

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

IP TABANLI HASTA İZLEME ve DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cafer AVCI

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

IP TABANLI HASTA İZLEME ve DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cafer AVCI
(105105002)**

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ

HAZİRAN 2012

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 105105002 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cafer AVCI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**IP TABANLI HASTA İZLEME ve DEĞERLENDİRME SİSTEMİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ
Yalova Üniversitesi



Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Murat GÖK
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Kayhan İNCE
Yalova Üniversitesi



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

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu tezin oluşmasında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım, Sayın Prof. Dr. Ahmet AKBAŞ'a titiz değerlendirmeleri ve sabırlı yol göstericiliği için teşekkür ederim.

Kuruluşundan bu yana anaokulundan üniversiteye kadar sayısız öğrenciyi maddi ve manevi olarak destekleyen, bilimin ve teknolojinin tüm imkânlarını kullanarak topluma yön veren kaliteli ilim adamlarını toplumumuza ve insanlığa kazandırmayı vizyon edinmiş İlim Yayma Vakfı'na desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, öğrenim hayatım boyunca üzerimde emekleri bulunan bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Haziran 2012

Cafer Avcı
Araştırma Görevlisi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1.GİRİŞ	1
1.1 Motivasyon.....	2
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Literatür Araştırması	5
1.4 Tezin İçeriği	8
2. SAĞLIK BİLGİ SİSTEMLERİ.....	9
2.1 Hastane Bilgi Sistemleri.....	10
2.2 Hasta İzleme Sistemleri.....	11
2.2.1 Tek Parametrelili Sistemler.....	12
2.2.2 Çok Parametrelili Sistemler	12
3. MODERN BİR HASTA İZLEME SİSTEMİNİN YAPISI	15
3.1 Hasta Başı Birimi	16
3.1.1 Sistemin Blok Şeması	16
3.1.2 Analog Ön Devreler	17
3.1.3 Merkezi İşlem Birimi	18
3.1.4 Haberleşme Altyapısı.....	19
3.1.5 Veri Depolama	19
3.1.6 İşaret İşleme	19
3.2 Merkezi İzleme Birimi	19
3.3 Uzak İzleme Birimi	20
4. GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM.....	21
4.1 Hasta Başı Birimi	23
4.1.1 Yazılım Tasarımı.....	23
4.1.2 Grafik Ekranı.....	25
4.1.3 Veri Depolama	26
4.1.4 Haberleşme.....	26
4.2 Merkezi İzleme Birimi	26
4.2.1 Yazılım Tasarımı.....	27
4.2.2 Grafik Ekranı.....	27
4.2.3 Veri Depolama	29
4.2.4 Haberleşme.....	29
4.3 Sistemin Uzaktan İzlenmesi ve Diğer Fonksiyonlar	29
5. İŞARET İŞLEME MODÜLÜ VE UYGULAMALAR	31
5.1 İşaret İşleme Modülünün Genel Yapısı.....	31
5.2 Bir Uygulama Örneği: Uyku Apnesi Hastalığı	31

5.2.1 Uyku Apnesi Hastalığının Çeşitleri	31
5.2.1.1 Obstrüktif Uyku Apnesi	32
5.2.1.2 Merkezi Uyku Apnesi	32
5.2.1.3 Birleşik Uyku Apnesi	32
5.2.2 AHI Standardı	32
5.2.3 Veri.....	32
5.2.3.1 Physionet Veri Bankası	33
5.2.3.2 Veriler ve Özellikleri.....	33
5.2.4 EDR Sinyallerinin Türetilmesi.....	35
5.2.5 Wavelet Analizi.....	36
5.2.5.1 Ayrık Wavelet Dönüşümlerinin Uygulanması.....	37
5.2.5.2 Hastalık Teşhisi İçin Belirleyici Özelliklerin Tespiti.....	38
5.2.6 Yapay Sinir Ağı ile Sınıflandırma.....	40
5.2.7 Uygulama Performansının Değerlendirilmesi.....	41
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER.....	43
6.1 Sonuç	43
6.2 Tavsiyeler ve Gelecek Çalışmalar	44
KAYNAKLAR.....	47
EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	57

