

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**WIMAX/IEEE 802.16 AĞLARI ÜZERİNDEN
WEB TABANLI BİO-TELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN
PROTOKOL TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Musa ÇIBUK

Tez Yöneticisi
Doç.Dr. Hasan Hüseyin BALIK

DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2009

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**WIMAX/IEEE 802.16 AĞLARI ÜZERİNDEN
WEB TABANLI BİO-TELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN
PROTOKOL TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Musa ÇIBUK

Doktora Tezi

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez, 23/07/2009 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği/~~oyçokluğu~~ ile başarılı/~~başarısız~~ olarak değerlendirilmiştir.

Danışman : Doç.Dr. Hasan Hüseyin BALIK

Üye : Prof.Dr. Mustafa POYRAZ

Üye : Yrd.Doç.Dr. Fikret ATA

Üye : Yrd.Doç.Dr. Melih Cevdet İNCE

Üye : Yrd.Doç.Dr. H. İbrahim OKUMUŞ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda öncelikle, fikirleriyle beni aydınlatan, bana yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım sayın Doç.Dr. Hasan Hüseyin BALIK'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca bana imkanları doğrultusunda destek olan hocam sayın Prof.Dr. Mustafa POYRAZ'a ve Yrd.Doç.Dr. Esat GÜZEL'e de özellikle teşekkür etmek isterim.

Yine çalışmalarım süresince bana her türlü olanağı sağlayarak kapılarını açan Beykent Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve buradaki odalarını benimle paylaşıp manevi destek olan Arge Bölümü'ndeki tüm arkadaşlarım ve Oğuz ATA'ya, anlayışlarıyla bana destek olan arkadaşlarım Ahmet TEKİN, Maden MYO çalışanlarına ve bu çalışmada emeği geçen diğer tüm arkadaşlarıma da ayrıca teşekkür ederim.

Tüm bu uzun ve yorucu süreç boyunca, manevi olarak bana destek olan, bütün stres ve sıkıntılara katlanan, başta eşim Yonca olmak üzere, biricik kızım İkra ve tüm aileme de çok teşekkür ederim.

Bu doktora tez çalışması Fırat Üniversitesi FÜBAP-1555 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı FÜBAP birimine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLOLAR LİSTESİ	XI
EKLER LİSTESİ	XII
SİMGELER LİSTESİ	XIII
KISALTMALAR LİSTESİ	XIV
ÖZET	XIX
ABSTRACT	XX
1 GİRİŞ	1
2 HABERLEŞME ve BİLGİSAYAR AĞLARI	6
2.1 Giriş	6
2.2 Haberleşme	7
2.3 Haberleşme Türleri	8
2.3.1 Sinyal Türüne Göre Haberleşme	8
2.3.1.1 Analog Haberleşme	9
2.3.1.2 Sayısal Haberleşme	9
2.3.2 İletim Ortamı Türüne Göre Haberleşme	10
2.3.2.1 Kablolü Haberleşme	11
2.3.2.2 Kablosuz Haberleşme	11
2.4 Bilgisayar Ağları	12
2.4.1 Bilgisayar Ağlarının Ortaya Çıkış Nedenleri	13
2.4.2 Bilgisayar Ağlarında Yerleşim Biçimleri (Ağ Topolojileri)	13
2.5 Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması	14
2.5.1 Büyüklüklerine Göre Bilgisayar Ağları	15
2.5.1.1 Kişisel Alan Ağları	15
2.5.1.2 Yerel Alan Ağları	15
2.5.1.3 Metropolitan Alan Ağları	15
2.5.1.4 Geniş Alan Ağları	16
2.5.2 Ortam Türlerine Göre Bilgisayar Ağları	16
2.5.2.1 Kablolü Ağlar	16
2.5.2.2 Kablosuz Ağlar	17

3	KABLOSUZ AĞLAR	18
3.1	Giriş.....	18
3.2	Büyükliklerine Göre Kablosuz Ağlar.....	19
3.2.1	Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN)	19
3.2.2	Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN)	20
3.2.3	Kablosuz Metropolitan Alan Ağları (WMAN)	21
3.2.4	Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN).....	21
3.3	Elektromanyetik Spektrum ve Kullanılan Frekans Aralıkları	22
3.3.1	Radio Dalgaları.....	23
3.3.2	Kızılötesi Dalgalar.....	24
3.4	Sinyalizasyon (Modülasyon) Teknikleri	25
3.4.1	Dağınık Spektrum Tekniği	25
3.4.1.1	Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum.....	26
3.4.1.2	Düz Sıralı Dağınık Spektrum	27
3.4.2	Dikey Frekans Bölmeli Çoklama.....	29
3.5	MIMO (Multiple Input / Multiple Output).....	29
3.5.1	Matris A MIMO	30
3.5.2	Matris B MIMO.....	30
3.6	Kanal Birleşimi (Channel Bonding).....	31
3.7	Paket Birleştirme (Packet Aggregation).....	32
3.8	Kablosuz Erişim Topolojileri	32
3.9	Kablosuz Ağ Teknolojileri	35
3.9.1	IrDA	36
3.9.2	HomeRF	36
3.9.3	Bluetooth	37
3.9.4	UWB (Ultra Wide Band).....	41
3.9.5	ZigBee	42
3.9.6	Wi-Fi (IEEE 802.11x)	44
3.9.7	HiperLAN.....	47
3.9.8	HiperMAN	48
3.9.9	WiBro	48
3.9.10	WiMAX.....	49
4	KABLOSUZ SENSÖR AĞLAR ve TELEMETRİ	51
4.1	Giriş.....	51

4.2	Sensörler ve Bileşenleri.....	51
4.2.1	Algılayıcı.....	53
4.2.2	İşlemci	54
4.2.3	Alıcı/Verici.....	54
4.2.4	Güç Kaynağı.....	55
4.3	Kablosuz Sensör Ağlar.....	55
4.3.1	Kablosuz Sensör Ağlar ve Mobil Ad-hoc Ağlar	57
4.3.2	Sensör Ağlarının Uygulama Alanları	58
4.4	Telemetry	59
4.4.1	Biyotelemetry ve Teletıp.....	60
5	MEDİKAL AĞLAR	62
5.1	Giriş.....	62
5.2	Medikal Ağlar ve Kullanılan İletişim Modelleri	63
5.2.1	Hasta Merkezli Model	64
5.2.2	Dış Merkezli Model.....	65
5.2.3	Hibrid Model	67
5.3	İletişim Modellerinin Karşılaştırılması	68
5.4	Medikal Ağlarda Kullanılan Kablosuz İletişim Teknolojileri.....	68
6	MODEL ve PROTOKOL TASARIM İLKELERİ	71
6.1	Giriş.....	71
6.2	Model, Protokol ve Gerçekleştirme	72
6.2.1	Protokol	76
6.2.2	Bir Protokol Nasıl Olmalıdır?	77
6.3	Mesaj Biçimlendirme (Formatlama)	79
6.3.1	Bit Yönelimli Mesaj Biçimlendirme	79
6.3.2	Karakter Yönelimli Mesaj Biçimlendirme	80
6.3.3	Byte-Sayma Yönelimli Mesaj Biçimlendirme	81
6.3.4	Ön Ek ve Son Ek Bilgileri.....	81
6.4	İşlem Kuralları	82
6.5	Yapısal Protokol Tasarımı.....	82
6.5.1	Basitlik ve Modülerlik.....	83
6.5.2	İyi Tasarım	83
6.5.3	Sağlamlık.....	85

6.5.4	Tutarlılık.....	86
6.5.5	Tasarım için Kurallar.....	87
7	BİYOTELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN YENİ BİR MODEL TASARIMI	88
7.1	Giriş.....	88
7.2	Modelin Ortaya Konuluş Nedenleri ve Amaçları.....	89
7.3	Medikal Ağlar ve Biyotelemetri Uygulamaları için Yeni Bir İletişim Modeli	90
7.4	Model için Temel Kavramlar	91
7.4.1	Gözlenen.....	92
7.4.2	Gözlemci	93
7.4.3	Yönetici Merkez	93
7.4.4	Erişim ortamı	93
7.5	Katmanlı Çözüm Yaklaşımı ve Katman Tanımları.....	94
7.5.1	Etkileşim Katmanı.....	94
7.5.2	Yönetim Katmanı	95
7.5.3	İletişim Katmanı	95
7.5.4	Erişim (Ortam) Katmanı.....	96
7.6	Model Hiyerarşisi ve İlişkiler.....	96
7.6.1	Yatay İlişkiler	97
7.6.2	Dikey İlişkiler.....	98
7.6.3	Modele Dayalı Katman İlişkileri	100
8	BİYOTELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN ÖNERİLEN MODELE DAYALI ÇÖZÜM YAKLAŞIMI ve PROTOKOL TASARIMI	102
8.1	Giriş.....	102
8.2	Modelin Medikal Ağlar ve Biyotelemetri Uygulamaları Açısından İrdelenmesi	103
8.3	Modele Dayalı Çözüm Yaklaşımı	104
8.4	Temel Kavramlar ve ilkeler.....	105
8.4.1	Hasta.....	107
8.4.2	İstemci	108
8.4.3	Merkezi Yönetim.....	108
8.4.4	Erişim ortamı	109
8.5	Katmansal Birimler	110
8.5.1	Sensör Kontrol Modülü (SCM).....	110
8.5.2	Konum Tespit Modülü (LFM)	114

8.5.3	Veritabanı Modülü (DBM).....	114
8.5.4	Kullanıcı Arayüzü (UI)	116
8.5.5	Hasta Yönetim Modülü (PMM)	117
8.5.6	Merkezi Yönetim Modülü (AMM)	120
8.5.7	İstemci Yönetim Modülü (CMM)	121
8.5.8	Medikal İletişim Modülü (MCM)	122
8.5.9	Uygulama İletişim Servisi (ACS).....	123
8.5.10	İnternet Tarayıcı (IB).....	124
8.6	Yatay İlişkiler.....	124
8.6.1	R_1 yatay ilişkisi.....	127
8.6.2	R_3 yatay ilişkisi (MCP).....	128
8.6.2.1	Kimlik Tanımlama (Adresleme)	129
8.6.2.2	PDU Formatı.....	131
8.6.3	R_5 yatay ilişkisi.....	134
8.6.3.1	Medikal Yönetim Protokolü (MMP).....	134
8.6.3.2	MMP İşlemsel Süreçleri.....	137
8.6.4	R_7 yatay ilişkisi.....	139
8.7	Dikey İlişkiler.....	140
8.7.1	R_2 dikey ilişkisi	143
8.7.2	R_4 dikey ilişkisi	148
8.7.3	R_6 dikey ilişkisi	151
8.7.4	R_8 dikey ilişkisi	154
9	WiMAX AĞLARI ÜZERİNDEN WEB TABANLI BİYOTELEMETRİ UYGULAMASI ve GERÇEKLEŞTİRİLMESİ.....	155
9.1	Giriş.....	155
9.2	Modele Dayalı Çözüm Yaklaşımındaki Katmansal Birimlerin Gerçekleştirilmesi	156
9.2.1	Hasta Uygulaması için Modüler Yapı (PCN).....	157
9.2.2	İstemci Uygulaması için Modüler Yapı (CCN).....	159
9.2.3	Merkezi Yönetim Uygulaması için Modüler Yapı (ACN).....	161
9.2.4	Erişim Ortamının Gerçekleştirilmesi.....	162
9.3	Kullanılan Araç ve Platformlar	163
9.3.1	Donanımsal Ekipmanlar	163
9.3.2	Yazılım Geliştirme Araçları	165

10 SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	168
10.1 Giriş.....	168
10.2 Çalışmada Ele Alınan Konular ve Geline Nokta.....	168
10.3 Geliştirilen Uygulamanın Literatürdeki Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması.....	169
10.4 Değerlendirme ve İleriye Yönelik Düşünceler.....	170
 KAYNAKLAR	 171
ÖZGEÇMİŞ	184
EKLER.....	185

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : Tez bölümleri ve konu başlıkları	5
Şekil 2.1: Haberleşme kavramı ve ele alınan konular	6
Şekil 2.2 : Bilgisayar Ağları kavramı ve ele alınan konular	6
Şekil 2.3 : Bir haberleşme sisteminin temel bileşenleri	8
Şekil 2.4 : Analog Sinyal	9
Şekil 2.5 : Sayısal (Dijital) Sinyal.....	9
Şekil 2.6 : Kablolü iletim ortamı türleri	11
Şekil 2.7 : Kablosuz iletişim ve elektromanyetik dalga formu	11
Şekil 2.8 : Bilgisayar Ağı (Internet).....	12
Şekil 2.9 : Örnek bir kablosuz ağ	17
Şekil 3.1 : Kablosuz ağlarla ilgili ele alınan konular	18
Şekil 3.2 : Büyüklüklerine göre kablosuz ağlar ve kullanılan standartlar.....	19
Şekil 3.3 : Elektromanyetik Tayf [189].....	22
Şekil 3.4 : Raydo Dalgaları Frekans Bandları.....	23
Şekil 3.5 : Dar Band ve Dağınık Spektrum işaretlerinin Genlik-Frekans görünümü.....	26
Şekil 3.6 : FHSS tekniğinde zaman- frekans ilişkisi.....	27
Şekil 3.7 : DSSS tekniğinde kodlanmış veri	28
Şekil 3.8 : DSSS tekniğinde gerçek veri ve kodlanmış veri.....	28
Şekil 3.9 : Matis A MIMO Tekniği (Kaliteli sinyal ve geniş kapsama alanı).....	30
Şekil 3.10 : Matis B MIMO Tekniği (Daha çok veri aktarımı).....	31
Şekil 3.11 : Kanal Birleştirme Tekniği	31
Şekil 3.12 : Paket Birleştirme Tekniği [80]	32
Şekil 3.13 : Hücresel yerleşim biçimi (Cellular Topology)	33
Şekil 3.14 : Kablosuz Ağlarda Temel ve Genişletilmiş Servis Setleri.....	33
Şekil 3.15 : Kablosuz Ağ Teknolojileri.....	35
Şekil 3.16 : Kızılötesi Bilgi Birliği (Infrared Data Association - IrDA) [163]	36
Şekil 3.17 : Home Radio Frequency (HomeRF) Logosu	37
Şekil 3.18 : Bluetooth Logosu.....	38
Şekil 3.19 : Bluetooth Ürün Sınıfları	39
Şekil 3.20 : Piconet ve Scatternet Oluşumu	40
Şekil 3.21 : DS, DB ve UWB sinyallerinin karşılaştırması	41
Şekil 3.22 : ZigBee Logosu.....	42
Şekil 3.23 : ZigBee Ağ Topolojileri.....	43

Şekil 3.24 : IEEE 802.11a/b/g/n standardlarını gösteren logo	44
Şekil 3.25 : HiperLAN ₂ Logosu.....	47
Şekil 3.26 : WiMAX Uyumluluk Logosu	49
Şekil 3.27 : Mesafe ve Band Genişliğine göre Kablosuz Ağlar ve Standartları [56].....	49
Şekil 4.1 : Sensörler, kablosuz sensör ağları ve telemetri ile ilgili konular	51
Şekil 4.2 : Bir sensör düğümünün yapısal bileşenleri [107]	52
Şekil 4.3 : Örnek bir Kablosuz Sensör (Algılama) Ağı.....	56
Şekil 4.4 : Çeşitli boyutlardaki sensörler ve nesnelerle kıyaslaması.....	56
Şekil 5.1 : Medikal ağlar ile ilgili değinilen konular.....	62
Şekil 5.2 : Hasta Merkezli Biyotelemetri Modeli	65
Şekil 5.3 : Sunucu Merkezli Biyotelemetri Modeli.....	66
Şekil 5.4 : Hibrid Biyotelemetri Modeli	67
Şekil 5.5 : Medikal ağlarda kullanılan kablosuz ağ teknolojilerinin karşılaştırılması	69
Şekil 6.1 : Model ve Protokol tasarımı için ele alınan konular	71
Şekil 6.2 : OSI Referans Modeli	73
Şekil 6.3 : TCP/IP İletişim Modeli.....	74
Şekil 6.4 : TCP/IP ve OSI Referans Modellerinin Karşılaştırılması.....	75
Şekil 6.5 : Protokol içerisinde Kaynak - Hedef ilişkisi	77
Şekil 6.6 : Protokol tasarımı için örnek bir katmansal çözümleme.....	78
Şekil 6.7 : Bit Doldurma (Bit Stuffing) İşlemi.....	80
Şekil 6.8 : Karakter Doldurma(Character Stuffing) İşlem	80
Şekil 6.9 : Ön Ek ve Son Ek almış Mesaj Formatı.....	81
Şekil 6.10 : Hatalara Karşı Self-Stabil Davranış.....	84
Şekil 7.1 : Bölüm 7’de geliştirilen yeni model için anlatılan konu başlıkları	88
Şekil 7.2 : Modelin temel iletişim yapısı	91
Şekil 7.3 : Medikal ağ ve biyotelemetri uygulamaları iletişim birimleri	92
Şekil 7.4 : 4 katmanlı çözüm yaklaşımı	94
Şekil 7.5 : Katmanlar arası ilişki.....	97
Şekil 7.6 : Yatay ilişkiler.....	97
Şekil 7.7 : Dikey ilişkiler	98
Şekil 7.8 : Kapsülleme ve çıkarma işlemi	99
Şekil 7.9 : Katmansal elemanlar arası hiyerarşi ve aralarındaki ilişkiler	100
Şekil 8.1 : Biyotelemetri uygulamaları için önerilen modele dayalı çözüm yaklaşımı ve protokol tasarımı konuları	102
Şekil 8.2 : Medikal ağ modelinin TCP/IP modeli üzerine uyarlanması.....	104

Şekil 8.3 : Model kavramlarının katmansal konumları	106
Şekil 8.4 : Modelin katmansal birimlerinin çözümdeki modüler karşılıkları.....	110
Şekil 8.5 : Sensör Kontrol Modülü (SCM)’nün temel bileşenleri.....	111
Şekil 8.6 : Başla-Dur bilgi okuma yöntemi.....	112
Şekil 8.7 : Senkron ve Asenkron Ver-Al bilgi okuma yöntemi	113
Şekil 8.8 : Algılanmış bilgi okuma yöntemi	113
Şekil 8.9 : Veritabanı Modülünün iç yapısı	115
Şekil 8.10 : Kullanıcı arayüzü temel bileşenleri	116
Şekil 8.11 : Hasta Yönetim Modülü temel bileşenleri	118
Şekil 8.12 : Merkezi Yönetim Modülü temel bileşenleri	120
Şekil 8.13 : İstemci Yönetim Modülü temel bileşenleri.....	121
Şekil 8.14 : Medikal İletişim Modülü temel bileşenleri.....	122
Şekil 8.15 : Uygulama iletişim servisi temel bileşenleri.....	123
Şekil 8.16 : Genelleştirilmiş PDU yapısı	126
Şekil 8.17 : Uçlar arası bilgi akış süreci için genel bir gösterim.....	127
Şekil 8.18 : MCP protokolünün CN adresleme şekli	129
Şekil 8.19 : MCP protokolü PDU yapısı.....	131
Şekil 8.20 : MCP paketleri için Kod Bitleri.....	132
Şekil 8.21 : MCP paketleri için Tip Bitleri	132
Şekil 8.22 : MMP için PDU yapısı.....	134
Şekil 8.23 : MMP mesajları için aktivite bitleri ve anlamları	134
Şekil 8.24 : Uçlar arası bilgi mesaj akış süreci ve mesaj numaralarının kullanımı.....	136
Şekil 8.25 : MMP mesajları için tarih zaman formatı	136
Şekil 8.26 : Süreç - Aksiyon - Komut ilişkisine örnek.....	137
Şekil 8.27 : Çözüm için katmanlar arası dikey ilişkiler ve iletişim şekli	140
Şekil 8.28 : Dikey ilişkilerin donanımsal olarak gerçekleştirilmesi.....	141
Şekil 8.29 : Dikey ilişkiler için genel fonksiyon yaklaşımı	142
Şekil 8.30 : Dikey ilişkiler için örnek bir fonksiyon.....	142
Şekil 8.31 : R ₂ kapsülleme işlemi	143
Şekil 8.32 : R ₂ ilişkisindeki create_packet() fonksiyonu	144
Şekil 8.33 : R ₂ ilişkisindeki send_packet() fonksiyonu.....	145
Şekil 8.34 : R ₂ ilişkisindeki read_packet() fonksiyonu	145
Şekil 8.35 : R ₂ ilişkisindeki process_packet() fonksiyonu	146
Şekil 8.36 : R ₂ ilişkisindeki check_packet() fonksiyonu.....	146
Şekil 8.37 : R ₂ fonksiyonlarının etkileşimi ve servis yapısı.....	147

Şekil 8.38 : R ₄ ilişkisi için geliştirilen create_Message() fonksiyonu.....	148
Şekil 8.39 : R ₄ ilişkisi için geliştirilen send_Message() fonksiyonu.....	148
Şekil 8.40 : R ₄ ilişkisi için geliştirilen read_Message() fonksiyonu	149
Şekil 8.41 : R ₄ ilişkisi için geliştirilen process_Message() fonksiyonu	149
Şekil 8.42 : R ₄ ilişkisi için geliştirilen check_MngStatus() fonksiyonu.....	150
Şekil 8.43 : R ₄ fonksiyonlarının etkileşimi ve servis yapısı.....	150
Şekil 8.44 : İşlem yöneticilerinin genel işleyiş şeması.....	152
Şekil 8.45 : Örnek bir MMP mesajının ham veri şekli.....	153
Şekil 8.46 : Örnek bir MMP mesajının işlenmiş veri şekli	153
Şekil 8.47 : Örnek MMP mesajının komuta dönüşmüş şekli.....	154
Şekil 9.1 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için anlatılan konu başlıkları.....	155
Şekil 9.2 : CN için modüler çözüm yaklaşımı	156
Şekil 9.3 : PCN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri	157
Şekil 9.4 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için PCN genel yapısı	158
Şekil 9.5 : CCN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri	159
Şekil 9.6 : Microsoft Internet Explorer tarayıcısı örnek ekran görüntüsü.....	159
Şekil 9.7 : Mozilla Firefox tarayıcısı örnek ekran görüntüsü.....	160
Şekil 9.8 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için CCN genel yapısı	160
Şekil 9.9 : ACN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri.....	161
Şekil 9.10 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için ACN genel yapısı.....	162
Şekil 9.11 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için erişim ortamı	163
Şekil 9.12 : WiNetworks WiN7000 serisi baz istasyonu ve sahaya monte edilmiş halı.....	164
Şekil 9.13 : WiN7000 baz istasyonu için kullanıcı web arayüzü	164
Şekil 9.14 : AWB PC200 WiMAX PCMCIA kart ve US210 WiMAX USB adaptör.....	165
Şekil 9.15 : .NET Framework'ün yapısı.....	166
Şekil 9.16 : PDA simülatörü üzerinde geliştirilmiş örnek bir uygulama görüntüsü [131].....	167

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 : Kızılötesi teknolojisinin avantaj ve dezavantajları	24
Tablo 3.2 : Kablosuz İletişim Teknolojilerini Sınıflandırılması	35
Tablo 3.3 : HomeRF'in Genel Teknik Özellikleri	37
Tablo 3.4 : Bluetooth'un genel teknik özellikleri	38
Tablo 3.5 : ZigBee Teknolojisinin Karşılaştırmalı Özellikleri	43
Tablo 3.6 : IEEE 802.11 a/b/g/n standartları ve genel özellikleri [67,97,98].....	45
Tablo 3.7 : IEEE 802.11x standartları ve genel işlevleri [96].....	46
Tablo 3.8 : HiperLAN ₂ ile 802.11a standardının karşılaştırması	47
Tablo 4.1 : Literatürdeki biyomedikal çalışmalar [124]	61
Tablo 4.2 : Elde edilen verilerin niteliği bakımından biyomedikal çalışmalar [124].....	61
Tablo 5.1 : Hasta merkezli, dış merkezli ve hibrid model karşılaştırması	68
Tablo 6.1 : TCP/IP Katmanları, katmanların açıklamaları ve tanımlı protokoller.....	74
Tablo 7.1 : 4 Katmanlı çözüm için tanımlı görev ve birimler.....	96
Tablo 7.2 : Modelin katmansal elemanları arasındaki ilişkiler	101
Tablo 8.1 : Model kavramlarının medikal ağlardaki uygulama karşılığı.....	106
Tablo 8.2 : MCP adresleme hiyerarşisi	129
Tablo 8.3 : MMP süreçleri ve süreç komutları.....	138
Tablo 8.4 : MMP süreç bağımlılıkları.....	139
Tablo 8.5 : R ₆ ilişkisi kapsamında gerçekleştirilen MMP süreçleri ve komutları.....	152
Tablo 10.1 : Literatürdeki benzer çalışmaların karşılaştırılması.....	169

EKLER LİSTESİ

- Ek-1 : WiNetworks WiN7000 Kompakt Baz İstasyonu için Teknik Bilgiler
Ek-2 : AWB PC200 WiMAX 802.16e PCMCIA kart için Teknik Bilgiler
Ek-3 : AWB US210 WiMAX 802.16e USB Adaptör için Teknik Bilgiler

SİMGELER LİSTESİ

- N : Aktarılmak istenen paket sayısı (Bölüm 3.7)
- t_p : Bir ses veya görüntü paketinin oluşturulup gönderilmeye hazır hale getirilmesi için geçen süre (Bölüm 3.7)
- t_N : N adet pakaeti aktarmak için geçen toplam süre (Bölüm 3.7)
- λ : Radyo sinyalinin dalga boyu

KISALTMALAR LİSTESİ

3G	: Third Generation	Üçüncü Jenerasyon
4G	: Fourth Generation	Dördüncü Jenerasyon
ACN	: Administrative Communication Node	Yönetim İletişim Düğümü
ACS	: Application Communication Module	Uygulama İletişim Modülü
ADC	: Analog Digital Converter	Analog Dijital Çevirici
AMM	: Administration Management Module	Merkezi Yönetim Modülü
AP	: Access Point	Erişim Noktası
ARPA	: Advanced Research Projects Agency	İleri Araştırma Projeleri Ajansı
ARPANET	: Advanced Research Projects Agency Network	İleri Araştırma Projeleri Ajansı Ağı
ASP	: Active Server Pages	Aktif Sunucu Sayfaları
ASPX	: Active Server Pages Extended	Genişletilmiş Aktif Sunucu Sayfaları
BAN	: Body Area Network	Vücut Alan Ağı
BR	: Basic Rate	Temel Seviye
BS	: Base Station	Baz İstasyonu
BSS	: Basic Service Set	Temel Servis Seti
CCITT	: Consultative Committee of International Telephony and Telegraphy	Uluslar arası Telefon ve Telgraf Danışma Kurulu
CCN	: Client Communication Node	İstemci İletişim Düğümü
CDMA	: Code Division Multiple Access	Kod Bölmeli Çoklu Erişim
CLR	: Common Language Runtime	Ortak Dil Çalışması
CMM	: Client Management Module	İstemci Yönetim Modülü
CN	: Communication Node	İletişim Düğümü
CSMA/CA	: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance	Çarpışmadan Kaçınmalı Taşıyıcıyı Dinleyen Çoklu Erişim
CSMA/CD	: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection	Çarpışma Algılamalı Taşıyıcıyı Dinleyen Çoklu Erişim
CU	: Communicate Unit	İletişim Birimi
DBM	: Database Module	Veritabanı Modülü
DBMS	: Database Management System	Veritabanı Yönetim Sistemi
DC	: Data Collector	Veri Toplayıcı
DDCMP	: Digital Data Communication Message Protocol	Dijital Veri İletişim Mesajlaşma Protokolü
DEC	: Digital Equipment Corporation	Digital Equipment Şirketi
DHCP	: Dynamic Host Configuration Protocol	Dinamik Host Konfigürasyon Protokolü

DLE	: Data Link Espace	Veri Bağlantı Kaçışı
DP	: Data Presenter	Veri Sunucu
DPM	: Dynamic Power Mangement	Dinamik Güç Yönetimi
DQ	: Data Querier	Veri Sorgulayıcı
DSP	: Digital Signal Processor	Dijital Sinyal İşlemci
DSSS	: Direct Squence Spread Spectrum	Düz Sıralı Dağınık Spektrum
DS-UWB	: Direct Sequenced - Ultra Wide Band	Doğrudan Dizili Ultra Genişband
DT	: Data Transporter	Veri Aktarıcı
DU	: Data Unit	Veri Birimi
DVS	: Dynamic Voltage Scaling	Dinamik Gerilim Ölçekleme
ECG	: Electrocardiograph	Elektrokardiyograf
EDGE	: Enhanced Data rates for GSM Evolution	GSM Gelişimi için Arttırılmış Veri Hızları
EDR	: Enhanced Data Rate	Geliştirilmiş Veri Seviyesi
ESS	: Extended Service Set	Geliştirilmiş Servis Seti
ETSI	: European Telecommunications Standarts Institute	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü
ETX	: End Text	Son Ayırıcı
FBWA	: Fixed Broadband Wireless Access	Sabit Genişband Kablosuz Erişim
FCC	: Federal Communications Commission	Federal İletişim Komisyonu
FDD	: Frequency Divison Duplex	Frekans Bölmeli Çoklama
FFD	: Full Functional Device	Tam Fonksiyonlu Cihaz
FHSS	: Frequency Hopping Spread Spectrum	Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum
FIR	: Fast Infrared	Hızlı Kızılötesi
FM	: Frequency Modulation	Frekans Modülasyonu
FTP	: File Transfer Protocol	Dosya Aktarım Protokolü
FTSC	: Federal Telecommunication Standart Committe	Federal Telekomünikasyon Satandartları Komitesi
GFSK	: Gaussian Frequency Shift Keying	Gausyan Frekans Tersleme Anahtarlama
GPRS	: General Packet Radio Service	Genel Paket Radyo Servisi
GPS	: Global Positioning System	Küresel Yer Bulma Sistemi
GSM	: Global System for Mobile Communications	Mobil İletişim için Küresel Sistem
GUI	: Graphical User İnterface	Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
HDLC	: High Level Data Link Control	Yüksek Seviye Veri Bağlantı Kontrol Protokolü
HiperLAN	: High Performance Radio Lan	Yüksek Performanslı Radyo Ağı

HiperMAN	: Hiper Metropolitan Area Network	Hiper Metropolitan Alan Ağı
HomeRF	: Home Radio Frequency	Ev Radyo Frekansı
HP	: Hewlet Packard	Hewlet Packard'ın kısaltması
HTML	: Hyper Text Markup Language	Hiper Text İşaretleme Dili
IB	: Internet Browser	İnternet Tarayıcı
ICQ	: I Seek You	Seni arıyorum cümlesinin söylenişidir
ID	: Identifier	Tanımlayıcı
IEEE	: Institute of Electrical and Electronics Engineer	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IP	: Internet Protocol	İnternet Protokolü
IPS	: Integrated Positioning System	Entegre Yer Bulma Sistemi
IPTV	: IP Television	IP Televizyonu
IPX	: Internetwork Packet Exchange	Ağlararası Paket Değişimi Protokolü
IPX/SPX	: Internetwork Packet Exchange/ Sequenced Packet Exchange	NetWare yapısı için özel olarak geliştirilmiş protokol kümesinin genel adıdır
IR	: Infrared	Kızılötesi
IRC	: Internet Relay Chat	İnternet Aktarmalı Sohbet
IrDA	: Infrared Data Association	Kızılötesi Veri Birliği
ISA	: Instrument Society of America	Amerikan Enstrüman Topluluğu
ISM	: Industrial Scientific Medical	Endüstriyel, Bilimsel ve Medikal frekans bandı için kullanılır
ISO	: International Organization for Standardization	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
ITU	: International Telecommunication Union	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
LAN	: Local Area Network	Yerel Alan Ağı
LF	: Low Frequency	Düşük Frekans
LFM	: Location Finder Module	Yer Bulma Modülü
LMDS	: Local Multi Point Distribution Service	Yerel Çok Noktadan Dağıtım Hizmeti
LOS	: Line Of Sight	Direkt Görüş Hattı
MAN	: Metropolitan Area Network	Metropolitan Alan Ağı
MCM	: Medical Communication Module	Medikal İletişim Modülü
MCP	: Medical Communication Protocol	Medikal İletişim Protokolü
MEMS	: Micro Electro-Mechanic System	Mikro Elektro-Mekanik Sistem
MIMO	: Multiple Input/Multiple Output	Çoklu Giriş/Çoklu Çıkış
MIR	: Medium Infrared	Orta Hızlı Kızılötesi
MMAC	: Multimedia Mobile Access Communication System	Multimedya Mobil Erişim İletişim Sistemi

MMDS	: Multi Channel Multi Point Distribution Service	Çok Kanallı Çok Noktadan Dağıtım Hizmeti
MMP	: Medical Management Protocol	Medikal Yönetim Protokolü
MS	: Mobile Station	Mobil İstasyon
MU	: Management Unit	Yönetim Birimi
NAT	: Node Adress Table	Düğüm Adres Tablosu
NBC	: Nuclear, Biologic, Chemical	Nükleer, Biyolojik, Kimyasal
NIST	: National Instute of Science and Technology	Ulusal Bilim ve Teknoloji Enstitüsü
NLOS	: Non Line Of Sight	Endirekt Görüş Hattı
OFDM	: Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Ortogonal Frekans Bölmeli Çoklama
OOK	: On/Off Keying	Aç/Kapa Anahtarlama
OSI	: Open Systems Interconnection	Açık Sistemlerin Arabağlaşımı (ISO tarafından geliştirilen iletişim modeli)
PAM	: Pulse Amplitude Modulation	Darbe Genlik Modülasyonu
PAN	: Personal Area Network	Kişisel Alan Ağı
PCE	: Patient Communication Equipment	Hasta İletişim Cihazı
PCMCIA	: Personel Computer Memory Card International Association	Kişisel Bilgisayar Bellek Kartı Uluslararası Birliği
PCN	: Patient Communication Node	Hasta İletişim Düğümü
PDA	: Personal Digital Asistant	Kişisel Dijital Yardımcı
PDU	: Protocol Data Unit	Protokol Veri Birimi
PM	: Procces Manager	Süreç (İşlem) Yönetici
PMM	: Patient Management Module	Hasta Yönetim Modülü
PoE	: Power Over Ethernet	Ethernet Üzerinden Güç
POS	: Personal Operating Space	Kişisel İşletim Alanı
PPM	: Pulse Position Modulation	Darbe Konum Modülasyonu
PSK	: Phase Shift Keying	Faz Tersleme Anahtarlama
PTMP	: Point To Multi Point	Noktadan Çok Noktaya
QoS	: Quality of Service	Hizmet Kalitesi
RF	: Radio Frequency	Radio Frekansı
RFD	: Reduced Functional Device	İndirgenmiş (Düşük) Fonksiyonlu Cihaz
Rx	: Reciever	Alıcı
SCM	: Sensor Control Module	Sensör Kontrol Modülü
SDLC	: Synchronous Data Link Control	Eşzamanlı Veri Bağlantı Kontrol
SIR	: Serial Infrared	Seri Kızılötesi

SP	: Service Provider	Servis Sağlayıcı
SPX	: Sequenced Packet Exchange	Sıralı Paket Değişimi
SQL	: Structured Query Language	Yapısal Sorgulama Dili
SSID	: Service Set Identifier	Servis Seti Tanımlayıcısı
SSP	: Single Shot Process	Tek Atımlık Süreç
STA	: Station	İstasyon
STX	: Start Text	Başlangıç Ayırıcı
TCP	: Transmission Control Protocol	Aktarım Kontrol Protokolü
TCP/IP	: Transmission Control Protocol/Internet Protocol	İnternet altyapısının kullandığı protokol kümesine verilen genel ad
TDD	: Time Divison Duplex	Zaman Bölmeli Çoklama
Tx	: Transmitter	Gönderici
UFIR	: Ultra Fast Infrared	Ultra Hızlı Kızılötesi
UHF	: Ultra High Frequency	Ultra Yüksek Frekans
UI	: User Interface	Kullanıcı Ara Yüzü
UMTS	: Universal Mobile Telephone System	Evrensel Mobil Telefon Sistemi
USB	: Universal Serial Bus	Evrensel Seri Veriyolu
UWB	: Ultra Wide Band	Ultra Geniş Band
VFIR	: Very Fast Infrared	Çok Hızlı Kızılötesi
VHF	: Very High Frequency	Çok Yüksek Frekans
VLf	: Very Low Frequency	Çok Düşük Frekans
WAN	: Wide Area Network	Geniş Alan Ağı
WBAN	: Wireless Body Area Network	Kablosuz Vücut Alan Ağı
WCDMA	: Wideband Code Division Multiple Access	Genişband Kod Bölmeli Çoklu Erişim
WG	: Working Group	Çalışma Grubu
WiBro	: Wireless Broadband	Kablosuz Genişband
Wi-Fi	: Wireless Fidelity	Kablosuz Bağlılık
WiMAX	: Worldwide Interoperability for Microwave Access	Mikrodalga Erişimi için Evrensel Uyumluluk
WLAN	: Wireless Local Area Network	Kablosuz Yerel Alan Ağı
WMAN	: Wireless Metropolitan Area Network	Kablosuz Metropolitan Alan Ağı
WPAN	: Wireless Personal Area Network	Kablosuz Kişisel Alan Ağı
WSN	: Wireless Sensor Network	Kablosuz Sensör Ağı
WWAN	: Wireless Wide Area Network	Kablosuz Geniş Alan Ağı
XML	: Extensible Markup Language	Genişletilebilir İşaretleme Dili

ÖZET

DOKTORA TEZİ

WIMAX/IEEE 802.16 AĞLARI ÜZERİNDEN WEB TABANLI BİO-TELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN PROTOKOL TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Musa ÇIBUK

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2009, Sayfa: 185

Bu tez çalışmasında, öncelikli olarak ilk aşamada, telemetri uygulamalarına yönelik etkin ve yeni bir iletişim modeli geliştirilerek ortaya konmuş ve daha sonra geliştirilen bu modelin özelinde medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları için örnek bir çözüm yaklaşımı sergilenmiştir. Daha sonra model ve çözüm yaklaşım içerisindeki her bir kavram, modül ve ilişki detaylarıyla açıklanmıştır. Ayrıca ortaya konulan bu model ve çözüm yaklaşımı ışığında biyotelemetrik sistemler arası haberleşme için etkin bir protokol kümesinin tasarımı da yapılmıştır.

Tezin sonraki aşamasında, geliştirilen model, çözüm yaklaşımı ve protokoller kullanılarak, WiMAX kablosuz ağları üzerinden web tabanlı bir biyotelemetri uygulaması gerçekleştirilmiş ve geliştirilen sistemin internet üzerinden yönetilmesi ve izlenmesi sağlanmıştır. Sistemin geliştirilmesi aşamasında modüller ve yapılar detaylarıyla ortaya konmuştur. Son olarak yapılan bu çalışmanın literatürdeki benzer çalışmalarla bir karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İletişim Modeli, Protokol Tasarımı, Biyotelemetri, Medikal Ağlar, Teletıp, Sağlık Takip, Kablosuz İletişim, WiMAX.

ABSTRACT

PHD THESIS

PROTOCOL DESIGN AND IMPLEMENTING FOR WEB BASED BIO-TELEMETRY APPLICATIONS VIA WIMAX/IEEE802.16 NETWORKS.

Musa ÇIBUK

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering

2009, Pages: 185

In this thesis, firstly a new effective communication model for telemetry applications has been developed, then the developed model has been applied on medical networks for a solution approach. After that, each concept, module and relationship in the solution approach has been given in detail. In addition new efficient set of protocols has been designed by using developed model and the introduced solution approach.

In the next stage of the thesis, a web based bio-telemetry application for ViMAX wireless networks has been implemented by using the developed model, the solution approach and the designed protocols. For the implemented system, a new tool has also be written for managing, and monitoring the system. Each step in the thesis has been given in detail in the related chapters. Finally, the introduced system has been compared with similar systems in the literature.

Keywords: Communucation Model, Protocol Design, Bio-telemetry, Medical Networks, Telemedicine, Health Monitoring, Wireless Communication, WiMAX

1 GİRİŞ

Yaşadığımız dünyada toplum ve toplumsal hayatın en önemli unsuru insandır. Siyaset, hukuk, din ve daha pek çok sosyal ve bilimsel olgunun temelinde “Herşey insan içindir” felsefesinin olduğu görülür [1-5]. Teknolojinin çevre ve insanoğlunun hizmetinde kullanılmasının özünde de bu gaye vardır. Bu fikirden hareketle her zaman için insanların, bedensel ve ruhsal olarak sağlıklı olmaları, mutlu ve refah içinde yaşamaları amaçlanır. İşte bu noktada insan sağlığı en önemli konulardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde, çok sayıda hastalığa çare olabilecek veya insan ömrünü uzatabilecek, yaşam kalitesini arttırabilecek pek çok gelişme yaşanmaktadır. Bunlar birtakım maliyetleri de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle dünya üzerindeki tüm toplumlar ve devletler kendi bireylerinin sağlığı için her yıl çok ciddi miktarlarda yatırımlar yapmaktadırlar. Dünya genelinde 2004 yılında sağlık harcamaları 4.1 trilyon ABD \$’ı seviyesinde olmuştur. Bu durumun başlıca nedeni; dünya nüfusunun, özellikle de gelişmiş ülkelerde nüfusun giderek yaşlanmasıdır. Bir diğer neden de kalp, akciğer ve kanser gibi kronik kabul edilen hastalıklardaki artış sayılabilir. Kronik hastalıklar daha fazla takip ve harcama gerektirdiğinden önümüzdeki yıllarda tüm bu gelişmelerin devam etmesi ve sağlık harcamalarının giderek artması beklenmektedir [6].

Sağlık ekonomisi, sağlık sektöründeki kaynakların en etkin ve akılcı bir şekilde kullanımını amaçlar [7,8]. Sağlık ekonomisi alanında, daha iyi hizmet ve kaynakların etkin kullanımı için geliştirilen teletıp teknolojileri, giderek daha çok önem kazanmaktadır. Bir doktor için, hastasının yaşamsal durumu hakkında daha çok bilgi edinmesi, onu sürekli gözlem altında tutabilmesi ve gerektiğinde müdahale edebilmesi çok önemlidir. Böylece doktor, teşhis ve tedavi süreçlerinde daha doğru kararlar verebilir ve gerektiğinde hızlı ve etkili müdahalelerde bulunabilir. İşte bu noktada medikal ağlar en etkin çözüm yollarından biri olarak karşımıza çıkar. Bu ağlar sayesinde sağlıkçılar, herhangi bir yerden hastalarını gözlemleme, elde ettikleri verileri karşılaştırma ve yorumlama yoluyla müdahalelerde daha etkin kararlar alabilmektedirler. Böylece pek çok insanın sağlık ve yaşam kalitesi yükseltilmiş olmaktadır. Bu ağların diğer bir faydası da sağlık ekonomisi açısından bakıldığında kaynakların daha verimli kullanılmasına yardımcı olmalarıdır.

Medikal ağlar, bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin sağlık alanına uygulanması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu ağların en önemli işlevi sağlık çalışanlarının hastalarını uzaktan gözlemleyebilmesine olanak sunmasıdır. Bu durum literatürde biyotelemetri olarak adlandırılır. Biyotelemetri kavramı kısaca uzak mesafelerden herhangi bir hastaya ait yaşamsal verilerin

başka bir noktadaki sağlık çalışanları tarafından gözlenmesi olarak tanımlanır. Biyoteleometri sayesinde kablosuz ağlar ya da radyo linkleri üzerinde hasta üzerindeki cihazlara birtakım komutlar göndermek, hastanın durumu hakkında merkeze bilgi iletmek, hasta ile merkez arasında bilgi alışverişinde bulunmak mümkündür. Bu uygulamalar günümüzde pek çok araştırmaya konu olmuştur. Özellikle hastaların yaşam kalitesi artırmak ve sağlıkçılar içinde hızlı ve yerinde müdahale imkanı sağlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Hastaların yaşam kalitesini arttırmak adına onları mümkün olduğunca hastane ortamından uzak tutmak ve onları kendi sosyal çevreleri içerisinde gözlemleyip tedavi etme yollarını bulmak için bilgi ve iletişim teknolojilerinden sıklıkla yararlanılmaktadır.

Biyoteleometri ve medikal ağlar konusundaki çalışmalara bakıldığında karşımıza çok geniş bir yelpaze çıkar. Bu çalışmalara AMON [9], SMART [10], CodeBlue [11], UbiMon [12], PPMIM [13], MobiCare [17], AGnES [18], Bi-Fi [20], Alarm-Net [22], AID-N [23], CustoMed [24], MobiHealth [25] ve PadNET [26] örnek olarak verilebilir. Kimi çalışmalar sorunun sadece belli bir noktasına odaklanırken bazılarında olaya bir bütün olarak yaklaşıp çözüm üretmeye çalışmıştır. Çalışmalarda araştırılan konuların, mevcut bilgi ve iletişim teknolojilerinin biyoteleometri ve teletıp alanına uyarlanması veya tamamen yeni fikirlerin ortaya konarak uygulanması şeklinde olduğunu görülmüştür. Esas alınan temel noktalar ise hastaların yaşamsal bilgilerinin hızlı ve doğru bir şekilde sağlık merkezlerine iletilmesi ve hastaların yaşamsal kalitelerinin yükseltilerek hastaneden bağımsız olmalarını sağlamak üzerinedir.

Hastaların yaşamsal kaliteleri için yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle yaşamsal verilerin takip edilmesinde kullanılan sensör ve cihazların, hastaları rahatsız etmeyen ve üzerlerinde kolayca taşınabilecek minyatürize tasarımlar üzerine yoğunlaşıldığı görülmüştür. Bir diğer araştırma alanı da bu cihazların mümkün mertebe uzun süre sorunsuz çalışmaları için bir takım geliştirmeler ve güç yönetimi konuları üzerinedir.

Biyoteleometri ve teletıp alanındaki literatür çalışmalarının bir diğer yönü de hastalar üzerinde okunan yaşamsal bilgilerin hızlı ve doğru bir şekilde, kesintiye uğramaksızın, hastayı sosyal ortamında fazla kısıtlamadan yapabilecek çözümler üzerinedir. Bu çalışmalarda kullanılan bilgi ve iletişim teknolojileri daha çok ön plana çıkmaktadır. Özellikle son yıllarda hayatımızın her alanına giren kablosuz haberleşme teknolojileri biyoteleometri alanında da sıklıkla kullanılmaya başlanmış ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapıldığı görülmüştür.

Hareketli (mobil) kişiler ele alındığında biyoteleometri sistemleri genelde Wi-Fi, Bluetooth veya ZigBee ağlarından faydalanır. Ancak bu ağların geniş kapsama alanının olmaması nedeni ile çok daha geniş bir kapsama alanına sahip WiMAX teknolojisinin yaygınlaşacağı açıktır.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), IEEE'nin 802.16 kablosuz iletişim standardı şartnamesine dayanan yeni bir standarttır. Wi-Fi olarak da adlandırılan 802.11 grubu standardına göre çok daha hızlı ve geniş alanlarda hizmet vermektedir. WiMAX, 50 km'lik bir alanda 70 Mbps hızında iletişim imkanı sunmaktadır. Böylece bu teknolojinin biyotelemedri alanında kullanılması ve uygulanması halinde sosyal yaşamları içerisinde hastaların daha da rahat edebilmeleri sağlanmış olacaktır.

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde biyotelemedri uygulamaları ve medikal ağlar için genel bir yaklaşım sergileyen modellerle karşılaşılmmıştır. Çalışmalarda genellikle kendilerine has özel çözümler ve yaklaşımlar sergilenmiştir. Bu noktada bilimsel literatürde telemedri uygulamaları için etkin bir model ve çözüm yaklaşımına ihtiyaç olduğu görülmüştür. Çözüm için ortaya konulacak olan model ve yaklaşımlar, hem mevcut çözümlerle birlikte çalışabilecek hem de biyotelemedri uygulamalarının önemli bir parçası olan kablosuz ağları ve bu ağlardaki yeni teknolojileri kapsayabilecek yapıda olmalıdır.

Bu tez çalışmasında; yeni ve gelişmiş bir kablosuz teknoloji olan WiMAX ağlarını kullanarak web tabanlı bir biyotelemedri sisteminin gerçekleştirilmesi, gerçekleştirilen bu sistemin internet üzerinden yönetilmesi ve izlenmesini sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca bilimsel açıdan medikal ağlar ve biyotelemedri uygulamalarına referans olabilecek bir model ve buna yönelik olarak, sistemler arası haberleşme için etkin bir protokol kümesinin tasarımı da hedeflenmiştir.

Bu tez çalışması on bölümden oluşmaktadır. Tezin ilk bölümü giriş bölümü olup bu bölümde tezin genel yaklaşımları literatürdeki yeri, tezin amacı ve ileride ele alınan konuların neler olduğundan bahsedilmektedir.

İkinci bölümde, haberleşme ve bilgisayar ağları kavramları üzerinde durulacak, bu konulardaki temel ilkeler anlatılarak bu alanlardaki sınıflandırmalar ortaya konulacaktır.

Üçüncü bölümde, kablosuz ağlar konusu anlatılacaktır. Kablosuz olarak bilgilerin nasıl iletildiği, kablosuz ağlarla ilgili temel kavramlar ve bu alandaki teknolojilerin neler olduğuna değinilecektir. Ayrıca haberleşme konusu özeline inilerek tez çalışmasına dayanak olabilecek kablosuz haberleşme teknikleri ve teknolojileri üzerinde durulacaktır.

Dördüncü bölümde, kablosuz sensör ağlar konusu ele alınacaktır. Bölüm 4'te sensörlerin yapısı, kalosuz sensör ağlar ve sensörler aracılığı ile yapılan telemedri konuları anlatılacak, daha sonra biyotelemedri ve medikal ağ kavramları üzerinde durulacaktır.

Beşinci bölümde, medikal ağlar konusu anlatılacaktır. Medikal ağ kavramı, medikal ağların yapısı, kullanılan teknolojiler ve medikal ağlardaki iletişim konuları üzerinde durulacak ve bu tez çalışmasında yapılan uygulamaya uygun bir sınıflandırma ortaya konulacaktır.

Altıncı bölümde, web tabanlı biyotelemetri uygulamaları için tasarlanacak olan yeni model ve protokoller için uyulması gereken temel ilke ve yaklaşımların neler olacağı okuyucuya aktarılmaya çalışılacaktır.

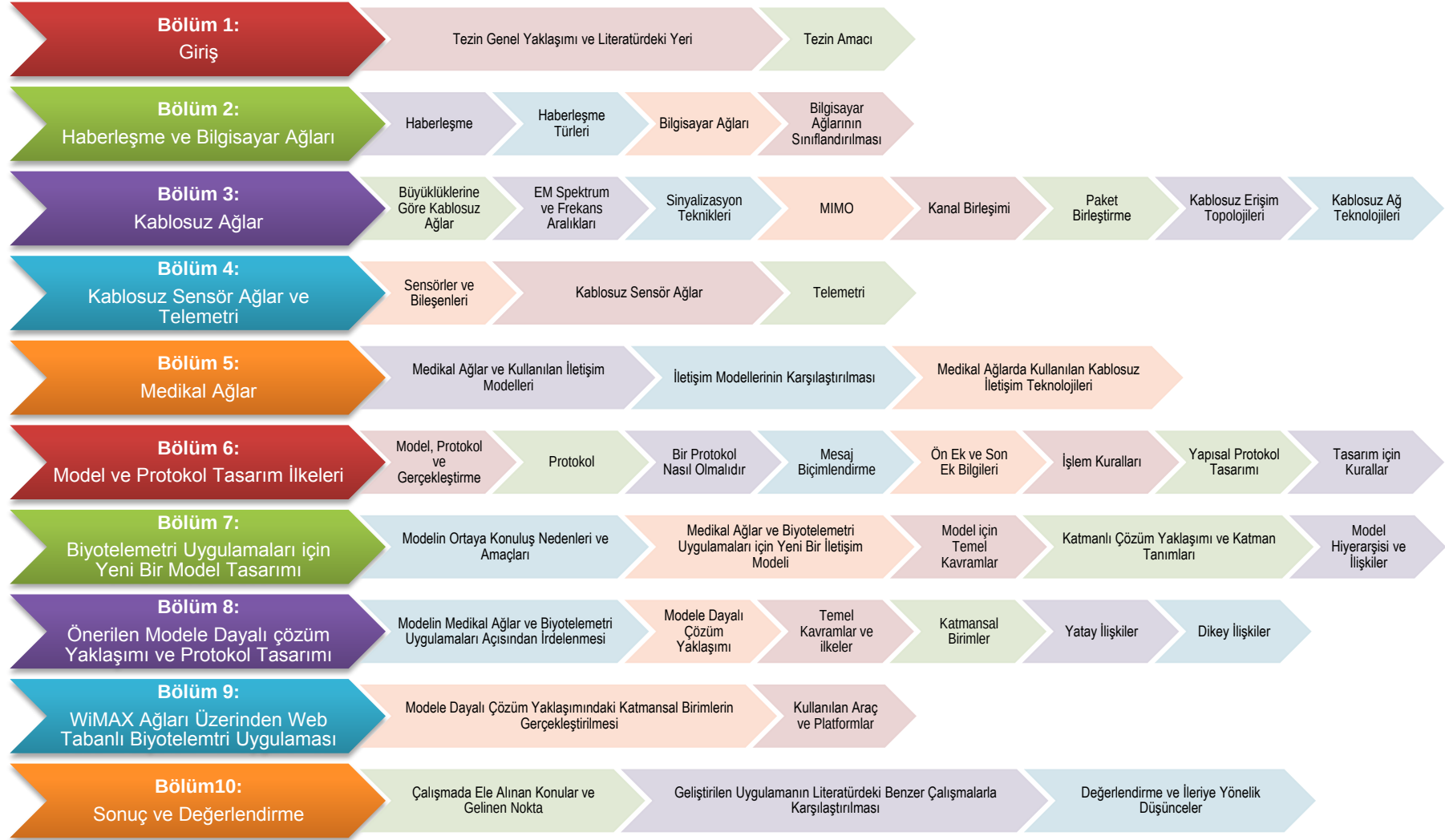
Yedinci bölümünde, tez çalışmasının esas amacı olan biyotelemetri uygulamaları için yeni bir uygulama modeli geliştirilerek modelin esasları ortaya konulacaktır. Modelin ortaya atılma amaçları açıklanarak, neden böyle bir modele ihtiyaç duyulduğu konusunun daha net anlaşılmasına çalışılacaktır. Daha sonra ortaya konulan yeni modelin temel kavram ve ilkeleri tartışılarak geliştirilen kavramsal yapılar ve bunlar arasındaki bilgi akış ve kontrol ilişkilerinin nasıl olduğu ortaya konulacaktır.

Sekizinci bölümde, bölüm 7’de önerilen model, medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları açısından irdelenerek önerilen yeni modele dayalı çözüm yaklaşımının nasıl olacağı açıklanacaktır. Öncelikle modelin tanımladığı temel birim ve ilişkiler bu bölümdeki çözüm yaklaşımı ile özelleştirilerek, katmamsal modüllerin bileşenleri, bu bileşenlerin iç yapısı ve işleyişleri detaylı bir şekilde açıklanacak, daha sonra modelin tanımladığı ilişkiler ve bu ilişkileri sağlayan uygulama protokolleri tasarlanarak bunların iç işleyişleri ayrıntıları ortaya konulacaktır.

Dokuzuncu bölümde, tezin nihai amacı olan web tabanlı biyotelemetri uygulamasının gerçekleştirilmesi ele alınacaktır. Öncelikle çözüm yaklaşımında ortaya konulan katmamsal birimler ve protokolleri kullanılarak nasıl gerçekleştirileceklerine dair bilgiler verilecek ve daha sonra bunların gerçekleştirilmesi için kullanılan araç ve platformların tanıtımı yapılacaktır. Son olarak uygulamanın gerçekleştirilmesi konusu anlatılacaktır.

Onuncu ve son bölümde, yapılan çalışmaların literatürdeki mevcut çalışmalarla bir karşılaştırılması sunularak değerlendirilecek ve gelecekte yapılması düşünülen çalışmalardan bahsedilecektir.

Bu tez çalışmasında ele alınan bölümler ve bölümlerdeki temel konu başlıkları toplu olarak Şekil 1.1’de verilmiştir. Böylece ana hatlarıyla, okuyuculara tez çalışmasının genel bir bakış açısı sağlanmaya çalışılmıştır.

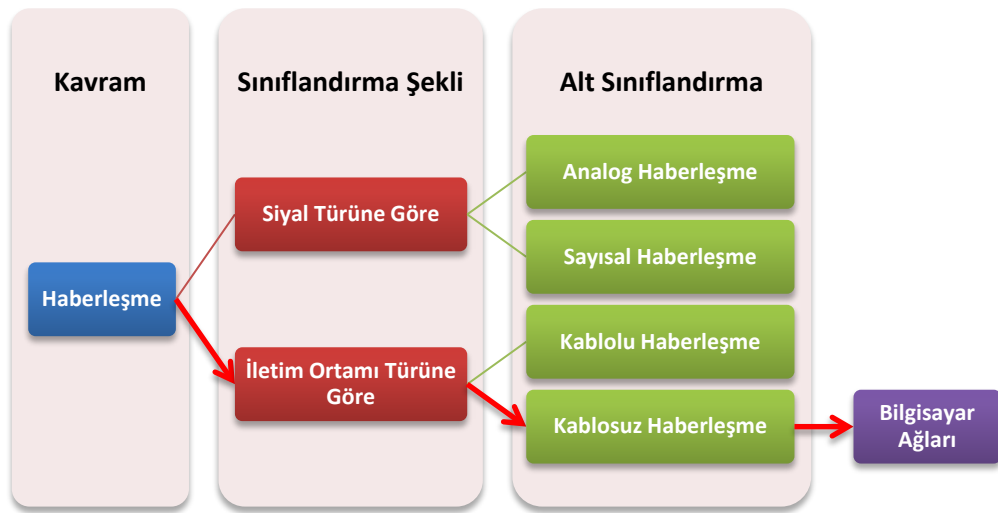


Şekil 1.1 : Tez bölümleri ve konu başlıkları

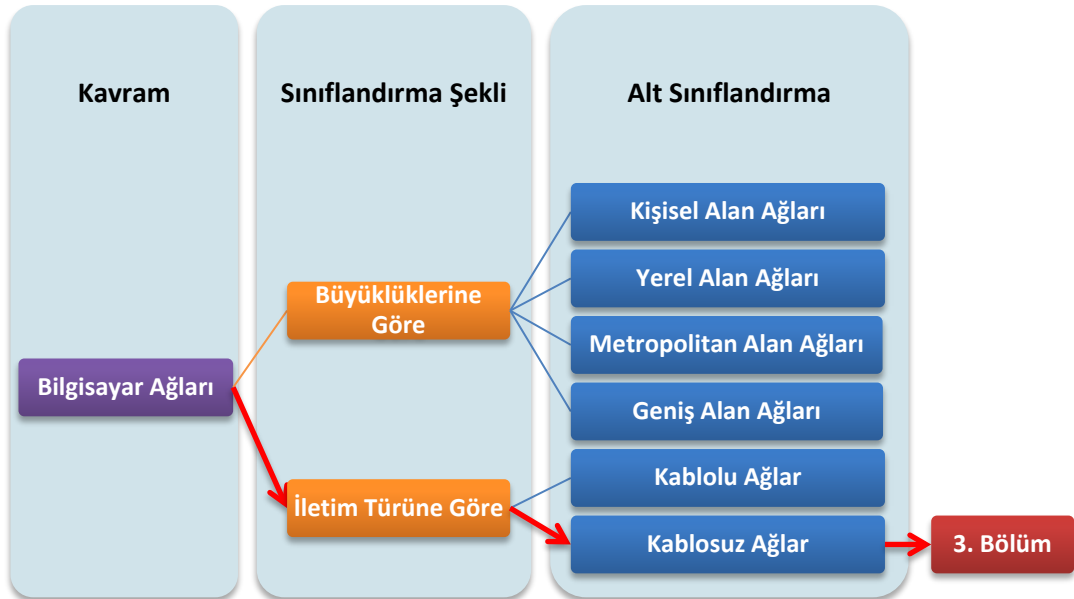
2 HABERLEŞME ve BİLGİSAYAR AĞLARI

2.1 Giriş

Bu bölümünde, haberleşme ve bilgisayar ağları kavramları üzerinde durulmuştur. İlk olarak bu konulardaki temel ilkeler anlatılmış ve daha sonra bu alanlardaki sınıflandırmalar ortaya konulmuştur. Böylece ilerleyen bölümlerde işlenen konuların okuyucular açısından daha anlaşılır olması hedeflenmiştir. Bu bölümde ele alınan haberleşme ve bilgisayar ağları konularının irdelenme ve ilerleyişi Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.1: Haberleşme kavramı ve ele alınan konular



Şekil 2.2 : Bilgisayar Ağları kavramı ve ele alınan konular

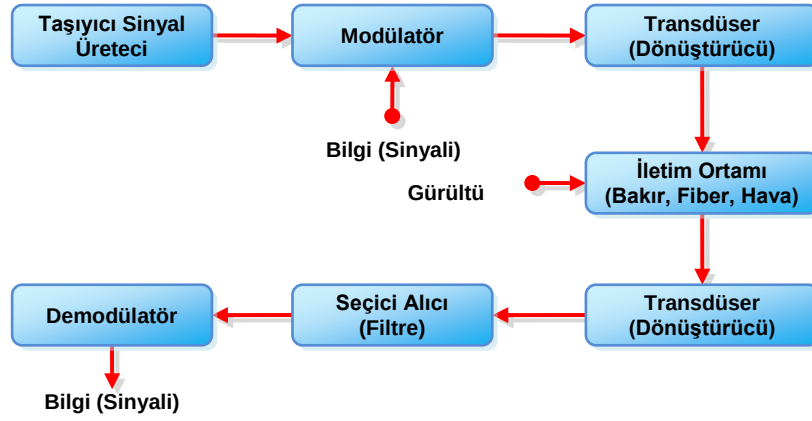
2.2 Haberleşme

Bilgi ve iletişim teknolojileri özellikle son çeyrek yüzyılda olağanüstü gelişmeler göstermiştir. Bu gelişmeler bilgi ve iletişim teknolojilerinin başka alanlardaki bilimsel çalışmaların da vazgeçilmezi konumuna yükselmesine neden olmuştur. Önümüzdeki dönemlerde de bu teknolojilerin, önemini koruyacağı ve daha da gelişeceği tahmin edilmektedir. Özellikle telekomünikasyon alanındaki hızlı gelişmelerin bir sonucu olarak insan hayatında da büyük değişiklikler olmaktadır. Yüksek hızlı ses, veri, video ve çok kanallı sistemler gibi yeni hizmetlerle beraber insanların iletişim olanakları artmıştır.

Haberleşme alanındaki hızlı gelişmeler, toplumların yaşam standartlarını değiştirmiş ve sonuçta insanlığı, endüstri toplumu olmaktan çıkararak bilgi toplumu haline getirmiştir. Bilgi toplumunun ana ilkesi bilginin toplum bireyleri arasında etkin bir şekilde paylaşılmasıdır. Haberleşme, bilginin paylaşımı ve aktarımındaki en kritik kavram olup bilgiyi elektriksel yollarla göndermeye, almaya ve işlemeye karşılık gelir. Haberleşmenin temel amacı; herhangi bir biçimdeki bilginin zaman ve uzay içinde “kaynak” olarak adlandırılan bir noktadan, “hedef” olarak adlandırılan başka bir noktaya aktarılmasıdır. Hedefe aktarılan bilginin hatasız veya kabul edilebilir sınırlar içerisinde olması istenir [44-50].

Elektriksel anlamda haberleşme ilk olarak 1840’larda bilginin mors kodları kullanılarak iletildiği telgraf ile başlamış ve sesin elektrik sinyalleri olarak iletildiği telefon ile devam etmiştir. İtalyan bilim adamı Guglielmo Marconi 1886 yılında ilk kablosuz telgraf sistemini geliştirmiş ve 12 Aralık 1901’de, İngiltere’deki Cornwall’dan Kanada’ya bağlı Newfoundland’e ilk Atlantik ötesi radyo sinyalini (Mors alfabesinde üç noktadan oluşan S karakterini) göndermeyi başarmıştır. Bu tarihi sinyalle beraber, kablosuz iletişimin de ilk temelleri atılmıştır [51]. Daha sonra radyo, televizyon, radar, bilgisayar ve GSM gibi haberleşme sistemleri insanlığın hizmetine sunulmuş ve günlük yaşantımızın vazgeçilmez birer parçası olmuşlardır. Haberleşme alanı, günümüzde de en yoğun ve dinamik bilimsel çalışma alanlarından birisi olma özelliğini korumaktadır [52].

Bir haberleşme sisteminin temel fonksiyonel bileşenleri Şekil 2.3’te gösterilmiştir. Gösterilen yapıda haberleşme sisteminlerinde karşılaşılan tüm fonksiyonel bileşenler mevcut olmayıp sadece en temel bileşenlere yer verilmiştir.



Şekil 2.3 : Bir haberleşme sisteminin temel bileşenleri

Haberleşme sisteminlerinde ilk önce gönderilecek bilgi sinyali, sinyal üretici tarafından üretilen bilginin, iletim ortamında verimli bir şekilde aktarılabilmesi amacıyla modülör içerisinde uygun karakteristiğe sahip bir taşıyıcı sinyal üzerine bindirilir (modüle edilir). Transdüser (gönderme anteni), modüle edilmiş sinyali, yayıldığı iletim ortamına bağlar. Bu sinyal iletim ortamının karakteristiğine ve (gürültü gibi) harici öğelerin etkilerine bağlı olarak bozulmuş ve zayıflamış bir şekilde alıcıya ulaşır. Buradaki başka bir transdüser (alıcı anten), gelen sinyali seçici alıcıya iletir. Seçici alıcı da, modüle edilmiş taşıyıcı sinyalini filtreden geçirir. Demodülörde ise bilgi sinyalinin taşıyıcıdan ayrılması sağlanarak, bilgi orjinal formuna en yakın bir şekilde elde edilir [52,53]. Modüle edilmiş taşıyıcının band genişliği (frekans tayfı) haberleşme sisteminde iletilen bilgi miktarı ile doğrudan ilgilidir.

2.3 Haberleşme Türleri

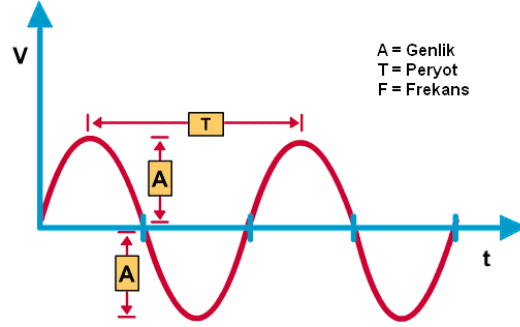
Haberleşme, çok geniş ve kapsamlı bir konudur. Bu bağlamda haberleşmeyi ve bilginin nasıl iletilildiğini iyi kavrayabilmek için sınıflandırmak gerekir. Bu tez çalışmasında yapılan sınıflandırmalar kesin olmayıp güncel gelişmelere göre literatürde alternatif sınıflandırmalarla karşılaştırılması mümkündür. Bu tez çalışmasındaki sınıflandırmalar, sinyal türüne ve iletim ortamı türüne göre iki şekilde ele alınmıştır.

2.3.1 Sinyal Türüne Göre Haberleşme

Sinyal türüne göre sınıflandırma yapılırken temel olarak taşıyıcı sinyalinin formuna bakılır. Haberleşme alanında iki tür sinyal formu söz konusudur. Bunlar Analog ve Sayısal sinyal formlarıdır. Dolayısı ile her bir sinyal türü için bir haberleşme tipi oluşacaktır.

2.3.1.1 Analog Haberleşme

Bazı haberleşme dönüştürücüleri, orijinal bilgi sinyalinin anlık değişimlerini doğrudan takip eden (continuous) elektriksel sinyaller üretirler. Bu tip sinyallere **“Analog Sinyal”** adı verilir. Örneğin, bir mikrofona kendisine uygulanan ses enerjisinin değişimini takip eden bir elektriksel sinyal üretir. Şekil 2.4’de bir analog sinyal ve bu sinyale ait karakteristikler gösterilmiştir.

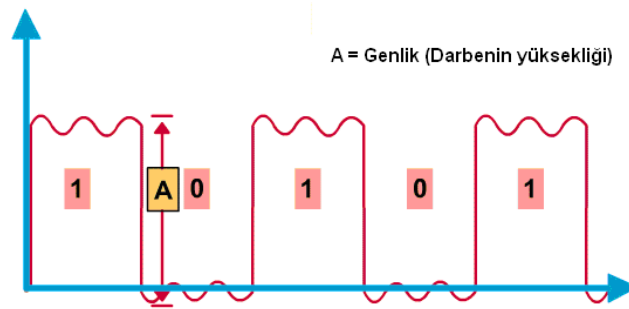


Şekil 2.4 : Analog Sinyal

Taşıyıcı sinyal olarak, Analog sinyallerin kullanılması ile yapılan haberleşmeye **“Analog Haberleşme”** adı verilir.

2.3.1.2 Sayısal Haberleşme

Bazı sistemlerde dönüştürücü, sistemin her iki ucundaki insanlar veya makineler tarafından anlaşılan ve önceden belirlenmiş kod darbeleri veya işaret değişimleri şeklinde (discrete) elektriksel sinyaller üretir. Bu tip sinyallere **“Sayısal (Dijital) Sinyal”** adı verilir. Bilgisayar sistemleri arasındaki haberleşmede kullanılan sinyalizasyon bu türden bir sinyaldir. En yaygın bilinen sayısal sinyaller veri iletişimde de sıkça kullanılan 2 veya 3 durumlu kare dalgalarıdır. Şekil 2.5’te iki durumlu bir sayısal sinyal formu gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : Sayısal (Dijital) Sinyal

Taşıyıcı sinyal olarak Sayısal sinyallerin kullanılması ile yapılan haberleşmeye “**Sayısal (Dijital) Haberleşme**” adı verilir.

Sayısal haberleşmenin analog haberleşmeye göre bir takım üstünlükleri vardır. Bunlardan üstünlüklerden birkaçı;

- Geniş ölçekli entegrasyon ve yarı iletkenler sayesinde çok küçük maliyetli sistemlerin oluşturulabilmesine olanak sağlaması,
- Analog iletimde bir sinyal kuvvetlendirildiğinde gürültü de paralelinde aynı katsayı ile güçlenir. Sinyal birçok yükseltme istasyonundan geçtikçe gürültü ihmal edilemeyecek düzeye çıkabilir. Oysa ki dijital iletimde her yineleyici istasyon darbeleri yeniden üretir. Her yinelemeden sonra temiz (gürültüsüz) darbeler oluşturulabilmesi ve yeni bir temizleme işleminin yer aldığı bir sonraki yineleyiciye gönderilmesi,
- Zaman bölmeli çoğullama (TDM) işlemi ile iletim kapasitelerinin verimli şekilde kullanılabilmesi,
- Şifreleme ve kodlama tekniklerinin dijital sinyallere uygulanması daha kolay ve daha ekonomiktir. Sonuç olarak daha güvenilir haberleşme olanaklarının sunulması

şeklinde sayılabilir [48-51].

2.3.2 İletim Ortamı Türüne Göre Haberleşme

Haberleşmede bilginin iletildiği bir kaynak (source) ve bilginin iletmek istendiği bir hedef (destination)’in yanında kaynak ve hedef arasında bilginin iletildiği bir yayılım ortamı (iletişim kanalı) vardır. Bu ortamlar kimi zaman fiziksel bağlı bir medya (bakır, fiber optik kablo vs.) olabileceği gibi kimi zaman da hava (atmosfer) veya boşluk gibi bağlantısız olabilir. İletim ortamının karakteristik özellikleri haberleşmeyi ve haberleşme bantgenişliğini doğrudan etkileyen bir unsurdur.

Genel olarak ortam türüne göre haberleşme konusu iki sınıfta incelenir. Bunlar;

- Kablolü Haberleşme (Wired Communication)
- Kablosuz Haberleşme (Wireless Communication)

2.3.2.1 Kablolu Haberleşme

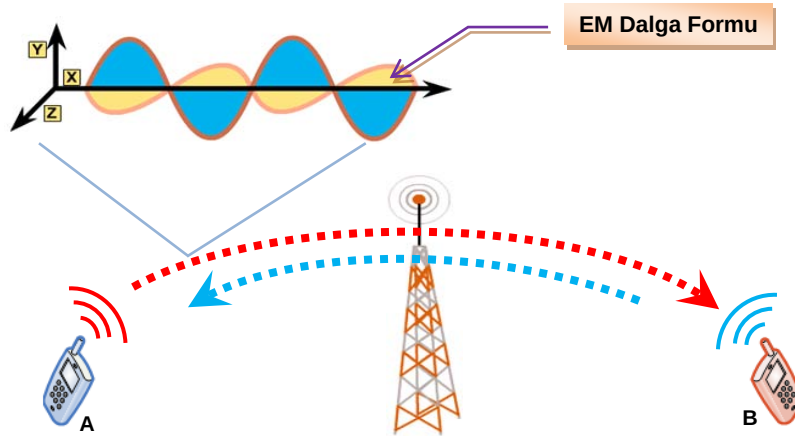
Bilgi iletimi için metal iletken, boşluk tipi dalga klavuzları veya fiber optik kablolardan faydalanılır. İletişim elektromanyetik veya optik dalgalar aracılığıyla bu ortamlar üzerinden gerçekleştirilir. Şekil 2.6’te yaygın olarak kullanılan iletim ortamları gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Kablolu iletim ortamı türleri

2.3.2.2 Kablosuz Haberleşme

Bilgi iletimi için hava veya boşluk’tan faydalanılır. İletişim elektromanyetik dalgalar şeklinde bu ortamlar üzerinden gerçekleştirilir. Kablosuz ortam, kullanıcılara bağlanabilirlikten ödün vermeden hareket etme kabiliyeti sağlar. Konum kısıtlamalarını ortadan kaldırdığı için iletişim unsurları fiilen herhangi bir yerde olabilir. Şekil 2.7’de kablosuz iletişim modeli gösterilmiştir.



Şekil 2.7 : Kablosuz iletişim ve elektromanyetik dalga formu

2.4 Bilgisayar Ağları

Ağ (Network), çok sayıda canlı veya cansız varlığın bir amaç doğrultusunda bir araya gelmesi ve birbirileri ile etkileşimleri sonucu oluşan sistemler bütünüdür. Günlük hayatta çevremizde çok farklı türlerde ağ mevcuttur. Örneğin; insan vücudunda yer alan ağlara örnek olarak sinir sistemi, kalp damar sistemi ve sindirim sistemini gösterilebilir. Öte yandan çevremizde karşılaşılabilecek ağlar da vardır. Şehir içme suyu şebekesi, telefon şebekesi, kara, deniz ve havayolları taşıma sistemleri vb. gibi.



