



**TIBBİ NESNELERDE İKİ YÖNLÜ İNTERNET İLETİŞİMİNDE BİT HATA
ORANININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Nihat ALKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2021

Nihat ALKAN tarafından hazırlanan “TIBBİ NESNELERDE İKİ YÖNLÜ İNTERNET İLETİŞİMİNDE BİT HATA ORANININ İYİLEŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Özgür ERTUĞ

Elektrik - Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı / Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Murat Hüsnü SAZLI

Elektrik - Elektronik Mühendisliği / Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Doç. Dr. Ertuğrul AKSOY

Elektrik - Elektronik Mühendisliği / Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 09/07/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ

Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Nihat ALKAN

...../...../ 2021

TIBBİ NESNELERDE İKİ YÖNLÜ İNTERNET İLETİŞİMİNDE BİT HATA ORANININ İYİLEŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nihat ALKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2021

ÖZET

İletişim ve bilgi devriminin başlangıcından bu yana, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve yapay zekâ bilimlerinin yakınsaması ve bütünleşmesi, hayatın birçok alanında hayati bir mesele haline gelmiştir. Sağlık sektörü dijital dönüşümden ve modern teknolojilerden yararlanıp yenilikçi çizime katkıda bulunan taşınabilir tıbbi cihazlar, uygulamalar ve mobil sağlık hizmetlerinin varlığı, robotik ve yapay zekâ gibi gelişmekte olan teknolojilerin yaygınlaşması, sağlık bilginin internet sayesinde paylaşılmasının kolaylığının yanı sıra gelişmiş tedavi yöntemlerinin keşfedilmesi sayesinde, önümüzdeki yıllarda "IoT" teknolojilerine daha fazla güvenilmesi beklenmektedir. Bu çalışma, hitap ettiği konunun önemi kadar sağlık sektörü de dahil olmak üzere birçok hayati sektördeki uygulama alanlarının çeşitliliği nedeniyle önemlidir. Genel olarak ağlarda veri iletim sırasında bazı nedenlerden dolayı veri kaybı büyük olasılıkla yaşanabileceğinden, IoT sistemlerinde veri kaybı yaşanmaması için İşbirlikçi algoritma önerilmiştir. Son yıllarda, toplanan verileri vericiden havuza veya ana düğüme göndermek için farklı yönlendirme protokolleri sunulmuştur. İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişimde, bir sensör düğümü bir kaynak, bir röle veya bir hedef olarak hareket edebilir. İki yönlü iletişim yöntemine dayanan ortak yönlendirme protokollerinde, verici ile alıcı arasındaki iletişim yolunda bulunan sensörler veya röleler, iletici olarak çalıştığından ağ performansı artacaktır. Ayrıca İşbirlikçi algoritması, daha sık veri toplamaya izin verdiğinden dolayı, veri kaybı en az beklenen durum olacaktır. Bilgi taşıma kanalı ve İşbirlikçi algoritmasının üzerine son zamanlarda yapılan araştırmalardan esinlenen bu çalışma, İşbirlikçi algoritması doğrudan aktarım veya tekrarlanması yerine kanal kodlama yöntemleri ile sağlandığı kodlu iş birliğini tanıtmaktadır. Önerilen İşbirlikçi algoritmasını ele alınmış, algoritmanın bit hata oranı analiz edilmiş ve kanal formülasyonu dahil kapalı form türetilmiştir. Ayrıca, İşbirlikçi algoritmasının çeşitlilik düzeni ve protokolün etkinliği IoT sağlık sisteminde kanıtlanmıştır.

Bilim Kodu : 332100
Anahtar Kelimeler : IoT Sağlık, İşbirlikçi iletişim, en iyi röle ve cihazdan cihaza iletişim
Sayfa Adedi : 55
Danışman : Doç.Dr. Özgür ERTUĞ

BIT ERROR RATE REEDUCATION OVER TWO-HOP COMMUNICATION ON
INTERNET OF MEDICAL THINGS

(M. Sc. Thesis)

Nihat ALKAN

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF INFORMATICS

July 2021

ABSTRACT

Since the beginning of the communication and information revolution, the use and integration of Internet of Things (IoT) and artificial intelligence sciences have become a vital issue in many areas of life. Due to the presence of portable medical devices, applications, and mobile health services that contribute to innovative drawing by making use of digital transformation and modern technologies in the health sector, and the spread of emerging technologies such as robotics and artificial intelligence, it is expected to rely more and more on "IoT" technologies in the coming years, by the ease of sharing health information through the internet, as well as the discovery of advanced treatment methods. This study is important because of the diversity of its application areas in many vital sectors, including the health sector, as it derives its importance from the importance of the topic it addresses. In general, data loss is likely to occur during data transmission in networks for some reasons, so a Cooperative algorithm has been proposed to avoid data loss in IoT systems. In recent years, different routing protocols have been introduced to send the collected data from the sender to the pool or the main node. In Cooperative communication, a sensor node can act as a source, a role, or a destination. In common routing protocols based on two-way communication methods, sensors or roles in the communication path between the source and destination work as transmitters, which leads to increasing the network performance. Also, since Cooperative communication allows for more frequent data collection, the data loss will be expected to be the least. Motivated by recent research on the knowledge transport channel and cooperative diversity, this study introduces coded collaboration in which collaboration is achieved through channel coding methods rather than direct transmission or duplication. So, in this study, the proposed cooperative communication algorithm is discussed, the bit error rate of the algorithm is analyzed, and the closed-form including the channel formulation is derived. Moreover, the diversity scheme of cooperative communication and the effectiveness of the protocol has been proven in the IoT healthcare system.

Science Code : 332100

Key Words : IoT Health, Cooperative communication systems, best relay and device to device

Page Number : 55

Supervisor : Assoc. Prof. Özgür ERTUĞ

TEŞEKKÜR

Öncelikle tezimin her aşamasında kıymetli tecrübesini ve bilgisini esirgemeyen Tez Danışmanım Doç. Dr. Özgür ERTUĞ'a,

Hayatımdaki ilk hocam ve yol göstericim olan, çalışmalarımın tamamında emeği bulunan, bugün bu tezi okuyamayacak olsa da sevgi, saygı ve özlem ile yâd ettiğim Babama,

Emeği ile bugünlere gelmeme vesile olan Anneme,

Akademik çalışmalarında her daim desteğini hissettiğim aileme, arkadaşlarıma ve akademi dünyasındaki kıymetli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. AKILLI SAĞLIK SİSTEMLERİ.....	5
2.1. Kablosuz Vücut Alan Ağları KVAA	7
2.1.1. KVAA iletişimi standartları	10
2.1.2. KVAA'larındaki zorluklar	14
2.2. Nesnelerin İnterneti (IoT).....	17
2.2.1. IoT mimarisi	19
2.2.2. Sağlık uygulaması	20
2.3. Literatür Tarama.....	23
3. NESNELERİNİN İNTERNETİNDE SAĞLIK TEMEL SİSTEMİNİN BİT HATA ORANI	27
3.1. İşbirlikçi Algoritması	27
3.2. Önerilen Yöntemin Tasarımı.....	29
3.3. Önerilen yöntemin Kanal Formülasyonu	31
3.4. Önerilen Algoritma	32
3.4.1. Cihazdan cihaza kullanıcı seçimi	33
3.4.2. Elde edilen çeşitlilik oranı	35
4. UYGULAMA VE PERFORMANS SONUÇLARI	41

Sayfa

5. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR.....	49
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	55



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizgele 2.1. Literatürde önerilen IoT sistem mimarilerin katman sayısı.....	19
Çizgele 3.1. İşbirlikçi algoritmasına dayalı önerilen IoT sağlık temel algoritması	34



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Akıllı sağlık sistemlerin gereksinimleri.....	6
Şekil 2.2. KVAA mimarisi.....	8
Şekil 2.3. Üç katmanlı KVAA sistemin işleyişi	10
Şekil 2.4. Üç katmanlı IoT'nin mimarisi	20
Şekil 2.5. Üç katmanlı sağlık tabanlı IoT sistemi	23
Şekil 3.1. İşbirlikçi iletişimin temel işleyişi.....	29
Şekil 3.2. Önerilen algoritmanın temel işleyişi.....	29
Şekil 4.1. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$	41
Şekil 4.2. SINR karşı bit hata oranı, $M=8$	42
Şekil 4.3. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $P_m= 0.5$	43
Şekil 4.4. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $P_m= 0.75$	44
Şekil 4.5. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $R= 5$	45
Şekil 4.6. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $R= 10$	46
Şekil 4.7. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $V_x= 10$	47
Şekil 4.8. SINR karşı bit hata oranı, $M=8$, $V_x= 10$	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
$ h_{ij} ^2$	Ortalama
P_m	Mac modu gücü
$P_x(\phi)$	Doğrudan iletim modu olasılığı
h_{ti-tj}	İki katman arasındaki bağlantıların solma kat sayısı
y_{ti-tj}	İki katman arasında alınan sinyal
$\hat{x}$	Rölenden hedefe iletilen modüle edilmiş sinyaldir.
β_{ti-tj}	Verilen iki düğüm arasındaki kanalı temsil eden ortak bir kanal katsayısı.
η_{ti-tj}	Ortalama sıfır olan karmaşık beyaz Gauss gürültüsüdür ve karşılık gelen iki katman arasında1 bağlantıları için birim varyansdır.
σ_{ti-tj}	Varyanslı sıfır-ortalama karmaşık Gauss rastgele değişkeni.
d_{t1-t2}	Katman-1 ve Katman-2 arasındaki mesafe
d_{t1-t3}	Katman-1 ve Katman-3 arasındaki mesafe
d_{t2-t3}	Katman-2 ve Katman-3 arasındaki mesafe
h_{t1-t2}	Katman-1 ve Katman-2 arasındaki kanal katsayıları
h_{t1-t3}	Katman-1 ve Katman-3 arasındaki kanal katsayıları
h_{t2-t3}	Katman-2 ve Katman-3 arasındaki kanal katsayıları
I_{psk}	PSK modülasyon sabiti
K	D2D kullanıcıların sayısıdır
K, R	Vücuttaki sensörlerin ve T2 cihazlarının sayısıdır.
L	Röle sayısı
L_{mn-t2}	ana düğüm ile T2 cihazı arasındaki bağlantıdır
L_{s-mn}	Sensör ve ana düğüm arasındaki bağlantı.
L_{s-t2}	Sensör ve T2 cihazı arasındaki bağlantı.
M	Modülasyon sırası
ϕ	Doğrudan iletim modu etkinliği

Simgeler**Açıklamalar**

P_b	Yayın modu gücü
t_1	Katman 1
t_2	Katman 2
t_3	Katman 3
x	Kaynaktan iletilen modüle edilmiş sinyaldir.
$P_x(\phi_{DKI})$	İşbirlikçi algoritması iletim modu olasılığı

Kısaltmalar**Açıklamalar**

2D-DWT-1L	2 Boyutlu - Ayrık Dalgacık Dönüşümü 1 Seviye (2 Dimensional - Discrete Wavelet Transform – 1 Level)
2D-DWT-2L	2 Boyutlu - Ayrık Dalgacık Dönüşümü - 2 Seviye (2 Dimensional - Discrete Wavelet Transform – 2 Level)
6LoWPAN	Düşük Güçlü Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Low - Power Wireless Personal Area Network)
AP	Erişim Noktası (Access Point)
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme Merkezi
BD2DS	Cihazdan Cihaza en iyi Seçim (Best Device to Device Selection)
BS	Baz İstasyonu (Base Station)
BSN	Vücut Sensörü Ağı (Body Sensor Network)
BT	Bilgi Teknoloji
CC	Bulut Bilişim (Cloud Computing)
CF	Sıkıştır ve İlet (Compress and Forward)
CN	Denetleyici Düğüm (Controller Node)
CO₂	Karbondioksit (Carbon dioxide)
CSMA / CA	Çarpışma Algılayıcıyla Taşıyıcı Dinleyen Çoklu Erişim (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection)
D2D	Cihazdan Cihaza (Device to Device)
DF	Kodu Çöz ve İlet (Decode and Forward)
EEG	Elektroensefalografi
EKG	Elektrokardiyogram

Kısaltmalar**Açıklamalar**

EMG	Elektromyografi
EPC	Elektronik Ürün Kodu (Electronic Product Code)
GHz	Gigahertz
HBC	İnsan Vücudu İletişimi (Human Body Communication)
HIoT	Sağlık Bazlı Nesnelerin İnterneti (Healthcare Internet of Things)
IoMT	Tıbbi Nesnelerin İnterneti (Internet of Medical Things)
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
IP	İnternet Protokol
IPv6	İnternet Protokol sürüm6(Internet Protocol Version 6)
Kbps	Saniyede Kilobit (Kilobit Per Second)
KD	Koordinatör Düğüm
KSA	Kablosuz Sensör Ağları
KVAA	Kablosuz Vücut Alan Ağı
MAC	Ortam Erişim Kontrolü (Media access control)
MHz	Megahertz
MN	Ana Düğüm (Master Node)
MRC	Maksimum Oran Birleştirme (Maximal Ratio Combining)
NB	Dar Bant (Narrowband)
NS2	Ağ Simülatörü (Network Simulator)
PHY	Fiziksel Katman (Physical Layer)
RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio-Frequency Identification)
RN	Röle Düğümü (Relay Node)
RSA	(Rivest, Shamir , Adleman) Şifreleme Yönetimi
SINR	Girişim Artı Gürültü Oranını (Signal-to-Interference-Plus-Noise Ratio)
UWB	Ultra Geniş Bant (Ultra Wideband)
WBSN	Kablosuz Vücut Sensörü Ağı (Wireless Body Sensor Network)
WLAN	Kablosuz Yerel Alan Ağı (Wireless Local Area Network)
WSN	Kablosuz Sensör Ağı (Wireless Sensor Network)

1. GİRİŞ

Son yıllarda, kablosuz iletişim alanında geniş bir şekilde artan talebi karşılamak için yüksek veri hızı ve yüksek iletim kalitesi gerektiren çok sayıda kablosuz uygulama piyasaya sürülmüştür. Bu uygulamalardan hızlı ve farklı alanlarda sunulan Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) uygulamalarıdır. IoT, 21. yüzyılın en güçlü iletişim standartlarından biri sayılmaktadır. IoT ortamında, günlük hayatımızdaki tüm elektronik cihazlar, iletişim ve bilgi işlem yetenekleri nedeniyle internetin bir parçası haline gelmiştir. Ayrıca çeşitli elektronik cihaz türleri kendi aralarında aynı arada iletişimi sağlamaktadırlar. IoT, internet kavramını evrensel hale getirerek yaymaktadır. IoT sistemleri bazı alanlarda daha yaratıcı hale gelmiştir. Örneğin, sağlık teknolojisinde kullanılan IoT, hastaların mevcut tıbbi sağlık hizmetlerinden her yerde ve her zaman yararlanabilmelerini sağlayarak yaşam kalitelerini arttıran giyilebilir ve implante edilmiş çok sayıda sensör türünü içerir [1-2].

Kablosuz Vücut Alan Ağları (KVAA) teknolojileri, IoT tabanlı modern sağlık paradigmasında kullanılabilecek en güçlü teknolojilerden biri sayılabilir [3]. KVAA teknolojisi, insan vücudunun hayati belirtilerini gözlemlemek için kullanılan bir alıcı-vericiye sahip olan düşük güçlü ve hafif bir cihaz grubudur. KVAA'daki her sensör, elektrokardiyogram (EKG) ve elektroensefalogram (EEG) gibi fizyolojik sinyalleri toplayabilir, bu sinyalleri daha fazla analiz ve inceleme için kablosuz bir ortam veya insan vücudu kanalı üzerinden koordinatör düğüme (KD) iletebilir [4]. KVAA paradigmaları, bir kişinin hareketliliğini veya aktivitesini kısıtlamadan, uzun vadeli sağlık bakımı izleme yeteneği verebilir. Teşhis prosedürü için kullanılacak olan bu paradigmlar, akıllı ve ucuz sağlık bakım izlemesi oluşturmak için kullanılır [5].

Kablosuz sensör ağına (WSN) [6] dayalı sağlık hizmetleri alanındaki Ar-Ge faaliyetleri, ilk IoT tabanlı sağlık bakımı araştırma çabaları olarak düşünülebilir. Bununla birlikte devam eden eğilim, kayıtlı standartlardan uzaklaşmak ve ortaya çıkan İnternet Protokolü Sürüm 6 (IPv6) tabanlı düşük güçlü kablosuz kişisel alan ağını (6LoWPAN) kullanarak İnternet Protokolü (IP) tabanlı sensör ağlarını benimsemektir. WSN'ler internetin temel bir parçası haline gelirse, dikkatli bir analiz yapılması gerekir.

WSN, fiziksel koşulların izlenmesine yönelik sistemlerde veri iletimi için bir iletişim altyapısıdır. Veriler ayrı düğümlerden toplanarak, ağ üzerinden depolama ve analiz için bir ana operatöre sunucuya iletilir. Gelişmiş WSN ayrıca operatörden ayrı cihazlara iletilen geri bildirim kontrol komutu ile iki yönlü iletişimi destekler. Geleneksel kablolu iletişim ağlarına kıyasla kablosuz sensör ağı, ölçeklenebilirlik, bağlanabilirlik, güç verimliliği vb. konularında daha verimli hizmetler sağlar. Doğası gereği WSN, akıllı şehir uygulamalarında ve sağlıkla ilgili konularda yaygın olarak kullanılmaktadır [7].

Sağlık sektöründe IoT, kurumsallaşmış engelliler ve hastalar için uzaktan izleme, erken önleme ve tıbbi tedavi seçenekleri sunmaktadır. IoT uygulaması için, insanlar, nesneler, sensörler ve aktüatörler, Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) etiketleri ile donatılabilir. Bu tür cihazlar ve etiketler, hastaların bakıcılarının erişimini kolaylaştırır. Örneğin, hastaların kişisel cihazlarının (tıbbi cihazlar dahil) RFID etiketleri okunabilir, tanınabilir, yerleştirilebilir ve IoT uygulamaları aracılığıyla kontrol edilebilir.

Akıllı sağlık hizmetinin önemi

Bilgi teknolojinin ve bilimsel teorisinin gelişmesiyle birlikte akıllı sağlık kavramı giderek ön plana çıkmıştır. Akıllı sağlık hizmetleri, geleneksel tıp sistemini çok yönlü bir şekilde dönüştürmek için IoT, Büyük Veri, Bulut Bilişim ve Yapay Zeka gibi yeni nesil bilgi teknolojilerini kullanarak sağlık hizmetlerini daha verimli ve daha kullanışlı hale getirmiş ve daha kişiselleştirilmiştir. Sağlık hizmetlerinde IoT bir umut haline gelmiş olup, bu sayede tıp merkezleri daha işlevsel olabilir ve hastalar daha iyi tedavi görebilir. Tıbbi acil durumlarda, gerçek zamanlı izleme gibi hastaların hayatını kurtarabileceği gibi benzersiz faydaları vardır.

Genel olarak akıllı sağlık hizmetleri sadece basit bir teknolojik ilerleme değil, aynı zamanda çok yönlü ve çok seviyeli bir değişikliktir. Akıllı Sağlık Teknolojisi, daha iyi kişiselleştirilmiş teşhis ve çözümler için doktorlar, araştırmacılar ve sağlık uzmanları tarafından analiz edilebilen bu cihazlar tarafından üretilen verilerle etkileşime girer ve bunlarla bağlantı kurar. Dijital kayıtlar, yalnızca kişiselleştirilmiş tedaviler ve ilaçlar sunmakla kalmayıp, aynı zamanda gerçek zamanlı veri toplama yoluyla önleyici tedbirler de verdikleri için hem hastaların hem de hastanelerin maliyet ve zamandan tasarruf etmelerini sağlar.

Sağlık sektöründe erken teşhis veya tahminler çok önemlidir. Çoğu hastalığın geliştiği ve tedavi edildiği bir bağlam olan hastaların günlük sağlık durumu hakkında çok sınırlı erişim bulunduğundan, bu durum birçok eksik bilgiye yol açabilmektedir. Örneğin, günlük sağlık verileri, teşhis kararları vermek için son derece önemli ve bazen de tek bilgi kaynağını oluşturmaktadır. Hastalardan bildirilen semptom verilerine güvenmek, semptomların çoğu kez bir kişi tarafından fark edilemeyebileceği düşünüldüğünde, oldukça hataya açık olabilir. Bu eksiklikler, günlük bazda klinik sağlık hizmetlerini tamamlama ihtiyacına işaret etmektedir. Akıllı sağlık cihazlarından alınan verilerin izlenmesi ve analizi, anormal durumların anında tespit edilmesini sağlayabilir. Dolayısıyla, insanların sağlık hizmetlerini rahatlıkla alabilmeleri için ileri ve pratik sağlıkla ilgili teknolojilerin geliştirilmesi ve iletilen verilerin bit hata oranının en aza düşürülmesi gerekmektedir.

Araştırmanın amacı

Sağlık toplumu, diğer alanlara göre IoT'yi benimseme konusunda daha yavaştır. Ancak tıp alanında kullanılan IoT'in asıl amacı, önümüzdeki yıllarda sağlık hizmetlerinin maliyetini düşürmek, insanları güvende tutmak ve iletilen verilerin doğruluğu teyit etmektir.