KISALTMALAR

AHI	:Apne/Bileşik Apne İndeksi
BUA	:Bileşik Uyku Apnesi
CPU	:Merkezi İşlem Birimi
CRT	:Katot Işınlı Tüp
EDR	:EKG'den Türetilen Solunum Sinyali
EKG	:Elektrokardiyografi
EMG	:Elektromiyogram
GDI	:Grafik Aygıt Arabirimi
HBS	:Hastane Bilgi Sistemleri
HIS	:Hastane İzleme Sistemi
IBP	:İnvazif Kan Basıncı
IT	:Bilgi Teknolojileri
MUA	:Merkezi Uyku Apnesi
NARX	:Lineer Olmayan Oto-regresif
NIBP	:İnvazif Olmayan Kan Basıncı
OUA	:Obstrüktif Uyku Apnesi
RESP	:Solunum Sinyali
SpO₂	:Kandaki Oksijen Oranı
TCP/IP	:Haberleşme Kontrol Protokolü / İnternet Protokolü
UAS	:Uyku Apnesi Sendromu
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1 : 1 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının son 7 seviyesindeki A, B ve C gruplarına göre ortalama değerler	38
Çizelge 5.2 : 3 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının son 7 seviyesindeki A, B ve C gruplarına göre ortalama değerler	38
Çizelge 5.3 : 3 dakika uzunluğundaki EDR sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının 6 seviyesindeki A, B ve C gruplarına göre ortalama değerler	40
Çizelge 5.4 : EDR sinyalleri ile gerçekleştirilen dakika bazlı sınıflandırma sonuçları.....	41
Çizelge 5.5 : EDR sinyalleri ile gerçekleştirilen kişi bazlı sınıflandırma sonuçları	41
Çizelge 5.6 : 1 dakikalık solunum sinyallerinin analizlerine göre sınıflandırma doğrulukları.....	42
Çizelge 5.7 : 3 dakikalık solunum sinyallerinin analizlerine göre sınıflandırma doğrulukları.....	42

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Çok parametrelili hasta izleme sistemi (Url-3).	13
Şekil 3.1 : Modern hasta izleme sistemi (Zhang , 2007)	15
Şekil 3.2 : Hasta başı birimi blok diyagramı (Url-4).	16
Şekil 3.3 : Analog-ön devre örneği (Url-5).	17
Şekil 3.4 : Merkezi izleme birimi (Url-6).	20
Şekil 3.5 : Uzak izleme birimi (Url-7).....	20
Şekil 4.1 : Gerçekleştirilen sistemin görüntüsü	21
Şekil 4.2 : Kullanılan analog-ön devre	22
Şekil 4.3 : Hasta başı birimi blok diyagramı	23
Şekil 4.4 : Hasta başı birimi grafik ekranı	25
Şekil 4.5 : Merkezi izleme birimi blok diyagramı	27
Şekil 4.6 : Merkezi izleme birimi grafik ekranı.....	28
Şekil 4.7 : Merkezi izleme birimi grafik ekranı detayı	28
Şekil 5.1 : 3 dakika uzunluğundaki apneli dakikalara ilişkin solunum sinyalleri	34
Şekil 5.2 : 3 dakika uzunluğundaki apnesiz dakikalara ilişkin solunum sinyalleri	34
Şekil 5.3 : 3 dakika uzunluğundaki apneli kişiye ait EKG ve EDR sinyali.....	36
Şekil 5.4 : 3 dakika uzunluğundaki sağlıklı kişiye ait EKG ve EDR sinyali.....	36
Şekil 5.5 : 1 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının bütün seviyelerine ilişkin ortalama varyanslar	38
Şekil 5.6 : 3 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının bütün seviyelerine ilişkin ortalama varyanslar	39
Şekil 5.7 : 3 dakika uzunluğundaki EDR sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının bütün seviyelerine ilişkin ortalama varyanslar	39
Şekil 5.8 : NARX tipi yapay sinir ağı modelinin MATLAB konfigürasyonu ...	40
Şekil 5.9 : İleri beslemeli yapay sinir ağı modelinin MATLAB konfigürasyonu	41

IP TABANLI HASTA İZLEME VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

ÖZET

İnsanların sağlık durumunu yansıtan temel fizyolojik parametrelerin gerçek zamanlı olarak ölçülmesi, izlenmesi ve kaydedilmesi, hastalıkların teşhisi ve hastalık süreçlerinin takibi açısından vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu amaçla kullanılan cihazlar, günümüzde işlem gücü yüksek ve güç harcaması düşük gömülü sistem çözümlerinin hızla gelişimine paralel olarak daha esnek bir şekilde tasarlanmakta ve üretim süreçlerine aktarılabilmektedir.