Şekil 2.8 : Bilgisayar Ağı (Internet)

Şekil 2.8’de gösterilen “Bilgisayar Ağı (Computer Network)”, iki yada daha çok bilgisayarın biri birine belirli kurallar çerçevesinde kablolu veya kablosuz olarak bağlanması sonucu meydana gelen sisteme denir. Bilgisayar Ağı içindeki bilgisayarlar birbiriyle iletişim kurabilirler ve veri alış-verişinde bulunabilirler.

Bilgisayar Ağları, bilgisayarlar arasında veri paylaşma ihtiyacının bir sonucu olarak doğmuştur. Başka bir deyişle Bilgisayar Ağları kavramı, var olan kaynakların kullanıcılar tarafından beraber kullanılması, bilgiye ortak ulaşmaları ve buna bağlı olarak da maliyet ve zaman tasarrufu sağlanması gereksiniminden ortaya çıkmıştır. Bu temel kuraldan hareketle oluşan ağlar günümüzde uzaktaki bilgiye erişim (Web), kişisel iletişim (E-mail, ICQ, IRC, Video-konferans), interaktif eğlence (Web-TV, oyunlar) uzaktan kontrol ve telemetri gibi kavramlarla hayatımızda önemli bir yer kaplamaktadır.

İlk bilgisayar ağı, Amerikan Savunma Bakanlığı için 1969 yılında İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Advanced Research Projects Agency - ARPA) tarafından geliştirilen ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network)’tir. Bu ağ 1972 yılında bir konferans aracılığıyla kamuoyuna tanıtılmıştır. 1983’te ARPANET, askeri ve sivil iki ağa

ayrılmış ve ortaya çıkan diğer ferdi ağlarla beraber bütünü ifade etmek için “Internet” ismi teklif edilmiştir [52]. Günümüzde en yaygın ve en iyi bilinen bilgisayar ağı Internet’tir.

2.4.1 Bilgisayar Ağlarının Ortaya Çıkış Nedenleri

Bilgisayar ağlarına ihtiyaç duyulmasının temel nedenleri; veri kaynaklarını paylaşmak ve bilgisayarlar arasında iletişim kurmaktır. Veriyi paylaşmak demek, sabit disklerde yer alan klasörlerin ve dosyaların, istenilen pekçok kişi tarafından kullanılmasını sağlamak demektir. İletişim ise kullanıcıların ve diğer elektronik sistemlerin biri birleri ile sesli, yazılı veya görüntülü haberleşmesi anlamındadır. Bilgisayar ağları kullanıcıların değişik dosyaları paylaşmalarını sağlar. Bilgisayar ağlarını kullanmadaki bir diğer adım ise, coğrafik olarak farklı bölgelerdeki sistemlerin iletişim kurmasıdır. Sonuç olarak bilgisayar ağlarına duyulan gereksinimleri şu şekilde listelemek mümkündür. Bunlar;

- Verilerin paylaşımı
- Elektronik Haberleşme
- Çevre birimlerinin paylaşımı
- Uygulamaları ortak kullanmak
- Telemetry ve Uzaktan Kontrol

Ağlarda bilgisayarlar arası veri iletişiminin gerçekleşmesini sağlayan yapılar vardır. Bunlar bilgisayarların ve ağ elemanlarının konumu, birbirileri ile olan iletişimlerini ve çalışma sistemlerini kapsar. Bilgisayar ağlarında kullanılan bu yapılar “Ağ Mimarisi” yada “Ağ Topolojisi” olarak adlandırılır.

2.4.2 Bilgisayar Ağlarında Yerleşim Biçimleri (Ağ Topolojileri)

Topoloji (Yerleşim Biçimi) terimi bilgisayar ağının fiziksel görünümünü, yerleşimini, kablolama ve diğer ağ birimlerini kapsar. Bu nedenle bir bilgisayar ağının tasarımı yapılacağı zaman onun topolojisi belirlenir. Topoloji ile ilgili konular:

- Fiziksel görünüm
- Tasarım
- Diyagram
- Harita

gibi unsurlardır.

Bir bilgisayar ağı'nın topolojisi, onun yapabileceklerini ve çalışma biçimini etkileyen ana özelliğidir. Bu nedenle topolojiler belirlenirken şu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Bilgisayar Ağı'nın gereksinim duyduğu aygıtların tipi
- Aygıtların yetenekleri
- Bilgisayar Ağı'nın büyümesi
- Bilgisayar Ağı'nın yönetilme biçimi

Bir bilgisayar ağı için topoloji biçimine karar vermek, bilgisayar ağını oluşturmak üzere atılan ilk adımdır. Kablolama, kuruluş, işletim ve yönetim büyük ölçüde seçilen yerleşim biçimine bağlıdır [54]. Yerleşim biçimi ayrıca bilgisayar ağı üzerindeki bilgisayarların iletişimini de etkiler. Bu nedenle yerleşim biçimi seçenekleri iyi bir şekilde incelenerek bilgisayar ağı oluşturmaya karar verilmelidir. Bir bilgisayar ağı tasarımı için şu temel yerleşim biçimleri vardır:

- Yol (Bus)
- Yıldız (Star)
- Halka (Ring)
- Örgü (Mesh)
- Hücresel (Cellular)

Yerleşim biçimlerinin bazıları “aktif”, bazıları ise “pasiftir”. Aktif yerleşim biçimlerinde bilgisayar ağı üzerindeki bilgisayarlar, verinin bir bilgisayardan diğerine gönderilmesinde etkendirler ve bu nedenle, eğer bilgisayar ağı üzerindeki bilgisayarlardan birisi çalışmazsa veri iletişimi durur. Pasif iletişim biçiminde ise bilgisayarlar veri iletişimde etken değildirler. Sadece bilgisayar ağı üzerinde dolaşan veriyi dinlerler [53-55].

2.5 Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması

Bilgisayar Ağları kendi içlerinde değişik sınıflandırmalara tabi tutulurlar. Bunlar içerisinde en yaygın olan iki sınıflandırma mevcuttur. Bunlar:

- Ağların hizmet verdikleri alanların büyüklüklerine göre
- Kullanılan erişim ortamına göre

sınıflandırılmaktadır.

2.5.1 Büyüklüklerine Göre Bilgisayar Ağları

Büyüklüklerine göre bilgisayar ağları arasında yapılan sınıflandırmada en önemli kriter hizmet alanına bağlı olarak verinin iletileceği mesafelerdir. Mesafelere bağlı olarak ağlar kendi içlerinde değişik teknolojiler ve teknikler kullanarak özelleşirler. Kısa mesafelerde çoklu ve hızlı veri iletimleri söz konusudur. Uzun mesafelerin beraberinde getirdiği sinyal zayıflaması, gürültü ve kablolu maliyeti gibi etkenler nedeniyle veri iletim hızları düşebilmektedir. Bu da geniş coğrafyalarda daha farklı çözümlere yönelmeyi gerektirmektedir. Sonuç olarak bu durum, büyüklükleri (kapsama mesafeleri) bakımından değişik ağ sınıflarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Buna göre bilgisayar ağları aşağıdaki gibi 4 gruba ayrılır.

2.5.1.1 Kişisel Alan Ağları

Kişisel Alan Ağı (Personel Area Network - PAN), daha çok kişinin kendisini çevreleyen “Kişisel İşletim Alanı (Personal Operating Space - POS)” olarak adlandırılan alan içerisinde kurulan ağlardır. POS kavramı literatürde kişiyi 10m uzaklığa kadar çevreleyen bir alan olarak tanımlanmaktadır [56,57]. Bu tür ağlar ev ya da küçük iş yerlerinde birkaç bilgisayar ve benzeri çevre birimlerinden oluşan ağlardır.

2.5.1.2 Yerel Alan Ağları

Yerel Alan Ağları (Local Area Network - LAN), bir bina, okul, hastane, kampus gibi sınırlı bir coğrafik alanda kurulan ve çok sayıda kişisel bilgisayarın yer aldığı ağlardır. Normalde tek tür erişim ortamına eğilim gösterirler ve genellikle 10km²'lik bir alanı aşmazlar [53-55]. LAN'lar, kamu kurum ve kuruluşlarında, şirketlerde, üniversitelerde, konferans salonlarında ve benzeri pek çok yerde kullanılmaktadır. Bir LAN içinde çok sayıda bilgisayar, yazıcı, çizici, tarayıcı ve diğer bilgisayar çevre birimleri yer alabilir.

2.5.1.3 Metropolitan Alan Ağları

Metropolitan Alan Ağı (Metropolitan Area Network - MAN), bir şehri kapsayacak şekilde yapılandırılmış iletişim ağlarına veya birbirinden uzak yerlerdeki yerel bilgisayar ağlarının (LAN) birbirileri ile bağlanmasıyla oluşturulan ağlara denilmektedir [59]. LAN'lardan daha geniş ağlardır. Metropolitan olarak adlandırılmasının sebebi genelde şehrin bir kısmını veya tamamını kapsamasındandır. Ağa bağlı her bölge arasında tam erişim gerekmediğinden

değişik donanım ve aktarım ortamları kullanılır. MAN'larda genellikle kiralık hatlar veya telefon hatları kullanılmaktadır.

2.5.1.4 Geniş Alan Ağları

Geniş Alan Ağı (Wide Area Network - WAN), bir ülke ya da dünya çapında yüzlerce veya binlerce kilometre mesafeler arasında iletişimi sağlayan ağlara denilmektedir [60]. Aralarında uzun mesafe olan LAN ve MAN'ların birleşmeleriyle meydana gelir. MAN'dan geniş her türlü ağı kapsar. Günümüzde bilinen en meşhur WAN Internet'tir. Genelde WAN'lar için iki ayırım yapılır. Bunlar;

- Enterprise WAN: Bir kuruluşun tüm LAN'larını bağlar. Çok büyük yada bölgesel sınırları olan ağları kapsar.
- Global WAN: Tüm dünyayı çevreleyen bir ağ olabileceği gibi, birçok ulusal sınırları ve pek çok uluslararası kuruluşun ağını kapsar.

2.5.2 Ortam Türlerine Göre Bilgisayar Ağları

Bu sınıflandırma şeklinde bilgisayar ağları, ağdaki cihazlar arası iletişim için kullanılan ortamın türüne göre sınıflandırılır. Ortam türü iletişim şeklini derinden etkileyen bir faktördür. Bu noktada kablolu ve kablosuz olmak üzere iki tür ortamdan bahsedilebilir. Bu ortamlar kullanılarak oluşturulan Bilgisayar ağları da;

- Kablolu Ağlar
- Kablosuz Ağlar

olmak üzere iki sınıfta incelenebilir.

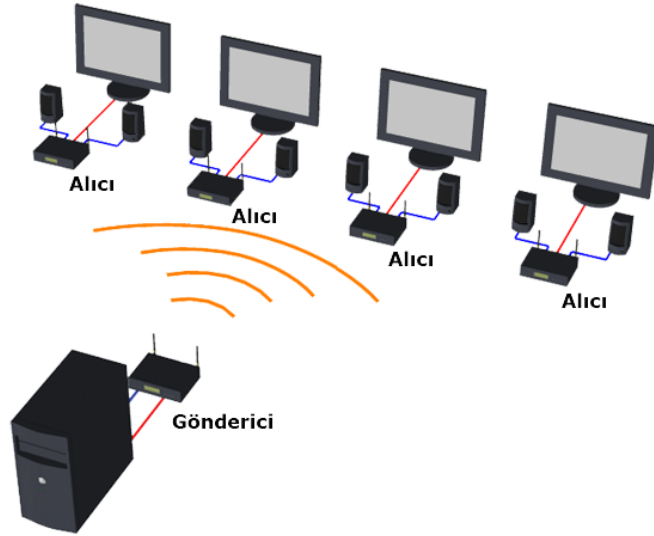
2.5.2.1 Kablolu Ağlar

Kablolu bilgisayar ağlarında, cihazlar arasındaki bağlantı fiziksel olarak kullanılan (bakır veya fiber optik gibi) kablolar aracılığıyla gerçekleştirilir. Kullanılan kablounun karakteristik özellikleri iletişimin hızını ve şeklini etkiler. Bakır kablolar daha çok ekonomik oluşları sebebiyle kısa mesafelerde ve bina içi uygulamalarda tercih edilirken her türlü elektriksel girişimden etkilenmek gibi bir dezavantajları vardır. Buna karşın uzun mesafelerde ve binalar arası kullanımda fiber kablolar tercih edilir. Bu kablolar ışıqla çalıştıklarından hiç bir elektriksel girişimden etkilenmezler. Ancak buna karşın bakır kablolarla göre pahalıdırlar [44,45].

2.5.2.2 Kablosuz Ağlar

Kablosuz Ağlar, birden fazla bilgisayar veya sayısal cihazın birbirleriyle kablosuz veri iletişimi sağlamalarıyla oluşan ağlardır. Kablolı teknolojilere kıyasla birçok üstünlüğü bulunan kablosuz iletişim teknolojileri gelişimini 1983 yılında hücresel telefonların çıkmasıyla sürdürmüş ve 1990'lı yıllarda büyük gelişmelere sahne olmuştur. RF'in yeniden keşfi olarak adlandırılan bu gelişmeler, hem GSM gibi ses iletişimde hem de veri iletişimde yaşanmıştır. Özellikle veri iletişimde yüksek veri hızlarına ulaşılması, kablosuz teknolojiyi yaygın olarak kullanılır hale getirmiştir. Bu ağlar; özel amaçlı, eğitim amaçlı, ulusal veya halka açık olarak kurulabilirler [48-51].

Genelde kablosuz ağlarda kullanılan aygıtlar, taşınabilir bilgisayar, el bilgisayarı, kişisel dijital yardımcı (PDA), cep telefonu, kalemli bilgisayar ve çağrı cihazları sayılabilir. Bu tür cihazların kablosuz olarak kullanılması birçok kolaylık sağlar. Örneğin cep telefonu kullanıcıları, e-postalarına erişmek için cep telefonlarını kullanabilirler. Taşınabilir bilgisayarlarla seyahat edenler, hava alanlarında, tren istasyonlarında ve diğer genel noktalarda kurulu "Erişim Noktaları (Hot Spot)" aracılığıyla internete bağlanabilirler.



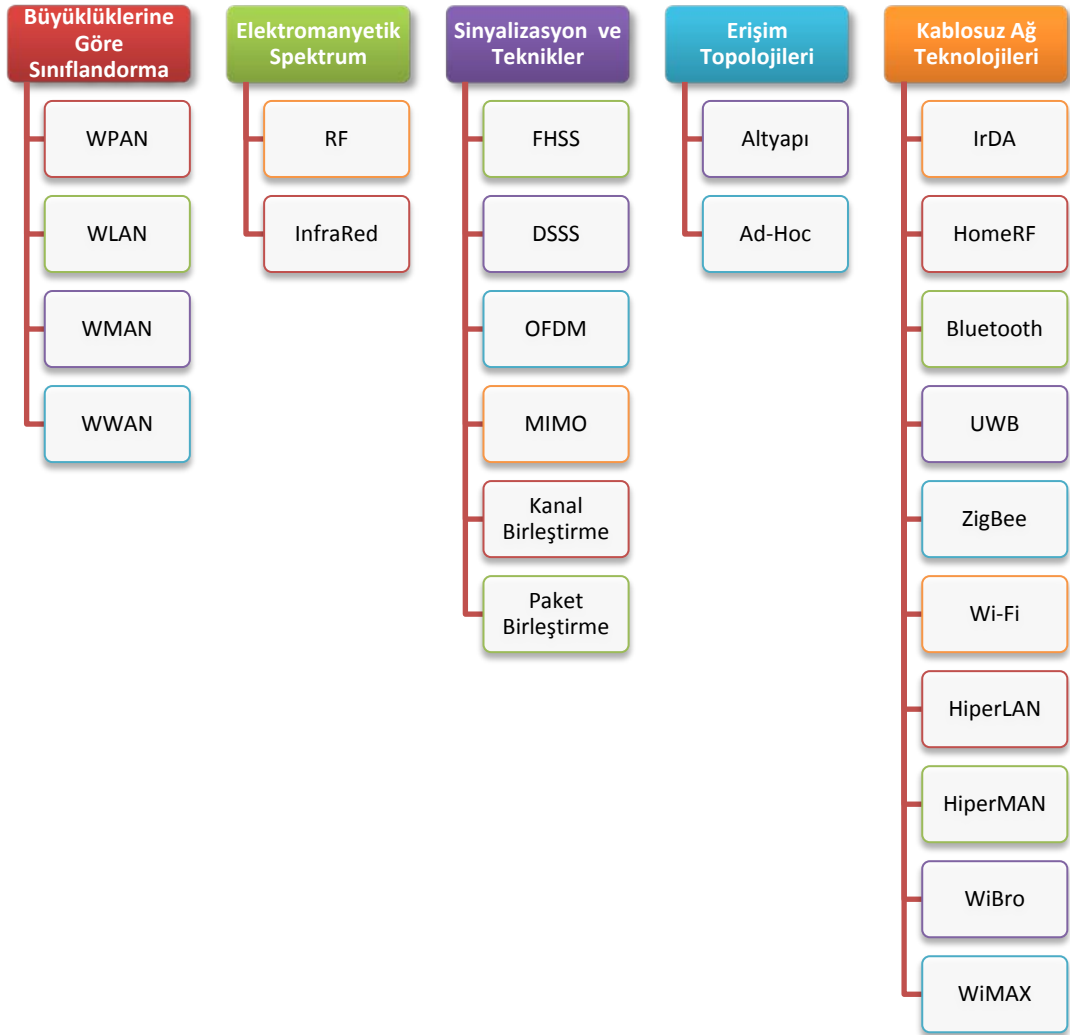
Şekil 2.9 : Örnek bir kablosuz ağ

Kablosuz ağlar konusu bu tez çalışmasının temel konularından biri olup daha detaylı ve teknik bilgiler bir sonraki bölüm 3'te anlatılmıştır.

3 KABLOSUZ AĞLAR

3.1 Giriş

Bu bölümde, kablosuz olarak bilgilerin nasıl iletildiği, kablosuz ağlarla ilgili temel kavramlar ve bu alandaki teknolojilerin neler olduğuna değinilmiştir. Böylece tez projesinin erişim ortamı olan kablosuz iletişimin daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Bu bölümde anlatılan konular Şekil 3.1’ gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1 : Kablosuz ağlarla ilgili ele alınan konular

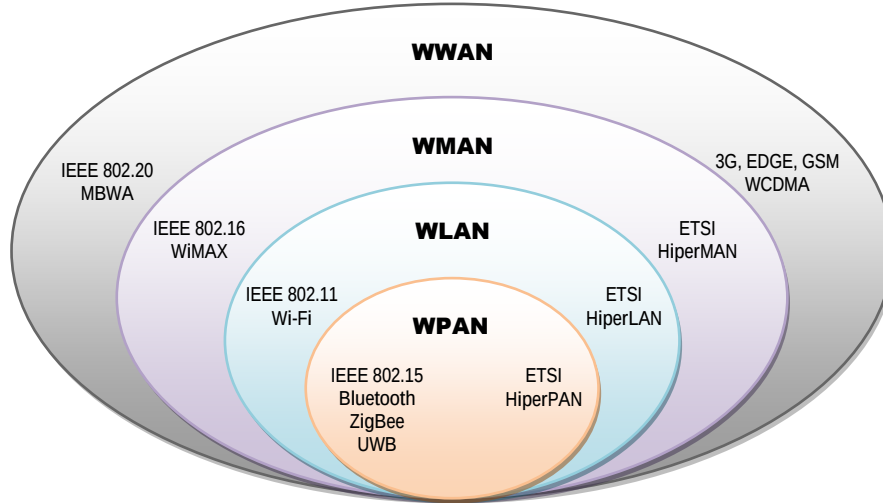
Yapılan doktora çalışması, bu bölümde bahsedilecek olan konular içerisinde kablosuz ağ türü olarak WMAN, elektromanyetik spektrum içerisinde RF dalgaları, sinyalizasyon ve teknikler kısmında MIMO, Kanal Birleştirme ve Paket Birleştirme, erişim topolojisi olarak Altyapı ve teknoloji olarak ta Wi-Fi ve WiMAX konularını kapsamaktadır.

3.2 Büyüklüklerine Göre Kablosuz Ağlar

Geçmişten günümüze değişik amaçlar doğrultusunda farklı kablosuz haberleşme teknolojileri geliştirilmiştir. Literatürde farklı sınıflandırma türleri görülebilmektedir [59-66]. Ancak, tıpkı kablolu ağlarda olduğu gibi büyüklüklerine, yani hizmet verdikleri fiziksel alanlara (coverage) göre sınıflandırmak karşılaşılan en yaygın yaklaşımdır. Bununla birlikte teknolojiye hızlı gelişme ve sistemlerdeki yakınsama bu sınıflandırmada kesin çizgilerin çizilmesini zorlaştırmaktadır. Kablosuz iletişim ağları büyüklüklerine göre 4 sınıf altında toplanabilir. Bunlar;

- Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Wireless Personal Area Networks, WPAN)
- Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN)
- Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN)
- Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Networks, WWAN)

Şekil 3.2’de büyüklüklerine göre kablosuz ağ tipleri ile ilgili tiplerde yaygın olarak kullanılan standartlar gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Büyüklüklerine göre kablosuz ağlar ve kullanılan standartlar

3.2.1 Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN)

Bölüm 2.5.1.1’de verilen PAN’larda kablo yerine kablosuz iletişim teknolojilerinin kullanılması durumunda bu tür ağlar kablosuz kişisel alan ağları (Wireless Personal Area Networks, WPAN) olarak adlandırılır. Bir başka ifadeyle WPAN’lar POS içinde kullanılacak

(PDA, cep telefonu veya dizüstü bilgisayarları gibi) elektronik cihazları kablosuz olarak birbirine bağlayan ve kullanıcılara kablosuz iletişim kurma olanağı sağlayan ağlardır [67].

WPAN teknolojilerinin geliştirilmesini standartlaştırmak amacıyla IEEE, WPAN'lar için 802.15 çalışma grubunu kurmuştur. Bu çalışma grubunun amacı POS alanı içerisinde basit, etkin ve az güç tüketen WPAN standartları geliştirmektedir [57]. Bu ağlar kısa mesafeler içinde değişik amaç ve hızlarda haberleşmeler için farklı alt gruplara ayrılmıştır. IEEE 802.15.1 (Bluetooth), IEEE 802.15.3 (UWB) ve IEEE 802.15.4 (ZigBee) gibi standartlar bu grup ağlardandır. Yukarıda listelenmeyen ve günümüzde yaygın olarak kullanılan başka WPAN teknolojilerine de rastlanak mümkündür. Bunlardan birkaçı IrDA ve HomeRF [57] sayılabilir.

WPAN'ların bilinen en yaygın uygulamaları Bluetooth ve HomeRF'dir. Bluetooth daha çok kişisel kullanım alanı içindeki sayısal cihazlar arasında kablosuz bağlantı kurmak için geliştirilmiştir. HomeRF ise ev veya küçük işyerlerinde kablosuz ağ oluşturmak üzere tasarlanmıştır. Her iki sistemde de veri iletişim hızını ve kalitesini artırmak ve yeni özellikler ilave edilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir [67].

IEEE 802.15 (WPAN) çalışmaları içinde IEEE 802.15 TG6 olarak bilinen grup, bir insan vücudu içine, üzerine veya çevresine yerleştirilmiş algılayıcı ve diğer cihazların meydana getirdiği BAN (Body Area Network) için bir kablosuz ağ (WBAN) standartı geliştirme çalışmalarını yürütmektedir [68].

3.2.2 Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN)

Bölüm 2.5.1.2'de verilen LAN'larda bilgisayarlar ve ağ içerisindeki diğer cihazlar arasındaki iletişimi sağlamak üzere kablo yerine RF veya kızılötesi teknolojisi kullanılması durumunda, bu tür ağlara kablosuz yerel alan ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN) adı verilir [69]. En kısa tanımıyla bir WLAN ağı aslında bir kablosuz LAN'dır. Bu nedenle kablolu LAN'ların tüm özelliklerine sahiptir. WLAN sistemleri; kullanıcılarına kablosuz ortamda internet erişimi, sunucu üzerindeki uygulamalara (programlara) ulaşım, aynı ağa bağlı kullanıcılar arasında elektronik posta hizmeti ve dosya paylaşımı gibi çeşitli imkanlar sağlamaktadır. Ayrıca kablosuz bir sistem olması nedeniyle cadde, sokak, park, bahçe ve benzeri açık alanlarda WLAN sistemleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Dünyada yaygın olarak kullanılan WLAN standartları IEEE 802.11x (Amerika) ve HiperLAN (Avrupa)'dır. Bu standartlar haricinde Japonya'da geliştirilen MMAC (Multimedia Mobile Acces Communication System) standartı da mevcuttur [21]. Ancak MMAC 3-60GHz frekans bandında tanımlı olup; ülkemizde uygulanan Avrupa standartlarından farklıdır.

WLAN'lar, çok sayıda kablo bağlamanın engelleyici olacağı geçici ofislerde kullanılabileceği gibi, kullanıcıların bina içinde farklı yerlerde ve farklı zamanlarda çalışabilmeleri için varolan bir LAN'ı tamamlamak için de kullanılabilir. WLAN'lar iki farklı yöntemle çalıştırılabilir. Altyapı (Infrastructure) WLAN'larında, kablosuz istasyonlar (radyo ağ kartı veya harici modemleri olan aygıtlar), istasyonlarla var olan ağ omurgası arasında köprü görevini yerine getiren kablosuz erişim noktalarına bağlanır. Eşler Arası (Ad-Hoc) WLAN'larda, sınırlı bir bölgenin içindeki çok sayıda kullanıcı, erişim noktası kullanmadan geçici bir ağ oluşturabilir.

3.2.3 Kablosuz Metropolitan Alan Ağları (WMAN)

Bölüm 2.5.1.3'te verilen metropolitan alan ağlarında kablo yerine uydu veya RF iletişimi teknolojilerinin kullanılması durumunda bu tür ağlar Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN) olarak adlandırılmaktadır. WWAN'lar çok sayıda şubesi bulunan kurum ve büyük şirketler ile dağınık yerleşime sahip üniversiteler gibi yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. WMAN'lar kablolu ağlardan çok daha ucuz, esnek ve kolay kurulum özelliklerine sahiptir. Ancak, bu tür uygulamalar oldukça yenidir ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir [56]. Bu alanda WiMAX adı altında uygulamalar yapılmakta olup IEEE 802.16 standardı WMAN için geliştirilmektedir [65].

WMAN teknolojileri kullanıcılara, şehir alanı içerisinde çeşitli yerler arasında fiber, bakır kablo veya kiralık hatların yüksek maliyetine katlanmadan, kablosuz bağlantılar kurma olanağı verir. Buna ek olarak, WMAN'lar, kablolu ağların birincil kiralananmış hatları kullanılabilir olmadığında yedek olarak da hizmet verebilir.

Kullanıcıların internete yüksek hızla erişmesini sağlayan geniş band kablosuz erişim ağlarına talep gittikçe artmaktadır. MMDS (çok kanallı çok noktadan dağıtım hizmeti) ve LMDS (yerel çok noktadan dağıtım hizmetleri) gibi farklı teknolojiler kullanılsa da, geniş band kablosuz erişim standartlarının IEEE 802.16 çalışma grubu, bu teknolojilerin geliştirilmesini standartlaştırmak için çalışmalarını sürdürmektedir [65].

3.2.4 Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN)

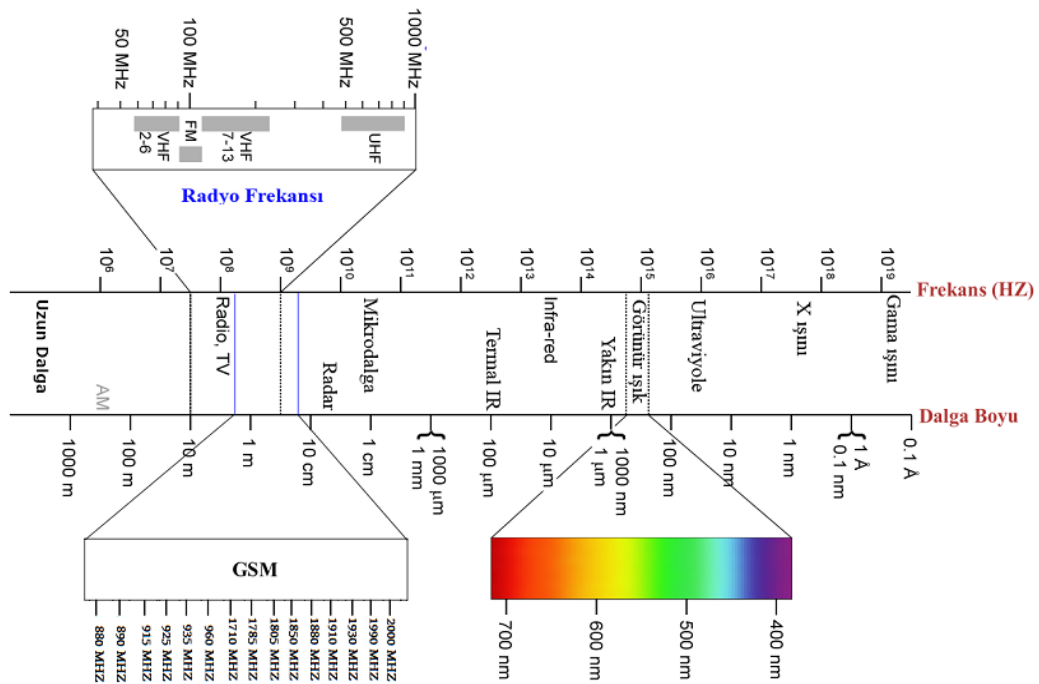
Bölüm 2.5.1.4'te verilen WAN'larda genellikle kiralık hatlar veya telefon hatları kullanılmaktadır. Bu tür ağlarda kablo yerine uydu veya telsiz iletişimi kullanılması durumunda Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN, Wireless Wide Area Networks) olarak isimlendirilmektedir. Uzak yerleşim birimleriyle iletişimin kurulduğu bu ağlarda çok sayıda

bilgisayar çalışabilir [56]. WWAN teknolojileri, kullanıcıların, uzak mesafelerden ortak veya özel ağlar üzerinden kablosuz bağlantı kurmalarına olanak tanır. Bu bağlantılar, kablosuz hizmet sağlayıcılarının sunduğu birden çok anten istasyonu ve uydu sistemi kullanımı aracılığıyla, çok sayıda şehri ve ülkeyi içine alan geniş coğrafi bölgeleri kapsayabilir. WWAN uygulamalarına örnek olarak GSM, GPRS, CDMA ve 3G sistemleri sayılabilir [59]. WWAN'larda trafik yükünün büyük kısmı ses iletişimi ile ilgilidir. Ancak son yıllarda yoğun olarak veri iletişimi ve internet erişimi talepleri yaşanmaktadır [60].

3.3 Elektromanyetik Spektrum ve Kullanılan Frekans Aralıkları

RF ve Kızılötesi (Infrared) dalgalar kablosuz sistemlerde kullanılmakta olup, her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Kullanıcıların kendi ihtiyaçlarına göre doğru teknolojiyi seçmeleri sistem verimliliğini ve memnuniyeti artırmaktadır. Günümüzde artan çoklu ortam uygulamaları sonucunda oluşan yüksek veri hızı talebi nedeniyle teknolojiler arasındaki rekabette veri hızı en önemli kriter olarak görülmektedir. Kapsama alanı veya erişim mesafesi ile girişime karşı duyarlılık da diğer önemli kriterler olarak sıralanabilir. Uygulamada yüksek veri hızları ve fiziksel engelleri geçebilme özellikleri nedeniyle RF teknolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır [70,189].

Şekil 3.3'te frekans ve ilgili frekansa bağlı dalga boyu ile birlikte elektromanyetik tayf verilmiştir.



Şekil 3.3 : Elektromanyetik Tayf [189]

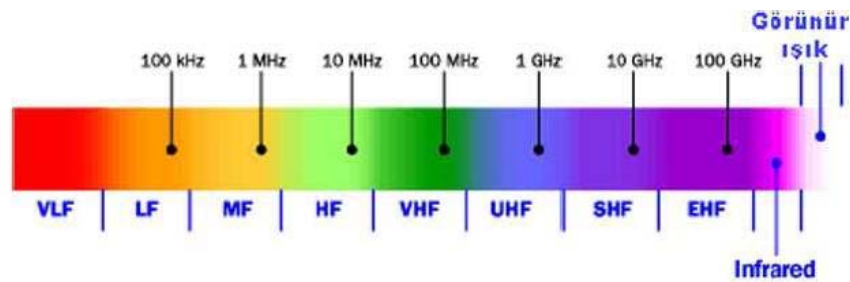
3.3.1 Radyo Dalgaları

Radyo Dalgaları (Radio Frequency - RF), haberleşmede sıklıkla kullanılan bir dalga türüdür. RF dalgaları kullanan sistemler sırası ile veriyi iletmek ve almak için yapılandırılmış verici ve alıcı devreleri ile belli frekans değerlerine göre çalışır. Verici gücü ve alıcı duyarlılığı ne kadar mesafede haberleşmenin sağlanabileceğini belirler. Yüksek iletim güç çıkışı televizyon sistemleri gibi uzak menzilli haberleşme sistemleri için kullanılır. Kısa menzilli haberleşme sistemleri için genellikle düşük güç yeterlidir. Böylece kısa menzil için tasarlanmış olan teknolojiler, taşınabilir küçük cihazlar için uygulanabilir. Zira bu tür cihazlar RF dalgalarını çok uzaklara iletmek için gerekli gücü karşılayamaz [49,50].

RF dalgalarının önemli bir karakteristik özelliği de “penetrasyon” özelliğidir. Infrared kullanan teknolojilerde ortamdaki bir çok cisim haberleşmeye engel olabiliyorken, RF sistemlerde genel olarak bir sorunla karşılaşmaz. Bunun anlamı; RF teknolojisinde, verici ve alıcı devrelerinin veri alış-verişini sağlamak için herhangi bir görüş hattına gerek yoktur.

RF kullanan tekniklerde belirli bir frekans aralığında bilgilerin kodlanması ve alıcının bu verileri belirli bir frekans değerinde alabilmesi için frekans modülasyonu kullanılır. Örneğin; FM radyo yayını 88-108MHz aralığında, bazı cep telefonları 900-1900MHz aralığında, Bluetooth vb. kablosuz teknolojiler 2.4GHz frekans bandında çalışırlar. Çünkü kullanılabilir radyo frekans aralığı sınırlıdır. Birçok devlet frekans spektrumunu belirli sınırlamalarla düzenlemektedir. Bu düzenlemeler frekans spektrumunun belirli kısımlara ayrılması ve belirli güç seviyelerinde çalışan iletim frekanslarına lisans verilmesi ile ilgilidir.

Radyo dalgaları 3kHz ile 3000GHz arasında oldukça geniş bir frekans aralığını kapsar. Bu aralık VLF, LF, MF, HF, VHF, UHF, SHF, EHF şeklinde belirli frekans bandlarına ayrılmıştır. Şekil 3.4’de radyo dalgalarının elektromanyetik spektrum üzerindeki frekans dağılımı ve isimlendirilmiş band aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Radyo Dalgaları Frekans Bandları

Frekans spektrumunun kısıtlı kaynak olması nedeniyle mümkün olduğu kadar verimli kullanılması gerekmektedir. Ayrıca artan sistem ve kullanıcı sayısı da frekans talebini artırmaktadır. Yine yoğun frekans kullanımı, frekans kirliliği ve girişim riskini de artırmaktadır.

Bu nedenlerle son yıllarda frekans spektrumunu daha verimli kullanan ve girişimden daha az etkilenen RF teknolojileri geliştirilmiştir [50]. Ekonomik nedenlerden dolayı kablosuz sistemler için lisans ve kullanım ücreti gerektirmeyen ISM frekans bandları esas alınmıştır. Ülkemizde ISM bandının yaygın olarak kullanılan frekansları, 315MHz, 418MHz, 433.92MHz, 868MHz, 915MHz ve 2.4GHz frekanslarıdır. Bu bandlar öncelikle diğer telsiz servislerinin kullanımı için de tahsisli olduklarından kablosuz ağ sistemleri muhtemel girişim riskini baştan kabul etmek zorundadırlar. Bu durum kablosuz ağ sistemleri için girişime dayanaklı teknolojilerin geliştirilmesini ve kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir [71].

3.3.2 Kızılötesi Dalgalar

Kızılötesi (Infrared) dalgalar, elektromanyetik spektrumda gözle görülebilen ışığın altındaki frekansları (3×10^{14} kHz / 850-950nm) veri iletiminde kullanır. Alıcı ile verici cihaz arasında açık görüş hattının bulunduğu ortamlarda ve kısa mesafeler için çok uygundur. Kızılötesi dalgaları iki tür kullanmak mümkündür. Birincisi görüş hattı (direct beam, line of sight), ikincisi ise yansıma (diffused beam) yöntemidir [72,73]. Doğal olarak görüş hattı yöntemi diğerine oranla daha fazla veri iletişimi sağlamaktadır [49,50]. Ancak uygulamada geniş alan kaplamak ya da çok kullanıcıya ulaşabilmek için yansıma yöntemi tercih edilmektedir. Profesyonel olarak kızılötesi teknolojisi geçici ağ kurma ihtiyacı duyulan yerlerde kullanılmaktadır. Bu tür kullanımda yerel kablolu ağ ile bağlantı kurarak bilgi alış verişinde bulunmak ve sunucuya bağlı faks ve yazıcı gibi cihazlardan faydalanmak mümkündür. Aynı ortamda çalışan bir grubun yazıcı, faks ve benzeri donanımları ortaklaşa kullanabilmeleri için bir ağ oluşturmaları da mümkündür. Benzer şekilde kullanım örneklerini artırmak mümkündür. Kısa mesafe iletişim için uygun olan kızılötesi teknolojinin avantaj ve dezavantajları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 : Kızılötesi teknolojinin avantaj ve dezavantajları

Kızılötesi- Infrared- IrDA	
Avantajları	Serbest kullanıma açıktır. Bir lisans veya ücret gerekmez
	RF sinyallerinden etkilenmez
	Güç tüketimi düşüktür
	Kapalı ortamlarda yetkisiz dinlemeye ve bozucu etkilere karşı tam bir güvenlik sağlar
Dezavantajları	İletişim mesafesi kısadır. İdeal şartlarda 10-15 m
	Sinyaller katı cisimleri geçemez. Bu nedenle kapalı alanlarda duvar, kapı ve büro malzemeleri tarafından kullanım alanını kısıtlanır
	Sinyaller kar, sis, toz ve ışık gibi hava şartlarından etkilenir. Bu nedenle açık alanlarda kullanım için uygun değildir
	Kirlilik sinyalleri etkiler

İletişim mesafesinin kısıllığı ve fiziksel engellerin ötesine ulaşamaması nedeniyle kablosuz ağlarda çok az kullanılmaktadır. WLAN pazarında %14 oranında kullanıldığı ve bu oranının giderek azaldığı belirtilmektedir [74]. Kızılötesi teknolojisi kısa mesafe (10-15m) kablosuz iletişim için uygun ve ucuzdur. Ancak mobil kullanım için uygun olmadığından FHSS ve DSSS kadar yaygın değildir [73]. Kızılötesi teknolojisi WPAN'larda kullanılmakta olup; en yaygın kullanımı ise Bluetooth teknolojisinde görülmektedir.

3.4 Sinyalizasyon (Modülasyon) Teknikleri

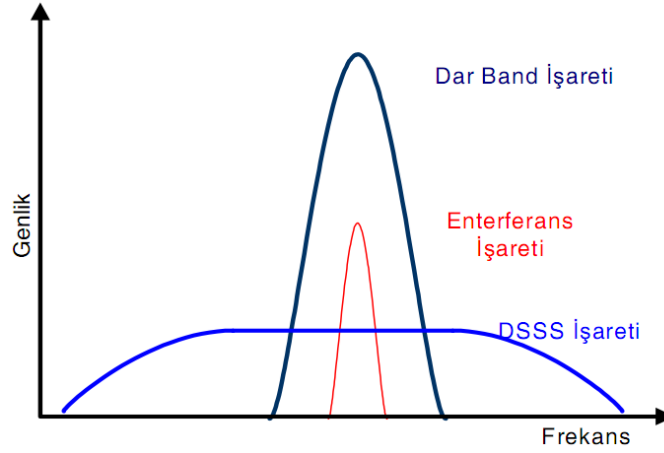
Haberleşmede iletilecek bilgi, sinyal olarak kodlanırken ilk olarak orjinal bilgiden sayısal bir sinyal elde edilir. Kablosuz haberleşmede iletişim sinyalleri hava veya boşluk üzerinden iletilir. Ancak sayısal sinyallerin bu ortamlarda sorunsuz bir şekilde doğrudan iletilmesi mümkün olmamaktadır. Bu durumda iletilen sinyallerin bu ortamlarda rahat bir şekilde iletilebilmesi için ortama uyumlu hale getirilmesi gerekir. Bu işleme “Modülasyon” adı verilir. Modülasyon sayesinde iletilecek sinyaller ortama uygun hale getirildiği gibi kısıtlı band genişliklerinin mümkün olan en iyi şekilde kullanılması sağlanır.

Modülasyon işleminde temel olarak bir taşıyıcı dalga kullanılır ve bilgi sinyali bu dalganın frekans, genlik veya faz gibi bir takım karakteristik özelliklerine ilişkilendirilir. Haberleşmede pek çok modülasyon tekniği kullanılmakla beraber kablosuz veri iletiminde en çok kullanılan modülasyon teknikleri aşağıda açıklanmıştır.

3.4.1 Dağınık Spektrum Tekniği

Dağınık spektrum (Spread spectrum); bir geniş band kablosuz RF iletişim tekniğidir. 1940'lı yıllardan beridir bilinmekle beraber ilk olarak kritik, güvenli ve gizli askeri haberleşme sistemleri için 1950'lerde kullanılmıştır [75]. Dağınık spektrum tekniğinde gönderilecek sinyal bir kod kullanılarak belirli bir bandın tümüne yayılarak ya da önceden belirlenmiş bir düzende devamlı frekans atlatılarak gönderilir. Özel dizayn edilmiş alıcılar kaçak dinlemeyi engelleyen kodları temizleyerek istenilen iletişimi gerçekleştirirler. Bu teknoloji özel kodu bilmeden sinyalin alınmasını oldukça zorlaştırmaktadır. Bir başka ifadeyle eğer bir alıcı dağınık spektrum tekniğine uygun değilse veya özel kodu bilmiyorsa, alınan sinyalleri çevre gürültüsü olarak algılayacaktır. Bu yöntem gizlilik sağlamanın yanı sıra diğer telsiz sistemlerinden gelecek girişime karşı da sistemi dirençli kılmaktadır. Dağınık spektrum tekniği, çok daha fazla band genişliği kullanmasına rağmen, yakın frekanslarda çalışan kablosuz sistemlerin birbirlerinin işleyişini bozmadan birlikte çalışmalarına imkan vermektedir. Ancak aynı teknolojiyi kullanan

diğer sistemler tarafından verici kodlarında yanlışlığa neden olarak kendisi kolayca etkilenebilir [49,50]. Dağınık spektrum işaretlerinin frekans-genlik görünümü Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

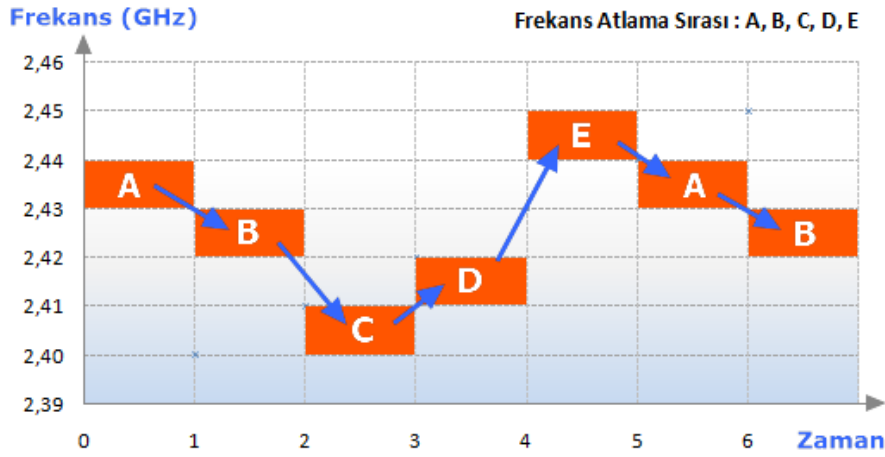


Şekil 3.5 : Dar Band ve Dağınık Spektrum işaretlerinin Genlik-Frekans görünümü

Kablosuz ağ sistemlerinde temel olarak, 2.4GHz frekans bandında 83.5MHz (2400 - 2483.5MHz) band genişliğinde dağınık spektrum tekniklerinden FHSS ve DSSS kullanılmaktadır [76]. Güvenlik dikkate alınarak, hem izinsiz erişimi hem de veri çalınmasını önlemek için veri kodlama metodları da kullanılmaktadır. FHSS tekniği, DSSS tekniğine göre girişimden daha az etkilenir. Ancak daha düşük veri iletim hızına sahiptir. DSSS ise kod hatasına karşı daha duyarlı ancak veri iletim hızı daha yüksektir. FHSS ve DSSS tekniklerinden hangisinin kullanılacağı birçok faktöre bağlı olmakla birlikte genelde kablosuz ağlarda yüksek veri iletim hızına sahip olan DSSS tekniği daha çok kullanılmaktadır.

3.4.1.1 Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum

Frekans atlamalı dağınık spektrum (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS) tekniği, dar band taşıyıcı sinyalinin rasgele ancak bilinen bir düzende bir frekanstan diğer frekansa atlayarak veri iletilmesi yöntemidir [49,50]. Aslında bu teknik klasik dar band veri iletim tekniğinde taşıyıcı frekansın atlama kodu tarafından düzenli olarak değiştirilerek kullanılmasıdır. Doğru senkronizasyon sağlandığında sürekli bir kanal elde edilmektedir. FHSS tekniğinin çalışma yöntemi Şekil 3.6'te verilmiştir.



Şekil 3.6 : FHSS tekniğinde zaman- frekans ilişkisi

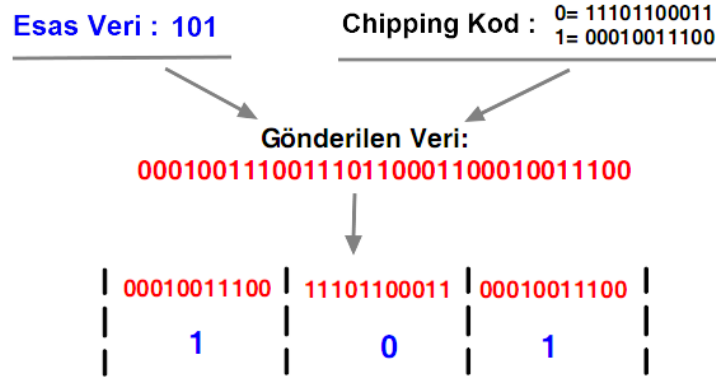
FHSS tekniğinin çalışma şekli şöyledir: gönderici cihaz (verici) bir atlama kodu¹ seçerek sinyal gönderir. Bu sinyali alan alıcı cihaz da aynı atlama koduna ayarlanır. Böylece alıcı cihaz doğru zamanda doğru frekanstan gelecek sinyalleri almaya hazırdır. FHSS’de taşıyıcı frekansın değişimi atlama koduna göre ve sadece ağ içinde tanımlı alıcı-verici tarafından bilinen bir uyum (senkronizasyon) içinde yapılır. FHSS sinyalleri atlama kodu tanımlanmamış bir alıcı için tamamen rasgele üretilen RF sinyali olarak algılanır. FHSS tekniği için 2402-2480MHz frekans aralığında 1MHz band genişliğine sahip 79 kanal bulunmaktadır [77]. Bazı ülkeler atlama frekans sayısını belirlemişlerdir. Örneğin Amerika’da FCC düzenlemeleri her bir iletişim kanalı için 75 veya daha fazla atlama frekansı belirlemiştir. Bir atlama frekansındaki azami bekleme süresi 400ms’dir. FHSS tekniği IEEE 802.11 standardında kullanılmakta ve 2Mbps’e kadar veri iletimi sağlamaktadır. FHSS; iletişimin izlenmesi veya bilginin çalınması açısından daha güvenlidir. Çünkü değişken frekans kullanılmaktadır. Bu nedenle yoğunlukla askeri sistemlerde kullanılmaktadır. Ayrıca 2.4GHz bandında aynı kapsama alanı içinde FHSS modülasyon tekniği ile 15 erişim noktasının çalışması mümkündür [67].

3.4.1.2 Düz Sıralı Dağınık Spektrum

Düz sıralı dağınık spektrum (Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS) tekniğinde gerekli olan bandın tamamına yayılmış ve kodlanmış bir veri akışı sağlanır. Ağ içinde tanımlanmamış bir alıcıya DSSS sinyali düşük güçlü geniş bandlı bir gürültü olarak görünür ve birçok dar band alıcısı bu sinyali reddeder. DSSS tekniğinde gönderilecek her bit veri için çok miktarda bitlerden oluşan bir “pattern” üretilir. Bu bit paternine “Chip” ya da “Chipping Code”

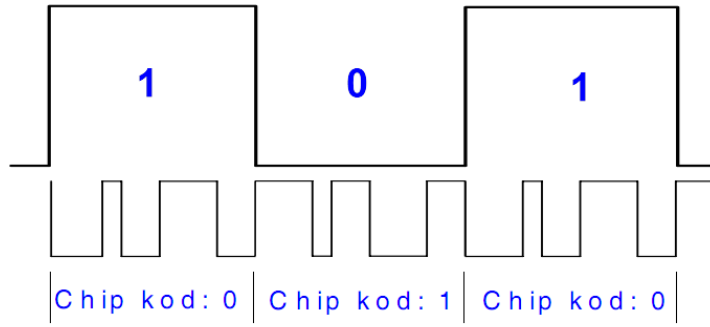
¹ Atlama Kodu (Hopping Code); FHSS tekniğinde taşıyıcı frekansın değişimini belirleyen kod.

adı verilir. Chipping Code ne kadar uzunsa orijinal verinin geri alınması da o kadar yüksek oranda olur. Fakat bu da daha fazla band genişliği ihtiyacı oluşturur veya aynı band genişliği kullanıldığında net veri miktarını azaltır. Veri iletimi esnasında zarar gören veriler istatistiksel yöntemler kullanılarak orijinal data yeniden gönderilmeden (iletişim tekrarlamadan) kurtarılabılır [72]. DSSS’de gerçek veri ve kodlanmış veri akışı Şekil 3.7’te görülmektedir.



Şekil 3.7 : DSSS tekniğinde kodlanmış veri

DSSS tekniği kullanıldığında 1-0-1 şeklinde gönderilen gerçek verinin kodlanmış hali Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : DSSS tekniğinde gerçek veri ve kodlanmış veri

Spektrum olarak DSSS tekniğinde gönderilen sinyal, gürültü seviyesinin altında yer almaktadır. DSSS tekniği, daha fazla band genişliğine ve daha yüksek veri iletişim hızına sahiptir. Bu hız günümüzde 2-11Mbps değerindedir [49,50]. Ayrıca diğer telsiz sistemleri tarafından yapılan girişimden FSSS’e göre daha az etkilenmektedir. Sonuçta kablosuz ağ ürünleri pazarına bakıldığında daha çok DSSS tekniğinin kullanıldığı görülmektedir.

3.4.2 Dikey Fekans Bölmeli Çokluma

RF üzerinden büyük miktarda veri iletimine imkan veren tekniklerden biri de Dikey frekans bölmeli çokluma (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM) yöntemidir. OFDM, bir taşıyıcı yerine çok sayıda taşıyıcı kullanılan bir modülasyon tekniğidir. Bu teknikte RF sinyalleri daha küçük alt sinyallere bölünerek aynı anda farklı frekanslardan gönderilir [78]. Kablosuz ağ sistemleri açısından bakıldığında en başarılı yöntem OFDM'dir. Bu yöntem ile kablosuz ağ sistemleri sahip oldukları en yüksek veri iletişim hızına ulaşabilmektedirler. Ayrıca çoklu yol² etkileri elemine edilmekte ve kanal gürültüsüne tolerans tanınmaktadır [67].

Üçüncü nesil ve ötesi iletişim teknolojileri büyük çapta OFDM ve bölüm 3.5'de açıklanan MIMO tekniklerine dayalıdır. 802.11a/g/n, WiMAX, UWB, WiBro ve HiperLAN₂ sistemlerinde OFDM tekniği kullanılmaktadır [78].

3.5 MIMO (Multiple Input / Multiple Output)

MIMO teknolojisi, iletilecek bir bilginin parçalara ayrılıp farklı antenler üzerinden karşı tarafa gönderilmesini sağlar. Gönderilen veriler duvarlardan, kapılardan ve diğer eşyalardan yansarak ve farklı rotalar takip ederek alıcı antene farklı zamanlarda ve birden fazla kere varır. 802.11a/b/g gibi kablosuz teknolojilerde bu kontrolsüz durum sinyalin tekrar biraraya getirilmesini zorlaştırarak Wi-Fi performansını azaltır. Oysa MIMO tekniği bu durumu kendi lehine kullanarak sinyalin güçlenmesini ve daha uzaklara iletilmesini veya birim zamanda iletilen veri miktarının artmasını sağlar. Bu sayede kablosuz ağ sinyalindeki ölü bölgelerin sayısının ve tekrar gönderilen paket miktarının azalması mümkün olmaktadır [79].

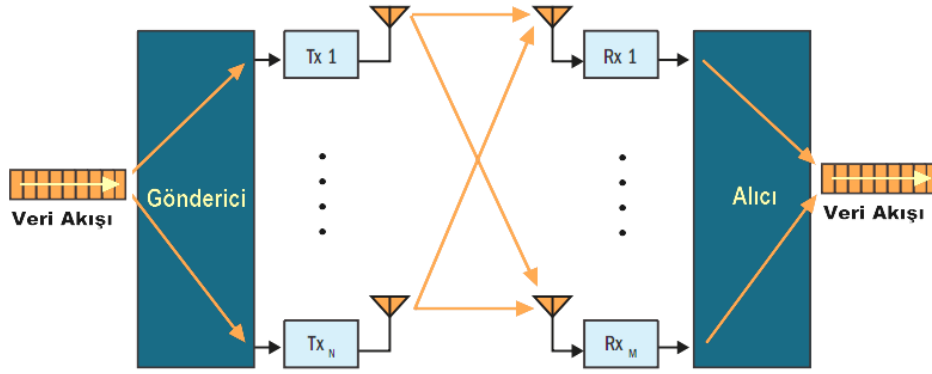
Hem alıcı hem de verici tarafında MIMO aktif durumdayken performans maksimuma çıkar. Eğer verici MIMO destekli bir kablosuz ağ cihazıyken, alıcı taraf klasik (802.11 a/b/g gibi) tek antenli bir kullanıcı ise MIMO teknolojisi bu durumda bile %30-40'a varan bir performans artışı sağlayabilir. Bu artışlarına rağmen MIMO'nun dezavantajları da vardır: Bunlardan ikisi fazla güç tüketimi ve yüksek maliyetlerdir. 802.11n gibi MIMO kullanan teknolojilerde artan güç ihtiyacı, mevcut Power over Ethernet (PoE) standardında üst sınır olarak tanımlanan 15,4 watt limitlerine ulaştığından, özellikle çift radyo kanalından yayın yapıldığında harici bir güç kaynağına ihtiyaç olabilmektedir [79].

² Çoklu Yol (Multipath); vericiden yayılan RF sinyallerinin doğrudan, duvardan, tavandan veya diğer nesnelerden yansarak alıcıya ulaşması

MIMO tekniğinde verilerin daha uzaklara iletilmesi veya birim zamanda daha çok veri aktarımı için farklı iki tip yaklaşım söz konusudur. Bunlar MatrisA ve MatrisB olarak adlandırılırlar.

3.5.1 Matris A MIMO

Matris A MIMO yaklaşımında esas amaç veriyi çok daha uzak mesafelere iletebilmektir. Burada aynı veri akışı farklı antenlerden paralel olarak gönderilir ve alıcı taraftaki tüm antenler aynı veri sinyallerini alırlar. Daha sonra alınan bu veri sinyalleri özel tekniklerle birleştirilir. Bu yaklaşımın alıcı tarafta sinyal-gürültü oranı daha iyidir. Alınan sinyal daha kalitelidir [80].

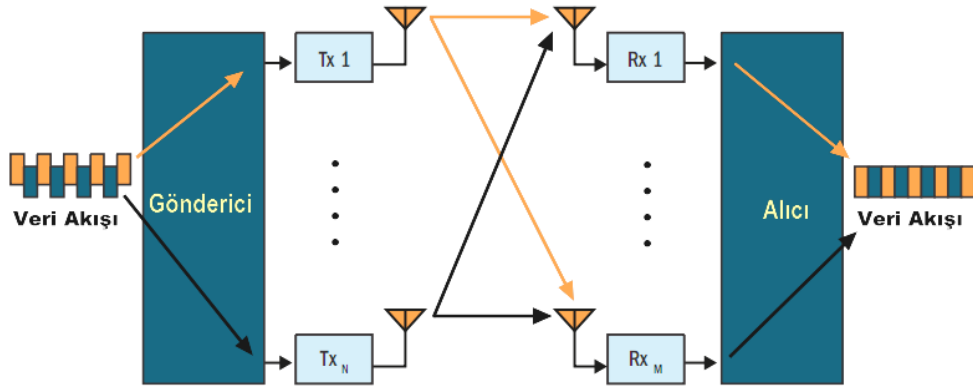


Şekil 3.9 : Matris A MIMO Tekniği (Kaliteli sinyal ve geniş kapsama alanı)

Şekil 3.9'da Matris A MIMO yaklaşımının çalışma prensibi gösterilmektedir. Bu yaklaşım daha çok baz istasyonları arasında veya kırsal kesimlerde uzak mesafelere erişmek için idealdir.

3.5.2 Matris B MIMO

Matris B MIMO yaklaşımında esas amaç daha çok miktarda veri aktarımının gerçekleştirilebilmesidir. Kullanılan her bir anten için veri akışı parçalara bölünür ve her bir veri akış parçası bir antenden gönderilir. Alıcı tarafta gelen sinyal akışları uygun sıralamayla alınarak birleştirilir ve veri akışı eski haliyle elde edilir. Görüleceği üzere bu yaklaşımla sistemin bantgenişliğinin artması açıkça ortadadır. Sistemin veri aktarım performansı kullanılan anten sayısı ile orantılıdır. Anten sayısı arttıkça birim zamanda aktarılan veri miktarı da orantılı olarak artacaktır [80].

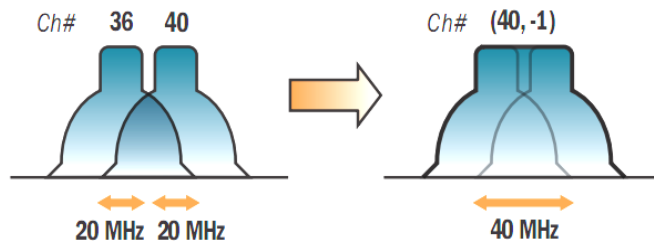


Şekil 3.10 : Matris B MIMO Tekniği (Daha çok veri aktarımı)

Şekil 3.10’de Matris B MIMO yaklaşımının çalışma prensibi gösterilmektedir. Bu yaklaşım daha çok veri aktarımı veya sisteme daha çok kullanıcı bağlamak açısından idealdir. Bu nedenle daha çok kullanıcı baz istasyonu arası kullanımlarda tercih edilebilir.

3.6 Kanal Birleşimi (Channel Bonding)

Bir ağın kapasitesini artırmanın en temel yollarından biri çalışma band genişliğini artırmaktır. 2.4 GHz bandını kullanan 802.11b/g teknolojilerinde her biri 20 Mhz olan 13 adet kanal bulunmaktadır. Bu kanallar 2.412GHz’den başlayıp 5MHz aralıklarla yerleştirilmişlerdir. Böyle olunca bu kanallardan 1, 6 ve 11. kanallar birbiriyle çakışmamaktadır. İşte bu noktada 2 adet 20 Mhz’lik komşu çakışmayan kanal birleştirilerek band genişliği iki katına çıkartılır. 802.11n ve WiMAX gibi teknolojiler bu tekniği kullanırlar [80,81].

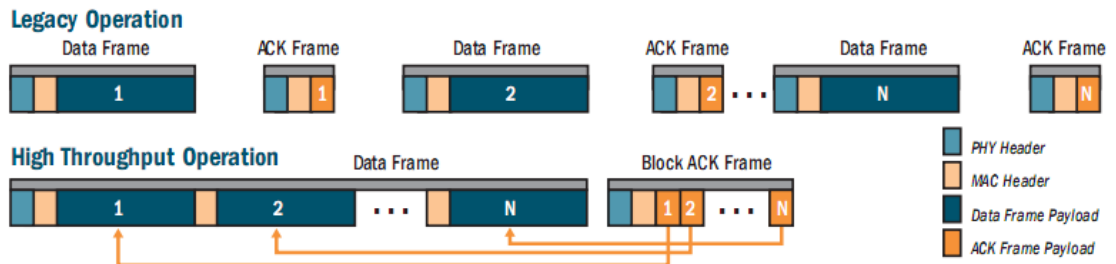


Şekil 3.11 : Kanal Birleştirme Tekniği

Kanal birleşimi sayesinde birim zamanda iletilen bilgi miktarı büyük oranda artırılabilir. Ancak 2.4GHz bandındaki çakışmayan kanal sayısının azlığından dolayı “Kanal Birleşimi” tekniğinin kullanılması daha çok 5GHz kanalı için önerilmektedir [81]. 2.4GHz bandında kanal birleşiminin kullanılması başka cihazların çalışması için daha az kanal bırakmaktadır.

3.7 Paket Birleştirme (Packet Aggregation)

802.11a/b/g teknolojilerinde her bir paketin başında sabit uzunlukta bir başlık bilgisi olmaktadır. Bu durum, veri iletim oranı arttıkça verimliliği azaltmaktadır. 802.11n teknolojisi, birden fazla veri paketini birleştirerek tek bir başlık bilgisi eklenmesini sağlamaktadır. Bu sayede gönderilen paket başlık bilgisi azaltılarak birim zamanda gönderilen veri miktarı artırılmaktadır [80].



Şekil 3.12 : Paket Birleştirme Tekniği [80]

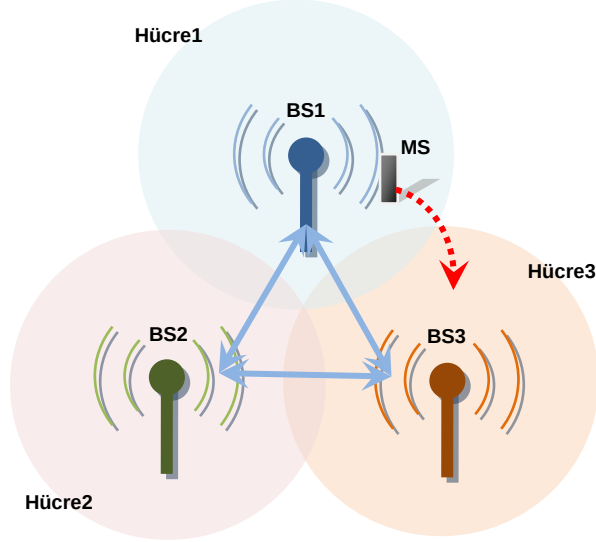
Bu teknik Dosya İletim Protokolü (File Transfer Protocol - FTP) gibi belli tür paket tiplerinde daha yararlı olmaktadır. Ses ve görüntü paketleri gibi gerçek zamanlı uygulamalarda, paket birleştirme istenmeyen gecikmelere sebep olabilmektedir [80]. Çünkü gönderici tarafta bir ses veya görüntü paketinin kabul edilebilir bir t_p sürede oluşturulup gönderilmeye hazır hale getirildiği varsayılsa, N paket için gerekli süre $t_N = N \cdot t_p$ kadar olacaktır. Paket birleştirme işleminde minimum 2 paket olduğu düşünülse bile her durumda $t_N > t_p$ olduğu açıkça ortadır. Eğer t_N süresi ses ve görüntü paketlerinin kabul edilebilir gönderilme süresini aşarsa bu durumda ses veya görüntüde, istenmeyen gecikmeler (atlama ve takılmalar) ortaya çıkacaktır. Dolayısı ile N paketlik bir birleştirme işleminde oluşturulan ilk paket N . paket oluşturulana dek en az t_N süresi kadar bekletilecektir. Bu da gecikmeleri kaçınılmaz kılacaktır.

3.8 Kablosuz Erişim Topolojileri

Kablosuz ağlarda genellikle “Hücrel Topoloji” kullanılır. Kablosuz uçtan uca veya çok uçlu topolojileri coğrafik bir alanı hücrelere parçalayarak birleştirir. Bir bağlantının işlediği her hücre tüm ağın belirli bir parçasını temsil eder. Hücredeki tüm birimler (baz istasyonu veya erişim noktası gibi) merkezi bir donanım ile iletişim sağlar. Bu donanımlar verinin tüm ağ üzerinde dolaşmasını ve ağın alt yapısını sağlamak üzere kendi aralarında birbirilerine bağlıdır.

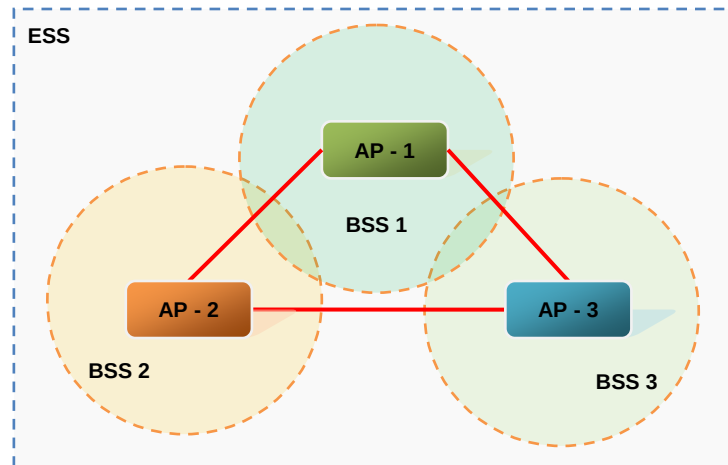
Hücrel topolojide kullanıcılar ve bağlantı aygıtları arasında kablosuz iletişim kullandığından, kabloların bağlanmasına bağımlı değildir. Bu farktan dolayı hücrel topoloji

kablolu teknolojilerden çok daha farklı nitelikler sunar. Örneğin, kullanıcılar (Mobile Station - MS) ağa olan bağlarını devam ettirerek hücreden hücreye geçebilirler. Şekil 3.13’de örnek bir hücresel topoloji şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.13 : Hücresel yerleşim biçimi (Cellular Topology)

Kablosuz ağlardaki ana unsurlar istasyonlar (Stations - STA) ve erişim noktaları (Access Point - AP) olarak bilinirler. En az iki veya daha fazla istasyon bir araya gelerek Temel Servis Seti (Basic Service Set - BSS) oluştururlar. En az bir AP içeren BSS’ler bir araya gelerek Genişletilmiş Servis Setini (Extended Service Set - ESS) oluştururlar. Şekil 3.14’de BSS ve ESS’lerin oluşumu ve aralarındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 3.14 : Kablosuz Ağlarda Temel ve Genişletilmiş Servis Setleri

802.11x gibi standart WLAN’larda cihazlar Tasarısız (Eşler Arası) Mod (Ad-hoc Mode) ve Altyapı Modu (Infrastructure Mode) olmak üzere 2 moddan biri ile çalışırlar.

Ad-hoc modunda BSS bağımsız olarak tanımlanabilir. Her STA ağdaki bir diğeri ile doğrudan iletişim kurar. Bu mod, birbirileri ile iletişim mesafesinde olan STA için tasarlanmıştır. Eğer bir STA bu tanımlanmış mesafeden (kapsama alanından) dışarıya çıkarak iletişim kurmak isterse, arada başka bir STA ağ geçidi ve yönlendirici olarak görev yapmak zorundadır.

Infrastructure modunda ise, her STA bağlantı isteklerini bağlantı merkezi olarak bilinen Erişim Noktasına (AP) yollar. AP'ler, kablolu ağ anahtarları gibi çalışır ve iletişimi kablolu veya diğeri bir kablosuz ağa yönlendirir. AP'ler ve STA'lar veri iletişimine başlamadan önce kendi aralarında iletişim sağlamalıdır. Ancak aralarında iletişim sağlandıktan sonra veri alış verişi başlayabilir. AP ve STA arasında iletişim kurulması 3 aşamalı bir durum içerir. Bu aşamalar;

- Doğrulanmamış ve ilişkilendirilmemiş (Unauthenticated and Unassociated).
- Doğrulanmış ve ilişkilendirilmemiş (Authenticated and Unassociated).
- Doğrulanmış ve ilişkilendirilmiş (Authenticated and Associated).

şeklinde sıralanır.

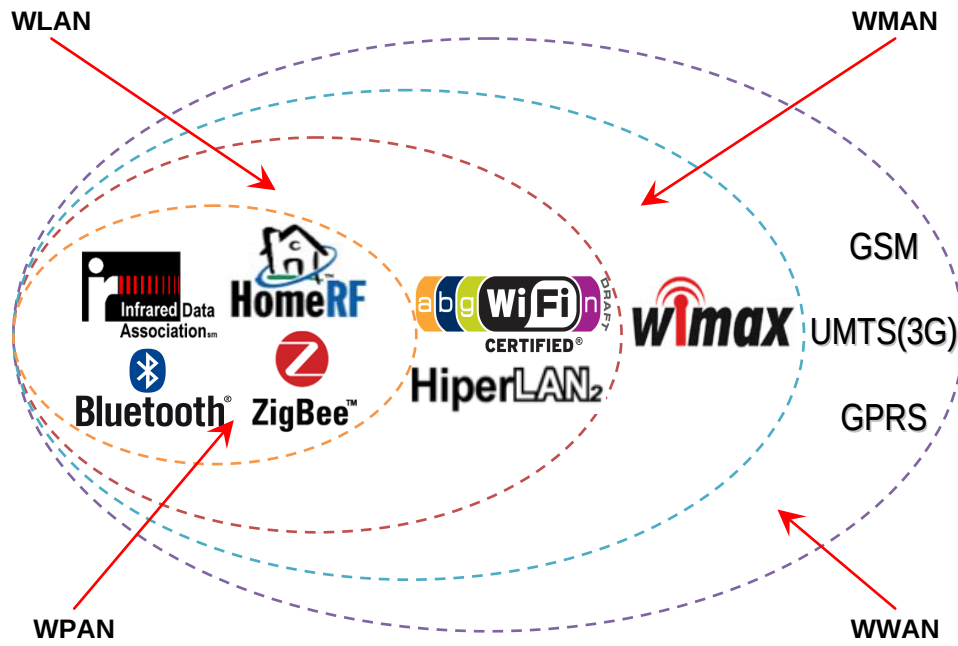
Durumlar arası geçiş, Yönetim Çerçeveleri (Management Frames) olarak adlandırılan iletişim alış-veriş mesajları ile gerçekleşir. AP'ler belli aralıklarla işaret yönetim çerçeveleri yollamak üzere tasarlanmışlardır. Bir AP ile iletişim kurmak ve BSS'e girebilmek için, STA bu işaret yönetim çerçevelerini dinler ve AP'in kendi iletişim mesafesinde olup olmadığını anlar. STA bu işaret çerçevesini (mesajını) aldığı zaman hangi BSS'e dahil olacağını seçer. Bu işaret çerçeveleri bütün ağ isimlerini ve Servis Seti Tanımlayıcılarını (Service Set Identifiers - SSID) içerir.

STA istenilen SSID ile iletişimde olduğu AP ye "araştırma istek" çerçevesini yollar. STA, AP'i tanımladıktan sonra birbirilerine kimlik denetimi için birkaç yönetim çerçevesi yollar. Halen iki farklı kimlik tanımlama mekanizması vardır. Bunlar; Açık Anahtar Kimlik Denetimi (Open Key Authentication) ve Ortak Anahtar Kimlik Denetimi (Shared Key Authentication). Genellikle kablosuz ağlar aksi belirtilmedikçe birinci mekanizmayı kullanırlar ve bu varsayılan değer olarak tanımlanmıştır.

Eğer kimlik tanımlama işlemi sorunsuz geçilirse, STA ikinci durum olan "Doğrulanmış ve ilişkilendirilmemiş" durumuna geçer. Bu noktada STA ilişkilendirilme istek çerçevesini yollar ve AP buna cevap verir. Eğer herşey yolunda giderse istasyon son ve 3. durum olan "Doğrulanmış ve ilişkilendirilmiş" durumuna geçer. Artık STA ağda bir kullanıcıdır ve istediği gibi veri transferine başlayabilir.

3.9 Kablosuz Ağ Teknolojileri

Kablosuz ağ teknolojileri, kablolu ağ teknolojilerinin kullanıldığı tüm ortamlarda verimliliği arttırmak, mobiliteden kaynaklanan esnekliği sağlamak, yedekleme amaçlı ve kablolu zorluğunun olduğu yerlerde kablosuz olarak erişilebilirliği devam ettirebilmek için kullanılabilir. Şekil 3.15'te günümüzde kullanılan kablosuz ağ teknolojileri ile kapsama alanlarına göre kategorileri gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Kablosuz Ağ Teknolojileri

Bazı teknolojilerin özellikleri itibarıyla birden fazla grupta yer alması söz konusudur. Ancak yaygın kullanımları dikkate alınarak kablosuz iletişim teknolojilerini Tablo 3.2'de belirtildiği şekilde sınıflandırmak mümkündür [67].

Tablo 3.2 : Kablosuz İletişim Teknolojilerini Sınıflandırılması

	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Standart	Bluetooth HomeRF IrDA	Wi-Fi HiperLAN	WiMAX HiperMAN	GSM, GPRS, CDMA ve 3G
Hız	~1 Mbps	11-54 Mbps	11-100 Mbps	10-384 Kbps
Mesafe	0-10m	0-250m	250m-50km	>50km
Uygulama	Cihazlar arası bağlantı/ Piconet	Cihazdan cihaza/ Ağ kurulumu	Kablo yerine/ Son kullanıcı erişimi	Mobil Telefon/ Mobil Veri

3.9.1 IrDA

Infrared Data Association yada kısa adıyla IrDA, bir çeşit kızılötesi iletişim teknolojisidir. Şekil 3.16’da Kızılötesi Bilgi Birliği’nin logosu gösterilmiştir. IrDA, aslında bir WPAN teknolojisi olmamasına rağmen WPAN sınıfında konumlandırılmaktadır. 1993 yılında 2m’den küçük mesafelerde kızılötesi tabanlı bağlantılar üretmek için geliştirilmiştir. İletişim kurulabilmesi için ilgili cihazların bağlantı uçları birbirilerine dönük olmalı ve aralarında herhangi bir engel olmamalıdır.