Genel olarak, kablosuz iletişimde meydana gelen yüksek veri hızı taleplerindeki artış, ağ operatörleri için zor bir görevdir. Bu nedenle, yüksek veri oranları talebini karşılamak için yeni yöntem ve tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Tezimizin nihai amacı, IoT uygulamalarının literatürdeki araştırmalarından faydalanılarak, sağlık tabanlı IoT uygulamalarında kaynaktan hedefe katmanlar arasında iletilen verilerin verimliliğini artırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, iletilen sinyallerin bit hata oranını düşürmesi için İşbirlikçi algoritmasını kullanarak güvenli bir platform önerilmiştir. Sağlık tabanlı IoT uygulamasında, İşbirlikçi algoritması ile güvenli test ortamı oluşturularak uygulama test edilmiştir.

Araştırmanın katkısı ve kapsamı

Bu araştırmada, IoT tabanlı sağlık hizmetleri araştırmalarındaki eğilimleri incelenmekte ve IoT yoluyla sağlık hizmeti teknolojilerini dönüştürmek için ele alınması gereken çeşitli sorunlar ortaya çıkarılmıştır. Bu bağlamda, bu araştırma aşağıdaki katkıları sağlayacaktır:

- IoT sağlık hizmetlerinin sorunları ve bu sorunları gideren çözümler ile yeni yöntemler hakkında kapsamlı bilgi sağlamak.
- IoT tabanlı sağlık sistemlerin teknolojilerini yeniden şekillendirebilecek olan ve iletilen verilerinde bit hata oranını minimum orana düşüren algoritma modeli önerip sonuçlarını tartışmak.

Akıllı sağlık hizmetleri sistemi olarak adlandırılan 2. Bölümde, KVAA'nın standardizasyonu ve zorluklarını içeren kablosuz vücut alanının arka planı ele alınmıştır. Ayrıca sağlık uygulamasındaki nesnelerin interneti tartışılmış ve bu bölümde Sağlık tabanlı IoT ilgili çalışmalar sunulmuştur.

IoT sağlık temel sisteminin bit hata oranı olarak adlandırılan 3. Bölümde, önerilen İşbirlikçi iletişim algoritmasını ele alınmış, algoritmanın bit hata oranı analiz edilmiş ve kanal formülasyonu dahil kapalı form türetilmiştir. Ayrıca, İşbirlikçi iletişiminin çeşitlilik düzeni IoT sağlık sisteminde denenmiştir.

Bölüm 4'te simülasyon ve sonuçlar sunulmuştur. Bu bölümde, önerilen protokolün etkinliği kanıtlanmakla birlikte IoT sağlık hizmeti tabanlı sistem için farklı parametreler dikkate alınmıştır.

Son olarak, 5. Bölümde çalışma ile alakalı sonuçlar verilmiş, önerilen sistem için gelecekteki çalışmalar ve zorluklar sunulmuştur.

2. AKILLI SAĞLIK SİSTEMLERİ

Akıllı sağlık sistemleri, tedaviye ihtiyacı olan kişilere daha koordineli ve kaliteli hizmet sunmak için bilgi teknolojileri, görüntülü tele-tıp, uzaktan hasta takibi, mobil sağlık ve akıllı yanıt sistemlerinin birlikte veya ayrı ayrı kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistem, insanlar için önleyici bakım ve tedavi edici hizmetleri desteklemekle birlikte kişilerin yaşam koşullarını iyileştirilmektedir. Akıllı sağlık çözümleriyle sağlık hizmetlerine erişimi kısıtlı olabilecek bireylerin bu hizmetlere erişim olanakları da artırılmaktadır. Tıp ve bilgisayar teknolojilerinin hızla gelişmesiyle birlikte, sağlık sistemleri hem akademiden hem de endüstriden ilgi görmüştür. Bununla birlikte, toplumdaki ekonomik gelişme ve çevresel değişiklikler, hastalıklar ile insanı rahatsız eden dış etkileri artırmıştır. Böylece bu durum, artık insan sağlığı için en büyük tehdit haline gelmiştir [8].

Geleneksel sağlık hizmetleri sistemleri üç katmana ayrılabilir. Bunlar, toplama katmanı, iletim katmanı ve analiz katmanı olup işleyiş şu şekildedir:

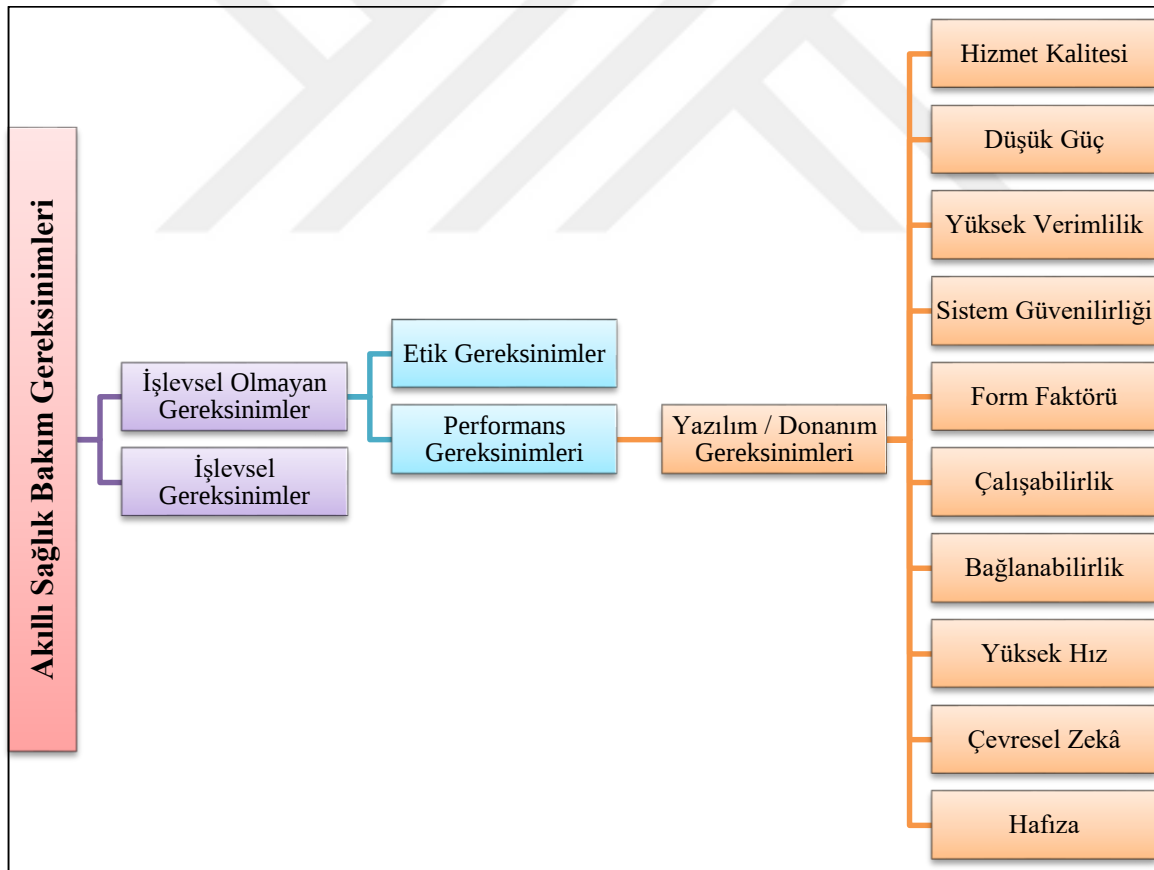
- Toplama katmanında, vücut alan ağındaki sensörler algılama verilerini belirtilen frekansa göre toplar; akıllı terminal aracılığıyla ağ geçidi düğümüne, baz istasyonuna (BS) veya akıllı cihazlara gönderir.
- Ardından, ağ geçidi veya BS, bu verileri internet üzerinden analiz katmanına (bulut veri merkezi gibi) gönderir.
- Veriler, makine öğrenimi ve veri madenciliği algoritmaları kullanılarak bulut veri merkezinde depolanır ve analiz edilir.

Son olarak sistem, kullanıcıların sağlık durumunu analiz eder ve sonuçlar ilgili tıbbi tedavi önlemleri için kullanılır [8].

Akıllı sağlık sistemleri hastalara ve doktorlara kolaylık sağlamasına rağmen bazı sorunlarla da karşı karşıya kalılabilmektedir. Örneğin, tıbbi verilerin çok modlu olması nedeniyle, geleneksel makine öğrenimi ve veri madenciliği yöntemleri verilerdeki gizli değeri doğru bir şekilde keşfetme konusunda başarısız olabilmektedir. Ayrıca, katmanlar arasında verilerin iletişim sırasında bazı gecikmeler yaşanabilmektedir. Dolayısıyla, acil durumlarda hızlı bir tıbbi analiz ve hizmet sağlama konusunda başarısız kalabilmektedir. Bu sorunların

gidermesi veya sorunun yaşanma oranını minimum seviyeye düşürmesi ile ilgili çalışmalar araştırmacılar tarafında elle alınmış olup, bunlardan Literatür tarama bölümünde bahsedilmiştir.

Akıllı sağlık sistemlerinin mimarileri, gereksinimler, bileşenler ve bunların özelliklerine bağlıdır. Şekil 2.1'de gösterildiği gibi gereksinimler, genel olarak işlevsel gereksinimler ve işlevsel olmayan gereksinimler olarak sınıflandırılabilir. İşlevsel gereksinimler, akıllı bir sağlık hizmeti mimarisinin özel taleplerini ele alır [9]. İşlevsel olmayan gereksinimler ise çok spesifik olmayıp, sağlık hizmetleri sisteminin kalitesinin belirlenmesine dayanan niteliklere atıfta bulunur. Daha geniş bir perspektiften bakıldığında, akıllı sağlık hizmetlerinin işlevsel olmayan gereksinimleri, performans gereksinimleri ve etik gereksinimler olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 2.1. Akıllı sağlık sistemlerin gereksinimleri

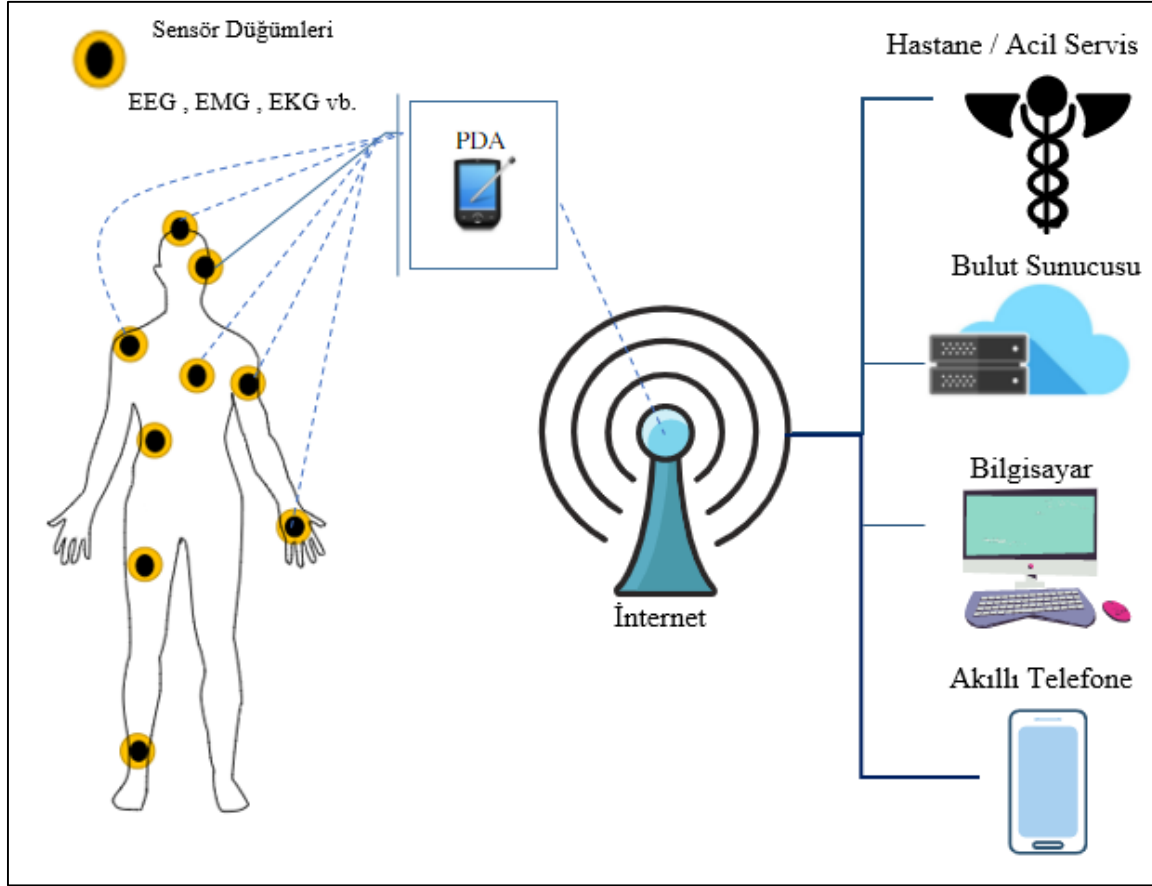
Sağlık hizmetleri perspektifinden bakıldığında hizmetler, bir sağlık hizmetleri mobil uygulamasındaki anlık bildirimlerden, bağlantılı cihazlar için gereken çapraz bağlantı

protokollerine kadar değişebilir. Halihazırda mevcut sistemlerdeki değişiklikler, bu özelliklerin akıllı sağlık sistemiyle bütünleştirilmesine yardımcı olabilir. Bu hizmetlerin güvenli ve hızlı olması yanı sıra, hasta tarafından da kolayca erişilebilir olmalıdır.

2.1. Kablosuz Vücut Alan Ağları KVAA

Kablosuz Vücut Alan Ağları KVAA, giyilebilir cihazlardan oluşan bir kablosuz ağdır. Kablosuz iletişim ve mikroelektronikteki son teknolojik gelişmeler, insan vücuduna implante edilebilen veya takılabilen düşük güçlü, akıllı cihazların geliştirilmesini sağlamıştır. Bu cihazların birbirine bağlanması, sabit veya hareketlilik senaryolarında vücudun fizyolojik durumunun sürekli izlenmesini sağlayan bir KVAA olarak adlandırılır. Koordinatör, bireysel sensörlerin ölçümlerini toplar ve bunları bir ağ geçidine gönderir. Alınan veriler, internet veya hücresel telekomünikasyon altyapısını kullanarak depolama, işleme ve analiz için uzak bir izleme istasyonuna gönderilir. Temel olarak, KVAA sensörleri kan basıncı, şeker seviyesi, vücut ısısı, CO2 konsantrasyonu, elektromiyografi gibi hayati belirtileri izler ve kalp (elektrokardiyografi) ve beyin (elektroensefalograf) elektrik aktivitelerini gözlemleyerek tıbbi personele gerçek zamanlı geri bildirim sağlar.

KVAA, hastalar için olduğu kadar tıbbi alandaki profesyoneller için de çok faydalıdır çünkü uzak bir lokasyondaki bu ağ kullanılarak hastanın sağlığının izlenebilmesini sağlar. Bir KVAA'daki her düğüm, uzak bir konumda veri iletimi için uygun bir yol arayabilen ve bulabilen bağımsız bir düğümdür. KVAA düğümü ayrıca veri iletmek için internete bağlanabilir. Bilgi Teknolojisi, sağlık sektörünü daha verimli ve gelişmiş hale getirmek için büyük bir şekilde çalışmaktadır. Bu teknoloji ile hastalar evlerinde izlenebilmekte, bu sayede de maliyet ve zamandan tasarruf sağlanmaktadır.



Şekil 2.2. KVAA mimarisi

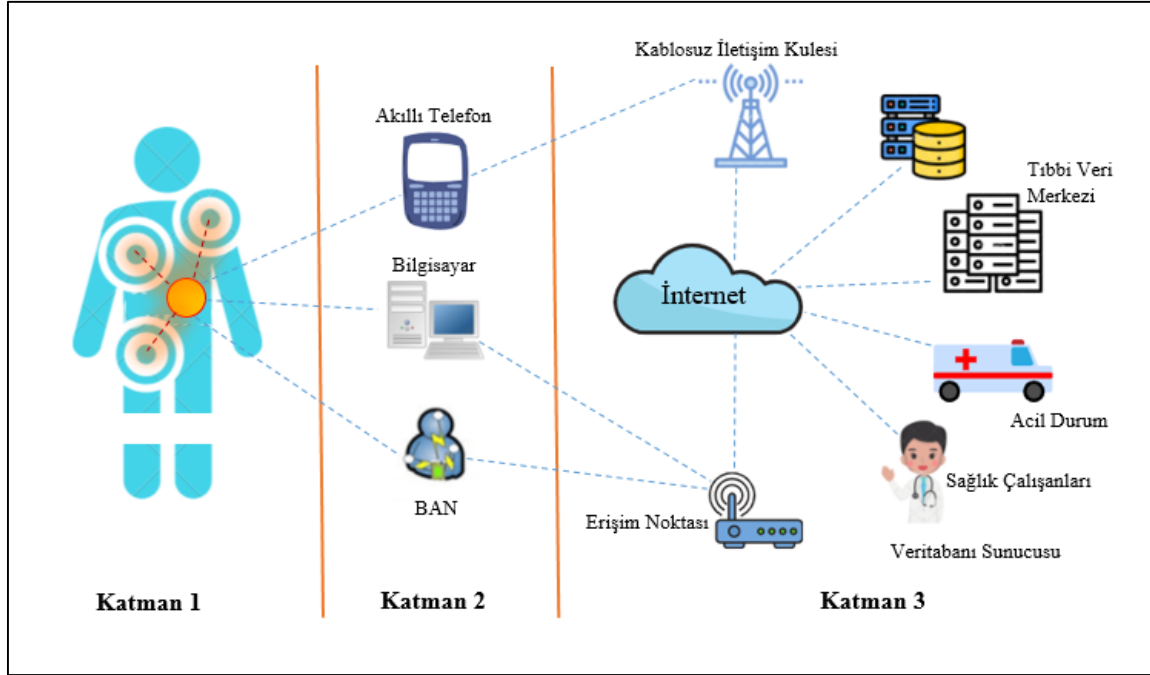
KVAA uygulamaları sınırlı şekilde hayatımızda uygulanmaktadır. Uzaktan hasta izleme, rehabilitasyon, biyogeribildirim ve destekli yaşam gibi KVAA uygulamaları sağlık sektöründe kullanılmaktadır. Ancak çeşitli alanlarda gerçek zamanlı ve sürekli izleme olanakları nedeniyle son zamanlarda, teletıp, eğlence, spor ve askeri eğitim dahil olmak üzere KVAA uygulamalarına ilgi giderek artmıştır.

Günümüzde insanlar sağlık konusunda daha bilinçli olduklarından, sağlık hizmetleri kalitesi üzerinde büyük bir baskı vardır. Bu nedenle, sağlığın sürekli izlenebildiği ve uzaktan bakım sağlayıcısı, hastane veya ilgili noktalarla bilgi paylaşabilen bir teknoloji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. KVAA bir teknoloji olarak bu tür bilgilerin sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Genel olarak KVAA teknolojisi, Kablosuz Sensör Ağları (KSA'lar) alanındaki mevcut araştırmaların bir alt alanı olup, sağlık hizmetlerinin sunulması ve izlenmesi konusunda büyük gelişme potansiyeli sunmaktadır.

Özetlemek gerekirse, KVAA'lar, çok sayıda geniş kapsamlı biyolojik sensör içeren küçük kablosuz ağlardır. Vücudun çeşitli bölgelerine yerleştirilebilen bu sensörler giyilebilir veya implante edilebilir. Bunlar, esas olarak ilgili görevler için kullanılan belirli ön koşulları içerir. Bu cihazlar, bir hastanın belirtileri, duyguları veya bir varlığın durumu, örneğin kaygı, korku, mutluluk, ile ilgili değişiklikleri kaydederler. Özel koordinatör düğümü, daha az enerji kısıtlı ve daha fazla işleme kapasitesine sahip iletişim amacıyla kullanılır. Gerçek zamanlı tıbbi teşhis için doktorunun incelemesi ve hastanın biyolojik sinyallerini iletmekten sorumludur.

Şekil 2.3'te gösterildiği gibi, KVAA ortak mimarisi üç katmanlı iletişimden oluşur. KVAA sisteminin işleyişi genel olarak şu şekilde özetlenebilir [10];

- Katman 1, vücut üzerinde sabitlenmiş veya vücuda implante edilmiş sensörlerden oluşur. İşlevi, insan vücudu hakkında çeşitli fizyolojik bilgileri toplamak ve iletmektir.
- Katman 2, akıllı telefonlardan, kişisel bilgisayarlardan veya diğer akıllı elektronik cihazlardan oluşur. Sensörler tarafından gönderilen bilgiler, bir kablosuz mod ile terminal veri merkezine iletilir.
- KVAA'nın 3. katmanda, terminal veri merkezi temel olarak çeşitli uygulamalar sağlayan uzak sunuculardan oluşur. İşlevi, dinamik bir yanıt sağlamak için alınan verileri harmanlamak ve analiz etmektir. Özellikle sensör düğümü, anormal veriler topladığında acil durum iletimi ve alarmı gerçekleştirir. Bu da acil durum işlemlerini ve herhangi bir müdahaleyi hızlandırabilir.