Bu kapsamdaki cihazlardan birisi de ‘hastabaşı monitörü’ olarak bilinen hasta izleme sistemleridir. Bu sistemler tek başına bir hastayı izlemek amacıyla kullanılabilirdiği gibi, bir ağ yapısı içerisinde merkezi bir izleme sistemine entegre edilebilen modüler bir birim olarak da kullanılabilir. Buna göre, hasta başı monitörünün merkezi izleme sistemine IP tabanlı bir haberleşme altyapısı üzerinden bağlanması, hem hasta ve hem de sağlık personeli açısından bir çok avantajlar sağlar. Örneğin hasta, doktor ve/veya hemşire tarafından gerektiğinde hastane içi veya dışındaki uzak bir yerden gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve geçmişe ait bilgiler bir veri tabanı üzerinde tutularak hastalığın seyrine ilişkin uzun vadeli değerlendirmeler yapılabilir.

Bu tez çalışmasında IP tabanlı böyle bir hasta izleme sistemi, hasta başı ve uzak izleme birimleri ile birlikte tasarlanmıştır. Sistemin donanım altyapısı, hasta tarafını oluşturan bileşenleri itibariyle kısmen hazır gömülü sistem çözümleri kullanılarak, bir kişisel bilgisayar (PC) çevresinde oluşturulmuştur. Gerekli arayüzler ve diğer yazılım bileşenleri PC üzerinde tasarlanmıştır. Böylece ülkemizde sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan bu tür cihazların tasarım ve üretimi için bir potansiyel oluşumuna katkı sağlanmıştır.

Ayrıca bu tez çalışmasına özgün olarak, sistemin hasta başı izleme ünitesini oluşturan merkezi işlem birimi standart bir PC çevresinde oluşturulmak suretiyle, PC üzerinde kayıt yapılan işaretlerin çeşitli algoritmik yapılarla değerlendirilebildiği esnek bir işaret işleme modülü oluşturulmuştur. Bu modül üzerinde, sistemde kaydedilen solunum (RESP, SpO₂) ve elektrokardiyografi (EKG) gibi işaretlerin gerçek zamanlı olarak işlenmesi suretiyle ‘apne’ hastalığının teşhisinde kullanılabilecek farklı algoritmik yaklaşımlar önerilmiş ve test edilmiştir. Bu amaçla yapılan değerlendirmeler için yeterli sayıda sağlıklı ve hasta denek bulunmasındaki zorluklar nedeniyle hazır bir veri tabanından alınan işaretler kullanılmıştır.

Bunlardan doğrudan ‘batın’dan kaydedilen solunum işaretleri üzerinde yapılan değerlendirmelerde, apnenin dakika ölçeğindeki gerçek zamanlı tespiti açısından %94’e varan oranlarda bir başarı elde edilmiştir. Kişi bazında çeşitli solunum işaretlerinin değerlendirilmesi suretiyle yapılan tespitlerde ise, hasta ve hasta olmayan denekler %93,33 - %96,66 arasında değişen doğruluklarla tespit edilmiştir. Böylece gerçekleştirilen tasarım, aynı zamanda günümüzde apne

teşhisi için halen yaygın olarak kullanılan ‘polisomnografi’ cihazına alternatif olarak kullanılacak bir ürünün geliştirilmesi çalışmalarına da destek sağlamıştır.

IP BASED PATIENT MONITORING AND EVALUATION SYSTEM

SUMMARY

Real time measuring, monitoring and recording of basic physiological parameters which reflect peoples health situation has an indispensable significance about diagnosing and monitoring of health process. At the present day, devices used for this purpose is being designed more flexible and can be transferred to process of production in paralel with rapid development of embedded system solutions which computing power is high and power consumption is low.