Şekil 3.16 : Kızılötesi Bilgi Birliği (Infrared Data Association - IrDA) [163]

IrDA çeşitli hızlarda veri alışverişine izin verebilir. SIR (Serial Infrared) ile 9600bps, 19.2kbps, 38.4kbps, 57.6kbps ve 115.2kbps; MIR (Medium Infrared) ile 0.576Mbps ve 1.152Mbps; FIR (Fast Infrared) ise 4Mbps hızlarında çalışabilir. 16Mbps hızına çıkabilen VFIR (Very Fast Infrared) ve 100Mbps hızına çıkabilen UFIR (Ultra Fast Infrared) üzerindeki çalışmalar halen devam etmektedir [82].

3.9.2 HomeRF

HomeRF ve özellikleri ilk olarak Mart 1998’de kurulan Home Radio Frequency Working Group (HomeRF WG) isimli çalışma grubu tarafından Ortak Kablosuz Erişim Protokolü (Shared Wireless Application Protocol-SWAP) adı altında duyurulmuştur. HomeRF evde bulunan PC, kablosuz telefon ve diğer cihazlar arasında ses ve veri iletişimini kablolu masrafına gerek kalmadan kablosuz olarak sağlamaktadır [83,84]. HomeRF çalışma gurubunun kurulmasından sonra pek çok firma bu guruba katılmış ve üye sayısı 100 civarına ulaşmıştır. Son olarak her biri kendi sektöründe lider konumda olan Compaq, Intel, Motorola, National Semiconductor, Proxim ve Siemens firmalarının katılımıyla çalışmalar sonuçlandırılarak SWAP 2.0 geliştirilmiştir. SWAP 2.0 ile başlangıçta 1.6Mbps olan veri iletişim hızı 10Mbps’e kadar çıkarılmıştır. Gelecekte veri iletişim hızının 20Mbps veya daha yükseğe çıkarılması hedeflenmektedir [83]. Şekil 3.17’te HomeRF’in resmi logosu görülmektedir.



Şekil 3.17 : Home Radio Frequency (HomeRF) Logosu

HomeRF'in el tipi cihazlarda çoklu ortam uygulamaları için 802.11b'den daha iyi bir teknoloji olduğu yönünde görüşler de bulunmaktadır [84]. HomeRF 2.0 sürümü'nün genel teknik özellikleri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3 : HomeRF'in Genel Teknik Özellikleri

Frekans Aralığı :	2402 - 2480 MHz
Veri Oranı :	10 Mbps (v.2 için)
Mesafe :	~50 metre
RF atlama :	50 kez/s
TX Çıkış Gücü :	Azami 20 dBm (100 mW)[67]

HomeRF 2.0 sistemlerinde FHSS modülasyon tekniği kullanılmaktadır. Bu teknikte veri kanalı bir frekanstan diğerine saniyede 50 defa atlamaktadır. 2.4GHz ISM bandını kullanan HomeRF aynı frekans bandını kullanan WLAN sistemleri tarafından girişime maruz kalmaktadır. Ancak Bluetooth teknolojisinin HomeRF üzerinde bir girişim etkisi yoktur. Çünkü HomeRF, kullandığı FHSS tekniği saniyesinde birbirine girişim yapmayan 15 frekans kanalına sahiptir. Bu değer DSSS tekniği kullanan WLAN sistemleri için 3'tür. HomeRF sistemler 120 ağıza kadar bağlantıyı destekleyebilirler. Veriyi şifreli olarak iletebilirler. Bu sayede güvenlik artırılmaktadır. Hali hazırda var olan kablolu ağlara katmak ise oldukça güçtür [67,76,83,84].

3.9.3 Bluetooth

Bluetooth³ küresel bir teknoloji olup, ilk olarak Ericsson Mobile firması tarafından 1994 yılında geliştirilmiş ve daha sonra 1998 yılında kurulan "Bluetooth Special Interest Group (SIG)" konsorsiyumu çatısı altında geliştirilmesine devam edilmiştir. Teknik özellikleri ilk olarak Temmuz 1999'da açıklanmıştır [85]. Daha sonra 2002 yılında Bluetooth v1.1 baz alınarak IEEE tarafından 802.15.1 olarak standartlaştırılmıştır. Başlangıçta Ericsson, Nokia,

³ Bluetooth: 10. yüzyılda Danimarka ve Norveç'i birleştiren Danimarka kralının adıdır. Asıl adı Harald Blatand olup ingilizce "Harold Bluetooth" olarak bilinir. Bu isim SIG'in Bluetooth özel çalışma grubunda etkili olan Ericsson ve Nokia tarafından ortaya konmuştur.

IBM ve Toshiba gibi şirketlerin oluşturduğu bu konsorsiyumun şu an 10000'nin üzerinde üyesi bulunmaktadır [85,86]. Şekil 3.18'de cihazların Bluetooth teknolojisine uyumlu olduğunu gösteren resmi logo görülmektedir.



Şekil 3.18 : Bluetooth Logosu

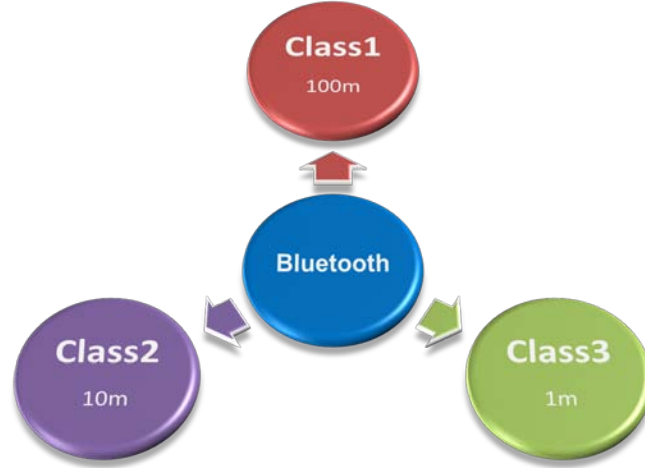
Bluetooth'un amacı; dizüstü bilgisayarlar, cep bilgisayarları, modemler, LAN erişim noktaları, cep, ev ve işyeri telefonları gibi sayısal cihazların birbirileri ile kablo bağlantısı olmadan görüş hattı doğrultusu dışında olsalar bile haberleşmelerine olanak sağlamaktır. Böylece Bluetooth, kısa mesafede ve kişisel kullanım esas alınarak, düşük ücret, düşük güç ve düşük profilli bir teknoloji olarak hedeflemiştir. HomeRF'in aksine Bluetooth kablo yerine kullanılacak noktadan noktaya bir ara yüz olarak düşünülebilir.

Bluetooth, 2.4GHz ISM bandında çalışan RF tabanlı bir WPAN teknolojisidir. 2.402GHz'den başlayarak 2.480GHz'e kadar 1MHz atlayarak oluşturulan 79 atlama frekansını kullanır. Dünyadaki tüm ülkelerin %95'i Bluetooth için bu frekans aralıklarını desteklemektedir. Modülasyon tekniği olarak FHSS kullanır. Full duplex olarak saniyedeki frekans atlama sayısı 1600'dür. Veri iletimi için Basic Rate (BR) ve Enhanced Data Rate (EDR) olmak üzere iki farklı iletim modu kullanır. Varsayılan temel iletim modu Basic Rate olup bu modda maksimum 1Mbps veri iletimi yapılabilirken EDR modunda bu değer 3Mbps'e kadar çıkmaktadır [85,86]. EDR, Bluetooth teknolojisinde mimari yapıyı değiştirmeden veri iletim hızını arttıran bir yöntemdir. BR yönteminden farklı olarak GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) yerine PSK (Phase Shift Keying) kullanır [87]. Bluetooth teknolojisinin genel özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir [67,85].

Tablo 3.4 : Bluetooth'un genel teknik özellikleri

	Class1	Class2	Class3
Frekans Aralığı :	2402 - 2480 MHz		
Veri Oranı :	1 Mbps (fiziksel) / EDR ile 3Mbps		
Kanal Band genişliği :	1 MHz		
Kanal sayısı :	79		
RF atlama :	1600 kez/s		
Şifreleme :	Cihaz ID ve 0/40/64 bitlik anahtar uzunlukları		
TX Çıkış Güç Seviyesi :	20 dBm (100mW)	4dBm (2.5mW)	0dBm (1mW)
İletişim Mesafesi :	~100 metre	~10 metre	~1 metre

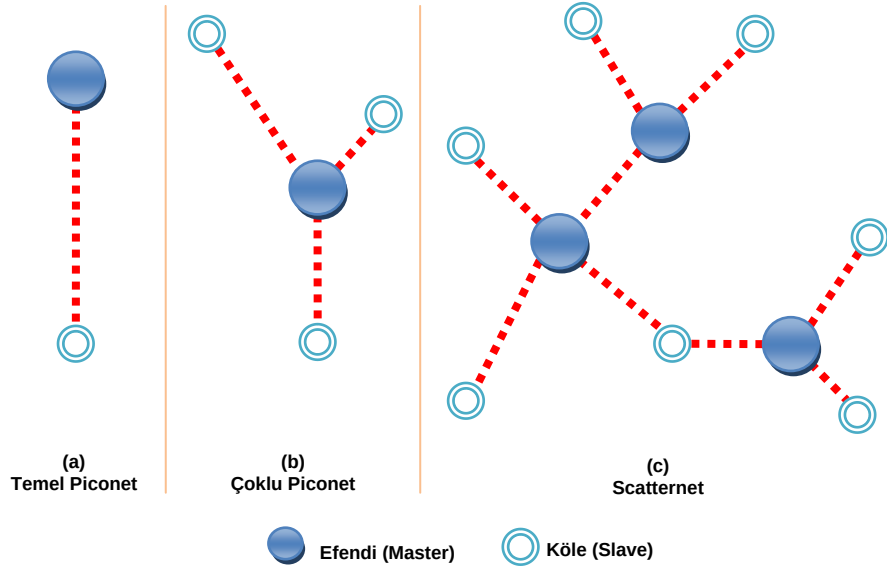
Bluetooth teknolojisinde değişik ihtiyaçları karşılamak üzere g ve mesafeleri farklı 3 ürün sınıfı tanımlanmıştır. Bunlar Class1, Class2 ve Class3 olarak adlandırılmaktadır. Bu sınıflar şekil 3.19’de gösterilmiş olup teknik zellikleri Tablo 3.4’te verilmiştir.



şekil 3.19 : Bluetooth rn Sınıfları

IEEE 802.11x gibi WLAN teknolojileri ve Bluetooth aynı ISM bandını kullanırlar. Her iki teknolojinin amacı cihazlar arasında RF yoluyla veri iletimi olmasına rağmen, fonksiyonları açıkça birbirinden farklıdır. WLAN teknolojileri orta g ve orta iletişim mesafeleri için uygunken Bluetooth gibi WPAN teknolojileri düşük güç, kısa iletişim mesafeleri için uygundur. WLAN sistemleri 802.11n ile ~250m bir iletişim mesafesine sahip iken Bluetooth’un mesafesi Class2 ile 10m Class1 ile en fazla 100m’ye kadar çıkabilmektedir [85].

Bluetooth teknolojisinin bir diğer özelliğide kullanıcılara kablosuz ağ bağlantısı veya internet erişimi sağlamaktır. Bluetooth cihazları 8 adede kadar birlikte “master-slave (efendi-köle)” durumunda bir ağ oluşturabilirler ki buna “Pikonet” (Piconet) adı verilir. Bir Pikonet’te bir cihaz master konumunda iken diğer 7 cihaz slave konumundadır. Slave cihazlar master cihaza bağlanabilir ve böylece kablosuz ağ zinciri oluşturulur. Master cihaz, ağı kontrol eder. Pikonet’deki tüm cihazlar aynı frekans kanalını ve aynı frekans atlama sırasını kullanırlar. Kapsama alanı genişletmek amaçıyla Pikonet’ler birbirine bağlanarak “Scatternet”ler oluşturulabilir. Bu durumda her Pikonet farklı bir atlama kanalı kullanılır. Bluetooth sistemi cihazdan-cihaza çalışma modeline ve sabit erişim noktalı ağ oluşumuna imkan vermekle birlikte en popüler kullanımı aynı fiziksel ortamdaki mobil cihazları birbirine bağlanması şeklinde-dir. Farklı kullanıcı sayılarına sahip Piconet ve Scatternet yapısı şekil 3.20’te verilmiştir.



Şekil 3.20 : Piconet ve Scatternet Oluşumu

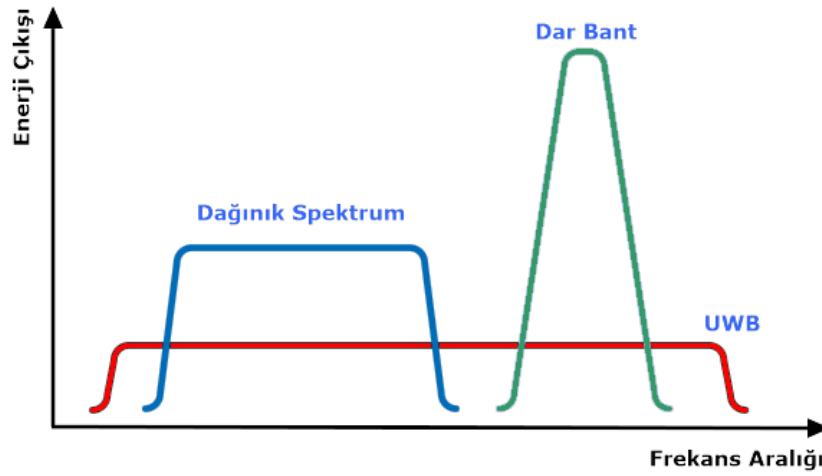
WLAN sistemlerinde olduğu gibi Bluetooth teknolojisi de kullanıcıya birçok imkan sunarken birtakım dezavantajlara da sahiptir. Yukarıda belirtildiği gibi mesafesi WLAN cihazlarına göre oldukça düşüktür. Bu açıdan Bluetooth'un WLAN teknolojilerine bir tehdit unsuru olarak görülmesi doğru değildir. Güvenlik açısından bakıldığında, gizliliğin korunması ve garanti edildiğinin ispatlaması gibi temel konularda güvenliğin sağlandığı tam olarak söylenmemiştir. Bu nedenle kullanıcı güvenini kazanmak için gizliliğin garanti edilmesi gerekmektedir.

Bluetooth kullanmanın olumsuz noktalarından birisi de aynı ISM bandını kullanan 802.11x teknolojileri ile olan girişim (Interference) sorunudur. Eğer aynı frekans ve zaman aralıkları kullanılırsa her iki sistem arasında karşılıklı girişim oluşmaktadır. Dahası her iki sistemde de paket anahtarlama tekniği kullanıldığından girişim durumunda veri iletim hızı oldukça düşmekte ve hatta kesilebilmektedir. Ancak her iki sistemde yoğun hata kontrolü ve hata oluşması durumunda yeniden gönderme özelliğine sahip olması nedeniyle girişim durumunda veri kayıpları büyük oranda engellenmektedir. 802.11x teknolojileri en kötü durumda en düşük hız olan 1Mbps'e düşer, Bluetooth'un ise maksimum hızında %22 azalma olur. Bluetooth kullanan pek çok sistemde bu önemli olmayabilir. Ancak büyük hız düşmeleri bazı uygulamalar için çok önemli olabilir ve sistemin durmasına neden olabilir. Pazarlama açısından bakıldığında Bluetooth ve 802.11x teknolojileri ve hatta UMTS, birbirilerine rakip olmaktan ziyade büyük ölçüde birbirilerini tamamlamaktadır [67].

3.9.4 UWB (Ultra Wide Band)

UWB (Ultra Wide Band) teknolojisi, özellikle ev ağlarında, geniş band veri iletişimi için video kamera, televizyon ve bilgisayar gibi aygıtlar arasında yoğun verilerin (hareketli görüntülerin ve seslerin) kablosuz olarak iletilmesi amacıyla geliştirilmiştir [88].

UWB, çok yüksek hızlı bir WPAN teknolojisidir. 3.1Ghz ile 10.6GHz arasındaki (7.5GHz'lik) bir band genişliğini, kısa mesafede düşük güç ile kullanır. Kanal kapasitesi bakımından IEEE 802.11x ve Bluetooth gibi diğer kısa mesafe kablosuz teknolojilerden daha üstün performans göstermektedir. Şekil 3.21'de UWB frekans aralığının DarBand ve Dağınık Spektrum sinyallerine göre karşılaştırılması gösterilmektedir.



Şekil 3.21 : DS, DB ve UWB sinyallerinin karşılaştırması

Şekil 3.21'den de görüleceği üzere UWB sinyalinin düşük güç seviyelerinde olduğu görülür. Bu özelliği sayesinde mevcut dar band sinyallerine girişim söz konusu olmaz. Diğer sinyallere göre daha düşük güç harcarken buna karşın çok geniş bir frekans aralığını kullanır. UWB, IEEE 802.15.3a standardını temel alır. Oluşturulan standartta 10m mesafede 110Mbps veri iletim hızına, 4m mesafede ise 200Mbps veri iletim hızına çıkılmaktadır [89]. Daha düşük mesafelerde çok daha yüksek veri iletim hızları hedeflenmekte olup bu teknoloji üzerindeki geliştirmeler halen devam etmektedir [90].

İki farklı UWB tekniği mevcuttur. Bunlardan ilki DS-UWB diğeri ise OFDM tekniğidir. UWB tamamen sayısal bir haberleşme sistemi olduğu için Darbe Konum Modülasyonu (PPM), Darbe Genlik Modülasyonu (PAM) ve OOK (On/Off Keying) gibi temel band sayısal modülasyon teknikleri kullanır [90].

3.9.5 ZigBee

Wi-Fi ve Bluetooth teknolojilerinin bazı uygulama alanlarında yetersiz kaldığını gören üreticiler ilk olarak 1998 yılında (ZigBee tarzı) kendi kendine organize olabilen ad-hoc kablosuz ağları dile getirmişler daha sonra IEEE tarafından bu istekler 802.15.4 olarak Mayıs 2003'te standartlaştırılmıştır. ZigBee'nin ilk teknik detayları ZigBee Alliance tarafından Aralık 2004'te onaylanmış ve Haziran 2005'te versiyon 1.0 (ZigBee 2004 olarak) kullanıma sunulmuştur. Versiyon 1.0'a göre daha gelişmiş olan ZigBee 2006 Eylül 2006 tarihinde yayınlanmıştır. Son olarak Eylül 2007'de ZigBee PRO adıyla bilinen en son halini almıştır [93,94].

ZigBee'nin amacı özellikle sık kullanılmayan ama uzaktan kullanımda gerekebilen cihaz yada sensörlere düşük güçlü, düşük maliyetli ve güvenilir bir kablosuz ağ protokolü sunmaktır. Bu konudaki en tanınmış rakibi aslında Bluetooth olmakla beraber farklı pazarlara hitap ederler. Farkı ise daha az enerji harcaması ve büyük olasılıkla tekrar şarj edilmeyecek piller ile kullanılacak olmasıdır. Başka bir diğer deyişle ZigBee, yıllarca bilgi gönderebilecek, ama çok yavaş gecikme zamanlı ve genelde uykuda olan kablosuz sensör gibi cihazlar için uygundur. Sık kullanılan cihazlar için uygun değildir [91-94]. Şekil 3.22'de ZigBee Alliance ve ZigBee uyumlu cihazlar için kullanılan logo gösterilmektedir.



Şekil 3.22 : ZigBee Logosu

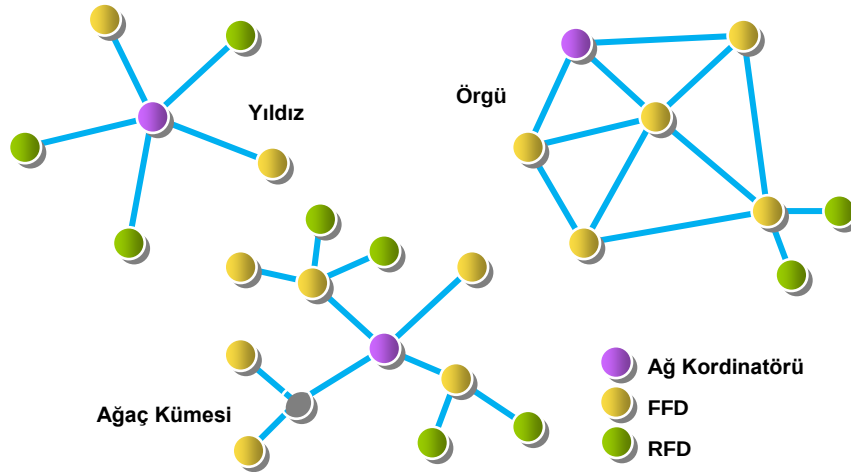
Bir WPAN teknolojisi olan ZigBee, 2.4GHz ISM bandını kullanır. Buna ek olarak, Amerika kıtasında 915MHz ve Avrupa'da 868MHz'de de kullanılabilir. 2.4GHz bandında 10 kanal ile 250kbps, 915MHz frekansında 6 kanal ile 40kbps ve 868MHz frekansında 1 kanal ile 20kbps hızlarına erişilebilmektedir. İletişim mesafesi iletim gücü ve çevre etkilerine bağlı olarak 10 ile 75m arasında değişmektedir [91,92].

İletilen verinin akışına bağlı olarak ZigBee cihazları gerek duyduğunda uyku moduna geçerek enerji tasarrufu sağlayabilirler. Bu sayede saatler süren uyku devreleriyle birlikte bataryanın kullanım süresi aylarca (2 yıldan fazla) sürebilmektedir [91,95]. Bu özelliği ile ZigBee izleme ve kontrol amaçlı kablosuz sensör ağlarda çok önemli bir konuma gelmektedir. Tablo 3.5'te bu teknolojinin temel özellikler ve diğer teknolojiler ile karşılaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 3.5 : ZigBee Teknolojisinin Karşılaştırmalı Özellikleri

Özellik	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	GPRS/GSM
Odaklanma Alanı	İzleme ve Kontrol	Kablo Yerine	Web, E-mail, Video	Geniş alan ses ve veri
Sistem Kaynağı	4-32 Kb	250 Kb +	1 Mb +	16 Mb +
Pil Ömrü (Gün)	100-1000 +	1-7	0,5-5	1-7
Ağ Boyutu (Uç)	2^{64}	7	32	1000
Ağ Veri Genişliği (kbps)	100-1000 +	720	11000-54000	64-128 +
Kapsama Alanı (m)	1-75	1-10 +	1-100	1000 +
Başarı Alanları	Dayanıklılık, Maliyet, Düşük Güç tüketimi	Maliyet, Rahatlık	Hız, Esneklik	Ulaşılabilirlik, Kalite

ZigBee ağlarda, Yıldız (Star), Örgü (Mesh) ve Küme Ağaç (Cluster Tree) olmak üzere 3 farklı topoloji söz konusudur. Daha az güç tüketimi ve bu sayede batarya ömrünü uzatmak için yıldız topoloji uygunken etkin iletişim ve kesintisiz veri iletimi için örgü topoloji daha kullanışlıdır. Küme ağaç topolojisi ise ilk iki topolojinin bir kombinasyonu niteliğinde olup etkin iletişim ve verimli güç kullanımı amaçlar [95]. Şekil 3.23’de ZigBee teknolojisinde kullanılan ağ topolojileri gösterilmektedir.



Şekil 3.23 : ZigBee Ağ Topolojileri

ZigBee cihazlarını “kullanım amaçları” ve “işlevsellik” bakımından gruplandırmak da mümkündür. Bunlar;

- **Kullanım Amacı (Mantıksal) Bakımından;** Koordinatör, Yönlendirici ve Uç Noktası olmak üzere üçe ayrılır.
- **İşlevsellik (Fiziksel) Bakımından;** Tam Fonksiyonlu Cihaz (Full Fonctional Device - FFD) ve Azaltılmış Fonksiyonlu Cihaz (Reduced Fonctional Device - RFD) olarak ikiye ayrılır.

şeklinde sayılabilir [91,95].

Kullanım amaçları açısından bakıldığında, Koordinatör, ağın oluşturulması ve yönetilmesinden sorumludur. Ağa dahil olan tüm düğümler hakkındaki bilgileri saklar. Yönlendirici ise düğümler arası haberleşme ve verilerin yönlendirilmesinden sorumludur. Koordinatör ve Yönlendirici, güç gereksinimini daha çok şebeke enerjisinden karşılar. Uç noktası ise daha çok batarya üzerinden güç ihtiyacını karşılar ve gerektiğinde batarya ömrünü uzatmak için uyku moduna geçerek enerji tasarrufu sağlar. Uç noktaları daha çok bilgi toplayan ve bunları yönlendirici üzerinden başka noktalara ileten cihazlardır [91,95].

İşlevsel açıdan bakıldığında, FFD cihazlar herhangi bir topolojide (koordinatör veya düğüm gibi) herhangi bir rol üstlenebilirler. Diğer FFD ve RFD cihazlar ile konuşabilirler ve genelde şebekeden besleme alırlar. RFD cihazlar ise Ağ koordinatörü olamazlar ve sadece FFD'ler ile konuşabilirler. Çok basit yapıdadırlar ve genellikle batarya beslemesi kullanırlar. Bir ağ içerisinde daha çok düğüm görevi görürler [95].

ZigBee teknolojisinin kullanım alanı o kadar çok ki bunlar ev aygıtlarından, arabaların çeşitli parçalarına kadar bir çok yer olabilir [93,94]. Sonuçta bilgi alınmak istenilen her nokta ZigBee için uygun bir sistemdir. Ayrıca kablosuz ve ucuz olduğundan kablolu maliyetlerinin de düşürebilir. Hatta bazı versiyonları kendi enerjilerini üretecek şekilde de tasarlanabilir. Günümüzde özellikle telemetri [22,23,31,36] uygulamalarında sıklıkla tercih edildiği görülmektedir.

3.9.6 Wi-Fi (IEEE 802.11x)

Kelime anlamı olarak Wi-Fi, “Wireless Fidelity”nin kısaltması olup “Kablosuz Bağlılık” veya “Kablosuz Bağlantı” anlamına gelir. Kablosuz bağlantılar için bir uyumluluk göstergesi olup bu uyumluluğu gösteren logo Şekil 3.24’te gösterilmektedir.



Şekil 3.24 : IEEE 802.11a/b/g/n standartlarını gösteren logo

Wi-Fi, WLAN uygulamalarında en çok kullanılan ve bugünkü popülerliğini kazandıran IEEE'nin 802.11 standartlarına dayanır. Bu standart IEEE tarafından ilk olarak Haziran 1997’de yayımlanmıştır [96]. Elde edilen başarı sonrasında IEEE tarafından WLAN uygulamaları için 802.11x adı altında bir dizi standart daha yayımlanmıştır. 802.11a, 802.11b, 802.11g standartları

bunlar arasındadır. Son olarak 2003 yılında IEEE tarafından yeni ve daha etkin bir standart üzerinde çalışmalara başlanmış ve standardın geliştirilmesi için 802.11TgN Görev Grubu kurulmuştur. Bu grup 802.11n adıyla bilinen standart için halen geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir. 802.11n standardının Kasım 2009'da genel kullanıma sunulması hedeflenmektedir [96].

IEEE 802.11 temel standardı ile 2.4GHz bandında FHSS veya DSSS teknikleri kullanılarak 2Mbps'e kadar veri iletişimi sağlanabilmektedir. 802.11 standardının esas amacı mevcut kablolu LAN'ların, kablosuz olarak genişlemesine olanak tanımak ve sabit sistemlerle mobil sistemleri bir çatı altında toplamaktır [96]. 2.4GHz bandında çalışan ve 11Mbps veri iletim hızına sahip olan IEEE 802.11b ve aynı frekans bandında 54Mbps hızına sahip olan 802.11g Türkiye dahil dünyanın bir çok yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde 802.11g standardını destekleyen cihazlar daha çok rağbet görmektedir. Bu standartları geliştirme ve yeni standartlar hazırlama çalışmaları devam etmektedir. Tablo 3.6'de geliştirme çalışmaları tamamlanmış ve ürünleri piyasada bulunan IEEE 802.11x standartları ile Kasım 2009'da tamamlanması öngörülen ve şu anki IEEE 802.11a/b/g [96] standartlarına göre daha çok şeyler vadeden IEEE 802.11n'in genel teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.6 : IEEE 802.11 a/b/g/n standartları ve genel özellikleri [67,97,98]

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Çıkış Tarihi	1997	1999	1999	2003	Kasım 2009 ⁴
Max. Veri Hızı	2 Mbps	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Modülasyon	FHSS, DSSS	OFDM	DSSS, CCK	DSSS, CCK	DSSS, CCK OFDM
Frekans Bandı	2,4 GHz	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz, 5 GHz
Uzaysal Şaçınım	1	1	1	1	1, 2, 3, 4
Kanal Genişliği	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 ve 40 MHz
Kanal Sayısı		19	11,13,14	11,13,14	11,13,14,19
Menzil	~20 -100m	~35 -120m	~38 -140m	~38 -140m	~70 -250m
Güvenlik	WEP, WPA	WEP, WPA	WEP, WPA	WEP, WPA	WEP, WPA

IEEE 802.11n kablosuz ağ teknolojisini çekici kılan yönler; geriye dönük uyumlu olması, daha yüksek veri iletim hızlarına ve uzak mesafelere erişim imkânı vermesi ile daha yüksek güvenilirlik sağlamasıdır. Şu an piyasada bulunan taslak cihazlar, 300Mbps'e kadar veri iletim hızlarına çıkabilmektedirler. Bu değer 802.11a/g ağlarda 54Mbps, 802.11b ağlarda 11Mbps'tir. 802.11b ve g teknolojileri sadece 2.4GHz frekans bandını, 802.11a teknolojisi sadece 5GHz frekans bandını kullanabiliyorken, 802.11n, 2.4GHz ve 5GHz bandlarının her

⁴ http://www.ieee802.org/11/Reports/tgn_update.htm adresinde standardın ilerleme aşamaları görülebilmektedir. Standardın Kasım 2009 tarihinde son şekliyle yayınlanması beklenmektedir.

ikisini de aynı anda kullanabilmektedir [67,97,98]. 802.11n, yukarıdaki bu özellikleri sağlamak için halefi olduğu standartlara göre (MIMO, Channel Bonding ve Packet Aggregation gibi) bir takım yeni teknikler kullanır [97].

802.11n, henüz geliştirilme aşamasında olmasına rağmen piyasada, taslak standarda uyumlu ağ erişim cihazları ve istemci arayüzleri bulmak mümkündür. Bu noktada üretici firmalar, 802.11n standardı son haline geldiğinde, cihazlar üzerinde sadece yazılımsal olarak değişiklikle uygun hale getirilebileceğini, donanımsal bir değişiklik olmayacağını öngörmektedirler [74,97,98]. Bu standart vaat ettiği veri iletim hızı ve güvenilirlik ile internet telefonu, müzik ve video yayını, yedekleme ve IPTV gibi yüksek band genişliği isteyen uygulamalara cevap verebilecek boyutta olacaktır. Tablo 3.7’de IEEE 802.11x standartlarının tamamı ile bu standartların genel işlevleri ayrıntıları ile verilmiştir.

Tablo 3.7 : IEEE 802.11x standartları ve genel işlevleri [96]

IEEE 802.11	Bu standart 1997’de orijinal olarak 1Mbps ve 2 Mbps olarak 2.4GHz hızını destekler. 802.11F ve 802.11T dışında aşağıda listelen tüm varyasyonlar bu standartta yapılan değişikliklerdir.
IEEE 802.11a	54 Mbit/s, 5 GHz standard (1999’ da çıktı ve ilk ürünlerin satışı 2001’de oldu)
IEEE 802.11b	802.11’in 5.5 ve 11 Mbps desteği için genişletilmiş hali (1999)
IEEE 802.11c	IEEE 802.1D standardını içeren köprüleme işlemleri (2001)
IEEE 802.11d	Uluslararası (ülkeden-ülkeye) dolaşım genişletmesi (2001)
IEEE 802.11e	Paket patlamasını da içeren QoS genişletmesi (2005)
IEEE 802.11f	Inter-Access Point Protokolü (2003) Şubat 2006’da geri çekildi.
IEEE 802.11g	54 Mbit/s, 2.4 GHz standard (backwards compatible with b) (2003)
IEEE 802.11h	Spectrum Managed 802.11a (5 GHz) for European compatibility (2004)
IEEE 802.11i	Arttırılmış güvenlik (2004)
IEEE 802.11j	Japonya için genişletme (2004)
IEEE 802.11-2007	Standartın yeni sürümü a, b, d, e, g, h, i & j’deki değişiklikleri içerir (Temmuz 2007)
IEEE 802.11k	Radio kaynak ölme genişletmesi (2008)
IEEE 802.11l	(Reserve edilmiş ve kullanılmayacak)
IEEE 802.11m	802.11-2007’den buyana Standard üzerine bakım (devam ediyor)
IEEE 802.11n	MIMO kullanımıyla yüksek performans (Kasım 2009)
IEEE 802.11o	(Reserve edilmiş ve kullanılmayacak)
IEEE 802.11p	Ambulans ve yolcu arabaları gibi araçlar için kablosuz erişim (çalışmalar devam ediyor - 2009?)
IEEE 802.11q	(802.1Q VLAN tagging ile karıştırılabilir diye reserve edilmiş ve kullanılmayacak)
IEEE 802.11r	Hızlı dolaşım çalışması "Görev Grubu r" - (2008)
IEEE 802.11s	Mesh Networking, Genişletilmiş Servis Seti (ESS) (üzerinde çalışmalar devam ediyor - 2010?)
IEEE 802.11t	Kablosuz Performans Tahmini (WPP) için test yöntemleri ve ölçütleri tavsiyesi (2008)
IEEE 802.11u	Hücresele ağlar gibi 802 olmayan ağlarla çalışabilme (teklif değerlendirme Mart 2010?)
IEEE 802.11v	Kablosuz ağ yönetimi (ön öneri aşamasında - Eylül 2010?)
IEEE 802.11w	Korumalı yönetim çerçeveleri (ön öneri aşamasında - Eylül 2009?)
IEEE 802.11x	(802.1x Network Access Control ile karıştırılabilir diye reserve edilmiş ve kullanılmayacak) Genelde 802.11 ailesi için kullanılır
IEEE 802.11y	ABD’de 3650-3700 MHz çalışma için (2008)
IEEE 802.11z	Doğrudan bağlantı kurma (DLS) için genişletmeler (Ağustos 2007 - Aralık 2011)
IEEE 802.11aa	Ses video aktarımları için sağlam bir akış mekanizması (Mart 2008 - Mayıs 2011)
IEEE 802.11ac	Çok yüksek iletişim performansı <6GHz (Eylül 2008 - Aralık 2012)
IEEE 802.11ad	Aşırı yüksek iletişim performansı 60GHz (Aralık 2008 - Aralık 2012)

3.9.7 HiperLAN

HiperLAN (High Performance Radio LAN), 1996 yılında yüksek hıza sahip bir WLAN standardı olarak Avrupa ülkelerinde geliştirilmiştir. Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (European Telecommunications Standards Institute - ETSI) tarafından tanımlanmış olup HiperLAN₁ ve HiperLAN₂ olmak üzere iki tipi vardır. Her iki tipte de OFDM tekniği kullanılmaktadır. HiperLAN'lar, 802.11 standartları ile benzer özellik ve kapasiteye sahiptir [99,100].

HiperLAN₁ 5GHz frekans bandında 20 Mbps veri iletim hızı sağlamaktadır. HiperLAN₂ ise aynı frekans bandını kullanarak 54Mbps veri iletim hızlarına ulaşabilmektedir [100]. HiperLAN₂'nin PHY katmanı 802.11a ile aynıdır ve iki grup ortak çalışma yürütmektedirler. Şekil 3.25'de HiperLAN₂ logosu görülmektedir.



Şekil 3.25 : HiperLAN₂ Logosu

HiperLAN'lar ATM teknolojisi esaslı olup özellikle HiperLAN₂ ağlarında AP'lerden uç sistemlere bağlantıya yönelik bir yaklaşım vardır. Bu yapı hizmet kalitesi kriterlerinin (QoS) sağlanmasına olanak vermektedir. Böylece, 802.11 uygulamalarının aksine ses ve görüntü aktarımı için gerekli iletişim türü desteklenebilmektedir. Diğer bir deyişle 802.11 teknolojisinden daha iyi servis kalitesine sahiptir. Ancak henüz 802.11 teknolojisi kadar yaygın değildir [101]. Tablo 3.8'da HiperLAN₂ ile 802.11a standardı karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.8 : HiperLAN₂ ile 802.11a standardının karşılaştırması

Özellik	HiperLAN ₂	802.11a
Brüt Aktarım Oranı	54 Mbps	54 Mbps
Net Veri Oranı	32 Mbps	32 Mbps
Frekans Bandı	5 GHz	5 GHz
Frekans Seçimi	Tek Taşıyıcı	DFS ile Tek Taşıyıcı
Ortama Erişim	TDMA/TDD	CSMA/CA
Şifreleme	DES, 3DES	40 bit RC4
Modülasyon Yöntemi	OFDM	OFDM

3.9.8 HiperMAN

HiperMAN, WiBro ve WiMAX (IEEE 802.16) standartlarına karşılık olarak, ETSI BRAN grubu tarafından bir WMAN standardı olarak geliştirilmiştir. Ağlar arasında 2-11GHz frekans aralığında sabit geniş band kablosuz erişim (Fixed Broadband Wireless Access - FBWA) hedefleyen bir iletişim teknolojisidir [99,102,103].

HiperMAN, 256 nokta dönüşümü ile OFDM tekniğini kullanır. TDD (Time Division Duplex) ve FDD (Frequency Division Duplex) çoğullamalarının her ikisinde kullanır. Tipik kanal genişliği, kullanıma bağlı olarak 1.5MHz ile 28MHz arasında değişmektedir [103]. Anten kazancı, propagasyon ve çevresel faktörlere bağlı olarak veri iletim mesafesi NLOS⁵ koşullarda 2-4km ve LOS⁶ koşullarda 10km'ye kadar çıkabilmektedir [99,103]. Noktadan - Çoklu Noktaya (Point-to-Multipoint - PTMP) ve Örgü (Mesh) ağ yapılarını destekler [102].

3.9.9 WiBro

Güney Kore Cumhuriyeti tarafından WiMAX alternatifi olarak yüksek band genişliği, mobilite, düşük maliyet ve geniş kapsama alanı sağlamak amacıyla geliştirilen bir WMAN teknolojisidir. 2004 yılından beri geliştirilen bu teknoloji standardı WiMAX geliştiricileri için bir rekabet ortamı oluşmasına katkıda bulunmuştur. 2004 yılının sonunda Intel ve LG arasında varılan anlaşmada WiBro ile WiMAX arasında uyum sağlama çalışmaları başlamıştır [104,105].

WiBro 2.3-2.4GHz frekans bandında çalışmakta olup TDD ve OFDMA tekniklerini kullanır. Wibro baz istasyonlar 1-5km mesafelerde 30-50Mbps veri iletim sağlamakla beraber kullanıcılara 60km/saat araç hızlarında 512-1024kbps haberleşme imkanı sunar [104].

WiBro, 3G ve 4G cep telefonu şebekelerine göre ortada konumlandırılabilir alternatif bir teknolojidir. Hücrel çalışmayı desteklediği gibi Hızlı Eldeğiştirme (Fast Handover⁷) ile mobil IP tabanlı sistemlerde uygun bir altyapı oluşturabilir [105].

⁵ NLOS (Non Line of Sight) : Görüş hattının olmadığı sinyal iletim şeklidir. Alıcı ve verici birbirlerini doğrudan göremezler. Gönderilen sinyal, çevredeki ortamlardan yansıma yoluyla engelleri aşip vericiden alıcıya ulaşır.

⁶ LOS (Line of Sight) : Görüş hattının olduğu sinyal iletim şeklidir. Alıcı ve verici birbirini doğrudan görür. Gönderilen sinyal herhangi bir yansıma olmaksızın doğrudan vericiden alıcıya ulaşır.

⁷ Handover : Hareket halindeki bir kullanıcının bağlantısının ve veri iletiminin kopmadan bir baz istasyonundan diğerine geçiş işlemine denir.

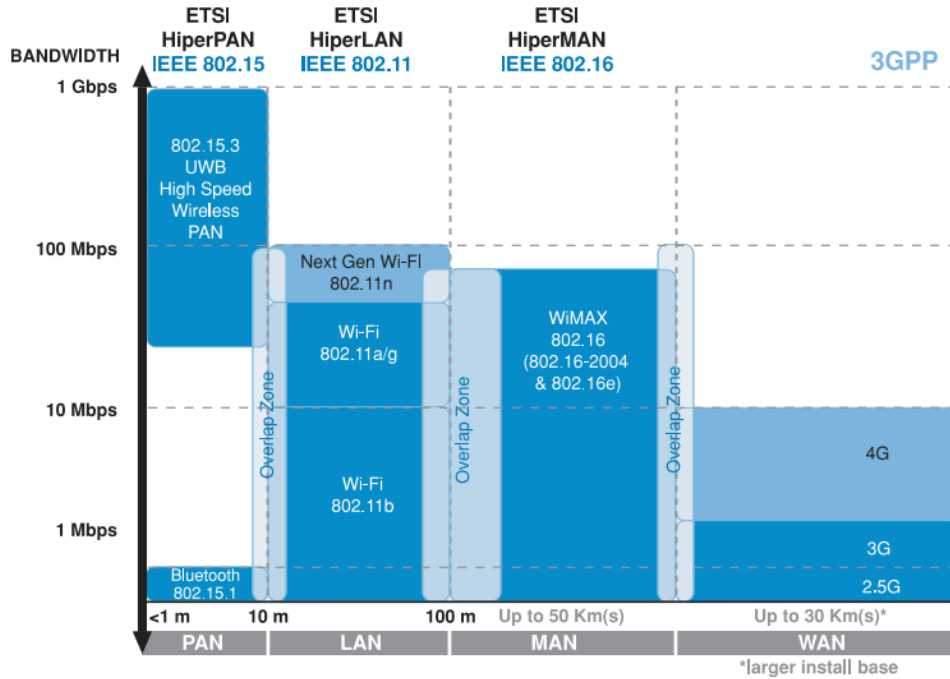
3.9.10 WiMAX

Günümüzde genişband erişim teknolojileri kullanılarak her yerde ses, veri ve görüntünün tek bir ortam üzerinden taşınabildiği iletişim ortamlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla geliştirilen teknolojilerden birisi de WiMAX'tır. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access - Mikrodalga Erişimi için Evrensel Uyumluluk), IEEE 802.16x ve ETSI HiperMAN standartlarına dayandırılan, geniş band kablosuz erişim sağlama ihtiyacına cevap vermek üzere tasarlanmış bir WMAN teknolojisidir. WiMAX teknolojisi, pek çok özelliği ile günümüzde hızla kabul gören bir teknoloji olmaktadır [60]. Şekil 3.26'te bu teknoloji uyumlu cihazlarda kullanılan uyumluluk logosu gösterilmektedir.



Şekil 3.26 : WiMAX Uyumluluk Logosu

WiMAX teknolojisi, sabit istasyonlar için yaklaşık 50km, mobil istasyonlar için yaklaşık 15km çapında bir alanda etkili ve 70Mbps hızında kablosuz ağ erişimi sağlar. WiMAX, girişimlerden kaçınan bir protokol yapısı (CSMA/CA) kullanır [58,62]. Şekil 3.27'te mesafe ve bandgenişliğine göre WiMAX'ın diğer teknolojilere göre konumlandırılması gösterilmektedir.



Şekil 3.27 : Mesafe ve Band Genişliğine göre Kablosuz Ağlar ve Standartları [56]

WiMAX, farklı alanlarda kullanım için kendi içinde değişik alt standartlar içermektedir. Bunlardan ilki büyük antenler vasıtasıyla sabit bilgisayarlarda kablosuz ağ erişimi imkânı sağlayan 802.16a standardıdır. Özellikle kablolu teknolojilerin ulaşmadığı noktalar için ideal olan bu standart, IEEE tarafından revize edilip 802.16-2004 olarak yeniden yayınlanmıştır. Bu standart kapalı alanlarda 300Mbps hızına çıkmayı hedeflemektedir [60].

Bir başka alt standart olan 802.16e aynı zamanda “Mobil WiMAX” olarak adlandırılır. Bu standart, arabada, otobüste veya trende seyahat ederken, ya da benzeri koşullar altında PDA veya dizüstü bilgisayarlar aracılığıyla kesintisiz, yüksek hızda kablosuz ağ erişimi sunmayı amaçlamaktadır. Ayrıca 802.16e revizyonu 3G teknolojisine rakip olarak görülmektedir [60-63]. GSM şebekeleri tarafından desteklenen 3G teknolojisinin en büyük avantajı ucuz olması. Fakat uygulanması halinde WiMAX’ın hızına yetişmesi mümkün gözükmemektedir.

Standartın ilk versiyonu olan 802.16 10-66GHz frekansında çalışırken baz istasyonlarının kurulduğu kulelerin görüş açısında bulunması (LOS) gerekmektedir. Daha sonra geliştirilen 802.16a standardı ile 2-11GHz frekans aralığı kullanılırken baz istasyonunu görme ihtiyacına gerek yoktur (NLOS). Bu aralık içinde şimdilik 2.5, 3.5 ve 5.8GHz’in kullanılması planlanırken 50km uzaklıkta dahi 70Mbps hızlarına varan Internet erişimi sağlanabilmektedir.

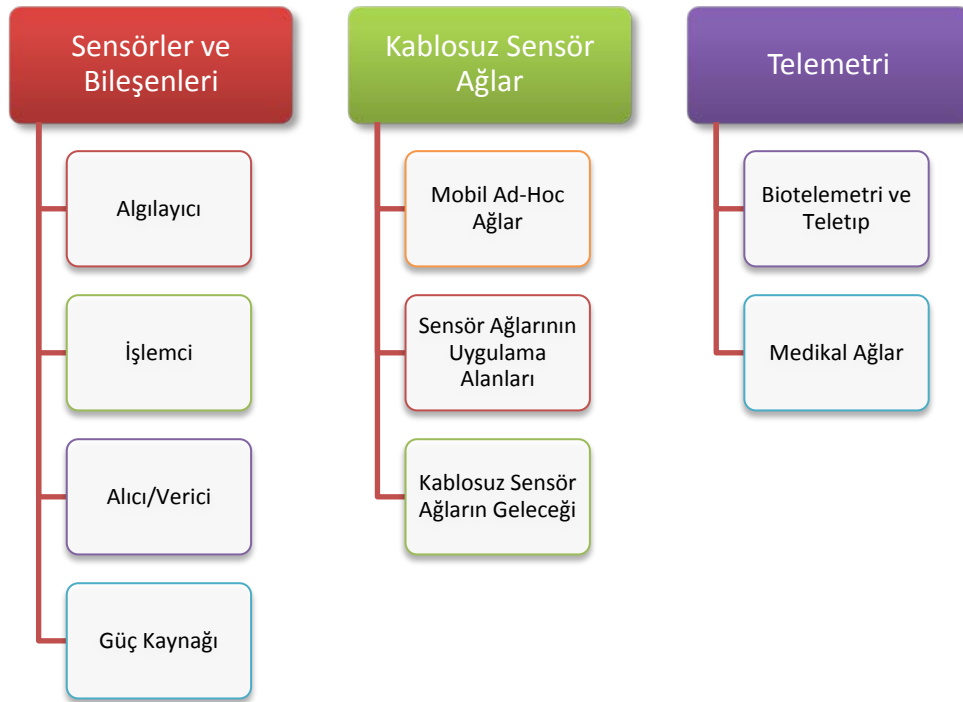
WiMAX teknolojisinde OFDM ve MIMO teknikleri kullanılır. OFDM, Wi-Fi/802.11 ve WiMAX/802.16 tarafından kullanılan taban RF tekniği iken MIMO ise WiMAX’ın etkinliğini dört katına kadar çıkartan gelişmiş bir anten tekniğidir. Bu iki gelişmekte olan teknik sayesinde tek bir baz istasyonundan daha fazla kullanıcıya hizmet sunma olanağı daha az spektrum kullanarak gerçekleştirilebilmektedir.

Bilgisayar ağlarının yanı sıra cep telefonları için baz istasyonları, geniş band internet ve telefon şebekesi de kendi başlarına birer yapıya sahiptirler. WiMAX teknolojisiyle birlikte gelişen metropol ağ bağlantısı sayesinde bu hizmetlerin hepsinin tek bir ağ üzerinden yapılabilmesi olanağı doğmuştur. Bu noktada WiMAX kullanılarak aynı hat üzerinden hem telefon, hem internet, hem de televizyon altyapısı kurmak mümkün olacaktır.

4 KABLOSUZ SENSÖR AĞLAR VE TELEMETRİ

4.1 Giriş

Bu bölümde sensörlerin yapısı, kalosuz sensör ağlar ve sensörler aracılığı ile yapılan telemetri konuları anlatılmış, daha sonra biyotelemetri ve medikal ağ kavramları üzerinde durulmuştur. Böylece tez projesinin uygulama alanı içerisinde temel unsurlar olan sensör, sensör ağlar ve telemetri kavramlarının okuyucular tarafından daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Bu bölümde ele alınan konular Şekil 4.1’de özetlenmiştir.



Şekil 4.1 : Sensörler, kablosuz sensör ağları ve telemetri ile ilgili konular

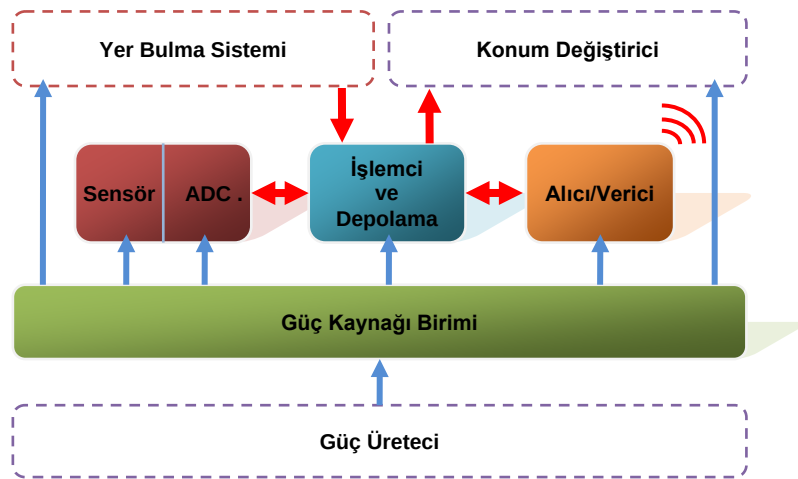
4.2 Sensörler ve Bileşenleri

Teknik terminolojide sensör ve transdüser terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transdüser, genel olarak enerji dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensör ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır. Ancak 1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiştir. Literatürde bu iki terim “ölçülebilen fiziksel özellik, miktar ve koşulları kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç” olarak tanımlanır.

Ölçülmek istenen niceliği algılama şekillerine göre sensörler üç kategori altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar :

- **Pasif, her yöne açık (yönsüz) sensörler:** Pasif sensörler ortamı değiştirmeden veya müdahale etmeden verileri toplayan sensörlerdir. Dışardan bir enerjiye ihtiyaç duymaz veya kendi enerjilerine sahiptirler. Bu enerji analog sinyali yükseltmek için kullanılır. Ölçümlerde yön diye bir kavram yoktur. Örnek olarak ısı, basınç ve nem sensörleri verilebilir. Sonuç olarak bu tür sensörler skaler büyüklükleri elektrik enerjisine çevirirler.
- **Pasif, dar ışınlı sensörler:** Bu sensörler pasiftir ancak iyi tanımlanmış ölçüm yönü kavramına sahiptir. Tipik bir örnek olarak kamera verilebilir.
- **Aktif sensörler:** Bu gruptaki sensörler ortamı aktif olarak araştırırlar. Örnek olarak sonar veya radar sensörleri ile küçük patlamalarla şok dalgaları üreterek çalışan bazı sismik sensör tipleri verilebilir.

Kablosuz sensör ağlarındaki çalışmalar genel olarak pasif, yönsüz sensörler üzerinedir. Bu ağlar içerisinde ölçüm yapabilen her bir bağımsız eleman “sensör düğümü” olarak adlandırılır. Her sensör düğümü belirli bir kapsama alanına sahiptir. Bu kapsama alanındaki gözlemlerini güvenilir ve doğru bir şekilde raporlayabilir. Kapsama alanını arttırmaya ve sensörlerin dizilimini iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır [106]. Şekil 4.2’de bir sensörün yapısal bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Bir sensör düğümünün yapısal bileşenleri [107]

Sensör ağlarda görev yapan bir sensör düğümü; algılayıcı, işlemci, alıcı/verici ve güç birimi olmak üzere dört temel birimden oluşur. Ek olarak kullanım amacı doğrultusunda bir düğümün, yer bulma sistemi, güç üretici, konum değiştirici gibi ek birimler bulunabilir.

4.2.1 Algılayıcı

Algılayıcı, fiziksel durumlardaki değişimlere ölçülebilir tepkiler üreten donanımsal bir ayardır. Gözlemlenecek alanın fiziksel verisini ölçer veya algılar. Algılayıcı tarafından algılanan sürekli analog sinyaller ADC yardımıyla sayısallaştırılarak denetleyicilere izlenmek üzere gönderilir. Sensörlerin temel birimlerinden biri olan ve uygulamalarda temel teşkil eden pek çok algılayıcı tipi vardır. Bu algılayıcılar sayesinde değişik fiziksel nicelikler hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir [43,107,109]. Algılayıcılar aracılığı ile basınç, atım, sıcaklık, nem, hareket, ışık şiddeti, sismik değer, görüntü tespiti, gürültü algılama/ölçümü, mekanik gerginlik algılama/ölçümü, hız vb. gibi nicelikler ölçülür.

Algılayıcıları; ölçülen büyüklük, çıkış büyüklüğü ve besleme ihtiyacına göre sınıflandırmak mümkündür:

- **Ölçülen Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma:** Algılayıcılarla ölçülen büyüklükler 6 gruba ayrılabilir.
 - **Mekanik :** Uzunluk, alan, kütsel akış, kuvvet, tork (momentum), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalgaboyu ve yoğunluğu
 - **Termal :** Sıcaklık, ısı akışı
 - **Elektriksel :** Akım, gerilim, direnç, endüktans, kapasite, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alan şiddeti ve frekans
 - **Manyetik :** Manyetik alan şiddeti, akı yoğunluğu, manyetik moment, manyetik geçirgenlik katsayısı
 - **Işıma :** Yoğunluk, dalgaboyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme
 - **Kimyasal :** Yoğunlaşma, içerik miktarı, oksidasyon/redaksiyon, reaksiyon hızı, pH değeri,
- **Çıkış Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma:** Analog ve Dijital olarak ikiye ayrılırlar. Analog çıkışlara alternatif olan dijital çıkışlı algılayıcılar, bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabildiklerinden günümüzde daha çok tercih edilmektedir. Bilgisayarlarla bağlantılarda RS232, RS422, RS485 gibi çeşitli protokoller kullanılır.
- **Besleme İhtiyacına Göre Sınıflandırma:** Algılayıcılar besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir.
 - **Pasif Algılayıcılar;** Hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan (besleme kaynağına ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcı tipine örnek olarak termocouple (T/C) ya da termik anahtar gösterilebilir.
 - **Aktif Algılayıcılar;** Çalışmaları için harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar.

4.2.2 İşlemci

İşlemci, algılayıcılardan gelen bilgiyi, kendisine yüklenen görevler doğrultusunda işler. Ayrıca düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler. İşlemci olarak; mikrodenetleyiciler, genel amaçlı işlemciler, sayısal sinyal işlemciler (Digital Signal Processor - DSP) ve uygulamaya özgü tümleşik devreler kullanılır. İşlemci olarak kullanılan her seçeneğin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Diğer aygıtlara bağlanmadaki esneklikleri, programlanabilir olmaları, uyuma moduna girebilmeleri ve düşük enerji tüketimleri nedeniyle mikrodenetleyiciler, sensör ve gömülü sistemler için en uygun seçimdir.

4.2.3 Alıcı/Verici

Alıcı/Verici, sensörlerin dış dünya ile iletişimlerini sağlar. Bu iletişim çift yönlü olabileceği gibi tek yönlü de olabilir. Sensör düğümlerinin birbirleriyle haberleşebilmesi için kullanılabilecek farklı iletişim yöntemleri vardır. Bu yöntemler arasında optik (Lazer), kızılötesi (IR) ve RF dalgalar sayılabilir.

Lazer ve kızılötesi iletişim görüş alanı gereksinimi, atmosfer koşullarından etkilenme ve tek yönlü olmaları nedeniyle tercih edilen yöntemler değildir. Buna karşın RF dalgalar kullanım kolaylığı, bütünlük ve ticari olarak yaygın kullanım gibi özellikleri nedeniyle tercih edilir. RF'in en önemli dezavantajı anten gereksinimidir. İletimin ve alımın sağlıklı olabilmesi için gerekli olan minimum anten uzunluğu en az $\lambda/4$ olmalıdır.

Kablosuz sensör ağlar genellikle 43MHz ve 2.4GHz arasındaki ISM bandını kullanır. Genellikle alıcı ve vericinin işlevselliği alıcı/verici adı verilen tek bir üniteye birleştirilir. Alıcı/verici üniteleri dört farklı modda çalışırlar. Bu modlar: İletme (Transmit), Alma (Receive), Boş (Idle) ve Uyku (Sleep) modlarıdır. Günümüzdeki alıcı/verici üniteleri yukarıda bahsedilen bu dört modun hepsini destekleyen ve gerektiğinde bunlar arasında otomatik geçiş yapabilme özelliğine sahiptir. Boşta çalışmada güç tüketimi neredeyse Alma modundaki enerji tüketimine eşittir. Bu yüzden alma veya iletme işlemi yapmayan alıcı/vericileri boş moda almak yerine kapatmak enerji verimliliği açısından en iyi çözümdür. Ayrıca paket iletimi için Uyku modundan İletme moduna geçerken önemli miktarda enerji tüketimi olduğundan uyku moduna geçiş algoritmalarının seçimi önemlidir. Güç tüketimini en aza indirmek için etkin modülasyon, demodülasyon, filtreleme vb. gibi işlemler de yapılmalıdır.

4.2.4 Güç Kaynağı

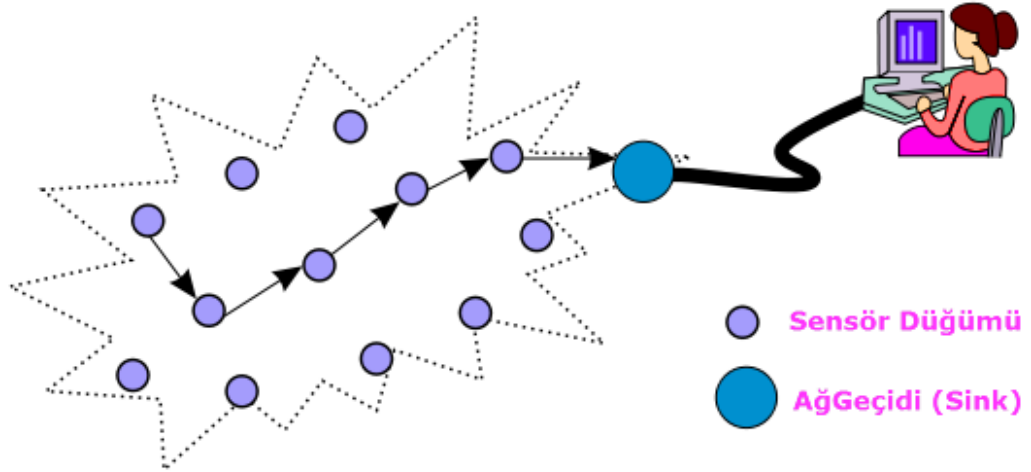
Sensörlerde algılama, veriyi işleme ve iletişim nedeniyle enerji tüketimi olmaktadır. Sensörlerde gereksinim duyulan enerji genellikle piller aracılığı ile karşılanır. Günümüzdeki sensörler yenilenebilir (güneş enerjisi, ısı enerjisi, titreşim enerjisi vb. gibi) enerji kaynaklarını da kullanabilecek şekilde geliştirilmektedirler.

Güç kaynaklarının kısıtlı olmaları ve sensörlerin daha uzun süre canlı kalmasını sağlamak için güç yönetim politikaları kullanılır. Sensörlerde yaygın olarak kullanılan iki güç yönetim politikası vardır;

- **Dinamik Güç Yönetimi (Dynamic Power Management - DPM):** Sensörün çalışması esnasında o an için kullanılmayan veya etkin olmayan sistem parçaları uyku modunda veya kapatılı tutularak güç tasarrufu gerçekleştirilir.
- **Dinamik Voltaj Ölçeklendirme (Dynamic Voltage Scaling - DVS):** Sensörün o anki iş yüküne bağlı olarak güç seviyeleri arasında geçişler yaparak çalışır. Sensörün çalışma gerilimi, frekans ile birlikte değiştirilerek güç tüketiminde azalmalar sağlanması mümkündür. Özellikle yoğun olmayan çalışmalarda sensör gerilimi ve frekansı düşürülür ve daha az güç harcanmasını sağlar.

4.3 Kablosuz Sensör Ağlar

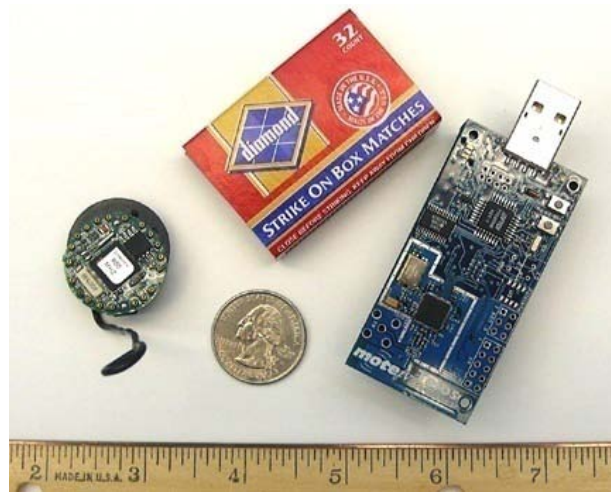
Kablosuz Sensör Ağları (Wireless Sensor Network - WSN) kavramı ilk kez 1980'lerin başlarında ortaya çıkmıştır. Mikro Elektro-Mekanik (MEMS) sistemlerdeki gelişmeler ve kablosuz haberleşme sistemlerindeki ilerlemelerle birlikte 1990'lı yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır. İlk zamanlarda askeri alanda kullanılan bu ağlar; zamanla maliyetlerin düşmesi ve gelişen teknolojiyle birlikte sensör kabiliyetlerinin artması ile çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [107]. Kablosuz sensör ağlar kullanılarak ortamla etkileşimli olarak bilgi toplanabilmekte, bu bilgi kolektif bir şekilde değerlendirilebilmekte ve gerektiğinde bilgiye dayalı olarak ortam üzerinde değişiklikler yapılabilmektedir.



Şekil 4.3 :  rnek bir Kablosuz Sensör (Algılama) Ağı

Kablosuz sensörler bir araya gelerek ad-hoc ağılar oluşturulabilmektedir. Ortamda dağıtılan ve ağı oluşturan sensörler birbirleri ile haberleşerek işbirliğı içerisinde bir sensör ağını ( ekil 4.3) meydana getirirler. Bir sensör ağı, bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar. Bu işlevi veriyi toplayarak, işleyerek,     mleyerek ve yayarak yerine getirir. Böylece ağı, etkin bir şekilde zeki bir ortam oluşmasında rol oynamış olur.

Sensör ağılarda kullanılan birimlerin boyutları amaca bağlı olarak minimum boyutta yapılmak istenir. Bunun başlıca sebepleri sensör birimlerinin g   gereksinimlerini ve hacimsel boyutlarını taşıyıcılarda rahatsızlık vermeyecek derecelere indirmektir. Pek çok sensör ağında ana birimler başta olmak üzere tüm birimler  ekil 4.4’de de görüldüğü gibi kibrit kutusu veya bozuk para boyutlarına kadar sığdırılabilmektedir.



Şekil 4.4 : Çeşitli boyutlardaki sensörler ve nesnelerle kıyaslaması

Sensör ağlar, uygulamaya bağlı olarak sensörlerin uygulama alanına (elle konumlarına yerleştirilmesi veya uçaktan atılması gibi) yerleştirilmesinin ardından, sensörlerin birbiri ile iletişim kurması ile oluşmaya başlar. Bu sensörler arasında Sink adı verilen, donanım ve iletişim gücü itibarıyla diğer düğümlere göre daha güçlü sensörler vardır. Sink etrafında dizayn aşamasında belirlenen protokoller çerçevesinde tamamen kendi kendilerine kısa sürede organize olurlar. Sensörler, algılayıcıları vasıtasıyla tespit ettikleri veriyi birbirileri üzerinden Sink'e ulaştırırlar. Sink kendisine ulaşan veriyi kullanıcı merkezine (uydu, sabit/hareketli aktarıcı vb. gibi) erişim noktalarından ya da doğrudan ulaştırır. Verinin iletimi sırasında internet, intranet gibi ağ erişimlerinden biri kullanılabilir [107,110].

Amaçları ve kullanım alanları bakımından sensör ağlar, geleneksel ağlardan bazı farklılıklar gösterir. Sensör ağları geleneksel kablosuz ağlardan ayıran özelliklerden birkaçı şunlardır [107];

- Donanım özellikleri kısıtlıdır (sınırlı batarya, işlemci, bellek kapasiteleri),
- Adrese dayanan statik bir topolojileri yoktur,
- Sensör ağlarındaki sensör sayısı geleneksel kablosuz ağlardaki bilgisayar sayısından çok daha fazla olabilmektedir,
- Gerek donanımlarının minyatüre edilmiş olması gerekse de atıldıkları (yerleştirildikleri) saha özelliğinden dolayı bazılarının çalışmama veya çalışmama ihtimali vardır,
- Herbirinin başında kullanıcısı yoktur, uygulama sahasına bırakıldıktan sonra kendi kendilerine organize olmak zorundadırlar.

Sensör ağların dizaynını etkileyen unsurlar ise hata toleransı, ölçeklenebilirlik, maliyet, uygulama sahası, ağ topolojisi, donanım kısıtlamaları, erişim ortamı kuralları, ve güç tüketimidir [107,111].

4.3.1 Kablosuz Sensör Ağlar ve Mobil Ad-hoc Ağlar

WSN'ler aslında ad-hoc yapıdadırlar, ancak geleneksel kablosuz ad-hoc ağlar için bir çok algoritma ve protokol önerilmiş olmasına rağmen, bu algoritma ve protokoller, sensör ağlarının uygulama gereksinimlerini tam olarak karşılamamaktadır. Sensör ağları hatalara eğilimli ve genel kimliğe sahip olmayabilir ancak yine de geleneksel kablosuz ad-hoc ağlara göre bazı avantajlara sahiptir. Bu avantajlar:

- Binlerce sensörün dağıtılmasıyla çok geniş alanların kapsanmasına olanak sağlarlar
- Ağ oluşturmuş olan sensörler, bir sensörün hatası durumunda da doğru bir şekilde çalışmaya devam edebilirler. Böylece geniş ölçüde hata toleransı sağlamış olurlar.

- Kablosuz sensör ağlar, sink düğümlerinin (Internet, Geniş Alan Ağları, vb. gibi) başka ağlara bağlantı sağlamasıyla uzaktan erişim olanağını arttırırlar.
- Ayırık fenomenini (discrete phenomenon) yerleştirerek güç tüketimini azaltabilirler
- İnsan müdahalesini ve yönetimini en aza indirirler.
- Gözetimsiz, erişimi zor ortamlarda çalışabilirler.
- Değişen ağ durumlarına dinamik olarak tepki gösterebilirler.

4.3.2 Sensör Ağlarının Uygulama Alanları

Sensör ağlarının, uygun maliyet, güvenilirlik, doğruluk, esneklik ve kurulum kolaylığı gibi özellikleri nedeniyle çok değişik uygulama alanları vardır. Günlük hayatın pek çok noktasında farkında olunmaksızın sensör ağlar kullanılmaktadır. İncelenen kaynaklar doğrultusunda sensör ağlarının uygulama alanları aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır [43,107,112,113];

- Çevresel Uygulamalar
 - Ev içi ısı, nem, gürültü ve havalandırma gibi değerlerin alınması,
 - Orman yangını, sel, deprem, gibi doğal afetlerin tespiti,
 - Hava kirliliği tespiti ve ayrıntılı rapor alınması,
 - Canlıların doğal yaşamının gözlenmesi,
 - Tarımcılık (sulama, topraktaki mineral seviyeleri vb. gibi) uygulamaları
- Sağlık Uygulamaları
 - İnsanların fizyolojik verilerinin (sağlık veya sportif amaçlı olarak) uzaktan izlenmesi,
 - Hastanede bulunan doktorların yerinin ve hastaların durumunun (kalp atışı, kan basıncı vb.) izlenmesi,
 - Hastanelerdeki ilaç dağıtımının yönetimi ve izlenmesi
- Ticari Uygulamalar
 - Küçük çocukların konumlarının aileleri tarafından takip edilmesi,
 - Hırsızlık tespiti ve alarm sistemleri, güvenlik uygulamaları,
 - Stok giriş-çıkış takibi,
 - Ürün konumlandırma uygulamaları,
 - Araçların izlenmesi ve tespit edilmesi.
- Robotik uygulamalar.

- Askeri Uygulamalar
 - Dost kuvvetlerin teçhizat ve cephanesinin izlenmesi,
 - Savaş alanının gözlenmesi,
 - Arazi hakkında keşifte bulunma,
 - Hedefin konumu, sürati gibi hedef bilgilerinin tespiti,
 - Düşmana verdirilen hasar miktarının tesbiti,
 - Nükleer, biyolojik ve kimyasal (NBC) saldırıları ihbarının alınması ya da keşfi.

Yukarıdaki gruplandırma daha çok uygulamaların hizmet ettiği sektörlerle göre yapılandırılmıştır.

4.4 Telemetry

Telemetry, (ısı, basınç, nem, saturasyon vb. gibi) canlı veya cansız varlıklara ait bir takım fiziksel niceliklerin bir noktadan başka bir noktaya iletilmesidir. Kısaca “Uzaktan Ölçme” olarak ta adlandırılabilir. Bilgi, telemetry sistemlerinde noktalar arası kablolu veya kablosuz olarak iletebilir. Buradaki amaç ölçme yapılmak istenen noktaya gitmeden uzaktan o noktaya ait bilgilerin elde edilmesidir.

Bilgi toplama işlemi uygun sensörler aracılığı ile gerçekleştirilir. Telemetry sayesinde cihazlara birtakım komutlar göndermek, cihazın veya ölçüm yapılan niceliğin durumu hakkında merkeze bilgi iletmek, cihazla merkez arasında bilgi alışverişinde bulunmak mümkündür.

Günümüzde hızlı teknolojik gelişmelere paralel olarak telemetrik sistemler de yaygınlaşmıştır. Özellikle mobilitenin gittikçe önemli hale geldiği günümüzde, mobil tabanlı sağlık takip uygulamaları gittikçe önem kazanmakta ve bu konuyla ilgili yoğun çalışmalar [124] yapıldığı bilinmektedir. Telemetryyi yapılış amaçlarına göre aşağıdaki gibi 3 farklı gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

- **Tanımlama ve Ayırt Etme :** Canlı veya cansız varlıkların tanımlanması ve benzer lerin birbirinden ayırt edilmesi amacı ile yapılan uygulamalardır. Bu tür uygulamamalar genelde iki şekilde kategorize edilir;
 - **Tanımlama (Definition):** Canlı veya cansız bir varlığın ne (tür) olduğuna dair yapılan çalışmalardır. Ağırlıklı olarak laboratuvar ortamlarında yapılır. Ancak dış çevresel ortamda da yapılan uygulamalar görülebilir. Canlılar için tehlike oluşturan veya duyu organları ile tanımlanamayan nicelikler uygun sensörler aracılığı ile telemetrik yollarla bulunur.
 - **Ayırt Etme (Identification):** Birbirine benzer veya özdeş canlı veya cansız varlıkları birbirinden ayırt etmek için yapılır.

- **Hareket ve Konumsal Tespit :** Canlı veya cansız varlıkların ev, bina, şehir veya dünya üzerindeki konumlarının tespiti veya hareket rotalarının izlenmesi amacıyla yapılır. Bu gibi çalışmalarda GPS (Global Positioning System) anahtar teknoloji rolündedir.
- **Nicelik ve Çevresel Gözlem :** Bu tür uygulamalarda canlı veya cansız varlıklara ait birtakım fiziksel nicelikler ölçülür ve gözlenir. Bu tür uygulamalarda basınç, ısı, nem, seviye, madde yoğunluğu, sayı gibi nicelikler uygun algılayıcılarla ölçülür. Ölçülen bu bilgiler daha sonra bir merkeze veya karar verme uygulamalarına iletilir. Askeri, sportif, ticari, ekolojik ve sağlık (Biyotelemetri) gibi alt uygulama alanı vardır.

4.4.1 Biyotelemetri ve Teletıp

Canlılara ait fizyolojik verilerin telemetrik olarak elde edilmesi biyotelemetri olarak tanımlanır. Biyotelemetri, hasta ve doktorun birbirinden uzakta oldukları durumlarda, doktorun hastası hakkında bilgi sahibi olmasının yanı sıra hasta ve doktor arasında iletişim hizmeti sağlamak için de kullanılır. Biyotelemetri uygulamalarında, canlıların hareketlerini sınırlamadan doğal yaşam alanlarında onların izlenebilmesine olanak sağladığı için kablosuz sistemler daha çok tercih edilmektedirler [125].

Teletıp (Tele Medicine), elektronik bilgi ve haberleşme teknolojilerinin sağlık hizmeti sağlama ve destek sistem olarak kullanılmasıdır. Hastaneler bir kısım sağlık hizmetini bu yolla vermektedirler. Ayrıca hava yolları şirketleri de uçuş sırasında yolcuların ve personelin olası sağlık sorunları için teletıp uygulamalarından yararlanmaktadırlar. Teletıbbın başarıyla uygulandığı bir başka yer de hapisanelerdir. Tutukluların sağlık durumları teletıp yardımı ile sürekli olarak denetlenebilmektedir [126].