Şekil 2.3. Üç katmanlı KVAA sistemin işleyişi

2.1.1. KVAA iletişimi standartları

Elektronik bileşenlerin küçülmesi ve pil teknolojileri konusundaki değişiklikler ve gelişmeler, kablosuz haberleşmeyi hayatımızın birçok parçasına girmeye başlamıştır. Her geçen gün, yeni bir kablosuz cihazın ya da var olan bir cihazın kablosuz modelinin icat edildiğine veya piyasaya sürüldüğünü görmekteyiz. Kablosuz ağ standartları, 1997 yılından itibaren Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Geliştirilen bu standardın genel adı IEEE 802.11'dir. 802.11 standardı kablosuz yerel ağ, Wireless Local Area Network (WLAN), üzerinden iletişim kurarken kullanılan kuralları temsil eder. IEEE 2,4 GHz frekansında çalışan, maksimum 75 metreyi kapsayan ve 1-2 Mbps aralığında veri iletimi hızı sunan bu standardın teknolojik gelişmeler sonucunda yetersiz hale gelmesiyle, 802.11x adı verilen standartlar serisini geliştirmeye başlamıştır. 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 [11].

KVAA, farklı bir düzeyde yer alan farklı teknoloji ve standart türleri içermektedir. Bu bölümde, KVAA'nın ana teknolojilerinden bazıları bahsedilecektir.

ZigBee

ZigBee, çoğunlukla uzak bölgelerde kullanılan ve daha az güç tüketen bir kablosuz teknolojidir. ZigBee teknolojisinin temel özelliği, düşük maliyet ve düşük güçtür. ZigBee ağı NS2, OPNET ve NetSim kullanılarak simüle edilebilir. Bu simülatörler açık kaynaklıdır ve C ve C++ kitaplığıyla birlikte gelir. ZigBee teknolojisi, fiziksel ve MAC katmanlarında IEEE standardı 802.15.4 üzerine inşa edilmiştir. ZigBee, kimlik doğrulama gerçekleştirmek ve mesajların bütünlüğünü ve gizliliğini garanti altına almak için 128 bitlik güvenlik desteği sayesinde düşük veri hızı, uzun pil ömrü ve güvenli ağ bağlantısı gerektiren radyo frekansı uygulamalarını hedef almaktadır. ZigBee cihazları üç tiptedir:

- ZigBee Koordinatörü
- ZigBee Yönlendirici
- ZigBee Uç Cihazı

ZigBee tabanlı kablosuz cihazlar 868 MHz, 915 MHz ve 2,4 GHz frekans bantlarında çalışır. Bu nedenle, ZigBee'nin KVAA uygulamaları için önemli bir dezavantajı, özellikle çok sayıda kablosuz sistemin çalıştığı 2,4 GHz'de WLAN iletimi ile etkileşime bağlıdır. ZigBee'nin diğer bir dezavantajı, düşük veri hızı (250 Kbps) ile ilgili olup bu da onu büyük ölçekli ve gerçek zamanlı KVAA uygulamaları için uygunsuz kılar. Aslında, düşük veri oranı nedeniyle, hastanelerde veya kliniklerde (birden çok hasta) uygulanması zordur, ancak kişisel kullanım için ideal sayılmaktadır [12].

Bluetooth

Bluetooth teknolojisi, yüksek düzeyde güvenlik sağlamak amacıyla kısa menzilli bir kablosuz iletişim standardı olarak tasarlanmıştır. Bu teknoloji sayesinde, her bir cihaz, tek bir piconet içinde yedi adede kadar diğer cihazla eşzamanlı olarak iletişim kurabilir. Bir ana cihaz olarak hareket eden bir cihaz ve piconetin ömrü boyunca bağımlı olarak yedi adede kadar diğer cihazı içeren geçici bir ağ sayılmaktadır. Sınırlı bir aralıkta veri aktarımı için yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. Piconet içerisindeki cihazlar ihtiyaçlara göre birbirleriyle rol değiş tokuşu yapabilmektedir.

Bluetooth'un ana çekici özelliği, dünyanın hemen her yerinde çok çeşitli Bluetooth özellikli cihazların birbirine bağlanmasına ve birbirleriyle iletişim kurmasına izin vermesidir. Diğer bir önemli özellik, cihazların birbirine bağlanma esnasında görüş hattı konumlandırmasına gerek kalmadan iletişim kurabilmesidir. Bu nedenle, veri ve ses uygulamalarını destekleyip, kişisel olarak taşınan çeşitli cihazları bağlamak için yaygın olarak kullanılır.

Bluetooth aygıtları 2,4 GHz ISM bandında (Endüstriyel, Bilimsel ve Medikal bant) çalışır ve paraziti azaltmak için 79 1 MHz kanallar arasında 1600 atlama/sn nominal hızda frekans atlamayı kullanır. Standart, farklı iletim güçlerine ve 1 ila 100 m arasında değişen ilgili kapsamlara sahip üç cihaz sınıfını belirtir.

IEEE 802.11

IEEE 802.11, WLAN için bir dizi standarttır. IEEE 802.11 standartlarına dayanan Wi-Fi, kullanıcıların bir erişim noktasına (AP) bağlandıklarında veya geçici modda internette geniş bant hızlarında gezinmesine olanak tanır. WLAN'lar için IEEE Std 802.11 teknik düzeltmeleri ve açıklamalarının yanı sıra mevcut ortam erişim kontrolü (MAC) ve fiziksel katman (PHY) işlevlerindeki geliştirmeler bu revizyonda belirtilmiştir. Yüksek hızlı kablosuz bağlantı sağlayarak ve video konferansa, sesli aramalara ve video akışına izin vererek büyük veri aktarımları için idealdir. Önemli bir avantaj, tüm akıllı telefonların, tabletlerin ve dizüstü bilgisayarların Wi-Fi entegrasyonuna sahip olmasıdır. Ancak yüksek enerji tüketimi önemli bir dezavantajdır.

IEEE 802.15.6

IEEE 802.15.6, çeşitli tıbbi ve tıbbi olmayan uygulamalara hizmet eden ve insan vücudunun içindeki ve çevresindeki iletişimi destekleyen ilk KVAA standardıdır. IEEE 802.15.6 standardı, veri iletimi için aşağıdakileri içeren farklı frekans bantları kullanır. Bunlar, 400, 800, 900 MHz ve 2.3 ve 2.4 GHz bantlarını içeren Dar Bant (The Narrowband (NB)); 3.111.2 GHz kullanan Ultra Geniş Bant (Ultra Wideband(UWB)) ve 1050 MHz aralığındaki frekansları kullanan İnsan Vücudu İletişimi (HBC) dir. Bu standart, çok çeşitli veri hızları, daha az enerji tüketimi, düşük aralık, vücut alanı ağı başına çok sayıda düğüm (256) ve buna göre farklı düğüm öncelikleri ile kullanılmak üzere özel olarak tasarlandığından, giyilebilir kablosuz sensör ağlarında bir adım ileridedir. Kanal erişimi, CSMA / CA veya Slotted Aloha

erişim prosedürü kullanılarak gerçekleştirilir. Üç güvenlik şeması tanımladığı için güvenlik özelliklerinde esneklik sağlar. IEEE 802.15.6 standardı, son derece düşük güçte iken 10 Mbps'ye kadar veri hızlarına ulaşabilir. Ek olarak, oturma, uzanma, ayağa kalkma, koşma, yüzme ve koşma gibi senaryolar gerektiren yeni ortaya çıkan KVAA uygulamaları için uygun olmayan bazı vücut hareketlerini dikkate alabilir. Bu standart, maksimum 680 Kbps'ye ulaşarak KVAA uygulamalarının iş hacmi gereksinimlerinin çoğunu karşılayabilir. Ancak, yüksek kaliteli ses veya video aktarımları gerektiren uygulamaları karşılayamamaktadır.

Diğer teknolojiler

Bu teknolojilerin yanı sıra, WBAN uygulama geliştirme için bazı başka teknolojiler bulunmaktadır.

- *Ultra Geniş Bant (UWB) teknoloğisi*, kısa menzilli iletişim sistemleri için kullanılır ve yüksek bant genişliği sağlar. Kullanıcıların yerleştirilmesi, destekli yaşam tesislerinde ve hastanelerde iç mekan lokalizasyonu için özellikle önemli olduğundan, UWB tek güvenilir yerleştirme yöntemini sağlar. Ancak karmaşıklığından dolayı giyilebilir uygulamalar için uygun değildir.
- *ANT protokolü*, sağlıklı yaşam ve sağlık izleme uygulamaları için ortaya çıkan bir başka standarttır. ANT, birkaç sensör üreticisi tarafından desteklenen düşük hızlı ve düşük güç protokolüdür.
- *Zarlink teknoloğisi*, ultra düşük güçtür, bu da onu düşük frekans ve düşük veri hızları gerektiren tıbbi implant uygulamaları için uygun hale getirir.
- *Rubee aktif (IEEE standart 1902.1) kablosuz protokolü*, yerel bir ağda kısa (128 bayt) veri paketleri göndermek ve almak için uzun dalga manyetik sinyallerini kullanır. Rubee, alışması için görüş hattı iletişimi gerektirmez. Ek olarak, Rubee, hasta izleme ve mobil sağlık hizmetleri gibi birçok KVAA uygulaması için uygun olan verimli iletim mesafesi, yüksek güvenlik seviyesi, ultra düşük güç tüketimi, istikrarlı çalışma sağlama ve uzun pil ömrü gibi avantajlara sahiptir.

2.1.2. KVAA'larındaki zorluklar

KVAA, bir insan vücudunun yakınındaki veya içindeki kısa menzilli kablosuz iletişim anlamına gelir. WBAN, sağlıkla ilgili yerel ve uzak tesislerin ihtiyaçlarını karşılamak için ortaya çıkan bir çözümdür. İnsana sağlıklı ve memnuniyet verici bir hizmet sunmak için tıbbi ve tıbbi olmayan uygulamaların geliştirilmesi, devrim niteliğinde bir gelişme olarak değerlendirilmektedir.

Zamanla, gelişen teknolojilere yönelik zorluklar da artmaktadır. Vücuttan gelen verilerin iletişiminde çok kritik olduğundan, can güvenliği ve kullanıcının yararı için üstesinden gelinmesi gereken birçok zorluk bulunmaktadır. Genel olarak gereksiz iletişimi azaltıp güç tüketimi dikkate alınırken, minimum gecikme ve maksimum verim ile güvenilir, hataya dayanıklı bir ağ elde edilmeye çalışılmaktadır. Gizlilik, güvenlik, kullanım kolaylığı, güvenlik ve uyumluluk gibi kullanıcı gereksinimleri de büyük önem taşımaktadır.

Güvenlik

KVAA için temel zorluktur. KVAA'daki veri aktarımlarını daha güvenli ve doğru hale getirmek için araştırmalar devam etmektedir. Bireysel bir hasta verileri, diğer hasta verileriyle karıştırılmamalıdır. Genel olarak herhangi bir ağdaki iletişim verileri önemlidir. KVAA durumunda ise fiziksel sisteme bağlı olduğu için daha kritiktir. Bu tür iletişim kanalları saldırgan tarafından oldukça görünür durumdadır. Eğer güvenli bir şekilde uygulanmazsa, düğümler arasındaki trafiği gizlice dinleme, mesaj enjeksiyonu, mesajı tekrar etme, sahtekarlık ve fiziksel cihazların bütünlüğünü tehlikeye atma dahil herhangi bir saldırı olabilir. Bu tarz saldırılarda verilere erişim sağlanırsa, yalnızca mahremiyet ihlal edilmekle kalınmaz, aynı zamanda bu durum felakete de yol açabilir. Ayrıca ağlarda oluşturulan verilere yetkisiz erişim olmaması gerekir. Gizlilik, bütünlük ve kimlik doğrulama, KVAA'ın temel güvenlik gereksinimleridir. Buna ek olarak KVAA sistemlerin güvenlik mimarisi diğer ağlardan daha zordur. Verimlilik, ölçeklenebilirlik ve kullanılabilirlik, KVAA'ların güvenlik mimarisi için performans gereksinimleridir.

Birlikte çalışabilirlik

Arayüzleri tamamen anlaşılan bir ürün veya sistemin, şu anda veya gelecekte, herhangi bir kısıtlama olmaksızın uygulama veya erişimde diğer ürünler veya sistemlerle çalışması ve veri aktarımı yapabilmesi beklenir. KVAA sistemlerinde veri aktarımı, Bluetooth ve ZigBee ile çeşitli teknoloji standartlarında sorunsuz veri aktarımı sağlamalıdır. KVAA sistemi, ağ genişletildiğinde ağ bağlantısı kesintiye uğramayacak şekilde ölçeklenebilir olmalıdır. Ayrıca, sistemlerin ölçeklenebilir olması, ağlar arasında verimli geçişi sağlaması ve kesintisiz bağlantı sunması gerekir.

Sistem cihazları

KVAA sensörleri çoğunlukla tıbbi uygulamalar için kullanılır. Bu nedenle bu sensörlerin ağırlığı küçük olmalıdır. Böylece insan vücuduna (içinde veya dışında) kolayca yerleştirilebilirler. Sensörün, hastayı izlemesi için birkaç yıl çalışması gerektiğinden, enerji verimli olması gerekir. KVAA sensörleri yeniden yapılandırılabilir ve kullanımı kolay olmalıdır. Buna ek olarak hasta verilerinin, tıbbi uzmanın verileri internet üzerinden görüntüleyebilmesi ve analiz edebilmesi için uzak depolama cihazlarında saklanması gerekmektedir.

Sensör doğrulama

KVAA teknolojisindeki algılama düğümü, güvenilir kablosuz iletişim bağlantısına sahip olmalıdır. Bu algılama cihazları, sınırsız enerji kaynağı ve girişim için biçim olarak içsel iletişim sınırlamalarına sahiptir. KVAA'daki sorunlar ve yanlış okumalar, kullanıcıya yanlış veri aktarımına neden olabilir. Sağlık bakımı uygulaması veya hasta izleme uygulaması için, hastanın okumalarının doğru olması ve tıbbi sunucuya güvenli bir şekilde iletilmesi çok önemlidir.

Veri tutarlılığı

Kablosuz sensörler tarafından algılanan bir hastanın verileri, düzgün bir şekilde analiz yapılması için toplanmalıdır. Bir hastanın hayati verileri, birden çok düğümde parça parça

bulunur ve diğer ağıba bağlı tıbbi sunuculara iletilir. Bu veriler, daha fazla analiz için tıbbi uzmana ulaşmalıdır. Aksi takdirde hastanın sağlık bakımı ve izleme süreci azalır.

Sürekli izleme

KVAA'lar, farklı durumları izlemek için kullanılır. Bir süre, bir hastayı kardiyak iskemi izleme gibi sürekli olarak izlemeyi gerektirir. Bazı hastalar yürüme veya hareket etme senaryolarında izlenir. Dolaysı ile zaman ve dikkat gerektirir.

Güç tüketimi

KVAA'daki cihazlar genellikle pille çalışır. KVAA, diğer Kablosuz sensör ağı KSA ile kıyasla daha küçük pillere sahip olup daha az ve daha küçük düğüme sahiptir. Bu da iletişimdeki güç tüketiminde daha fazla kısıtlama getirir. KVAA'daki düğümlerin ihtiyaç duyduğu güç, uygulama türüne göre değişir. Tüm implante edilmiş düğümlerin birkaç yıl çalışması gerekir. Bu nedenle, ultra düşük güçlü radyo ileticileri tasarlamak çok önemlidir. KVAA protokolleri, akıcı güvenilirlik olmadan güç tüketimini en aza indirebilmelidir. Yaygın bir teknik, cihazların çoğu zaman uyumasına izin vermek ve böylece görev döngüsünü düşürmektir. Ancak, güç tüketimi ile ortalama uçtan uca gecikme arasında denge sağlanması düşünülmelidir.

Ağ sorunları

Ağın boyutu büyüdükçe, esas olarak yönlendirme protokollerinin performansı ve ağın verimi etkilenir. Bant genişliği kullanımı ayrıca her bağlı düğümdeki bağlantı paylaşımından da muzdariptir. Bu durum, homojen kanalizasyondaki yavaş yönlendirmenin ana nedenlerinden biridir.

- a) Ad-hoc ağlarda mobil düğümlerin kendi kendine organizasyonu, verimli yönlendirme protokolleri bağlamında zorlu araştırma problemlerinden biridir. Çoklu sekme yönlendirme, kaynak ve hedef doğrudan birbirine bağlı olmadığına da umut verici bir çözümdür. Yönlendirme protokollerinden kaynaklanan zorluklar, dinamik topoloji, yeniden yapılandırma ve yönetim, ücretsiz izleme, merkezi kontrol olmaması ve ölçeklenebilirliktir.

- b) Çok noktaya yayın yönlendirme, mobil düğümlerin sık eklenmesi ve çıkarılması nedeniyle geçici ağlarda umut verici bir çözümdür. Çok noktaya yayın yönlendirme, bağlantı verimliliği ve merkezi yayın için uygunluğu nedeniyle ad hoc ağlarda özel ilgi görmektedir. Çok noktaya yayımla karşılaşılan zorluklar, servis kalitesinin eksikliği, düşük ölçeklenebilirlik ve sık güncellemeler gibi sorunlardır.

2.2. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Her Şeyin İnterneti veya Endüstriyel İnternet olarak da adlandırılan IoT, birbirleriyle etkileşime girebilen küresel bir makine ve cihaz ağı olarak tasarlanan yeni bir teknoloji paradigmasıdır. IoT, farklı alanlarda ve uygulamalarda ortak bir hedefe ulaşmak için iletişim kurabilen, verileri ve bilgileri paylaşabilen, birbirine bağlı birçok nesne, hizmet, insan ve cihazdan oluşan bir koleksiyondur. Ayrıca, geleceğin teknolojisinin en önemli alanlarından biri olarak da kabul edilmekte olup çok çeşitli endüstrilerden büyük ilgi görmektedir. İşletmeler için IoT'nin gerçek değeri, bağlı cihazlar birbirleriyle iletişim kurabildiğinde ve satıcı tarafından yönetilen envanter sistemleri, müşteri destek sistemleri, iş zekâsı uygulamaları ve iş analitiği ile entegre olabildiğinde tam olarak gerçekleşecektir.

IoT'nin amacı, çevremizdeki akıllı cihazları günlük görevleri ve işleri gerçekleştirerek yaşama şeklimize dönüştürmektir. Akıllı evler, akıllı şehirler, akıllı ulaşım ve altyapı vb. IoT ile bağlantılı olarak kullanılan terimlerdir. IoT'nin kişisel ortamlardan kurumsal ortamlara kadar pek çok uygulama alanı vardır. Kişisel ve sosyal alandaki uygulamalar, IoT kullanıcılarının çevrelerindeki ortamlarla etkileşime girmesine ve insan kullanıcıların sosyal ilişkileri sürdürmesine ve inşa etmesine olanak tanır. IoT'nin diğer bir uygulaması, çeşitli akıllı arabaların, akıllı yolların ve akıllı trafik sinyallerinin güvenli ve rahat ulaşım olanakları amacına hizmet ettiği ulaşım alanıdır. İşletmeler ve endüstriler, kuruluşlarda farklı iç ve dış faaliyetler sağlamak için finans, bankacılık, pazarlama vb. alanlarındaki uygulamaları kapsar. Son uygulama alanları ise, tarım, ıslah, enerji yönetimi, geri dönüşüm vb işlemleri içeren hizmet ve hizmet izleme sektörüdür.

IoT uygulamaları, RFID ve WSN teknolojileri nedeniyle son yıllarda hızlı bir gelişme göstermiştir. RFID, IoT'de temel tanımlama mekanizması olarak hizmet verecek şekilde her bir cihazın etiketlenmesini veya etiketlenmesini sağlar. WSN sayesinde her "şey", insanlar,

cihazlar vb. kablosuz olarak tanımlanabilir bir nesne haline gelir ve fiziksel, siber ve dijital dünya arasında iletişim kurulabilir.

IoT teknolojileri literatürde farklı teknolojiler bulunmaktadır. Başarılı IoT tabanlı ürün ve hizmetlerin dağıtımında, yaygın olarak beş IoT teknolojisi kullanılmaktadır [13]:

1. Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID): Radyo frekansı kullanarak nesneleri tekil ve otomatik olarak tanımlama yöntemidir. RFID, temel olarak bir etiket ve okuyucudan meydana gelir. RFID etiketleri Elektronik Ürün Kodu (EPC) gibi nesne bilgilerini almak, saklamak ve göndermek için programlanabilirler.

2. Kablosuz Sensör Ağları (WSN): Fiziksel veya çevresel koşulları izlemek için mekansal olarak dağıtılmış, otonom sensör donanımlı, yüzlerce hatta binlerce cihazlardan oluşur. Konumları, sıcaklıkları, ışık, gürültü seviyesi sayesinde nesnelerin mevcudiyeti, nesnelerin hareketleri ve belirli nesnelerin ağırlık, boyut, hareket hızı, yönü, son konumu gibi fiziksel durumları izlenebilmekteler.

