https://www.amazon.co.uk/XCSOURCE-Infrared-Adjustable-Raspberry-E586-dp/B01M134YAX>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [15] <http://www.mobiletisim.com/haberler/sony-cep-telefonu-icin-16-4-mp-kamera>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [16] <https://beagleboard.org/black>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [17] <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [18] <http://www.samsung.com/in/smartphones>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [19] <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [20] <https://www.bluetooth.com/bluetooth-technology/bluetooth5/bluetooth5-paper>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [21] Ngangue E. D., Cherkaoui S., On Enhancing Technology Coexistence In The Iot Era: Zigbee And 802.11 Case, *IEEE Access*, DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2553150.
- [22] Yassein M. B., Mardini W., Khalil A., Smart Homes Automation Using Z-Wave Protocol, *International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, Agadir, Morocco, 22-24 September 2016.
- [23] Misra S., Goswami S., Taneja C., Mukherjee A., Obaidat M. S., A PKI Adapted Model for Secure Information Dissemination in Industrial Control and Automation 6LoWPANs, *IEEE Access*, DOI: 10.1109/ACCESS.2015.2445817.
- [24] <http://www.ti.com/wireless-connectivity/>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [25] Dragomir D., Gheorghe L., Costea S., Radovici A., A Survey on Secure Communication Protocols for IoT Systems, *2016 International Workshop on Secure Internet of Things (SIoT)*, Heraklion, Greece, 26-30 September 2016.
- [26] Chen M., Miao Y., Hao Y., Hwang K., Narrow Band Internet of Things, *IEEE Access*, DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2751586.
- [27] <https://www.sigfox.com>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [28] Al-Sarawi S., Anbar M., Alieyan K., Alzubaidi M., Internet of Things (IoT) communication protocols: Review, *8th International Conference on Information Technology (ICIT)*, Amman, Jordan, 17-18 May 2017.

- [29] <http://neul.com>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [30] <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/22613.wss>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [31] Yu W., Liang F., He X., Hatcher W. G., Lu C., Lin J, Yang X., A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things, *IEEE Access*, DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2778504.
- [32] Wortmann F., Fluchter K., Internet of Things - Technology and Value Added, *Business & Information Systems Engineering*, 2015, **57**, 221-224.
- [33] <http://www.efxkits.us/different-types-bluetooth-technology-working-applications/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [34] Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M., Internet of Things: a survey on enabling technologies, protocols, and applications, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, DOI: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [35] Shang W., Wang Z., Afanasyev A., Burke J., Zhang L., Breaking Out of the Cloud: Local Trust Management and Rendezvous in Named Data Networking of Things, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation IoTDI*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [36] http://www.libelium.com/resources/top_50_iot_sensor_applications_ranking/, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [37] Shang W., Wang Z., Afanasyev A., Burke J., Zhang L., Breaking Out of the Cloud: Local Trust Management and Rendezvous in Named Data Networking of Things, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [38] Chowdhury M., Gawande A., Wang L., Secure Information Sharing Among Autonomous Vehicles in NDN, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [39] Garcia J. J., ADN: An Information-Centric Networking Architecture for the Internet of Things, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [40] Hall J., Iqbal R., CoMPES: A Command Messaging Service for IoT Policy Enforcement in a Heterogeneous Network, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.

- [41] Alanwar A., Alzantot M., Ho B. J., Martin P., Srivastava M., SeleCon: Scalable IoT Device Selection and Control Using Hand Gestures, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, USA, 18-21 April 2017.
- [42] Xu W., Shen Y., Zhang Y., Bergmann N., Hu W., Gait-Watch: A Context-Aware Authentication System for Smart Watch Based on Gait Recognition, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [43] Kim J. E., Fan X., Mosse D., Empowering End Users for Social Internet of Things, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [44] Schmid S., Deschwanden B., Mangold S., Gross T. R., Adaptive Software-Defined Visible Light Communication Networks, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [45] Deng P., Real-Time Software-Defined Adaptive MIMO Visible Light Communications, *InTech*, DOI:10.5772/intechopen.68919.
- [46] Dong Z., Gu Y., Fu L., Chen J., He T., Liu C., ATHOME: Automatic Tunable Wireless Charging for Smart Home, *2017 IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, Pittsburgh, PA, USA, 18-21 April 2017.
- [47] <https://bezalel.co/products/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [48] Rani S., Ahmed S. H., Talwar R., Malhotra J., Song H., IoMT: A Reliable Cross Layer Protocol for Internet of Multimedia Things, *IEEE Internet of Things Journal*, DOI: 10.1109/JIOT.2017.2671460.
- [49] Myakala P. R., Nalumachu R., Sharma S., Mittal V. K., A Low Cost Intelligent Smart System For Real Time Infant Monitoring And Cry Detection, *TENCON 2017 IEEE Region 10 Conference*, Penang, Malaysia, 5-8 November 2017.
- [50] <https://www.philips.com.tr/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [51] <http://www.babysense.com.tr/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [52] <https://invidyo.com/>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [53] Liu X., Takeuchi K., Ogunfunmi T., Mathapathi S., Video-Based Iot Baby Monitor For Sids Prevention, *Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, San Jose, CA, USA, 19-22 October 2017.

- [54] <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2286202>, (Ziyaret tarihi: 7 Nisan 2018).
- [55] Symon A. F., Hassan N., Rashid H., Ahmed I. U., Reza S. M., Design And Development Of A Smart Baby Monitoring System Based On Raspberry Pi And Pi Camera, *2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, Dhaka, Bangladesh, 28-30 September 2017.
- [56] Raghavan N., Ullas S., Infant Movement Detection And Constant Monitoring Using Wireless Sensors, *2017 International Conference On Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, Chennai, India, 22-24 March 2017.
- [57] Ziganshin E. G., Numerov M. A., Vygolov S. A., UWB Baby Monitor, *2010 5th International Confernce on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals*, Sevastopol, Ukraine, 6-10 September 2010.
- [58] <https://tr.aliexpress.com>, (Ziyaret tarihi: 15 Ocak 2018).
- [59] <https://www.dhgate.com/product/raspberry-pi-zero-camera-module-focal-adjustable/402280710.html>, (Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2018).
- [60] Wiegand T., Sullivan G., Bjontegaard G., Luthra A., Overview Of The H.264/AVC Video Coding Standard, *IEEE Transactions On Circuits And System For Video Technology*, DOI: 10.1109/TCSVT.2003.815165.
- [61] Ravi S., Khan A. M., Morphological Operations for Image Processing: Understanding and its Applications, *NCVSComs-13 conference*, Vadlamudi, India, 11-12 December 2013.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] **Erken E.**, Urhan O., Esansiyel Tremor Değerlendirmesi için İvmeölümü Temelli Basit Bir Yaklaşım , 24. *IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU'2016)*, Zonguldak, Türkiye, 16-19 Mayıs 2016.

[2] **Erken E.**, Urhan O., Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bebek Uyku Takip Sistemi *TBD 34. Ulusal Bilişim Kurultayı (Bilişim 2017)*, Ankara, Türkiye, 20-21 Aralık 2017.



ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Bilecik'te doğan Eray ERKEN, ilk ve orta öğrenimini Bilecik ve Ankara'da çeşitli okullarda tamamladıktan sonra 1995 yılında Deniz Lisesine girdi. 1999 yılında Deniz Lisesi'nden mezun olarak Deniz Harp Okulu eğitimine başladı. 2003 yılında Deniz Harp Okulu Elektronik İletişim Bölümü'nden mezun oldu. Halen Türk Silahlı Kuvvetlerinde Deniz Subayı olarak görev yapmaktadır.

2014 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