Tablo 4.1’de literatürdeki biyomedikal çalışmalar ve Tablo 4.2’de de bu çalışmalarda elde edilen verilerin niteliği bakımından ne tür olduğu verilmiştir [124]. Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de görüleceği üzere biyotelemetri alanında yapılan çalışmalarda, araştırmaların %57’sinin ev/mobil tabanlı olduğu ve yine bu çalışmaya göre yapılan araştırmaların %63’ü insanların fizyolojik bilgilerinin gözlenmesi (monitör edilmesi) üzerine olduğunu ortaya koymuştur. Bu da gösteriyor ki özellikle sağlık ve biyolojik alanda telemetrik sistemlerin önümüzdeki süreçlerde önemini daha da artıracığı açıktır.

Tablo 4.1 : Literatürdeki biyomedikal çalışmalar [124]

Sağlık Hizmetleri Çalışmaları	Toplam (%)
Ayakta Tedavi	4 (%06)
Ev/Mobil	38 (%57)
Acil Durum	7 (%10)
Klinik	24 (%36)
Tedavi	5 (%07)
Rehabilitasyon	0 (%00)

Tablo 4.2 : Elde edilen verilerin niteliği bakımından biyomedikal çalışmalar [124]

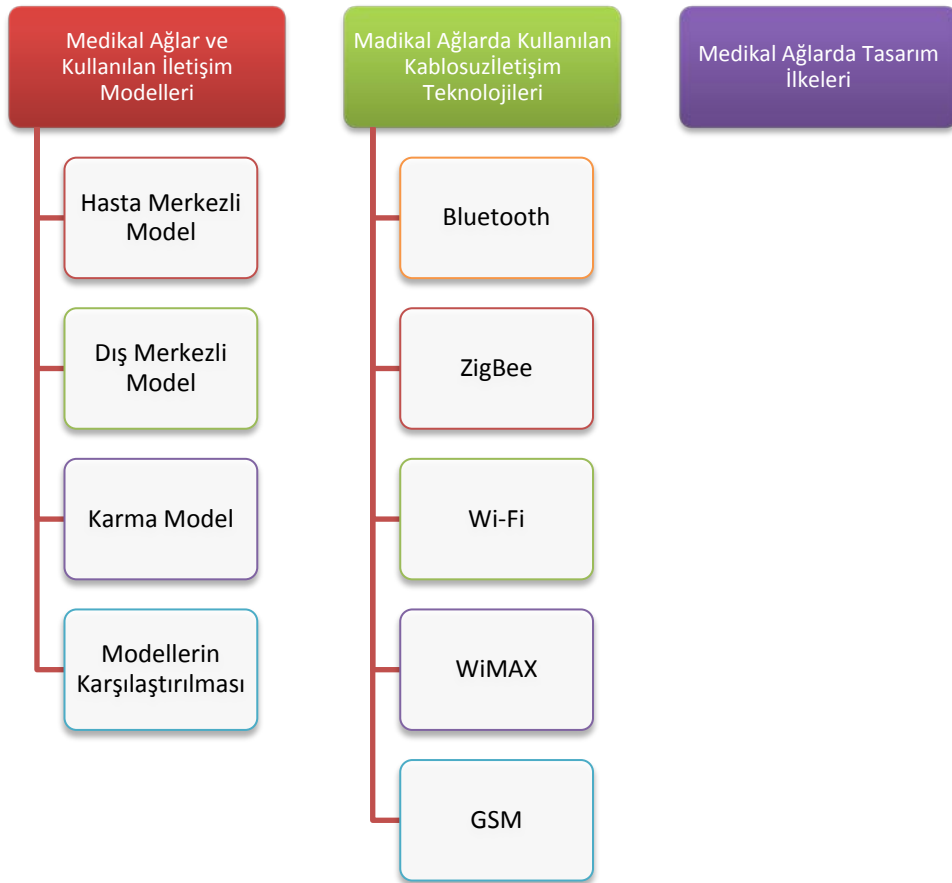
Veri Toplama Tipleri	Toplam (%)
Kişi izleme	42 (%63)
Nesne izleme	11 (%16)
Kişi yerini belirleme	21 (%31)
Nesne yerini belirleme	3 (%04)
Manuel giriş veya istek	19 (%28)

Biyotelemetri sistemleri, tek bir fiziksel nesnenin veya canlının konu olduğu uygulamalar [14] olarak karşımıza çıkabileceği gibi, bir iletişim ağı yapısı içerisinde pek çok canlı veya nesnenin telemetrik bilgilerinin gözlemlendiği bir ağ [22,28,36] yapısı şeklinde deolabilmektedir. Özellikle sağlık alanında bu tip organizasyonel ağlara rastlamak mümkündür. Bu ağlarda insanların fizyolojik ve biyolojik verileri gözlemlenir. Bu tip ağlara “Medikal Ağlar” denir. Klasik sensör ağlara göre bazı farklılıklar gösterebilirler temelde aynı amaçlara dayalıdır. Bölüm 5’te bu tez çalışmasına konu olan Medikal Ağlar ayrıntıları ile açıklanmıştır.

5 MEDİKAL AĞLAR

5.1 Giriş

Bu bölümünde medikal ağ kavramı, medikal ağların yapısı, kullanılan teknolojiler ve medikal ağlardaki iletişim konuları üzerinde durulmuştur. Daha önce yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde medikal ağlarda farklı sınıflandırma şekillerinin olduğu görülmüştür. Bu tez çalışmasında ise yapılan uygulamaya uygun, genel bir sınıflandırma ortaya konulmuştur. Tez çalışmasının bu bölümünde medikal ağlarla ilgili ele alınan konular ve alt konu başlıkları Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Medikal ağlar ile ilgili değinilen konular

5.2 Medikal Ağlar ve Kullanılan İletişim Modelleri

Kablosuz haberleşme ve ağlardaki hızlı gelişmelere paralel olarak bunları kullanan telemetrik sistemler de gelişmeler göstermektedir. Sağlık alanındaki telemetrik sistemler, doktorların tedavi süreçlerinde daha etkili olmalarını amaçlamaktadır. Hastalar açısından bakıldığında ise onların yaşam kalitelerini yükseltmek ve hastaneye olan bağımlılıklarını azaltmak hedeflenmektedir. Hastaların normal yaşamlarında tedavileri ve takipleri yapıldığı için hasta memnuniyeti artmaktadır. Öte yandan hastaneler açısından bakıldığında, yatak yetersizliği ve aşırı hasta sayısının önüne geçilmesi, biyotelemetrik uygulamalar ile mümkün olabilmektedir. Hastaların, hastaneye gelmeden tedavi ve takipleri yapılabildiği için hastanelerdeki yoğunlukların önüne geçilmiş olur. Ayrıca hastane ortamlarında bulaşan enfeksiyon ve hastalıklarla mücadelede daha etkin bir çözüm sağlanarak bu ortamlardaki bulaşıcı hastalıkların yayılması engellenmiş olacaktır.

Biyotelemetri uygulamaları sadece normal zamanlarda değil aynı zamanda (deprem, sel, yangın gibi) doğal afet ve (savaş, terör saldırısı gibi) olağan dışı çatışma durumlarında ortaya çıkabilecek çok sayıdaki acil ve ilkyardım vakalarında da kritik öneme sahiptir. Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde de bu durum göze çarpmaktadır [9-11,17,32,37,38]. Bu sistemler sayesinde triyaj olarakta bilinen yaralı ve hastaları aciliyetlerine göre önceliklendirme uygulamaları daha etkin bir şekilde yapılabilir. Her hastaya takılan sensör noktaları vasıtasıyla hastanın nabız, ECG, SpO₂ vb. gibi hayati verileri gözlemlenir. Bu veriler aynı zamanda hem ilgili sağlık ve koordinasyon merkezlerine iletilmekte hemde ilkyardım personelinin ekranında takip edilebilmektedir. Böylece ilkyardım ekipleri, müdahalelerinde daha yerinde ve doğru hareket etmiş olurlar.

Sağlık alanındaki biyotelemetri uygulamalarında yaygın olarak hastaya ait nabız, kan basıncı, oksijen saturasyonu, ecg gibi bilgiler ölçüldüğü gibi hastanın coğrafik konumu da tespit edilir. Bu bilgiler daha sonra işlenmek üzere kaydedilerek, kaydedilen bu bilgiler tanı, tedavi, hastalığın seyri ve bilgilendirme amaçlı olarak sağlık personeli, hasta yakınları, kamu yetkilileri gibi ilgili kişilerce kullanılır.

Gözlemlenen kişilerin sayıca çok olduğu kabul edilirse karşımıza biyotelemetri amacına hizmet eden özelleştirilmiş sensör ağları çıkar. Bu tip ağlar Medikal Ağlar (Medical Network) olarak adlandırılır [16,28]. Medikal ağlar, tıbbi amaçlar doğrultusunda, hastane, doktor, ilkyardım ekipleri, ilgili idari kuruluşlar, hastalar ve yakınlarını kapsayan ve bunların birbirileri ile etkileşim ve iletişimi sağlayan sistemlerdir. Buradaki amaç; hastaların sağlık takibinin yapılması, gerektiğinde müdahale edilmesi ve ilgili kişi ve kurumlara bilgi verilmesi esasına dayanır. Tüm bunlar yapılırken hastaların normal yaşamlarını devam ettirebilmelerine özen

gösterilir. Bunun için “ayaktaki hastaların”⁸ belirli bir yere bağımlı kalmaması ve hareket serbestliğinin olması hedeflenir. Böylece hasta kendini daha rahat hissedecektir. Ayrıca hasta olan kişi, gerekmediği müddetçe sağlık kuruluşuna gitmeyecektir.

Her ne kadar medikal ağlar sonuçta bir sensör ağı olsada işin içine insani boyutlar girdiğinden bu tür ağlar diğer gözlemsel ve kontrol amaçlı sensör ağlara göre daha kritik öneme sahiptir. İnsaların hayatlarının sözkonusu olması bu tür yapıları daha önemli ve özel kılmaktadır. Dolayısı ile normal bir sensör ağından daha farklı donanımsal ve yazılımsal işleyişlerin görülmesi çok doğal olacaktır. Bu bağlamda, medikal ağlar konusunda değişik sistem mimarileri ve iletişim modelleri ortaya konmuştur.

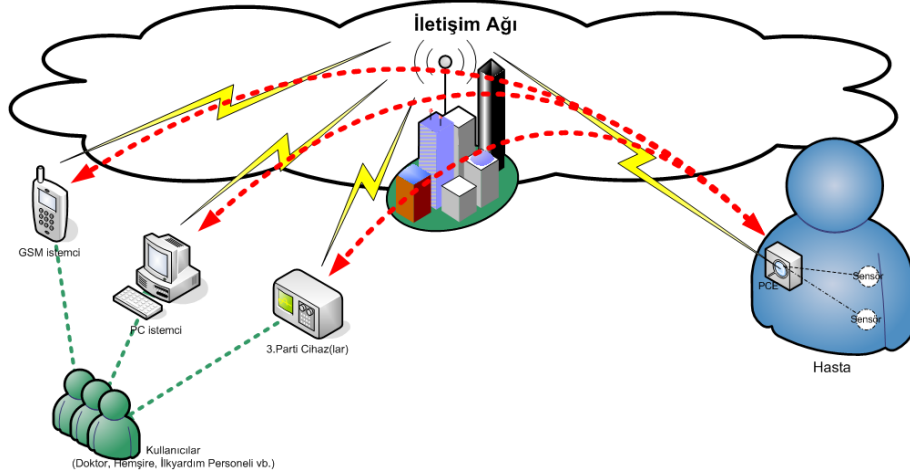
Modellerdeki genel yaklaşım istemci-sunucu mimarisidir. Sensörler tarafından elde edilen biyolojik veriler bir sunucuda depolanır. Daha sonra istemciler bu sunuculardan istedikleri bilgileri sorgulamalar dahilinde elde ederler. Ortaya konulan sistem ve uygulama önerileri incelendiğinde haberleşme ve bilgileri yorumlamalarına göre üç farklı yapı olduğu görülecektir. Bu yapılar;

- Hasta üzerinde taşınabilir sunucu modeli (Hasta Merkezli Model)
- Merkezi hasta üzerinde olmayan sabit sunucu modeli (Dış Merkezli Model)
- Hem hasta üzerinde hemde uzak noktada bulunan sunucu modeli (Karma Model)

5.2.1 Hasta Merkezli Model

Bu modelde sunucu kısmı hasta üzerindedir. Hasta üzerindeki sensörler, elde ettikleri verileri yine hastanın kendi üzerinde taşıdığı özel tasarlanmış bir sunucu devre [27], PDA [115] veya Cep Telefonu [119] gibi mevcut cihazlara iletirler. Bu cihazlara PCE (Patient Communication Equipment - Hasta İletişim Cihazı) adı verilir. Bu cihazlar sensör düğümlerinden gelen verileri işler ve uygun formda kaydeder. Tüm sistem hasta üzerindedir ve hasta gittiği her yerde bunu üzerinde taşır. Bu nedenle bilgi depolama imkanları sınırlıdır. Dış dünya kullanıcıları veya hasta, PCE üzerinden ölçülen bilgileri okur. Hasta merkezli sunucu modelinin genel yapısı Şekil 5.2’de verilmiştir.

⁸ Bu terim, yataklak olmayan ama sürekli gözlem altında tutulması gereken hastalar için kullanımıdır.



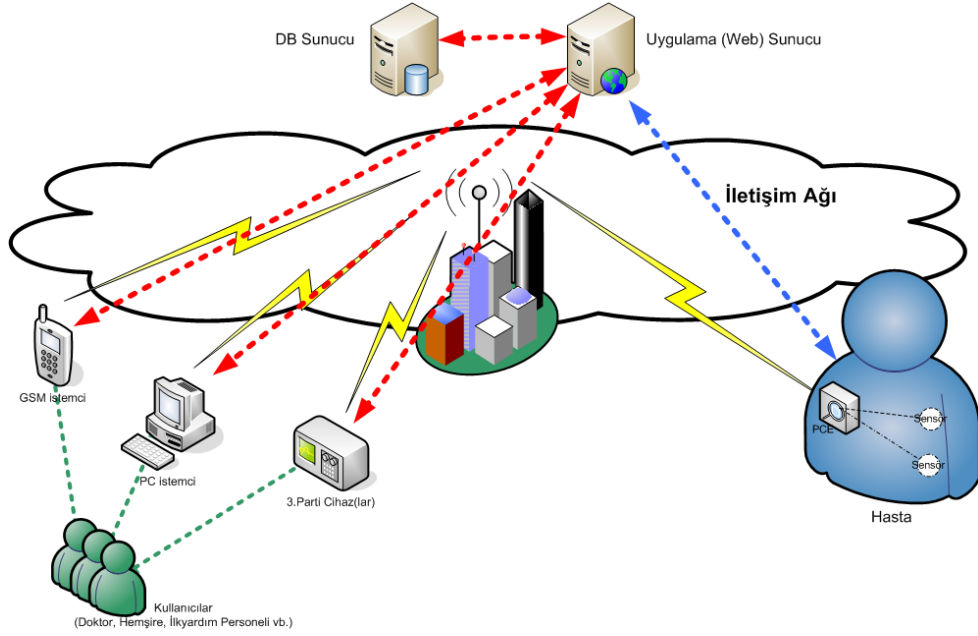
Şekil 5.2 : Hasta Merkezli Biyotelemedri Modeli

Bu tür bir yaklaşımda sistemin herhangi bir bağımlılığı yoktur ve yetkilendirilmiş herkes anlık olarak hasta üzerindeki PCE'den bilgi alabilir. Eğer iletişim altyapısında TCP/IP gibi Internet protokolleri kullanılırsa bu durumda internete bağlanabilen her uç bu bilgilere ulaşabilme imkanına sahip olur. Sistemin belirgin özellikleri şunlardır;

- Maliyeti ucuzdur
- Diğer modellere göre basit ve kolay uygulanabilir
- Anlık takip ve bilgiye doğrudan hasta üzerinden erişim sağlar
- PCE tarafında güçlü donanım ve işlem gücü gerekliliği vardır
- Uzun süreli geriye dönük veri depolanamaz
- Dağıtık bir mimariye sahiptir bu nedenle tek bir merkezden kontrolü zordur
- Bilgiye erişim (adresleme) sorunları oluşabilir

5.2.2 Dış Merkezli Model

Bu modelde hasta hakkında sensörler aracılığı ile toplanan tüm bilgiler PCE aracılığı ile işlenmek ve saklanmak üzere başka bir yerdeki uygulama sunucusuna gönderilir. PCE sadece sensör bilgilerini toplamak ve merkez sunuculara iletmekle sorumludur. Sorgulama amaçlı olarak bilgiyi saklamaz. Modelin mantıksal çalışma düzeni Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



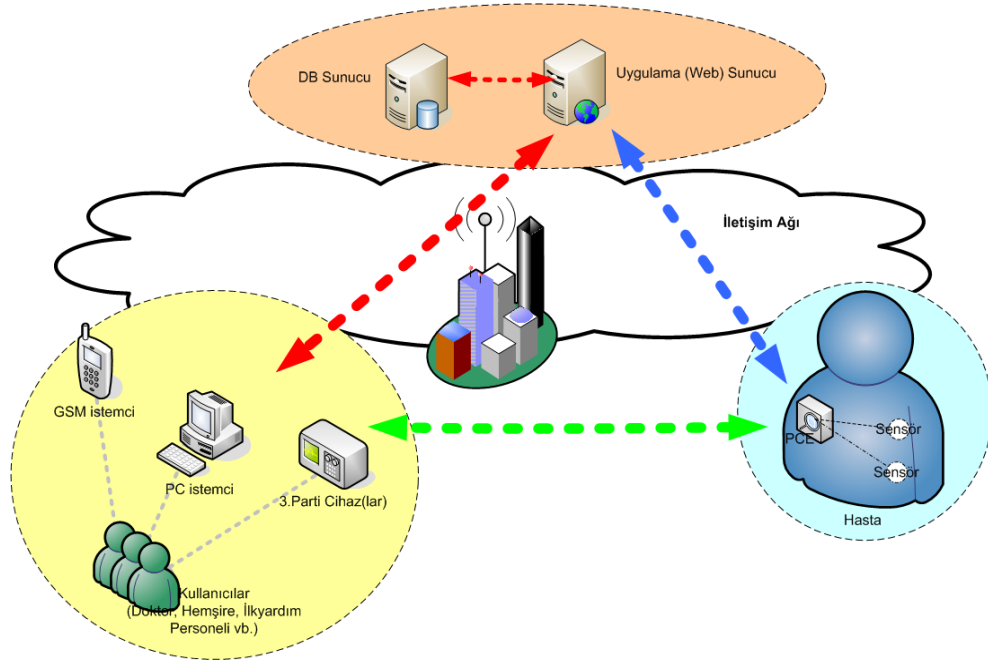
Şekil 5.3 : Sunucu Merkezli Biyotelemetri Modeli

Merkezdeki uygulama sunucusu değişik noktalardan gelen bilgileri toplayıp uygun şekilde işleyerek veritabanına kaydeder. Hasta merkezli modelde her hasta sadece kendi bilgilerini barındırırken bu modelde çok sayıda hastanın bilgisi tek bir merkezde ve geçmişe dönük olarak saklanabilir. Saklanan bu bilgiler yetkilendirilmiş kişilerce istenildiği zaman teşhis, tedavi ve bilgi amaçlı olarak sorgulanabilir. Ayrıca istenildiği zaman bu bilgiler kullanılarak hastalar ve hastalıkları ile ilgili istatistiksel çalışmalar, hastaların sağlık süreçleri ve benzer durumlarla karşılaştırabilme olasılığı doğar. Bu modelin belirgin temel özellikleri şunlardır;

- PCE tarafında çok güçlü bir donanıma ihtiyaç yoktur
- Uzun süreli ve geriye dönük veri depolayabilme imkanı sağlar
- Merkezi kontrol sayesinde yönetimi etkin ve kolaydır
- Çok sayıda hasta aynı platform altında takip edilebilir
- Veriler üzerinde karşılaştırma ve istatistiksel analizler yapabilir
- Hasta merkezli modele göre daha pahalı ve karmaşık bir yapıdır
- Bilgiye doğrudan hasta üzerinden erişim sözkonusu değildir bu nedenle gerçek zamanlı gözlemlene yapılamaz.
- Sahte verilerin alınabilmesi sözkonusudur
- Daha gelişmiş ve karmaşık iletişim protokollerine ihtiyaç duyar

5.2.3 Hibrid Model

Bu model yukarıda bahsedilen ilk iki modelin özelliklerini barındıran karışım bir modeldir. Bu modelde, hasta ile ilgili olarak sensörler aracılığı ile toplanan tüm bilgiler PCE aracılığı ile işlenmek ve saklanmak üzere başka bir yerdeki uygulama sunucusuna gönderilir. PCE, sensör bilgilerini toplamak ve merkez sunuculara iletmekle sorumludur. Bununla beraber istendiğinde PCE modülü, istemcilerden gelen doğrudan gözlem isteklerine de yanıt vermek durumundadır. Hibrid biyotelemetri modelinin genel yapısı Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4 : Hibrid Biyotelemetri Modeli

Bu modelde öne çıkan en önemli özellik, istemcilerin çift yönlü gözlem yapabilmeleridir. İstemciler, ister uygulama sunucusundan veya isterlerse doğrudan hasta üzerindeki PCE'den hasta ile ilgili ölçülen bilgileri görebilirler. Hasta bilgileri bir taraftan sunucu üzerinde geçmişe yönelik olarak tutulurken diğer yandan istendiğinde PCE'den doğrudan taleplerle gerçek zamanlı izlenebilmektedir. Modelin belirgin özellikleri şunlardır;

- Anlık takip ve bilgiye doğrudan hasta üzerinden erişim imkanı sunar
- Uzun süreli ve geriye dönük veri depolayabilme imkanı sağlar
- Merkezi kontrol sayesinde yönetimi kolaydır
- Çok sayıda hasta aynı platform üzerinde takip edilebilir.
- Verileri karşılaştırma ve istatistiksel analizler yapabilme imkanı sunar
- PCE tarafında güçlü donanım ve işlem gücü gerekliliği vardır
- Çift yönlü gelişmiş ve karmaşık iletişim protokollerine ihtiyaç duyar.

5.3 İletişim Modellerinin Karşılaştırılması

Medikal ağlarda kullanılan iletişim modelleri bölüm 5.2 ve alt başlıklarında değinildiği üzere 3 farklı şekilde irdelenebilir. Bunlar Hasta Merkezli, Dış Merkezli ve Hibrid modellerdir. Burada yapılan ayırım bilgiye ulaşma ve iletişim şekline göre olup farklı sınıflandırmalarda söz konusu olabilir.

Yapılan literatür çalışmaları [9-32] incelendiğinde sıklıkla hasta veya dış merkezli iletişim modelleri ile karşılaşılmıştır. Bu iki model birbirine alternatif modellerdir ve birbirilerine karşı bir takım avantaj ve dezavantajları vardır. Hasta merkezli model basitlik ve anlık takip özellikleri ile öne çıkarken dış merkezli model çok sayıda hastayı takip edebilme, geçmişe yönelik uzun veri saklayabilme bu verileri karşılaştırabilme imkanlarını sunar. Buna karşın hibrid model hasta ve dış merkezli modellerin bir karışımı olup her iki modelin bir takım özelliklerine sahiptir.

Hasta merkezli, dış merkezli ve hibrid modellerin birbirlerine göre üstün ve zayıf sayılacak yanları vardır. Bu üç modelin karşılaştırılması Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 : Hasta merkezli, dış merkezli ve hibrid model karşılaştırması

Özellik	Hasta Merkezli Model	Dış Merkezli Model	Hibrid Model
Genel Donanım ihtiyacı	Düşük	Normal	Güçlü
Uzun süreli bilgi saklama	Hayır	Evet	Evet
Karşılaştırma ve İstatistiksel Analiz	Hayır	Evet	Evet
Çok sayıda kişi gözleyebilme	Hayır	Evet	Evet
PCE işlem gücü ve donanım ihtiyacı	Evet	Hayır	Evet
Bilgi Akışı (Hasta-Sunucu-Gözlemci)	Tek Yönlü	Tek Yönlü	Çift Yönlü
Kontrol Yapısı	Basit	Basit	Karmaşık
Maliyet	Ucuz	Normal	Pahalı

5.4 Medikal Ağlarda Kullanılan Kablosuz İletişim Teknolojileri

Medikal ağlarda, hastaların hareket kabiliyetinin kısıtlamaması için hasta tarafındaki sistemin dış dünya ile bağlantısının kablosuz olması gerekir. Hastanın hareket alanı, iletişimde kullanılacak olan kablosuz teknoloji ve bu teknolojinin sınırlarına göre belirlenir. Kablosuz iletişim teknolojisi ne kadar geniş ve uzak mesafeleri desteklerse hasta kişi daha çok yaşamsal ve bağımsız hareket etme alanı kazanacaktır. Bu da özellikle yataklak olmayan ama sürekli gözetim altında olmak zorunda olan hastalarının yaşam kalitesi açısından önemlidir.

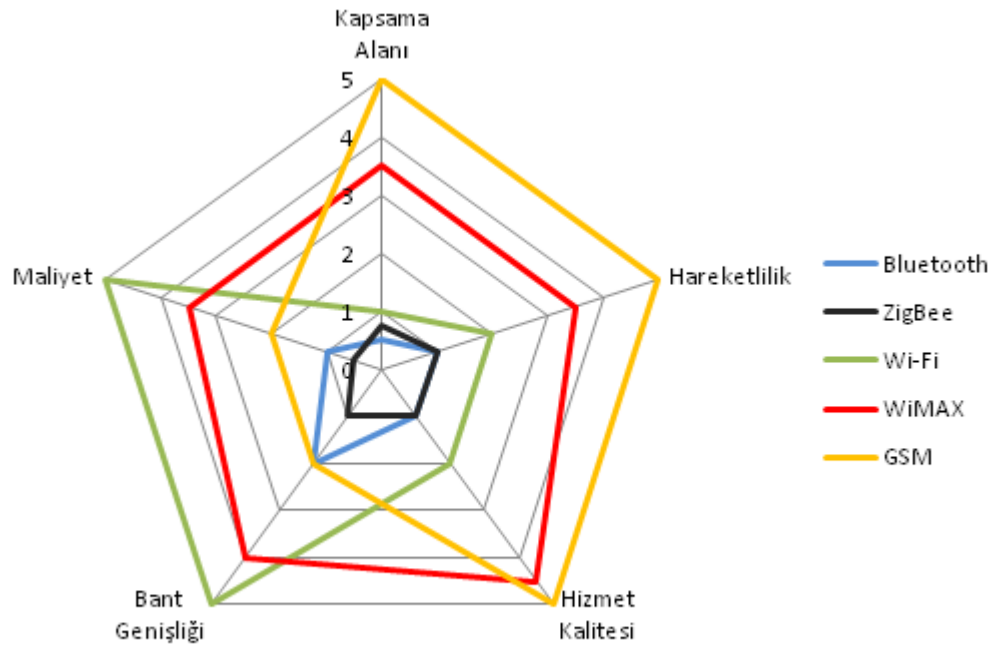
Medikal ağlarda verinin iletimi için kullanılan kablosuz teknolojilerin, sistemde etkin ve belirleyici bir rol üstlendiği açıktır. Yapılan bilimsel çalışmalarda medikal telemetri için Bluetooth [21,118], ZigBee [22,23,31,36], Wi-Fi [1,10,12,17,32,38], GSM [9,17,39] ve bunların değişik kombinasyonlarının [13,18,119] kullanıldığı görülmüştür. Öte yandan standartlar dışında kendine özgü iletişim teknolojileri kullanan çalışmalar da [15,120] bulunmaktadır.

Bu teknolojilerin birbirilerine karşı güçlü ve zayıf olduğu yanları vardır. Aslında tüm bu teknolojilerin hizmet alanları farklı olmakla beraber medikal ağlarda yapılan işe göre tercih yapmak önemlidir. Bunun için beş belirleyici faktör [127] vardır. Bunlar:

- Kapsama Alanı,
- Hareketlilik,
- Hizmet Kalitesi,
- Maliyet,
- Band Genişliği

'dir.

Medikal Ağlarda kullanılan kablosuz iletişim teknolojilerinin belirlenen 5 faktöre göre karşılaştırılmaları Şekil 5.5'te verilmiştir. Ancak bu faktörlerin yanında Medikal Ağları da kapsayan sensör tabanlı ağlarda hayati öneme sahip olan “harcanan elektriksel güç” faktöründe unutulmamalıdır. Özellikle tasarım ve mimari ilkeler belirlenirken bu durumun göz önüne alınması gerekir.



Şekil 5.5 : Medikal ağlarda kullanılan kablosuz ağ teknolojilerinin karşılaştırılması

Bluetooth 1Mbps e kadar bir veri aktarımı sunarken kapsamı alanı çok düşüktür. Bu nedenle kısa mesafeli veya vucut üzerindeki sensörler ile PCE arasındaki kablosuz haberleşmelerde [119] tercih edilebilir. Maliyet olarak da çok uygundur ve günümüzde yaygın olarak başka alanlarda da kullanılmaktadır.

ZigBee aslında kablosuz sensörler için çok uygun bir teknolojidir ve uygulamalarda artan bir oranda tercih edilmektedir. ZigBee kapsamı alanı olarak Bluetooth'a göre daha iyidir ancak sağladığı bandgenişliği düşüktür. Diğer teknolojilere göre en üstün yanı çok düşük güç gereksinimleridir. Eşdeğer batarya güçlerinde ZigBee aylarca hatta yıllarca dayanabilir. Bu da sensör ağlarda özellikle aranan bir durumdur. Ancak yoğun veri aktarımı ve geniş kapsama alanları gerektiren uygulamalarda yetersiz kalmaktadır. Bu bakımdan bluetooth gibi sensörlerin PCE iletişimlerinde kullanılması daha mantıklı olacaktır.

Günümüzde çok yaygın olarak kullanılan Wi-Fi, fiyat ve hız konusunda çok avantajlı iken, kapsama alanı, hizmet kalitesi (QoS) ve "hareketli durumdaki iletişim sürekliliği (mobility)" konusunda dezavantajlıdır. 802.11n ile bu dezavantajlar giderilmeye çalışılmaktadır. Hastane içi ve afet durumları gibi biyotelemedri uygulamalarında [38] sıklıkla kullanılmaktadır. Bu konudaki en önemli alternatifleri GSM ve WiMAX teknolojileridir.

GSM, hizmet kapsama alanı çok geniş ve QoS sorunu olmayan bir teknolojidir. Hareketli kullanımlarda çok avantajlıdır. Ancak taşınan verinin düşük hızda iletilmesi ve asimetrik (alış-veriş hızının farklı) olması buteknolojinin dezavantajıdır. GPRS ve EDGE gibi yöntemlerle GSM veya diğer mobil telefon teknolojilerinde data iletişimi mümkündür. Ancak bugün geline teknolojik gelişim düzeyi ile GSM, çok düşük ve asimetrik hızlarla ihtiyacın gerisindedir. 4G olarak adlandırılan UMTS gibi yeni teknolojilerle bu durumlar aşılmaya çalışılmaktadır.

Şekil 5.5'ten görülebileceği gibi WiMAX teknolojisi, maliyet, kapsama alanı, QoS, iletim hızı, veri güvenliği ve hareketlilik parametrelerinin hepsinde diğer teknolojilere göre daha optimal çözümler sunmaktadır. Özellikle kapsama alanı ve band genişliği açısından geniş mesafeli kablosuz uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilecek bir teknolojidir.

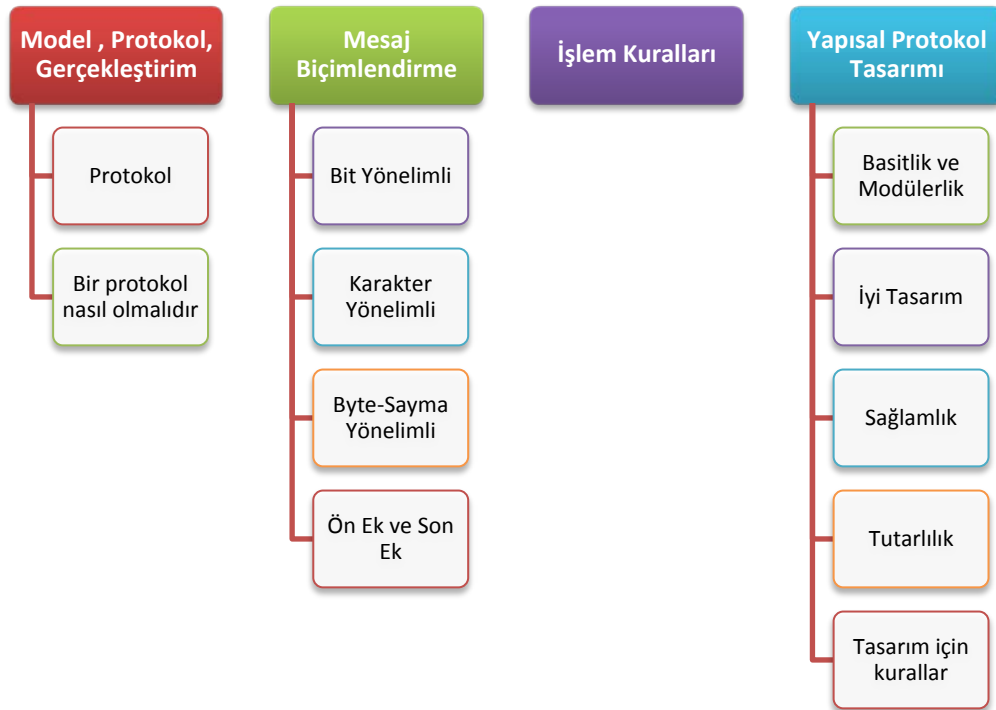
Sonuç olarak bu tür teknolojilere baktığımızda aslında iki farklı kullanım alanı söz konusudur. Bunlardan ilki PCE ile Sensörler arası iletişimdir. Bu tür iletişim kablolu olabileceği gibi kablosuz olarak da düşünülebilir. Kablosuz uygulamalarda güç gereksinimlerinin az olmasından dolayı Bluetooth ve ZigBee teknolojileri rahatlıkla kullanılabilir. Öte yandan ikinci durum PCE ile dış dünya iletişimin sağlanmasıdır. Burada PCE'nin hasta üzerinde olduğu ve hastanın mobilitesinin ön plana çıktığı düşünülürse kapsamı alanı ve mobilite açısından daha iyi olan WiMAX ve GSM teknolojileri daha uygun olacaktır.

6 MODEL VE PROTOKOL TASARIM İLKELERİ

6.1 Giriş

Bu tez çalışmasında medikal ağların temel unsurlarından biri olan biyotelemetri uygulamaları için protokol tasarımı ve gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Okuyucular tarafından amaçlanan hedeflerin daha net anlaşılabilmesi için medikal ağlar içerisindeki temel kavram ve teknoloji çözümleri, ilgili literatür çalışmaları ışığında ele alınmıştır. Böylece okuyucuya tezin amacı, medikal ağlar içerisindeki konumu ve önemi verilmeye çalışılmıştır. Geline bu noktada artık okuyucuların, sonraki konuları ve bunların içerisinde değinilecek kavram ve metodolojilerin daha iyi anlayacağı beklenmektedir.

Bu bölümde, web tabanlı biyotelemetri uygulamaları için tasarlanacak olan model ve protokoller için uyulması gereken temel ilke ve yaklaşımların neler olacağı okuyucuya aktarılmaya çalışılmıştır. Böylece bir biyotelemetri uygulaması olan medikal ağlar için sonraki bölümlerde ortaya konulacak olan yeni model, protokol ve çözüm yaklaşımlarının daha iyi kavranacağı düşünülmektedir.



Şekil 6.1 : Model ve Protokol tasarımı için ele alınan konular

6.2 Model, Protokol ve Gerçekleştirme

Bilgisayar ve diğer iletişim ağlarıyla ilgili bilinmesi gereken en temel kavramlar model, protokol ve bu protokollerin gerçekleştirmeleridir. Bu kavramlar birbirinden farklıdır. Genelde model, protokol ve bunların gerçekleştirilmesi arasındaki ayrım karıştırılmaktadır. İletişim ağlarında birimlerin tasarım ve seçiminden önce bunlar arasındaki ayrımın iyi bilinmesi gerekir. Böylece hangi protokolün iyi gerçekleştirildiği, protokolün hangi olanakları ve geliştirmeleri sağladığı daha iyi anlaşılacaktır. Bunlar açıklanırsa;

- **Model;** verinin A noktasından B noktasına taşınması için yol göstermeler ve genel kavramları içerir. Ayrıca verilmesi gereken servisleri ve bu servislerden hangi adımların (katmanların) sorumlu olduğunu tanımlar.
- **Protokol;** donanım ve yazılımı ilgilendiren belirli kurallar serisidir. Üreticiler tarafından kullanılan ağ servislerini gerçekleştirmek ve veriyi ağ ortamında taşımak için tasarlanırlar. Her protokol, model tarafından belirtilen servislerden birisini gerçekleştirir.
- **Gerçekleştirme;** protokole bağlı kalınarak, ürünlerin gerçekleştirilmesidir. Farklı üreticilerin ürünleri görünüş olarak farklı olacaktır. Ancak protokol tanımına uygun gerçekleştirme yapılırsa birbirileri ile uyumlu olmaması için bir neden yoktur.

Burada kavramların daha kolay anlaşılabilmesi için birtakım benzetmeler yapılabilir. Buna göre;

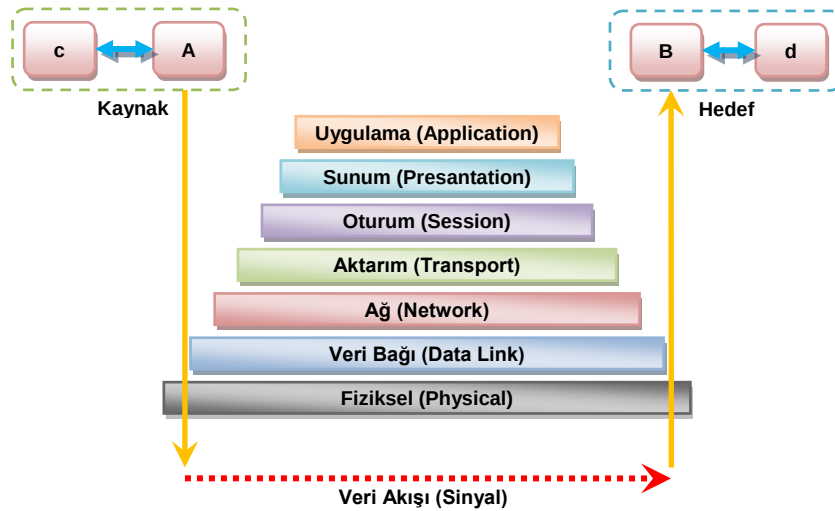
Bir endüstri modeli, belli bir ürün veya hizmetin nasıl yapılması ve hangi hizmetlerin verilmesi gerektiğinin bir genellemesidir. Bunların nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğine ilişkin herhangi bir detay vermez. Örneğin yapı endüstrisinde, insanlar için nasıl bir yaşam modeli gerektiği yaşam standartları modeli ile ortaya konulmuş olsun. Yaşama standartları; sosyal aktiviteler (seçenekli), yemek hazırlama, uyuma, tuvalet, hijyen, giriş, çıkış ve oturma olanakları olarak belirlenmiştir. Modelde, hangi tür odalar, yapılar ve olanakların olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak boyutlar, oda sayısı, tek kişilik mi aile evi mi olacağı belirtilmemiştir.

Protokol, bir yapının nasıl inşa edilmesi gerektiğine ilişkin detaylı bilgi vermektedir. Ürünün hangi servis ve olanakları vermesi beklendiği ve bu olanakların detayları verilmektedir. Yapı endüstrisinde, protokol yada spesifikasyon, mimarlar yada teknik ressamlar tarafından çizilen planlardır. Bu planlarda odaların sayısı, boyutları, kapı ve pencerelerin nerelere konulacağı, elektrik lambaları, prizlerin nerede bulunacağı, su tesisatının nereden geçeceği, boru genişlikleri ile ilgili detaylar bulunmaktadır.

Gerçekleştirme, belli bir firmanın protokole yada spesifikasyona bağlı kalarak protokolü hayata geçirmesidir. Farklı inşaat şirketleri aynı plana bağlı kalarak bina inşa etseler dahi binalar birebir aynı olmayacaktır. Binanın odaları hepsinde aynı yerde, aynı boyutlarda olacaktır. Diğer planda bulunan detaylar aynı konumlarda olacaktır ancak görüntü farklı olacaktır. Kapıların stili, pencereler, lambalar, çatı, lavabolar, farklı malzemeden farklı görüntülerde olacaktır. İşçilik değişecektir. Gerçekte hepsi aynı ev olsa da görünüşleri farklı olacaktır.

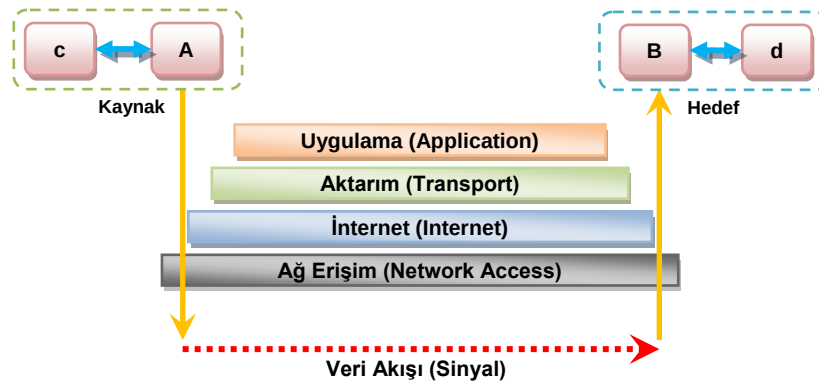
İletişim alanında, günümüzde en çok bilinen model tasarımlar TCP/IP ve OSI Referans Modeli'dir. OSI (Open Systems Interconnection), ISO (International Organization for Standardization) tarafından ilk olarak 1978 yılında ortaya konmuş ve daha sonra bu standart 1984 yılında yeni bir düzenlemeyle başvuru modeli olarak yayımlanmıştır. Bu model kısa sürede kabul görerek yaygınlaşmış ve ağ işlemleri için bir kılavuz olmuştur. Bu modelin temel amacı; farklı bilgisayarlar ve farklı işletim sistemleri için datanın anlaşılabilir yapılması ve bilgisayarlar arasında aktarılması olarak özetlenebilir [45-54].

OSI Referans Modeli, hiyerarşik bir yapıya sahip olup 7 katmandan oluşur. Bu katmanlar: Fiziksel, Veri Bağı, Ağ, Aktarım, Oturum, Sunum ve Uygulama olarak adlandırılırlar. Bu hiyerarşinin en üstünde kullanıcıların çalıştırdığı uygulama programları ve en altta ise verinin bit düzeyinde aktarılması bulunur. Ara katmanlar bu iki katman arasında gerekli olan işlem ve uygulamaları içerir. Her katman bir üst katmana hizmet sunarken, bir alt katmandan hizmet bekler. Şekil 6.2'de bu katmanlar ve bunlar üzerinden veri iletiminin nasıl gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 6.2 : OSI Referans Modeli

OSI modelinin tüm dünyada gördüğü genel kabule rağmen internetin kullandığı model TCP/IP Modeli'dir. Bu modelin temelleri 1960'ların sonunda ve 1970'lerin başında ABD Savunma Bakanlığının ARPANET projesi ile atılmıştır. Daha sonraları uygulamada yaygın olarak kabul görmüştür. Halen günümüz internetinin temel modelini oluşturmaktadır. TCP/IP Modeli OSI'ye göre daha eski olup OSI Referans Modeli geliştirildiğinde TCP/IP modeli baz alınmıştır. Bu nedenle TCP/IP Modeli, OSI Referans Modelinin atası sayılmaktadır. TCP/IP modeli de tıpkı OSI modelinde olduğu gibi katmanlı bir yapıya sahiptir. Şekil 6.3'te TCP/IP Modeli ve katmanları gösterilmektedir.



Şekil 6.3 : TCP/IP İletişim Modeli

Şekil 6.3'de görüldüğü gibi TCP/IP Modelinde 4 katman vardır. Bunlar; Ağ Erişim, İnternet, Aktarım ve Uygulama katmanlarıdır. TCP/IP modelindeki her katmanda gerçekleştirilen hizmetlerin türü ve kullanılan protokoller Tablo 6.1'de daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 6.1 : TCP/IP Katmanları, katmanların açıklamaları ve tanımlı protokoller

Katman	Açıklama	Protokoller
Uygulama	TCP/IP uygulama protokollerini ve ana bilgisayar programlarının ağı kullanmak için taşıma katmanı hizmetleriyle nasıl bir arabirim oluşturacağını tanımlar.	HTTP, Telnet, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP ve diğerleri
Aktarım	Ana bilgisayarlar arasında iletişim oturumu yönetimi sağlar. Veri taşınırken kullanılan bağlantının hizmet düzeyini ve durumunu tanımlar.	TCP, UDP, RTP
İnternet	Verileri IP veri birimleri olarak paketler. Bu paketler, veri birimlerini ana bilgisayarlar ve ağlar arasında iletmek için kullanılan kaynak ve hedef bilgilerini içerir. IP veri birimlerinin yönlendirilmesini gerçekleştirir.	IP, ICMP, ARP, RARP
Ağ Erişim	Koaksiyel kablo, optik fiber veya çift bükümlü bakır kablo gibi bir ağ ortamıyla doğrudan arabirim oluşturan donanım aygıtları tarafından bitlerin elektriksel olarak nasıl işaret haline getirileceği de dahil olmak üzere verilerin fiziksel olarak ağ içinden nasıl gönderileceğini belirtir.	Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Relay, RS-232, v.35

TCP/IP Modeli ve OSI Referans Modeli her nekadark farklı modeller olsada yukarıda bahsedildiği üzere aslında tamamen birbirinden farklı değildirler. Biri diğerinden türemiştir. Bu nedenle iki model arasında benzer yönler olduğu gibi ayrıldıkları noktalarda mevcuttur. Bunlar;

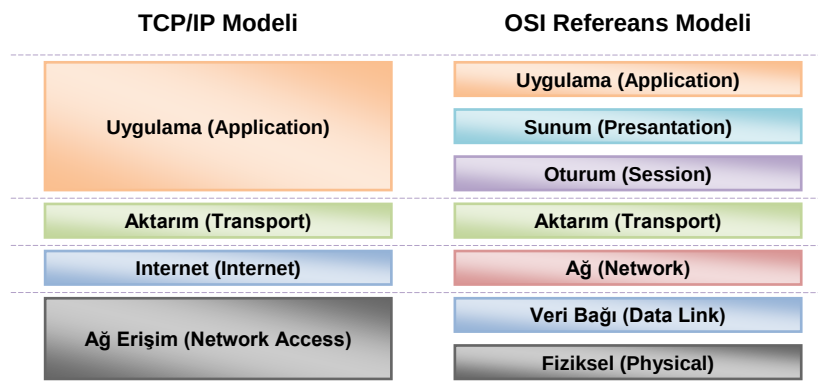
a. Benzerlikler:

- Her ikisi de katmanlı yapıdadır.
- Her ikisi de içerik bakımından farklı olsa da uygulama katmanına sahiptir.
- Her ikisi de devre-anahtarlama teknolojiyi benimsemiştir.
- Her ikisinde de karşılaştırılabilir taşıma ve ağ katmanları vardır.

b. Farklar:

- TCP/IP modeli, OSI Referans Modelindeki Sunum ve Oturum katmanlarını Uygulama katmanı içine almıştır.
- TCP/IP Modeli, OSI Referans Modelindeki Fiziksel ve Veri-Bağı katmanları, Ağ Erişim adıyla tek katman içine almıştır.
- TCP/IP daha az katmana sahip olduğu için daha basit görünmektedir.
- İnternet TCP/IP modeli üzerine kurulmuştur. Dolayısıyla denenmiş ve övgü almış bir modeldir. OSI modeline göre kurulmuş bir protokol yoktur. Ancak hemen hemen hepsi OSI modelinden ilham almaktadır.

TCP/IP Modeli ve OSI Referans Modelinin karşılaştırılması ve katmanlar arası ilişki Şekil 6.4’te gösterildiği gibidir.



Şekil 6.4 : TCP/IP ve OSI Referans Modellerinin Karşılaştırılması

Modeller, geniş perspektiften bakarak yapılacak işin özünü ortaya koyarlar. Bir nevi işin anayasası gibidirler. Belli bir ürünün nasıl tasarlanması gerektiği, hangi servislerin verilmesi istendiğinin bir genellemesidir. Bunların nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğine ilişkin herhangi bir

detay bilgi vermez. İşin yapılmasıyla ilgili teknik detaylar ve nasıl yapılacağı ise protokoller tarafından belirlenir. Başka bir deyişle modeller çözüm katmanlarını ve katmanlar arası gerekli hiyerarşiyi ortaya koyar. Her bir katman kendi içinde bağımsız olduğundan bu katmanlarda çalışacak protokoller de diğer katmanlarda çalışan protokollerden bağımsız olacağı anlamına gelir. Problemin çözümü için tek bir katman veya bu katmanda çalışan protokol(ler) yeterli gelmez. Problemin çözümünde modelde tanımlı tüm katmanlar ve protokoller üzerlerine düşen görevleri eksiksiz yerine getirmelidirler.

Tasarım çalışmasında ortaya çıkacak olan ürün bir yazılım, donanım veya bu ikisinin birlikteliği ile oluşturulmuş olabilir. Genel olarak alt katmanlar daha çok fiziksel ve donanımsal unsurları barındırırken kullanıcıya yakın üst katmanlara doğru gidildikçe çözümler mantıksal ve yazılımsal olmaktadır.

6.2.1 Protokol

Protokol kavramı veri iletişimi için ilk olarak Nisan 1967’de İngiltere Ulusal Fizik Laboratuvarında çalışan R.A. Scantlebury ve K.A. Bartlett tarafından yazılan “*A protocol for use in the NPL data communications network*” adlı bildiride kullanılmıştır [128]. Protokol, dağıtık bir sistemde, uçlar arasında bilgi alış-verişi için kullanılan bir anlaşma şeklidir. Bir kurallar bütünüdür. Yapısal anlamıyla bakıldığında protokoller aslında konuşma dillerine çok benzerler. Buradan hareketle bir protokol için şunlar söylenebilir;

- Mesajların ifadesi için kesin bir format tanımlar. Örneğin Morse kodlarında kullanılan nokta ve çizgiler gibi.
- Veri alış-verişi için işlem kurallarını ortaya koyar.
- Veri alış-veriş için diğerleri tarafından anlaşılacak şekilde anlamlı ifadeler (kelimeler) tanımlar.

Protokol kavramı ve protokol tasarımında unutulmaması gereken esas nokta; protokollerin sadece bilgi alış-verişi için bir kurallar kümesi değil aynı zamanda gönderici ve alıcı arasında bir anlaşma olduğudur. Bu anlaşma, veri akışı ve bu esnada olabilecek olası durumları ele almalı ve bu durumların hepsine karşı bir tepkisellik sunabilmelidir. Örneğin iletim esnasında gönderici ve alıcı arasında bulunan hattın kopması, gönderilen bilginin bir noktada kesintiye uğraması, doğru kişi ile muhatap olunup olunmadı vb. gibi durumlar düşünülmeli ve bu durumların oluşması halinde tarafların nasıl davranması gerektiği protokol tasarımında açıkça ortaya konmalıdır.

Bir protokolün kusursuz olması için tüm olasılıkların değerdendirebilmesi gerekir. Ancak aksi ispatlanmadıkça her protokolün içerisinde hata barındırabileceği varsayılır [128]. Protokollerin aynı zamanda bir anlaşma olduğu fikrinden yola çıkarak hataları en aza indirmek ve herkese açık olması için standartlaşma yoluna gidilir. Standartlaşma, (iletişimin kural ve unsurlarını) bir nevi kağıda dökme işlemdir.

Veri iletişimi alanında pek çok standartizasyon kuruluşu vardır. National Institute of Science and Technology (NIST), Federal Telecommunications Standards Committee (FTSC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) gibi kuruluşlar bunlardan bir kaçıdır. Ancak bu alandaki en önemli iki kuruluş International Standards Organization (ISO) ve International Telecommunications Union (ITU)'na bağlı olan Consultative Committee of International Telephony and Telegraphy (CCITT)'dir [128].

Elbetteki protokollerin standartlaştırılması demek, protokol tasarımındaki tüm sorunların giderilmiş olacağı anlamına gelmez. Her standart kuruluşu, problemi kendi bakışı ve ele alış şekliyle diğerdlerinden farklılaşabilir. Tam anlamıyla kusursuz standartlaşma sağlanamadığından olsa gerek, çözüm yaklaşımlarında hep “ ... kuruluşu tarafından geliştirilen” gibi ifadeler kullanılır ve hiç bir zaman tam çözüm garanti edilmez. Öyleyse tasarım esnasında önemli olan yapılacak işe en uygun ve en optimal çözümü sunmak olmalıdır.

6.2.2 Bir Protokol Nasıl Olmalıdır?

Bir protokol tasarlanırken temel olarak istenilen amaca uygunluğu göz önüne alınmalıdır. Dolayısı ile öncelikli olarak ortada bir gereksinim olması gerekir. Bu gereksinim öncelikli olarak iyi tanımlanmış olmalı ve ihtiyacı net olarak ortaya koymalıdır. İletişimin özündeki çözülmesi gereken sorun kaynak ve hedef arasındaki bilgi alış-verişidir. Haberleşme trafiğinin her iki uç tarafından kabul edilmiş belli kurallar ve denetimler çerçevesinde, akış ve hata denetimi gibi mekanizmalar için çift yönlü olması gerekir. Şekil 6.5’de A ve B arasındaki iletişim ilişkisi gösterilmiştir.

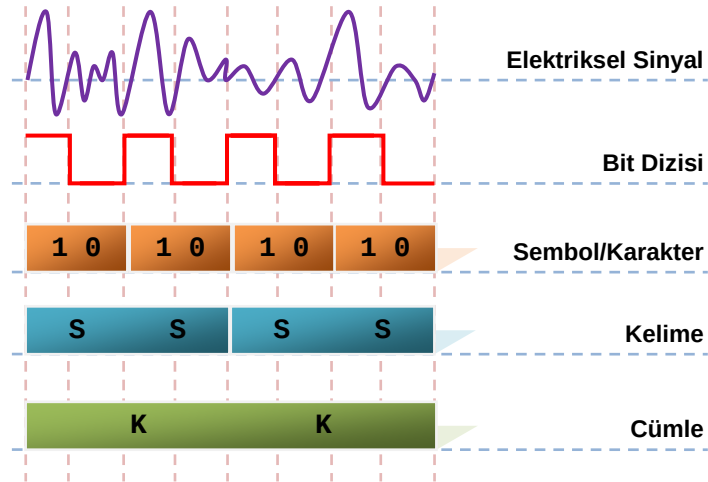


Şekil 6.5 : Protokol içerisinde Kaynak - Hedef ilişkisi

Şekil 6.5’de de görüleceği üzere A ve B noktaları arasındaki iletişim, belirli bir iletişim protokolü çerçevesinde gerçekleştirilir. Bir iletişim protokolü gerçekleştirilirken göz önünde bulundurulması gereken işlemler şunlardır;

- Bilgi alış-veriş işleminin başlatılması ve sonlandırılması (Initiation - Termination)
- Gönderici ve Alıcının aynı hızlarda buluşması (Synchronization)
- İletim hatalarının tespiti ve giderilmesi (Error Detection and Correction)
- Verinin kodlanması ve biçimlendirilmesi (Formatting)

Yukarıda açıklandığı gibi yapılması gereken işlemler birden fazladır. Bunların tümünün tek bir basamakta tanımlanıp çözülmesi, çözümü karmaşık ve hataya açık bir hale getirir. Oysaki bir protokolün mümkün olduğu kadar basit ve hatalardan uzak olması amaçlanır. Öyleyse yapılması gereken; iletişim için gerekli adımların kendi içinde tanımlanıp çözülmesi ve daha sonra bu çözümlerin bir araya getirilmesi ile sonuca ulaşmak olmalıdır. Burada genel çözümün, seviyelerden (katmanlardan) oluşmuş bir yapı olarak düşünülmesi gerektiği açıktır. Şekil 6.6’da protokol tasarımı için örnek bir katmanlı çözüm gösterilmiştir.



Şekil 6.6 : Protokol tasarımı için örnek bir katmansal çözümleme

Katmanlı yapıların her biri kendi içinde bağımsız bütünler şeklinde ele alınabileceği gibi bazen birleştirilmiş olarkta düşünülebilir. Tasarım esnasında 5 farklı tanımlama gereksinimi vardır [128]. Her bir katman tanımlanırken;

- Sunulan servisler ve görev tanımları,
- Varsayımlar,
- Mesajları oluşturan değişkenler,
- Kodlama (Format),

- İşlem Kuralları

göz önünde bulundurulmalıdır.

Tasarım içerisindeki bu ifadelerin her biri hiyerarşik bir yapıda tanımlanabilir [128]. Hiyerarşik yaklaşım, uygulama ve protokol tasarımları için en uygun yaklaşımdır. Tasarım ve karşılaşılan problemler kendi içinde basamaklara bölünür ve her basamak kendi disiplini içerisinde çözülür. Hiyerarşideki her bir basamak (katman) kendi içerisinde bağımsız olmalıdır. Böylece elde edilecek çözüm açık bir mimariye sahip olacaktır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak sistemde yenilik veya değişiklik yapılması gerektiğinde tüm tasarım yerine sadece ilgili basamak değiştirilir. Bu şekilde daha verimli ve etkili model tasarımların elde edilmesi mümkündür.

6.3 Mesaj Biçimlendirme (Formatlama)

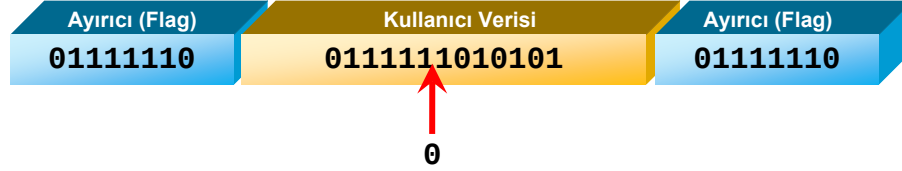
Veri iletiminde, gönderilecek olan verinin her iki uç noktasının da anlayabileceği bir şekilde formatlanması yani biçimsel olarak yapılandırılması gerekir. Yapılandırmadan kasıt, gönderilecek olan verinin, A ve B noktaları arasındaki fiziksel ortamda bitlerin ne şekilde organize edileceğini ve gönderilecek veri ile ilgili tanımlayıcıların birbirinden ayırt edilmesi hususlarıdır. Böylece alıcı taraf bir veri akışının geldiğini anlayabilecek ve devam eden bir akışın da nerede biteceğini sezebilecektir. Bu noktada 3 temel biçimselleştirme şekli mevcuttur [128]. Bunlar:

- Bit Yönelimli
- Karakter Yönelimli
- Byte-Sayma Yönelimli

6.3.1 Bit Yönelimli Mesaj Biçimlendirme

Bu yaklaşımda veri bir bit akışı şeklinde aktarılır. Karşı tarafta mesajın sağlıklı olarak algılanabilmesi için gönderilen veri benzersiz bir bit dizgesinin arasına konur. Bu dizgeler “Ayrıcı (delimiter)” veya “Çerçeveleme Bayrağı (Framming Flag)” olarak tanımlanır. Ayrıcılar özel bir bit dizisidir ancak bu dizinin normal gönderilen veri içinde tesadüfi bulunması olasıdır. Bu durumda alıcı tarafın bunu ayırt edebilmesi gerekir. Bu gibi durumlarda veri içerisindeki benzer bit dizgesi içerisinde uygun yere ekstra 0 yerleştirilerek dizgenin ayırıcıdan farklı olması sağlanır. Bu işleme “Bit Doldurma (Bit Stuffing)” adı verilir. Bu durum

Şekil 6.7’da açıklanmıştır. Şekil 6.7’deki gibi 01111110 şeklinde bir ayırıcıyı veri içerisinde elimine etmek için 0’dan sonra gelen 5. 1’den hemen sonra araya bir 0 daha konur.

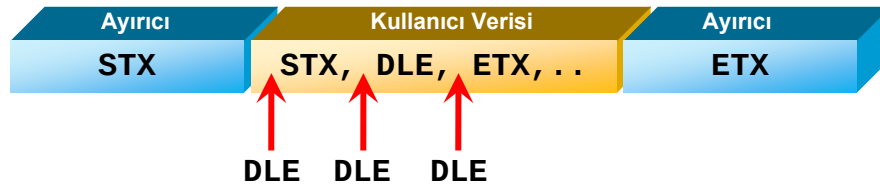


Şekil 6.7 : Bit Doldurma (Bit Stuffing) İşlemi

Bit Yönelimli Mesaj Biçimlendirme yaklaşımı herhangi bir katmanda kullanılabilir. Bu yaklaşım HDLC (High Level Data Link Control) ve IBM’in SDLC (Synchronous Data Link Control) protokollerinde ortam erişim katmanında kullanılır.

6.3.2 Karakter Yönelimli Mesaj Biçimlendirme

Bu yaklaşımda ayırıcı ve kontrol kodları için bit dizgesi yerine karakterler kullanılır. Bu yaklaşımda da ayırıcı ve kontrol karakterlerinin (STX, ETX, DLE) gönderilecek veri içerisinde bulunması olasılığı vardır. Bu tip durumlarda veri içerisindeki benzer karakterin önüne ekstra bir DLE (Data link Escape) karakteri konur. Bu işleme Karakter Doldurma (Character Stuffing)” adı verilir ve bu durum Şekil 6.8’de gösterilmiştir.



Şekil 6.8 : Karakter Doldurma(Character Stuffing) İşlem

Bu yöntemde, çif kontrol karakteri ardarda bulunamaz. Alıcı taraf veriyi okurken karşısına DLE karakteri çıktığında, bu DLE karakterini veriden siler ve hemen ardından gelen STX, ETX karakterlerini bir kod olarak değil normal bir veri olarak okumaya devam eder. Eğer alıcı önünde DLE olmayan bir STX veya ETX okursa bunu bir ayırıcı olarak algılar ve ona göre davranır.

6.3.3 Byte-Sayma Yönelimli Mesaj Biçimlendirme

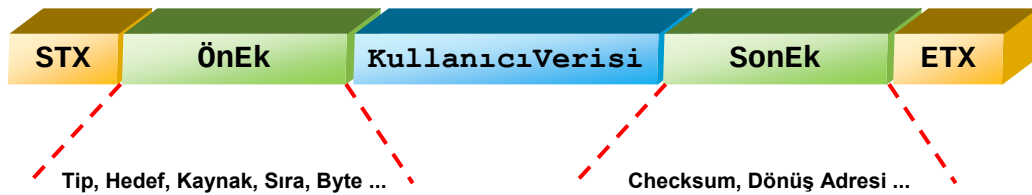
Bit Yönelimli ve Karakter Yönelimli yaklaşımlarda her zaman için gönderilecek veri modifikasyona ve ekstra eklemelere maruz kalabilir. Ancak bu yaklaşımlar veriyi bir başlangıç ve bitiş ile sınırlandırdığı için büyük miktarda ham (raw) verilerin iletilmesinde kullanışlıdır. Öte yandan Byte-Sayma yaklaşımında gönderilecek veri için bir başlangıç ayırıcı (STX) ve gönderilecek verinin miktarı karşı tarafa iletilir. Böylece alıcı taraf veri STX'den sonra ne kadar bir veri okuyacağını bilir. Böylece veri içerisinde kontrol karakterlerini tespit edip doldurma işlemi yapma ve veri bitişini (ETX) kullanma gibi işlemlere gerek kalmamaktadır.

Günümüzdeki pek çok protokol bu tekniği kullanılır. Örneğin DEC'in bir protokolü olan DDCMP (Digital Data Communication Message Protocol) bu tekniği kullanmaktadır.

6.3.4 Ön Ek ve Son Ek Bilgileri

Kaynak ve Hedef arasında gönderilen bilgi paketleri sadece ham veri dizisi şeklinde olursa eksik kalır. Gönderilen verinin yolda bozulma ihtimali, akış kontrolü, kaynak-hedef ilişkisi ve benzeri bir takım denetim ve kontrol mekanizmaları için bu parametrelerin veri ile beraber gönderilme zorunluluğu ortaya çıkar. Örneğin verinin yolda bozulma ihtimaline karşı hata kontrol ve düzeltme mekanizmaları kullanılabilir. Ancak bunun anlamlı olabilmesi için veri ile beraber bir kontrol ifadesinin (Error Checksum) olması ve bunun veri ile beraber alıcıya gönderilmesi gerekir. Öte yandan akış denetim mekanizmaları kullanılmak istenirse bu durumda sıra numarası ve akış kontrol gibi bilgilerinde veri ile beraber gönderilmesi gerekir.

Görüldüğü gibi protokol tasarım esnasında gönderilmek istenen bilgiye ek olarak denetim ve kontrol mekanizmaları için bir takım ek bilgilerin de gönderilme zorunluluğu vardır. Bu bilgiler önem ve öncelik durumlarına göre veri ile beraber bir Ön Ek (Header) ve Son Ek (Trailer) şeklinde gönderilir. Bu durumda mesaj formatı Şekil 6.9'da verilen hali alır.



Şekil 6.9 : Ön Ek ve Son Ek almış Mesaj Formatı

Mesaj formatı olarak Ön Eklerde genellikle tip, hedef, kaynak, sıra numarası, önem derecesi, paket uzunluğu vb. gibi parametreler gönderilirken, Son Eklerde ise genellikle hata kontrol toplamı, dönüş adresi vb. gibi parametreler kullanılır. Bu parametrelerin hangilerinin

kullanılacağı ve nereye yerleştirileceği protokol ihtiyaçlarına göre tasarımcı tarafından belirlenmelidir.

6.4 İşlem Kuralları

Tasarım yapılırken öncelikle amacın belirlenmiş olması gerekir. Daha sonra, bu amaç doğrultusunda yapılacaklar, adım adım ortaya konur ve bu adımlar arası etkileşim ve işlem kuralları belirlenir. İşlem kuralları, protokol tasarımının en önemli unsurlarından biridir ve protokolün davranış biçimini oluşturur. Veri aktarımının nasıl gerçekleşeceği ve olaylar karşısında nasıl tepki verilmesi gerektiği bu kurallar tarafından ortaya koyulur.

6.5 Yapısal Protokol Tasarımı

Protokol tasarımı, günümüzde iyi bilinen tekniklerin uygulanması ile gösterilebilir bir mühendislik problemidir [128]. Örneğin OSI Referans Modeli'nin fiziksel katmanında farklı tipteki bilgi taşıyıcılarının davranış karakteristiklerinin ne olduğunu, bu taşıyıcılar üzerinden verinin nasıl hızlı bir şekilde iletilebileceğini ve sonucunda oluşabilecek ortalama hata oranlarının gayet iyi bilinmesi gerekir. Bu alanda iyi bilinen pek çok kodlama ve senkronizasyon tekniği mevcuttur [128].

Yeni bir tasarım disiplininin geliştirilmesi genellikle iki aşamadan oluşur. İlk aşamada güncel olan teknik ve teknolojiler araştırılır. Daha sonra bu yeniliği olası en az derecede kısıtlayan ve gerçekleyebilen araçlara bakılır. Eğer bu noktada elde edilen araçlar istenen seviyede değilse, bunlar problemi en kapsamlı ölçüde ele alabilecek şekilde genişletilir ve güncellenir. Bu aşamadaki temel eğilim, yeniliğin uygulanmasındaki olası bütün kısıtlamaları azami oranda ortadan kaldırmaya yöneliktir.

İkinci aşamada, geliştirilen yenilikteki problemler ve bunların doğası iyice anlaşıldıktan sonra yeni araç setleri ve kurallar geliştirilir. Bu araç ve kurallar, özenle seçilmiş bir takım sınırlandırmaları kullanıcılara uygular. Bu sınırlandırmalar, pek çok deneysel ve gözlemsel çalışmaların ardından belirlenir. Sınırlandırmalar ilgili yeniliğin kullanıcılar tarafından güvenli ve amaca uygun kullanılması için dikkatlice konur. Örneğin yukarıda bahsedildiği gibi tasarımın ilk aşamasında 4 GHz'de çalışabilen bir işlemci ikinci aşamada satışa hazır hale getirildiğinde, kullanıcılara 3.5 hatta 3 GHz gibi daha düşük değerlerde çalışır şekilde ayarlanarak sunulur.

6.5.1 Basitlik ve Modülerlik

Buraya kadar bahsedilen tasarım konuları ve ilkeleri göz önünde bulundurulursa sonuçta iki hususun ön plana çıktığı görülecektir. Bunlar:

- Basitlik
- Modülerlik

'dir.

Bir protokol, mümkün olan en basit ve anlaşılması en kolay şekilde olmalı ve basit bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca tüm protokol süreçleri doğrulanabilir ve sürdürülebilir olmalıdır. Sağlam ve iyi yapıli bir protokol, kolay alalıılır ve iyi tasarlanmış, mümkün olan minimum sayıda parçanın bir araya getirilmesi ile olur. Her parça kendi içinde sadece bir işlevi barındırmalı ve gerçekleştirmelidir. Protokolün nasıl çalıştığını anlamak demek aslında bu protokol içerisindeki parçaların yapısını ve birbirileri ile nasıl etkileştiğini anlamak demektir.

Protokol bünyesindeki her işlev parçası kendi içerisinde geliştirilir, test edilir, uygulanır ve sürdürölür (işletilir). Ortogonal fonksiyonlar birbirinden bağımsız bileşenlere ayrılabilir ve her bileşenin işleyişi bir diğere bağımlı değıildir. Örneğın protokol içerisindeki hata düzeltme modölü sadece bir hata olması durumunda devreye girmelidir. Bunun dışında hat hızı, şifreleme, zaman senkronizasyonu, akış kontrolü vb. gibi unsurlarla da ilgilenmemelidir. Çünkü bu konuların her biri ile kendi içinde özelleşmiş başka modüller ilgilenmeli ve her biri ayrı bir modöl tarafından işlenmelidir.

Tasarım içerisindeki bir modölün işleyişi bir başka modüle bağımlı olmamalıdır. Başka bir deyişle protokol tasarımında “ortogonallik” aranmalıdır. Bu sayede modüler bir çalışma yapısı ortaya çıkacak olup tasarımın her bir parçası (modölü) kendi sorumlu olduğı problemi çözecek ve tüm modüller birleşince de tasarım çözümü ortaya konmuş olacaktır.

6.5.2 İyi Tasarım

İyi tasarlanmış bir protokol ne çok özelleştirilmiş ne de yetersiz tanımlanmış olmalıdır. Erişilemeyen veya yürütölemeyen bir kod içermemelidir. Bunun yanında olası tüm ihtimalleri değıerlendirebilmeli veya en azından kontrollü bir tepki verebilmelidir. Örneğın yetersiz (gevşek) tanımlanmış bir protokol, öngörölmeyen bir bilgi veya paket aldığında, bu durum karşısında nasıl tepki verileceğini bilemez ve göndericiye her hangi bir cevap gönderemez.

İyi tasarlanmış bir protokol self-stabil olmalı yani istenmeyen durum tekrarlarından ve sonsuz çıkmazlardan kendini koruyabilmelidir [128]. Bunun için en çok kullanılan yaklaşım bir durum sayacı ve eşik değıeri tutulmasıdır. Sayaç eşik değıere ulaştığında protokol denemekte

akış denetim mekanizması olan “sliding window” tekniği buna örnek olarak verilebilir. Bu teknikte gönderici, ilk önce veriyi belli bir hızda gönderir. Alıcı taraf bu hızı karşılayamadığı zaman “window size” değerini küçülterek karşı tarafa bildirir. Bu bildirimi alan gönderici daha az sayıda paket göndermeye başlar. Tersisi durumda alıcı göndericinin hızlanmasını isterse window size değerini büyütür. Böylece gönderici birim zamanda daha fazla bilgi göndererek aktarım hızını arttırmış olur. Bu işlem iletim hattının durumu, gönderici ve alıcının yoğunluğu, iletim hattının anlık kapasitesi ve sistemin trafik yüküne bağlı olarak, dinamik bir şekilde sürekli olarak güncellenir.

6.5.3 Sağlamlık

Sadece normal çalışma koşullarını değerlendirebilen ve bu koşullar altında çalışan protokol tasarlamak kolay bir iştir [128]. Ancak bu şekilde tasarlanmış her protokolün sağlam olduğunu söylemek doğru değildir. Önemli olan, bir protokolün beklenmedik her durum karşısında uygun ve doğru davranışı sergileyebilmesidir. Bu geliştirilen protokolün ne kadar sağlam olduğunu ortaya koyar. Sağlamlığın temel kriteri ise bir protokolün mümkün mertebe bağımlılıklarının en aza indirilmesi ile olur. Bir protokol, ortam ve teknolojik değişimlere ne kadar az bağımlı ise o derece sağlamlığı artacaktır. Bunun içinde olabilecek en az seviyede varsayımlarda bulunulmalı ve bu varsayımların, teknoloji ve çevresel parametrelere bağımlılığı minimumda tutulmalıdır. Mesela; pek çok bağlantı seviyeli protokol 1970’lerde geliştirilmiştir [128]. O zamanlar günümüzdeki gibi gigabit hızlar sözkonusu değildi. İlk tasarlandıklarında gayet iyi çalışan bu protokoller zamanla iletim hızlarının artmasına uyum sağlayamamış ve tam anlamıyla yüksek hızları destekleyememişlerdir.

Sağlam bir protokol tasarımı teknolojiye yeni gelişmelere karşın otomatik olarak kendini bu değişimlere adapte edebilmelidir. Sağlamlık için en iyi yaklaşım, her çıkan yenilikte tasarıma ek yapmak değildir. Çünkü yapılan her ekleme yeni birtakım varsayımlar getirecek ve bu da zamanla oluşacak değişikliklere adaptasyonu gittikçe güçleştirecek ve tasarımı karmaşıktıratacaktır. Oysaki sağlamlık ve iyi bir tasarım için basitlik en temel ilkedir. Zaruri olmayan tüm varsayımlar atılarak protokol mümkün olduğu kadar minimalist bir yaklaşımla tasarlanmalıdır.

6.5.4 Tutarlılık

İyi tasarlanmış bir protokol tutarlı olmalıdır. Tutarlı bir protokol, benzer her türlü girişim ve olaylara karşı hep aynı ve doğru (veya istenen) tepkiyi verir. Tutarlılık sadece doğru çalışma durumları değil aynı zamanda hata ve hatadan kaçış durumları içinde geçerlidir.