3. Ara Yazılım: Bir işletim sistemi ile üzerinde çalışan uygulamalar arasında yer alan yazılımdır. Esasen gizli çeviri katmanı olarak işlev gören ara yazılım, dağıtılmış uygulamalar için iletişim ve giriş/çıkış gerçekleştirmesini kolaylaştırmak için veri yönetimi sağlamaktadır. "Yazılım tutkalı" olarak tanımlanabilir.

4. Bulut Bilişim: Bilgisayarlar, ağlar, sunucular, depolama, uygulamalar, hizmetler, yazılım ve diğer cihazların istendiği zaman erişim kurulabilen ve kullanıcılar arasında paylaşılan bilgisayar kaynakları sağlayan, internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır.

5. IoT Uygulama Yazılımları: IoT, sayısız endüstri odaklı ve kullanıcıya özgü IoT uygulamalarının geliştirilmesini kolaylaştırır. Cihazlar ve ağlar fiziksel bağlantı sağlarken, IoT uygulamaları cihazdan cihaza ve insandan cihaza etkileşimlere güvenilir ve sağlam bir şekilde ulaşım olarak tanır. Cihazlardaki IoT uygulamalarının, verilerin/mesajların zamanında alınmasını ve uygun şekilde işlem görmesini sağlaması gerekir.

2.2.1. IoT mimarisi

IoT sistem mimarisi, verilerin bir ağ aracılığıyla "şeylere" bağlı sensörlerden ve nihayetinde işleme, analiz ve depolama için kurumsal bir veri merkezine veya buluta aktığı dört aşamalı bir süreç olarak tanımlanır. IoT'de "Nesne" bir makine, bir bina ve hatta bir kişi olabilir. IoT mimarisindeki süreçler ayrıca, bir aktüatöre veya fiziksel olarak bağlı başka bir cihaza fiziksel bir süreci kontrol etmek için bazı eylemler gerçekleştirmek amacıyla talimatlar veya komutlar şeklinde verileri diğer yönde gönderir.

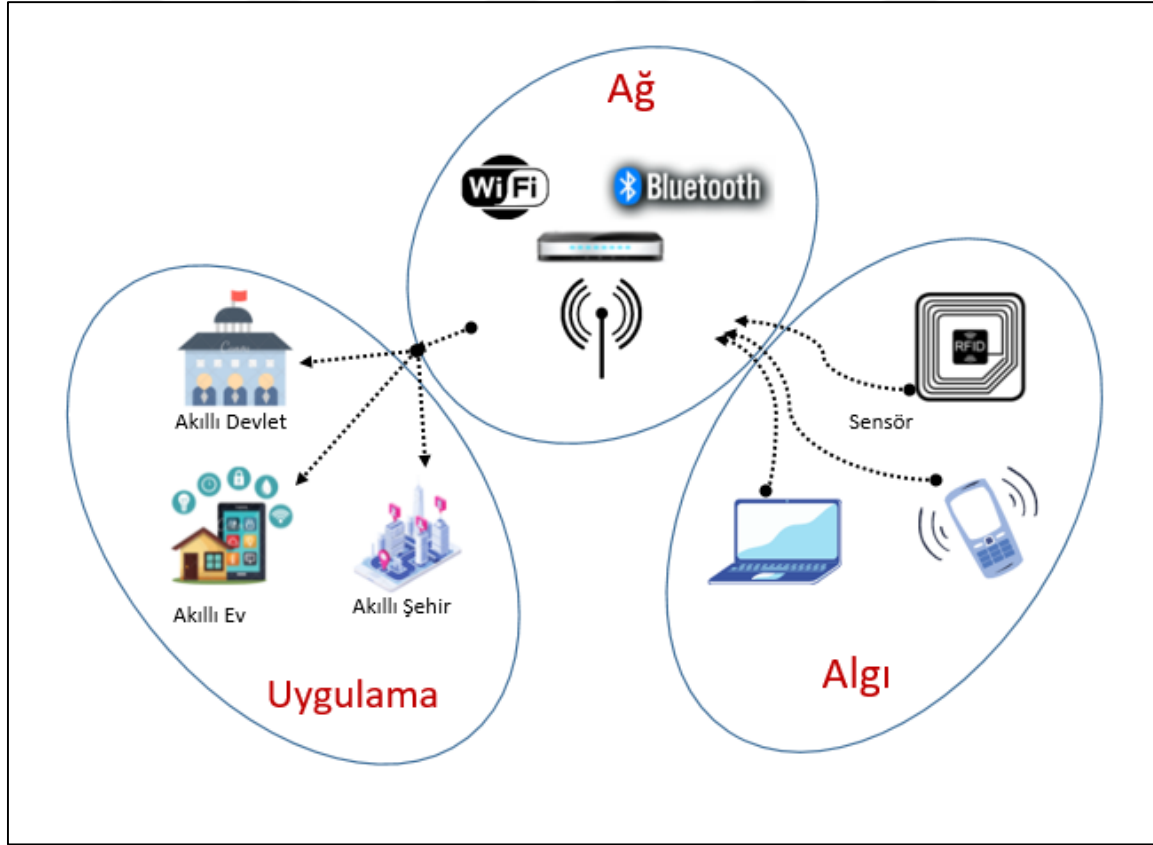
IoT için mimari konusunda evrensel olarak kabul edilen fikir birliği bulunmamaktadır [14]. Literatür taraması bölümünde belirtildiği üzere, farklı araştırmacılar tarafından farklı mimariler önerilmiştir. Literatür taramasında rastlanan IoT sistemlerin katmanları Tablo 2.1'de gösterilmiştir. Genel olarak 3 katmanlı mimari ile algılama, ağ ve uygulama katmanları IoT'nin ana fikrini tanımlar ancak bunlar IoT üzerine araştırma yapmak için yeterli olmayabilir çünkü araştırma genellikle IoT'nin daha ince yönlerine odaklanmaktadır [14]. Bu araştırmalardan biri, algılama, ağ ve uygulama katmanlarına ek olarak işleme ve iş katmanlarını içeren beş katmanlı mimaridir. Beş katman ise, algılama, taşıma, işleme, uygulama ve iş katmanlarıdır.

Çizgele 2.1. Literatürde önerilen IoT sistem mimarilerin katman sayısı

Yıl [Ref. No.]	Önerilen IoT mimarisinin katman sayısı
2016 [13]	• Dört katman
2016 [11]	• Dört katman
2016 [22]	• Belirtilmemiş
2016 [15]	• Üç katman
2016 [12]	• Üç katman
2017 [29]	• İki katman
2018 [24]	• Belirtilmemiş
2017 [28]	• Üç katman
2017 [26]	• İki katman
2018 [16]	• Dört katman
2018 [27]	• Beş katman

IoT'nin ana fikrini oluşturan 3 katman örneği şekil 2.4'te gösterilmiş olup katman tanımlamaları şu şekildedir:

- Algılama katmanı, sensörler katmanı olarak da adlandırılabilir. Çevreden bilgi toplamak ve algılamak için sensörlere sahip fiziksel katmandır.
- Ağ katmanı, internet üzerinden farklı IoT sensörler ve cihazlarına veri alma, yönlendirme ve aktarım işlevini yerine getirir. Bu katmanda, bulut bilişim platformları, internet ağ geçitleri, anahtarlama ve yönlendirme cihazları vb. WiFi, LTE, Bluetooth, 3G, Zigbee gibi en son teknolojileri kullanarak çalışır.
- Uygulama katmanı, kullanıcıya uygulamaya özel hizmetler sağlanmasından sorumludur.



Şekil 2.4. Üç katmanlı IoT'nin mimarisi

2.2.2. Sağlık uygulaması

Son yıllarda, sağlık hizmetleri teknolojik gelişmeler alanında kapsamlı araştırmalara tanık olmuştur. Ayrıca endüstrisi hızlı bir büyüme göstermiş ve istihdama önemli bir katkı sağlamıştır. Daha spesifik olmak gerekirse, IoT, uzak bir konumda kaliteli tıbbi hizmetler

sağlamak için çeşitli tıbbi cihazları, sensörleri ve sağlık uzmanlarını birbirine bağlama için potansiyel uygulama olduğunu göstermiştir. Bu alandaki gelişmeler, hasta güvenliğini artırmış, sağlık hizmeti maliyetlerini düşürmüş, sağlık hizmetleri erişilebilirliğini ve sağlık hizmetleri endüstrisinde operasyonel verimliliği artırmıştır.

Yıllar boyunca elde edilen teknolojik ilerleme, artık çeşitli hastalıkların teşhisine ve akıllı saatler gibi minyatür cihazlar kullanılarak sağlık takibine imkân sağlamıştır. Dahası teknoloji, hastane merkezli bir sağlık bakım sistemini, hasta merkezli bir sisteme dönüştürmüştür. Örneğin, bir sağlık uzmanının yardımı olmadan evde birkaç klinik analiz (kan basıncı, kan şekeri seviyesi, pO₂ vb.) yapılabilir. Dolayısıyla tıbbi bakım ve sağlık bakımı, IoT için en çekici uygulama alanlarından birini temsil etmektedir. IoT, uzaktan sağlık izleme, sağlık programları, çeşitli hastalıklar ve yaşlı bakımı gibi birçok tıbbi uygulamaya yol açma potansiyeline sahiptir. Evde sağlık hizmeti sağlayıcıları tarafından tedavi ve ilaç tedavisi imkânı diğer önemli bir uygulamadır. Bu nedenle, çeşitli tıbbi cihazlar, sensörler ve teşhis ve görüntüleme cihazları, IoT'nin temel bir parçasını oluşturan akıllı cihazlar veya nesneler olarak görülebilmektedir [6].

Sağlık alanında IoT sistemlerinden birçok uygulamadan faydalanmaktadır. Özetlemek gerekirse bunlar,

- Akıllı sensörleri kontrol etme.
- Hasta verilerinin evden kliniğe veya hastaneye aktarılması.
- Tıbbi cihazların entegrasyonu ve aralarında veri alışverişi olanakları.
- Doktorların bakım verme şeklini iyileştirmek.
- Hasta katılımını ve doktorlarla etkileşimi artırmak.
- Birden fazla bağlı cihazı yönetilmesi.
- IoT verilerinin doktorlar tarafından prosedürlere dönüştürme olasılığı.
- Sağlık sorunlarının daha doğru teşhisi ile vücutta ve sindirim sistemindeki kalp atış hızı, nabız, sıcaklık, kan basıncı ve şeker seviyesinin izlenmesi.
- Gönderilen verileri analiz ve uygun tıbbi işlem için doktora gönderme imkânı.
- Bağlı cihazlar, gün boyunca vücuttaki hayati verileri alarak doktorun bilgisayar ve akıllı telefon gibi cihazlarına kablosuz olarak aktarır.
- Sağlık masraflarının azaltılması.

İnternete bağılı sağıık sistemi ve genel olarak insanların refahı için, akıllı tıbbi cihazlarda muazzam bir potansiyel bulunmaktadır. Bu alandaki araştırmalar, önümüzdeki yıllarda sağıık hizmetleri alanındaki IoT'nin büyüyeceğini göstermektedir.

IoT cihazları (sensörler, aktüatörler, vb.), Bluetooth, Zigbee, IEEE 802.11 (Wi-Fi) vb. gibi farklı iletişim protokollerini kullanarak bilgileri izlemek ve değıştirmek için diğerk fiziksel cihazlarla entegre edilmiştir. Sağıık uygulamalarında, insan vücuduna gömülü veya giyilebilir sensörler hastanın vücudundan sıcaklık, basınç oranı, EKG, EEG ve benzeri fizyolojik bilgileri toplamak için kullanılır. Ek olarak, sıcaklık, nem, tarih ve saat gibi çevresel bilgiler de kaydedilebilir. Bu veriler, hastaların sağıık durumları hakkında anlamlı ve kesin çıkarımlar yapılmasına yardımcı olur. Veri depolama ve erişilebilirlik, büyük miktarda çeşitli kaynaklardan (sensörler, cep telefonları, e-posta, yazılım ve uygulamalar) elde edildiğinden/kaydedildiğinden, IoT sisteminde önemli bir rol oynar [15]. Yukarıda belirtilen algılama cihazlarından gelen veriler, doktorlar, bakıcılar ve yetkili tarafların kullanımına sunulur. Bu verilerin sağıık hizmeti sağlayıcıları ile bulut/sunucu üzerinden paylaşılması, hastaların hızlı teşhisi ile gerektiğinde tıbbi müdahaleye olanak sağlar. Etkili ve güvenli iletişim için kullanıcılar, hastalar ve iletişim modülü arasındaki iş birliğı sürdürülür. IoT sistemlerinin çoğı, tıbbi bakıcılar için bir gösterge panosu görevi gören ve kullanıcı kontrolü, veri görselleştiren bir kullanıcı arayüzü kullanır. Literatürde, IoT sisteminin sağıık bakımı izleme, kontrol, güvenlik ve mahremiyetteki ilerlemesini bildiren büyük miktarda araştırma bulunmaktadır. Bu başarılar, IoT'nin sağıık sektöründeki etkinliğini ve uygun geleceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bir IoT cihazı tasarlariken asıl endişe, bilgi paylaşımı, güvenlik, maliyet, güvenilirlik ve kullanılabilirliğıın gizliliğini içeren hizmet matrislerinin kalitesini korumaktır.

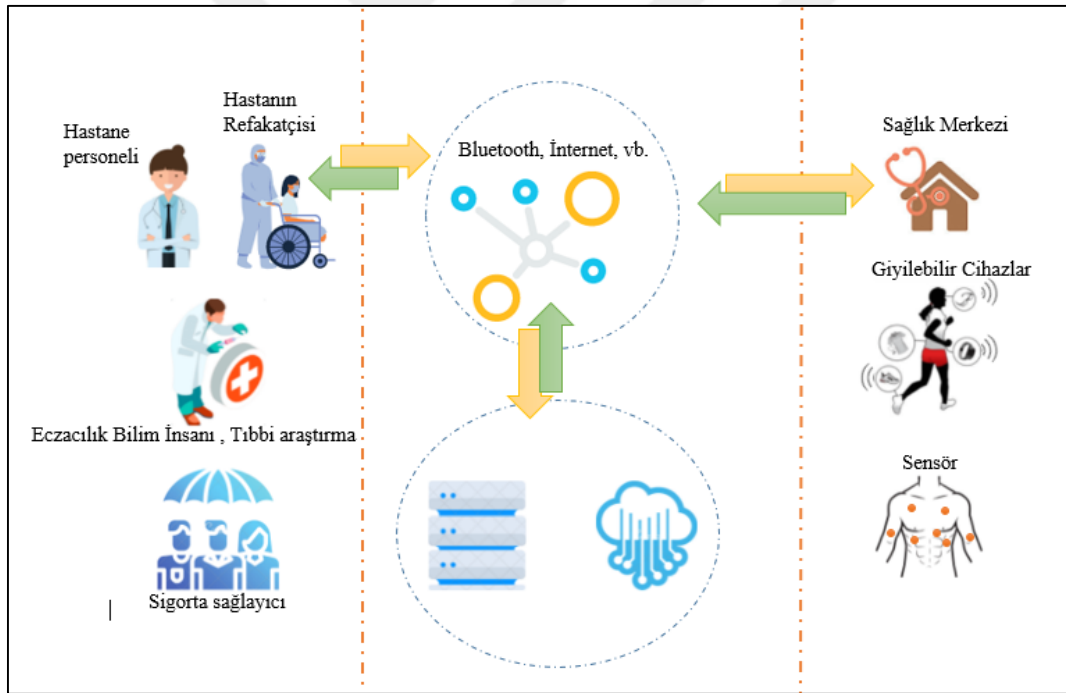
Sağıık uygulamaları için uygulanan IoT çerçevesi, IoT teknolojisi ve bulut bilişimin avantajlarını tıp alanıyla entegre etmeye yardımcı olur. Ayrıca, hasta verilerinin çok sayıda sensörden ve tıbbi cihazdan belirli bir sağıık hizmeti ağına iletilmesine yönelik protokolleri de düzenler. Sağıık tabanlı IoT'nin topolojisi, bir sağıık hizmeti ortamında tutarlı bir şekilde bağılı olan bir IoT sağıık hizmetleri sisteminin/ağıının farklı bileşenlerinin düzenlenmesidir.

Temel bir sağıık tabanlı IoT sistemi, yayıncı, komisyoncu ve kullanıcı gibi temelde Şekil 2.5'te gösterildiğı gibi üç bileşen içerir. Yayıncı, hastanın hayati bilgilerini kaydetmek için ayrı ayrı veya aynı anda çalışabilen bağılı sensörlerden ve diğerk tıbbi cihazlardan oluşan bir

ağı temsil eder. Bu bilgiler, kan basıncı, kalp atış hızı, sıcaklık, oksijen saturasyonu, EKG, EEG, EMG ve benzerlerini içerebilir.

- a) Yayıncı, bu bilgileri sürekli olarak bir ağ aracılığıyla bir komisyoncuya gönderebilir.
- b) Aracı, edinilen verilerin bulutta işlenmesinden ve depolanmasından sorumludur.
- c) Son olarak, abone, bir akıllı telefon, bilgisayar, tablet vb. aracılığıyla erişilebilen ve görselleştirilebilen hasta bilgilerinin sürekli izlenmesine izin verir.

Burada, yayıncı bu verileri işleyebilir ve herhangi bir fizyolojik anormallik veya bozulma gözlemlendikten sonra geri bildirim verebilir. Sağlık Bazlı Nesnelerin İnterneti (HIoT) ayrı bileşenleri, sağlık hizmetleri ağındaki IoT ağı ve buluttaki her bileşene belirli bir amacın adandığı hibrit bir ağda özümser.



Şekil 2.5. Üç katmanlı sağlık tabanlı IoT sistemi

2.3. Literatür Tarama

Yaygın bir şekilde ortaya çıkmasına rağmen, IoT hala başlangıç aşamasındadır. Standartlar, ölçeklenebilirlik, heterojenlik, ortak hizmet tanımı dili, etki alanına özgü hizmet keşfi ve mevcut BT sistemleriyle entegrasyon gibi çeşitli konularda araştırmalar yapılması

gerekmektedir. Bu bölümde, IoT sağlık temelli Paradigma teknolojisinin mevcut durumunu kısa bir özetle açıklanmaktadır.

Sağlık temelli sistem için IoT [16] ve [17] 'de araştırılmıştır. [16] 'de, düşük enerji tüketimi, aktarım güvenilirliği, gecikme süresi, veri oranları ve güvenlik konularına odaklanan WBSN'ler alanındaki mevcut araştırmaların bir incelemesi sunulmuştur. Ayrıca, yazarlar, bu tür paradigmalarda ev ağı ile etkin bir şekilde iletişim kurma yeteneklerini bulmak için geleneksel bir e-Sağlık paradigmasında gerekleri ile KVAA konularını ele almaktadır. Sağlık sektöründe IoT uygulamaları [17] 'de araştırılmıştır. Ayrıca e-sağlık bakımı ile IoT tabanlı paradigmalarda gelecekteki araştırmalar akıllılaştırma eğilimini belirlemektedir.

Güvenlik, KVAA sensörleri hayati öneme sahip verileri toplamak için kullanıldığından, düşmanca ortamlarda çalışabilmekle birlikte IoT sağlığının en büyük zorluklarından birini oluşturmaktadır. Bu nedenle, sistemle kötü niyetli etkileşimi önlemek için sıkı güvenlik tekniklerine ihtiyaçları vardır.

Literatürde, IoT sağlık temelli paradigmasında güvenlik üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, KVAA üzerinden çalışan güvenli bir IoT sağlık temelli paradigması [18]'de tanıtılmıştır. Bu çalışmada, çift iletişim teknikleri oluşturmak, iletim gizliliğini garanti etmek ve sensörler, denetleyici düğümü (CN) ve ağın kenarı (sunucu) üzerinden kimlik doğrulaması oluşturmak için kullanılan güvenilir bir şifreleme ilkeleri önerilmiştir. [19]'de yazarlar, e-sağlık bakımı IoT temelli paradigmanın yeni bir yapısı olarak BSN-bakımını kullanan güvenli bir e-sağlık bakımı olan IoT tabanlı paradigmasını ele almaktadırlar. [20]'de, statik olmayan e-sağlık bakımı, IoT tabanlı paradigma için uçtan uca bir güvenlik sistemi önerilmiştir. Bu çalışmada yazarlar, ağın kenarındaki sis genişletilmiş bulut sistemi nedeniyle kesintisiz hareketlilik sağlamak için IoT'deki sis hesaplama kavramını kullanmışlardır.