Bir protokolün tutarlılığını yok eden ve hataya düşmesine neden olan bazı ölümcül hata durumları vardır. Bunlardan en önemli üçü aşağıda listelenmiştir:

- Kilitlenme (Deadlocks): Bir protokol çalışma esnasında bazen öyle bir aşamaya gelirki: bu noktada kendi içinde belirtilen hiç bir çıkış yolu (tepkisi) yoktur ve protokol bu noktada takılır (kilitlenir). Protokol bu aşamada çalışmasını durdurur ve hiç bir zaman var olamayan bir koşul beklemeye başlar. Kilitlenme durumu daha çok protokolün tasarım yetersizliğinden kaynaklanır.
- Döngü (Livelocks): Protokol çalışması esnasında, bazı rutinlerin kendi kendini sürekli tekrarlaması sonucu bu durum ortaya çıkar. Böyle bir durumda kilitlenmeden farklı olarak protokolün duruma karşı bir tepkisi vardır fakat verilen tepki protokolü tekrar aynı tepkiyi vermesine neden olacak etkiyi doğurur. Kısaca protokol kendi içinde sonsuz döngüye girer. Bu durum yeterince self-stabil olmayan protokollerde karşılaşılan bir durumdur.
- Yalnız Sonlandırma (Improper Terminations): Protokolün çalışmasının beklenmeyen şekilde sonlanması durumudur. Protokol beklenen veya tasarlanan akışının dışında farklı bir şekilde sonlanır. Büyük güvenlik açıklarına neden olabilir.

Çoğu durumda bu hatalı durumları, manuel olarak veya tasarım esnasında farketmek mümkün olmamaktadır. Geliştirilen uygun araç ve donanımlarla tasarlanan protokolün hata ve yalnız davranışlarından arındırılması gerekir.

6.5.5 Tasarım için Kurallar

Her protokol belli bir amaca hizmet ettiği için amacın gerektirdiği özel durumlar söz konusu olabilmektedir. Ancak bölüm 6’da tartışılan konular ışığında bir protokol tasarımı için dikkat edilmesi gereken noktalar belli başlıklar altında toplanabilir. Bu kurallar, tasarımın nasıl olması gerektiği ve nelere dikkat edilmesi gerektiğini genel anlamda ortaya koyacaktır. Bu kurallar şunlardır:

- Problemin iyi tanımlanmış ve net olduğundan emin olunmalıdır. Böylece tasarımın amacı net olarak ortaya çıkmış ve tüm tasarım kriterleri, ihtiyaçlar ve kısıtlamalar tasarıma başlanmadan önce belirlenmiş olacaktır.
- Servislerin ve işlevlerinin tanımlanması, hangi işlem neyi tanımlar, nasıl yapar ve kimden önce gelir sorularını yanıtlanması gerekir.
- Tasarımın mümkün olduğunca basit olmasına özen gösterilmelidir. Gereksiz özelliklerle şişirilmiş tasarımlar basit tasarımlara göre daha fazla hataya neden olurlar. Karmaşıklık arttıkça tasarımların entegrasyonu, kontrolü ve sürdürülebilirliği zorlaşır, etkinliği azalır.
- Dışsal işlevler içsel işlevlerden önce tasarlanmalıdır. Yani işlevler ilk önce bir kara kutu şeklinde düşünülmeli ve öncelikli olarak bu kutuların kendi aralarında ve dış dünya ile etkileşimlerinin nasıl olacağını tasarlamalıdır. Daha sonra her kutu kendi içinde çözümlenmelidir.
- İşlevlerin (kutuların) birbirilerine bağımlılıklarından kaçınılmalıdır. İşlevler ortogonal olmalı ve dolayısı ile modülerlik sağlanmalıdır.
- Gereksiz sınırlandırmalar ve alakasız tanımlar yapılmamalıdır. İyi tasarım “açık-uçlu”dur ve genişletilebilirdir. İyi bir tasarım sadece bir unsurdan ziyade bir problem sınıfını çözümler.
- Tasarımı tamamlamadan önce üst seviye bir prototipi gerçekleştirilmeli ve başlangıçta belirlenen kriterleri karşılayıp karşılamadığı doğrulanmalıdır.
- Tasarımın tamamlanmasından sonra performansı ölçülmeli ve eğer istenen seviyede değilse optimize edilmelidir.
- Tasarımın optimize edilmiş son hali kontrol edilmelidir. Böylece üst seviye eşdeğer prototip tasarımı doğrulanmış olacaktır.

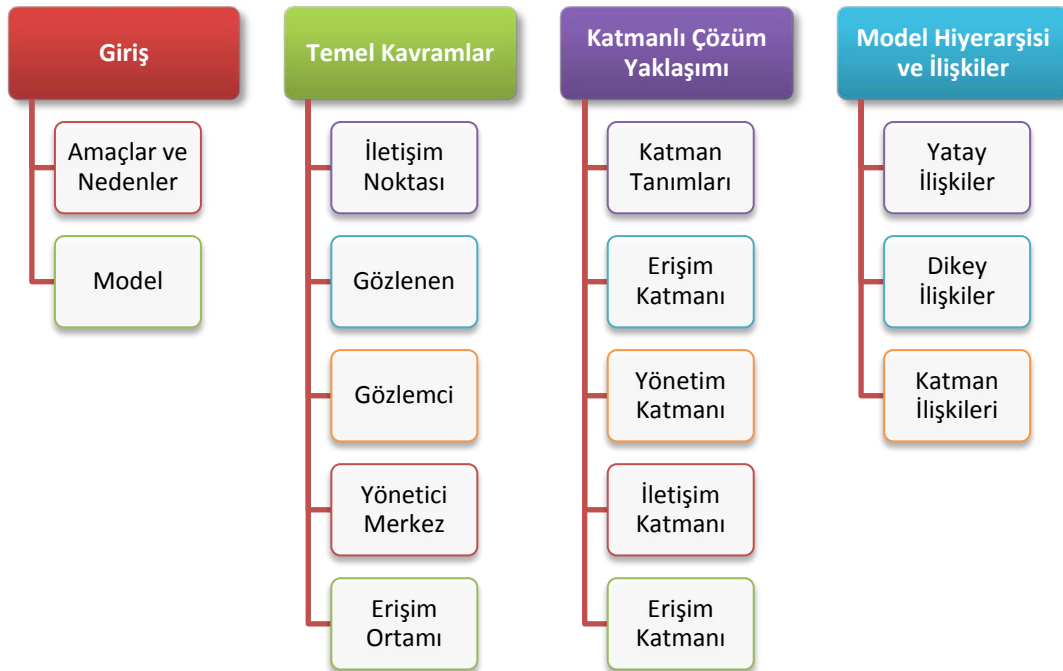
7 BİYOTELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN YENİ BİR MODEL TASARIMI

7.1 Giriş

Bölüm 6’da bir model ve protokol tasarımı için göz önünde bulundurulması gereken temel ilkeler anlatılmıştır. Böylece okuyuculara, biyotelemetri uygulamaları için bu bölümde ortaya konulacak olan yeni yaklaşımın mantıksal zemini hazırlanmıştır.

Bu bölümde, tez çalışmasının esas amacı olan biyotelemetri uygulamaları için yeni bir uygulama modeli geliştirilmiş ve modelin esasları ortaya konulmuştur. Modelin ortaya atılma amaçları açıklanarak, neden böyle bir modele ihtiyaç duyulduğu konusunun daha net anlaşılması hedeflemiştir. Daha sonra ortaya konulan yeni modelin temel kavram ve ilkeleri tartışılmıştır. Geliştirilen kavramsal yapılar ve bunlar arasındaki bilgi akış ve kontrol ilişkilerinin nasıl olduğu, açıklamalarıyla okuyucuya aktarılmaya çalışılmıştır.

Bölüm 8’de biyotelemetri uygulamaları için geliştirilen çözüm yaklaşımı ve protokol tasarımı bu modele dayandırılacağı için bu bölümde anlatılan konuların anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde ortaya atılan yeni model için değinilen konu başlıkları Şekil 7.1’de gösterilmiştir.



Şekil 7.1 : Bölüm 7’de geliştirilen yeni model için anlatılan konu başlıkları

7.2 Modelin Ortaya Konuluş Nedenleri ve Amaçları

Herşeyden önce bir modelin gerçekleştirilmesi için bir neden ve amacı olmalıdır. Bu açıdan bakıldığında model, bir çözüm yaklaşımıdır. Eğer ortada bir çözüm varsa buda bir sorun veya yapılması gerekli olan bir iş olduğuna işaret eder. Bu model ile özünde iletişim olan bir yaklaşım ortaya konulmaktadır. En kısa haliyle amaç; bilginin iletilmesidir. Bu noktada sorulması gereken ilk soru; neden böyle bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğudur.

Biyotelemetri ve medikal ağlarda TCP/IP modeli ortamsal olarak çok uygun olmasına karşılık uygulama noktasında yetersiz kalmaktadır. TCP/IP modeli çok genel amaçlı bir iletişim modelidir ve sadece klasik bilgi paylaşımı ve veri aktarımı amacıyla geliştirilmiştir. Fakat değişen ve gelişen teknoloji ile beraber insanoğlunun iletişim ve bilgi paylaşımı ihtiyaçları da değişime uğramıştır. Kablosuz ağlar, sensör ağlar, medikal ağlar vb. gibi özel amaçlara hizmet eden gelişmiş yapıların ortaya çıkmasıyla, kökleri 1970'lere uzanan TCP/IP modeli bu noktada tam anlamıyla çözüm sağlayamamaktadır. Bu nedenle tasarımcı ve araştırmacılar, uygulama düzeyinde yeni ve özel yaklaşımlar sergilemişlerdir. Özellikle uygulama katmanlı tasarımlarda eksiklikler göze çarpmaktadır. Ancak TCP/IP modeli, internet gibi günümüzün en popüler ve yaygın iletişim ağının temelini oluşturur. Böyle bir noktada bilgi iletişimi için uygulama geliştirirken TCP/IP'nin göz ardı edilmesi mümkün değildir. O zaman ortaya konulacak çözüm aslında bir alternatif değil, tamamlayıcı ve özelleştirici bir yaklaşım olmalıdır.

Medikal ağlar ve biyotelemetri için ortaya konan çözümler ve gerçekleştirmelere [9-32] bakıldığında her çözümün kendi içinde bağımsız bir yaklaşım sergilediği ve bu yaklaşımların ortak paydalarının veya birlikte çalışabilirliklerinin çok az olduğu görülmüştür. Bu çalışmalarda ya tamamen farklı bir mimari yaklaşım sergilenmiş veya kısmen TCP/IP modeli baz alınarak uygulamanın birlikte çalışabilirliği sağlanmaya çalışılmıştır. Bu noktadan hareketle ortaya konulacak olan yeni modeldeki amaç; tüm bu yapılan ve ileride geliştirilebilecek çalışmaları ortak bir çatı altına toplayarak etkin ve birlikte çalışabilirliği sağlamak olmalıdır.

Tüm bu anlatılanlar ışığında, biyotelemetri uygulamaları için bu tez çalışmasında tasarlanan yeni modelin ilkesel yaklaşımı ve ortaya çıkış amacı şu şekilde özetlenebilir;

- Medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları için birleştirici ve kapsayıcı bir yaklaşıma ihtiyaç vardır.
- Yeni model, internet, sensör ağlar, kablosuz ağlar gibi mimarilere uygulanabilir olmalıdır.
- Yeni model, bir alternatif değil tamamlayıcı bir yaklaşım olmalı ve böylece mevcut yapılar üzerine inşa edilebilir olmalıdır.

Sonuçta bu tez çalışmasının amaçlarından biri olarak, biyotelemetri ve medikal ağ uygulamaları için mevcut iletişim ortamlarına adapte edilebilen, tamamlayıcı ve birlikte çalışabilirlik imkanı sağlayan yeni bir model yaklaşımı ve bunun gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

7.3 Medikal Ağlar ve Biyotelemetri Uygulamaları için Yeni Bir İletişim Modeli

Model, bir amaca yönelik olarak işin nasıl ve ne şekilde yapılması gerektiğine dair ana unsurları ve bu unsurlar arasındaki ilişkileri ortaya koyar. Bu bağlamda bir modelden beklenen şey, çözüme ilişkin temel esasları ve ilişkileri ortaya koymasıdır.

Medikal ağlar ve telemetri sistemleri aslında bilgi iletişimine dayalı yapılardır. İletişim, bu yapılarda aktif rol oynayan temel unsurlar arasında gerçekleşir. Bu yapılarda gözlemlenen bir bileşene karşılık bu bilgileri gözleyen bir gözlemci ve yine sistemde yönetsel ve organizasyonel roller üstlenen bir merkez (koordinatör) bulunur. Dolayısıyla ortaya konulacak olan modelde bu bileşenler, modelin düşünce sisteminin temel taşlarını oluşturmalıdır. İletişim bu üç temel bileşen arasında gerçekleştirilmelidir. Bilgi akışının kural ve sistematığında, bu bileşenler uç noktaları oluşturmalıdır.

Haberleşmenin temel yapısı içerisinde bulunan kaynak-ortam-hedef üçlemesinde bilgi akışının sağlanması için bir iletişim ortamının gerekliliği kaçınılmazdır. Dolayısı ile ortaya konulacak bir iletişim modeli, mutlak olarak bir ortam tanımlaması yapmak zorundadır. Ortamın mimari yapısı ve işleyişi, mevcut bilgilerin aktarılması modele dayalı protokollerin temel belirleyicisi olacaktır. Günümüzde, iletişimde kullanılan ortamlar ve bunların işleyişleri, geniş ve detaylı bir biçimde ortaya konmuş ve standartlaştırılmıştır. Bu model tasarımı yeni bir ortam yapısı tanımlamaktan ziyade mevcut ortamları ve bunların işleyişlerini kullanan bir yaklaşım amaçlanmıştır. Modeli, bilgi iletişimde yaygın kullanılan ortamlar üzerine inşa etmek modelin etkinliğine ve uygulanabilirliğine pozitif etki sağlayacaktır.

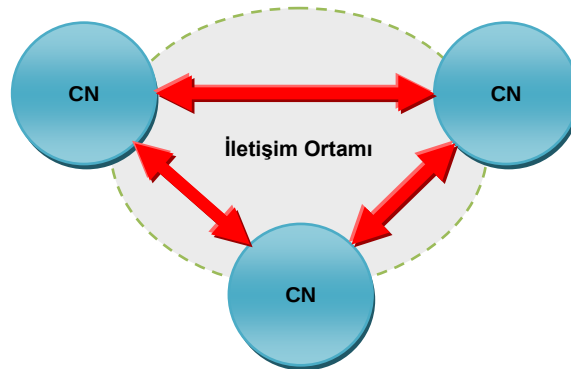
Medikal ağlar ve bu ağlardaki biyotelemetri uygulamaları, bilgi aktarımı ve uçlar arası haberleşme esaslarına dayalı olduğundan bunlara yönelik olarak ortaya konulacak model yapısı ve işleyişi karşımıza uygulama seviyesi bir model olarak çıkacaktır. Model tasarımıdaki amaç; OSI ve TCP/IP gibi iletişim modellerine bir alternatif model ortaya koymak değil, bu modellerin uygulama seviyelerinde, onları medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları için tamamlayıcı ve destekleyici bir yapıya kavuşturmadır. Böylece OSI ve TCP/IP gibi yaygın kullanılan yapılar, burada esasları ortaya konulacak olan model için bir önceki paragrafta değinilen iletişim ortam vazifesi görecektir. Gerçekleştirilen model, bu ortamlar üzerine inşa edilmiştir.

Sunulan modelin bundan sonraki aşamaları incelendiğinde, aslında bu modelin telemetri amaçlı pek çok uygulama için uygulanabilir olduğu görülecektir. Bu model, açık bir mimariye sahip olup uygulama alanları benzer sistemlerde de rahatlıkla kullanılabilir. Daha sonraki bölümlerde bu model, özellikle medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları referans alınarak özelleştirilmeye ve geliştirilmeye çalışılacaktır.

7.4 Model için Temel Kavramlar

Herhangi bir amaca yönelik olarak ortaya konulan bir modelde öncelikli olarak modele esas olan bileşen ve kavramların net olarak tanımlanmış ve bunların herkesçe anlaşılabilir olması gerekmektedir. Model mümkün olduğu kadar basit ve kolayca ifade edilebilir olmalıdır. Bu kriterler modelin uygulanması ve hayata geçirilmesi için çok önemlidir. Öyleyse öncelikli olarak modelin ana bileşenlerinin ve bunların işlevlerinin ortaya konulması gerekir.

Haberleşme sistemleri kaynak-ortam-hedef üçlemesi temeline dayanır. Bilgi uçlar (kaynak,hedef) arasında ortam üzerinden iletilir. Uçlar genellikle birim veya eleman (unit, entity) olarak adlandırılır. Her bir birim donanımsal, yazılımsal veya bu ikisinin karışımı yapıda olabilir. Çift yönlü iletişimlerde uçlar rol değiştirebilirler. Yani hedef kaynağa, kaynaktaki hedefe dönüşebilir. Dolayısıyla sistem içerisinde farklı görevler üstlenebilen ve görevden bağımsız birbirileri ile iletişim kurabilen uçlar birer “İletişim Noktası (Communication Node - CN)” olarak adlandırılırlar. Bir CN başka bir CN ile haberleşir ve birçok CN erişim ortamı üzerinden bir araya gelerek amaçları doğrultusunda bir iletişim ağını oluştururlar. Bu çalışmada modele dayanak olarak bölüm 5’te açıklanan medikal ağlar göz önüne alınmıştır. Şekil 7.2’de üç CN’den oluşan bir medikal iletişim ağı gösterilmiştir.



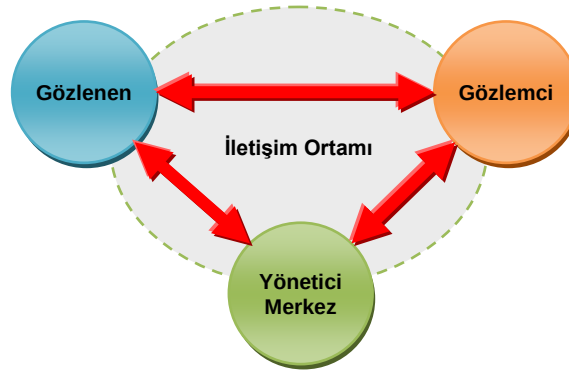
Şekil 7.2 : Modelin temel iletişim yapısı

Medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamalarında her zaman için bir gözlenen ve bir gözlemci vardır. Gözlenen, hakkında bilgi öğrenilmesi istenen uçtur, gözlemci ise gözlenen

hakkında bilgi toplamak isteyen uçtur. Öte yandan ortam içerisinde gözlenen ve gözlemcilerin sayıca artması durumunda bu çoklu yapıda iletişimin organize edilmesi ve bir takım denetim mekanizmalarının oluşturulabilmesi için bir merkezi yönetim birimine ihtiyaç duyulur. Model tanımı içerisinde bir medikal ağda etkinliklerine göre 3 farklı CN türü bulunacaktır. Bunlar;

- Gözlenen
- Gözlemci
- Yönetici Merkez

Model, kendi içerisinde bu uçlar ve erişim ortamı olmak üzere toplamda 4 temel bileşenden oluşmaktadır. Şekil 7.3’de bu yeni modele dayalı bir medikal ağ ve temel bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 7.3 : Medikal ağ ve biyotelemetri uygulamaları iletişim birimleri

Gözlenen, Gözlemci ve Yönetici Merkez yapısal ve işlevsel olarak farklı görevlere sahiptir. Görevler, bu CN’leri kullanan kullanıcıların vasıflarına göre şekillenir. Telemetri amaçlı yapılarda daima gözlenen uçlardan diğer uçlara doğru bir bilgi akışı söz konusudur. Çünkü bu tür yapılardaki en temel amaç gözlenen uçtaki bir takım nicelikler hakkında bilgi sahibi olabilmektir. Bu nedenle gözlenen ucta ölçülen bilgiler, gözlemcilere ve merkeze iletilir. Model yaklaşımında da bu felsefeyle hareket edilmiş ve çözümleme gözlenen ekseninde şekillendirilmiştir.

7.4.1 Gözlenen

Bilginin ölçülmesi (gözlenmesi) istenen taraftır. Ölçülecek bilginin türü ve ölçüm şekli çok değişik şekillerde olabilir. Bilgiler genellikle sensörler aracılığı ile ölçülür. Daha sonra ölçülen bu bilgiler uygun formatta işlenerek merkeze veya gözlemci tarafa iletilir.

Model yaklaşımının merkezinde gözlenen olduğu için ağda en az bir gözlenen olmak zorundadır. Aksi taktirde ölçülecek veri olmayacağından gözlemci ve merkez uçların da bir anlamı kalmayacaktır. Gözlenen uç ise en az bir nicelik ölçümü yapabilmelidir. Ölçümleri kendi bünyesinde yapabileceği gibi bağımsız başka birimler üzerinden de yapılabilir.

7.4.2 Gözlemci

Gözlenen üzerinde ölçülen nicelikleri takip eden ve gerektiğinde gözlenenle doğrudan iletişim kurabilen uçtur. Gözlemci uç, sadece verileri okumak veya yorumlamak için kullanılır. Gözlemlenen veriler üzerinde herhangi bir değişiklik yapamaz. Bir gözlemci kendisine verilen yatkiler dahilinde isterse aynı anda birden fazla gözleneni takip edebilir.

7.4.3 Yönetici Merkez

Ağ içerisindeki gözlenen ve gözlemciler arasındaki koordinasyonu ve yetkilendirmeyi sağlar. Ayrıca yönetici merkez bu uçların taleplerini yerine getirmekle yükümlüdür. Koordinasyonu sağlamak üzere yönetici merkezler ağdaki tüm gözlenen ve gözlemcilerle ilgili bilgi ve verileri saklamak zorundadır. Aynı zamanda benzer diğer ağlarla iletişim ve bilgi alış-verişini sağlamak yönetici merkezlerin sorumlulukları arasındadır.

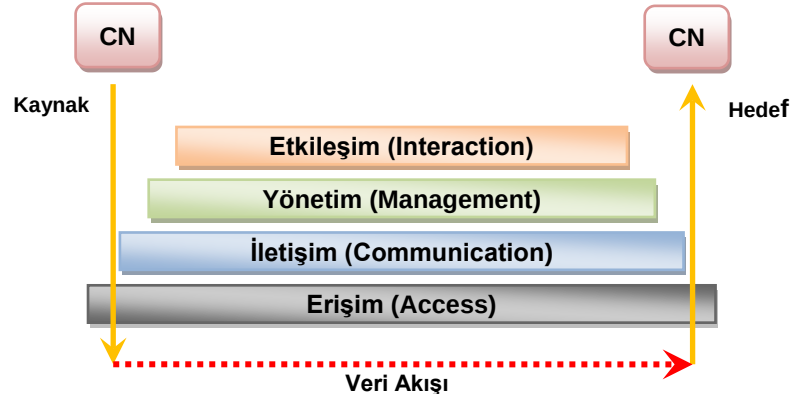
7.4.4 Erişim ortamı

Erişim ortamı, CN (Gözlenen, Gözlemci ve Yönetici Merkez)'ler arasında bilgi aktarımını sağlar. Ağın oluşması için CN'leri birbirine bağlar. Erişim ortamı kablolu olabileceği gibi kablosuz veya internet gibi karma ortamlar da olabilir. Aynı fiziksel erişim ortamı üzerinde farklı yönetimsel ağlar işleyebilir. Bu durumda her ağın kendi yöneticisi ve tanımlayıcıları olmalıdır. Erişim ortamı buna müsaade edecek bir yapıda olmalıdır.

Erişim ortamı mevcut modellere dayandırılabilir veya bu modellerin belli bir kısmını içerebilir. Böylece oluşturulacak ağ ortamının diğer iletişim ağları ile birlikte çalışabilirlikleri garanti edilmiş olur. Örneğin TCP/IP modelinin ilk 3 (Ağ Arabirim, Internet ve Aktarım) katmanını kendisi için erişim ortamı olarak kullanan bir yapı diğer TCP/IP temelli ağlarla sorunsuz bir şekilde haberleşecektir.

7.5 Katmanlı Çözüm Yaklaşımı ve Katman Tanımları

Bu tez çalışmasında ortaya konulan modelde, temel kavramlar ve erişim ortamının görevleri de göz önüne alınarak 4 katmanlı bir çözüm yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşım ve veri akışı Şekil 7.4’de gösterilmiştir. Bilginin akışı kaynak CN’den hedef CN’ye doğrudur.



Şekil 7.4 : 4 katmanlı çözüm yaklaşımı

7.5.1 Etkileşim Katmanı

Bu katmanda uygun ve yetkilendirilmiş noktalardan bilgi (veri) alınması, sorgulanması ve ayrıca işlenmiş sonuçların kullanıcılara aktarılması amaçlanır. Katmanın temel elemanları “Veri Birimleri (Data Unit - DU)”dır. DU’lar kullanım amaçları ve veri işleme şekillerine göre çeşitli gruplara ayrılırlar.

- **Veri Toplayıcı (Data Collector - DC) :** Bu elemanlar sıcaklık, pozisyon, basınç, nem, yoğunluk, atım sayısı vb. gibi niceliklerle ilgili ölçüm yapıp elde ettikleri ölçüm sonuçlarını yönetici birimlere iletirler. Özellikle gözlenen uçlarda kullanılırlar. Yapılan ölçümün türüne göre değişkenlik gösterirler.
- **Veri Gösterici (Data Presenter - DP) :** Bu elemanlar yönetici birimlerden aldıkları işlem ve ölçüm sonuçlarını görsel, işitsel ve yazımsal olarak sunar. Uç birimlerin girdi-çıkı elemanları olup kullanıcılara arayüz sağlarlar.
- **Veri Sorgulayıcı (Data Querier - DQ) :** Bu eleman yönetici birimin aldığı sorgulamaları işleyen ve yerine getiren birimdir. Özellikle yönetici merkezlerde kullanılır. Veritabanı işlemlerini yürütür.

7.5.2 Yönetim Katmanı

Bu katmanda uçlar arası iletişim ve veri işlemlerinin yönetilmesi ve organizasyonu gerçekleştirilir. Uçlar arasında oturum açılması, güven ilişkileri, yetkilendirme, sisteme giriş gibi denetimsel mekanizmaları içerir. Veri toplayıcılar ve sorgulayıcılardan alınan bilgileri işleyerek veri göstericilere veya istenen noktaya iletir.

Bu katmanın temel elemanı “Yönetim Birimi (Management Unit - MU)”dır. MU’lar tek tiptir ve İşlem veya Süreç Yönetici (Procces Manager - PM) olarak da adlandırılır. PM’ler yönetim katmanının tanımladığı tüm fonksiyonları yerine getirebilirler.

7.5.3 İletişim Katmanı

Bu katman uçlar arasındaki iletişim ve veri akışının nasıl olması gerektiğini tanımlar. Buradaki akış, bilginin erişim ortamı üzerinden nasıl aktarılması gerektiği ile ilgilidir. Katmanın temel özelliği, iletişimdeki mesajlaşma şekli, mesaj biçimi, paket format ve ileti kontrollerinin burada ortaya konmasıdır. Bu sayede, model baz alınarak yapılacak gerçekleştirmelerde, erişim ortamının kurallarına olan bağımlılıklar ortadan kaldırılmış olur. Böylece sistemin farklı ortamlar üzerinde tanımlanabilmesi ve çalışabilmesi garanti edilir.

Bu katmanın temel elemanları “İletişim Birimleri (Communication Unit - CU)”dır. İki tip CU vardır. Bunlar Veri Aktarıcılar (Data Transporter - DT)” ve “Servis Sunucular (Service Provider - SP)”dır.

- **Veri Aktarıcı (Data Transporter - DT) :** Bu elemanlar veri paketlerinin erişim ortamı üzerinden uçlar arasında aktarılmasını sağlarlar. Aktarma işlemi ve veri akışı için denetimler sunar.
- **Servis Sunucu (Service Provider - SP) :** Bu elemanlar veri paketlerinin erişim ortamı üzerinden uçlar arasında aktarılmasını sağlamakla beraber DT’ler den farklı olarak bunu erişim ortamının kural ve hizmetlerini kullanarak yapar. Böylece aynı erişim ortamını kullanan diğer yapıların bu sistemlerle haberleşmesini ve entegrasyonunu mümkün kılar. Web servisleri buna örnektir.

7.5.4 Erişim (Ortam) Katmanı

Erişim katmanı, bilgi iletişimi için fiziksel bağlantıları, iletim ortamlarını, sinyaleşme biçimlerini, sinyal akışını ve uçlar arası paket yönlendirilmesini tanımlar. Ağın yapısal ve fiziksel altyapısını oluşturur. Bilgiler bu altyapı üzerinden uçtan uca aktarılır. Erişim katmanı başka bir modele dayalı olabileceği gibi tamamen bağımsız bir tasarım şeklinde de olabilir. Dolayısıyla birlikte çalışılabilirlik ve teknolojiler arası uyumluluğun en üst seviyede olmasını sağlar. Erişim ortamının kendine has kuralları vardır. Katmanın belirli bir temel elemanı olmayıp işleyişi, seçilen gerçekleştirmelerin sistematığı ve iç dinamikleri tarafından belirlenir.

7.6 Model Hiyerarşisi ve İlişkiler

Katmanlı model yaklaşımları belli bir hiyerarşik yapıya dayanır. Bu hiyerarşi katmanlar arasında hizmet veren ve hizmet alan yapıları tanımlamakla beraber bunlar arasındaki ilişki düzeylerini de ortaya koyar. Ortaya konulan model, daha önce de ifade edildiği gibi 4 katmandan oluşan bir çözüm önermektedir. Katmanların işlevleri, temel eleman ve tanımlı birimleri Tablo 7.1’de gösterilmiştir.

Tablo 7.1 : 4 Katmanlı çözüm için tanımlı görev ve birimler

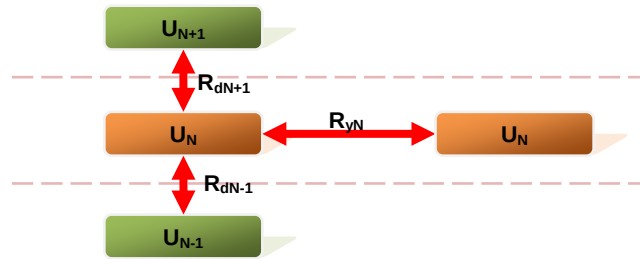
	Katman	Görev Tanımı	Temel Eleman	Tanımlı Birimler
4	Etkileşim	- Dış kullanıcı ortamından bilgi alır - gösterir - Bilgi sorgular	DU	DC DP DQ
3	Yönetim	Uçlar arası iletişimin organizasyonu ve yönetimi sağlar	MU	PM
2	İletişim	- Uçlar arası paket aktarımını sağlar - Adresleme ve aktarım biçimini tanımlar	CU	DT SP
1	Erişim	İletişim için fiziksel ve yapısal altyapıyı oluşturur.	-	-

Bilgi akışı kaynak tarafında başlar ve en üst katmandan aşağı katmanlara doğru ilerler. En alt katmanda bilgi hedefe iletilir ve hedef noktasında en alt katmandan başlayarak yukarı katmanlara doğru çözümlenir (Şekil 7.4).

Model içerisindeki herhangi bir bağımsız görev grubu için sadece bir katman ve o katmanda tanımlı birimler devrededir. Dolayısı ile yapılması gereken bir işlem için diğer katman birimleri taşıyıcı ve iletici rol üstlenir. Böylece her katman sadece kendi sorumlulukları ile ilgilenir ve yerine getirir. Katmanlar arası hiyerarşi ardışıldır ve bu hiyerarşi ilişkiler aracılığı ile şekillenir. Hiyerarşik olarak her katmansal eleman, kendisi ile aynı katmanda bulunan

elemanlarla eşit statüde yer alır ve onlarla iletişim içerisine girebilir. Aynı katmandaki eşdeğer elemanlar birbirilerinin muhatabıdır (konuşurlar). Farklı katmanlardaki elemanlara bakıldığında alttaki katmansal eleman daima üstündeki elemene hizmet vermekle yükümlü iken kendi altındaki katmansal elemandan hizmet alır.

İlişkiler, katmanlar arası etkileşim kural ve eylemlerini belirler. Bu kurallar ile katmanlar arası bilgi aktarımı ve katmansal olarak eşdeğer birimler arası iletişimin nasıl olacağı ortaya koyulur. Katmanlar arası meydana gelen etkileşimlere bakıldığında, herhangi bir katmandaki birim eleman için 3 ilişki söz konusu olabilir. Bu durum Şekil 7.5’te gösterilmiştir. N. seviyedeki bir katmanda görevli bir U_N elemanı, U_{N+1} ile R_{dN+1} , U_{N-1} ile R_{dN-1} ve diğer bir kendi eşdeğeri ile de R_{yN} ilişkisi içerisinde. Buna göre U_N için U_{N+1} hizmet alan, U_{N-1} hizmet veren ve diğer U_N elemanı ise muhatab (eşdeğer) elemandır.

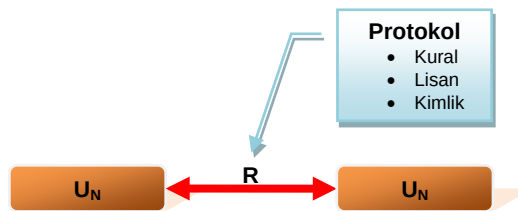


Şekil 7.5 : Katmanlar arası ilişki

Katman elemanları arasındaki ilişkilerin türüne bakıldığında, temel olarak iki tür ilişkiden bahsedilebilir. Bu ilişkiler Yatay ilişkiler ve Dikey ilişkiler’dir. En temel ve yalın ifadesiyle yatay ilişkiler kural koyucular, dikey ilişkiler ise uygulayıcılardır.

7.6.1 Yatay İlişkiler

Yatay ilişkiler; eşdeğer birimler arası haberleşme ve ayırt etme (identification) kurallarını ortaya koyar. Bu tür ilişkiler uçlar arası konuşmanın ve muhatabiyetin nasıl olacağını söyler fakat eylemi başkaları gerçekleştirir. Bu ilişkilere “protokol” denir.



Şekil 7.6 : Yatay ilişkiler

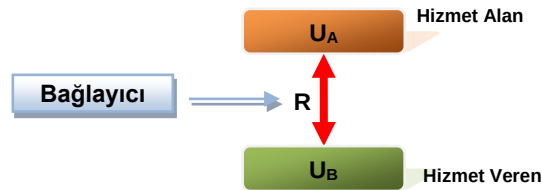
Protokoller Şekil 7.6’de gösterilmiş olup bunlar eşdeğer uçların birbirileri ile konuşabilmelerini sağlayan ilişkililerdir. Öyleyse protokoller, eşler arası konuşmayı sağlamak için ortak bir söz dizimi ve anlamlar bütünü (yani konuşma dilini) sunmalıdır.

Yatay ilişkilerde bir diğer önemli husus ise adresleme konusudur. Çünkü iletişim eşdeğer uçlar arasında (peer-to-peer) gerçekleştiğinden bunların birbirinden ayırt edilmesi ve kaynak-hedef ilişkisinin net olarak ortaya konulması gerekir. Bu nedenle, ağ ortamında ilişkileri düzenleyen protokoller, yönlendirilebilir ve ayırt edilebilir bir adresleme yapısı da ortaya koymalıdır.

Protokoller bu işlevleri yerine getirebilmek için PDU (Protocol Data Unit) adı verilen veri birimlerini kullanırlar. Her protokolün kendine has bir PDU yapısı, parametre alanları ve izin verilebilir PDU dizgesi (formatı) vardır. Karşı uca gönderilecek bilgi, adres ve diğer gerekli parametrelerin PDU içerisinde nasıl yerleştirileceğini protokoller tanımlar. Bu işlem kapsülleme olarak ta bilinir. Protokoller kapsüllemenin kural ve detayların söyler ama kapsülleme işini yapmaz. Kapsülleme işinin yapılması dikey ilişkilere girer.

7.6.2 Dikey İlişkiler

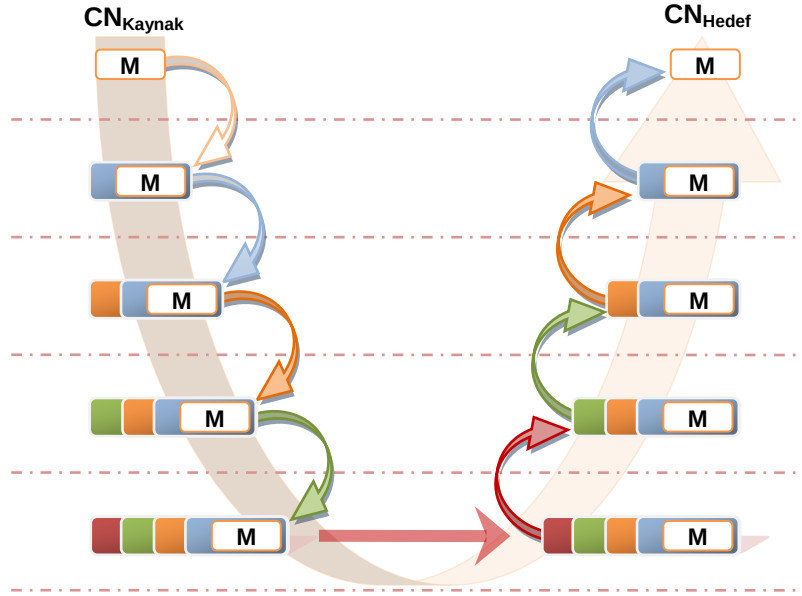
Dikey ilişkiler; Şekil 7.7’de gösterilmiş olup bu ilişkiler ardışıl katmanlar arasında haberleşme ve katmansal veri birimleri (PDU) için dönüşüm sağlar. Diğer bir ifadeyle dikey ilişkiler; protokol kurallarını gerçekleştiren eylemler bütünüdür. Bu ilişkilerden donanımsal olarak gerçekleştirilenlere bağlayıcı (connector), yazılımsal olarak gerçekleştirilenlere ise servis adı verilir.



Şekil 7.7 : Dikey ilişkiler

Dikey ilişkiler, uçların kendi içerisindeki katmansal yapılar arasında olduğundan uç adreslemesi gerektirmez. Ancak aynı katmansal yapı içerisinde birden fazla elemana hizmet eden bir servis için ayırıcıların olması gerekir. Bu şekilde aynı katmansal yapı içerisinde çalışan eşdeğer elemanlar birbirinden ayırt edilmiş olur. Bu ayırıcılar Servis Erişim Noktası (Service Access Point - SAP) olarak adlandırılır. Servisler ve bağlayıcılar, donanımsal veya yazılımsal olabilmekle beraber tanımlı ilişkileri fonksiyon ve parametrelerle yürütürler. Dikey ilişkilerin

bir diğ er temel fonksiyonu, kaps ulleme ve çıkarma (encapsulation-decapsulation) işlemiştir.  rnek bir kaps ulleme ve çıkarma işlemi  ekil 7.8’de gösterilmiştir.



Şekil 7.8 : Kaps ulleme ve çıkarma işlemi

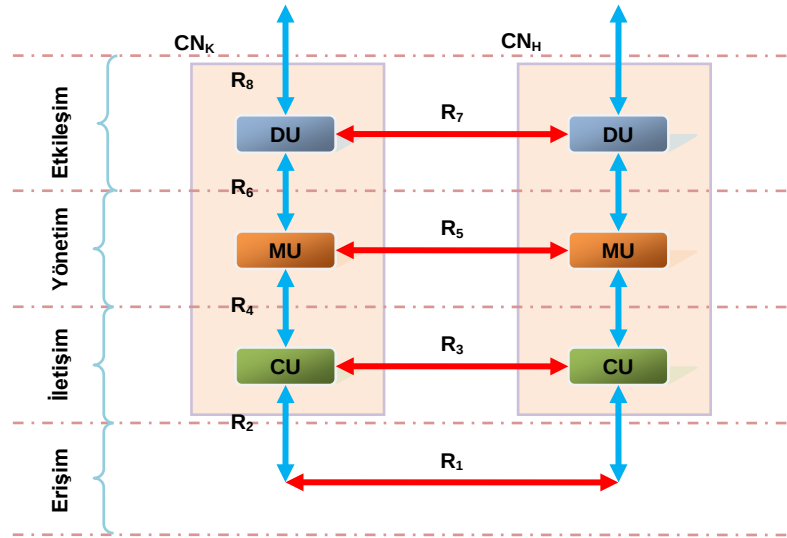
Kaps ulleme ve çıkarma işleminin daha iyi anlaşılabilmesi için birtakım benzetmelerden faydalanılabilir. En basit haliyle, fizyolojisi karada yaşamaya ve ilerlemeye uyumlu olan insanoğlunun, okyanusları açmak için gemilere binmesi veya havadan gitmek için u ağ a binmesi ve hedefine vardığında tekrar karaya inmesi bir kaps ulleme ve çıkarma işlemidir. Haberleşme açısından bakıldığında, Modülasyon-Demodülasyon işlemi kaps ulleme ve çıkarmaya güzel bir örnektir. Modülasyon; fiziksel bir sinyalin herhangi bir iletim ortamından alıcıya iletilmesi için ortama uyumlu başka bir taşıyıcı sinyalin içerisine yerleştirilerek gönderilmesidir. Demodülasyon ise modüle edilen sinyalin çözülerek bilgi sinyalinin geri elde edilmesidir.

Katmanlı model yaklaşımlarında her katman hava, su, kara gibi farklı kural ve i leyi leri olan ortamlar olarak düşünülebilir. Buradan hareketle her katmanın farklı ortamsal özellikleri başka bir ortama uygun olmadığında gönderilmek istenen bilginin ge tiğ i her katmanda kaps ullenme ihtiya ı hissedilir. Bilgi erişim ortamından iletilmeden önce kaynak üzerinde her katmanda ayrı ayrı o katmana özel bir takım bilgilerle ( n Ek ve Son Ek ile) kaps ullenir. Hedefte ise  n Ek ve Son Ek bilgisi, ilgili her katmanda ayrı ayrı açılarak ( ıkarılarak) bilgi üst katmanlara iletilir.

Bir katman ancak kendisine ait kapsülü açabilir, bir üstündeki katmana ait kapsülü açamaz. Aynı şekilde bir katman kapsülleme esnasında bir alt yada üst katman adına bu işlemi gerçekleştiremez. Böylece veri en üst katmandan itibaren kapsüllenecek en alt katman olan ortam vasıtasıyla ağ üzerinde hedefine doğru ilerler. Hedefte ise her katman kendi protokol veri birimi (PDU) ile ilgilenmek, onu yorumlamak için kapsülü açar ve kapsül içinde bulunan, o katmanda verinin nasıl değerlendireceği bilgisinin tanımlandığı Ön Ek ve Son Eki inceler. Daha sonra, kapsülün veri bölgesinde bulunan ve bir üst katmana ait olan PDU'yu ilgili üst katman protokolünü içeren üst katmana, incelediği bilgiler ışığında aktarır.

7.6.3 Modele Dayalı Katman İlişkileri

Bu tez çalışmasında geliştirilen 4 katmanlı modelin ilkeleri ışığında, katmansal elemanlar arası hiyerarşik düzen ve ilişkiler, Şekil 7.9'da gösterilmiştir. Bunlar modelin düzen ve işleyiş tarzını oluşturur.



Şekil 7.9 : Katmansal elemanlar arası hiyerarşi ve aralarındaki ilişkiler

Sonuç olarak ortaya konulan model içerisinde, Şekil 7.9'da gösterildiği gibi 8 farklı ilişki tanımlanmıştır. Bu ilişkilerden R_1 , R_3 , R_5 , R_7 yatay ve R_2 , R_4 , R_6 , R_8 ise dikey ilişkilerdir. Bu ilişkilerin her birinin görev tanımları ve diğer özellikleri Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2 : Modelin katmansal elemanları arasındaki ilişkiler

İlişki	Yönü	Tanımı	Uç Birimler	Gerçekleştirme
R ₁	Yatay	Erişim ortamı üzerinden bilgilerin aktarılmasını tanımlar	Esnek	Erişim Ortamı Protokolleri
R ₂	Dikey	İletişim birimleri ile erişim ortamı arasında bilgi değişimini tanımlar	AMU - CU	Erişim Servisleri
R ₃	Yatay	İletişim birimleri arasındaki haberleşmeyi tanımlar	CU - CU	İletişim Protokolleri
R ₄	Dikey	Yönetim ve iletişim birimleri arasındaki bilgi değişimini tanımlar	MU - CU	İletişim Servisleri
R ₅	Yatay	Yönetim birimleri arasındaki iletişimi tanımlar	MU - MU	Yönetim Protokolleri
R ₆	Dikey	Veri ve yönetim birimleri arasındaki bilgi değişimini tanımlar	DU - MU	Yönetim Servisleri
R ₇	Yatay	Veri birimleri arasındaki iletişim kurallarını tanımlar	DU - DU	Etkileşim Protokolleri
R ₈	Dikey	Veri birimleri ve diğer uygulamalar arası bilgi değişimini tanımlar	DU - Kişi/Uyg.	Etkileşim Servisleri

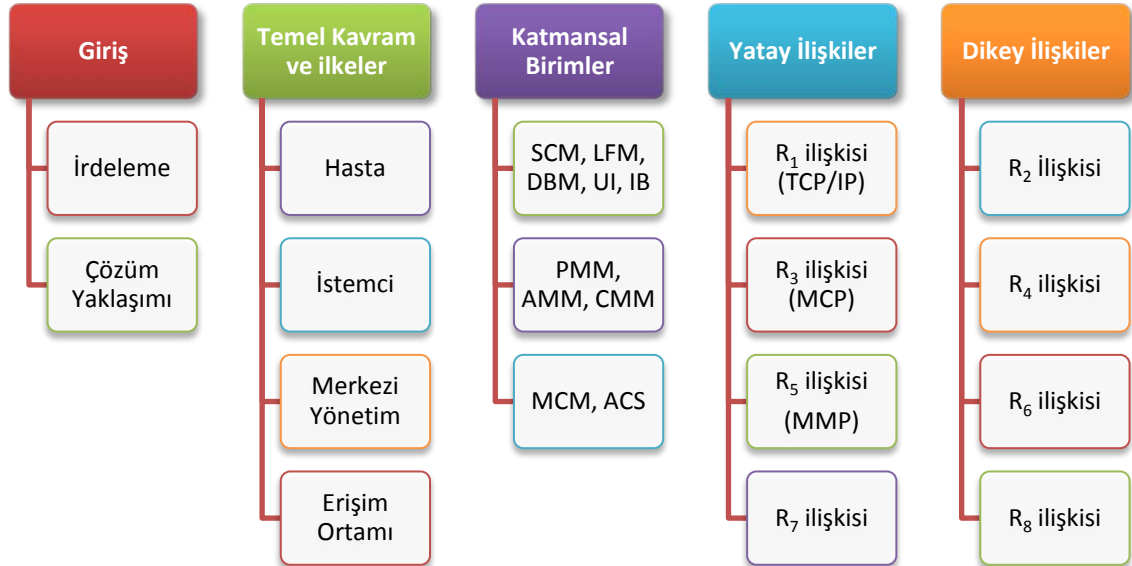
Model içerisinde tanımlanan R₁ ilişkisi, ortaya konulan modelin gerçekleştirilmesi kapsamında değildir. Bu ilişki, model için ortam görevi görece yapısız ağların model içerisine entegrasyonu ve birlikte çalışabilirliğini sağlamak amacıyla tanımlandığından uç birimleri için “esnek” ifadesi kullanılmıştır. R₈ ilişkisi ise diğer uygulamaların bu modele dayalı çözümlerle entegrasyonu veya kişilerin doğrudan etkileşimi içindir. Dolayısı ile bu ilişkinin varlığı ve işlevi entegre edilecek uygulamalara ve kişilere göre farklılık gösterebilir. R₁ ve R₈ ilgili uygulama ve ortamların kendi çözümleri içerisinde ele alınır.

8 BİYOTELEMETRİ UYGULAMALARI İÇİN ÖNERİLEN MODELE DAYALI ÇÖZÜM YAKLAŞIMI VE PROTOKOL TASARIMI

8.1 Giriş

Bölüm 7’de bu tezin amacı olan biyotelemetri uygulamaları için yeni bir model geliştirilmiş ve geliştirilen bu modelin temel ilke ve işleyişleri anlatılmıştır. Böylece biyotelemetri uygulamalarında kullanılabilecek yeni ve esnek bir çözüm yaklaşımı sergilenmiş ve okuyucuların bu bölümde anlatılacak olan modele dayalı çözüm ve protokol tasarımlarının daha iyi anlaşılabilmesi hedeflenmiştir.

Tez çalışmasının bu aşamasında, bölüm 7’de önerilen model, medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları açısından irdelenmiş, daha sonra modele dayalı çözüm yaklaşımının nasıl olacağı açıklanmıştır. Öncelikle modelin tanımladığı temel birim ve ilişkiler bu bölümdeki çözüm yaklaşımı ile özelleştirilerek, katmansal modüllerin bileşenleri, bu bileşenlerin iç yapısı ve işleyişleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Daha sonra modelin tanımladığı ilişkiler ve bu ilişkileri sağlayan uygulama protokolleri tasarlanmış ve bunların iç işleyişleri ayrıntıları ile açıklanmıştır. Bu bölümde değinilen konu başlıkları Şekil 8.1’de gösterilmiştir.



Şekil 8.1 : Biyotelemetri uygulamaları için önerilen modele dayalı çözüm yaklaşımı ve protokol tasarımı konuları

8.2 Modelin Medikal Ağlar ve Biyotelemetri Uygulamaları Açısından İrdelenmesi

Bir önceki bölümde ortaya konulan iletişim modeli telemetri amaçlı bilgi ağları için etkin bir iletişim çözümü sunmuştur. Model, iletişimin temel bileşenlerini ve kavramlarını ortaya koyarak bu bileşenler arasındaki ilişkilerin nasıl olması gerektiğini belirlemiştir. Özellikle katmansal çözüm yaklaşımı sayesinde tasarım ve gerçekleştirme aşamaları için kolaylıklar sağlanmıştır. Erişim ortamı katmanı genel tanımlanmış ve böylece mevcut iletişim alt yapılarının ve gelecekte çıkabilecek yeni yapılar için esnek bir zemin oluşturulmuştur. Bu sayede modeli kullanan protokol ve uygulamaların farklı iletişim yapıları üzerinden taşınması ve bu yapıları kullanan diğer sistemlerle haberleşmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen model, uygulama noktasında esnekliklere sahiptir. Bilgi paylaşımını her türlü alana uygulanabilir. Özellikle sensör ağlar ve telemetri gibi alanlar göz önüne alındığında bu modelin rahatlıkla kullanılabileceği açıktır. Çünkü geliştirilen model, veri toplama ve toplanan bu verilerin herhangi bir noktadan gözlenmesi esasına dayalıdır. Telemetri sistemleri ve sensör ağlara bakıldığında aslında bu tür yapıların da aynı amaca hizmet ettikleri görülmektedir.

Medikal ağlar, içerisinde telemetri ve sensör tabanlı sistemleri barındıran ve özünde insan sağlığını gözlemlemek ve korumak amacına hizmet eden iletişim ağlardır. Bu ağlar, biyotelemetrik yollarla insanlar hakkında toplanan yaşamsal verileri doktor, hemşire, ilkyardım ekipleri, hastane, sağlık kuruluşları vb gibi sağlık gözlemleyicilere iletmek için tasarlanırlar. Ayrıca sel, deprem, savaş ve terör gibi felaket durumlarında meydana gelebilecek toplu hasarlarda hastaların takibi ve tedavisinde, sağlık ekiplerinin etkin ve verimli bir şekilde organize edilmesi için medikal ağlar kullanılır. Yine bu tip durumlarda veya hastanelerin yoğun olan acil bölümlerinde, hastaların yaşamsal aciliyet durumlarına bakılarak tedavi önceliklerinin belirlenmesi (triyaaj) uygulamalarında da medikal ağlar kullanılır.

Medikal ağın performansı ve uygulanabilirliği sağlık hizmetlerinin kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. İyi tasarlanmış ve altyapısı iyi oluşturulmuş bir medikal ağ, bu ağı kullanan hasta ve sağlıkçıların birbirileri ile daha iyi ve hızlı etkileşimlerini sağlayacaktır. Dolayısı ile sağlık hizmetlerinin kalitesi de bu şekilde arttırılmış olacaktır. Bir ağın performansı, o ağda kullanılan teknoloji, ağı oluşturan bileşen ve bu bileşenlerin etkin bir biçimde haberleşmelerine bağlıdır. Kullanılan teknolojiler gün geçtikçe artan bilgi ve iletişim talebine ayak uydurmak zorundadır. Örneğin ilk zamanlarda sadece hastane içi uygulamalarda görülen medikal ağlar zamanla sınırlarını genişletmiş ve hastane dışına çıkarak kampüs, metropol gibi daha geniş alanlara yayılmıştır. Günümüzde, sağlık hizmetlerinin daha iyi verilebilmesi için başlıca öne çıkan konular; hastaların mümkün olduğu kadar hastanelerden uzak tutulup kendi yaşamsal çevrelerinde gözlenmeleri ve tedavi edilmeleri ile dış ortamlarda meydana gelen sağlık vakalarına doğru, hızlı ve yerinde kararlarla müdahale edilmesi konularıdır. Son zamanlarda

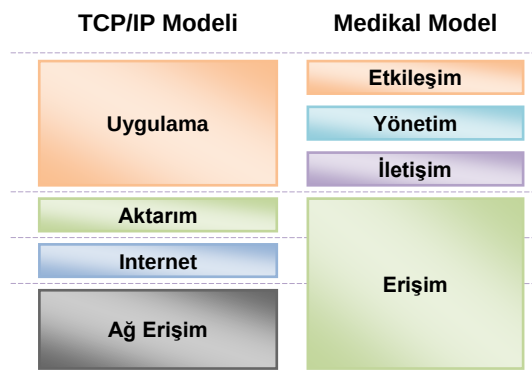
yapılan çalışmaların pek çoğu [9-32] bu yönde ilerlemektedir. Yapılan çalışmalarda araştırmacıların biyoteleometri ve medikal ağ uygulamaları için en etkin ve hızlı sistemleri geliştirme çabaları devam etmektedir. Bir önceki bölümde ortaya konulan model, bu çabalara katkı sağlamaktadır. Geliştirilen modelin bu tarz ağlar için etkin ve uygulanabilir bir yaklaşım olduğu bu tez boyunca açıklanmaktadır. Ayrıca ortaya konulan bu modelin, daha önce yapılmış pek çok çalışmayı öteleyen ve ileride yapılacak çalışmalar için de faydalanılabilecek bir çözüm olduğu düşünülmektedir.

8.3 Modele Dayalı Çözüm Yaklaşımı

Modeller herhangi bir amaç doğrultusunda bir işin nasıl yapılması gerektiği konusunda çözüm önerileridir. Bu öneriler sadece işin yapılması ile ilgili temel ilke ve kavramları ortaya koyup, işin yapılış sürecindeki ilişkileri tanımlar. Çözümsüz veya uygulanamaz bir model anlamlı değildir. Dolayısı ile bir modelin en az bir çözümü olmalıdır. Modelin birden fazla çözüm uygulaması da her zaman için mümkündür. Bölüm 8.2’de yapılan irdeleme ışığında medikal ağlar için örnek bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir.

Çözüm yaklaşımı için platform olarak TCP/IP ağları seçilmiştir. TCP/IP modelinin seçilmesindeki en önemli etken bu modele dayanan internettir. Internet, günümüzde bilgi paylaşımı ve iletişim için kullanılan en yaygın ortamlardan biridir. Bu tezde önerilen çözüm yaklaşımı ve uygulamasının diğer bilgi ve iletişim platformları ile birlikte çalışabilirliği için internetin en uygun seçim olduğu düşünülmektedir. Dolayısı ile çözüm yaklaşımının TCP/IP modelindeki katmansal karşılıklarının açıklanması gerekmektedir.

Geliştirilen medikal ağ çözümü, bu tez çalışmasında bölüm 7’de ortaya konulan modele dayanmaktadır. Çözümün katmansal yapısı ve TCP/IP modelindeki eşdeğerleri Şekil 8.2’de gösterilmiştir.



Şekil 8.2 : Medikal ağ modelinin TCP/IP modeli üzerine uyarlanması

Şekilden de görüleceği üzere her iki model de birbirini karşılayan katmanlar sözkonusudur. TCP/IP modelindeki Ağ Erişim, Internet ve Aktarım katmanları, bu tezde ortaya sunulan model içerisinde Erişim katmanına karşılık gelmektedir. Uygulama katmanı ise yeni modelde Etkileşim, Yönetim ve İletişim katmanları olarak 3 ayrı kısma ayrılmıştır. Buradan hareketle TCP/IP modelini baz alan ve ilk 3 katman fonksiyonlarını yerine getirebilen herhangi bir iletişim ağı bu çözüm yaklaşımında ağ erişimi için rahatlıkla kullanılabilir. Sunulan modeldeki erişim katmanında herhangi bağlayıcı bir katmansal birim tanımlanmadığından, kullanıcılara esnek bir seçim yapma olanağı sunmaktadır. Bunun dışında kalan diğer katmansal yapılar geliştirilen uygulama seviyesindeki modüller ile çözülmüştür.

8.4 Temel Kavramlar ve ilkeler

Ortaya konulan modelin temel yapısı Şekil 7.3’de gösterilmiştir. Yapı incelendiğinde Gözlenen, Gözlemci ve Yönetici Merkez olmak üzere 3 farklı iletişim noktasının bir erişim ortamı üzerinden haberleştikleri ve iletişim noktalarının kendi aralarında çift yönlü iletişim kurabilme özelliğine sahip oldukları görülmektedir. O zaman öncelikli olarak bu kavramların medikal ağlardaki karşılığı tanımlanmalı ve bunların özellikleri ortaya konulmalıdır. Aşağıda bu kavramların tanımları, üstlendikleri roller, iç yapıları ve birbirileri olan ilişkileri, modelin katmansal yapısı içerisinde ele alınmıştır. Her bir model unsuru için sunulan çözümlerin yazılımsal ve donanımsal bileşenlerinin neler olduğu ve işlevleri tek tek açıklanmıştır.

Medikal ağlar, sağlık alanında hizmet veren yapılardır. Sağlık konusu içerisindeki işleyişe bakıldığında, her zaman bir hasta ve hastayı sağlığına kavuşturmak için çalışan doktor, hemşire, hasta bakıcı, ilk yardım çalışanları ve idari görevliler gibi sağlık personeli vardır. Bu personel hastanın sağlık durumunu yakından takip eder ve gerektiğinde ilgili kişiler müdahalelerde bulunur. Kavramsal olarak modele bakıldığında hastanın bir gözlenen ve sağlık personelinin de gözlemci olduğu ortaya çıkar. Hastayı ziyaret eden ziyaretçi ve yakınları da hastanın durumunu hakkında bilgi alabilecek gözlemciler konumundadırlar. Bunun dışında hasta, sağlık personeli ve ziyaretçi arasındaki ilişkileri düzenleyen, kurallar koyan, hastane ve sağlık alanında yetkili kişi ve kurumlar vardır. Bunlarda sistemin birer parçası olup düzenleyici, denetleyici ve idareci rol üstlenirler. Modele bakıldığında, bu kişi ve kurumların, model içerisinde yönetici merkez kavramına karşılık geldiği görülür.

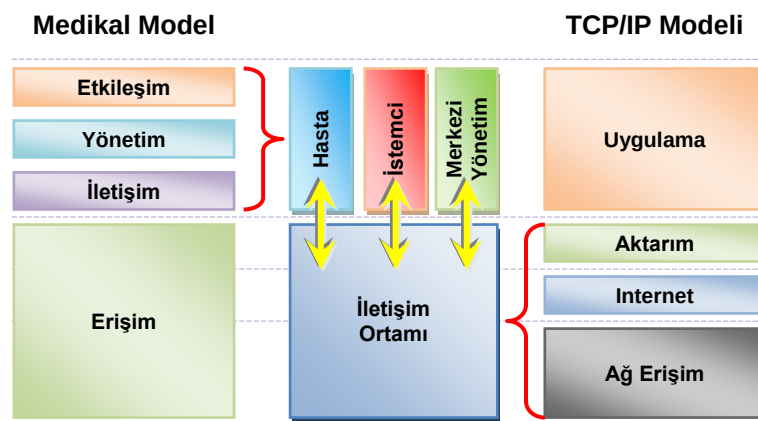
Sonuç olarak, modelde tanımlı iletişim noktası kavramı burada hasta, yaralı, sağlık personeli, ziyaretçi, hasta yakını, idari kişi ve kurumlara karşılık gelir. Bu kavramlar ve modeldeki eşdeğerleri Tablo 8.1’de gösterilmiştir.

Tablo 8.1 : Model kavramlarının medikal ağlardaki uygulama karşılığı

Model Kavramı	Çözüm Karşılığı	Uygulamadaki Karşılık
Gözlenen	Hasta	Hasta, Yaralı
Gözlemci	İstemci	Doktor, Hemşire, Hasta Bakıcı, İlk Yardım Çalışanı, Ziyaretçi, Hasta Yakını, 3. Şahıslar
Yönetici Merkez	Merkezi Yönetim	Sistem Yönetici, Hastane Yönetimi, İdari Sağlık Kurumu, 3. Yekili Şahıslar

Daha öncede belirtildiği üzere, medikal ağlar, sağlık alanında hizmet veren yapılardır. Bu nedenle bu yapı üzerinde her zaman bir hizmet alan ve bir de hizmet veren olmalıdır. Ağ yapısının bu hizmetin işleyiş zemini olduğu düşünülürse; hizmet verenlerin bu işleyişte müdahale ve değiştirme yetkileri olmalıdır. Ağın yönetilmesi ve müdahale kurallarını hizmet verenler belirler. Hizmet alanlar ise ağ üzerindeki işleyişin bir parçasıdır ve sisteme herhangi bir müdahale hakları yoktur. Ayrıca hizmet alanlar, hizmet verenlerin koyduğu kurallara uymak zorundadırlar.

Bu tez çalışmasında ortaya konulan modeldeki kavramların ve erişim ortamının katmansal konumları Şekil 8.3’de gösterilmiştir.



Şekil 8.3 : Model kavramlarının katmansal konumları

Buradan hareketle modele dayalı çözümün temel ilkeleri ve modüler yapısı aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- İletişimin uç unsurları (CN'ler) Hasta, İstemci ve Merkezi İdare'dir.
- Uçların her biri Etkileşim, Yönetim ve İletişim katmanı için en az bir katmansal birime sahip olmalıdır ($CN=DU+MU+CU$).
- Her CN, medikal ağ ortamı içerisinde benzersiz bir tanımlayıcı ile temsil edilir.
- Ağ içerisinde en az bir hasta tanımlanmış olmalıdır.
- Bir ağda en fazla bir merkezi yönetim olabilir. Ağda merkezi yönetim varsa, ağın işleyişinden (kural tanımlama, bilgi depolama, izin ve yetkilendirme işlemlerinden) o sorumludur.
- Bir ağda en az bir istemci veya merkezi yönetim olmalıdır.
- Merkezi yönetimin olmadığı ağlarda hasta ve istemciler arasındaki iletişim karşılıklı onaylama (yetkilendirme) ile gerçekleşir.

8.4.1 Hasta

Gözlemlenen taraftır. Bu uçlarda sensörler veya başka yollarla toplanan bilgiler gözlemci veya merkezi yönetim tarafına iletilir. Herhangi bir kaza, doğal afet, yangın, savaş, biyolojik veya fizyolojik terör olayı gibi olaylarda, yaralanan veya genel sağlık durumu bozulan kişiler de bu kavram içerisine girer.

Hasta, konum ve mekandan bağımsız olarak ele alınır. Hastane, ev, işyeri gibi belirli bir kapalı alan içerisinde olabilecekleri gibi dış ortamlarda sürekli yer değiştiren bir mobilite içerisinde de olabilir. Dolayısıyla hasta iletişim noktası, mobilite durumları göz önüne alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu modül gerektiğinde hasta üzerinde taşınabilir olmalıdır.

Hasta tarafında kullanılan iletişim noktaları, Hasta İletişim Noktası (Patient Communication Node - PCN) olarak adlandırılır. Bunlar duruma göre PC, PDA, akıllı telefon veya özel tasarlanmış bir donanım üzerinde uygun servis ve protokollerin çalıştığı cihazlardır. Bir PCN en az bir veya daha fazla yaşamsal bilgiyi ölçmelidir. Ölçümler PCN'nin kendi üzerinde olabileceği gibi, PCN ile haberleşebilen bağımsız sensörler tarafından da yapılabilir. Birden fazla sensör kullanılarak hasta üzerinde PCN merkezli bir sensör ağı oluşturulabilir. Sensörler ihtiyaca ve hastada ölçülmek istenen niceliğe göre değişiklik gösterebilir. Yapılan çalışmalarda en çok kan basıncı, nabız, ECG, SpO₂, sıcaklık gibi değerlerin ölçüldüğü görülmüştür. Bunların yanında hastanın bulunduğu konum bilgilerinin ölçüldüğü çalışmalarda mevcuttur. Hasta üzerinde ölçülen bilgiler anlık olup kısa süreli saklanabilir. Ağ içerisinde bir idari merkezin olması durumunda ölçülen bilgiler doğrudan ona gönderilir.

Medikal ağ hizmet yapısı içerisinde PCN'ler hizmet alan taraf olarak rol oynar. Bu nedenle hastalar, ağ sistemi üzerinde belirlenen işleyiş ve kurallara uyarlar.

8.4.2 İstemci

Hasta üzerinde ölçülen nicelikler ve konum bilgilerini takip eden taraftır. Bu grub içerisinde doktor, hemşire, ilkyardım çalışanı, hasta bakıcı gibi sağlık çalışanları ile ziyaretçi ve hasta yakınları bulunur.

Bu kişiler hastadan alınan bilgileri görmek, yorumlamak ve gerekirse müdahale etmektedirler. Ayrıca hasta ile iletişime geçebilir, sesli veya görüntülü görüşebilirler. Yine bu kişiler, varsa bir merkez, yoksa hastanın onayı ile doğrudan hasta üzerindeki bilgileri PCN aracılığı ile gözlemleyebilir. Gerçek zamanlı gözlemler yapabilir, merkezi yönetimden yetkileri dahilinde sorgulama ve istatistiksel analiz talebinde bulunabilir. Böylece hastalar hakkında bireysel veya toplu olarak geçmişe dayalı analizler yaparak teşhis, tanı, tedavi ve tedbirsiz çalışmalar daha etkin yapılabilecektir.

İstemci tarafında kullanılan iletişim noktaları, İstemci İletişim Noktası (Client Communication Node - CCN) olarak adlandırılırlar. Bunlar kullanım yeri ve amacına göre üzerinde uygun servis ve protokollerin çalıştığı PC, PDA, taşınabilir bilgisayar veya akıllı telefon gibi cihazlardır.

Medikal ağ hizmet yapısı içerisinde CCN'ler hizmet alan ve hizmet veren taraf olabilirler. CCN'i kullanan kişinin yetki ve sorumlulukları, onun hizmet alan veya hizmet veren taraf olduğunu belirler. Genel itibari ile sağlık çalışanları hizmet veren tarafta yer alırken ziyaretçi ve hasta yakınları hizmet alan taraftadırlar. Bu nedenle sağlık çalışanları ağ sistemi işleyişinde etkin rol oynarken diğer hizmet alan tarafındaki kişiler bu işleyişteki kurallara uymak durumundadır. Örneğin bir doktor hasta PCN cihazına birtakım komutlar gönderip işleyişini değiştirebilir ancak bir ziyaretçi sadece PCN'nin elde ettiği bilgileri yetkisi dahilinde görüntüleyebilir.

8.4.3 Merkezi Yönetim

Hasta ve istemciler arasındaki koordinasyonu sağlayan, ağın kural ve işleyişini belirleyen taraftır. Bu grub içerisinde hastane yönetimi, sistem yöneticileri ve yetkili idari kişi ve kurumlar vardır. Medikal ağı ve ağ üzerinde sunulan hizmetleri sevk ve idare eder, hasta ve istemci arasındaki ilişkileri ve iletişimlerini düzenler. Öte yandan PCN'lerden gelen yaşamsal durum bilgilerini geçmişe yönelik olarak kendi bünyelerinde barındırır. Böylece ağ içerisindeki

tüm hastalara ait bilgiler üzerinde daha sonra birtakım sorgulama ve analiz yapılmasına olanak sağlar.

Merkezi yönetim tarafında kullanılan iletişim noktaları İdari İletişim Noktası (Administrative Communication Node - ACN) olarak adlandırılır. Bunlar daha ziyade yüksek veri depolama, işlem gücü ve iletişim hızına sahip sunucu tabanlı cihazlardır. Bünyelerinde amaca uygun hizmetler ve protokoller çalışır. ACN'ler hastalardan gelen telemetrik bilgileri, istemci ve hastalar arasındaki iletişim kontrolleri, yetkilendirme, ağdaki kullanıcıları ve kişisel bilgileri tutmak için veritabanı hizmetlerini kullanır.

Medikal ağ yapısı içerisinde ACN'ler hizmet veren konumundadırlar. Ağdaki işleyişi ve kuralları düzenlerler. Hasta ve istemciler için servis ve denetimler sunar.

8.4.4 Erişim ortamı

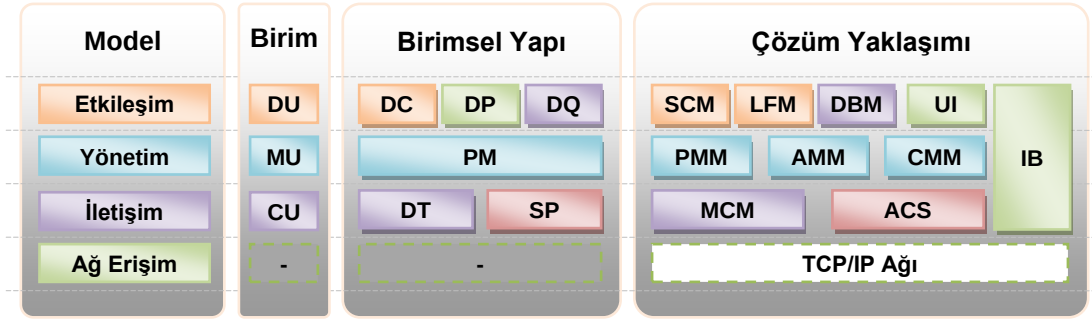
Erişim ortamı, medikal ağın altyapısını oluşturan bağlantı unsurlarıdır. PCN, CCN ve ACN'ler arasındaki haberleşmeyi sağlayan erişim ortamıdır. Bu ortam fiziksel ve mantıksal yapılar içerebilir. Paketlerin uçtan uca aktarılmasını sağlamak için gerekli olan aktarım, yönlendirme ve bağlantı işlevlerini yerine getirir.

Model yapısı içerisinde, erişim ortamı için herhangi özel bir yapısal birim yoktur. Tüm bileşen ve işleyişler seçilecek iletişim platformunun işleyiş ve kuralları doğrultusunda gerçekleşir. Bu çözüm yaklaşımında erişim ortamı olarak TCP/IP ağları seçilmiştir. TCP/IP ağları, internet gibi günümüzün en popüler iletişim ağının altyapısını teşil etmektedir. İnternet ilişkisinden dolayı günümüz mevcut teknoloji ve uygulamalarının büyük bir çoğunluğu TCP/IP tabanlı ağlarda kullanılabilmektedir. Bu ağların çözüm yaklaşımında kullanılması ile internet ortamı üzerinden haberleşme mümkün olmaktadır. Böylece internet tabanlı diğer uygulama ve çözümlerle birlikte çalışılabilirlik isteği garanti edilmiş olur.

Erişim ortamının TCP/IP ağları ve model içerisindeki katmansal konumu Şekil 8.3'de gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere erişim ortamı, medikal modelde ağ erişim katmanı, TCP/IP modelinde ise ağ erişim, internet, ve aktarım katmanları içerisinde tanımlanmaktadır. Buradan hareketle erişim ortamı kendi içerisinde ortam, erişim, yönlendirme ve mantıksal bağlaşımları gerçekleştiren fiziksel ve yazılımsal teknolojileri barındırdığı rahatlıkla söylenebilir. Son zamanlarda hızlı gelişim gösteren kablosuz teknolojiler giderek daha geniş alanlarda ve yüksek hızlarda hizmet verebilmektedirler. Bu teknolojilerin neler olduğu ve karakteristik özellikleri daha önceki bölüm 3.9'da anlatılmıştır. Özellikle bir WMAN teknolojisi olan WiMAX, geniş alanlara kablosuz erişebilme, mobilite ve yüksek band genişliği gibi özellikleri ile bu çalışmanın uygulanma aşaması için düşünülmüştür.

8.5 Katmansal Birimler

Model tanımlamaları içerisinde her katman için belirli işlevleri üstlenen temel birimsel yapılar tanımlanmıştır. Bu birimsel yapılar bir araya gelerek iletişim birimlerini yani CN uçlarını oluşturur. Çözüm yaklaşımı içerisinde her bir birimsel yapı modül olarak ifade edilir. Ortaya konulan modelin birimsel yapıları ve çözümdeki modüler karşılıkları Şekil 8.4’te gösterilmiştir.



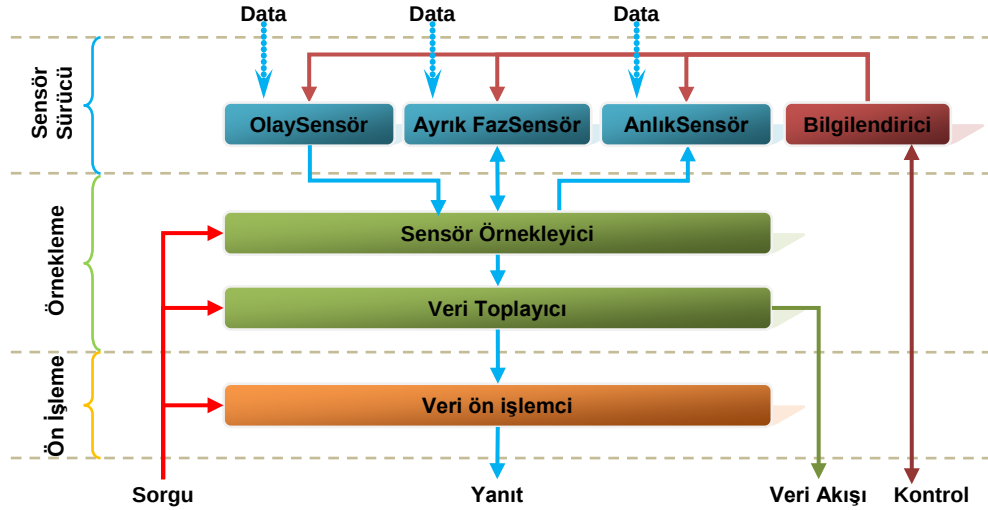
Şekil 8.4 : Modelin katmansal birimlerinin çözümdeki modüler karşılıkları

$CN=DU+MU+CU$ ile ortogonal bir yapıya sahip olan iletişim noktaları bağımsız modüllerin birleşimi şeklinde gerçekleştirilir. Modüller amaca bağlı olarak yazılımsal veya donanımsal olabilmektedir. Aşağıda çözüm yaklaşımı içerisinde kullanılan modüller ve işleyişleri anlatılmıştır;

8.5.1 Sensör Kontrol Modülü (SCM)

Bu modül, algılayıcılar tarafından ölçülen değerleri örnekler. Sensörün tanımlayıcı bilgilerini üzerinde tutar. Bu bilgiler bir sensörün ölçme tipi, ölçme aralığı, eşik değerleri ve tanımlayıcı (id) gibi bilgileridir. Bir sensör birden fazla niceliği ölçebilir. Bu nedenle sensörün ölçtüğü her nicelik için bu bilgiler ayrı ayrı tutulur. Bir SCM doğrudan bilgi aktarımı gerçekleştiremez. PMM tarafından verilen komutlar doğrultusunda örneklemeler yapılır ve sonuçlar PMM’e gönderilir.

Bir SCM yazılımsal bir modül olup fiziksel olarak sensörler üzerinde çalışır. Sensörler hakkındaki detaylı bilgiler bölüm 4.2’de verilmiştir. SCM yapısı ve işleyişi için Vango [129] ve SenQ [130] yaklaşımlarından faydalanılmıştır. Buna göre bir SCM temel olarak üç bileşenden meydana gelir. Bunlar sensör sürücü, örnekleme ve ön işleme’dir. Oluşturulan SCM’nin yapısı ve fonksiyonel işlevleri Şekil 8.5’te gösterilmiştir.



Şekil 8.5 : Sensör Kontrol Modülü (SCM)'nün temel bileşenleri

Sensör sürücüleri, sensör algılayıcı donanımı ile etkileşimi sağlar. Standart arabirim oluşturarak bilgi okumayı daha etkin bir hale getirir. Bilgilendirici ise, sensör tanımlayıcısı, türü, çalışma tipi, durumu gibi sensör hakkındaki değişkenleri sağlar. Sensör tanımlayıcısı (SensorId), hasta üzerindeki birden fazla sensörün birbirinden ayırt edilmesi için kullanılır. Ayrıca her sensör ölçtüğü niceliğe göre bir tür bilgisine sahiptir. Bunun içerisinde sensörün ölçtüğü nicelik türü, maximum ve minimum ölçme aralıkları, ölçme birimi, ölçüm periyodu vb. gibi bilgiler vardır. Sensör sürücü aynı zamanda sensörün durumu hakkında da örnekleyiciye bilgi verir. Durum bilgisi sayesinde örnekleyici sensörün hazır olup olmadığını anlar (isPresent).

Bu çözüm yaklaşımında SCM'ler için Şekil 8.5'te de görüleceği üzere sensör sürücüler işleyiş bakımında 3 farklı tipe ayrılmıştır. Bunlar [42,130]'da olduğu gibi;

- Olay Sensörleri
- Ayrık Faz Sensörleri
- Anlık Sensörler

şeklindedir.

Olay sensörleri, olay güdümlü çalışırlar. Olay gerçekleşmeyene kadar herhangi bir bilgi veya tepki vermez. Ancak gözlemlenen olay gerçekleşirse tepki oluşturur. Bu tip sensörler genelde bir niceliğin oluşup oluşmadığını veya durumundaki değişiklikleri algılar. Hareket sensörleri buna örnektir. Olay sensörleri için örnekleyici herhangi bir talepte bulunmaz. Olayın gerçekleşmesi durumunda sensör örnekleyiciye bildirir (eventDetected). Bildirimler genelde bir kesme isteği ile olur. Ayrık faz sensörleri, örnekleyicinin isteği (getData) ile ölçüme başlar ve sonuçları elde ettiğinde örnekleyiciye iletir (dataReady). Bu işlem sensör ve ölçülen niceliğe bağlı olarak belli bir süre alır. Analog bir nicelik için ADC kullanılarak ölçüm yapan sensörler örnek verilebilir. Bilgi okuma asenkron olup ECG, SpO₂ gibi ölçümler bu tip sensörlerle yapılır.

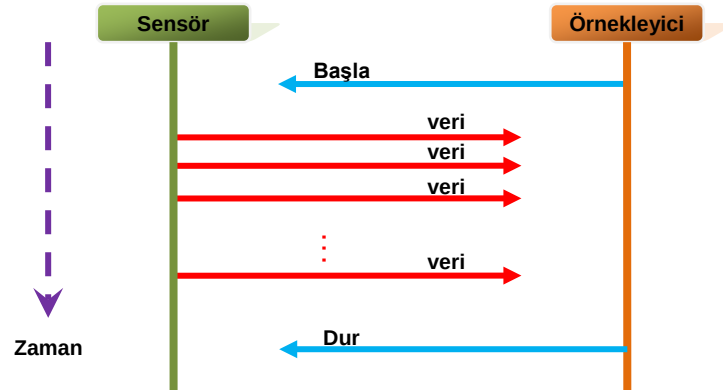
Anlık sensörler, bilgi okuma isteği (getData) geldiği anda cevap verebilen sensörlerdir. Senkron bir okuma sözkonusudur. Işık ölçümü bu tip sensörlerle yapılır.

Örnekleme bileşeni, sorgulama işlemcisinden gelen istemlere bağlı olarak sensörlerden veri toplar. Her sorgulama için farklı örnekler alınabilir. Bu da birden fazla kişinin aynı sensörler üzerindeki farklı taleplerinin cevaplanabilmesini sağlar. Sorgulayıcı, örnekleyiciden yeni bir örnekleme işlemi oluşturmasını (create), var olan bir örnekleme yok etmesini (destroy), başlatmasını (start), durdurmasını (stop) veya parametre ayarlamasını (config) isteyebilir. Örnekleme bileşeni kendi içerisinde alt modüllere sahiptir. Bunlar Sensör Örnekleyci (Sensor Sampler) Modülü ve Veri Toplayıcı (Data Collector) Modülü'dür.

Sensör örnekleyci modülü, gelen istekler doğrultusunda, sensör sürücü üzerinden bilgi okuma işlemlerini gerçekleştirir. Farklı okuma istekleri için örnekleme süreçlerini ve zamanlamalarını organize eder. Bilgi okuma 3 şekilde gerçekleştirilir. Bunlar;

- Başla-Dur (Start-Stop)
- Ver-Al (Get-Ready)
- Algılanmış (Detected)

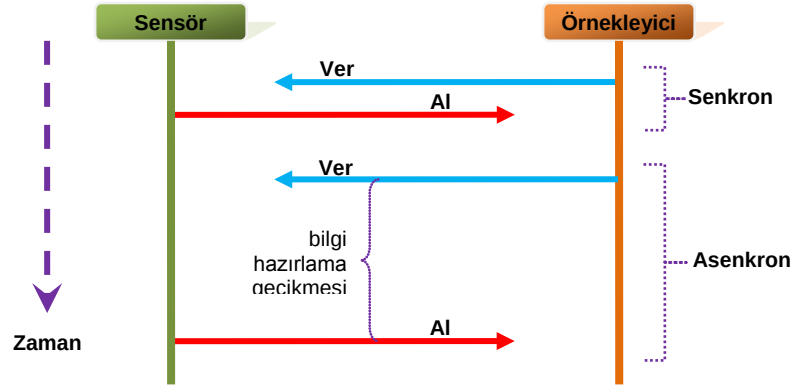
Başla-Dur bilgi okuma şeklinde örnekleyci, sensörden veri talebinde bulunur. Sensör veri aktarımına başlar ve dur komutu alıncaya kadar veri akışını devam ettirir. Bu işlem daha çok anlık takip veya toplu bilgi gerektiren durumlarda kullanılır. Başla-Dur yöntemi ile bir örnekleycinin sensörden bilgi alması Şekil 8.6'te gösterilmiştir.



Şekil 8.6 : Başla-Dur bilgi okuma yöntemi

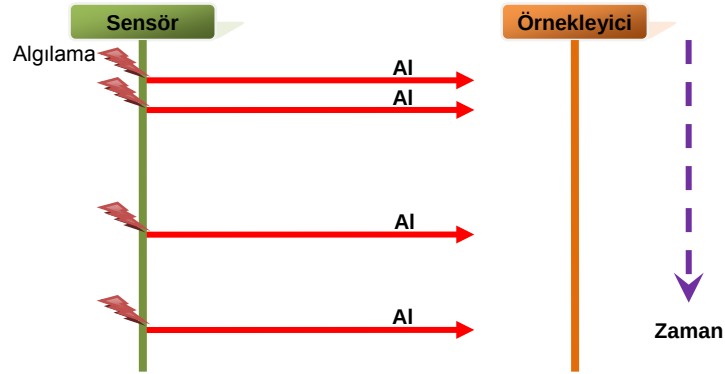
Ver-Al bilgi okuma şeklinde örnekleyci, sensörden veri talebinde bulunur ve sensör ölçtüğü nicelik bilgisini örnekleyciye aktarır. Okuma işlemi, sensör türüne göre değişiklik gösterir. Bu nedenle ver-al bilgi okumanın iki şekli vardır. Bunlar Senkron (anlık) ve Asenkron (gecikmeli) okumadır. Senkron ve Asenkron Ver-Al yöntemi ile bir örnekleycinin sensörden bilgi alması Şekil 8.7'da gösterilmiştir. Senkron okumada bilgi istek alındığı anda zaten hazırdir

veya ihmal edilebilecek bir zamanda hazırlanır ve örnekleyiciye derhal aktarılır. Anlık türde olan sensörlerden bilgi bu yöntemle okunur. Asenkron okumada ise bilgi, istek alındığında sensörün algılama gecikmesi, analog-dijital çevirim vb. gibi birtakım nedenlerden dolayı gecikmeli olarak hazırlanır ve örnekleyiciye gönderilir. Ölçme için periyot gerektiren ayırık faz sensörlerinden bilgi bu yöntemle okunur.



Şekil 8.7 : Senkron ve Asenkron Ver-Aİ bilgi okuma yöntemi

Algılanmış bilgi okuma Şekil 8.8'de gösterilmiş olup bu yöntemde örnekleyici bilgi okuma için sensöre herhangi bir talepte bulunmaz. Sensör ölçme yaptığı nicelikte herhangi bir (durum, miktar, konum vb.) değişiklik algıladığında bunu örnekleyiciye bildirir. Örnekleyici modülü her zaman için sensörden gelen son bilgiyi saklar. Olay sensörlerinden bilgi okuma bu şekilde gerçekleşir.



Şekil 8.8 : Algılanmış bilgi okuma yöntemi

Örnekleme bileşeninin bir diğer alt modülü Veri Toplayıcı (Collector)'dır. Bu modül özellikle anlık iletişimlerde devreye girer ve gerekli koşullarda örneklenen veriler herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan iletilir. Bu yöntem özellikle ses, görüntü veya gerçek zamanlı takiplerde kullanılır. Ayrıca elde edilen ham verilerin merkezi yönetime iletilmesi bu modül aracılığı ile gerçekleştirilir.

SCM'ni üçüncü bileşeni Ön İşleme'dir. Bu bileşen PMM'deki sorgulama işlemcisinden gelen sensör bilgi taleplerine karşılık örnekleyicinin elde ettiği verileri belirli işlem ve kıstaslara göre değerlendirir. Sensör örnekleyiciden gelen verileri, sorgulama isteklerine bağlı olarak hesaplar ve örnekleme periyodu boyunca örneklemleri bu şekilde işlemeye devam eder. Daha sonra işlediği örneklemleri PMM modülüne aktarır.

SCM içerisindeki modüller alt katmanda bulunan yönetici modüllerle bilgi alış-verişini R_6 ilişkisinin kural ve yordamlarına göre yapar. Öte yandan üst tarafta ise sensör veya eşdeğeri sistemlerle sürücüler aracılığı ile doğrudan etkileşim içerisindeyler (R_8).

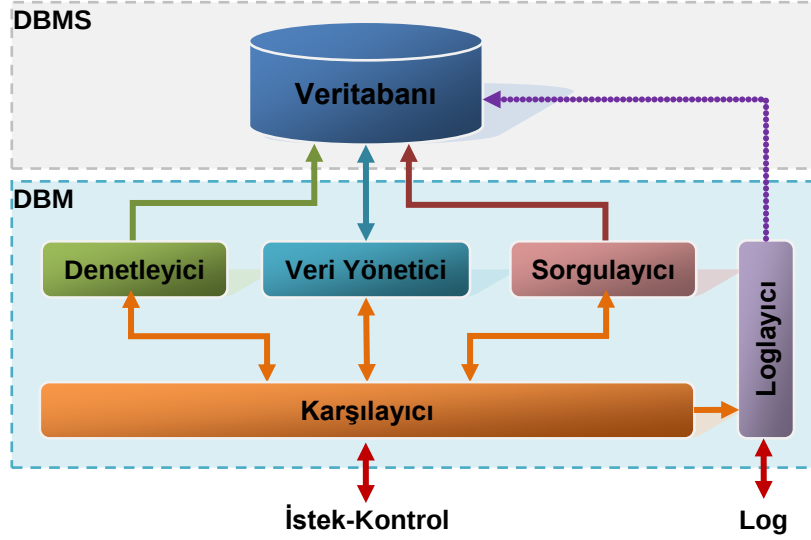
8.5.2 Konum Tespit Modülü (LFM)

Bu modül adından da anlaşılacağı üzere kişinin konum ve yer tespiti için kullanılmaktadır. Hastanın durumunun bulunduğu ortam ile ilişkisi ve gerektiğinde müdahale edilebilmesi için öncelikle hastanın nerede olduğunun bilinmesine gerekir. Özellikle kronik veya kritik uygulamalarda hastanın nerede olduğunun bilinmesi hayati önem taşımaktadır.

Konum tespit modülünün iç yapısı aslında bir SCM'nin iç yapısı ile aynıdır. İşleyişle ilgili aralarındaki fark sensör sürücülerinden kaynaklanır. Bu modüldeki sürücüler, konum tespit sensörlerinin veya cihazlarının sürücüleridir. Konum tespiti için dağıtılmış sensör sistemlerini kullanan IPS (Integrated Positioning System) tabanlı [10,11,22,42] veya dünya çevresinde yörüngelerde konumlandırılmış GPS (Global Positioning System) uydu sistemi tabanlı [18,23,131] değişik uygulamalar mevcuttur. Bu çözüm yaklaşımında konum tespiti için GPS teknolojisi [132] kullanılmıştır. LFM, alt katmanda bulunan yönetici modüllerle bilgi alış-verişini R_6 ilişkisinin kural ve yordamlarına göre yaparken üst tarafta bulunan konum algıyıcı sistemlerle sürücüler aracılığı ile doğrudan etkileşim içerisindeyler (R_8).

8.5.3 Veritabanı Modülü (DBM)

Bu modül medikal ağ içerisindeki uzun süreli bilgi depolama ve depolanan bu bilgiler üzerinde sorgulama imkanı sağlar. Böylece hasta üzerinden elde edilen yaşamsal veriler uzun süreli saklanabilir, ağ üzerindeki kullanıcıların kişisel ve kullanıcı bilgileri, yönetim ve yetkilendirme ilişkileri tutulabilir. Hasta ve istemci cihazlarının tanımlamalarını ve kullanıcılarla olan ilişkileri de veritabanında saklanır. DBM iç yapısı ve bileşenleri Şekil 8.9'da gösterilmiştir. Buna göre DBM içerisinde beş bileşen söz konusudur. Bunlar Karşılıyıcı, Denetleyici, Veri Yönetici, Sorgulayıcı ve Loglayıcı'dır.



Şekil 8.9 : Veritabanı Modülünün iç yapısı

Karşılایıcı, AMM'den gelen istekleri karşılar. Bunlar kullanıcı login, yetkilendirme, denetleme, veri kaydetme ve sorgulamalardan oluşur. Herhangi bir istek karşılayıcıya geldiğinde öncelikli olarak karşılayıcı bu isteği çözümler ve yapılabilirliğini denetleyiciden sorgular. Eğer denetleyiciden olumlu cevap alırsa isteği yerine getirmek için ilgili alt modüle talepte bulunur. Daha sonra alt modülden gelen cevabı AMM'e iletir. Olumsuz yanıt gelmesi durumunda isteği red eder ve geri mesajla bildirir.

Denetleyici, cihazların ve kullanıcıların sisteme kayıt (checkRegister), giriş (checkLogin), yetkilendirme (checkAuthorize) işlemlerini ve denetlenmesini gerçekleştirir. Karşılایıcının kendisinden talep ettiği denetlemeleri veritabanında ilgili tablolar üzerinde sorgular. Denetleyici veritabanını sadece okuyabilir. Üzerinde herhangi bir değişiklik yapamaz.

Veri yönetici, denetleyiciden onay alan karşılayıcının kendisine aktardığı istekleri yerine getirir. Veri yönetici veritabanı üzerinde her türlü yazma silme ve değiştirme hakkına sahiptir. Yapılan işlemlerin sonucu karşılayıcıya iletilir.

Sorgulayıcı, geçmişe yönelik analiz, istatistik ve karşılaştırmalı bilgi almaya yönelik bir modüldür. Sadece veritabanında okuma yapabilir. Herhangi bir değişiklik hakkı yoktur.

Loglayıcı, karşılayıcının istek ve yapılan işlemlerle ilgili kayıt tutmasını sağlar. Özellikle sistemin işleyişin takibi ve oluşabilecek sorunların çözümü için kullanılır. Örneğin sistemde istediği işlemi yapamayan bir kullanıcının loglarına bakılarak neden yapamadığı anlaşılabilir. Loglama için veritabanı veya 3. parti bir kayıt sistemi kullanılabilir. Bu çözüm yaklaşımında veritabanı kullanılmıştır. Loglar, veritabanı içerisindeki "syslog" tablosuna kaydedilir.

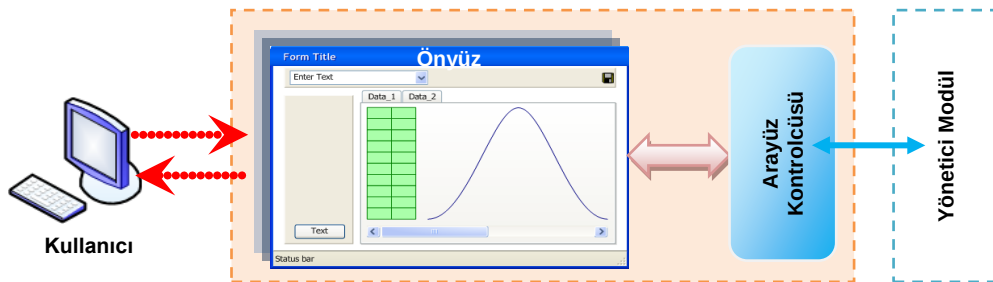
Veritabanı yönetim sistemi (DBMS), sistemdeki kullanıcı bilgileri, kişisel bilgiler, yetki, grup, rol, sensör verileri, PCN, CCN, log ve diğer tabloları barındırır. Öte yandan tablolar

arası ilişkiler üzerinden oluşturulmuş görünüm (view) tablolarını da barındırır. Görünümler salt okunur yapılar olduğundan Denetleyici ve Sorgulayıcı görünümler üzerinde çalışır. Veri yönetici bileşeni ise doğrudan tablolar üzerinde işlem yapar. Çözüm yaklaşımında veritabanı yönetim sistemi olarak MSSQL ilişkisel veritabanı yönetim sistemi tercih edilmiştir. Veritabanında kullanılan tablolar, ana tablolar, yardımcı tablolar ve görünüm olarak üç grupta toplanır. Ana tablolar sistemdeki kritik bilgileri barındırır. Yardımcı tablolar ana tablolarda kullanılan bazı alanlar için tür veya tip bilgilerini barındırırlar. Görünümler ise tablolar arasındaki ilişkilere dayanarak anlamlı veri kümeleri oluşturur.

DBM içerisindeki karşılayıcı ve loglayıcı modülleri alt katmandaki modüllerle R_6 ilişkisinin belirlediği kural ve yordamlara göre bilgi alış-verişinde bulunurlar. DBMS, veritabanı modülünün bir parçası olmayıp bağımsız bir yapıdır. Denetleyici, veri yönetici, loglayıcı ve sorgulayıcı modüller üst katmandaki DBMS ile doğrudan (R_8) etkileşim içerisinde dirler.

8.5.4 Kullanıcı Arayüzü (UI)

Kullanıcı arayüzü, kişilerin görsel ve işitsel olarak uç cihazları ile etkileşimini sağlar. Her uç için farklı arayüzler sözkonusu olabilir. Kullanılan cihazın özellikleri ve yeteneklerine göre değişiklik gösterebilir. Kullanıcı arayüzü, cihazı kullanan kişinin yetkilerine göre etkileşim imkanları sunar. Görsel form ve kontrollerin olduğu önyüz ile arayüz kontrolcüsü olmak üzere iki temel bileşenden oluşur. Şekil 8.10’da bu bileşenler gösterilmektedir.



Şekil 8.10 : Kullanıcı arayüzü temel bileşenleri

Önyüz, elde edilen verileri göstermek için kullanıcıya görsel ve işitsel öğeler sunar. Bu sayede kullanıcı, hasta tarafında görmek istediği verileri elde etmiş olur. Kullanıcı yapmak istediği işlemleri, önyüzde bulunan buton, edit vb gibi kontroller aracılığı ile arayüz kontrolcüsüne iletir.

Arayüz kontrolcüsünün iki temel görevi vardır. Birincisi ön yüzden kontroller aracılığı ile gelen istekleri uygun biçime yönetim katmanındaki ilgili yönetici modüle iletmek ve gelen yanıtları alarak ilgili kontrol ve formlara aktarmaktır. İkincisi ise sisteme giriş yapan bir kullanıcının yetkisi ve rolü dahilinde olan form ve kontrollerin önyüzde gösterilmesini sağlamaktır. Böylece bir kullanıcıya yetkisi dışında herhangi bir öge gösterilmemiş olunur. Bu da sistemi yetkisiz ve hatalı girişimlerden sakınmanın ilk basamağını teşkil eder. Örneğin bir hastanın ECG datalarını yalnızca o hastanın doktoru olan kişinin görmesi gerekiyorsa, doktor dışında hastanın ECG'sini görmek isteyen kişilere bu bilgileri göstermemelidir. Yada ziyaretçi olarak sisteme giriş yapan bir kişi sadece kendi hastasının bilgilerini izin verilen ölçülerde görebilmelidir.

Kullanıcı arayüz modülünde, arayüz kontrolcüsü, alt katmanda bulunan modüller ile R_6 ilişkisinin kural ve yordamlarına göre bilgi alışverişinde bulunur. Önyüz ise birebir kullanıcılarla doğrudan etkileşim içerisindedir (R_8).

8.5.5 Hasta Yönetim Modülü (PMM)

Bu modül PCN'deki tüm yönetsel işlemlerden ve karar mekanizmalarından sorumludur. PCN cihazının bir nevi beyni gibidir. SCM ve LFM gibi üst modüllerden gelen sensör bilgilerini toplar, yorumlar ve MCM üzerinden ilgili yerlere aktarır. Bu açıdan bakıldığında sensör ağlardaki Sink düğümlerine [107,108,154] benzetilebilir. Gelen bir isteğin karşılanması, merkezi yönetim ile olan kontrol ve bilgi akışı, istemcilerle kurulacak doğrudan bağlantılarda, üst katmandaki modüllerin yönetimini bu modül gerçekleştirmektedir.

Bir PMM değişik çalışma modlarına sahiptir. Bunlar farklı sistem çözümlerinde PMM'in farklı misyonlar üstlenmesini sağlar. Böylece farklı yapılandırmalara da daha uyumlu halde çalışır. PMM'in 3 farklı çalışma modu vardır. Bunlar; Algılama (Sense), Sunucu (Server) ve Karma (Hibrid) moddur.

Algılama modundaki PMM, sensörlerinden okuduğu verileri sadece bağlı olduğu AMM'e iletir. Bağlı olduğu AMM'den başka herhangi biriyle iletişime geçmez veya onların isteklerine cevap vermez. Sadece bağlı olduğu AMM'i muhatap alır ve onun isteklerini yerine getirir. Bir PMM, aynı anda sadece bir AMM'e bağlanabilir. Bu cihazın bilgilerini almak isteyenler PMM'in bağlı olduğu AMM'den talep ederler.

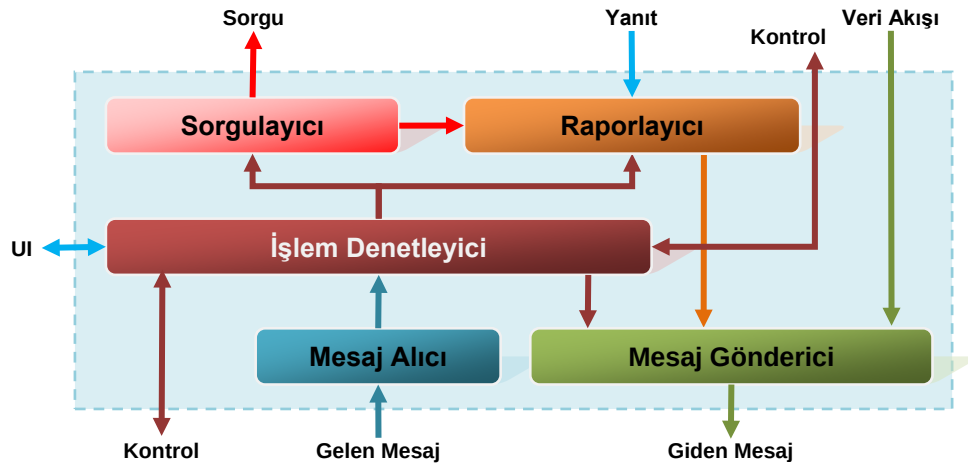
Sunucu modundaki PMM, herhangi bir AMM'e kaydolma ihtiyacı duymaz ve kendi başına bağımsız çalışır. Bu mod genelde ağ ortamında herhangi bir merkezi yönetimin olmaması durumunda geçerlidir. Dışarıdan gelen isteklere açıktır. Tüm kontrol ve yetkilendirmeleri kendisi yapar. Ancak tamamen bir merkezi yönetimin yerini tutamaz. Uzun

sürekli veri saklamaz ve diğer ağ aktivitelerine karışmaz. Sadece kendisi ile ilgili olan idari işlemleri yerine getirir. Daha çok “peer-to-peer” mantığı ile çalışır. Kendisine bir istek geldiği zaman öncelikli olarak gerekli izin ve yetkilendirme kontrollerini yapar. Yetkilendirme işlemi PCN’i kullanan kişinin bilgisi dahilinde gerçekleştirilir.

Karma moddaki PMM, diğer iki modun karışımı şeklinde bir çalışma sergiler. Okuduğu sensör bilgilerini hem sürekli olarak merkezi AMM’e iletir hemde kendisine talepte bulunan diğer kişilere iletir. Diğer kişilerin isteklerinin yerine getirilmesi için o kişilerin aynı merkezi yönetim üzerinde kayıtlı olup oturum açmış ve bilgileri görmeye yetkili olması gerekir.

Bir PMM’in mevcut çalıştığı modu ya o PCN’ni kullanan kişi veya PMM’in bağlı olduğu merkezi yönetim birimi değiştirebilir. Herhangi bir modda çalışan PMM’in hangi modda çalıştığı gönderdiği paket içerisindeki kod (code) bitlerden ilgili olanlara bakılarak anlaşılır. Kod bitleri bölüm 8.6.2’deki R_3 ilişkisi kapsamında anlatılmıştır.

Hasta yönetim modülü, kendi içerisinde Sorgulayıcı, Raporlayıcı, İşlem Denetleyici, Mesaj Alıcı ve Mesaj Gönderici olmak üzere beş alt bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler ve ilişkileri Şekil 8.11’de gösterilmiştir.



Şekil 8.11 : Hasta Yönetim Modülü temel bileşenleri

Sorgulayıcı, işlem denetleyicisinin kendisine ilettiği sorgulamalar ve işler doğrultusunda SCM üzerindeki ilgili bileşenlere ve raporlayıcıya, örnekleme isteklerinin komut ve parametrelerini aktarır. Yeni bir örneklemenin oluşturulmasını, var olan bir örneklemenin başlatılmasını, durdurulmasını veya yok edilmesini ister.

Raporlayıcı modül, örnekleme periyotları içerisinde SCM’den kendisine gelen verileri, raporlama periyodu geldiğinde hazırlayıp iletmek üzere mesaj göndericiye aktarır. Raporlayıcı modülünün en önemli görevi; düzenli aktarımlar sağlamak ve oluşabilecek aşırı bilgi aktarımının önüne geçerek ağda fazla trafiğe engel olmaktır. SCM’deki veri ön işlemci ile

raporlayıcı arasındaki en önemli fark, veri önişlemci örnekleme peryotları (SamplingPeriod) ile çalışırken raporlayıcı raporlama peryotları (ReportingPeriod) ile çalışır. Bu ikisi birbirinden farklıdır. Örneğin bir ECG datasının 100ms'lik örnekleme peryotları ile her 1sn'de bir raporlanması istenebilir. Dolayısı ile raporlayıcı olmasaydı 1sn içinde 10 veri paketi oluşturulacak iken, raporlayıcı sayesinde sadece 1 veri paketi oluşturulur. Bu modül ayrıca sorgulama içerisindeki büyükse, küçükse, eşitse, arasındaysa, değiştiyse, değilse, gibi mantıksal istekleri yerine getirir. Eğer oluşturulan rapor, sorgu içerisindeki mantıksal koşulu sağlıyorsa gönderilir, sağlamıyorsa atılır.

İşlem denetleyici, mesajlarla gelen istek ve talepleri değerlendirerek karşılar. Bilgi talepleri, bağlantı kurma, oturum açma ve takibi, alt ve üst katman modüllerini kontrol etme ve kullanıcı arayüz etkileşimini yönetme gibi işlemleri yerine getirir. Ayrıca oturum, bağlantı, kullanıcı ve sensör bilgilendirme tablolarını tutar ve günceller.

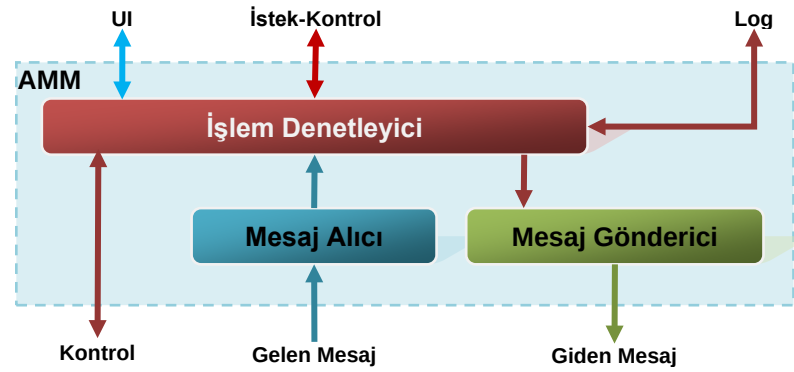
Mesaj alıcı, alt katmandaki MCM veya ACS modüllerinden mesajları alarak gerekli kontrol ve çözümlemeleri gerçekleştirir. Gelen mesajın uygunluğu, tip ve türüne göre çözümlenerek ilgili nesne ve değişkenlere atamaları gerçekleştirir. Daha sonra bunları işlem denetleyiciye iletir.

Mesaj gönderici, işlem denetleyici, raporlayıcı veya üst katmandaki veri toplayıcıdan gelen bilgileri uygun kodlamaları yaparak paket haline getirir ve gönderilmek üzere alt katmanda bulunan iletişim modüllerine aktarır. Anlık iletişim için paket önceliklendirme yapar. Gönderilme durumu hakkında işlem denetleyiciyi bilgilendirir.

Mesaj alıcı, mesaj gönderici ve işlem denetleyici, alt katmandaki modüllerle R_4 ilişkisi içerisinde. Bu ilişkinin ortaya koyduğu kural ve yöntemlerle bilgi alış-verişinde bulunurlar. Öte yandan sorgulayıcı, raporlayıcı ve işlem denetleyici, üst katmandaki modüllerle R_6 ilişkisi içerisinde. Üst katman modülleri ile bilgi alış-verişi bu ilişkinin kural ve yöntemleri ile gerçekleştirilir.

8.5.6 Merkezi Yönetim Modülü (AMM)

Bu modül ACN'deki ve tüm medikal ağdaki yönetimsel işlemlerden ve karar mekanizmalarından sorumludur. Bir nevi, sistemin beyni görevini görür. Gelen bir isteğin karşılanması, hasta ve istemcilerle olan kontrol ve bilgi akışı, istemcilerin hastalarla aralarında kurulacak doğrudan bağlantılarda, üst katmandaki modüllerin yönetimini bu modül gerçekleştirmektedir. Uzun vadeli geçmişe yönelik hasta ve sensör bilgilerinin saklanması için DBM'i yönetir. Merkezi yönetim modülünün 3 temel bileşeni vardır. Bunlar Şekil 8.12'de gösterilmiştir.



Şekil 8.12 : Merkezi Yönetim Modülü temel bileşenleri

İşlem denetleyici, mesajlarla gelen istek ve talepleri değerlendirir. Hasta ve istemcilerden gelen bağlantı kurma, sisteme giriş ve kaydolma taleplerini gerçekleştirir. Alt ve üst katman modüllerini kontrol ederek, kullanıcı arayüz etkileşimini yönetme gibi işlemleri yerine getirir. Ayrıca istemcilerden gelen geçmişe yönelik istatistiksel sorgulamalara DBM'i kullanarak cevap vermeye çalışır. Yapılan işlemler ve hareketlerle ilgili olay kayıtlarını (logları) veritabanı yönetim modülündeki loglayıcıya ileterek log dosyasına kaydedilmesini sağlar.

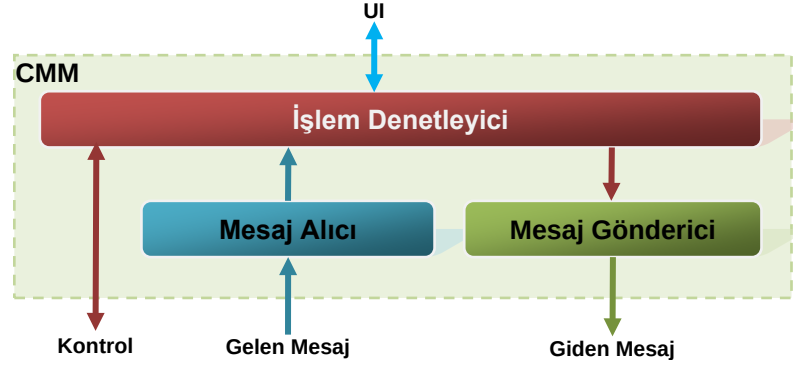
Mesaj alıcı, alt katmandaki MCM veya ACS modüllerinden mesajları alarak gerekli kontrol ve çözümlemeleri gerçekleştirir. Gelen mesajın uygunluğu, tip ve türüne göre çözümlenerek ilgili nesne ve değişkenlere atamaları gerçekleştirir. Daha sonra bunları işlem denetleyiciye iletir.

Mesaj gönderici, işlem denetleyiciden gelen bilgileri uygun kodlamaları yaparak paket haline getirir ve gönderilmek üzere alt katmanda bulunan iletişim modüllerine aktarır. Gönderilme durumu hakkında işlem denetleyiciyi bilgilendirir.

İşlem denetleyici, üst katmandaki modüllerle R_6 ilişkisi içerisinde. Üst katman modülleri ile bilgi alış-verişi bu ilişkinin kural ve yöntemleri ile gerçekleştirilir. Mesaj alıcı, mesaj gönderici ve işlem denetleyici bileşenleri, alt katmandaki modüllerle R_4 ilişkisi içerisinde olup bu ilişkinin ortaya koyduğu kural ve yöntemlerle bilgi alış-verişinde bulunur.

8.5.7 İstemci Yönetim Modülü (CMM)

Bu modül CCN'deki tüm yönetsel işlemlerden ve karar mekanizmalarından sorumludur. Kullanıcı arayüzü modülünden gelen talepleri MCM üzerinden ilgili yerlere aktarır. Gelen bir isteğin karşılanması, merkezi yönetim ile olan kontrol ve bilgi akışı, PCN'lerle kurulacak doğrudan bağlantılardan bu modül sorumludur. Modülün Şekil 8.13'de gösterildiği gibi 3 temel bileşeni vardır. Bunlar işlem denetleyici, mesaj alıcı ve mesaj göndericidir.



Şekil 8.13 : İstemci Yönetim Modülü temel bileşenleri

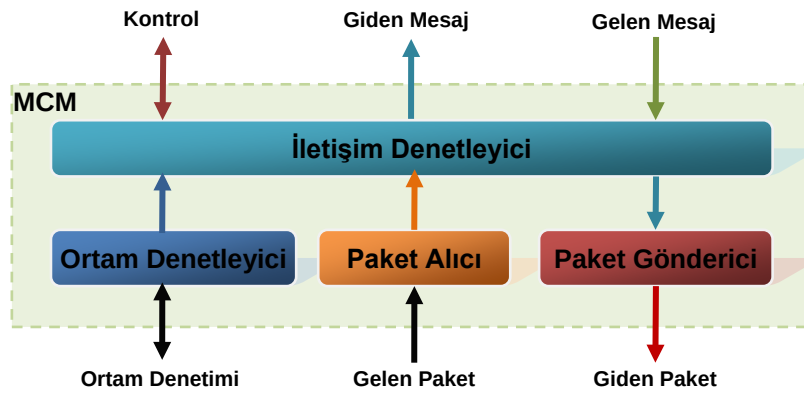
İşlem denetleyici, mesajlarla gelen istek ve talepleri değerlendirir. Hastalarla bağlantı kurma, sisteme giriş ve kaydolma taleplerini ilgili yerlere iletir. Alt katman modüllerini kontrol etmek ve kullanıcı arayüz etkileşimini yönetmek gibi işlevleri yerine getirir. Öte yandan geçmişe yönelik istatistiksel sorgulamalar, takip ve değerlendirme için kullanıcılardan gelen talepleri merkezi yönetime gönderir.

Mesaj alıcı bileşeni, alt katmandaki MCM veya ACS modüllerinden gelen mesajları alarak gerekli kontrol ve çözümlemeleri gerçekleştirip daha sonra bunları işlem denetleyiciye iletir. Mesaj gönderici, işlem denetleyiciden gelen bilgileri uygun kodlamaları yaparak paket haline getirir ve gönderilmek üzere alt katmanda bulunan iletişim modüllerine aktarır. Gönderilme durumu hakkında işlem denetleyiciyi bilgilendirir.

İşlem denetleyici, üst katmandaki kullanıcı arayüzü ile R_6 ilişkisi içerisinde. Mesaj alıcı, mesaj gönderici ve işlem denetleyici bileşenleri, alt katmandaki modüllerle R_4 ilişkisi içerisinde olup bileşenler bu ilişkilerin ortaya koydukları kural ve yöntemlerle haberleşir.

8.5.8 Medikal İletişim Modülü (MCM)

Bu modül PCN, ACN ve CCN gibi medikal ağ unsurlarının kendi aralarında haberleşmesi ve veri akışının erişim ortamına aktarılmasını gerçekleştirir. Ayrıca erişim ortamının işleyiş ve durumundan üst katmanları haberdar eder. Gelen medikal paket (MP)'lerin hedef kaynak ve uygunluk kontrolünü yapar. Eğer paket kontrolü geçerse, paketi çözümleyip üst katmandaki ilgili yönetim modülüne iletir. Paket uygunluk kontrolünü geçmez ise paketi yok (drop) eder. Medikal iletişim modülünün 4 temel bileşeni olup bunlar Şekil 8.14'de gösterilmiştir.



Şekil 8.14 : Medikal İletişim Modülü temel bileşenleri

İletişim denetleyici, MCM'nin mantıksal işleyişinden ve denetimlerinden sorumludur. Paket alıcının kendisine ilettiği mesajları çözümleyerek, doğruluk ve hedef kontrollerini yapar. Uygun olmayan veya farklı hedeflere gönderilmiş paketleri ihmal (drop) eder. Ayrıca diğer uçlara iletmek üzere kendisine üst katmandan gelen mesajları, uygun parametrelerle hazırladığı MP paketlerinin içerisine yerleştirir ve ortam da uygunsa paket göndericiye aktarır.

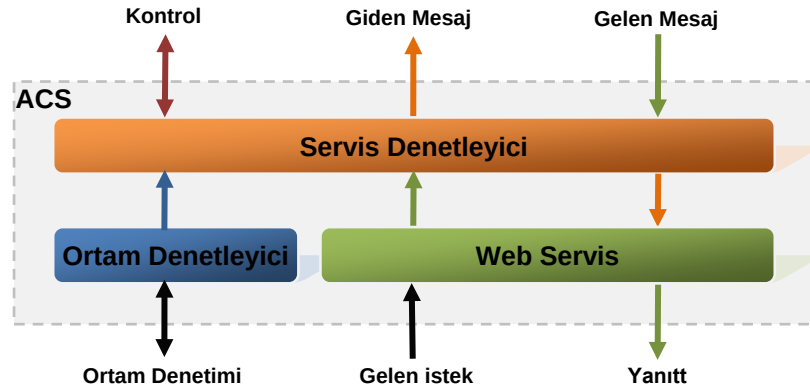
Ortam denetleyici, erişim ortamında çalışan platformun işleyişi ve durumu hakkında iletişim denetleyiciye bilgi verir. Fiziksel ve mantıksal bağlantıların hazır olup olmadığı, ağ bağlantısının durumu bu sayede öğrenilir. Paket alıcı, erişim ortamını dinler ve diğer uçlardan gelen paketleri alıp iletişim denetleyiciye verir. Paket gönderici ise, iletişim denetleyicinin kendisine verdiği bilgi ve parametreler doğrultusunda MP paketlerini erişim ortamı paket yapısı içerisine yerleştirerek hedefine gönderilmek üzere ortama aktarır.

İletişim denetleyici, üst katmandaki birimler ile R_4 ilişkisi içerisinde. Paket alıcı, paket gönderici ve ortam denetleyici bileşenleri, erişim ortamı doğrudan etkileşim içerisinde olup bu bileşenler erişim ortamının ortaya koyduğu kural ve yöntemlerle haberleşirler (R_2).

8.5.9 Uygulama İletişim Servisi (ACS)

Bu modül, erişim ortamı üzerinde çalışan diğer üçüncü parti uygulamalara hizmet vermek amacını güder. Böylece medikal ağ sistemine dışardan uygulamaların katılması sağlanmış olur. Bu çözüm yaklaşımındaki uygulama iletişim servisi, kullanılan TCP/IP erişim ortamında en çok tercih edilen uygulamaların başında gelen “http” tabanlı hizmet servisi olarak düşünülmüştür. Böylece “http” destekli internet tarayıcı ve benzeri uygulamalar bu servis üzerinden rahatlıkla medikal ağ ortamına bağlanıp sorgulama veya gözlem yapılabilir.

Uygulama iletişim modülünün 3 temel bileşeni vardır. Bunlar servis denetleyici, ortam denetleyici ve web servis bileşenleridir. Şekil 8.15’te bir uygulama iletişim modülünün temel bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 8.15 : Uygulama iletişim servisi temel bileşenleri

Servis denetleyici, web servis bileşeninden aldığı istek veya komutları mesajlara çevirerek üst katmana iletir veya üst katmandan gelen mesajları yanıt olarak web servisine iletir. Bir nevi dönüştürücü görevi görür. Öte yandan bu bileşen ortam denetleyiciden erişim ortamı ile ilgili aldığı durum ve kontrol bilgilerini üst katmana iletir. Ortam denetleyici, erişim ortamında çalışan platformun işleyişi ve durumu hakkında servis denetleyiciye bilgi verir. Ortama ait bağlantıların hazır olup olmadığı, erişim ortamının durumu bu sayede öğrenilir.

Web servis bileşeni, diğer uygulamalar için medikal ağ sistemine giriş noktasıdır. Bir nevi köprü görevi görür. Erişim ortamını sürekli dinler. Web tabanlı istemcilerden gelen istekleri alarak servis denetleyiciye aktarır. Servis denetleyiciden gelen yanıtları ilgili istemciye aktarır. Bu bileşen daha iyi anlaşılması açısından IIS [133] veya Apache [134] web sunucu uygulamalarına benzetilebilir. Web servis bileşeni için bu uygulamalar kullanılabileceği gibi aynı görevi görebilecek diğer uygulamalar da kullanılabilir.

Servis denetleyici, üst katmandaki birimler ile R_4 ilişkisi içerisinde. Web servis ve ortam denetleyici bileşenleri, erişim ortamı ile doğrudan etkileşim içerisinde olup bu bileşenler erişim ortamının ortaya koyduğu kural ve yöntemlerle haberleşirler (R_2).

8.5.10 Internet Tarayıcı (IB)

Bu modülün ağ içerisinde doğrudan bir karşılığı olmamakla beraber daha çok 3. Parti uygulamalar olarak düşünülmelidir. Medikal ağlar için diğer uygulama ve sistemlerle birlikte çalışabilirlik için bölüm 8.3'te değinildiği üzere, bu çözüm yaklaşımında TCP/IP (internet) platformu erişim ortamı olarak seçilmiştir. Internet ortamında en çok kullanılan uygulamalar web tabanlı “http” uygulamalarıdır. Bu nedenle birlikte çalışabilirlik için bu çözüm yaklaşımında “http” platformunu kullanan Internet Tarayıcı (Internet Browser) uygulamaları tercih edilmiştir. Bu uygulamalara Microsoft Internet Explorer [135], Mozilla Firefox [136], Google Chrome [137] ve Opera [138] gibi en yaygın kullanılan tarayıcılar [139] örnek olarak verilebilir.

Internet tarayıcılar, uygulama iletişim servisleri için bir istemci görevi görürler. Kullanıcılar isteklerini, internet tarayıcılardan herhangi birini kullanarak web üzerinden sunucu görevi gören uygulama iletişim servisine iletirler.

8.6 Yatay İlişkiler

Bu çalışmada ortaya konulan yeni modelde, daha önce de belirtildiği gibi aynı katmanda bulunan eşdeğer uçlar (CN'ler) arasındaki konuşma ve ayırt etmeye yönelik ilişkiler yatay ilişkiler olarak tanımlanmıştır. Yatay ilişkiler kural koyuculardır ve kurallarla kendilerini ifade ederler. Yani herhangi bir işi yapmaktan ziyade o işin nasıl yapılacağını söylerler. Zaten protokol kavramı da bu kurallar bütününe ifade etmek için kullanılır. Yatay ilişkilerde protokollerden açıklanması beklenen üç temel soru şunlardır;

- Eşdeğer uçların birbirilerini nasıl ayırt edeceği,
- Birbirileri ile hangi dilde konuşacağı,
- Konuşmaların seyrinin nasıl olacağı.

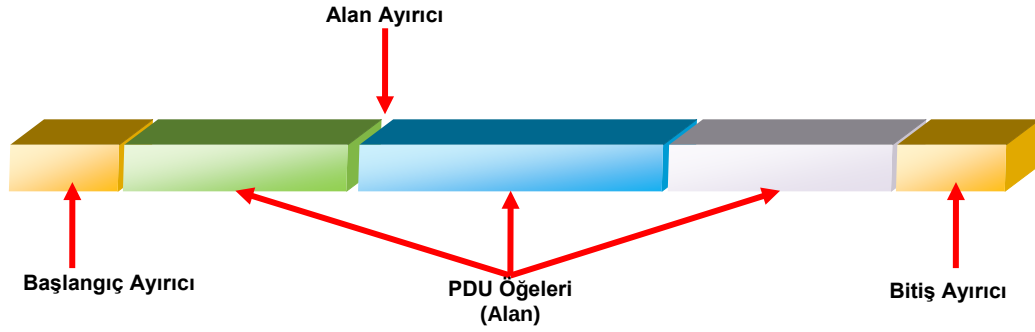
İlk soru en temel olandır. Bir CN'nin ağ içerisindeki başka bir CN'ye mesaj göndermesi durumunda muhatabını nasıl tanıyacağı, yada tam tersi gelen bir mesajın kendisine gelip gelmediğini nasıl anlayacağı sorusu önemlidir. Bu durum aslında bir kimlik (ayırt etme) sorununa işaret eder. Sorunun çözümü ise benzersizlik yani tekilliktir. Güncel hayatta da bu

sorunlarla karşılaşmak mümkündür. İnsanlar birbirilerini ayırt etmek için kimlik numarası (Sosyal Güvenlik Numarası, TC Kimlik Numarası) gibi çözümler kullanır. Bu numaralar herkes için farklı olup hiç kimsenin bir diğerine benzemez. Kullanıcıların medikal ağ ortamındaki temsilcileri (yansımaları) olan CN'ler için aynı çözümün kullanılması çok pratik ve de çok insani bir çözümdür. Başka amaçlı iletişim modellerine bakıldığında aynı çözümün buralarda da kullanıldığı görülmektedir. TCP/IP'deki IP adresleri veya IPX/SPX'deki IPX adresleri buna örnek olarak verilebilir. Özetle sorunun cevabı bulunmuş olup her uca tekil bir adresleme sağlanarak çözüm üretilecektir. Bu adreslemelerin sayısal olması tercih edilecektir. Zira sayısal olmayan adreslemeler yönlendirilebilir değildir ve her zaman için tekilliklerinden söz etmek mümkün olmayacaktır.

İkinci sorun ise muhatapların hangi dilde konuşacağıdır. Dil, bir grup kurallar zincirinden oluşan ve iletişimi sağlayan bir kod sistemidir. Tekil adresleme ile uçların ağ üzerinde birbirilerini ayırt etmeleri, hemen konuşabilecekleri anlamına gelmez. Örneğin Türkçe'den başka dil bilmeyen biri ile Fransızca'dan başka dil bilmeyen birinin konuşarak anlaşması mümkün değildir. Öyleyse aderslemenin yanı sıra protokol, ağ içerisindeki farklı uçları anlaştırmak için ortak bir dil yapısı sunmalıdır. Bu dil tüm uçlar tarafından bilinmelidir. Böylece aynı dili kullanan uçlar, aralarında anlamlı mesajlar iletip alabileceklerdir. Bir önceki paragrafta olduğu gibi bu sorunun çözümü için insanların güncel hayatlarında bu işi nasıl hallettiklerine bakıp benzer çözüm üretmek yalın olmayacaktır. İnsanlar kendi aralarında iletişim kurmak için değişik türde diller kullanırlar. Konuşma dili bunların en başında gelir. Dildeki konuşmaların kural ve yapısını o dilin dil bilgisi olarak adlandırılır. Herhangi bir dil için en temel haliyle dil bilgisi kuralları şu şekildedir; önce konuşmanın taşıyıcısı olan sesler, harflerle eşleştirerek sembolize edilir. Sonra bu ses sembolleri kullanılarak soyut ve somut kavramlar kelime adı verilen sembol dizilerine dönüştürülür. Kelimelerin bir araya gelmesiyle bir düşünce yada eylemi ifade eden sözdizimleri (cümleler) oluşur. Ayrıca cümle içerisindeki her bir kelimeye görev yüklenerek öğeler oluşturulur. Genelde düzgün ve kurallı bir cümle içerisinde özne, yüklem ve nesne adında 3 ana öge bulunur. Özne eylemi yapan kişiyi, yüklem eylemin ne olduğunu ve nesne de eylemin neye uygulandığını gösterir. Sonuçta insanlar arası konuşmalar cümle adı verilen bu yapılarla gerçekleşir. Konuşma içerisindeki cümleleri birbirinden ayırmak için cümleler arasına bir ayıraç (nokta) konulur ve her yeni cümle harflerin özel bir şekli ile başlar. Cümle içerisindeki kelimeleri birbirinden ayırmak için de bir ayıraç (boşluk) kullanılır.

Madem ki protokoller ağ ortamında uçların birbirileri ile konuşmasının (dil bilgisi) kurallarını ortaya koymakla yükümlüdür, o zaman yukarıdaki yaklaşımdan hareketle her protokolün bir cümle yapısı olmalıdır. Bu yapı Protokol Veri Birimi (Protocol Data Unit - PDU)

olarak karşımıza çıkar. Yani protokollerin cümleleri PDU'lardır. Öyleyse PDU'ların tıpkı cümleler gibi özel başlangıç ve bitiş noktalarının olması, içerisinde özel ayraçlarla ayrılmış kelimelerin bulunması ve bu kelimelerin bir görevinin olması gerekir. Genelleştirilmiş bir PDU'nun yapısı Şekil 8.16'da gösterilmiş olup örnek olması için sınırlı sayıda PDU ögesine yer verilmiştir. Öge sayısı protokol ihtiyaçlarına göre değişebilir.

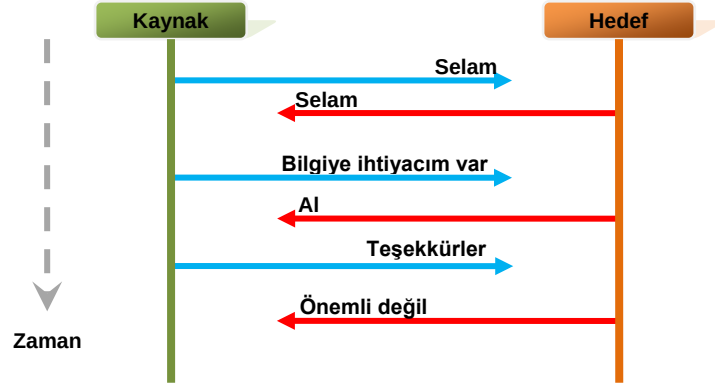


Şekil 8.16 : Genelleştirilmiş PDU yapısı

Bu tez çalışmasında PDU içerisindeki kavram karşılıkları, bölüm 6'daki model ve protokol tasarım ilkeleri konusunda ele alınan ilkeler ve yöntemler ışığında gerçekleştirilebilir. Örneğin PDU (cümle) biçimi için bir protokol bölüm 6.3'te anlatılan üç yönelimden birisini kullanabileceği gibi kendine has biçimsel yapısını da sunabilir. Sonuç olarak bir protokol kendi PDU yapısını ortaya koyacak mesaj biçimini, ayırıcılarını, ayırıcılar arasındaki ögelerini ve buralara nelerin konulacağını söylemelidir.

Cevabı bulunması gereken son soru ise konuşmanın nasıl olacağıdır. Toplum içerisinde birbirini ayırt edebilen ve aynı dili konuşan iki kişi için tüm konuşma alt yapısı hazırdir denebilir ancak yine de bu kişilerin konuşarak iletişim kurabilecekleri anlamına gelmez. Çünkü konuşmaya kimin başlayacağı, başlarken ne söyleyeceği, bu esnada karşı tarafın ne yapacağı ve ne zaman cevap vereceği gibi konular hala açıklığa kavuşmuş değildir. Yine bu noktada insanların konuşmak için geliştirdikleri çözümlere bakmakta fayda vardır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için insanlar konuşma adabı denilen ve bir konuşmanın akışını ortaya koyan çözümler geliştirmişlerdir. Bu çözümler sohbet, tartışma, seminer, atışma vb. gibi değişik yaklaşımlara sahiptirler. Örneğin normal bir sohbet, selamlaşmalarla başlayıp bir taraf konuşurken diğer tarafın dinlediği, daha sonra da cevap verdiği ve konuşma sonunda karşılıklı vedalaşmaların olduğu bir süreçte işler. Oysa bir tartışmada süreçler bunda çok farklı işler. Adresleri belli ve dilbilgisi kuralları olan bir sistemde, işleyişin kaotik olmaması için muhakkak bir takım sınır ve önceliklendirmelerin olması gerekir. Öyle ise ağ ortamlarında eşler arası konuşmanın diğer bir deyişle haberleşmenin de sağlıklı olabilmesi için önceden belirlenmiş bir iletişim süreci (konuşma adabı) takip edilmelidir. Protokollerden (yatay ilişkilerden) beklenen

çözüm ise bu olmalıdır. Yani protokoller uçlar arasındaki paket akışının önce kiminle başlayacağını, karşı tarafın buna ne tepki vermesi gerektiğini her farklı süreç için belirtmelidirler. Süreçler için ortaya konulması istenen örnek bir akış çizelgesi Şekil 8.17’de gösterilmiştir.



Şekil 8.17 : Uçlar arası bilgi akış süreci için genel bir gösterim

Protokollerden beklenen iletişim süreçlerine; sisteme kaydolma, sisteme giriş, adres sorma ve bilgi gönderme gibi örnekler verilebilir. Ancak unutulmamalıdır ki herhangi bir protokolün ortaya koyması gereken süreçler, protokolün ait olduğu katmanın kendi görevleri içerisinde tanımlanmalıdır. İçerisinde birden fazla süreç tanımlanmış bir katmanda çalışan herhangi bir protokol, sadece bir süreçle ilgilenebileceği gibi birden fazla veya tüm süreçlerle de ilgilenebilir. Bu seçim tamamen çözüm yaklaşımı içerisinde şekillenir.

Tüm bu anlatılanlar ışığında, modele dayalı geliştirilen çözüm yaklaşımı, daha önce de belirtildiği üzere R_1 , R_3 , R_5 , R_7 olmak üzere 4 farklı yatay ilişki içermektedir. Her bir ilişkinin detayı ve çözümü ayrı ayrı anlatılacaktır.

8.6.1 R_1 yatay ilişkisi

Bu ilişki modele dayalı çözüm yaklaşımı içerisinde ortam katmanının uçlar arası bilgi aktarımını sağlayan ilişkidir. Ortama sunulan bilgi paketlerinin hedefine ulaşması, ortam içerisinde yönlendirilmesi ve ortamdaki akış denetimi bu ilişkinin kuralları çerçevesinde gerçekleşir.

Çözüm yaklaşımında ortam katmanı için TCP/IP ağlarının seçildiği, bölüm 8.4.4’te nedenleri ile beraber açıklanmıştı. Öte yandan bu ilişkilerin model değil, seçilen ortam tarafından belirlendiğinin hatırlanmasında fayda vardır. Bu tez çalışmasında R_1 ilişkisi için yeni bir tanımlama yapmak yerine TCP/IP’nin koyduğu mevcut kurallara göre hareket edilmiştir.

Şekil 8.3'deki model kavramlarının katmansal konumları incelendiğinde, iletişim ortamının TCP/IP'nin ağ erişim, internet ve aktarım katmanlarına karşılık geldiği görülmektedir. Öyleyse TCP/IP'nin bu katmanlarında kullanılan ve ilişkileri belirleyen fiziksel standartlar, ortam erişim teknikleri, TCP, UDP, IP ve diğer protokoller R_1 ilişkisinin içeriğini oluşturur. Bu protokollerin içeriği standartlaşmış ve net bir şekilde literatürde açıklandığından R_1 ilişkilerinin burada detaylı bir açıklamasına gerek yoktur. Yalnızca temel ilkeleri ortaya konulacaktır.

İletişim katmanı ile temas içinde olan TCP/IP'nin aktarım katmanı ve bu katmandaki ilişkileri belirleyen TCP ve UDP protokolleridir. Bu protokoller port adresleme mekanizması ile üst katmanlara hizmet sunar. TCP kontrollü bir bilgi akışını garanti ederken UDP daha basit, hızlı, ancak kontrolsüz bir akış sunar. Bunlardan hangisinin kullanılacağına iletişim katmanındaki katmansal birimler karar verir.

Bilginin uçlar ve TCP/IP ortamı içerisindeki seyahatinden TCP/IP'nin internet katmanındaki IP protokolü sorumludur. Bu protokol, uçlar için IP adresleme yoluyla bir kimlik sağlar. Bu adreslemelerde her uç 32 bitlik bir adres ile tanımlanır. Bu adresler ağ ve uç olmak üzere iki kısımdan oluşur. Ağ kısmı uç noktasının bulunduğu topluluğu temsil ederken uç adresi de doğrudan o ucun topluluk içerisindeki kimliğini verir. IP adresinin bir diğer işlevi, hedef-kaynak ilişkisi ve taşınacak bilgi için gerekli taşıyıcı yapıyı sağlamaktır. Bu taşıyıcılara IP paketi adı verilir. Bu paketler kaynak ve hedef IP adreslerinin yanı sıra diğer IP parametrelerini de içerir.

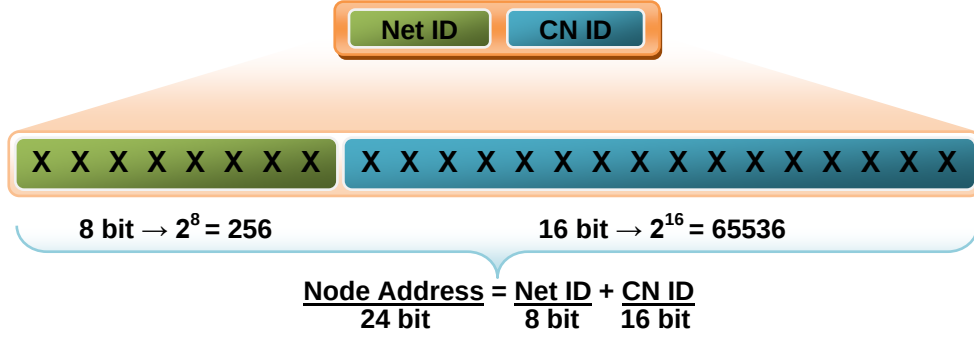
8.6.2 R_3 yatay ilişkisi (MCP)

Bu ilişki CU'lar arası bilgi alış-verişini ve kuralları ortaya koyar. Bu kurallar, CU'ların birbirileri ile haberleşmesini sağlayan adresleme, PDU yapısı ve mesaj akışını ortaya koyan bir protokol aracılığı ile gerçekleştirilir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen bu protokol Medikal İletişim Protokolü (Medical Communication Protocol - MCP) olarak adlandırılacaktır. MCP medikal ağların iletişim ve paket aktarımı işlemlerinde çok kritik bir öneme sahiptir. Bu protokol özellikle uç adresleme ve hiyerarşik organizasyonun nasıl olması gerektiğini, uçlar arası medikal paket aktarımını ve iletişim seyrini belirleyen kural ve yöntemleri ortaya koyar.

MCP protokolü bu çerçevede 3 ana işlevi tanımlar. Bunlar kimlik tanımlama (adresleme), PDU formatı ve iletişim seyridir.

8.6.2.1 Kimlik Tanımlama (Adresleme)

MCP protokolü ilk olarak CU'ların medikal ağ içerisindeki kimlik tanımlamasının nasıl olması gerektiğini belirler. MCP protokolü gereği bir medikal ağ içerisindeki her CN en az bir düğüm (node) adresine sahip olmalıdır. Düğüm adreslerinin yapısı Şekil 8.18'de gösterilmiştir.



Şekil 8.18 : MCP protokolünün CN adresleme şekli

Medikal ağ içerisindeki her düğüm 8 bit Net ID ve 16 bit CN ID olmak üzere toplam 24 bitlik bir adreslemeden oluşur. Net ID medikal ağlar için kullanılan bir tanımlayıcıdır. Bu tanımlayıcı sayesinde bir CN'nin hangi medikal ağa dahil olduğu anlaşılır. Net ID'nin bir diğer özelliği aynı fiziksel ağ ortamında farklı medikal ağların bulunmasına olanak sağlar. CN ID ise aynı medikal ağ içerisindeki uçları birbirinden ayıran bir tanımlayıcıdır. Düğüm adreslemeleri hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Adresleme bu hiyerarşik yapıya göre yapılır. Hiyerarşiye göre Net ID ve CN ID'nin ilk ve son adresleri özel adreslerdir. İlk adres tüm bitler 0 yapılarak, son adres ise tüm bitler 1 yapılarak elde edilir. Bu adresler özel anlamlar taşır. İlk adresler temsilcileri son adresler ise hiyerarşik alt gruplardaki herkesi ifade eder. MCP adresleme hiyerarşisi ve anlamları Tablo 8.2'de gösterilmiştir.

Tablo 8.2 : MCP adresleme hiyerarşisi

NetID	CNID	Taşıdığı özel anlam
0	0	Kök temsilci (Temsilci Başı)
0	1	Temsilcilerin tümü (temsilcilere yayın)
0	X	Temsilcilerden herhangi biri
1	0	Tüm ağ temsilcileri
1	1	Tüm ağlardaki herkes (herkese yayın)
1	X	Tüm ağlardaki herhangi bir X nolu uç
X	0	Herhangi bir ağın temsilcisi
X	1	Herhangi bir ağdaki herkes (uçlara yayın)
X	X	Herhangi bir ağdaki herhangi bir uç

Geliştirilen MCP adresleme yapısı esnek ve genişletilebilir özelliklere sahiptir. CN'ler bir araya gelerek medikal ağları oluşturur. Her medikal ağ içerisinde bir temsilci olmak zorundadır. Farklı medikal ağların temsilcileri bir araya gelerek meclisleri oluşturur. Her meclisin bir kök temsilcisi olmalıdır. Farklı meclisler bir araya gelerek federasyonları, federasyonlar bir araya gelerek konfederasyonları oluştururlar. Yapı bu şekilde birleşmeye ve genişlemeye açık bir şekilde devam eder.

Aynı medikal ağ içerisinde bir CN en fazla bir adres alabilir. Ancak bir CN aynı anda farklı medikal ağların üyesi olabilir. Dolayısı ile bir CN aynı medikal ağı göstermemek koşuluyla birden fazla adrese sahip olabilir. Bir CN, içinde bulunduğu ağ üyeleri ile doğrudan, diğer ağlardaki kişilerle temsilcisi aracılığı ile haberleşebilir.

Temsilciler genelde ağ içerisindeki merkezi yönetim konumunda olan uçlardır. Her ağ temsilcisi temsil ettiği ağdaki tüm uçların ve mensubu olduğu meclisin diğer tüm temsilcilerinin adreslerini Düğüm Adres Tablosu (Node Address Table - NAT) içerisinde tutar. Bir temsilci herhangi bir meclise dahil olduğunda o meclisin kök temsilcisine kendini kaydeder. Kök temsilci meclise dahil olan bir temsilciyi kabul ettikten sonra kendi NAT tablosunu günceller ve tüm meclis üyelerine NAT tablosunun son şeklini gönderir. Böylece iletişim ortamından bağımsız bir şekilde medikal ağlar arası adres yönlendirme mekanizması işletilmiş olur.

İletişim ortamı bazen medikal paketlerin aktarımını engelleyecek kurallara sahip olabilir. Bu durumda medikal ağın işleyişi sekteye uğrar. Bu çözüm yaklaşımında kullanılan TCP/IP ortamı da birtakım engelleyici kurallara sahiptir. Örneğin router, firewall veya proxy gibi adres dönüşümü yapan cihazların arkasındaki uçlara erişmek ve onları TCP/IP düzeyinde ayırt etmek zordur. Aynı zamanda TCP/IP ortamında tüm herkesi ilgilendiren paketlerin bu tarz cihazlardan geçmesi işleminde çeşitli kısıtlama ve zorluklar vardır. Bu tarz sorunların üstesinden gelmek için iletişim ortamı yapısına entegre MCP aktarım ajanları, doğrudan yayın yapma ve kayıtlı IP kullanma teknikleri kullanılabilir.

MCP aktarım ajanları, TCP/IP ortamlarında kullanılan DHCP aktarım ajanlarına (DHCP Relay Agent) benzetilebilir. Bu ajanlar gelen MCP paketlerinin ağ içerisinde bulunan ilgili uçlara aktarılmasını sağlar. Ajanlar ağ içerisindeki uçları tanımak için temsilcilerden uçları sorgularlar. Sorgulamaları kendi düğüm adres tablolarında tutarlar. Sistemin işleyişi için MCP ajanlarına, arkasında bulunan iletişim ortamı içerisinde hangi medikal ağların bulunduğu ve bunların temsilcilerinin kim olduğunun bildirilmesi gerekmektedir.

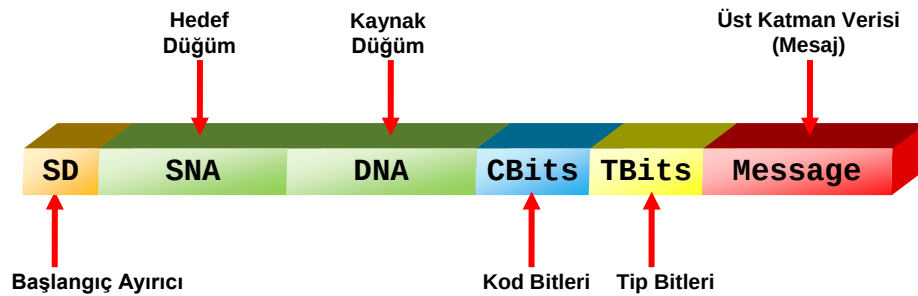
Doğrudan yayın tekniğinde ise farklı TCP/IP ağlarında bulunan uçların haberleşmesi için kaynak uç paketi hedefe gönderirken, IP ortam adresi olarak hedef ucun bulunduğu IP ağının doğrudan yayın adresini kullanır. Bu sayede paket hedef IP ağında, hedef uç dahil olmak üzere herkese iletilir. Ancak MCP adresine bakarak sadece hedef uç bu paketi kabul edecektir.

Bu yöntemde MCP aktarım ajanına ihtiyaç duyulmaz, ancak bazı dez avantajları da vardır. İlki hedef IP ağında bulunan ağ geçidi üzerinde doğrudan yayınlara izin veriliyor olması gerekir. Diğeri ise her seferinde yayın paketlerini kullanmak aşırı ağ trafiğine neden olabilir.

Kayıtlı IP kullanma tekniğinde her uç için TCP/IP ortamı içerisinde adres dönüşümüne gerek kalmaksızın yönlendirilebilen kayıtlı (registered) IP adresleri kullanılır. Böylece o uçlara doğrudan erişilebilir. Bu tez çalışmasında söz konusu tekniklerden “kayıtlı IP tekniği” kullanılmıştır.

8.6.2.2 PDU Formatı

MCP, koyduğu kural ve işlevlerin yerine getirilmesi için kendine has bir protokol veri birimi (PDU) kullanır. MCP PDU’su iletişim katmanında çalışan birimlerin, hizmet ettikleri üst katman birimlerine ait mesajların hedef uçlara iletilmesi için bir taşıyıcı görevi görür. Bu amaçla PDU’nun veri ile beraber bir takım ek bilgileri de barındırması gerekmektedir. Bu bilgiler MCP paket iletişiminin karar verme ve belirleme mekanizmalarında kullanılır. MCP için PDU yapısı Şekil 8.19’da gösterilmiştir.

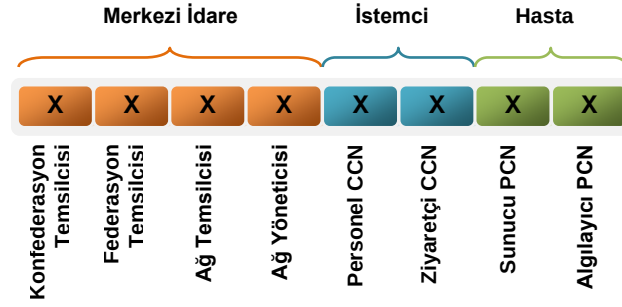


Şekil 8.19 : MCP protokolü PDU yapısı

MCP PDU’larında en öncelikli durum bir paketin MCP paketi olup olmadığının belirlenebilmesi sorusudur. Çözümü ise başlangıç ayırıcındadır. Bu ayıraç 8 bit olup **10101111** (») şeklinde özel bir bit dizisidir. Medikal paketler için bir tanımlayıcı olup bir paketin MCP paketi olup olmadığına ilk olarak bu alana bakılarak karar verilir.

Başlangıç ayırıcısından sonra hedef ve kaynak düğüm adresleri gelir. Bu alanlara paketi alacak olan ve gönderen uçların 24 bitlik düğüm adresleri yerleştirilir. Böylece paketin kaynak-hedef ilişkisi ortaya konulmuş olur.

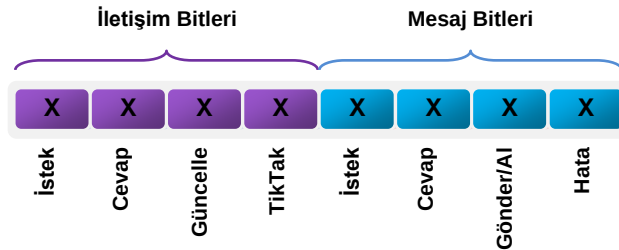
MCP PDU’sunda hedef ve kaynak düğüm adreslerinden sonra 8 bitlik kod bitleri alanı gelir. Bu alan paketi gönderenin ağ içerisindeki rolünü yani çalışma modunu belirler. Bu bitlerin sıralaması ve taşıdıkları anlam Şekil 8.20’de gösterilmiştir.



Şekil 8.20 : MCP paketleri için Kod Bitleri

Kod bitleri toplam sekiz bitten oluşur. Herhangi bir ucun ağ içerisinde sahip olduğu rol kod bitleri içerisindeki ilgili alanın 1'e set edilmesi ile tayin edilir. Örneğin kod bitleri "00000011" şeklinde olan bir medikal paketin karma modda çalışan bir hasta düğümünden geldiği sonucu çıkarılır.

MCP PDU'su içerisinde kod bitlerinden sonra medikal paketin türünü belirten 8 bitlik tip bitleri vardır. Bu bitler sayesinde paket içerisindeki verinin hangi katman tarafından ve ne şekilde ele alınacağı öğrenilmiş olur. Bir MCP paketi içerisinde kural gereği sadece bir tip biti set edilebilir. Tip bitleri ve anlamları Şekil 8.21'de gösterilmiştir.



Şekil 8.21 : MCP paketleri için Tip Bitleri

Tip bitleri iletişim ve mesaj olmak üzere iki dördlünden oluşur. İletişim bitleri gelen paketin iletişim katmanı tarafından ele alınacağını belirtir. Mesaj bitleri ise gelen paketin yönetim katmanı tarafından ele alınacağını belirtir ve iletişim birimince paket içerisindeki mesaj üst katmana aktarılır.

İletişim bitleri 4 adet olup bunlar sırasıyla İstek, Cevap, Güncelle ve TikTak'tır. İstek ve cevap bitleri iletişim katmanında çalışan birimlerin kendi aralarındaki iletişimlerde kullanılırken güncelle biti durum ve NAT tablolarının güncellenmesi için kullanılır. Tiktak biti ise uçların kendi aralarında gönderdiği kalp atışlarıdır.

- **İstek** : Bu paketler karşılığında bir cevap beklenen paketlerdir. Her istek için hedeften bir cevap gelmelidir. Gönderici bir istek gönderdiğinde, yanıt için *req_time_out* kadar bir süre bekler. Eğer yanıt gelmez ise isteğini *req_retry* kadar tekrarlar. Eğer hala isteğine yanıt alamıyorsa isteği yapana bir uyarı mesajı verilerek işlem sonlandırılır.
- **Cevap** : Bu paketler hedef tarafında istek paketlerine cevap olarak gönderilir. Karşılığında ise herhangi bir şey beklenmez.
- **Güncelle** : Bunlar karşılığında herhangi bir yanıt gerektirmeyen ve doğrudan hedefe gönderilen paketlerdir. Uçların kullandığı ve iletişim için gerekli olan tablo ve parametrelerin güncellenmesi için kullanılır.
- **TikTak** : Bu paketler herhangi bir CN'nin çalışır ve aktif olduğunu diğer düğümlere bildirmesinde veya karşı bir CN'e paket göndermeden önce onun canlı olup olmadığını test etmek için kullanılır.