[21]'da, hastaların toplanan verilerini koruyan bir gizlilik koruyucu önerilmektedir. Slepian-Wolf kodlama tabanlı gizli paylaşım, şifreleme ve kimlik doğrulama için gizli anahtarlar, mesaj doğrulama kodları, açık anahtarlı şifreleme sistemi ve k-anonimliği gibi birçok güvenlik tekniğinin üstesinden gelen Gizlilik Koruyucusunda kullanılmaktadır. Sağlık hizmeti veri toplama ve daha sonra aktarması ile ilgili olan gizlilik ve güvenlik endişeleri [22]'de sunulmuştur. Daha sonra, araştırmacılar, SecureData adlı IoT tabanlı sağlık sistemi

için güvenli bir veri toplama şeması önermektedir. Hastaların gizliliğini korumak için kaos tabanlı şifreleme sistemini koruyan gizlilik şeması ise [23] 'de tasarlanmıştır. Şifreleme sistemi hastanın görüntülerini ve gizli bilgilerini saldırgan olan ortamlarda koruyabilmektedir. Ayrıca Tıbbi veriler hiçbir bilgi sızıntısı olmadan işlenmekte, bu nedenle yalnızca yetkili kullanıcıların şifre çözme izni vermesiyle hastanın gizliliği korunmaktadır. [24] 'te teşhis metin verilerinin tıbbi görüntülerde güvenliğini sağlamak için bir hibrit güvenlik modeli önermektedir. Önerilen hybrid şifreleme şeması, Gelişmiş Şifreleme Standardı ve Rivest, Shamir , Adleman (RSA) algoritmalarının bir kombinasyonu kullanılarak oluşturulmuştur. Aynı konu üzerinde IoT sağlık temelli sistemde tıbbi görüntülerde teşhis metni verisinin güvenliğini sağlamak için bir hybrid güvenlik modeli de [25]'te önerilmiştir. Önerilen model, 2 boyutlu ayrık dalgacık dönüşümü 1 seviyeli (2D-DWT-1L) veya 2 boyutlu ayrık dalgacık dönüşümü 2 seviyeli (2D-DWT-2L) steganografi tekniğinin önerilen bir hibrit şifreleme şemasına entegre edilmesiyle geliştirilmiştir.

Genel olarak, IoT sağlık temelli sistem birkaç katmandan oluşmaktadır. Bazı araştırmalar verilerin verimli bir şekilde iletilmesini sağlamak ve geliştirmek için ilk katmanı göz önünde bulundururlar. [26]'da ise IoT sağlık temelli kuralın uygulaması önerilmiştir. Yazarlar IoT'yi beş katmanla tasarlamaktadır. Her aşamada veriler işlenmekte ve bir sonraki katmana iletilmektedir. İlk katmandaki bilginin kalitesini artırarak, son katmandaki kararın doğru bir şekilde seçilebileceğine inanılmaktadır. [27]'de, 3D sinyal insan vücudu modeline dayanarak, antenler alıcı-vericisi arasındaki sinyal yayılımını tanımlayan, vücut-içi vücut-dışı kanalı doğru model istatistiği sağlanmaktadır. [28]'de, IoT tabanlı paradigmaların e-sağlık bakım modellerinin performansında güç kontrolü ve paket boyutu seçiminin kablolu ortamlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmalarında üç farklı protokol, güç seviyesi kararları, güç seviyesi ve paket büyüklüğü kararı ve küresel bağlantı kararı önermişlerdir. IoT uyumlu akıllı Hastane Sistemi, [29] 'da tasarlanarak sunulmuştur. Önerilen paradigmalar, acil durumları uygun şekilde yönetme yeteneğine sahiptir. Fakat, birlikte çalışabilirlik, IoT şemasının araştırmacı ve geliştiricilere önemli bir yük olarak kalmıştır. [30]'da enerji duyarlı bir sistem önerilmiştir. KVAA'larla IoT tabanlı yeni bir sağlık çerçevesi tasarlanmış, hastane bilgi sistemleri için RFID teknolojileri üretilmiştir.

IoT için Bulut Bilişim (Cloud Computing (CC)), 21. yüzyılda yeni bir platform olarak ortaya çıkmıştır. [31]'de, CC ve IoT arasında Bulut IoT-Health (CC-IoT) paradigması olarak adlandırılan yeni bir kavram kurulmuştur.

CC-IoT terimi ve birkaç temel entegrasyon zorluğunun, sağlık hizmetleri uygulamalarında mevcut CC ve IoT mekanizmalarını birleştiren pratik bir vizyon olduğu düşünülmektedir. IoT tabanlı sağlık bakımı için hastanın vücudunu etkin bir şekilde izlemek üzere Tip-2 bulanık ontoloji-destekli bir öneri sistemi [32]'de önerilmiştir. Daha sonra, hastanın durumunu öngörmek ve daha iyi gelişmiş doğruluk oranı için Tip-2 bulanık mantık ve bulanık ontoloji bir araya getirilir. Sonuç olarak, [33]'de, heterojen IoT cihazlarına göre semantik birlikte çalışabilirlik sağlayan bir IoT tabanlı semantik birlikte çalışabilirlik modeli önerilmiştir. Bu sayede doktorların hastalarıyla iletişim kurması ve aralarındaki bilgi anlamsal bir şekilde açıklanır ve iletilir.

[34] 'da yazarlar, özerk KVAA için, güneş enerjisi toplama modülü ile vücut üstü sensör cihazının gömülü olduğunu uygulama tasarlanıp analiz etmişlerdir. Ayrıca toplanan bilgileri göstermek için web tabanlı bir akıllı telefon uygulaması da geliştirilmiştir.

3. NESNELERİNİN İNTERNETİNDE SAĞLIK TEMEL SİSTEMİNİN BİT HATA ORANI

IoT, çok sayıda birbirine bağlı cihazın fiziksel dünyayı algıladığı, bilgi alışverişinde bulunduğu ve minimum insan müdahalesi ile günlük olaylarla ilgili uygun kararları aldığı heyecan verici yeni bir paradigmadır. Bu vizyonu mümkün kılmak için gerekli olan iki önemli husus, IoT cihazlarının kendi kendine sürdürülebilirliği ve bu cihazlar arasında doğru ve hatasız bilgi alışveriş için periyodik iletişimidir.

IoT sağlık tabanlı KVAA sistemi zorluklarıyla başa çıkmak için en uygun katmanlardan biri fiziksel katmandır. Fiziksel katmanda, modülasyonlar, kanal kodlaması, kanal tahmini, ağ kodlaması ve sanal çeşitlilik gibi ağ performansını artırabilecek birçok teknik bulunmaktadır. IoT sağlık temeli sistemlerinde verilerin iletim sorunları çözmek ve bit hata oranını minimuma düşürmek için, IoT-KVAA'larna yönelik iş birliğine dayalı etkin yönlendirme İşbirlikçi protokolü önerilmektedir. Bilgi taşıma kanalı ve İşbirlikçi çeşitliliği üzerine son zamanlarda yapılan araştırmalardan motive edilen bu çalışma, iş birliğinin doğrudan aktarım veya tekrarlanması yerine kanal kodlama yöntemleri ile sağlandığı kodlu İşbirlikçi algoritmasını tanıtmaktadır. Herhangi bir rastgele röle düğümü kullanmak yerine İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim sistemindeki en iyi rölenin seçilmesi, çeşitlilik düzenini ve sistemi herhangi bir röle düğümünün seçilmesine kıyasla daha iyi sonuçlar elde ettiğini göstermektedir.

3.1. İşbirlikçi Algoritması

İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim, bir iletişim ağındaki düğümlerin bilgi aktarımında birbirleriyle iş birliği yapmalarına izin vererek iletişim kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Bir kablosuz iletişim kanalında, kablosuz ağın performansını ve verimliliğini azaltan farklı zorluklar vardır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için İşbirlikçi algoritması, maliyet, boyut ve spektral verimlilik açısından güvenilir çözümlerden biri olarak kabul edilir [35].

İşbirliğine dayalı olan “İşbirlikçi” iletişim fikri 1970'lere kadar uzanabilir. Ortaya çıkmasından itibaren farklı alanlarda ve sistemlere dahil edilmiştir. İşbirlikçi algoritmasına dayalı çalışmalardan [36], gelişmiş kapasite, daha kaliteli iletim güvenilirliği ve uzamsal

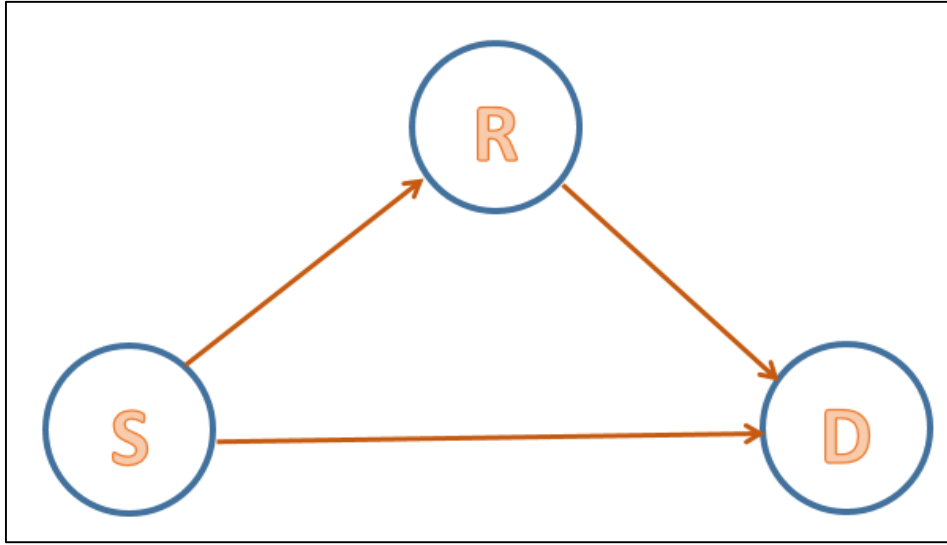
çeşitlilik açısından önemli bir performans önermektedir. İşbirlikçi düğümlerden çeşitlilik kazanımının avantajı, iletim gücünün azaltılmasına ve böylece aynı performansın sürdürülmesine izin vermektedir. [37]'de İşbirlikçi araç ağlarının en son araştırması, yönlendirme protokolleri, MAC, programlama ve güvenlik gibi faktörleri gösterilmiştir. [38]'de İşbirlikçi düğümlerin aktarım bilgilerinin kalitesini zenginleştirmek için kaynaklarını kullanmak üzere birbirleriyle koordineli çalıştığı bir sistemi belirtmektedir. [39]'da, İşbirlikçi araç ağları için mevcut güven modelleri üzerine bir anket sunarak mevcut güven modellerini ve bunların araç ağlarında nasıl uygulandığını göstermektedir.

Enerji verimliliği açısından, İşbirlikçi algoritması ile spektrum algılama sorununa yönelik potansiyel çözümler kategori haline [40]'ta verilmiştir.

[41]'de, Mobil ad-hoc ağlar ve gecikmeye toleranslı ağlar için İşbirlikçi stratejileri ve algoritmalarına ilişkin en son teknolojinin kapsamlı bir şekilde inceleyerek ağ gecikmesi, bant genişliği sınırlamaları, gürültüler, bağlantı kesilmeleri, parazit, depolama kapasitesi ve güç gibi faktörler dikkate alınmıştır. Bu zorlu ağlar, genellikle geleneksel internet protokollerinin istenen veya beklenen iletişimi etkili bir şekilde sağlayamadığı durumları içermektedir. İşbirlikçi stratejileri, mobil düğümlerin veri iletmek ve tüm ağ işlevlerini yerine getirmek için birbirleriyle iş birliği yaptığı kararsız ağ altyapılarına bir çözüm olarak önerilmiştir.

İşbirlikçi algoritmanın temel kavramları ve genel olarak işleyişi ile bir kaynak ve bir röle düğümü (RN) içeren ikiden fazla düğüm ağının yeteneği, bir sinyalin kopyalarını hedefe bağımsız olarak iletmesidir [35]. İşbirlikçi algoritmanın temel fikri, Şekil 3.1'de gösterilmektedir:

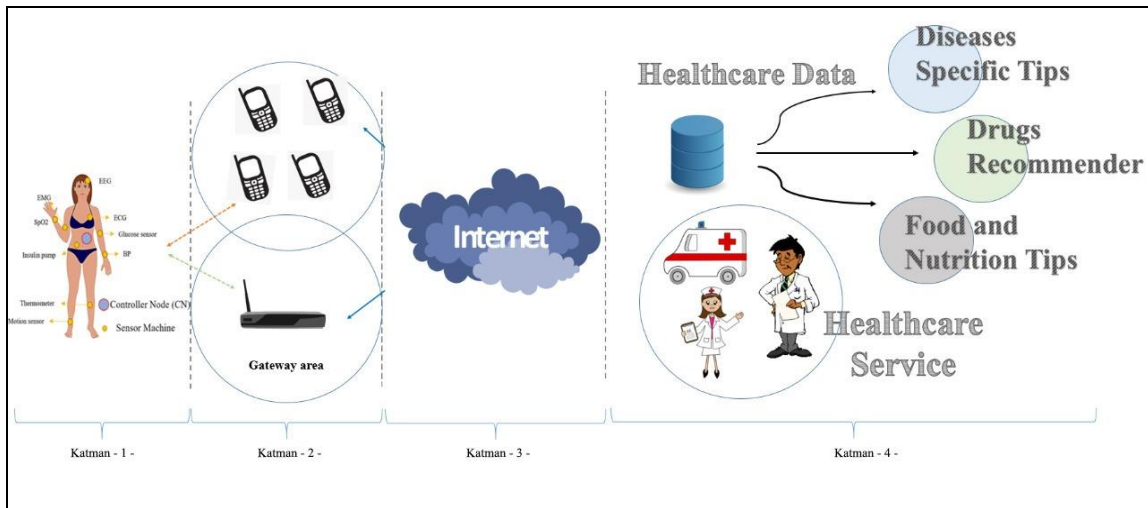
- İlk adımda, kaynak (S) veri sinyalini (x) hedefe (D) ve ayrıca verileri (R) yayınlar.
- Bir sonraki adımda (R) verileri, alınan veri sinyalini (x) aktarma protokolleri kullanarak işler ve daha sonra gürültü (n) ilavesiyle bir hedefe iletir.
- Hedef tarafında, performansı artırmak için hem kaynaktan (S) hem de (R)'lerden gelen sinyaller birleştirilir.



Şekil 3.1. İşbirlikçi iletişimin temel işleyişi

Multi-Hop iletişim yöntemine dayanan ortak yönlendirme protokollerinde, verici ile alıcı arasındaki iletişim yolunda bulunan sensörler veya röleler, iletici olarak çalışır. Gönderen sensörden gönderilen verileri alırlar ve verileri işlemek için yeniden iletirler. Böylece enerji tüketimi azalır ve ağ performansı da artar. İşbirlikçi algoritmasının daha sık veri toplamaya izin vermesinden dolayı veri kaybı en az olabilmektedir.

3.2. Önerilen Yöntemin Tasarımı



Şekil 3.2. Önerilen algoritmanın temel işleyişi

Yapılacak olan IoT sağlık temelli bir modelin mimarisi, Şekil 3.2’de dört katmana bölünebilecek şekilde gösterilmiştir; burada, önerilen bu mimarinin her katmanı;

KVAA (1. Katman): Bu katmandaki sensörler doğrudan insan vücuduna bağlanabilir, kumaşa (giyilebilir sensörler) dikilebilir veya insan vücuduna yerleştirilebilir. Bu tür sensörler EEG, ECG veya EMG, vb. sensörler yoluyla kaydedilen veriler kablosuz aracılığıyla ana düğüme (Master Node MN) iletilir. Ardından MN, sensörler tarafından iletilenleri kablosuz teknolojiye veya kablolardan biri üzerinden bir sonraki seviyeye aktarır.

Akıllı kablosuz teknolojisi (2. Katman): Bu katmandaki akıllı cihazlardan (yani akıllı telefon, dizüstü bilgisayar veya tablet) yararlanılır. Bu katmanda veriler incelenir ve analiz edilir. Ardından veriler seçilen kablosuz iletişim teknolojilerinden biri üzerinden Katman-3'e aktarılır (Bluetooth, Wi-Fi veya hücresel baz istasyonu). Katman-2, KVAA'yi altyapı internete ve bir süre KVAA alanı içinde bulunan köprü katmanını temsil eder.

Altyapı interneti (3. Katman): İnternet çeşitleri temsil etmektedir; 3G, DSL vs. bu seviye, iletişim teknolojilerinden çıkarak Katman-2 ve Katman-4 arasındaki boşluğu kapatmaktadır.

Bakım Hizmetleri (4. Katman): Bu katmandaki alınan veri hasta sunucusudur. Bu katmandaki veriler, acil durum, doktor veya aile gibi uygun servise kaydedilir, analiz edilir ve iletilir.

IoMT için önerilen protokol aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- 1. Katmandaki vücut üzerinde olan sensörler, hayati belirtiler (kalp atışı, sıcaklık, kan basıncı, EEG gibi sinyalleri) toplamaktadır. Bu sinyaller toplandıktan sonra elektrik sinyallerine daha sonra dijital sinyallere dönüştürülür ve Ana Düğüm (Master Node) adlı noktalara gönderilir. Ardından akıllı cihaza iletir.
- 4. Katmana gelen bilgiler analiz edilir ve sonuç çıkarılır. Sonucun bilgilerine istinaden tıbbi yönlendirmeler veya tedavi yapılır.

4. Katmana ulaşan bilgilerin doğru, eksiksiz ve güvenilir olması gerekmektedir. Genel olarak, sensörler ana düğmelerle iletişim sorunu yaşandığı için 4. Katmana varan veriler

doğru olmayabilir veya eksik şekilde iletilebildiğinden 1. Katmandan 4. Katmana varan verileri İşbirlikçi algoritmasını kullanarak iyileştirilip doğru ve eksiksiz şekilde iletilmesini sağlamaya çalışılacaktır.

Önerilen çalışmada, İşbirlikçi sistemi kullanarak ana düğümleri ile 2. Katmandaki cihazlarla iş birliği yapmakta ve doğru bilgiyi bulup diğer katmanlara iletmektedir.

3.3. Önerilen yöntemin Kanal Formülasyonu

Bu bölümde, kod çözme ve ileriye dönük İşbirlikçi algoritmasının kanal formülasyonu anlatılmaktadır. Yapılan çalışmada, İşbirlikçi algoritması iki zaman dilimi üzerinde gerçekleşmektedir:

- İlk zaman dilimi sensörü, ikinci seviye ve üçüncü seviye için 802.15.6'yı kullanarak verileri kablosuz kanal üzerinden yayınlar,
- İkinci zaman diliminde, cihazdan cihaza D2D kullanıcıları alınan verileri üçüncü katmana 802.11b üzerinden yeniden iletir.

Birinci zaman diliminde, varış yerindeki (y_{t1-t3}) ve röledeki (y_{t2-t3}) alınan sinyaller Eş. 3.1 ve Eş. 3.2'de verilir.

$$y_{t1-t3} = \sqrt{P_b} h_{1-t3} x + \eta_{t1-t3}, \quad (3.1)$$

$$y_{t1-t3} = \sqrt{P_b} h_{t2-t3} x + \eta_{t2-t3}. \quad (3.2)$$

Burada,

- h_{t1-t3} ve h_{t1-t2} sırasıyla karşılık gelen Katman-1 ile Katman-3 ve Katman-1 ile Katman-2 bağlantıları için solma katsayılar,
- x kaynaktan iletilen modüle edilmiş sinyal,
- η_{t1-t3} , η_{t2-t3} , ortalama sıfır olan karmaşık beyaz Gauss gürültüsü ve buna karşılık gelen Katman-1 ile Katman-3 ve Katman-1 ile Katman-2 bağlantıları için birim varyansdır.

İkinci zaman diliminde, röleden varış noktasına ($\mathcal{Y}_{rd}$) alınan sinyal aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$\mathcal{Y}_{t2-t3} = \sqrt{P_m} h_{t2-t3} \hat{x} + \eta_{t2-t3}. \quad (3.3)$$

Burada,

- h_{t2-t3} , karşılık gelen Katman-2 – Katman-3 bağlantısı için solma katsayısı,
- $\hat{x}$ röleden hedefe iletilen modüle edilmiş sinyali,
- η_{t2-t3} sıfır ile karmaşık beyaz Gauss gürültüsüdür.

Ortalama ve karşılık gelen Katman-2 ile Katman-3 bağlantısı için birim varyansdır. Bundan sonra, üç bağlantının ani olarak alınan sinyal-gürültü oranı, Katman-1 ile Katman-3, Katman-1 ile Katman-2 ve Katman-2 ile Katman-3 bağlantıları Eş. 3.4, Eş. 3.5 ve Eş. 3.6’da verilmiştir;

$$\gamma_{t1-t3} = \frac{P_b}{N_o} |h_{t1-t3}|^2. \quad (3.4)$$

$$\gamma_{t1-t2} = \frac{P_m}{N_o} |h_{t1-t2}|^2. \quad (3.5)$$

$$\gamma_{t2-t3} = \frac{P_b}{N_o} |h_{t2-t3}|^2 + \frac{P_m}{N_o} |h_{t2-t3}|^2. \quad (3.6)$$

3.4. Önerilen Algoritma

Verilerin hedefe iletilmesi için bir dizi ara düğümden yararlanan İşbirlikçi ağlar, bit hata oranı, bağlantı ve sağlamlık açısından daha iyi performans gösterir. İşbirlikçi ağların geliştirilmiş performansı, araştırmacıları bu sistemlerde ortaya çıkan sorunlara odaklanmaya ve daha verimli sistemler tasarlamaya yöneltmiştir. İşbirlikçi ağların performansının artmasının ardındaki gerçek, farklı rölelerden ve kaynaktan gelen farklı sinyallerin birleştirilmesiyle hedefte elde edilen çeşitlilik kazancına dayanmaktadır.

Bir İşbirlikçi ile çeşitlilik kazanımını sağlamak için, veriler kaynak tarafından rölelere ve hedefe yayınlanır. Röleler tarafından alınan veriler iki farklı yaklaşımla ele alınır. İlk yaklaşımda, düğümlerde alınan veriler işlenir ve yeniden iletilir. İkinci yaklaşımda ise,

alınan veriler daha fazla işlem yapılmadan doğrudan iletilir. Rölelerdeki verilerin işlenmesi, tahmin, demodülasyon, kod çözme, yeniden kodlama vb. içerebilir.

3.4.1. Cihazdan cihaza kullanıcı seçimi

Bu bölümde, önerilen en iyi D2D Kullanıcı Seçimi (BD2DS) algoritması açıklanmaktadır. Önerilen BD2DS algoritması işlemi, geleneksel otomatik tekraralama talebi (ARQ) algoritmasının değiştirilmiş versiyonudur, Katman-3 cihazı, alıcının başarısız olduğunu gösteren sensörlere (Katman-1 cihazı) negatif bir ACK iletirse, Katman-2 cihazı kayıp sinyali (Katman-3) cihazı tekrar iletir. Daha sonra Katman-3 cihazı, sinyalleri Maximal Ratio Combining (MRC) ile toplar.

Buna istinaden, BD2DS algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Katman-3 cihazı, eğer Katman-1 ile Katman-3 arasındaki bağlantı kalitesi (Katman-1 ile Katman-2) ve (Katman-2 ile Katman-3) arasındaki bağlantı kalitesinden daha yüksekse, doğrudan iletim sinyalleri (Katman-1 ile Katman-3) kabul eder.
2. En iyi D2D kullanıcıları, (Katman-1 ile Katman-3) arasındaki bağlantı kalitesi (Katman-1 ile Katman-2) ve (Katman-2 ile Katman-3) arasındaki bağlantı kalitesinden düşükse, yeniden iletim yaparlar.

Böylece, BD2DS seçim metodolojisi matematiksel olarak modellenebilir.

$$\mu = \beta_{t1-t3} > \beta_{min-max}. \quad (3.7)$$

- β_{t1-t3} verilen iki düğüm arasındaki kanalı temsil eden ortak bir kanal katsayısı,
- β_{t1-t3} , σ_{t1-t3} varyanslı ve sıfır-ortalamaya karmaşık Gauss rastgele değişkenleri,
- $\beta_{min-max} = \min\{\max\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\}\}$
- $\beta_k = \max\left(\left(\sigma_{(t1-t3)_k}^2/d_{(t1-t3)_k}^\alpha\right), \left(\sigma_{(t2)_k}^2/d_{(t2)_k}^\alpha\right)\right),$
- $k = 1, 2, \dots, L$, Katman-2'deki D2D kullanıcı sayısını ifade etmektedir.

Eş. 3.7'de verilen olaya dayanarak, önerilen BD2DS algoritması, şu şekilde tanımlanabilir: A verileri, hedef ve D2D kullanıcısının yayınladığı sensörlerden sonra ikinci zaman diliminde Katman-3 cihazı Eş. 3.7'de verilen kriterleri kontrol eder:

- Eğer $\beta_{t1-t3} > \beta_{min-max}$ kriterleri karşılanırsa, Katman-3 cihazı iletilen veriyi çözer ve pozitif ACK iletir,
- Aksi halde Katman-3 cihazı negatif ACK iletir.

Son durumda, en iyi D2D kullanıcıları düğümü, kodu çözülmüş ve yeniden kodlanmış verilerini iletir. Katman-3 cihazı, tüm D2D kullanıcılarının Katman-1 ile Katman-2 ve Katman-2 ile Katman-3 arasındaki bağlantı bilgisine sahip olduğunu varsaymaktadır.

Çizgele 3.1. İşbirlikçi algoritmasına dayalı önerilen IoT sağlık temel algoritması

Require: ($L_{s-mn}, L_{s-t2}, L_{mn-t2}$)
01 başlangıç 02 L_{s-mn} sensör ve ana düğüm arasındaki bağlantı; 03 L_{s-t2} sensör ve T2 cihazı arasındaki bağlantı. 04 L_{mn-t2} ana düğüm ile T2 cihazı arasındaki bağlantıdır 05 +ACK alımın başarılı olduğunu gösterir; 06 -ACK alımın başarısız olduğunu gösterir; 07 K ve R , vücuttaki sensörlerin sayısı ve T2 cihazlarının sayısıdır; 08 for K , verileri zaman dilimi 1'de ileten her sensör K için 09 L_{s-mn} ana düğüm tarafından belirlenir 10 L_{mn-t2} belirlenir; 11 Eğer T2 cihazı tarafından 2. zaman aralığında başarıyla veriler alınırsa 12 then, T2 cihazı + ACK iletir; 13 Ana düğüm sensörden alınan verileri düşürür ve sessiz kalır; 14 endif 15 eles 16 T2 cihazı -ACK iletir; then 17 Ana düğüm, sensörden alınan verileri T2 cihazına iletir; 18 endif 19 endfor

3.4.2. Elde edilen çeşitlilik oranı

Bu bölümde, BD2DS algoritmasının, röle bölgesinde tek bir rölenin seçildiği ve değerin 2 olduğu çeşitlilik düzenine sahip olduğu gösterilmiştir.

İki düğüm (i; j) arasındaki hata olasılığının genel tanımı;

$$Px(g) = Q\left(\sqrt{I_{psk}P_b|h_{i,j}|^2}\right) \leq \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} \exp\left(-\frac{I_{psk}P_b|h_{i,j}|^2}{\sin^2(\theta)}\right) d\theta \quad (3.8)$$

$I_{psk} = (\sin(\pi/M)) / No$. Kod çözme ve iletme algoritmasının hata olasılığının ifadesi iki bölümden oluşur:

- 1) Kaynak verileri hedefe ve rölelere yayınlanır ancak aktarıcı, hedef aktarmaya pozitif ACK gönderdiği için kaynaktan alınan verileri hedeflere iletmez.
- 2) Hedef, verileri kaynaktan ve rölelerden alır, çünkü röleye negatif ACK gönderir.

Bu nedenle, bu durumlar göz önüne alındığında, DF algoritmasının hata olasılığı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Px(g)_{DKI} = \underbrace{Q\left(\sqrt{I_{psk}P_b|h_{t1-t3}|^2}\right) \times \prod_{k=1}^L Q\left(\sqrt{I_{psk}P_b|h_{t1-t2k}|^2}\right)}_{DTM,Term_{(1)}} + \underbrace{Q\left(\sqrt{I_{psk}P_b|h_{t1-t3}|^2 + I_{psk}P_m|h_{t2kt3}|^2}\right) \times \prod_{k=1}^L 1 - Q\left(\sqrt{I_{psk}P_b|h_{t1-t2k}|^2}\right)}_{DKI,Term_{(2)}} \quad (3.9)$$

- $1 - Q\left(\sqrt{I_{psk}P_b|h_{t1-t2k}|^2}\right)$ Katman-1 ile Katmanın-2'nin hatasız olan bağlantısıdır.

Bir DF algoritması hatasının olasılığı, negatif termin kaldırılıp $L = 1$ olarak belirlenir ve Eş. 3.9 aşağıdaki gibi yeniden yazılır;

$$\begin{aligned}
Px(g)_{DF} = & \underbrace{\frac{1}{\pi^2} \int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} \exp\left(-\frac{I_{psk} A_b P_b |h_{t1-t3}|^2}{\sin^2 \theta}\right) \int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} \exp\left(-\frac{I_{psk} A_b P_b |h_{t1-t2}|^2}{\sin^2 \theta}\right) d\theta}_{DTM, Term_{(1)}} d\theta + \\
& \underbrace{\frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} \exp\left(-\left(\frac{I_{psk} A_b P_b |h_{t1-t3}|^2}{\sin^2 \theta} + \frac{I_{psk} A_m P_m |h_{t2-t3}|^2}{\sin^2 \theta}\right)\right) d\theta}_{DF, Term_{(2)}}
\end{aligned} \quad (3.10)$$

BD2DS algoritmasının hata olasılığı şu şekilde verilir:

$$\begin{aligned}
Px(g) &= Px(g \cap \Phi) \cup Px(g \cap \Phi_{DKI}) = Px(g|\Phi)_{Term(1)} Px(\Phi) + \\
& Px(g|\Phi_{DKI})_{Term(2)} Px(\Phi_{DKI})
\end{aligned} \quad (3.11)$$

Eş.3.11’de belirtilen birinci terim şu şekilde yazılır;

$$\begin{aligned}
Px(g|\Phi)_{Term(1)} Px(\Phi) &= \\
& \int_0^\infty Px(g|\Phi) Px\left(\Phi \mid \frac{U_{t1-t3}}{\lambda}\right) p_{U_{t1-t3}}(U_{t1-t3}) dU_{t1-t3} dU_{t1-t2}
\end{aligned} \quad (3.12)$$

$Px(g|\Phi)$, (10)’da DTM-Term(1), $Px(\Phi|U_{t1-t3}/\lambda) = (1 - \exp(-(\gamma_1 + \gamma_2)U_{t1-t3}/\lambda))$ ve $p_{U_{t1-t3}}(U_{t1-t3}) = (1/\sigma_{t1-t3})\exp(-U_{t1-t3}/\sigma_{t1-t3})$, belirleyerek Eş. 3.12 yeniden yazılır;

$$\begin{aligned}
Px(g|\Phi)_{Term(1)} Px(\Phi) &= \frac{1}{\sigma_{t1-t3}^2 \pi^2} \int_0^\infty \exp(-I_{psk} A_b P_b U_{t1-t2}) \left(1 - \exp\left(-\frac{U_{t1-t3}}{\lambda} (\gamma_1 + \right. \right. \\
& \left. \left. \gamma_2)\right)\right) d\theta d\theta dU_{t1-t3} dU_{t1-t2}
\end{aligned} \quad (3.13)$$

Daha sonra Eş. 3.13 $\sin^2 \theta = 1$ ve $\int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} \int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} d\theta d\theta = \left(\frac{(M-1)}{M}\right)^2$ [12][13], böylece Eş. 3.13’ü tekrar aşağıdaki gibi yazarız;

$$\begin{aligned}
Px(g|\Phi)_{Term(1)} Px(\Phi) &\leq \frac{\bar{m}}{\sigma_{t1-t3}^2} \int_0^\infty \exp\left(-I_{psk} A_b P_b U_{t1-t3} - \right. \\
& \left. \frac{U_{t1-t3} d_{t1-t3}^\beta}{\sigma_{t1-t3}^2}\right) \exp(-I_{psk} A_b P_b U_{t1-t2}) \left(1 - \exp\left(-\frac{U_{t1-t3}}{\lambda} (\gamma_1 + \right. \right. \\
& \left. \left. \gamma_2)\right)\right) dU_{t1-t3} dU_{t1-t2}
\end{aligned} \quad (3.14)$$

Eş. 3.14'ün U_{t1-t3} , U_{t1-t2} ve yerine olan γ_1 ve γ_1 ; entegrasyonu çözümlenir. Ayrıca, SDL'nin iş birliği sırasında $\sigma_{t1-t3}^2 = 1$ ve $d_{t1-t3}^\beta = 1$ belirttiğimiz gibi sabitleneceği varsayılmaktadır.

Böylece Eş. 3.14 aşağıdaki gibi tekrar yazılır.

$$Px(g|\Phi) Px(\Phi)_{Term(1)} \leq \frac{\bar{m}}{I_{psk} A_b P_b + 1} \left(I_{psk} A_b P_b \frac{\sigma_{t1-t2}^2}{d_{t1-t2}^\beta} \right)^{-1} - \bar{m} \left(1 + I_{psk} A_b P_b + \frac{1}{\lambda} \left(\frac{d_{t1-t2}^\beta}{\sigma_{t1-t2}^2} + \frac{d_{t2-t3}^\beta}{\sigma_{t2-t3}^2} \right) \right)^{-1} \quad (3.15)$$

Burada $\bar{m} = (M/(M-1))^2$.

Eş. 3.15'te belirtilen ikinci terim şu şekilde yazılır:

$$Px(g|\Phi_{DKI})_{Term(2)} Px(\Phi_{DKI}) = \int_{\bar{I}} Px(g|\Phi_{DKI}) Px(\Phi_{DKI}|\bar{I}) p_{\bar{I}}(\bar{I}) d\bar{I} \quad (3.16)$$

BD2DS algoritma protokolünün olasılığı $\bar{I} = [U_{t1-t3}, U_{t1-t2}, U_{t2-t3}]$. $Px(\Phi_{DKI}|\bar{I})$ olan şu şekilde ifade edilir:

$$Px(\Phi_{DKI}|U_{t1-t3}, U_{t1-t2}, U_{t2-t3}) = Px(U_{t1-t3} < \lambda U_{max}|\bar{I}) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{I_{psk} A_b P_b}{\sin^2 \theta} + \frac{d_{t1-t3}^\beta}{\sigma_{t1-t3}^2} \right) \lambda U_{max} \right) \quad (3.17)$$

$Px(g|\Phi_{DKI})$, Eş. 3.10'da $DKI-Term(2)$, $p_{\bar{I}}(\bar{I}) = p(U_{t1-t3}) p(U_{t1-t2}) p(U_{t2-t3})$ gibi belirlenerek Eş. 3.17 yeniden yazılır:

$$Px(g|\Phi_{DKI})_{Term(2)} Px(\Phi_{DKI}) \leq \frac{1}{\pi} \int_{\bar{I}} \int_0^{\frac{(M-1)\pi}{M}} \exp \left(\frac{-I_{psk} P_b U_{t1-t3} - I_{psk} P_m U_{t2-t3}}{\sin^2 \theta} \right) \left(1 - \exp \left(- \left(\frac{I_{psk} P_b}{\sin^2 \theta} + \frac{d_{t1-t3}^\beta}{\sigma_{t1-t3}^2} \right) \lambda U_{max} \right) \right) p_{U_{t1-t3}}(U_{t1-t3}) p_{U_{t1-t2}}(U_{t1-t2}) p_{U_{t2-t3}}(U_{t2-t3}) d\theta dU_{t1-t3} dU_{t1-t2} dU_{t2-t3} \quad (3.18)$$

Entegrasyonu U_{t1-t3} açısından değerlendirilir ve Eş. 3.18'de yapılan üst sınır varsayımını dikkate alarak Eş. 3.18 şu şekilde tekrar yazılır;

$$P(g|\Phi_{DKI})_{Term(2)}P(\Phi_{DKI}) \leq \ddot{m} \int_I (I_{psk} P_b)^{-1} \exp(-I_{psk} P_m) \left(1 - \exp(-(I_{psk} P_b + 1)\lambda U_{max})\right) p_{U_{t1-t2}}(U_{t1-t2}) p_{U_{t2-t3}}(U_{t2-t3}) dU_{t1-t2} dU_{t2-t3} \quad (3.19)$$

$\ddot{m}$, $M/(M-1)$; değiştirilerek en kötü durum dikkate alınır, $0 < I < 1$, i.e., $P(g)_{I=0.1} > (g)_{I=0.2} > \dots > P(g)_{I=0.9} > P(g)_{I=1}$, sonra Eş. 3.19 aşağıdaki gibi tekrar yazılır;

$$P(g|\Phi_{DKI})_{Term(2)}P(\Phi_{DKI}) \leq \ddot{m} (I_{psk} A_b P_b + 1)^{-1} \int_{U_{max}} \exp(-I_{psk} P_m \kappa U_{max}) p(U_{max}) dU_{max} - \ddot{m} (I_{psk} P_b + 1)^{-1} \int_{U_{max}} \exp(-(I_{psk} P_m \kappa U_{max} + \lambda I_{psk} P_b + \lambda) U_{max}) dU_{max} \quad (3.20)$$

Anlık üretme işlevi göz önüne verilir: U_{max} , $M_{U_{max}}(.)$. Böylece Eş. 3.20 aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Px(g|\Phi_{DKI})Px(\Phi_{DKI})_{Term(2)} \leq \ddot{m} (I_{psk} A_b P_b + 1)^{-1} \left[M_{U_{max}}(I_{psk} P_m \kappa) - M_{U_{max}}((I_{psk} P_m + \lambda I_{psk} P_b + \lambda)) \right] \quad (3.21)$$

Burada,

- U_{max} iki rastgele değişkeni $U_{t1,t2}$ ve U_{t2-t3} oluşturur
- İki bağımsız rastgele değişkenin anlık üretme/oluşturma işlevi şöyle verilir: $M_{x,y}(s,t) = M_x(s)M_y(t)$

Daha sonra Eş. 3.21 şu şekilde yazılır;

$$Px(g|\Phi_{DF})Px(\Phi_{DF})_{Term(2)} \leq \ddot{m} (I_{psk} A_b P_b + 1)^{-1} \omega_\sigma \left[\left(\frac{d_{t1-t2}^\beta}{\sigma_{t1-t2}^2} + F(P_b) \right)^{-1} \left(\frac{d_{t2-t3}^\beta}{\sigma_{t2-t3}^2} + F(P_b) \right)^{-1} - \left(\frac{d_{t2-t3}^\beta}{\sigma_{t2-t3}^2} + F(P_b, P_m) \right)^{-1} \left(\frac{d_{t1-t2}^\beta}{\sigma_{t1-t2}^2} + F(P_b, P_m) \right)^{-1} \right] \quad (3.22)$$

Burada $\omega_\sigma = \left((d_{t_1-t_2}^\beta \sigma_{t_2-t_3}^2 + d_{t_1-t_2}^\beta \sigma_{t_2-t_3}^2) / \sigma_{t_2-t_3}^2 \times \sigma_{t_2-t_3}^2 \right)$, $F(P_m) = I_{psk} P_m I$ ve $F(P_b, P_m) = (I_{psk} P_m I + \lambda I_{psk} P_m I + \lambda)$.