Mesaj bitleri 4 adet olup bunlar sırasıyla İstek, Cevap, Gönder/Al ve Hata bitleridir. Mesaj bitleri set edilmiş bir paket iletişim katmanı tarafından çözülerek doğrudan yönetim katmanına aktarılır. Bunlar gelen paketin yönetim tarafından işleneceğini belirten bitlerdir.

- **İstek** : Karşılığında bir cevap beklenen paketlerdir. Her istek için hedeften bir cevap gelmelidir. Paketin içeriği ve yanıt bekleme sürelerini yönetim katmanı elemanı belirler.
- **Cevap** : Bu paketler hedef tarafında istek paketlerine cevap olarak gönderilir. Karşılığında ise herhangi bir şey beklenmez. Paketin içeriği ve işlenişini yönetim katmanı elemanı belirler
- **Gönder/Al** : Bunlar karşılığında herhangi bir yanıt gerektirmeyen ve doğrudan hedefe gönderilen paketlerdir. Genelde anlık veri aktarımında kullanılırlar.
- **Hata** : Bu paketler herhangi bir CN'nin yaptığı işlem veya aldığı paketin hatalı olması durumunda karşı tarafı bilgilendirmek için kullanılır. Hata paketleri içerisinde neden oluştuğuna dair bilgiler bulunur.

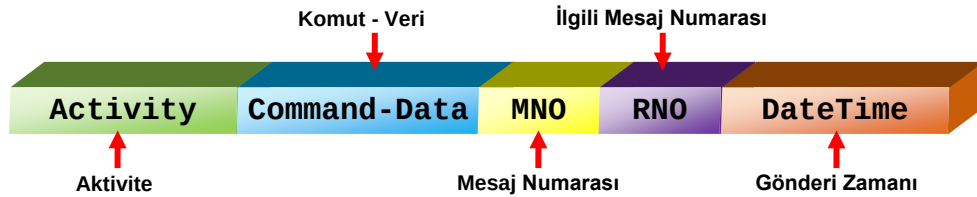
Tip bitlerinden sonra MCP PDU'su içerisinde mesaj alanı gelir. Bu alan üst katman verisini teşkil eder. Uzunluğu sabit olmayıp gönderilecek mesaj içeriğine göre değişkenlik gösterir. MCP protokolu mesajın içeriği ile ilgilenmez. Eğer gelen paketin tip bitleri üst katmana ait olduğunu işaret ediyorsa paket içerisindeki mesaj alanı alınarak doğrudan üst katman elemanına aktarılır. Mesajların içeriği ve yapısı MCP'yi ilgilendirmez. Bunların içeriği ve yapısı, bölüm 8.6.3'de ayrıntısı ile verilen R₅ yatay ilişkisi tarafından belirlenir ve işlenir.

8.6.3 R₅ yatay ilişkisi

Bu ilişki MU'lar arası bilgi alış-verişini ve bunun nasıl gerçekleştirileceğine dair kuralları ortaya koyar. R₅ ilişkisi içerisinde bu kurallar bir protokol aracılığı ile gerçekleştirilir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen bu protokol Medikal Yönetim Protokolü (Medical Management Protocol - MMP) olarak adlandırılacaktır.

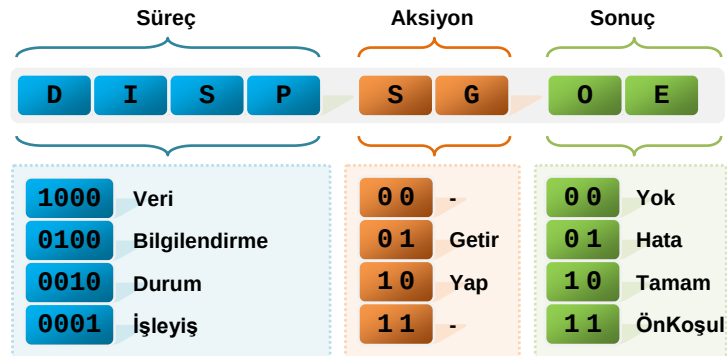
8.6.3.1 Medikal Yönetim Protokolü (MMP)

MMP, medikal ağların işleyişi ve yönetilmesi işlemlerinde çok kritik bir öneme sahiptir. Bu protokol özellikle uçlar arası mantıksal organizasyonu ve uçların birbirileri ile konuşma süreçlerini belirleyen kural ve yöntemleri belirler. MCP protokolü ile uçların adresleme ve ağ hiyerarşisi ortaya konulurken MMP ile bu uçların haberleşme ve yönetimsel işleyişleri belirlenir. Kısaca MCP medikal ağlarda uçlar arası adresleme ve paket aktarımından sorumlu iken MMP de işleyiş ve süreçlerden sorumludur. MMP protokolü sorumluluklarını yerine getirmek için kendine has PDU yapısı kullanır. Bu PDU'lara "Mesaj" adı verilir ve örnek bir mesaj yapısı Şekil 8.22'de gösterilmiştir.



Şekil 8.22 : MMP için PDU yapısı

MMP PDU'su beş kısımdan oluşup ilki aktivite alanıdır. Bu alan mesajın işlem sürecinin ne olduğunu gösterir. İşlem süreçleri 4 adettir ve bunların her biri farklı süreç yöneticileri tarafından ele alınır. MMP süreçleri bölüm 8.6.3.2'te detaylı olarak ele alınmıştır. Aktivite alanı 8 bitten oluşur. Bu bitlerin sıralanışı ve anlamları Şekil 8.23'te gösterilmiştir.



Şekil 8.23 : MMP mesajları için aktivite bitleri ve anlamları

Şekil 8.23’de görülen aktivite bitlerinden ilk dördü sürecin ne olduğunu gösterir. Aynı anda sadece bir bit set edilebilir. Daha sonra iki bitlik aksiyon gelir. Aksiyon, süreç içerisindeki olayın davranışını ve etkileşim yönünü belirler. MMP’de iki tür aksiyon vardır. Bunlar yap (set) ve getir (get) aksiyonlarıdır. Yap aksiyonu bir bilgi veya değişkenin yazılmasını söylerken, getir aksiyonu herhangi bir değişken veya birim hakkında bilgi sorgulama ve almayı ifade eder. Örneğin sensörlerden okunan veriler yap aksiyonu ile veri tabanına kaydedilir veya getir aksiyonu ile veritabanından çekilir. Aktivite bitlerinin son ikisi aksiyon sonucunu gösterir. Şekil 8.23’ten de anlaşılacağı gibi dört farklı sonuç vardır. Bunlardan *yok* herhangi bir sonucun olmadığını, *hata* sonucun hatayla geri döndüğünü, *tamam* işlem sonucunun olumlu gerçekleştiğini ve *önkoşul* ise bazı ön işlemlerin yerine getirilmesi gerektiğini ifade eder.

Aktivite bitlerinden sonra Komut-Veri alanı gelir. Bu alan değişken uzunlukta olup her süreç için farklı komut ve parametreler barındırır. Mesajın belirttiği sürece göre bu alan farklı süreç yöneticileri tarafından ele alınır. Her süreç kendi içerisinde birtakım işlemleri gerçekleştirecek anlamlı komut setlerine sahiptir. Bu komutlar sürecin belirlediği görev parçalarını yerine getiren fonksiyon veya metodlar olarak düşünülebilir. Her komutun kendine göre kabul ettiği değişken ve veri tipleri vardır.

Şekil 8.22’den de görüleceği üzere Komut-Veri alanından sonra 32 bitlik mesaj sıra numarası alanı gelir. Her mesaja gönderilmeden önce bir numara verilir ve bu numara PDU içerisindeki mesaj numarası alanı içerisine konulur. Mesaj numaraları MU’ların gönderilen mesajları aktif süreç içerisinde birbirinden ayırt etmesi için kullanılır. Mesaj numaraları 1 ile $2^{32}-1$ arasında bir değer alır. Mesaj aktarım sürecinde mesaj numarasının sonuna gelirse süreç bitmiş demektir.

Mesaj numarası alanından sonra 32 bitlik ilgili mesaj numarası alanı gelir. Bu alan gelen mesaj paketinin daha önce hangi mesaja karşılık gönderildiğini gösterir. Eğer gönderilen mesajın daha önce ilgili olduğu herhangi bir mesaj yok ise bu alandaki tüm bitler 0 yapılır. Böylece bu mesajın bir ilk olduğu karşı tarafa bildirilmiş olur. İki CN arasındaki mesajlaşmanın işleyişi ve bu işleyişteki mesaj ve ilgi numaralarının değişimi Şekil 8.24’te gösterilmiştir.

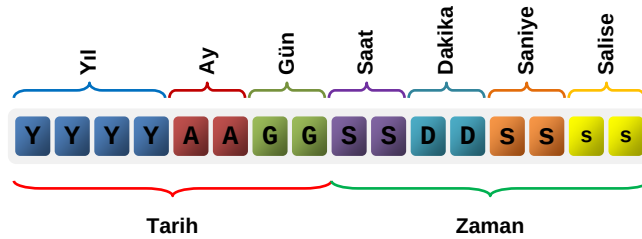


Şekil 8.24 : Uçlar arası bilgi mesaj akış süreci ve mesaj numaralarının kullanımı

Kaynak CN hedefe bir mesaj göndermek istediğinde ilk olarak ilgi numarasını 0 yaparak karşı tarafa kendi belirlediği X numarayla bir mesaj gönderir. Rno'nun 0 olması aynı zaman bir sürecin başladığını gösterir. Eğer karşı tarafın bu mesaja bir yanıt vermesi gerekiyor ise o durumda hedef uç yanıtını kendi belirlediği Y numaralı ve Rno'su X olan bir mesajla kaynağa gönderimde bulunur. Süreç içerisinde X ve Y değerleri ilgili uçlar tarafından birer artırılarak devam edilir. Süreci bitirmek için Mno alanının tüm bitleri 1 yapılır. Böylece karşı tarafa sürecin bittiği bildirilmiş olur. Süreç içerisinde isteyen uç istediği anda sürece son verebilir.

Süreçler birden fazla mesaj paketi için sözkonusudur. Tek mesajlık bilgi aktarımlarında sürece ihtiyaç duyulmaz. MMP bunu kendi içinde çözer. Bu tip durumlarda Mno alanının tüm bitleri 1 ve Rno alanın tüm bitleri 0 yapılır. Böyle bir mesaj da Rno değeri ile süreç başlatılmış Mno değeri ile de süreç sona erdirilmiştir. Dolayısı ile tek bir mesaj paketi içerisinde süreç ömrünü tamamlamış olur. Bu tip süreçlere “Tek Atımlık Süreç (Single Shot Process - SSP)” adı verilir.

MMP PDU'sunun son alanı tarih zaman alanıdır. Bu alan 16 karakter olup mesajın gönderilme tarihini ve zamanını belirtir. Alıcı taraf bu alana bakarak kendisine gelen mesajın hangi tarih ve zamanda gönderildiğini anlar. Tarih zaman formatı ve dizilimi Şekil 8.25'te gösterilmiştir.



Şekil 8.25 : MMP mesajları için tarih zaman formatı

8.6.3.2 MMP İşlemsel Süreçleri

İşlemsel süreçlerin yönetilmesi, yönetim katmanındaki MU'ların en temel görevlerinin başında gelir. Dolayısıyla bu süreçlerin çok iyi bilinmesi gerekir. İşlemsel süreçleri ve bunların işleyiş kurallarını bölüm 8.6.3.1'de de anlatıldığı üzere MMP ortaya koyar.

İşlemsel süreçlerde bölüm 8.6.3.1'de belirtildiği üzere 2 temel aksiyon vardır. Bunlar “yap” ve “getir” aksiyonlarıdır. Aksiyonlar, süreçlerdeki olayların davranışlarını ve etkileşimin yönünü belirler. Yap aksiyonu hedefte bir değişikliğe veya güncellemeye yol açtığı için hedef taraflı bir etkileşimdir. Getir aksiyonu ise hedefteki bir bilginin kaynağa iletilmesini sağladığından hedefte herhangi bir değişiklik söz konusu değildir. Ancak kaynak, getir aksiyonu sonucunda gelen bilgiye göre hareket ettiğinden getir aksiyonu kaynak taraflı bir etkileşimdir.

Aksiyonlar tek başına anlamlı olmayıp ancak MMP PDU'sundaki süreç ve komutlarla bir anlam kazanır. Bu durum şu şekilde açıklanabilir; Tek başına getir veya yap ifadesi kullanıldığında akla hemen neyi yapmalı veya neyi getirmeli gibi soruların gelmesi kaçınılmazdır. İşte bu noktada dil bilgisindeki cümle ve cümle ögeleri yaklaşımı bize yardımcı olacaktır. Kurallı bir cümlede “yap” ve “getir” aksiyonları eylemlere (yükleme) karşılık gelir. Ancak bu eylemin uygulanacağı yer ve uygulanma şeklinin de belli olması gerekir. Cümle içerisinde mesajı gönderen taraf istekte bulunan, alan taraf ise isteği uygulayandır (özne). Süreç, isteğin uygulanacağı alan, komut ise isteğin kendisine karşılık gelir. Şekil 8.26'da süreç-aksiyon-komut ilişkisine iki örnek gösterilmiştir.

```
data set_data_Value(sensor,sensorid,ins,value,datetime);  
info get_info_Person(personid,[other_param]);
```

Şekil 8.26 : Süreç - Aksiyon - Komut ilişkisine örnek

İlk örnekte hedeften *sensorid* nolu sensörden gelen *value* değerinin veritabanına kaydedilmesi istenmektedir. İkinci örnekte ise hedeften *personid* nolu kişi hakkında kayıtlı bilgiler istenmektedir. İlk örneğin başındaki *data* ve ikinci örneğin başındaki *info* sürecin ne olduğunu ifade eder.

Bu tezde sunulan çözüm yaklaşımı içerisinde geliştirilen MMP kendi içerisinde 4 ana işlemsel süreç tanımlar. Bu süreçler şunlardır;

- **Veri (Data)** : Hasta üzerinden okunan biyotelemetrik bilgilerin raporlanması, kaydedilmesi ve sorgulanması işlemlerini ortaya koyar.
- **Bilgilendirme (Information)** : Medikal ağ içerisindeki kişi, düğüm ve sensörler hakkındaki tanımlayıcı bilgilerin kaydedilmesi ve okunması işlemlerini sağlar.

- **Durum (State) :** CN'lerin ve hastaların mevcut bulundukları aktivite ve yaşamsal durumların değiştirilmesi, ilan edilmesi ve okunması işlemlerini ortaya koyar.
- **İşlem (Operation) :** Medikal ağ içerisindeki uç ve kullanıcıların ağın işleyişine ayak uydurması için gerekli işlemleri ve bunların yerine getirilmesini sağlar.

MMP, süreçlerin gerektirdiği işlemlerin yerine getirilmesi için her süreç içerisinde komut adı verilen bir takım fonksiyonlar tanımlar. Tüm işlemsel süreçler bu komutlar aracılığı ile gerçekleştirilir. Her komut mesaj içerisinde belirtilen aksiyon doğrultusunda kendisine verilen bilgi veya parametreleri işler, yada kendisinden istenen bilgi veya parametreleri sunar. MMP protokolünün tanımladığı süreçler, süreçlerdeki tanımlı komutlar ve bunların açıklaması Tablo 8.3'de gösterilmiştir.

Tablo 8.3 : MMP süreçleri ve süreç komutları

Süreç	Komut (Fonksiyon)	Açıklama
Veri	data_Query()	CN'lerin PCN veya ACN'den yaşamsal veya diğer bilgilerin sorgulanması, istatistiksel bilgi toplamak için kullanılır
	data_Value()	Hastadan elde edilen sensör verilerinin okunması ve kaydedilmesi için kullanılır
	data_Report()	PCN deki yaşamsal veriler için raporlama oluşturma ve bu süreçlerin yönetilmesi için kullanılır
Bilgilendirme	info_Person()	Medikal ağ kullanıcılarının kişisel bilgilerinin kaydedilmesi ve okunması için kullanılır
	info_Sensor()	PCN bünyesindeki sensör bilgileri ve bunların kabiliyetlerinin kaydedilmesi ve sorgulanması için kullanılır
	info_Node()	CN'lerin donanımsal bilgi ve kabiliyetlerinin öğrenilmesi için kullanılır
Durum	state_Active()	Herhangi bir CN veya bünyesindeki alt birimlerin başlatılması, durdurulması, duraklatılması ve yeniden başlatılması için kullanılır.
	state_Emergency()	PCN üzerinden acil durum sinyallerinin gönderilmesi ve işlenmesi için kullanılır
	state_Triage()	Hastanın PCN'de ötanımlanmış ayarlara göre sağlık önceliklendirmesi için kullanılır.
İşlem	proc_Register()	Bir CN'nin medikal ağa kaydedilmesi ve çıkarılması için kullanılır
	proc_Authenticate()	Medikal ağa kayıtlı bir CN'nin sisteme giriş yapması için kullanılır
	proc_Session()	Medikal ağa giriş yapmış bir CN'nin diğer bir CN üzerinde oturum açması ve bu oturumun yönetilmesi için kullanılır
	proc_Synchronize()	Bir CN'nin bilgi akışının sağlıklı olabilmesi için zaman senkronizasyonu işlemlerinde kullanılır
	proc_Encryption()	CN'ler arası bilgi aktarımının güvenli olması için şifreleme metodlarının ve bunların nasıl kullanılacağını belirtmek için kullanılır
	proc_Connection()	CN'ler arası bağlantı kurma ve sonlandırma için kullanılır

Medikal ağ içerisinde uçlar arası iletişimde bu süreçler kendi içinde bağımsız işler. Ancak bazı süreçlerin başlaması için ön koşul olarak diğer süreçlerin daha önceden olumlu işlemiş olması gerekebilir. Buna süreç bağımlılığı denir. Örneğin bir veri sorgulama (data_Query) sürecinin başlaması için öncelikli olarak işleyiş süreçlerinin sağlıklı olarak tamamlanması gerekir. MMP için süreç bağımlılıkları Tablo 8.4’de gösterilmiştir.

Tablo 8.4 : MMP süreç bağımlılıkları

Bağımlılıklar 	data_Query()	data_Value()	data_Report()	info_Person()	info_Sensor()	info_Node()	state_Active()	state_Emergency()	state_Triage()	proc_Register()	proc_Authenticate()	proc_Session()	proc_Synchronize()	proc_Encryption()	proc_Connection()
data_Query()												X			
data_Value()												X			
data_Report()												X			
info_Person()												X			
info_Sensor()												X			
info_Node()												X			
state_Active()												X			
state_Emergency()															X
state_Triage()															X
proc_Register()															
proc_Authenticate()															
proc_Session()															
proc_Synchronize()															
proc_Encryption()															
proc_Connection()															

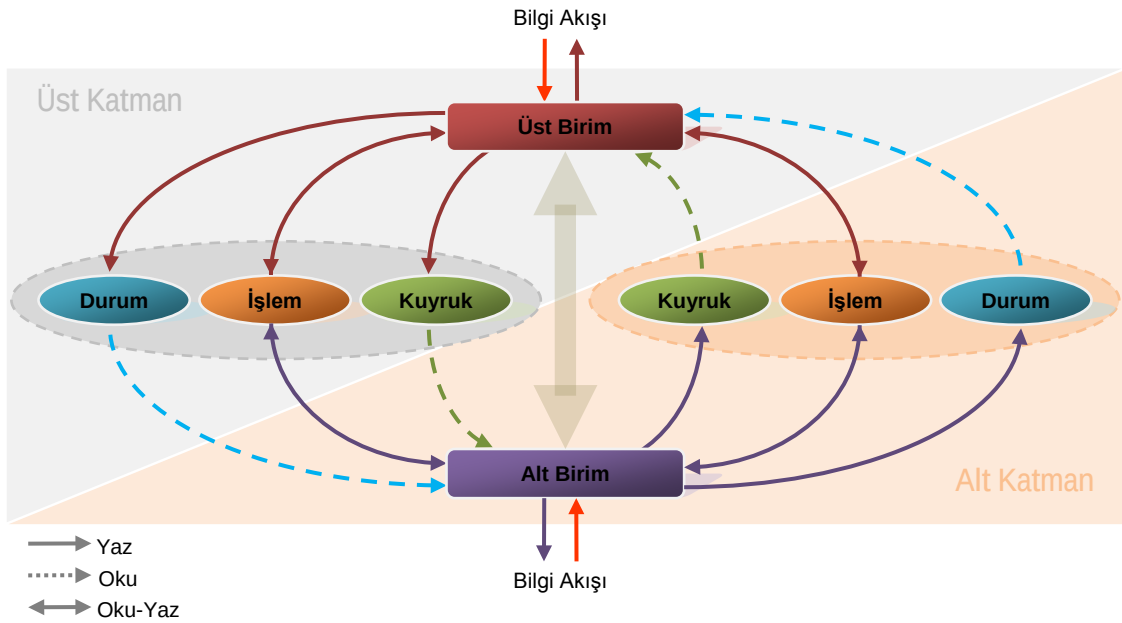
8.6.4 R₇ yatay ilişkisi

Bu ilişki etkileşim katmanında çalışan DU birimleri arasındaki iletişim ve bilgi akışını ortaya koyar. Bu tez çalışmasında ortaya konulan çözüm yaklaşımında her CN içerisinde en az bir DU düşünülmüştür. Ancak DU birimleri daha çok alt yada üst yapısal birimlerle etkileşim içerisinde olup birbirileri ile doğrudan iletişim kurmazlar. R₇ ilişkisindeki olası işlem ve fonksiyonlar bölüm 8.6.3’te anlatılan R₅ ilişkisi içerisinde bulunan MMP bünyesinde süreçler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla MMP süreçlerinin işleyişi zaten R₇ ilişkisini de kapsamaktadır.

Sonuç olarak R_7 için ayrıca herhangi bir kural veya tanımlama sözkonusu değildir. Bu konunun MMP içerisinde çözümlendiği kabul edilmiştir. Ancak bu durum R_7 'nin tamamen yok sayılması anlamına gelmez. Zira bu tez çalışmasında R_7 ilişkisi çözüm yaklaşımının değil modelin bir parçasıdır ve model içerisinde tanımlıdır. Bu nedenle modele dayalı başka çözüm yaklaşımlarında ele alınması her zaman için olasılık dahilindedir.

8.7 Dikey İlişkiler

Dikey ilişkilerin iki temel amacı vardır. Birincisi farklı (komşu) katmanlar arası haberleşmeyi, ikincisi ise hizmet verilen eşdeğer katmanlardaki uçlar arası bilgi aktarımı için gerekli dönüşümü sağlamaktır. Bu tür ilişkilerde, katmanlar arasında hizmet, durum ve bilgi transformasyonu sözkonusudur. Dikey ilişkiler bağlayıcı veya servisler yürütülür. Bağlayıcılar kablo ve konnektör gibi fiziksel yapılardan oluşurken servisler yazılımsaldır. İlişkilerin yürütülmesi, kurallar dahilinde tanımlanan metod, fonksiyon ve parametrelerle sağlanır. Bu çözüm yaklaşımında dikey ilişkilerin yürütülmesi ve gerçekleştirilmesi için izlenecek olan temel yöntemler Şekil 8.27’te gösterilmiştir. Okların çift yönlü oluşu alt ve üst birim arasındaki bilgi akışının çift yönde gerçekleşebileceğini gösterir.



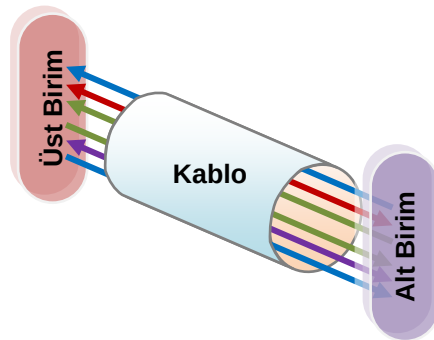
Şekil 8.27 : Çözüm için katmanlar arası dikey ilişkiler ve iletişim şekli

Komşu katmanlar arasındaki bilgi alış-verişi durum-işlem-kuyruk pano üçlüsü ile gerçekleştirilir. Her katman komşu katman ile dikey iletişim için bu üçlü yapıyı kullanır. Şekil 8.27’den de anlaşılacağı gibi panolar arasında işleyiş farkları olabilir. Bir katmansal birim

herhangi bir komşu katmanı ilgilendiren veya onun için gerekli, ancak ondan bağımsız işleyen olaylardan o katmandaki birimi haberdar etmek için durum panosunu kullanır. Durum panosu karşı taraf için sadece okunabilir ve bu panoya yazılanlara diğer katmandaki birimler müdahale edemez. İşlem panosu komşu katman birimleri arasındaki niyet ve eylemler için kullanılır. Bir birim, komşusunun ne yapmak istediğini bu panoya bakarak anlar ve isteği yerine getirdikten sonra onu yine bu pano üzerinden bilgilendirir. Bu pano komşu birimler tarafından hem okunur hemde yazılabilir özelliktedir. Kuyruk ise niyet ve eylemlere konu olan bilgilerin yerleştirildiği bir taşıyıcı kutu görevi görür. Gönderici tarafından bilgilerle doldurulurken alıcı taraf işlemleri yapılan bilgileri kutudan atar. İşleyiş için bir örnek verilecek olursa; üst katmandaki birim, elindeki bilgilerle alt katmana bir iş yaptırmak istediğinde, işlem panosuna yapılacak işi ve kuyruk panosunda işlem yapılacak bilgiyi yerleştirir. Alt birim üst katmanın işlem panosunu sürekli gözler. Panoda bir iş isteği olduğunu gören alt birim, üst birimin bilgi kuyruğundan gerekli olan verileri çekerek istenen işlemi yerine getirir ve işlemin sonucunu aynı işlem panosuna geri yazarak oluşan sonuçtan üst birimi haberdar etmiş olur. Kuyruktanda işi biten bilgiyi siler ve varsa bir sonraki işe bakar. Üst katmandaki birim alt katmandaki birime başlama, durma, hata vb. gibi herhangi bir durumu haberdar etmek için durum panosunu kullanır. Böylece alt katman üst katmanda neler olup bittiğinden haberdar olur ve davranışlarını oluşan duruma göre şekillendirir.

Dikey ilişkilerin farklı gerçekleştirilme şekillerinden bahsetmek mümkündür. Tez içerisinde bölüm 7.6'da dikey ilişkilerin donanımsal olanlarına bağlayıcı (connector), yazılımsal olanlarına ise servis adı verilmiş ve ayrıntıları ile bahsedilmiştir.

Donanımsal olarak bağlayıcılar fiziksel kablo, sonlandırıcı ve dönüştürücü gibi bileşenlerin bir araya gelmesi ile oluşturulur. Bu konuda pek çok standart mevcut olmakla beraber buradaki çözüm yaklaşımında Şekil 8.27'deki çift yönlü iletişime olanak sağlayabilen her türlü kablo rahatlıkla kullanılabilir. Böyle bir kablunun gerçekleştirilmesi Şekil 8.28'de gösterilmiştir. Kablo içindeki iletken gruplarının sayısı ihtiyaca ve kullanılan standarda göre değişebilir.



Şekil 8.28 : Dikey ilişkilerin donanımsal olarak gerçekleştirilmesi

Programsal olarak servisleri gerçekleştirmek uygun fonksiyon, metod ve değişkenlerle sağlanır. Dikey ilişki içerisinde tanımlanmış her bir eylem veya niyet için bu işlemleri gerçekleştirecek uygun fonksiyon ve metodlar yazılır. Ayrıca durumlar için de sayısal veya mantıksal değişken ifadeler kullanılır. Fonksiyonlar, girdi olarak kuyruktaki bilgileri işlemde belirtilen parametre ve süreçlerden geçiren kod parçaları olarak düşünülür. Ayrıca her fonksiyon yaptığı işlemin sonucundan istekliyi haberdar etmelidir. Her fonksiyon sadece bir işlemi yerine getirebileceği gibi birden fazla işlemi yerine getiren fonksiyonlarda bulunabilir. Bu durumda işlemin ne olacağını belirleyen bir parametre de olmalıdır. Pratikte her fonksiyon işlem olarak tanımlanmış süreçlerin sadece birini gerçekleştirecek şekilde yapılır. Bu durumda fonksiyonun kendisi zaten işlemi temsil edecektir. Temel olarak bir fonksiyon Şekil 8.29'daki gibi olmalıdır;

$$F_{işlem} = \{[a, b, \dots], Kuyruk\}$$

Şekil 8.29 : Dikey ilişkiler için genel fonksiyon yaklaşımı

Şekil 8.29'da a, b işlem süreçlerinde gerekli olan parametreleri ve kuyruk da parametrelerle sürece tabi tutulan bilgiyi ifade eder. Örneğin bir paketi belirtilen bir hedef adrese gönderen ve sonuçta bir hata kodu geri döndüren *gonder* adında bir fonksiyon olsun. Bu fonksiyonun genel ifadesi Şekil 8.30'daki gibidir.

```
function gonder(HedefAdres, Data, Return)
{
    ...
    paketi_hazirla();
    paketi_gonder();
    if hata then
        return:=hata
    else
        return:=0;
}
```

Şekil 8.30 : Dikey ilişkiler için örnek bir fonksiyon

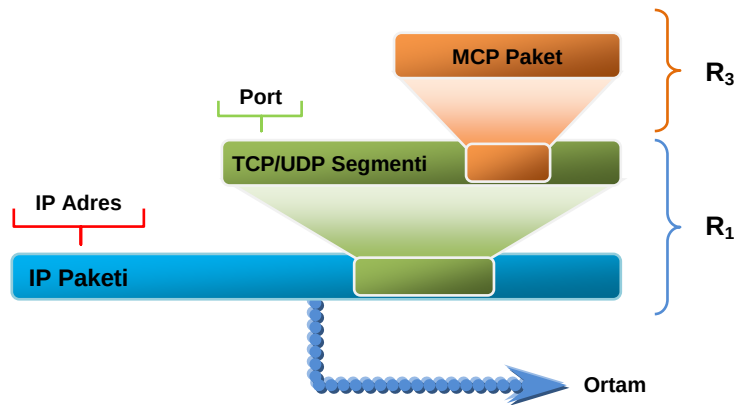
Şekil 8.30'da görülen fonksiyon yaklaşımı genel bir ifade olup dikey ilişkiler için bir yazılımsal çözümleme mantığını ortaya koyar. Her ilişkideki bağıntı, amaç, eylem ve durumlar farklı olabilir. Bu tez çalışmasında dikey ilişkiler için yazılımsal gerçekleştirme yapılırken ilişkideki her bir alt eylem için fonksiyon veya benzeri bir metod geliştirilmiş ve geliştirilen bu fonksiyon veya metodların birbirileri ile nasıl etkileştikleri açıkça ortaya konulmuştur.

Dikey ilişkilerin ikinci amacı kapsülleme-çıkarma (Encapsulation-Decapsulation) [140] işlemidir. Kapsülleme işlemi alt katmanlara yukarıda belirtilen bilgi aktarma mekanizmasından önce ilgili katman birimi tarafından yapılır. Daha sonra aktarım isteği alt katman birimine iletilir. Çıkarma işlemi ise bir katmanın kapsüllemiş bilgiyi çıkarıp üst katman birimine iletmesi şeklinde yine fonksiyon veya metod aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu işlem üst katmana verilen servis hizmetlerinin bir parçasıdır. Sonuç olarak dikey ilişkilerin bir kısmı üst katmanda diğer kısmı alt katmanda gerçekleştirilir.

Modele dayalı geliştirilen bu çözüm yaklaşımında daha önce de belirtildiği üzere R_2 , R_4 , R_6 , R_8 olmak üzere 4 farklı ilişki ortaya konmuştur. Her bir ilişkinin detayı ve çözülmesi aşağıdaki gibidir;

8.7.1 R_2 dikey ilişkisi

Bu ilişki geliştirilen modelin ortam ve iletişim katmanları arasındaki servisleri ve işleyişi belirler. Şekil 8.3'deki model kavramlarının katmansal konumlarına bakıldığında ortam olarak kullanılan TCP/IP ağlarının çözüm yaklaşımındaki eşdeğer katmanlarının ağ erişim, internet ve aktarım katmanları olduğu görülür. Bu üç katmanın oluşturduğu yapı buradaki çözüm yaklaşımının en alttaki ortam katmanını oluşturur. Öyleyse modelin iletişim katmanında görev yapan (MCM, ACS gibi) herhangi bir CU için ortam, hizmet veren konumundadır. Diğer yandan Şekil 7.9'da da gösterildiği üzere ortamın kendi içerisindeki veri akışı ve diğer işleyişler R_1 ilişkisi ile tanımlanmaktadır. R_2 ilişkisi, R_3 protokolü verisini R_1 protokolü içerisine kapsüleme ve çıkarma işlevini gerçekleştirir. Bu işlem Şekil 8.31'de gösterilmiştir.



Şekil 8.31 : R_2 kapsülleme işlemi

İletişim katmanında çalışan bir CU öncelikli olarak gönderilecek bir verisi varsa bunu R_1 ilişkisinde MCP'nin belirlediği PDU (medikal paket) içerisine yerleştirir. Erişim için kullanılan TCP/IP ortamının gereği olarak medikal paketin iletilmesi için CU, hazırladığı MCP paketini önce kaynak ve hedef port numaralarını kullanarak TCP veya UDP segmenti içerisine kapsüller daha sonra da bu segmenti hedef ve kaynak IP adreslerini kullanarak IP paketi içerisine kapsüller ve gönderilmek üzere ortama iletir.

Ortamdan gelen bir paket için CU tam tersi işlem yapar. CU önce paketi alarak IP adresi ve port bazında hedef doğruluk kontrolü yapar yani paketin kendisine gelip gelmediğini test eder. Eğer paket kendisine gelmiş ise gelen paketi açarak MCP paketine ulaşır. MCP paketini elde eden CU, MCP paketindeki kaynak ve hedef düğüm adreslerine bakarak bu medikal paketin kime geldiğini doğrular. Daha sonra MCP paketindeki tip bitlerine bakar. Eğer iletişim bitlerinden biri set edilmiş ise o zaman bu paket içerisindeki mesajı açarak kendisi işler. Eğer MCP içerisindeki mesaj bitlerinden biri set edilmiş ise o zaman R_4 ilişkisi kapsamında gerekli işlemleri yaparak bunu üst katman birimine aktarır.

Bu tez çalışmasında R_2 ilişkisinin görev ve sorumluluklar 5 temel fonksiyon ile gerçekleştirilmiştir. Bunlar *create_Packet()*, *send_Packet()*, *read_Packet()*, *process_Packet()* ve *check_CommStatus()* fonksiyonlarıdır.

İlk fonksiyon olan *create_Packet()* fonksiyonu MCP paketlerini oluşturup hazırlar ve geriye hazırlama ile ilgili durum bilgisi döner. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.32'de gösterilmiştir.

```
function create_Packet(DNA, TBits, CBits, Message, Return){};
```

Şekil 8.32 : R_2 ilişkisindeki create_packet() fonksiyonu

Şekil 8.32'de görülen *DNA* hedef düğüm adresi, *TBits* MCP tip bitleri ve *CBits* ise MCP kod bitleridir. *Message* değişkeni gönderilecek bilgiyi içerir. *Return* değişkeni ise paket oluşturma işleminin sonucu hakkında geriye dönen değerdir. Sonucun 0 dan farklı olması durumunda hata oluşmuş demektir.

İkinci fonksiyon olan *send_Packet()* fonksiyonu MCP paketlerine erişim ortamı (TCP/IP) kapsüllemesi yaparak oluşturduğu paketi ortama aktarır. Geriye paketi hazırlama ve aktarma ile ilgili durum bilgisi döner. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.33'de görüldüğü gibidir.


```
function send_Packet(DIP,DPort,MCPacket,Return){};
```

Şekil 8.33 : R_2 ilişkisindeki send_packet() fonksiyonu

Şekil 8.33’de görülen *DIP* hedef ucun IP adresi, *DPort* hedef ucun port numarası, *MCPacket* parametresi *create_packet()* ile oluşturulmuş MCP paketidir. *Return* değişkeni ise ortam paketi oluşturma ve gönderme işleminin neticesi hakkında geri dönderilen değerdir. 0 dan farklı olması durmunda hata oluşmuş demektir.

Bu çalışmada geliştirilen üçüncü fonksiyon olan *read_Packet()* fonksiyonu erişim ortamından gelen paketleri okuyarak doğruluk kontrolü yapar. Geriye paketin okunması ve doğruluk kontrolü ile ilgili durum bilgisi döner. Eğer gelen paket doğru ve uygun bir MCP paketi ise bunu gerekli değişkenlere aktarır değil ise hata döndürür. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.34’de verilmiştir.

```
function read_Packet(rMPacket,MCPacket,Return){};
```

Şekil 8.34 : R_2 ilişkisindeki read_packet() fonksiyonu

Şekil 8.34’de verilen *rMPacket* parametresi gelen paketin aktarıldığı değişken, *MCPacket* parametresi ise gelen paketin uygun ve doğru bir paket olması halinde MCP paketinin aktarılacağı değişkendir. *Return* değişkeni ise paket okuma işleminin neticesi hakkında geri dönderilen değerdir. 0 dan farklı olması durmunda hata oluşmuş demektir.

Dördüncü olarak geliştirilen *process_Packet()* fonksiyonu *read_Packet()* ile uygunluğu ve *rMCPacket* değişkenine aktarılmış MCP paketini R_3 ilişkisi kuralları dahilinde işler. Bu fonksiyon öncelikli olarak paketin kaynak ve hedef düğüm ilişkilerini inceler daha sonra MCP paketi içerisindeki tip bitlerine bakarak CU da işlenmesi gerekiyorsa uygun bir şekilde işler. Eğer üst katmanı ilgilendiren bir mesaj içeriyorsa bunu üst katman biriminin alması için gerekli pano ve kuyruk işlemlerini yapar. Ayrıca bu fonksiyon geriye paketin işlenmesi ve kontrolü ile ilgili durum bilgisi döner. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.35’te verilmiştir.

```
function process_Packet(rMCPacket, Return){};
```

Şekil 8.35 : R₂ ilişkisindeki process_packet() fonksiyonu

Şekil 8.35'te verilen *rMCPacket* parametresi işlenecek olan MCP paket değişkenidir. *Return* değişkeni ise paket işleme neticesi hakkında geri dönderilen değerdir. 0 dan farklı olması durumunda hata oluşmuş demektir.

Beşinci ve son fonksiyon *check_CommStatus()* fonksiyonudur. Bu fonksiyon ortam bağlantı durumunu ve ilk dört fonksiyonun işlevselliği için gerekli olan kaynak IP, port, medikal düğüm vb. gibi parametrelerin set edilip edilmediğini kontrol eden alt fonksiyonlar içerir. R₂ ilişkisi içerisinde gerçekleştirilen tüm fonksiyonlar kendi içlerinde, geliştirilen bu foksiyona başvururlar. Böylece ortam ve gerekli diğer parametreler hakkında bilgi sahibi olarak ona göre davranışlarını şekillendirirler. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.36'daki gibidir.

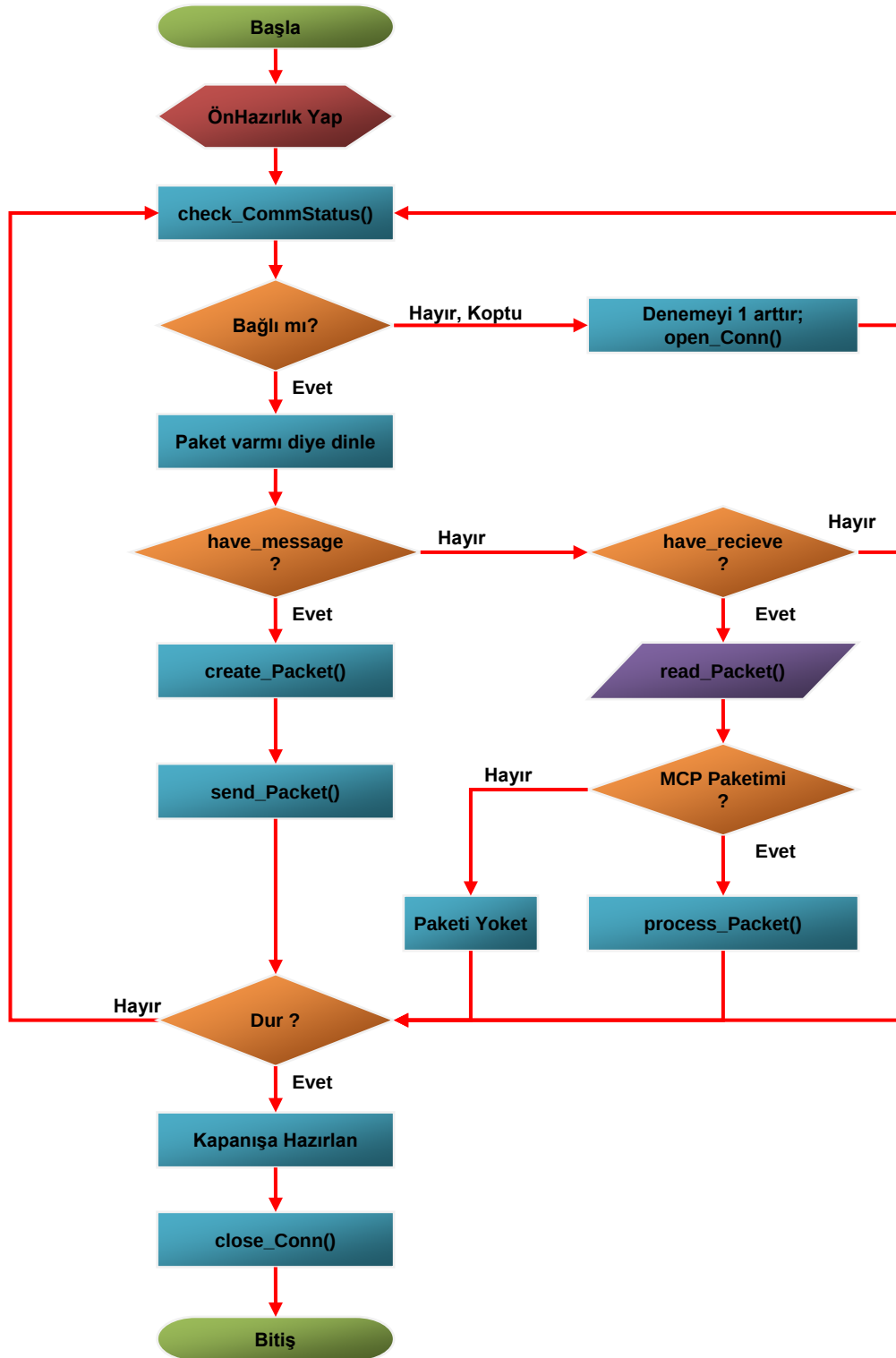
```
function check_CommStatus(Return){};
```

Şekil 8.36 : R₂ ilişkisindeki check_packet() fonksiyonu

Şekil 8.36'da verilen *check_CommStatus()* için sadece *Return* değişkeni vardır ve bunula bir hata değeri döner. *Return* değişkeninin 0 dan farklı olması durumunda hata sözkonusudur.

R₂ ilişkisi tanımlanan tüm bu fonksiyonlar kendi içlerinde bağımsız işler. Ancak R₂ ilişkisinin tam olarak ortaya konulabilmesi için bu fonksiyonların birbirileri ile nasıl etkileştiklerinin de belirtilmesi gerekmektedir. Böylece işlemlerin nasıl gerçekleştirileceği daha iyi kavranmış olacaktır.

Bu tez çalışmasında fonksiyonlar arası etkileşimler iletişim servisleri olarak da adlandırılmıştır. Servisler dikey ilişkilerin belirttiği fonksiyon ve görevleri mantıksal bir akış (etkileşim) içerisinde bir araya getirirler. R₂ servis yapısı ve akış diyagramları kullanılarak fonksiyonların birbirileri ile nasıl etkileştikleri Şekil 8.37'da gösterilmiştir.



Şekil 8.37 : R₂ fonksiyonlarının etkileşimi ve servis yapısı

8.7.2 R₄ dikey ilişkisi

Bu ilişki, geliştirilen model yaklaşımı içerisinde iletişim ve yönetim katmanlarında çalışan birimler arasında iletişim ve koordinasyonu sağlar. Yönetim katmanında bulunan MU'lar, CN'ler için beyin görevi görür. Tüm yönetsel ve karar süreçleri MU'lar tarafından yerine getirilir. Başka bir deyişle uçlar arası bilgi iletişimin esas oyuncularını yönetim katmanı birimleridir. Bu birimler kendi aralarında bölüm 8.6.3'de anlatılan MMP ile bilgi alış-verişinde bulunurlar. R₄ dikey ilişkisi, MMP tarafından ortaya konulan Mesaj PDU'larını kapsülleme ve çıkarma işlemlerini gerçekleştirir. Ayrıca yönetim katmanında bulunan MU'lar için iletişim katmanındaki birimlerin nasıl hizmet vereceklerini de ortaya koyar.

Dikey ilişkilerdeki temel işlemlerden birisi de yatay ilişkilerde ortaya konulan PDU yapısı için kapsülleme yapmaktır. Öncelikle yönetim katmanı, gönderilecek herhangi bir mesaj olduğunda, bunu hazırlayarak alt katmandaki birimden iletmesini ister. Bu da R₄ ilişkisinin yönetim katmanında bir mesaj kapsülleme işlemi yapması gerekliliğini açıkça ortaya koyar. O zaman ilişki kapsamında bu işlemi gerçekleştirecek bir fonksiyon olmalıdır. R₄ ilişkisi içerisinde bu işlemi, geliştirilen *create_Message()* fonksiyonu gerçekleştirir. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.38'deki gibidir.

```
function create_Message(Activity, Command_Data, RNo, Return){}
```

Şekil 8.38 : R₄ ilişkisi için geliştirilen create_Message() fonksiyonu

Fonksiyon içerisindeki *Activity* parametresi mesaj aktivite bitlerini belirtir. *Command_Data* ise gönderilecek mesajın komutunu içerir. Bu komut süreç ve isteğe göre değişiklik gösterir. *RNo* parametresi gönderilecek mesajın ilişkili olduğu mesaj numarasını *Return* parametresi ise fonksiyonun sonucu ile ilgili durum bilgisini geri döndürür.

Oluşturulan mesaj paketlerinin gönderilmek üzere hizmet veren iletişim alt katmanına aktarılması gerekir. Bu işlemi R₄ ilişkisi içerisinde *send_Message()* fonksiyonu yerine getirir. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.39'da verilmiştir.

```
function send_Message(Message, Return){};
```

Şekil 8.39 : R₄ ilişkisi için geliştirilen send_Message() fonksiyonu

Fonksiyon içindeki *Message* parametresi gönderilecek mesajı barındırır. Fonksiyon içerisinde mesaj, kuyruk panosuna konulur ve işlem panosunda *have_send* değişkeni ayarlanır. *Return* parametresi ise fonksiyonun sonucu ile ilgili durum bilgisini geri dönderir.

MMP mesajlarının hazırlanması ve gönderilmesi işlemleri yukarıdaki gibi yapılırken tersi durum yani gelen bir mesajın alınması ve işlenmesi için R_4 ilişkisi içerisinde birtakım fonksiyonlar gerçekleştirilmiştir. Hizmet veren iletişim alt katmanında mesaj olup olmadığı ve varsa bunların alınması için *read_Message()* fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.40’da verilmiştir.

```
function read_Message(rMessage,Return){};
```

Şekil 8.40 : R_4 ilişkisi için geliştirilen *read_Message()* fonksiyonu

Şekil 8.40’daki *read_Message()* fonksiyonu sürekli alt katman işlem panosundaki *have_message* mantıksal değişkenini gözler. Bu değişken 1’e ayarlanmış ise alt katmandan gelen bir mesaj olduğunu anlar ve kuyruktaki mesajı okuyarak *rMessage* parametresine aktarır. Daha sonra okunan mesaj doğruluk kontrolünden geçirilir. Eğer mesaj bu kontrolleri geçerse işlenmek üzere ilgili fonksiyona aktarılır. *Return* parametresi ise fonksiyonun sonucu ile ilgili durum bilgisini geri dönderir.

Uygunluğu test edilmiş mesajlar işlenmek üzere *process_Message()* fonksiyonuna aktarılır. Bu fonksiyon kendisine gelen mesajı açarak aktivite bitlerine bakar ve uygun işlem yöneticilerine aktarır. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.41’de verilmiştir.

```
function process_Message(rMessage,Return){};
```

Şekil 8.41 : R_4 ilişkisi için geliştirilen *process_Message()* fonksiyonu

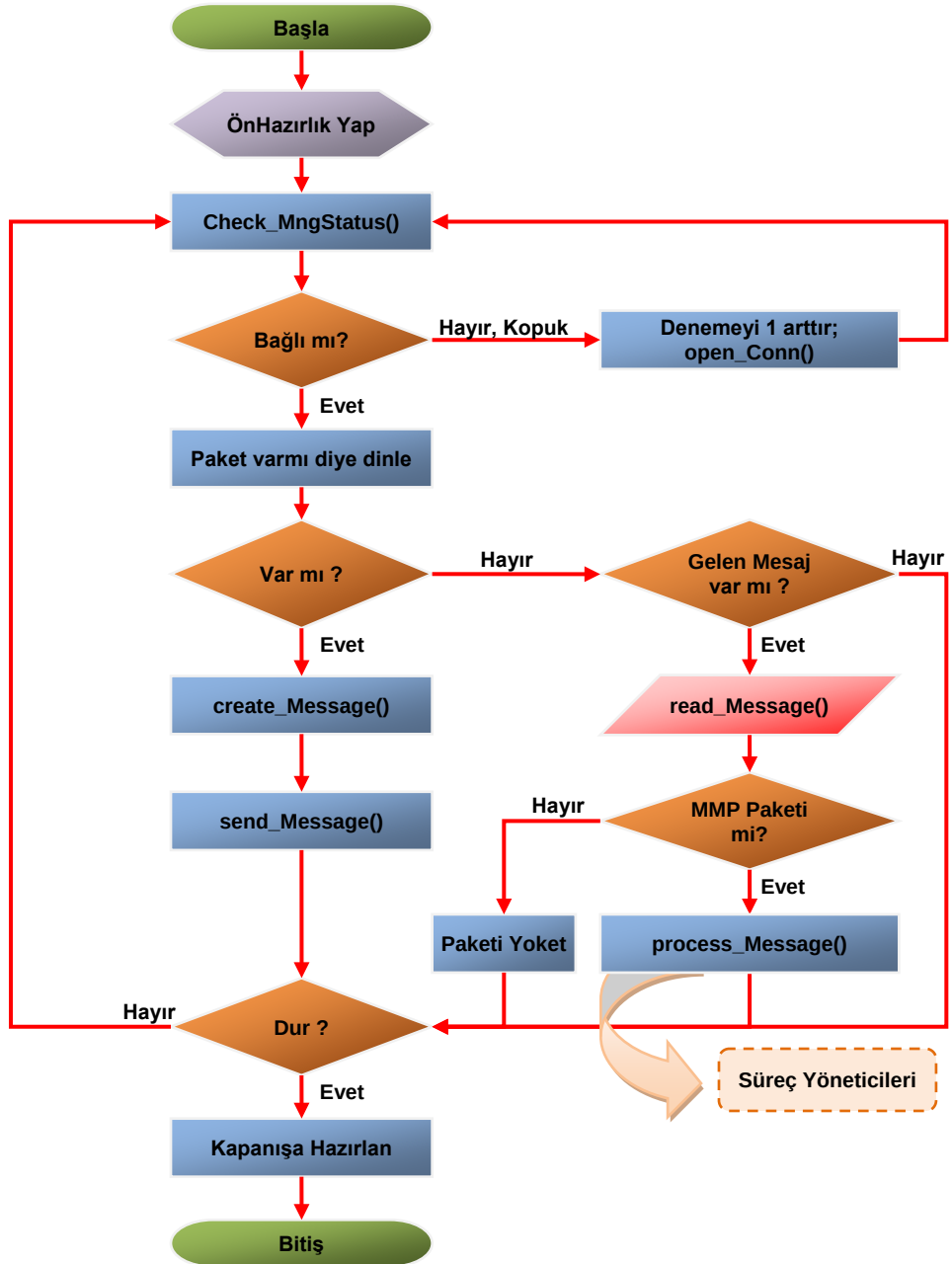
Fonksiyondaki *rMessage* parametresi gelen MMP mesajını içerir. *Return* parametresi de fonksiyonun sonucu ile ilgili durum bilgisini geri dönderir.

Son olarak R_4 ilişkisi içerisinde *check_MngStatus()* fonksiyonu vardır. Bu fonksiyon ilk dört fonksiyonun işlevselliği için gerekli parametrelerin set edilip edilmediğini kontrol eden alt fonksiyonlar içerir. Böylece yönetimsel süreçler ve gerekli diğer parametreler hakkında bilgi sahibi olunarak davranışlar ona göre şekillendirilir. Bu fonksiyonun temel yapısı ve parametreleri Şekil 8.42’de verilmiştir.

```
function check_MngStatus(Status,Return){};
```

Şekil 8.42 : R₄ ilişkisi için geliştirilen check_MngStatus() fonksiyonu

Şekil 8.42'deki *check_MngStatus()* fonksiyonun iki parametresi vardır. *Status* kontrol edilmek istenen parametreyi belirtirken *Return* değişkeni geri dönüş için kullanılır. *Return* değişkeninin 0 dan farklı olması durumunda hata söz konusudur. R₄ servis yapısı ve fonksiyonların birbirileri ile nasıl etkileştikleri Şekil 8.43'da gösterilmiştir.



Şekil 8.43 : R₄ fonksiyonlarının etkileşimi ve servis yapısı

8.7.3 R₆ dikey ilişkisi

Bu ilişki etkileşim katmanında bulunan DU ve yönetim katmanında bulunan MU birimleri arasındaki bilgi aktarımını ve iletişimini ortaya koyar. Bu tezde sunulan modele bakıldığında genellikle dikey ilişkilerin, hizmet alan üst katmandaki birimler arası yatay ilişkilerin gerçekleştirilmesi ve alt katmanda hizmet veren birimlerin yukarıya bilgi ve durum aktarımından oluştukları görülür. Öyleyse R₆ ilişkisi, etkileşim katmanında bulunan R₇ yatay ilişkisinin ortaya koyduğu kural ve formatları yerine getirmelidir. Ancak bölüm 8.6.4'te de anlatıldığı gibi bu çözüm yaklaşımında birebir bağımsız bir R₇ ilişkisi çözümü tanımlanmayıp bu ilişki için MMP çerçevesinde tanımlanan işlemsel süreç kuralları geçerli tutulmuştur. Başka bir deyişle MMP hem R₅ hemde R₇ ilişkilerini içeren karma bir protokoldür. R₇ ilişkisinin herhangi bir kural tanımlanmamasına karşın R₆ tarafından bunun gerçekleştirilmesi MMP protokolü içerisindeki işlemsel süreçlerine göre olmalıdır.

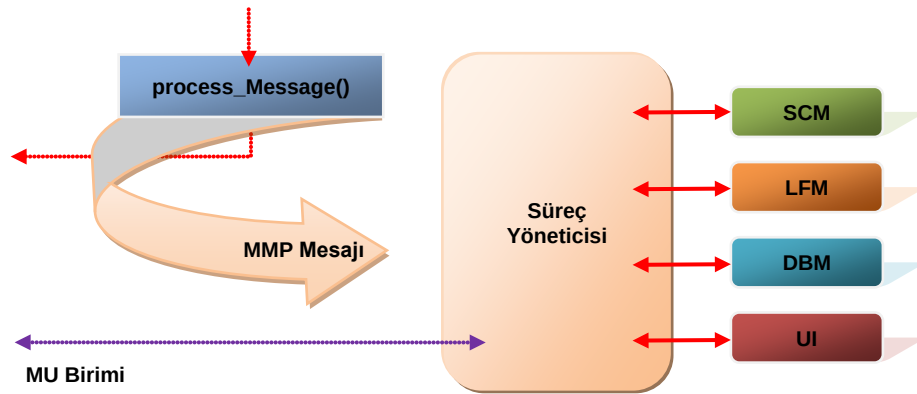
MMP'nin işlem süreçleri bölüm 8.6.3.2'de detayları ile açıklanmıştır. Buna göre 4 ana süreç ve her bir sürecin kendi içerisinde tanımlanmış komutları bulunmaktadır. R₆ ilişkisi bu komutların gerçekleştirilmesi için uygun metod ve fonksiyonlar sunar. Her komut mesaj içerisinde belirtilen aksiyon doğrultusunda kendisine verilen parametreleri işler veya kendisinden istenilen bilgileri getirir. Süreçler ve komutları bir anlamda DU'ların kendi aralarında ve MU'lar ile olan konuşma biçimidir.

Sonuç olarak Tablo 8.3'ten de görüleceği gibi süreçlerin toplam 15 komutu vardır. Yap ve getir aksiyonları için bu komutlar farklı davranacağından her komutun *set_komut* ve *get_komut* şeklinde 2 farklı türevi geliştirilmiştir. Bu durumda R₆ ilişkisi toplamda 30 komut içeren bir yapıya bürünür. Bu komutlar MU'ların gerek alt gerekse üst katmandaki birimleri yönetme, onlardan bilgi alma, bilgi verme ve eşdeğer katmalardaki diğer MU'lar ile haberleşmesi için kullanılır. Bu durum bir konuşma dilindeki kelime ve cümlelere benzetilebilir. MMP'nin bu çözüm yaklaşımı içerisinde R₆ ilişkisi kapsamında gerçekleştirilen süreç komutları Tablo 8.52'te gösterilmiştir.

Tablo 8.5 : R₆ ilişkisi kapsamında gerçekleştirilen MMP süreçleri ve komutları

Süreç	set_Komut ()	get_Komut ()
Veri	<i>set_data_Query()</i>	<i>get_data_Query()</i>
	<i>set_data_Value()</i>	<i>get_data_Value()</i>
	<i>set_data_Report()</i>	<i>get_data_Report()</i>
Bilgilendirme	<i>set_info_Person()</i>	<i>get_info_Person()</i>
	<i>set_info_Sensor()</i>	<i>get_info_Sensor()</i>
	<i>set_info_Node()</i>	<i>get_info_Node()</i>
Durum	<i>set_state_Active()</i>	<i>get_state_Active()</i>
	<i>set_state_Emergency()</i>	<i>get_state_Emergency()</i>
	<i>set_state_Triage()</i>	<i>get_state_Triage()</i>
İşlem	<i>set_proc_Register()</i>	<i>get_proc_Register()</i>
	<i>set_proc_Authenticate()</i>	<i>get_proc_Authenticate()</i>
	<i>set_proc_Session()</i>	<i>get_proc_Session()</i>
	<i>set_proc_Synchronize()</i>	<i>get_proc_Synchronize()</i>
	<i>set_proc_Encryption()</i>	<i>get_proc_Encryption()</i>
	<i>set_proc_Connection()</i>	<i>get_proc_Connection()</i>

İlgili katmansal birimlerde bu komutların anlaşılması ve eyleme dökülmesi için her süreç için bir “süreç yöneticisi” geliştirilmiştir. Süreç yöneticileri, bir çeşit tercüman görevi üstlenirler ve R₄ ilişkisi içerisinde tanımlı *process_Message()* fonksiyonu tarafından çözümlenerek gönderilen komutları yorumlayıp gereğini yapmak üzere ilgili birimlerce işlenmesini sağlarlar. Süreç yöneticilerinin genel işleyişi Şekil 8.44’de gösterilmiştir.



Şekil 8.44 : İşlem yöneticilerinin genel işleyiş şeması


```
set_data_value(sensor, 3, ins, 8, 2009060112454589)
```

Şekil 8.47 : Örnek MMP mesajının komuta dönüşmüş şekli

Sonuç olarak Şekil 8.47’de gösterilen mesajdaki komutun: **3** nolu sensörden gelen ve **01.06.2009** tarihinde, saat **12:45:45:89**’da ölçülen **8** bilgisinin veritabanına kaydedilmesi olduğu anlaşılır.

8.7.4 R_8 dikey ilişkisi

R_8 ilişkisi, bir önceki bölümde Şekil 7.9’da gösterildiği ve Tablo 7.2’de de verildiği üzere, diğer uygulamaların bu modele dayalı çözümlerle entegrasyonu veya kişilerin doğrudan etkileşimi içindir. Dolayısı ile bu ilişkinin varlığı ve işlevi, entegre edilecek uygulamalara ve kişilere göre farklılık gösterebilir. Bu nedenle bu ilişkinin kesin tanımlanmış kural veya fonksiyonları yoktur. Çünkü entegre edilecek her uygulama, kendi bünyesindeki kural ve yaklaşımları ile bu ilişkiye şekil verir.

Bu çözüm yaklaşımında da R_8 ilişkisi için herhangi bir tanımlama söz konusu olmayıp bu ilişki yapılan gerçekleştirmenin kendi doğası içerisinde şekillenecektir.

9 WİMAX AĞLARI ÜZERİNDEN WEB TABANLI BİYOTELEMETRİ UYGULAMASI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

9.1 Giriş

Bölüm 7’de bu tezin amacı olan biyotelemetri uygulamaları için yeni bir model geliştirilmiş ve geliştirilen bu modelin temel ilke ve işleyişleri anlatılmış ve böylece biyotelemetri uygulamalarında kullanılabilecek yeni ve esnek bir çözüm yaklaşımı ortaya konulmuştur. Bölüm 8’de ise önerilen modele dayalı çözüm yaklaşımı sergilenmiş ve model içerisindeki kavramsal birim ve ilişkilerin nasıl olması gerektiği detayları ile ortaya konulmuştur. Böylece hem bu bölümde anlatılacak konulara dayanak oluşturulmuş hem de okuyucular tarafından bu bölümde anlatılacak olan modele dayalı çözüm ve protokol tasarımlarının uygulamasının daha iyi anlaşılabilmesi sağlanmıştır.

Tez çalışmasının bu aşamasında, tezin son amacı olan web tabanlı biyotelemetri uygulamasının gerçekleştirilmesi ele alınacaktır. Öncelikle çözüm yaklaşımında ortaya konulan katmansal birimler ve protokolleri kullanılarak nasıl gerçekleştirileceklerine dair bilgiler verilecek ve daha sonra bunların gerçekleştirilmesi için kullanılan araç ve platformların tanıtımı yapılacaktır. Son olarak uygulamanın gerçekleştirilmesi konusu anlatılacaktır. Bu bölümde değinilen konu başlıkları Şekil 9.1’de gösterilmiştir.

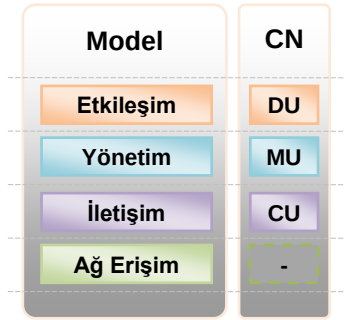


Şekil 9.1 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için anlatılan konu başlıkları

9.2 Modele Dayalı Çözüm Yaklaşımındaki Katmansal Birimlerin Gerçekleştirilmesi

Bu tez çalışmasında geliştirilen model ve modele dayalı çözüm yaklaşımında medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamaları için yeni bazı kavramlar ve protokoller geliştirilmiştir. Geliştirilen bu kavram ve protokollerin biyotelemetrik uygulamalarda kullanılması için öncelikli olarak ilgili kavramların nasıl gerçekleştirileceği ortaya konulacaktır. Bu kavramların gerçekleştirilmesi özel tasarlanmış fiziki donanımlar şeklinde olabileceği gibi, piyasa koşullarında mevcut uygun fiziki donanımlar üzerine yazılımsal gerçekleştirmeler de olabilir. Bu tez çalışmasında, mevcut donanımsal ürünler üzerine geliştirilen yazılımsal modüller aracılığı ile gerçekleştirme yapılmıştır.

Modele dayalı çözüm yaklaşımı incelendiğinde bölüm 8.5'te de anlatıldığı gibi katmansal birimler tanımlanmış ve çözüm yaklaşımında uç noktaları oluşturan hasta, istemci ve merkezi yönetim için $CN=CU+MU+DU$ gerçekleştirilmesi varsayılmıştır. Bu varsayıma dayanarak uygulama içerisindeki her bir CN'nin en az bir CU, MU ve DU birimini barındırması gerektiği sonucu çıkarılır. Bu durum Şekil 9.2'de gösterilmiştir.



Şekil 9.2 : CN için modüler çözüm yaklaşımı

Uygulama içerisinde gerçekleştirecek olan ilk unsurlar; hasta, istemci ve merkezi yönetim olmalıdır. Bunlar uygulama içerisindeki uç noktaları, yani CN'leri teşkil eder. Çözüm yaklaşımı içerisinde hasta, istemci ve merkezi yönetim farklı amaç ve görevler üstlenebilir. Bu nedenle bunların gerçekleştirilmesi noktasında birbirlerinden farklı yapılar sergileyecekleri açıkça ortada olup her bir uç Şekil 8.4'te gösterilen birimlerinin çözümdeki modüler karşılıklarının uygun olanları bir araya getirilerek oluşturulur. Oluşturulan bu birimler daha sonra uygulama aşamasında gerçekleştirilecektir. Hasta, istemci ve merkezi yönetim için katmansal modüller kullanılarak elde edilen uygulama yapıları, sırasıyla alt başlıklarda ele alınmıştır.

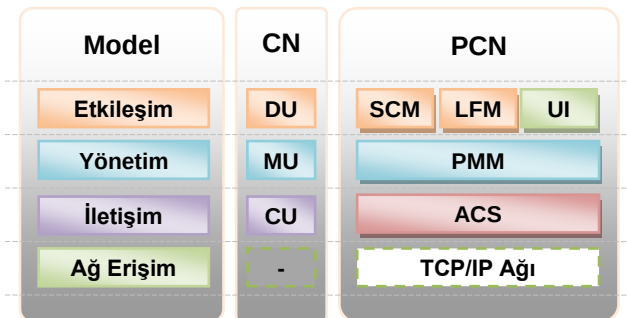
9.2.1 Hasta Uygulaması için Modüler Yapı (PCN)

Biyotelemetri uygulamaları için bu tezde geliştirilen modele dayalı çözüm yaklaşımında hasta, sistemin merkezini oluşturmakta ve sistem hasta merkezli olarak gelişmektedir. Hasta ile ilgili kavramsal açıklamalar ve medikal ağ içerisindeki rolü bölüm 8.4.1’de anlatılmıştır. Biyotelemetri uygulamaları daha önce de belirtildiği üzere hasta üzerindeki yaşamsal bilgilerin uzak bir noktadan gözlenmesi esasına dayanır. Bu düşünceden hareketle hasta üzerinde yaşamsal bilgileri ölçen bir modülün olması gerektiği sonucuna varılır. Bunun için bu tez çalışmasında modele dayalı çözüm yaklaşımında SCM modülü kullanılmıştır. Böylece hasta üzerindeki yaşamsal bilgileri ölçme noktasındaki problem çözülmüştür. $CN=CU+MU+DU$ denkleminde SCM modülü DU türünde bir modüldür. Hasta üzerinde birden fazla ölçüm yapabilen tek bir SCM uygulama için düşünülmüştür. Öte yandan hastanın konumsal bilgilerinin tespiti edilmesi için bir LFM ve yine hasta ile geliştirilen uygulamanın etkileşimi için bir UI modülü kullanılmıştır.

Modele dayalı çözüm yaklaşımı gereği olarak yönetim katmanında çalışan, DU’ların ve diğer birimlerin yönetilmesi, ağ içerisindeki iletişimin kotarılması için bir yönetim modülüne ihtiyaç vardır. Bunun için de PMM modülü kullanılmıştır.

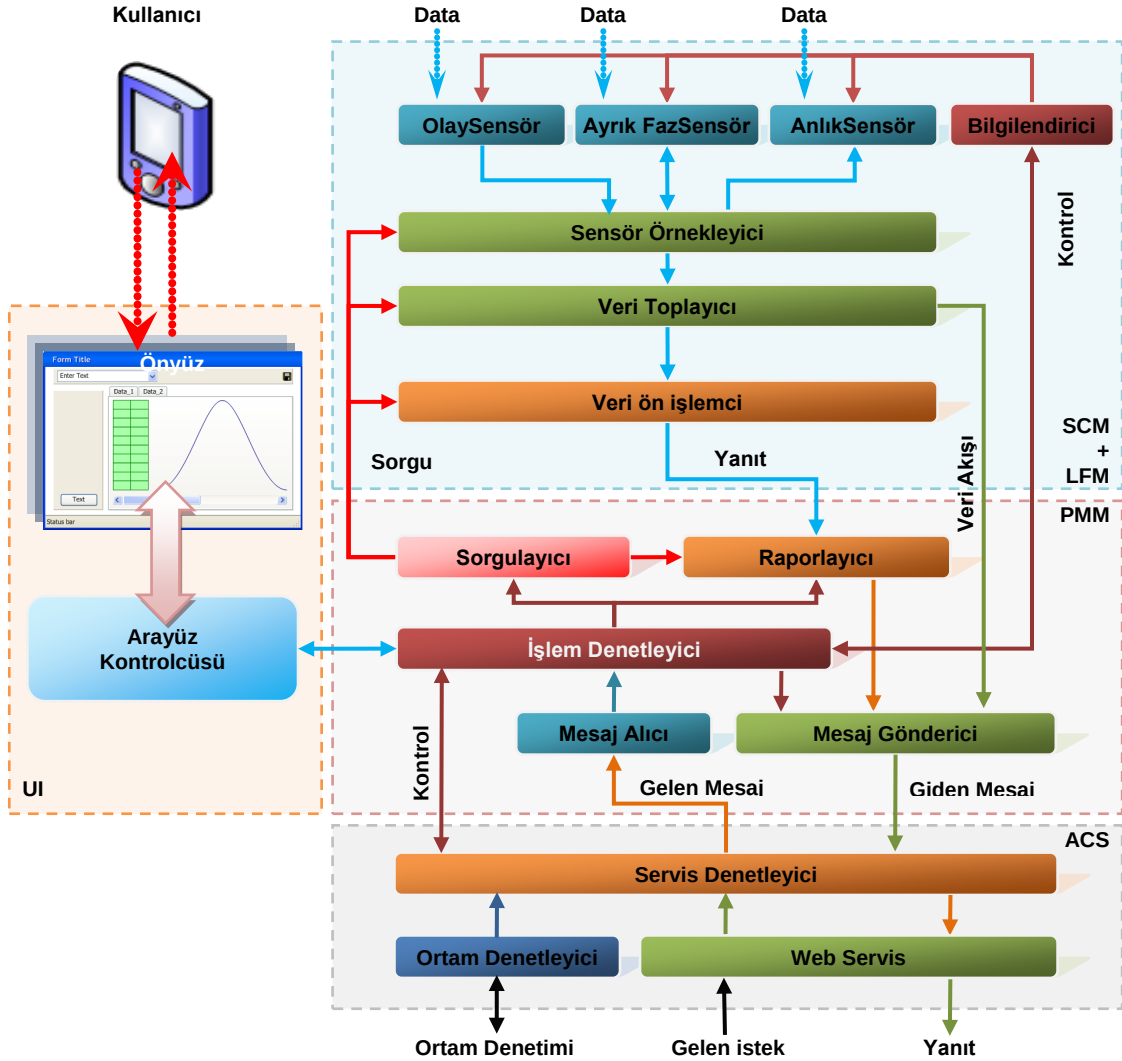
İletişim katmanında hasta üzerindeki çalışma modlarına göre MCM veya ACS modülleri kullanılır. Bu tez çalışmasında web tabanlı bir uygulama gerçekleştirildiğinden ACS modülü tercih edilmiştir. Bu modülün tanımı ve işleyişi bölüm 8.5.9’da anlatılmış olup web tabanlı uygulamalar için en uygun seçimdir.

Bu tez uygulamasının merkezinde bulunan hasta için gerekli bileşenler yukarıdaki gibi seçilmiş olup hasta iletişim modülü yani PCN’nin yapısı: $PCN=ACS+PMM+SCM+LFM+UI$ şeklindedir. PCN uygulamasının gerçekleştirilmesi bu esasa dayanarak yapılmıştır. Buradaki sistem modüler bir yapıdadır ve her bir modülün açıklaması bölüm 8’deki modele dayalı çözüm yaklaşımı konuları içerisinde detaylıca ele alınmıştır. PCN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri Şekil 9.3’te gösterilmiştir.



Şekil 9.3 : PCN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri

Şekil 9.3'te de görüleceği üzere gerçekleştirilen modül sayısı: üçü etkileşim, biri yönetim ve biri de iletişim katmanında toplam beştir. SCM ve LFM modülleri aslında gerçekleştirme olarak tamamen aynı olup sadece sürücü noktasında birbirinden ayrılmaktadırlar. Dolayısıyla gerçekleştirme yapılırken bu iki modül tek modül çatısı altında birleştirilmiştir. Bu tezde geliştirilen çözüm yaklaşımı baz alınarak gerçekleştirilen PCN'nin genel yapısı Şekil 9.4'te gösterilmiştir.

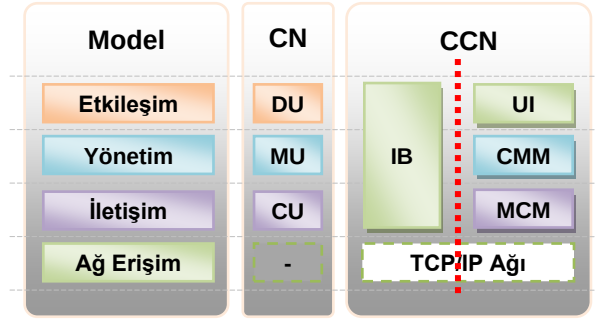


Şekil 9.4 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için PCN genel yapısı

PCN web tabanlı gerçekleştirildiğinden web üzerindeki herhangi bir internet tarayıcısı kullanan kişi PCN'e erişebilir ve yetkileri dahilinde sorgulama veya gözlem yapabilir. Ayrıca Şekil 9.4'te de görüldüğü gibi PCN'i kullanan kişi isterse UI aracılığı ile PCN ile doğrudan iletişime geçer, gerekli parametre ve bilgileri girer.

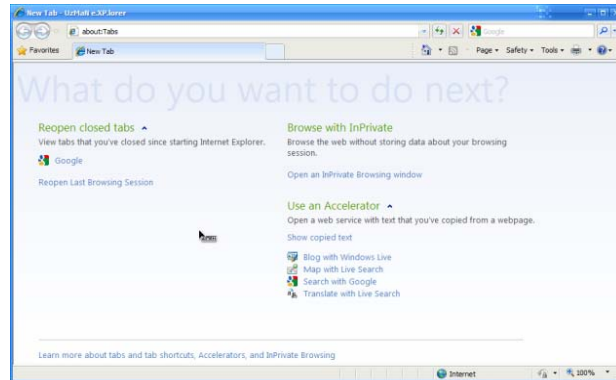
9.2.2 İstemci Uygulaması için Modüler Yapı (CCN)

İstemcilerin uygulama içerisindeki gerçekleştirilmesi bölüm 9.2.1’de anlatılan PCN gerçekleştirilmesine benzer olarak $CN=CU+MU+DU$ esasına dayanarak yapılmış ancak istemci uçlar $CCN=IB$ ve $CCN=MCM+CMM+UI$ olarak iki farklı şekilde ele alınmıştır. Kullanılan birimlerin geliştirilen çözüm yaklaşımı içerisindeki karşılıkları Şekil 9.5’de gösterilmiştir.



Şekil 9.5 : CCN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri

İstemci uygulamasının ilki $CCN=IB$ gerçekleştirilmesidir. Bu gerçekleştirme, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen bir uygulama olmayıp, IB modülü kavramsalıdır. Bölüm 8.5.10’da detayları açıklanan bu modül özellikle bu tez çalışmasında gerçekleştirilen web tabanlı biyo telemetri uygulamalarının TCP/IP tabanlı diğer sistemlerle birlikte çalışabilirliği garanti etmektedir. Kısaca IB modülü bir internet tarayıcıdır ve internet uyumlu herhangi bir tarayıcı program IB modülü olarak rahatlıkla kullanılabilir. Böylece sistemin esnek ve genişleyebilir olmasına katkı sağlar. Tez çalışmasında Şekil 9.6’da gösterilen Microsoft Internet Explorer [135] ve Şekil 9.7’de gösterilen Mozilla Firefox [136] internet tarayıcıları örnek olarak alınmıştır.

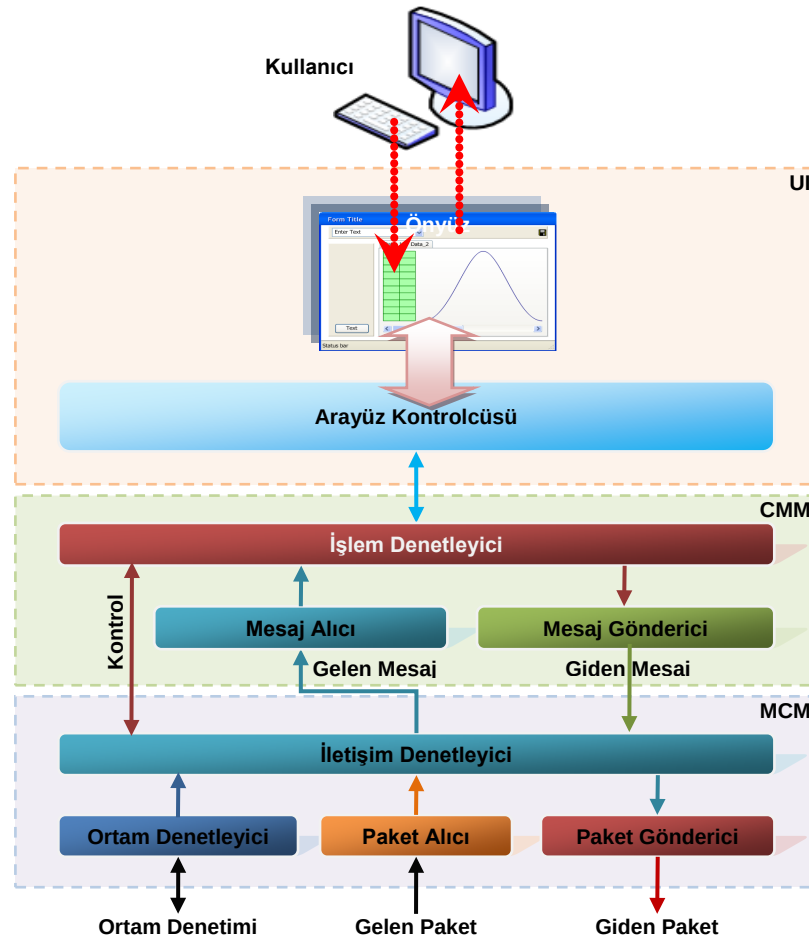


Şekil 9.6 : Microsoft Internet Explorer tarayıcısı örnek ekran görüntüsü



Şekil 9.7 : Mozilla Firefox tarayıcısı örnek ekran görüntüsü

İstemci uygulamasının ikincisi $CCN = MCM + CMM + UI$ olarak gerçekleştirilmiştir. UI modülü aracılığı ile kullanıcılardan gelen istekleri CMM'ye iletir ve CMM gerekli yetki ve yeterlilikler dahilinde bu istekleri yerine getirir. CMM gerektiğinde MCM üzerinden diğer PCN ve ACN uçlara haberleşebilmektedir. $CCN = MCM + CMM + UI$ uygulamasının modüler yapısı ve modüller arasındaki ilişkisel bağlantılar Şekil 9.8'de gösterilmiştir.

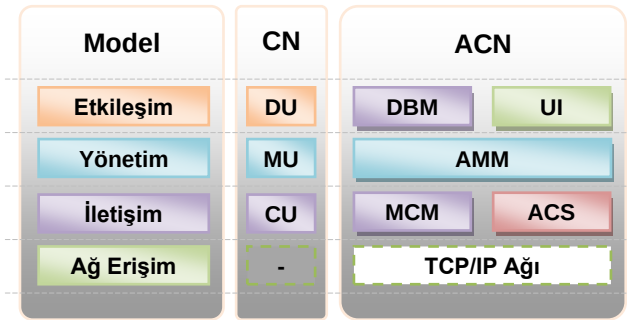


Şekil 9.8 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için CCN genel yapısı

9.2.3 Merkezi Yönetim Uygulaması için Modüler Yapı (ACN)

Merkezi yönetimin tanımı, ağ içerisindeki rolü ve işleyişi bölüm 8.4.3'te detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Gerçekleştirilmesi bu tez çalışması içerisinde yapılan en karmaşık uygulamadır. Uygulama, PCN'lerin gönderdiği dataları veritabanına kaydetmekle beraber aynı zamanda ağ içerisindeki CCN'lerden gelen sorgulama ve bağlantılar için de hizmet vermektedir. Merkezi yönetim, iletişim katmanındaki MCM ve ACS modüllerinin ikisini de barındırmaktadır. Çünkü ACN ağın temel hizmet veren düğümüdür. Ayrıca uygulamadaki ağın yöneticisi konumunda olduğundan tüm biçimsel iletişimlere tanıma zorunluluğu da vardır. Bu tezin uygulamasında yapılan gerçekleştirmede ACN, iletişim katmanı modüllerinin tümünü bünyesinde barındırmaktadır.

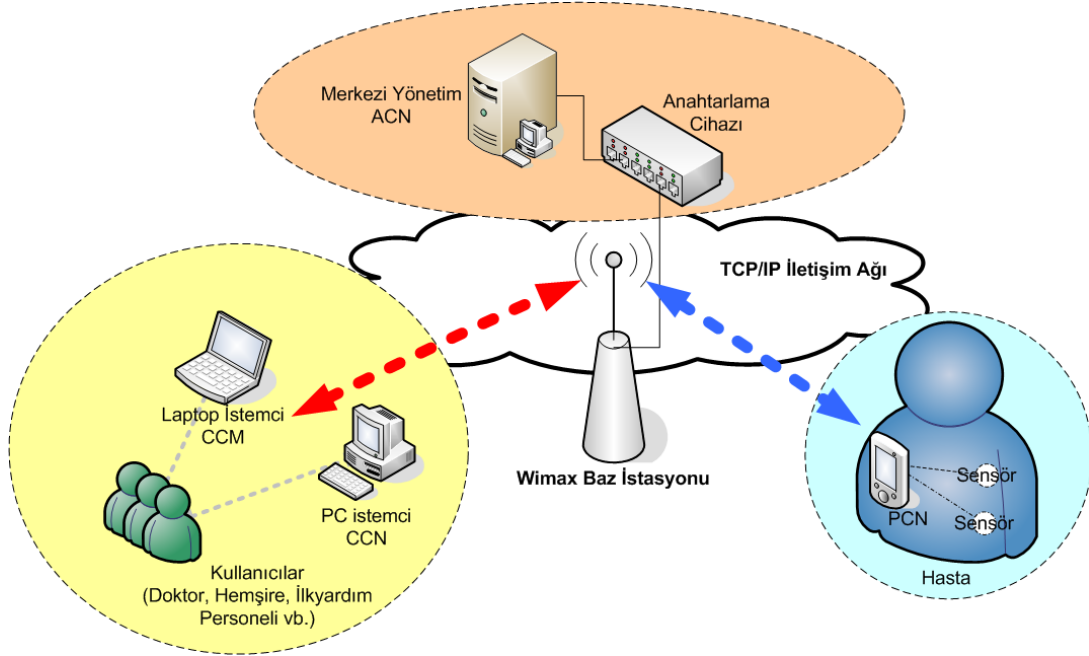
Bu tez çalışmasında merkezi yönetimin gerçekleştirilmesi $CN=CU+MU+DU$ esasına dayanarak $ACN=MCM+ACS+AMM+DBM+UI$ şeklinde yapılmıştır. Kullanılan birimlerin geliştirilen çözüm yaklaşımı içerisindeki karşılıkları Şekil 9.9'da görüldüğü gibidir.



Şekil 9.9 : ACN için modüler çözüm uygulaması ve katmansal birimleri

Merkezi yönetimi yetkili yöneticiler kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Yönetici kişi UI üzerinden ACN ile etkileşime girer, istek ve taleplerini bu arabirim üzerinden AMM'e iletir. Bunu dışında merkezi yönetimin dışında bağımsız olan ancak merkezi yönetimin işleyişi için gerekli olan bir veritabanı yönetim sistemi (DBMS) kullanılmıştır. DBMS PCN'lerden gelen sensör bilgilerini, ağdaki kullanıcı bilgilerini, sisteme giriş ve yetkilendirme bilgilerini barındıran bir veritabanı içerir. DBMS ile beraber uygulaması gerçekleştirilen ACN'nin modüler yapısı ve modüller arasındaki ilişkisel bağlantılar Şekil 9.10'de görülmektedir.

Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için bu tez çalışmasında oluşturulan medikal ağ ortamı Şekil 9.11’de gösterilmiştir.



Şekil 9.11 : Web tabanlı biyotelemetri uygulaması için erişim ortamı

9.3 Kullanılan Araç ve Platformlar

Bu tez çalışmasında web tabanlı biyotelemetri uygulamasının gerçekleştirilebilmesi için kullanılan araçları iki kısma ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Donanımsal Ekipmanlar
- Yazılım Geliştirme Araçları

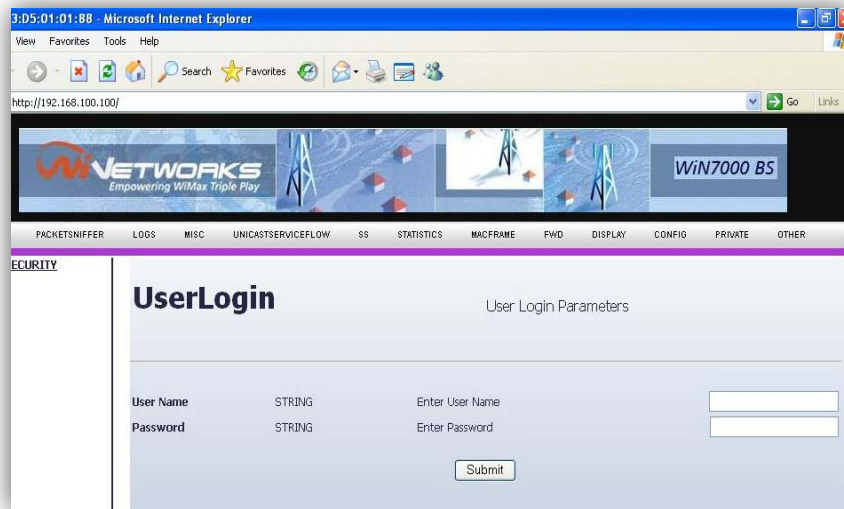
9.3.1 Donanımsal Ekipmanlar

Donanımsal ekipmanlar uygulamanın gerçekleştirilmesindeki fiziki iletişim ortamında ve uç cihazlarında kullanılmıştır. Öncelikli olarak uç cihazlarının haberleşebilmesi için gerekli olan fiziksel iletişim ağı oluşturulmuştur. Bunun için bölüm 9.2.4’de anlatılan Wimax tabanlı bir TCP/IP ağı oluşturulmuştur. Ağ içerisinde bir adet WiNetworks [141] firmasına ait WiN7000 serisi kompakt baz istasyonu kullanılmıştır. WiMAX baz istasyonuna ait teknik bilgiler Ek-1’de verilmiş olup Şekil 9.12’de cihazın örnek bir resmi ve sahaya monte edilmiş hali verilmiştir.



Şekil 9.12 : WiNetworks WiN7000 serisi baz istasyonu ve sahaya monte edilmiş halini

WiN7000 baz istasyonu medikal ağı kablosuz erişim noktasını oluşturmuştur. Böylece PCN ve CCN cihazlarının kablosuz olarak medikal ağına bağlanmaları sağlanmıştır. Yapılan uygulamada baz istasyonunun gerekli ayarlamaları cihazın web arayüzünden gerçekleştirilmiştir. Cihazın konfigürasyonu esnasında alınan örnek bir resim Şekil 9.13'te gösterilmiştir.



Şekil 9.13 : WiN7000 baz istasyonu için kullanıcı web arayüzü

PCN ve CCN cihazlarının WiMAX baz istasyonuna bağlanabilmeleri için wimax destekli cihazlar araştırılmış ancak WiMAX teknolojisinin uygulamada yeni olması nedeniyle, doğrudan bünyesinde wimax desteği sunan cihazlar temin edilememiştir. Çözüm olarak üreticilerin sunduğu USB ve PCMCIA arabirimli Mobil WiMAX kartlar kullanılmıştır. PCN ve CCN cihazları için AWB [142] firmasına ait PC200 WiMAX 802.16e PCMCIA kart ve US210 WiMAX 802.16e USB adaptör kullanılmıştır. Bu cihazlar hakkındaki teknik bilgiler Ek-2 ve Ek-3'te verilmiş olup sırasıyla bu cihazlara ait örnek resimler Şekil 9.14'de gösterilmiştir.



Şekil 9.14 : AWB PC200 WiMAX PCMCIA kart ve US210 WiMAX USB adaptör

PCN ve CCN için yapılan uygulama çalışmalarında HP firmasına ait PDA ve dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. WiMAX PCMCIA kart ve USB adaptörler bu cihazlarda kullanılarak bunların oluşturulan kablosuz WiMAX ortamından ACN ile haberleşmeleri sağlanmıştır.

ACN cihazının uygulaması için üzerinde gerekli servis ve programları koşturabilen yeterlikte ve sunucu olarakta kullanılan bir iş istasyonu tercih edilmiştir. ACN cihazı ve WiMAX baz istasyonun bağlantısı bir ağ anahtarlama cihazı (network switch) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ağ anahtarlama cihazı 100Mbps hızında portlara sahip herhangi bir ekstra özelliği olmayan normal bir anahtarlama cihazıdır. Bu uygulamada HP firmasına ait HP ProCurve 2626 modeli anahtarlama cihazı [145] kullanılmıştır.

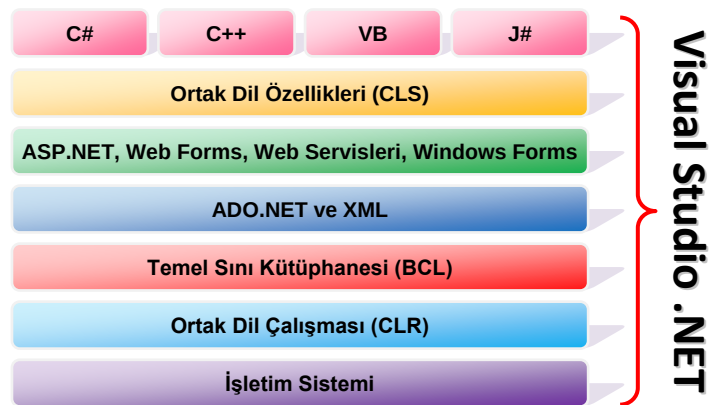
9.3.2 Yazılım Geliştirme Araçları

Uygulamada fiziksel donanımların üzerine her bir uç cihazı için bu tez boyunca anlatılan fonksiyon ve işlevleri yerine getirecek ve detayları bölüm 9.2 ve alt başlıklarında anlatılan yazılımlar geliştirilmiştir. Bu yazılımların geliştirilmesi aşamasında kullanılan yazılım geliştirme araçlarını ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Uygulama ve web servis geliştirme programları
- Web sayfası geliştirme araç ve platformları

Uygulama ve web servislerinin geliştirilmesinde .NET platformu, Visual Studio .NET, Windows Mobile ve Delphi .NET kullanılmıştır. .NET Platformu, Microsoft firması tarafından 2002 yılında piyasaya sürülen, bir iş stratejisi olması yanında geliştiricilere yönelik birçok teknolojiyi kendi içinde barındıran bir platformdur. Bu platformun ana amacı, işletme sahipleri ve geliştiricilerin, diğer Microsoft ürünleri ile mükemmel bir uyumluluk içinde kendi yazılımlarını, cihazlarını ve diğer bilgi sistemleri işlemlerini hızlı ve verimli bir şekilde Web, Windows ve Mobil ortamlarda geliştirmelerini amaçlamaktadır. Bu platform içinde sunucular, servisler, web tabanlı veri depolama sistemleri ve cihaz yazılımları bulunduğu gibi, Web-Servisleri, Click-Once ve benzeri yeni teknolojileri de tam destek sağlamaktadır [131,143].

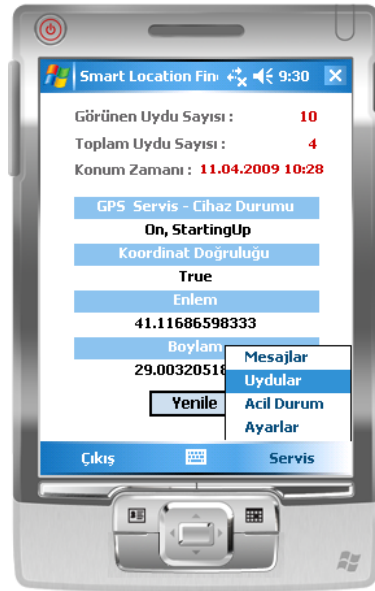
.NET platformunun en önemli bileşeni .NET Framework'tür. .NET Framework, yeni nesil uygulama ve XML web servislerinin çalışmasını ve yazılmasını sağlayan bütünleyici bir windows bileşenidir. .NET Framework, iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar CLR (Common Language Runtime) ve .NET Framework sınıf kütüphaneleridir. CLR bileşenini, kodun çalışma süresinde devreye giren, bellek yönetimi, iş yönetimi ve yönlendirme gibi çekirdek işlevlerini yerine getiren diğer bir yandan güvenli ve sağlam tip güvenli kodlar yazılmasını zorlayan bir araç olarak görülebilir. .NET Framework, program geliştirme aşamasında konsol, GUI (Graphical User Interface) uygulamaları, ASP.NET teknolojisi ile web sayfaları ve web servisleri yapımında kullanılan, geniş kapsamlı ve nesne tabanlı sınıflardan oluşan bir sınıf kütüphanesine sahiptir [131,144]. .NET Framework'ün yapısı Şekil 9.15'te gösterilmiştir.



Şekil 9.15 : .NET Framework'ün yapısı

Tez çalışmasının uygulama geliştirme aşamasında kullanılan bir diğer yazılım geliştirme platformu da Windows Mobile'dır. Bu platform Microsoft firması tarafından PDA ve

akıllı telefonlar için Windows CE işletim sistemi çekirdeği temel alınarak geliştirilmiş bir işletim sistemidir. Bu işletim sisteminin en büyük özelliği ise .NET Compact Framework ile .NET platformunun geliştiricilere sunduğu programlanabilir alt yapıdır. Windows Mobile platformu kullanılarak, bu işletim sistemini kullanan tüm mobil cihazlar için programlar yazılabilir. Geliştiricilere yönelik yazılan pek çok sınıf kütüphanesi sayesinde geniş yelpazede bir programlama desteği sunar. Ayrıca mobil uygulamalarda GPS kullanımı için hazırlanmış kütüphanelerin tamamı geliştiricilere sunulmuştur. Bunun yanında .NET platformu geliştirme aracı Visual Studio .NET'in Compact Framework ile birlikte çalışabilirliği ve Şekil 9.16'da görülen akıllı telefon emülatörlerinin geliştiricilere sunduğu bu olanak mobil platformu .NET geliştiricileri için cazibeli bir platform durumuna getirmektedir.



Şekil 9.16 : PDA simülatörü üzerinde geliştirilmiş örnek bir uygulama görüntüsü [131]

Bu tez çalışmasında PDA cihazlarının PCN olarak gerçekleştirilmesi için Windows Mobile platformundan faydalanılmıştır. Gerçekleştirme yapılırken Şekil 9.16'da görülen emülatör kullanılmıştır. PCMCIA wimax kartı takılı bir dizüstü bilgisayarda PDA emülatör kullanılarak geliştirilen programın denemeleri yapılmıştır.

Web sayfalarının geliştirilmesi için bu tez çalışmasında ASP.NET ve AJAX web teknolojileri kullanılmış olup sayfaların tasarımında HTML, ASP ve ASPX kullanılmıştır. Geliştirilen web sayfalarının yayınlanmasında ise Microsoft firmasının Internet Information Server (IIS) programı kullanılmıştır.

Uygulama geliştirmenin ACN tarafındaki program ve yazılım geliştirme aşamalarında veritabanı yönetim sistemi (DBMS) olarak Microsoft SQL Server kullanılmış olup arayüz geliştirme aşamaları için de Delphi uygulama geliştirme aracından faydalanılmıştır.

10 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

10.1 Giriş

Bu bölümde, tez çalışması boyunca ele alınan konular sonucu gelinen nokta ve tez çalışmasının literatürdeki benzer çalışmalarla bir karşılaştırmasının yapılarak, benzerlik ve farklarının ortaya konulması konuları ele alınmış ve son olarak ileriye yönelik düşünce ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

10.2 Çalışmada Ele Alınan Konular ve Geline Nokta

Bu tez çalışmasında; bilimsel açıdan medikal ağlar ve biyotelemetri uygulamalarına referans olabilecek bir iletişim uygulama modeli ve buna yönelik olarak, sistemler arası haberleşme için etkin bir protokol kümesinin tasarımı amaçlanmıştır. Ayrıca bu amaca bağlı olarak yeni ve gelişmiş bir kablosuz teknoloji olan WiMAX ağlarını kullanarak web tabanlı bir biyotelemetri sisteminin gerçekleştirilmesi de yine tezin hedefleri arasında yer almıştır.

Ortaya konulan amaçlar doğrultusunda biyotelemetri uygulamaları için yeni bir uygulama modeli geliştirilmiş ve modelin esasları ortaya konulmuştur. Modelin geliştirilme sebepleri açıklanarak, neden böyle bir modele ihtiyaç duyulduğu konusunun daha net anlaşılması sağlanmıştır. Daha sonra ortaya konulan yeni modelin temel kavram ve ilkeleri tartışılmış, geliştirilen kavramsal yapılar ve bunlar arasındaki bilgi akış ve kontrol ilişkilerinin nasıl olduğu açık ve detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

Model önerisinden sonra, önerilen yeni modele dayalı çözüm yaklaşımının nasıl olacağı açıklanmış ve modelin tanımladığı gözlenen, gözlemci ve merkezi yönetim kavramlarıyla tüm temel birim ve ilişkiler çözüm yaklaşımı ile özelleştirilerek, CU, MU ve DU katmansal birimlerin modülleri, bu modüllerin iç yapısı, modelin tanımladığı ilişkiler ve bu ilişkileri sağlayan MCP ve MMP protokolleri tasarlanmış, bunların iç işleyişleri ve PDU yapıları ayrıntıları ortaya konulmuştur.

Son olarakta çözüm yaklaşımına dayanarak bir web tabanlı biyotelemetri uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamada bir hastanın yaşamsal verileri simüle edilerek bu bilgilerin bir merkez aktarılması burada saklanması ve istemciler tarafından gözlenmesi sağlanmıştır. İletişim teknolojisi olarak, özellikle son yıllarda performansı ve kapsama alanıyla benzerlerine göre daha üstün özelliklerde olan WiMAX kablosuz ağları kullanılmıştır. Oluşturulan medikal ağın bu WiMAX yapısı üzerinden çalışması sağlanmıştır.

10.3 Geliştirilen Uygulamanın Literatürdeki Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması

Bu tez çalışmasında geliştirilen fikir ve uygulamalar, AMON [9], SMART [10], CodeBlue [11], UbiMon [12], PPMIM [13], MobiCare [17], AGnES [18], Bi-Fi [20], Alarm-Net [22] ve AID-N [23] gibi literatürde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmış ve karşılaştırma sonuçları Tablo 10.1’de gösterilmiştir.

Tablo 10.1 : Literatürdeki benzer çalışmaların karşılaştırılması

	İletişim Modeli Önerisi (Servis, Protokol)	Çözüm Mimari Yapısı	İletişim Platformu	Teknoloji	Özel Donanım Tasarımı	Yazılım Tasarımı	Konumlama	Güvenlik	Medikal İletişim	Uygulama
AMON	Yok	Var	GSM	GPRS	Var	Var	?	?	HM	Var
SMART	?	Var	TCP/IP	Wi-Fi	Yok	Var	IPS	?	DM	Var
CodeBlue	Var	Var	Özel	Wi-Fi	Var	Var	IPS	Var	Karma	Var
UbiMon	?	Var	Karma	Wi-Fi GPRS	Yok	Var	?	?	Karma	Var
PPMIM	?	Var	GSM	GPRS	Var	Var	?	Var	HM	Var
MobiCare	?	Var	GSM	GPRS	Yok	Var	?	?	DM	Yok
AGnES	Yok	Var	TCP/IP	Wi-Fi WiMAX	Yok	Var	GPS	Var	HM	Var
Bi-Fi	Yok	Var	Özel	ZiBee	Var	Var	?	?	Karma	Var
AlarmNet	Var	Var	Sensor Network	ZigBee	Var	Var	IPS	Var	HM	Var
AID_N	Yok	Var	Sensor Network	ZigBee	Yok	Var	IPS GPS	?	HM	Var
Bu Çalışma (MCNet)	Var	Var	TCP/IP	WiMAX	Yok	Var	GPS	Var	Karma	Var

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde biyotelemetri uygulamaları ve medikal ağlar için genel bir yaklaşım sergileyen modellerle karşılaşılmamıştır. Her çalışma, genellikle kendisine has çözümler ve yaklaşımlar sergilemiştir. CodeBlue ve AlarmNET çalışmalarında genel bir mimari yaklaşım sergilenmiştir. Ancak diğerlerinden farklı olarak bu çalışmada, ortaya konulan model ve çözüm mimarisi daha genel ve kapsayıcı bir yapıdadır. İletişim platformu olarak GSM, Sensör Ağlar veya TCP/IP’nin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Kullanılan teknolojiler ve hareketli (mobil) kişiler ele alındığında, çalışmalarda genellikle GSM tabanlı GPRS, TCP/IP tabanlı Wi-Fi, Bluetooth veya ZigBee gibi teknolojilerden faydalandığı görülmüştür. GSM, geniş kapsama alanlarına karşın düşük veri

aktarım hızları nedeni ile özellikle gerçek zamanlı ve büyük veri aktarımlarında yetersiz kalırken, Wi-Fi, Bluetooth veya ZigBee gibi teknolojiler, kapsama alanları geniş, coğrafik dağılımlı uygulamalarda yetersiz kalmaktadır. Öte yandan çok daha geniş bir kapsama alanına sahip olan WiMAX teknolojisinin ileriki dönemlerde yaygınlaşacağı açıktır. AGnES çalışmasında WiMAX kısmi olarak kullanılırken bu çalışmada tamamiyle WiMAX teknolojisi kullanılmıştır. Böylece geniş kapsama alanlarında yüksek veri aktarımı ve gerçek zamanlı iletişime daha açık bir alt yapı oluşturulmuştur.

10.4 Değerlendirme ve İleriye Yönelik Düşünceler

Günümüz teknolojisinde, çok sayıda hastalığa çare olabilecek veya insanların yaşam kalitesini arttırabilecek pek çok gelişme yaşanmaktadır. Yaşadığımız dünyada, toplum ve toplumsal hayatın en önemli unsuru olan insanların sağlığı en öncelikli konulardan biridir. Sağlıklı bireyler ve toplumlar, yaşadıkları sosyal çevreye ve ülkelerine daha olumlu katkılarda bulunurlar. Ancak sağlık, insanoğlunun kendinde uzun süre koruyamadığı bir olgudur. Bu nedenle insanlar geliştirdikleri bir takım teknolojiler yardımı ile sağlık durumlarını gözlem altında tutmak için çaba ve para harcamaktadırlar. Sağlık ekonomisi alanında, daha iyi hizmet etme ve kaynakların daha etkin kullanımı için geliştirilen teletıp teknolojileri, giderek daha çok önem kazanmaktadır [7,8].

Bir doktor için, hastasının sağlığı hakkında bilgi sahibi olmak, onu sürekli gözlem altında tutabilmek ve gerektiğinde müdahale edebilmek çok önemlidir. Böylece doktor, teşhis ve tedavi süreçlerinde daha doğru kararlar verebilir, gerektiğinde hızlı ve etkili müdahalelerde bulunabilir. İşte biyoteleometri ve medikal ağlar, bu noktada insanoğlunun hayatına girmektedir. Bu sistemlerin doğru, etkin ve verimli kullanımı, hem sağlık hem de sosyal alanlarda insanların daha mutlu ve pozitif olmalarına yardımcı olacaktır.

Bu çalışmayla bilimsel anlamda, biyoteleometri uygulamaları için yeni ve kapsayıcı bir model geliştirilerek literatüre katkıda bulunulmuş, ayrıca bu modele dayalı çözüm içerisinde, uygulama için gerekli iletişim protokolleri ve diğer birimler, ilk olarak tasarlanıp bilimsel anlamda ileride bu yönde olabilecek çalışmalar için bir zemin ve başlangıç noktası oluşturulmuştur.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalara ek olarak gelecekte, uygulamanın gerçek bir hastane ortamında daha gerçekçi verilerle ve gerçek hastalar üzerinde yapılarak, sonuçların kullanılabilir ürünlere dönüştürülmesi planlanmaktadır. Böylece yapılan çalışma sayesinde, sağlık alanında geliştirilecek biyotelemetrik sistemlerin, etkin ve daha verimli olmasına katkı sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1. Aydın, M.Ş., 1997, Peygamberimiz'in İnsan Sevgisi, Kutlu Doğum Haftası Tebliği, http://www.diyaret.gov.tr/turkish/2009kutludogum/4_14_1.asp
2. Özal, A.K., 2000, Türkiyenin Acil Yapısal Değişim İhtiyacı - I, Işıkk Binyılı - Sanal Dergi, Mart 2000, Sayı: 2, http://lightmillennium.org/march_april/KOzal_Degisim.html
3. Felsefetarihi.net Web Sitesi, 20. Yüzyıl Filozofları - Martin Heidegger, <http://felsefetarihi.net/heidegger.htm>
4. Duman, R., 2008, İnsan ve Hukuk, Vapur Donatanları ve Acenteleri Derneği Web Sitesi, <http://www.vda.org.tr/BaskandanYazi/AyinYazisiEYL08/tabid/278/Default.aspx>
5. Duman, R., 2008, Sağlık, Vapur Donatanları ve Acenteleri Derneği Web Sitesi, <http://www.vda.org.tr/BaskandanYazi/AyinYazisiOCA08/tabid/258/Default.aspx>
6. Buharalı, C., 2008, Türkiye'de ve Dünyada Sağlık Ekonomisi 2008 Raporu, Deloitte Türkiye, 32p
7. Şenatalar, B., 2003, Sağlık Ekonomisine Genel Bir Bakış, C. Ü. Tıp Fakültesi Dergisi Sayı: 25 (4), 2003 Özel Eki, Sayfa: 27-30
8. Tutar, F., Kılınç, N., 2007, Türkiyenin Sağlık Sektöründeki Ekonomik Gelişmişlik Potansiyeli ve Farklı Ülke Örnekleriyle Mukayesesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, I.I.B.F. Dergisi (C.IX ,S.1, 2007), Sayfa: 31-54
9. Anliker, U., Ward, J.A., Lukowicz, P., Troster, G., Dolveck, F., Baer, M., Keita, F., Schenker, E.B., Catarsi, F., Coluccini, L., Belardinelli, A., Shklarski, D., Alon, M., Hirt, E., Schmid, R., Vuskovic, M., 2004, AMON: A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Volume: 8, Issue: 4, p.415-427
10. Curtis, D.W., Pino, E.J., Bailey, J.M., Shih, E.I., Waterman, J., Vinterbo, S.A., Stair, T.O., Guttag, J.V., Greenes R.A., Ohno-Machado, L., 2008, SMART - An Integrated Wireless System for Monitoring Unattended Patients, Journal of the American Medical Informatics Association, Volume 15, Issue 1, p.44-53
11. Malan, D., Fulford-Jones, T., Welsh, M., Moulton, S., 2004, CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care, MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems (WAMES 2004).
12. Jason W.P. Ng, Lo, B.P.L., Wells, O., Sloman, M., Yang, G-Z., Peters, N., Darzi, A., Toumazou, C., 2004, Ubiquitous Monitoring Environment for Wearable and Implantable Sensors (UbiMon), Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Computing (UBICOMP'04), Nottingham, UK

13. Jea, D., Srivastava, M., 2006, A Remote Medical Monitoring and Interacting System, Proceedings of the 4th International Conference of Mobile Systems, Application and Services (MobiSys'06), Upsala, Sweden
14. Baran, A., Kılağız, Y., 2006, A Biotelemetry system with MicroController and Integrated Web Server in Wireless IEEE 802.11b TCPIP Network, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, v.22(1-2), p.1-10
15. Fidan, U., ve Güler, N.F., 2007, 4 Kanallı Biyotelemetri Cihazı Tasarımı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 22, No 1, Sayfa 7-12
16. Chang, C-K., 2005, A Mobile-IP Based Mobility System for Wireless Metropolitan Area Networks, Proceedings of the 2005 International Conference on Parallel Processing Workshops (ICPPW'05),
17. Chakravorty, R., 2006, Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'06), p.532-536
18. Krohn, M., Kopp, H., Tavangarian, D., 2007, A wireless architecture for telemedicine, 4th Workshop on Positioning, Navigation and Communication 2007. (WPNC'07), Hannover, Germany, p.109-111
19. Braunstein, B., Trimble, T., Mishra, R., Manoj, B.S., Rao, R., Lenert, L., 2006, Feasibility of Using Distributed Wireless Mesh Networks for Medical Emergency Response, AMIA 2006 Symposium Proceedings, p.86-90
20. Farshchi, S., Pesterev, A., Nuyujukian, P.H., Mody, I., Judy, J.W., 2007, Bi-Fi: An Embedded Sensor/System Architecture for Remote Biological Monitoring, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, vol. 11, issue 6, p.611-618
21. Arabshian, K., Schulzrinne, H., 2003, A SIP-based Medical Event Monitoring System, Proceedings 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry 2003 (Healthcom 2003), p.66-70
22. Wood, A., Virone, G., Doan, T., Cao, Q., Selavo, L., Wu, Y., Fang, L., He, Z., Lin, S., Stankovic, J., 2006, ALARM-NET: Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring, Technical Report CS-2006-01, Department of Computer Science, University of Virginia, 2006
23. Gao, T., Greenspan, D., Welsh, M., Juang, R., Alm, A., 2005, Vital Signs Monitoring and Patient Tracking Over a Wireless Network, 27th Annual International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society 2005 (IEEE-EMBS 2005), Shanghai, p.102-105

24. Jafari, R., Dabiri, F., Brisk, P., Sarrafzadeh, M., 2005, CustoMed: A Power Optimized Customizable and Mobile Medical Monitoring and Analysis Aystem, in Proceedings of ACM HCI Challenges in Health Assessment Workshop in Conjunction with Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '05), Portland, Ore, USA
25. European MobiHealth Project, MobiHealth Projesi resmi web sitesi <http://www.mobihealth.org/>, 26.06.2009
26. Junker, H., M. Stager, Tröster, G., Blttler, D., Salama, O., 2004, Wireless Networks in Context Aware Wearable Systems, in Proceedings of the 1st European Workshop on Wireless Sensor Networks (EWSN '04), pp.37-40, Berlin, Germany, January 2004.
27. Baran, A., Kılağız, Y., Akaltun, Y. ve Orman, K., 2005, IEEE 802.11b Kablosuz TCP/IP Ağlarında Mikro denetleyici ve Tümlşik Web Sunucu Kullanılarak Bir Biyotelemetri Sistemi Geliştirilmesi, Ağ ve Bilgi Güvenliği Ulusal Sempozyumu ve Sergisi, 78-85s, İstanbul
28. Pollard, J.K., Rohman S., and Fry, M.E., 2001, A Web-Based Mobile Medical Monitoring System, International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, Foros, Ukraine, p.32-35
29. Iraqi, A., Barwicz, A., Mermelstein, P., Z. Morawski, R., Bock, W. J., 2003, Design of A Wireless Communications Module for Telemetry in Civil Infrastructure Monitoring, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, v52, No.3, p.973-977
30. Ro, J-h., Kim, H-j., Ye, S-y., Jung, J-h., Jeon, A-y., Kim, Y-j., Kim, I-c., Kim, C-k., Jeon, G-y., Kim, S., 2008, Development of Indwelling Wireless pH Telemetry of Intraoral Acidity, International Journal of Biological and Medical Sciences 1;1, p.50-54
31. Ren, H., Meng, M., Cheung, C., 2007, Experimental Evaluation of On-body Transmission Characteristics for Wireless Biosensors, Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Integration Technology, Shenzhen, China, p.745-750
32. Dembeyiotis S., Konnis G., Koutsouris D., 2005, Integrating Legacy Medical Data Sensors in a Wireless Network Infrastucture, Proceedings of the 2005 IEEE, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, p.2232-2235
33. Guennoun, M., Zandi, M., El-Khatib, K., 2008, On the Use of Biometrics to Secure Wireless Biosensor Networks, 3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, ICTTA 2008., p.1-5

34. Iyer, P., Natarajan, N., Venkatachalam, M., Bedekar, A., Gonen, E., Etemad, K., Taaghhol, P., 2007, All-IP Network Architecture for Mobile WiMAX, IEEE Mobile WiMAX Symposium, p.54-59
35. Majerus, S., Garverick, S.L., 2008, Telemetry Platform for Deeply Implanted Biomedical Sensors, 5th International Conference on Networked Sensing Systems, INSS 2008., p.87-92
36. Dağtas, S., Pekhteryev, G., Şahinoğlu, Z., Çam, H., Challa, N., 2008, Real-Time and Secure Wireless Health Monitoring, International Journal of Telemedicine and Applications, Volume 2008, Article ID 135808, p.1-10
37. Arisoylu, M., Mishra, R., Rao, R., Lenert, L.A., 2005, 802.11 Wireless Infrastructure To Enhance Medical Response to Disasters, Proceedings of American Medical Informatics Association 2005 Annual Symposium (AMIA'05), Washington, p.1-5
38. Lenert, L.A., Palmer, D.A., Chan, T.C., Rao, R., 2005, An Intelligent 802.11 Triage Tag For Medical Response to Disasters, Proceedings of American Medical Informatics Association 2005 Annual Symposium (AMIA'05), p.440-444
39. Kyriacou, E., Pavlopoulos, S., Koutsouris, D., Andreou, A.S., Pattichis, C., Schizas, C., 2001, Multipurpose Health Care Telemedicine System, Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society, 2001.v.4, p.3544-3547
40. Mei, H., Widya, I.A., Broens, T.H.F., Pawar, P., van Halteren, A.T., Shishkov, B.B. & van Sinderen, M.J., 2007, A Framework for Smart Distribution of Bio-signal Processing Units in M-Health, Second International Conference on Software and Data Technologies (ICSOFTE 2007), Barcelona, Spain. p.249-255.
41. Benbasat, A.Y., Paradiso, J.A., 2005, A Compact Modular Wireless Sensor Platform, Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks 2005. (IPSN/SPOTS'05), Los Angeles, p.410-415
42. Wood, A.D., Selavo, L., Stankovic, J.A., 2008, SenQ: An Extensible Query System for Streaming Data in Heterogeneous Interactive Wireless Sensor Networks, Technical Report CS-2008-01, Department of Computer Science, University of Virginia, 2008
43. Arampatzis, T., Lygeros, J., Manesis, S., 2005, A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks, Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on, Mediterrean Conference on Control and Automation, Limasol, Cyprus, p.719-724
44. Derin, H., Aşkar, M., 1979, *İletişim Kuramı*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

45. Smale, P.H., 1994, *Haberleşme Sistemlerine Giriş*, Osman PARLAKTUNA, MEB Yayınları
46. Killen, H.B., 1994, *Modern Elektronik İletişim Teknikleri*, Çev: Mustafa AKAY, MEB Yayınları
47. Pastacı, H., 1996, *Modern Elektronik Sistemler*, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları
48. Ronayne, J., 1994, *Sayısal Haberleşmeye Giriş*, Çev: Hasan Hüseyin ERKAYA, MEB Yayınları
49. Proakis, J. G., 1995, *Digital Communications*, McGraw-Hill, 928p.
50. Glover, I., Grant P., 1998, *Digital Communications*, Prentice Hall, 734p.
51. Dubendorf, V.A., 2003, *Wireless Data Technologies*, John Wiley & Sons Ltd, England, 232p.
52. Haberleşme Hakkında Temel Bilgiler, <http://www.elektrik.gen.tr/content/view/296/30/>
53. Kaplan, Y., 2000, *Veri Haberleşmesi Kavramları*, Papatya Yayıncılık
54. Baykal, N., 2001, *Bilgisayar Ağları*, SAS Bilişim Yayınları, 502s.
55. Çölkesen, R., Örencik, B., 1999, *Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri*, Papatya Yayıncılık, 393s.
56. Intel, 2004, Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions, White Paper, 16p
57. IEEE 802.15 Çalışma Grubu Resmi Web Sitesi: <http://www.ieee802.org/15/>
58. IEEE Resmi Web Sitesi: <http://www.ieee.org/>
59. Özdemir, M., April 2003, Wireless LAN Technology & Security Update, Cisco Systems Inc., p.3
60. Minoli, D., 2003, Telecommunications Technology Handbook, Chapter 8, Wireless Technologies: WPAN, WLAN, and WWAN, Second Edition, Artech House, Boston London, p.245-335
61. Küçükünsal, J., Baykal, Y., 2006, Kablosuz Haberleşme Teknolojisi Wimax'de Dünyadaki Durum, URSI-Türkiye'2006 3. Bilimsel Kongresi, p.577-579
62. Dhawan, S., 2007, Analogy of Promising Wireless Technologies on Different Frequencies: Bluetooth, WiFi, and WiMAX, The 2nd International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications 2007 (AusWireless 2007), p.14-22
63. Kavas, A., 2006, Geniş Bandta Telsiz Erişim: WiMAX, EMO, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı 429, Kasım 2006, s. 61-63
64. Thiel, J., 2006, Metropolitan and Regional Wireless Networking: 802.16, 802.20 and 802.22, <http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax.pdf>, 28p.

65. Ramadin, D., K., Overview of Wireless Broadband Technologies, Intel Corporation
66. Prasad R., Munoz L., 2003, WLANs and WPANs towards 4G Wireless, Fundamentals of WLAN, Artech House Boston, London, p.133,134
67. Öztürk, E., 2004, Wlan Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks) Teknolojisinin İncelenmesi, Mevcut Düzenlemelerin Değerlendirilmesi ve Ülkemize Yönelik Düzenleme Önerisi, Uzmanlık Tezi, Telekomünikasyon Kurumu, Ankara, 144s
68. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
69. Wlana Org, What is a Wireless LAN?, <http://www.wlana.org/learn/educate1.htm>
70. Baykal, N., 2003, Bilgisayar Ağlarının Temelleri, EMO Yayın No: EG/2003/3, Ankara, s.21, 27
71. ISM Band, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band, 29.05.2009
72. Geier, J., 2002, Wireless LANs, Wireless System Entegration, Second edition, Chapter 6, Indiana, ABD, s.1, 5, 7-10, 13
73. Patil B., 2003, IP in Wireless Networks, Chapter Eleven, IP in 802.11 Networks, Pearson Education Ltd., London
74. INTERMEC Technologies Corporation, 1998, Guide to Wireless LAN Technologies, USA, p.2-17
75. Raylink, WhitePaper, Wireless LAN Alliance, Frequency Hopping vs. Direct Sequence Spread Spectrum, http://www.raylink.com/whitepaper/fhss_ds_ss.pdf, p.1-4
76. Kaminski C., 2001, Technology overview of HomeRF 2.0, about HomeRF 2.0 <http://www.homenethelp.com/web/explain/about-homerf-2.asp>
77. Bayılmış, C., Ertürk, C., Çeken, C., 2003, Kablosuz Yerel Alan Ağı Uygulaması, International XII. Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks, Kocaeli Üniversitesi
78. Wikipedia, OFDM, <http://en.wikipedia.org/wiki/OFDM>
79. Bian, Y.Q., Nix, A.R., Sun, Y., Strauch, P., 2007, Performance evaluation of mobile WiMAX with MIMO and relay extensions, IEEE WCNC 2007, p.1816-1821
80. Ahson, S., Ilyas, M., 2007, WiMAX Technologies Performance Analysis and QoS, CRC Press, 279p.
81. Intel, What is channel bonding?, <http://www.intel.com/support/wireless/sb/CS-025343.htm>, 12.05.2009
82. Wikipedia, IrDA, http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared_Data_Association
83. Palowireless, HomeRF Overview and Market Positioning, Introduction, HomeRF Working Group, <http://www.palowireless.com/homerf/homerf1.asp>

84. SearchNetworking.com, Networking Definitions - HomeRF,
http://searchnetworking.techtarget.com/sDefinition/0,,sid7_gci535092,00.html
85. Bluetooth.com, About the Bluetooth SIG, <http://www.bluetooth.com/Bluetooth/SIG/>
86. Palowireless, Bluetooth Resource Center, Bluetooth Tutorial - Specifications, What is Bluetooth ?, <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial.asp>
87. Bluetooth SIG, 2007, Bluetooth Specification Version 2.1 + Enhanced Data Rate (EDR), adopted July, 2007, 1420p
88. Yılmaz, E., Öztürk, E., 2007, Yeni Nesil Kablosuz İletişim Teknolojileri Karşılaştırmalı Analizi, III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, Adana
89. Molisch, A. F., Foerster, J. R., Pendergrass, M., 2003, Channel Models for Ultrawideband Personal Area Networks, IEEE Wireless Communications, Volume: 10, Issue: 6, p.14-21
90. Yılmaz, E., Öztürk, E., 2007, Yeni Nesil Kablosuz İletişim Teknolojileri Karşılaştırmalı Analizi, EMO III. İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu, (İTUSEM 2007), Adana
91. Kinney, P., 2003, ZigBee Technology: Wireless Control that Simply Works, Communications Design Conference, 20p
92. Le, K.T., 2005, ZigBee SoCs Provide Cost-effective Solutions, White Paper, http://www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=7142, 9p
93. ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/About/FAQ/tabid/192/Default.aspx>, Resmi Web Sitesi
94. ZigBee, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
95. Craig, W.C., White Paper, Zigbee: "Wireless Control That Simply Works", 7p
96. IEEE 802.11 Çalışma Grubu Resmi Web Sitesi: <http://www.ieee802.org/11/>
97. Broadcom, White Paper, 802.11n : The Next-Generation Wireless LAN Technology, http://www.broadcom.com/docs/WLAN/802_11n-WP100-R.pdf, p.1-13
98. Wikipedia, IEEE 802.11n, http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n
99. ETSI, BRAN, HiperLAN, <http://www.etsi.org/website/technologies/hiperlan.aspx>
100. Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/HIPERLAN>
101. Johnsson, M., 1999, HiperLAN/2 Global Forum, HiperLAN2 - The Broadband Radio Transmission Technology Operating in the 5 GHz Frequency Band, 22s
102. Hoymann, C., Püttner, P., Forkel, I., 2003, The HIPERMAN Standard - a Performance Analysis, IST - Mobile & Wireless Communications Summit 2003, p.827-831
103. HiperMAN, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/HiperMAN>, 22.04.2009
104. WiBro, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/WiBro>, 22.04.2009

105. Yoon, S.Y., 2004, Introduction of WiBro Technology, Samsung Electronics Co, Ltd., Busan, Korea
106. Yıldırım, K.S., Kalaycı, T.E., Uğur, A., 2008, Optimizing Coverage in a K-Covered and Connected Sensor Network Using Genetic Algorithms, 9th WSEAS International Conference on Evolutionary Computing (EC'08), Sofia, Bulgaria
107. Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., 2002, A Survey on Wireless Sensor Networks, Computer Networks (Elsevier) 38 (4), p.393-422.
108. Akyildiz, I.F., Wang, X., 2005, IEEE Communications Magazine, Volume: 43, Issue: 9 p.S23-S30
109. Estrin, D., Govidan, R., Heidemann, J., Kumar, S., 1999, Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks, ACM Mobicom'99, p.263-270
110. Sohrabi, K., Gao, J., Alilawadhi, V., Pottie, G. J., 1999, Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network, 37th Allerton Conference on Communication
111. Qi, H., Iyengr, S.S., Chakrabarty, K., 2001, Distributed sensor networks - a review of recent research, Journal of the Faranklin Institute, Elsevier Science
112. Hac, A., 2003, Wireless Sensor Network designs, John Wiley & Sons, 408p
113. Tubaishat, M., Madria, S., 2003, Sensor networks: an overview, IEEE Potentials, vol.22, no.2, p.20-23.
114. Srivastava, M., Hansen, M., Burke, J., Parker, A., Reddy, S., Saurabh, G., Allman, M., Paxson, V., Estrin, D., 2006, Wireless Urban Sensing Systems, CENS Technical Report 65, p.1-20
115. Jurik, A.J., Weaver, A.C., 2008, Remote Medical Monitoring, Computer, IEEE Computer Society, p.96-99
116. Shabot, M.M., 2001, Medicine on the Internet, Baylor University Medical Center Proceedings, vol. 14, no. 1, p.27-31
117. Yihan L., Panwar, S.S., Shiwen M., 2006, A Wireless Biosensor Network Using Autonomously Controlled Animals, IEEE Network, Volume 20, Issue 3, p.6-11
118. Traver, L., Tarin, C., Cardona, N., Bluetooth Throughput Measures for Cardiomyocyte Extracellular Signal Telemetry, 3rd International Symposium on Wireless Communication Systems, ISWCS'06, p.660-664
119. Tarin Sauer, C., Traver Sebastia, L., Santamaria Gomez, J.F., Rocafull, P.M., Cardona Marcet, N., 2007, Bluetooth-3G Wireless Transmission System for Neural Signal Telemetry, Wireless Telecommunications Symposium, WTS 2007, p.1-6

120. Gonzalez, C., Jimenez-Leube, J., Sanz-Maudes, J., 2007, Wireless Sensor Node: Monitoring Low-rate Phenomena Using a Low-power RF-enabled Microcontroller, IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, WISP'2007, p.1-6
121. Park, C., Chou, P.H., Sun, Y., 2006, A Wearable Wireless Sensor Platform for Interactive Dance Performances, Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication, PerCom 2006, p.6-59
122. Frantlovic, M.P., Jokic, I.M., Nesic, D.A., 2007, A Wireless System for Liquid Level Measurement, 8th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS 2007, p.475-478
123. Kayran, A.H., Panayırıcı, E., Aygölü, Ö., 1999, *Sayısal Haberleşme*, Birsen Yayınevi, 158s.
124. Orwat, C., Graefe, A., Faulwasser, T., 2008, Towards Pervasive Computing in Health Care - A Literature Review, BMC Medical Informatics and Decision Making, Vol. 8, No. 26, p.1-19
125. Garshnek V., Burkle F. M., 1999, Applications of Telecommunications to Disaster Medicine, Journal of the American Medical Informatics Association, Vol:6, No:1, p.26-37
126. Yılmaz E., 1999, Uzayda Olsanız da Sağlınız Denetim Altında, Bilim Teknik Dergisi, Sayı:376, s. 50-53
127. Özdemir, Ö., 2006, WiMAX ve Tekerrür Eden Tarih, EMO, Elektrik Mühendisliği, Kasım 2006, Sayı: 429, s. 64-67
128. Holzmann, G.J., 1991, *Design and Validation of Computer Protocols*, Prentice-Hall, New Jersey, 543p
129. Greenstein, B., Mar, C., Pesterev, A., Farshchi, S., Kohler, E., Judy, J., Estrin, D., 2006, Capturing high-frequency phenomena using a bandwidth-limited sensor network, SenSys'06: Proceedings of the 4th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, p.279-292
130. Wood, A.D, Selavoi L., Stankovic, J.A., 2008, SenQ: An Embedded Query System for Streaming Data in Heterogeneous Interactive Wireless Sensor Networks, Proceedings of the 4th IEEE international conference on Distributed Computing in Sensor Systems, p.531-543
131. Yiğit, E., 2009, GPS Teknolojisi ile Konum Tespit Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, 50 sayfa
132. Kahveci, M., Yıldız, F., 2005, *GPS Global Konum Belirleme Sistemi Teori ve Uygulama*, Nobel Yayın Dağıtım, 2. Baskı, 215 sayfa

133. Microsoft Corporation, Internet Information Server (IIS) resmi web sitesi, <http://www.iis.net/>, 02.06.2009
134. The Apache Software Foundation, Apache sunucusu için resmi web sitesi, <http://www.apache.org/>, 02.06.2009
135. Microsoft Corporation, Microsoft Internet Explorer için resmi web sitesi <http://www.microsoft.com/windows/ie>, 02.06.2009
136. Mozilla Foundation, Firefox için resmi web sitesi, <http://www.mozilla.com/firefox/>, 02.06.2009
137. Google, Google Chrome resmi web sitesi, <http://www.google.com/chrome>, 02.06.2009
138. Opera, Opera web tarayıcı resmi sitesi, <http://www.opera.com/>, 02.06.2009
139. W3Schools.com, What is the trend in browser usage?, Browser Statistics, http://w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp, 02.06.2009
140. Learn Networking, How Encapsulation Works Within the TCP/IP Model, <http://learn-networking.com/tcp-ip/how-encapsulation-works-within-the-tcpip-model>, 03.06.2009
141. WiNetworks, WiNetworks resmi web sitesi, <http://www.winetworks.com/>, 28.04.2009
142. AWB, Accton Wireless Broadband Corp, <http://www.awbnetworks.com/>, 28.04.2009
143. What is .NET, http://searchwindevelopment.techtarget.com/sDefinition/0,,sid8_gci342248,00.html, 25.06.2009
144. .NET Framework Conceptual Overview, Microsoft MSDN resmi web sitesi <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/zw4w595w.aspx>, 25.06.2009
145. HP ProCurve Switch 2600 Series, HP ProCurve resmi web sitesi, http://www.procurve.com/products/switches/HP_ProCurve_Switch_2600_Series/overview.htm, 26.06.2009
146. Kayran, A.H., 1999, *Analog Haberleşme*, Birsen Yayınevi, 172s.
147. Johnson, J.J., Fletcher, B.D., 1997, *Introductory Radio and Television Electronics*, Macmillan education Ltd.
148. Smith, S.W., 1999, *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*, California Technical Publishing
149. Vaseghi, S.V. 2000, *Advanced signal Processing and Noise Reduction*, John Wiley & Sons Ltd.
150. Stergiopoulos, S., 2001, *Advanced Signal Processing Handbook*, CRC Press LLC
151. Donahoo, M., Steckler, B., 2005, Emergency Mobile Wireless Networks, IEEE Military Communications Conference 2005 (MILCOM 2005), vol.4, p.2413-2420
152. Gunasekaran, V., Harmantzis, F.C., 2007, Emerging Wireless Technologies for Developing Countries, Elsevier, Technology in Society, vol. 29(1), p.23-42

153. Yick, J., Mukherjee, B., Ghosal, D., 2008, Wireless Sensor Network Survey, Elsevier, Computer Networks, Volume 52, Issue 12, p.2292-2330
154. Akyildiz, I.F, Melodia, T., Chowdhury, K.R, 2007, A Survey on Wireless Multimedia Sensor Networks, Elsevier, Computer Networks, Volume 51, p.921-960
155. Balasubramanyan, V.B., Thamilarasu, G., Sridhar, R., 2007, Security Solution For Data Integrity InWireless BioSensor Networks, 27th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops 2007 (ICDCSW'07), p.79-79
156. Bielli, E., Carminati, F., La Capra, S., Lina, M., Brunelli, C., Tamburini, M., 2004, A Wireless Health Outcomes Monitoring System (WHOMS): development and field testing with cancer patients using mobile phones, BMC Medical Informatics and Decision Making 2004, vol. 4:7, p.1-13
157. Liangshan, M., Dongyan, J., 2005, The Competition and Cooperation of WiMAX, WLAN and 3G, 2nd International Conference on Mobile Technology, Applications and Systems, p.1-5
158. Fourty, N., Val, T., Fraisse, P., Mercier, J.-J., 2005, Proceedings on the Joint International Conference on Autonomic and Autonomous Systems and International Conference on Networking and Services (ICAS-ICNS 2005), p.66-71
159. Intel, 2007, Welcome to Your Internet Future - Mobile Broadband Brought to You by WiMAX, White Paper, Intel, 21p
160. Kalaycı, T.E., 2009, Kablosuz Sensör Ağlar ve Uygulamaları, Akademik Bilişim 2009, Şanlıurfa, Türkiye
161. Yurt, S., 2008, Kablosuz Sensör Ağlarının Geleceği Nedir?, www.bilgininadresi.net/Madde/43635/Kablosuz-Sensör-Ağlarının-Geleceği-Nedir
162. Intel, 2005, Ultra-Wideband (UWB Technology) Enabling high-speed wireless personal area networks, White Paper, Intel, 8p
163. Infrared Data Association (IrDA) Resmi Web Sitesi, <http://www.irda.org/>
164. Alsafadi, Y., Sheng, O.R.L., Martinez, R., 1994, Comparison of Communication Protocols in Medical Information Exchange Standards, IEEE Seventh Symposium on Computer-Based Medical Systems, p.258-263
165. Bochmann, G., Sunshine, C., 1980, Formal Methods in Communication Protocol Design, IEEE Transactions on Communications, Volume 28, Issue 4, p.624-631
166. Merlin, P.M., 1976, A Methodology for the Design and Implementation of Communication Protocols, IEEE Transactions on Communications, Volume 24, Issue 6, p.614-621

167. da Silva, J.L., Jr., Sgroi, M., De Bernardinis, F.; Li, S.F., Sangiovanni-Vincentelli, A., Rabaey, J., 2000, Wireless Protocols Design: Challenges and Opportunities, Proceedings of the Eighth International Workshop on Hardware/Software Codesign, CODES 2000, p.147-151
168. Pettitt, D.G., 1997, Reliable Multicast Protocol Design Choices, MILCOM'97 Proceedings, Volume 1, p.242-246
169. Yamakami, T., An interoperability design model: lessons learned in computer communication standardization, 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA 2005, Volume 2, p.311-314
170. Yamakami, T., An application layer protocol interoperability design model for content evolution in the mobile Internet, Proceedings. 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems, Volume 2, p.610-614
171. Chen, L., Singh, G., 2002, Enhancing Multicast Communication to Support Protocol Design, Proceedings. Eleventh International Conference on Computer Communications and Networks, p.328-333
172. Chiang, C.-Y.J., McAuley, A., Chee, D., Wong, L., 2003, Generic Protocol for Network Management Data Collection and Dissemination, IEEE Military Communications Conference, MILCOM 2003, Volume 2, p.971-976
173. Goodman, D.J., Borras, J., Mandayam, N.B., Yates, R.D., 1997, INFOSTATIONS: A New System Model for Data and Messaging Services, IEEE 47th Vehicular Technology Conference, Volume 2, p.969-973
174. Holzmann, G.J., 1992, Protocol Design: Redefining the State of the Art, IEEE Software, Volume 9, Issue 1, p.17-22
175. Varsamou, M., Antonakopoulos, T., Papandreou, N., 2004, From Protocol Models to Their Implementation: A Versatile Testing Methodology, IEEE Design & Test of Computers, Volume 21, Issue 5, p.416-428
176. Dabiri, F., Noshadi, H., Sarrafzadeh, M., 2007, Lightweight Medical BodyNets, Second International Conference on Body Area Networks, Article No. 20
177. Dabiri, F., Hagopian, H., Lin, C.K., Massey, T., Noshadi, H., Sarrafzadeh, M., Schmidt, J., Tan, R., A Telehealth Architecture for Networked Embedded Systems: A Case Study in In-vivo Health Monitoring, 2003, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, : Accepted for future publication, Volume PP, Forthcoming, 9p.
178. Tia Gao; Massey, T.; Selavo, L.; Crawford, D.; Bor-rong Chen; Lorincz, K.; Shnayder, V.; Hauenstein, L.; Dabiri, F.; Jeng, J.; Chanmugam, A.; White, D.; Sarrafzadeh, M.; Welsh, M., 2007, The Advanced Health and Disaster Aid Network: A Light-Weight

- Wireless Medical System for Triage, IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, Volume 1, Issue 3, p.203-216
179. Lazakidou, A.A., Siassiakos, K.M., 2009, *Handbook of Research on Distributed Medical Informatics and E-Health*, Medical Information Science Reference, 600p.
 180. Li, B., Qin, Y., Low, C.P., Gwee, C.L., 2007, A Survey on Mobile WiMAX [Wireless Broadband Access], IEEE Communications Magazine, Volume 45, Issue 12, p.70-75
 181. Tsang, K.F., Lee, L.T., Tung, H.Y., Lam, R., Sun, Y.T., Ko, K.T., 2007, Admission Control Scheme for Mobile WiMAX Networks, IEEE International Symposium on Consumer Electronics, ISCE 2007, p.1-5
 182. Hong, Y.K., Son, S.B., Cho, S., 2007, Device Management for Mobile WiMAX Services, Digest of Technical Papers. International Conference on Consumer Electronics, ICCE 2007, p.1-2
 183. WiMAX Forum, 2004, WiMAX's Technology for LOS and NLOS Environments, White Paper, 10p.
 184. Cimmino, A., Mambretti, C., Neves, P.M., Spada, M.R., 2007, E-health Broadband Drivers for WiMAX Extension to Isolated Research Networks, BroadBand Europe, p.1-4
 185. Clincy, V.A., Sitaram, A., 2006, 802.16, Next Generation Wireless, Proceedings of the 2006 International Conference on Wireless Networks, ICWN 2006, p.219-223
 186. Dabiri, F., Massey, T., Noshadi, H., Hagopian, H., Lin, C.K., Tan, R., Schmidt, J., Sarrafzadeh, M., 2009, A Telehealth Architecture for Networked Embedded Systems: A Case Study in In Vivo Health Monitoring, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Volume 13, Issue 3, p. 351-359
 187. Alsafadi, Y., Sheng, O.R.L., Martinez, R., 1994, Comparison of communication protocols in medical information exchange standards, IEEE Seventh Symposium on Computer-Based Medical Systems, p. 258-263
 188. Garber, L., 2008, Mobile WiMax: The Next Wireless Battle Ground, Computer, IEEE Computer Society, Volume: 41, Issue: 6, p. 16-18
 189. Akbal, A., 2008, Elektromanyetik Dalgaların Bazı Bakterilerin Fonksiyonları Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 125 sayfa.
 190. Guainella, E., Borcoci, E., Katz, M., Neves, P., Curado, M., Andreotti, F., Angori, E., 2007, WiMAX technology support for apps in environmental monitoring, fire prevention and telemedicine, IEEE Mobile WiMAX Symposium, p. 125-131
 191. Chorbev, I., Mihajlov, M., Jolevski, I., 2008, WiMAX supported telemedicine as part of an integrated system for e-medicine, 30th International Conference on Information Technology Interfaces, ITI 2008, p.589-594

ÖZGEÇMİŞ



Musa ÇIBUK

Fırat Üniversitesi Enformatik Bölümü, 23119, Elazığ/Türkiye

Tel : 0 - 533 - 744 38 54

e-posta : mcibuk@firat.edu.tr

www : <http://mcibuk.firat.edu.tr>

- 1976 Dicle/Diyarbakır’da doğdu.
- 1990 - 1993 Ergani Lisesi - Ergani/Diyarbakır (Ortaöğretim)
- 1993 - 1997 F.Ü. Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Bölümü’nde Lisans Eğitimi
- 1997 - 1998 Özel bir müteahhitlik şirketinde Şantiye Şefliği
- 1998 - 2000 M.E.B. Araban Çok Programlı Lisesi ve Elazığ Merkez Endüstri Meslek Lisesi’nde Elektrik Öğretmenliği
- 1999 - 2002 F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimi
- 2000 - Fırat Üniversitesi, Enformatik Bölümü’nde Uzman
- 2002 - F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora Eğitimi

Halen evli ve 1 çocuk babası.

Eşi Elazığ Harput Devellet Hastanesi’nde Hemşire olarak çalışıyor.

EKLER

- Ek-1 : WiNetworks WiN7000 Kompakt Baz İstasyonu için Teknik Bilgiler
- Ek-2 : AWB PC200 WiMAX 802.16e PCMCIA kart için Teknik Bilgiler
- Ek-3 : AWB US210 WiMAX 802.16e USB Adaptör için Teknik Bilgiler

WiN7000-2 System Specifications

Radio and Modem:

Frequency	WiN7013-2: 1350 MHz to 1400 MHz WiN7014-2: 1400 MHz to 1525 MHz WiN7025-2: 2496 MHz to 2690 MHz WiN7035-2: 3400 MHz to 3600 MHz WiN7037-2: 3600 MHz to 3800 MHz
Radio Access Method	IEEE802.16-2005 (16e OFDMA)
Compatibility	WiMAX Forum Wave 2 Profile
Operation Mode	TDD
Channel Bandwidth	3.5Mhz, 5 MHz, 7Mhz, 10 MHz
Frequency Resolution	0.25 MHz
Antennas	Integral Omni External Sector
Number of Antennas	2
Default Antenna	Omni
Antennas Connectors	2x N-Type, 50 ohm, lightning protected
Diversity Support	STC/MIMO
Output Power [P1dB]	2 x 10W; 2 x 45W; 2 x 90W
Output Power (average)	Type 10W: 30 dBm +/-1dB maximum Type 45W: 36 dBm +/-1dB maximum Type 90W: 39 dBm +/-1dB maximum (available for WiN7013)
FFT/Modulation	512/1024 FFT points; QPSK, 16QAM, 64QAM
FEC	Convolution Code and Turbo Code
TPC	15dB
Synchronization	GPS or IEEE1588 (optional)

Network Interfaces:

Network	1. 40.5-60VDC 2. 10/100BaseT Half/full Duplex IEEE 802.3 CSMA/CD Fiber optic - optional
ASN GW Compatibility	WiMAX Forum R6 Profile C Compatible with CISCO ASN-GW

Configuration and Management:

Management	SNMP
SNMP Agent	SNMP ver 2 client: MIB II (RFC 1213), Private Win-Max MIBs
Software Upgrade	FTP
Remote Configuration	FTP

Mechanical:

Dimensions [HxWxD]	60cm x 27cm x 10cm
Weight	<15Kg

Power Interface:

Input	48VDC
Power Consumption	Type 10W: 75Watt maximum Type 45W: 140Watt maximum Type 90W: 216Watt maximum

Environmental:

Operating Temperature	-40°C to +55°C
Operating Humidity	5%-95% non condensing, Weather protected

Standards Compliance:

EMC	FCC part 15, subpart B, class A ETSI EN 301489-1/4
Safety	TUV-UL 60950-1 IEC 60950-1
Environmental	ETS 300 019: Part 2-1 T 1.2 & part 2-2 T 2.3 Part 2-4 T 4.1E IP66
Immunity	EN61000-4-2 EN61000-4-4 EN61000-4-5
Radio	FCC Part 27 ETSI EN302 326

Ordering Information:

Part Number	WiN70XX-2-Y-ZZE-W
XX – Frequency range	See frequency table for details
Y – Sync. Interface	E – IEEE1588; G – GPS
ZZ – PA peak power [Watt]	10; 45; 90

All information contained herein is believed to be accurate and is subject to change without notice. No responsibility is assumed for its use. WiNetworks reserves the right to make changes without notice, to product design, product components, and product manufacturing methods. Some specific combinations of options may not be available. All rights reserved. Please contact WiNetworks for further information.



PC200

WiMAX 802.16e PC Card

Your Fast Way to Experience Mobile WiMAX Service Deployment

The AWB PC200 is a WiMAX PC Card with 32-bit CardBus interface for laptop users to connect to WiMAX broadband wireless access (BWA) services. It supports Windows XP and Vista system. Compliant with IEEE 802.16e WiMAX standard, the AWB PC200 supports mobile wireless connectivity up to 80KM speed.

Key Features

- IEEE 802.16e-2005 Wave 2 compliant
- Direct access internet at any time, anywhere
- Full Non-Line of Sight (NLOS) deployment
- MIMO (Multiple input, Multiple output) technology improves transmission speed and coverage
- MRC (Maximum Ratio Combining) technology utilizes dual receive antennas to enhance receiving signal quality
- Supports multiple frequency bands for global coverage
- Supports Network Discovery and Selection (ND&S) algorithm effectively reduce scanning time
- Comprehensive Wireless Connection Manager utility for easy management and status monitoring

PC200 WiMAX 802.16e PC Card

Physical Interfaces		Networking Features	
Host Interface	CardBus 32-bit	Management / Remote Configuration	WCM (Wireless Connection Manager)
WiMAX Features		Mechanical Features	
Standard Compliant	IEEE 802.16e-2005	Dimensions (H x W x D)	132x57.5x13.1mm
Air Interface	Scalable OFDMA	Weight	13g
Duplex Mode	TDD/5ms frame	Power Consumption	2.4W
Frequency Band	2.3-2.4GHz; 2.5-2.7GHz; 3.4-3.6GHz	Operating Temperature	0° ~ 40°C
Channel Bandwidth	5 , 7, 8.75, 10MHz	Humidity	5% ~ 95% non-condensing
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM	Standards & Regulatory	
MIMO	Matrix A (STC) & Matrix B	Radio Compliance	FCC Part 27 Subpart D/Subpart M EN 302 326-1/-2/-3 Draft EN 302 544-2
Beamforming	IO Beamforming	EMC Compliance	FCC part 15B Class B CE EN55022 Class B EN301489-1/4
Transmitting Power	23+/-1dBm@16QAM, 3/4CTC	Safety Compliance	EN 60950-1
Receiving Sensitivity	-94dBm @ QPSK, ½ CTC	Environmental Compliance	EN300 019
ND&S	Support	Remarks: • * represents future release • AWB reserves the right to make changes to product specifications without notices.	
Antenna Type	Internal omni antenna with MRC		
Antenna Gain	2dBi		
Encryption	128 bit AES/CCM		
Authentication	EAP-TLS (with optional X.509); EAP-TTLS-MSCHAPv2		
QoS Mechanism	UGS, RT-VR, NRT-VR, ERT-VR, BE		
Hand Over	Hard HO / Optimized Hard HO		
Power Management	Idle, Sleep, Active		
OS Support	Windows XP/Vista		

Product Configurations

Model Name	Frequency
PC200-2.3	2.3-2.4GHz
PC200-2.5	2.5-2.7GHz
PC200-3.5	3.4-3.6GHz



US210

WiMAX 802.16e USB Adapter

Your Fast Way to Experience Mobile WiMAX Service Deployment

The AWB US210 is a WiMAX USB Adapter with USB 2.0 interface for laptop users to connect to WiMAX network anytime and anywhere. It supports Windows XP/Vista OS platform. Compliant with IEEE 802.16e WiMAX standard, the AWB US210 supports mobile wireless connectivity up to 80KM speed.

Key Features

- IEEE 802.16e-2005 Wave 2 compliant
- Direct access internet at any time, anywhere
- Full Non-Line of Sight (NLOS) deployment
- MIMO (Multiple input, Multiple output) technology improves transmission speed and coverage
- MRC (Maximum Ratio Combining) technology utilizes dual receive antennas to enhance receiving signal quality
- Supports multiple frequency bands for global coverage
- Supports Network Discovery and Selection (ND&S) algorithm effectively reduce scanning time
- Comprehensive Wireless Connection Manager utility for easy management and status monitoring

US210 WiMAX 802.16e USB Adapter

Physical Interfaces		Networking Features	
Host Interface	USB2.0	Management / Remote Configuration	WCM (Wireless Connection Manager)
WiMAX Features		Mechanical Features	
Standard Compliant	IEEE 802.16e-2005	Dimensions (H x W x D)	90x34.5x13mm
Air Interface	Scalable OFDMA	Weight	25g
Duplex Mode	TDD/5ms frame	Power Consumption	2.4W
Frequency Band	2.3-2.4GHz; 2.5-2.7GHz; 3.4-3.6GHz	Operating Temperature	0° ~ 40°C
Channel Bandwidth	5 , 7, 8.75, 10MHz	Humidity	5% ~ 95% non-condensing
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM	Standards & Regulatory	
MIMO	Matrix A (STC) & Matrix B	Radio Compliance	FCC Part 27 Subpart D/Subpart M EN 302 326-1/-2/-3 Draft EN 302 544-2
Beamforming	IO Beamforming	EMC Compliance	FCC part 15B Class B CE EN55022 Class B EN301489-1/4
Transmitting Power	23+/-1dBm@16QAM, 3/4CTC	Safety Compliance	EN 60950-1
Receiving Sensitivity	-94dBm @ QPSK, ½ CTC	Environmental Compliance	EN300 019
ND&S	Support	Remark: * * Represents future release • AWB reserves the right to make changes to product specifications without notices.	
Antenna Type	Internal omni antenna with MRC		
Antenna Gain	2dBi		
Encryption	128 bit AES/CCM		
Authentication	EAP-TLS (with optional X.509); EAP-TTLS-MSCHAPv2		
QoS Mechanism	UGS, RT-VR, NRT-VR, ERT-VR, BE		
Hand Over	Hard HO / Optimized Hard HO		
Power Management	Idle, Sleep, Active		
OS Support	Windows XP/Vista		

Product Configurations

Model Name	Frequency
US210-2.3	2.3-2.4GHz
US210-2.5	2.5-2.7GHz
US210-3.5	3.4-3.6GHz