Son olarak, BD2DS algoritmasının toplam hata olasılığı Eş. 3.15 ve Eş. 3.22 eklenerek şu şekilde elde edilir:

$$Px(g) \leq \ddot{m}(I_{psk} P_b + 1)^{-1} \left(\ddot{m} \left(I_{psk} P_b \frac{\sigma_{t_1-t_2}^2}{d_{t_1-t_2}^\beta} \right)^{-1} - \ddot{m} \left(1 + I_{psk} P_b + \frac{1}{\lambda} \left(\frac{d_{t_1-t_2}^\beta}{\sigma_{t_1-t_2}^2} + \frac{d_{t_2-t_3}^\beta}{\sigma_{t_2-t_3}^2} \right) \right)^{-1} + \omega_\sigma \left[\left(\frac{d_{t_1-t_2}^\beta}{\sigma_{t_1-t_2}^2} + F(P_b) \right)^{-1} \left(\frac{d_{t_2-t_3}^\beta}{\sigma_{t_2-t_3}^2} + F(P_b) \right)^{-1} - \left(\frac{d_{t_2-t_3}^\beta}{\sigma_{t_2-t_3}^2} + F(P_b, P_m) \right)^{-1} \left(\frac{d_{t_1-t_2}^\beta}{\sigma_{t_1-t_2}^2} + F(P_b, P_m) \right)^{-1} \right] \right) \quad (3.23)$$

Çeşitliliğin tanımı, sembolü hedefe iki veya daha fazla bağımsız yol üzerinden aktarmak anlamına gelir. Çeşitlilik kazancı tanımının (çeşitlilik sırası), hata olasılığının güç-gürültü oranı üssü olduğu, yani, $P(g) = (PNR)^L$ L bağımsız yollar olduğu söylenir. Çeşitlilik sırası aşağıdaki gibi olarak verilir;

$$d = -\lim_{P/N_o \rightarrow \infty} \frac{\log(Px(g))}{\log(P/N_o)} \quad (3.24)$$

Çeşitlilik sırasını elde etmek için, olasılık hatasını, sinyal-gürültü oranının bir fonksiyonu olarak Eş. 3.23 aşağıdaki şekilde yeniden yazılır:

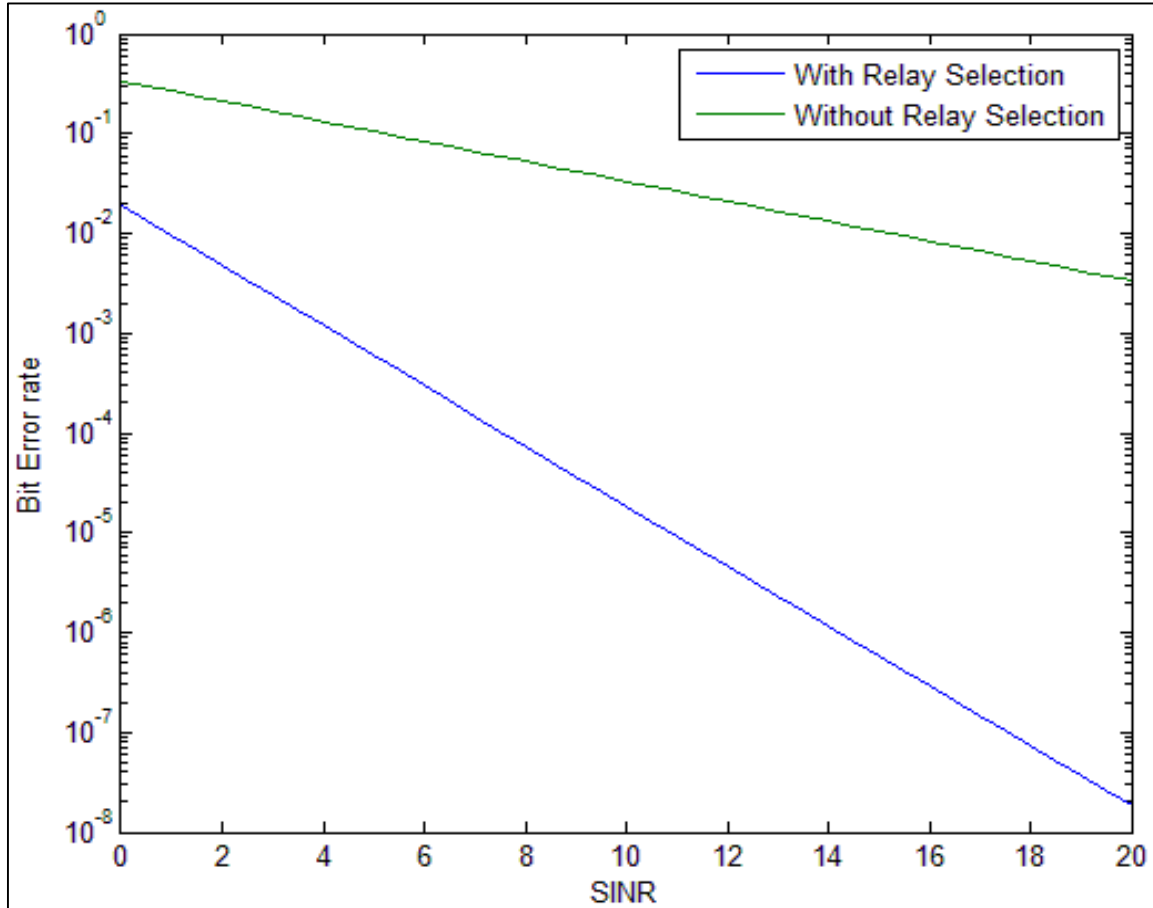
$$d \approx -\lim_{P/N_o \rightarrow \infty} \frac{\log((I_{psk} P_b + 1)^{-1})}{\log(P/N_o)} - \lim_{P/N_o \rightarrow \infty} \log \left[\ddot{m} \left(I_{psk} P_b \frac{\sigma_{t_1-t_2}^2}{d_{t_1-t_2}^\beta} \right)^{-1} - \ddot{m} \left(1 + I_{psk} P_b + \frac{1}{\lambda} \left(\frac{d_{t_1-t_2}^\beta}{\sigma_{t_1-t_2}^2} + \frac{d_{t_2-t_3}^\beta}{\sigma_{t_2-t_3}^2} \right) \right)^{-1} + \omega_\sigma \left[\left(\frac{d_{t_1-t_2}^\beta}{\sigma_{t_1-t_2}^2} + F(P_b) \right)^{-1} \left(\frac{d_{t_2-t_3}^\beta}{\sigma_{t_2-t_3}^2} + F(P_b) \right)^{-1} - \left(\frac{d_{t_2-t_3}^\beta}{\sigma_{t_2-t_3}^2} + F(P_b, P_m) \right)^{-1} \left(\frac{d_{t_1-t_2}^\beta}{\sigma_{t_1-t_2}^2} + F(P_b, P_m) \right)^{-1} \right] \right] / \log(P/N_o) \quad (3.25)$$

Buradan, önerilen BD2DS algoritmasının çeşitlilik düzeni 2'ye sahip olduğu anlaşılmaktadır.



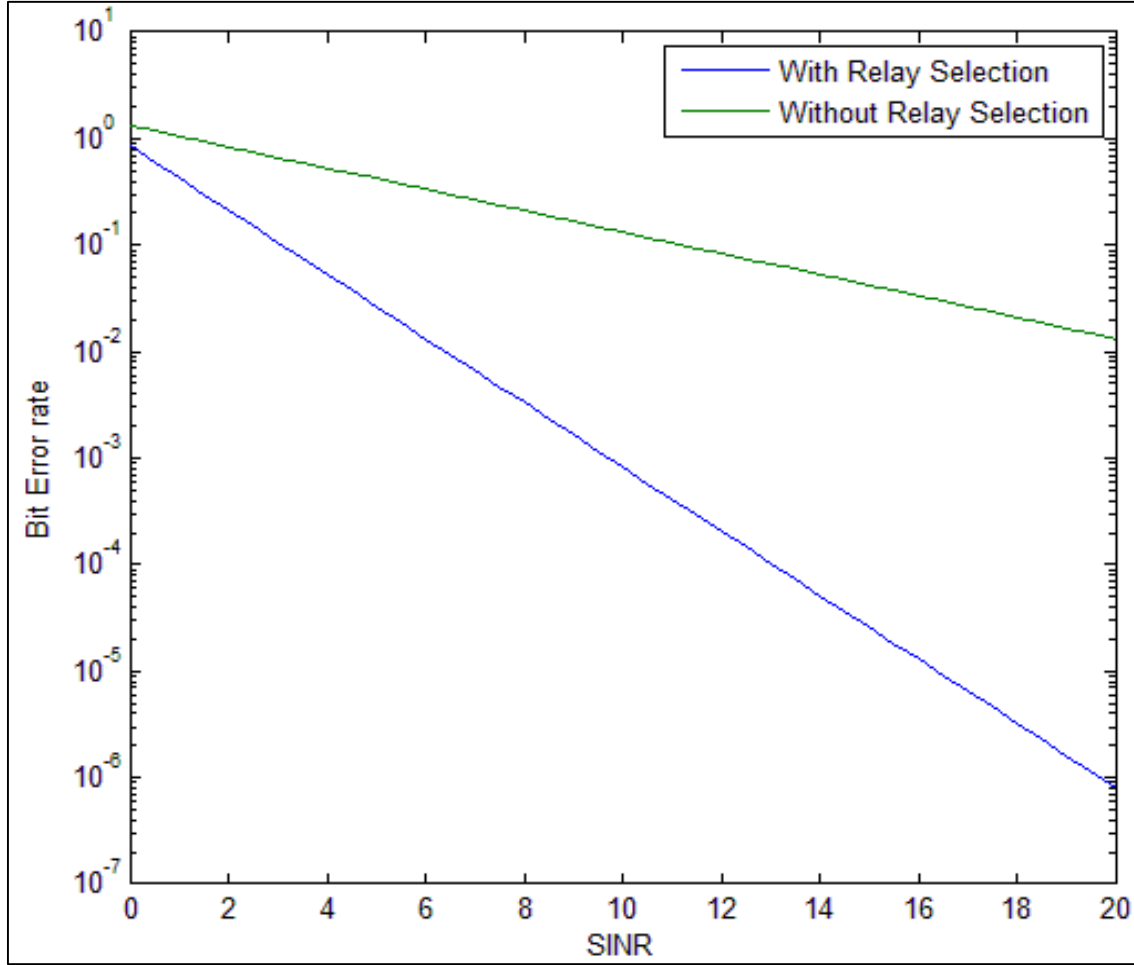
4. UYGULAMA VE PERFORMANS SONUÇLARI

Şekil 4.1’de, “bit hata oranı” fonksiyonu olan SINR’ın İşbirlikçi iletişimin oluşum ve oluşum olmama işlevi röle düğüm seçimine göre değişimi görülmektedir. Şekilde de belirlendiği üzere modülasyon sırası 4’e sabitlenmiştir.



Şekil 4.1. SINR karşı bit hata oranı, M=4

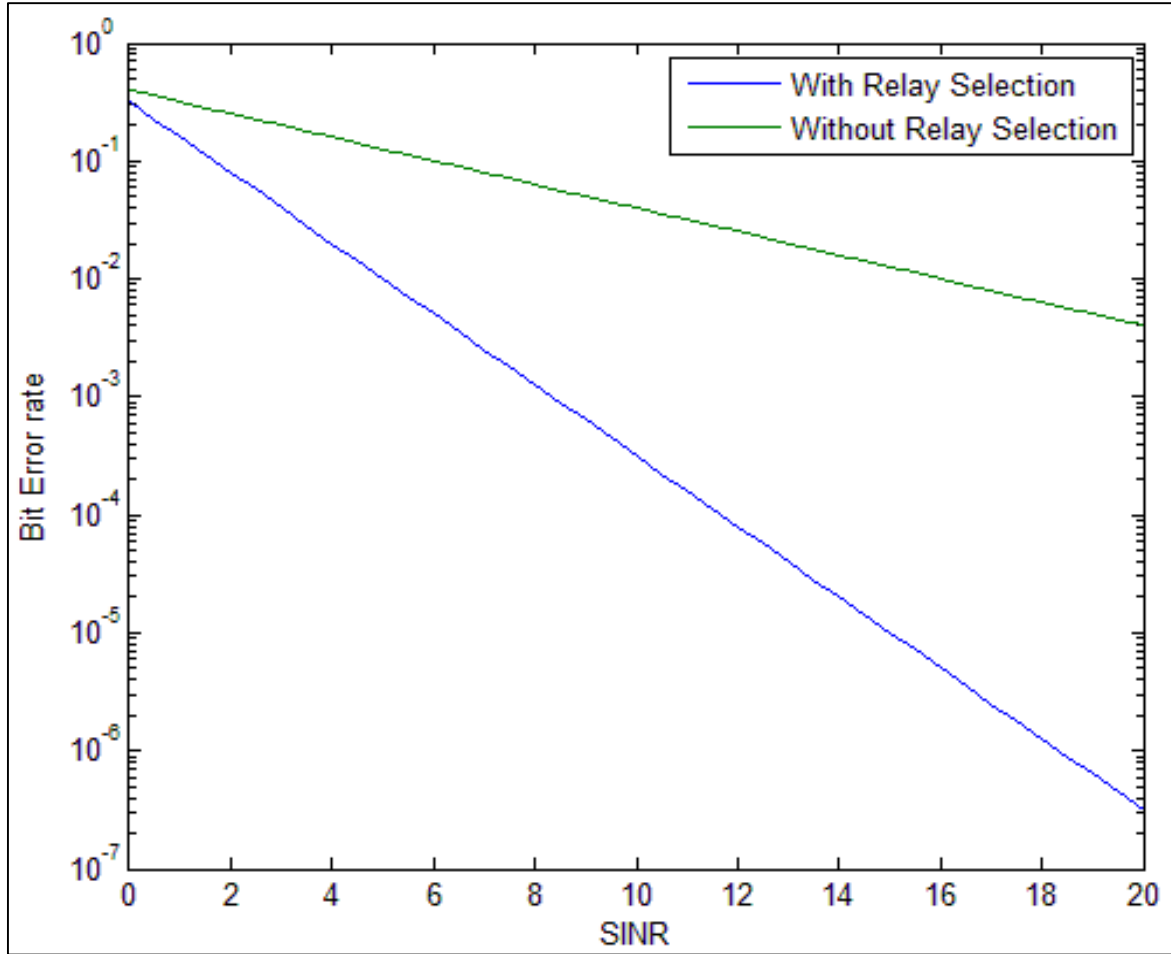
Buna Karşı Şekil 4.2’de ise, “bit hata oranı” fonksiyonu olan SINR’ın İşbirlikçi iletişim oluşum ve oluşum olmama işlevi röle düğüm seçimine göre değişimi gösterilmektedir. Modülasyon sırası 8’e sabitleştirilmiştir.



Şekil 4.2. SINR karşı bit hata oranı, $M=8$

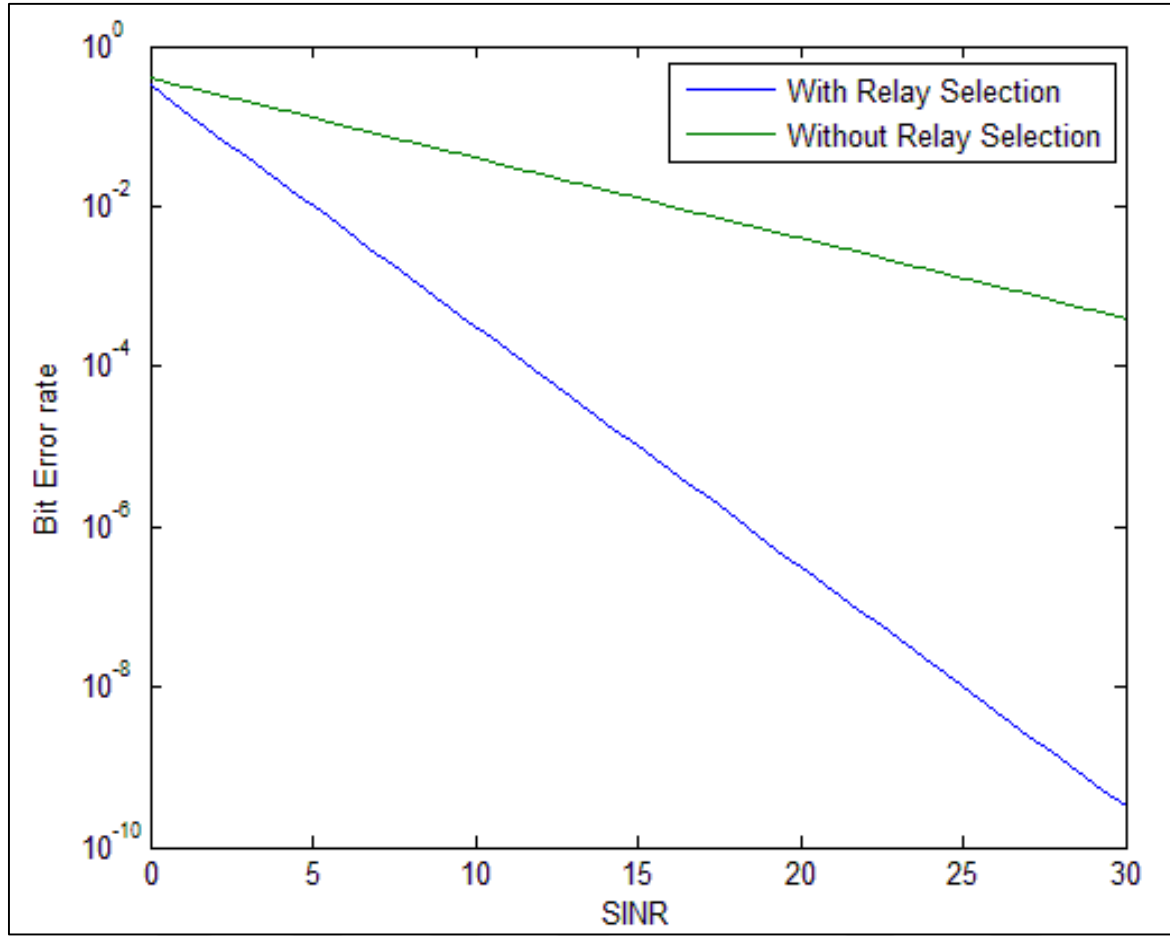
İlk olarak, her iki şekilde görüldüğü üzere röle seçimi uygulandığında işbirlikçi iletişimin “bit hata oranının” röle seçimi olmadan işbirlikçi iletişimin “bit hata oranına” kıyasla daha düşük oranda olduğunu göstermektedir. Diğer yandan modülasyon sırası 4’ten 8’e çıkardığında ise “bit hata oranı” artmıştır. Sonucun bu duruma gelmesinin nedeni, modülasyonun sırası artığında, demodülasyon karmaşık bilgi verilerini sunması ve hata oranının artmasıdır.

Şekil 4.3'te, röle düğümü oluşması ve oluşmaması, işbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim için SINR'nin fonksiyonu olan "bit hata oranı" olarak gösterilmektedir. Şekle göre MAC modunun gücü 0,5 ayarlanmıştır ancak Şekil 4.4'te fonksiyon olarak "bit hata oranı" gösterilmektedir. Röle düğümü seçimi olumlu ve olum olmadan işbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim için SINR değeri, ancak MAC modunun gücü 0,75 olarak ayarlanmıştır.



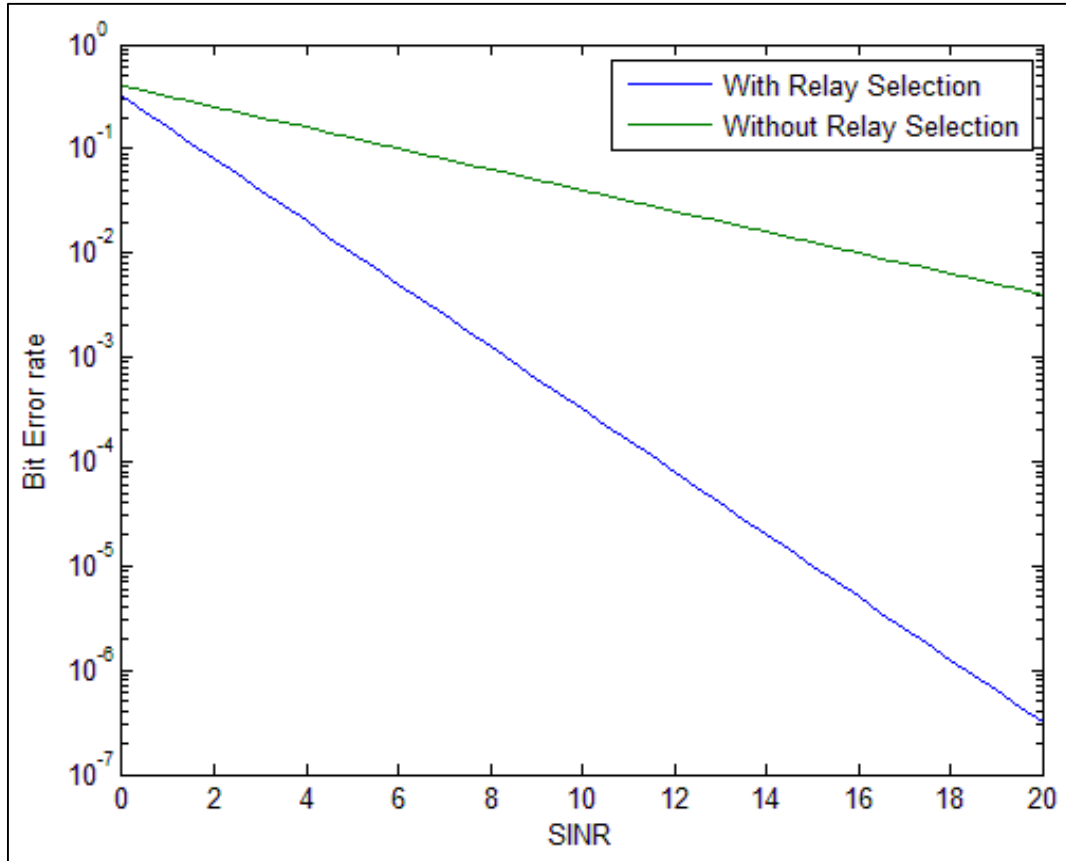
Şekil 4.3. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $P_m=0.5$

Tekrarlanan ve öngörülen gibi, röle seçimi ile daha iyi performans elde edilmiştir. Öte yandan, MAC modunun gücü arttığında İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişimin performansı da artar.



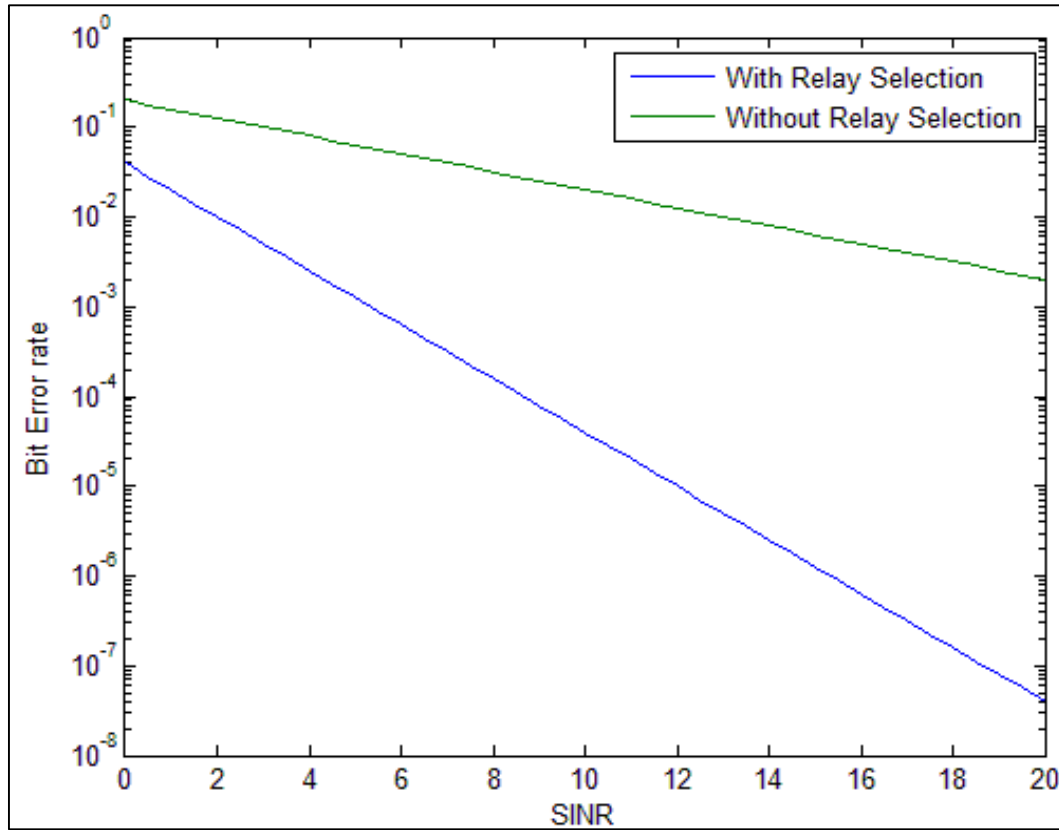
Şekil 4.4. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $P_m=0.75$

Şekil 4.5’te, röle düğümü seçimi olmak ve röle seçimi olmadan İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim için SINR’nin fonksiyonu olarak “bit hata oranı” gösterilmektedir.



Şekil 4.5. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $R=5$

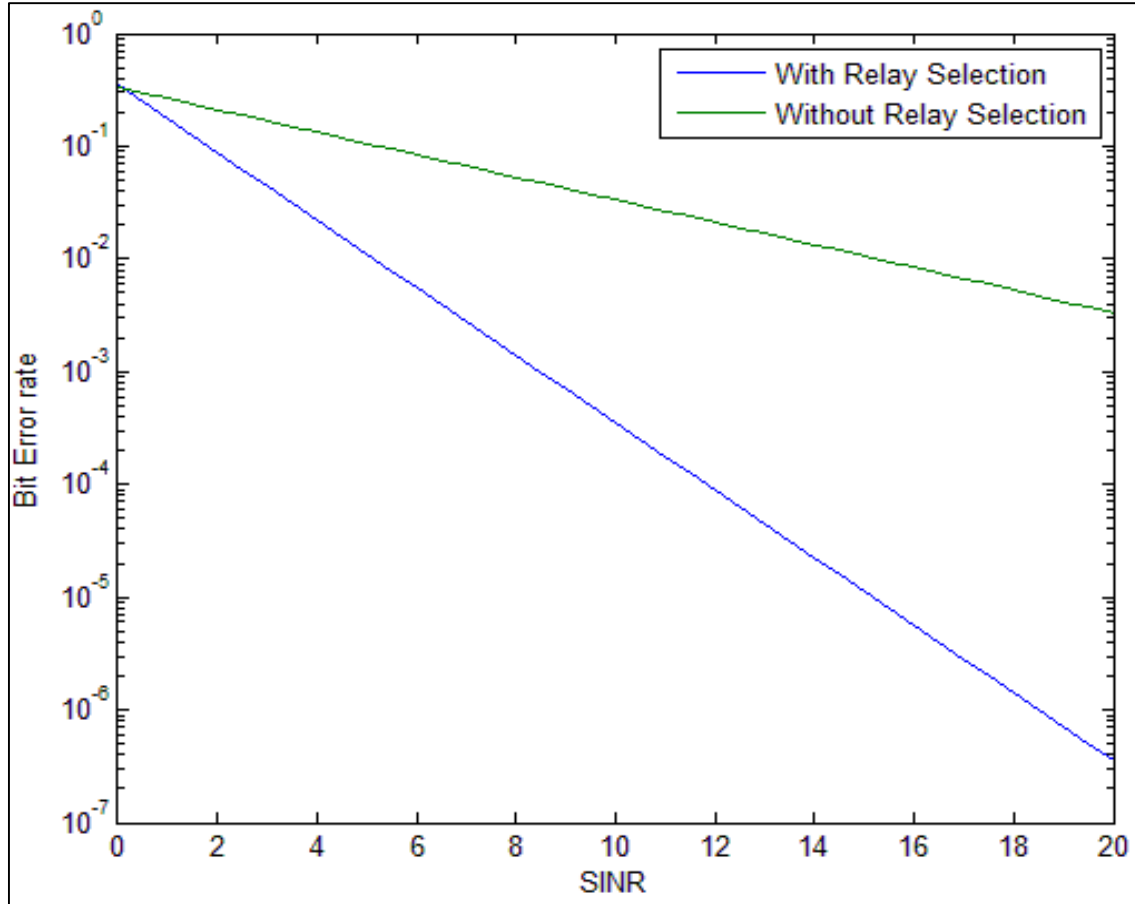
Şekil 4.5'te iletim hızı 5'e ayarlanmıştır (Şekil 4.5'te görüldüğü üzere 5 normalleştirilmiş değerdir), ancak şekil 4.6'da ise röle düğüm seçimi olma ve röle seçimi olmama İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim için SINR'nin fonksiyonu olarak "bit hata orana" iletim hızı 10'a ayarlanmıştır.



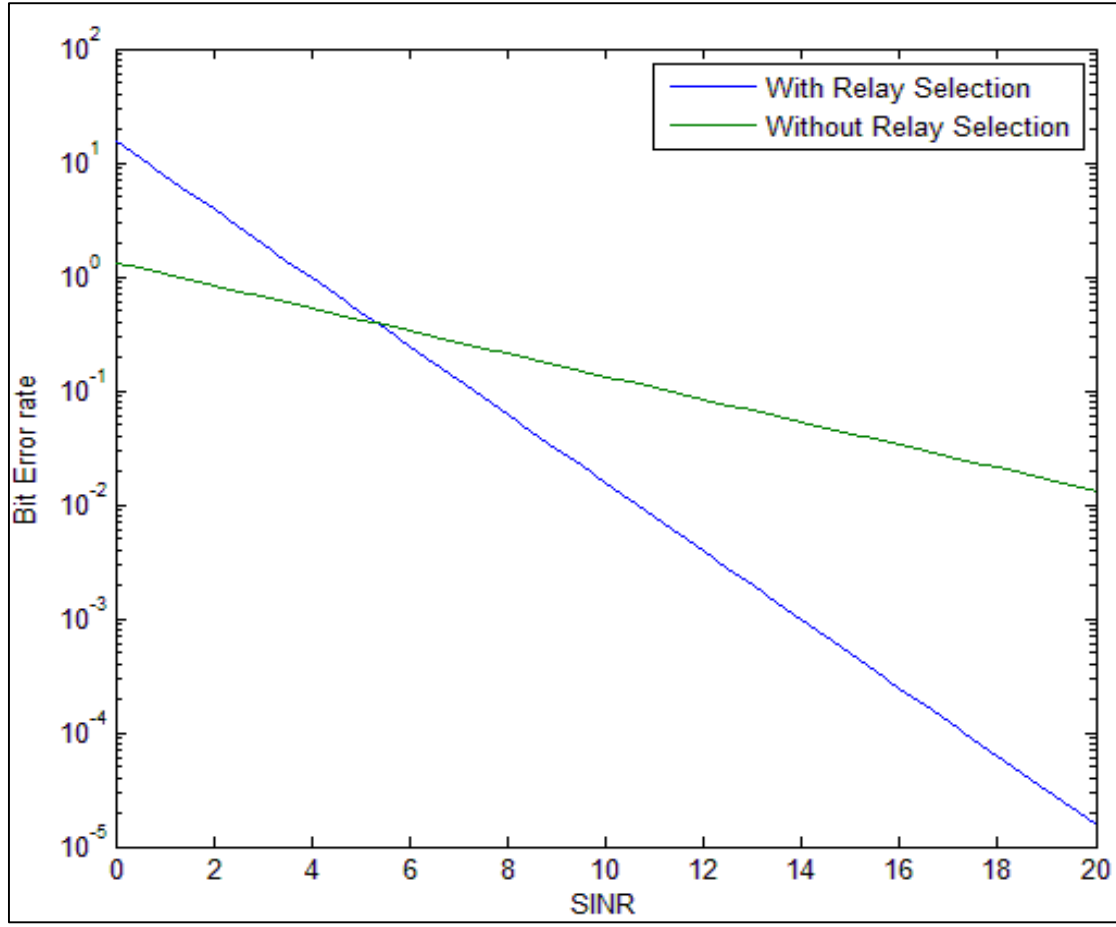
Şekil 4.6. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $R=10$

Öngörüldüğü gibi, işbirlikçi algoritmasına dayalı iletişimde röle seçilmesi, klasik sisteme göre daha iyi performans göstermiştir. Diğer yandan, röle seçimi ile işbirlikçi algoritmasına dayalı iletişimin performansı, düşük SINR’de bile iletim hızı 10 için geliştirilebilmektedir.

Şekil 4.7 ve 4.8’de, röle düğüm seçimi ile röle düğümü seçimi olmadan İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim için SINR’in bir fonksiyonu olarak “bit hata oranı” gösterilmektedir. Şekil 4.8’te sunulduğu gibi, kaynak ve röle arasındaki varyans 10’a ayarlanmış, modülasyon sırası da değiştirilmiştir. Modülasyon sırası 8’e eşit olduğunda röle seçimi ile İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim performansının azaldığı gözlenmiştir.



Şekil 4.7. SINR karşı bit hata oranı, $M=4$, $V_x=10$



Şekil 4.8. SINR karşı bit hata oranı, $M=8$, $V_x=10$

5. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

İşbirlikçi algoritmasına dayalı iletişim sistemleri, yeni nesil kablosuz ağlarda yüksek veri hızına ulaşılmasına katkıda bulunan ve gelecek vadeden bir tekniktir. İşbirlikçi algoritması, kablosuz kanalların karşılaşılabileceği farklı zorlukların üstesinden gelebilir ve daha iyi bir performans için spektral verimlilik, gölge alanındaki kapsama, enerjiyi verimli bir şekilde kullanma vb. faktörler üzerinde etkili olabilir. Bununla birlikte İşbirlikçi algoritmasının zor görevi, temel olarak ağın genel performansını etkileyen diğer tüm mevcut röle düğümleri arasında en iyi ve en uygun röle düğümü bulmaktır. Bu araştırmada, IoT sağlık bakımı paradigmasındaki İşbirlikçi iletişimin yeni matematiksel model bit hata oranını türetip analiz edilmiştir. Buna istinaden, farklı iletişim teknolojilerinin İşbirlikçi algoritmasına dayanan yeni IoT sağlık sistemi tasarlanmış, ardından bit hata oranını azaltabilecek ve sistem performansını artıracak röle seçim yöntemi uygulanmıştır. İşbirlikçi ve röle seçiminin avantajlarından yararlanılabilmektedir. Kaynaktan röleye ve röle ile hedefe maksimum bağlantıya dayalı röle seçim kriterleri, önerilen röle seçiminin, seçici olmayan İşbirlikçi ile kıyasla spektral verimliliği, bit hata oranını, çeşitlilik sırasını ve kesinti olasılığını önemli ölçüde artıracak olduğunu görülmektedir. Kapsamlı simülasyon yoluyla önerilen protokolün performansı ortaya konmuştur. Sonuç olarak önerilen protokolün geleneksel sisteme kıyasla daha iyi performans sergilediği gösterilmiştir.

Gelecekteki olası çalışmalar;

- Sağlık ortamında, kaynak ve röle düğümleri tarafından kullanılan tek frekanslı kanal yerine, bilişsel sistemler aracılığıyla kaynak ve röle düğümleri için farklı bir frekans kanalı kullanarak gecikmenin azaltılması.
- Ek olarak, İşbirlikçi algoritmasına dayanan sistemlerinin verimini artıracak yasaklanmış alanı azaltmak için güç kontrolü veya optimum güç tahsisi yoluyla röle düğümlerinin iletim gücünü azaltılması.



KAYNAKLAR

1. Yang, G., Xie, L., Mäntysalo, M., Zhou, X., Pang, Z., Da Xu, L., Kao-Walter, S., Chen, Q. and Zheng, L. R., (2014). A health-IoT platform based on the integration of intelligent packaging, unobtrusive bio-sensor, and intelligent medicine box. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2180-2191.
2. Hassanaliheragh, M., Page, A., Soyata, T., Sharma, G., Aktas, M., Mateos, G., Kantarci, B. and Andreescu, S. (2015). Health monitoring and management using Internet-of-Things (IoT) sensing with cloud-based processing: Opportunities and challenges. In *2015 IEEE International Conference on Services Computing*, 285-292.
3. Khan R. A. and Pathan A. S. (2018). The state-of-the-art wireless body area sensor networks: A survey. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 14(4),1-23.
4. Al-Mishmish, H., Alkhayyat, A., Rahim, H., Hammood, D., Ahmad, R. and Abbasi, Q., (2018). Critical data-based incremental cooperative communication for wireless body area network. *Sensors*, 18(11), 3661-3680.
5. Abdulmohsin Hammood, D., Rahim, H. A., Alkhayyat, A., Ahmed, R. B. and Abbasi, Q. H., (2018). Reliable emergency data transmission using transmission mode selection in wireless body area network. *Cogent Engineering*, 5(1), 1-19.
6. Islam, S. M. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain M. and Kwak, K., (2015). The internet of things for health care: A comprehensive survey. In *IEEE Access*, 3, 678-708.
7. Hung, F. H., Wu, C. K., Zou, Z., Liu, Y., Tsang, K. F., Alahmad, M., Gan, H. and Chi, H. R., (2017). Packet error rate analysis in IoT for industrial air conditioning system. *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 8367-8370.
8. Chen, M., Li, W., Hao, Y., Qian, Y. and Humar, I., (2018). Edge cognitive computing based smart healthcare system, *Future Generation Computer Systems*, 86(2018) 403–411.
9. Sundaravadivel, P., Kougianos, E., Mohanty, S. P. and Ganapathiraju, M. K., (2018). Everything you wanted to know about smart health care: Evaluating the different technologies and components of the internet of things for better health, In *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(1), 18-28.
10. Qu, Y., Zheng, G., Ma, H., Wang, X., Ji, B. and Wu, H. A. (2019). Survey of routing protocols in WBAN for healthcare applications. *Sensors*, 19(7), 1638-1662.
11. Priya, S. and Gurpreet, S. (2016). Comparison of Wi-Fi IEEE 802.11 standards relating to media access control protocols. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 14(10), 856-862.
12. Negra, R., Jemilia, I. and Belghithab, A. (2016). Wireless body area networks: Applications and technologies, *Procedia Computer Science*, 83, 1274 – 1281.

13. Lee, I. and Lee, K. (2015). The internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58(4), 431-440.
14. Sethi, P. and Sarangi, S. R. (2017). Internet of things: Architectures, protocols, and applications. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2017(1):1-25.
15. Pradhan, B., Bhattacharyya, S. and Pal, K. (2021). IoT-Based applications in healthcare devices. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021(3), 1-18.
16. Ghamari, M., Janko, B., Sherratt, R. S., Harwin, W., Piechockic, R. and Soltanpur, C., (2016). A survey on wireless body area networks for ehealthcare systems in residential environments. *Sensors*, 16(6), 831-833.
17. Yuehong, Y. I. N., Zeng, Y., Chen, X. and Fan, Y., (2016). The internet of things in healthcare: An overview. *Journal of Industrial Information Integration*, 1(3), 3-13.
18. Yeh, K. H., (2016). A secure IoT-based healthcare system with body sensor networks. *IEEE Access*, 4, 10288-10299.
19. Madhumathi, R.M., Jagadeesan, A. and Kaushik, S., (2016). Healthcare monitoring system using body sensor network. In *International Conference on Engineering Innovations and Solutions*, 171-176.
20. Moosavi, S. R., Gia, T. N., Nigussie, E., Rahmani, A. M., Virtanen, S., Tenhunen, H. and Isoaho, J., (2016). End-to-end security scheme for mobility enabled healthcare internet of things. *Future Generation Computer Systems*, 64(2016), 108-124.
21. Luo, E., Bhuiyan, M. Z. A., Wang, G., Rahman, M. A., Wu, J., and Atiquzzaman, M. (2018). Privacy protector: Privacy-protected patient data collection in IoT-Based healthcare systems. *IEEE Communications Magazine*, 56(2), 163-168.
22. Tao, H., Bhuiyan, M. Z., Abdalla, A. N., Hassan, M. M., Zain, J. M. and Hayajneh T. (2019). Secured data collection with hardware-based ciphers for iot-based healthcare. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(1), 410-420.
23. Hamza, R., Yan, Z., Muhammad, K., Bellavista, P. and Titouna, F., (2020) A privacy-preserving cryptosystem for IoT E-healthcare. *Information Sciences*. 527, 493-510.
24. Elhoseny, M., Ramírez-González, G., Abu-Elnasr, O. M., Shawkat, S. A., Arunkumar, N. and Farouk, A. (2018). Secure medical data transmission model for IoT-based healthcare systems. *IEEE Access*, 6, 20596-20608.
25. Elhoseny, M., Ramírez-González, G., Abu-Elnasr, O. M., Shawkat, S. A., Arunkumar, N. and Farouk, A. (2018). Secure medical data transmission model for IoT-based healthcare systems. *IEEE Access*, 6, 20596-20608.
26. Alkhayyat, A., Thabit, A. A., Al-Mayali, F. A. and Abbasi, Q. H. (2019). WBSN in IoT Health-Based application: Toward delay and energy consumption minimization. *Journal of Sensors*, 2019, 1-14.

27. Liao, Y., Leeson, M. S., Higgins, M. D. and Bai, C., (2016). Analysis of in-to-out wireless body area network systems: Towards QoS-aware health internet of things applications. *Electronics*, 5(3), 10-38.
28. Catarinucci, L., De Donno, D., Mainetti, L., Palano, L., Patrono, L., Stefanizzi, M. L. and Tarricone, L., (2015). An IoT-aware architecture for smart healthcare systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 2(6), 515-526.
29. Chen, X., Ma, M. and Liu, A., (2018). Dynamic power management and adaptive packet size selection for IoT in e-Healthcare. *Computers & Electrical Engineering*, 65(C), 357-375.
30. Aktas F, Ceken, C. and Erdemli, Y. E. (2018). IoT-based healthcare framework for biomedical applications. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 38(6), 966-979.
31. Darwish, A., Hassanien, A.E., Elhoseny, M., Sangaiah, A.K. and Muhammad, K., (2019) The impact of the hybrid platform of internet of things and cloud computing on healthcare systems: Opportunities, challenges, and open problems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10(10), 4151–4166.
32. Ali, F., Islam, S. R., Kwak, D., Khan, P., Ullah, N., Yoo, S. J., and Kwak, K. S. (2018). Type-2 fuzzy ontology-aided recommendation systems for IoT-based healthcare. *Computer Communications*, 119, 138-155.
33. Jabbar, S., Ullah, F., Khalid, S., Khan, M. and Han, K., (2017). Semantic interoperability in heterogeneous IoT infrastructure for healthcare. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2017(1), 1-10.
34. Wu, T., Wu, F., Redoute, J. M. and Yuce, M. R. (2017). An autonomous wireless body area network implementation towards IoT connected healthcare applications. *IEEE Access*, 5, 11413-11422.
35. Asshada, M., Khan, S. A., Kavak, A., Küçük, K. and Msongaleli, D. L. (2019). Cooperative communications using relay nodes for next-generation wireless networks with optimal selection techniques: A review. *IEEE Transactions On Electrical and Electronic Engineering*, 14(5), 658–669.
36. Laneman, J. and Wornell, G. (2003). Distributed space-time-coded protocols for exploiting cooperative diversity in wireless networks. *IEEE Transactions on Information Theory*, 49(10), 2415–2425.
37. Ahmed, E, and Gharavi, H. (2018). Cooperative vehicular networking: A survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems March*, 19(3), 996–1014.
38. Guan, Q., Yu, F., Jiang, S., Leung, V., and Mehrvarg, H. (2012). Topology control in Mobile ad hoc networks with cooperative communications. *IEEE Wireless Communications*, 19(2), 74–79.
39. Kerrache, C. A., Calafate, C. T., Cano, J. C., Lagraa, N. and Manzoni, P. (2016). Trust management for vehicular networks: An adversary-oriented overview. *IEEE Access*, 4, 9293–9307.

40. Cichon, K., Kliks, A. and Bogucka, H. (2016) Energy-efficient cooperative spectrum sensing: A survey. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 18(3), 1861–1886.
41. Hong, Y. W., Huang, W. J., Chiu, F. H. and Kuo, C. C. J. (2007). Cooperative communications in resource-constrained wireless networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 24(3), 47–57.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Nihat ALKAN
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Bilişim Enstitüsü Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı	Devam ediyor
Lisans	Musul Üniversitesi / Eğitim Fakültesi Bilgisayar Bilimleri	2010
Lise	Ömer İbin Abdulaziz Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-----	-----	-------

Yabancı Dil

Arapça

Yayınlar

1. Ertug, Ö., ve Alkan, N., (2021). Tıbbi Nesnelerde iki yönlü internet iletişiminde Bit hata oranının iyileştirilmesi, *4rd International Conference on Engineering Technology and its Application (IICETA)*.

Hobiler

Basketbol, Müzik, Bilgisayar Teknolojileri, Kitap okuma



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..