Patient monitoring systems known as bedside patient monitor is one of the devices, in this context. This systems can be used to monitor just one patient they can also be used as a module integrated to a central monitoring system in a network configuration. According to this, connecting patient monitor to the central monitoring system over an IP-based communication link has a lot of advantages for purposes of patients and medical personnel. For instance, patient can be monitored in real time from a remote place in hospital or out of hospital by a doctor and/or a nurse and long term assessments can be made about progress of the illness by recording past information on a database.

In this thesis, such an IP based patient monitoring system have been designed together with bedside patient and remote monitor units. Hardware substructure of the system, has been composed around a personal computer by using existing embedded system solutions concerning components that forms patient side. Needed interfaces and other software components have been designed on PC. Thus contribution has been given to a potential formation of designation and production of such devices which are in use widely in health sector of our country.

Moreover, originality of this thesis, by constituting central process unit which forms unit of patient bedside monitoring of the system has been made an flexible sign process module where signs recorded on PC can be evaluated according to different algorithms. On this module, by processing signs recorded in the system such as respiratory (RESP, SpO₂) and electrocardiograph (ECG) in real time, different algorithms have been suggested and tested for diagnosis of apnea. Because of difficulties on finding adequate healthy and sick subjects for evaluations on this purpose, signs taken from an existing database was used.

Assessments made on respiratory scores recorded directly from 'abdomen' rate of success which reaches %94 has been gathered in real time detection of apnea in minute scale. As a result of evaluation of different respiratory scores subjects apneic and non-apneic have been determined with accuracies between %93,33 - %96,66, on subject based assesments. Such a design, at the same time, gives

support to studies developing a product which can be used as an alternative to 'polysomnography' which is currently in widely use for diagnosis of apnea.

1.GİRİŞ

Sağlık hizmetleri insanların hayat boyu ihtiyaç duyduğu temel hizmet alanlarından birisini oluşturmaktadır. İnsanlar hayat boyu herhangi bir hastalık durumu yaşamamış olsa bile, yaşlılıktan kaynaklanan sağlık sorunları ve genel sağlık taraması gibi bir kısım gerekçeler dolayısıyla bu hizmetlerden yararlanma ihtiyacı duymaktadır. Nitekim beklenmeyen acil durumların oluşma ihtimalinin ve yakalanılması muhtemel hastalık çeşitlerinin insanlar yaşlandıkça artma eğiliminde olduğu bilinmektedir (Akner, 2009).

Hal böyle iken, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yayınlanan son rapor gelişmiş ülkelerdeki yaşlı nüfusun önümüzdeki 10 yıl içerisinde hızlı bir şekilde artacağı yönünde bir beklentiyi ortaya koymaktadır (Url-1). Bu öngörü, önümüzdeki süreçte sağlık hizmetleri için beklenen talebin giderek artacağına işaret etmekte ve ülkelerin sağlık hizmetleri ile ilgili strateji planlarını hazırlarken dikkate alması gereken hedeflerle ilgili önemli ipuçları vermektedir. Öyle ki, birçok durumda gerekli sağlık hizmetini alma hususundaki kısa süreli bir gecikme bile kişinin hayatını kaybetmesine kadar varabilecek olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir.

Dolayısıyla, gelecekte artması beklenen sağlık hizmeti talebinin ancak daha hızlı, daha kaliteli ve daha ucuz hizmet üreten çözümlerle karşılanabileceği açıktır. Nitekim gelişmiş ülkeler bu tespit doğrultusunda gelecekte artması beklenen sağlık hizmeti talebini karşılayabilmek için, doktor ve hemşire gibi sağlık personeli ihtiyacını doğru ve isabetli bir şekilde planlamaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bunun yanında, sağlık hizmetlerini vermek için kullanılan çeşitli tıbbi araç-gereç ve teçhizatın araştırma-geliştirme ve üretimi ile ilgili teknolojik faaliyetleri teşvik etmekte ve bu faaliyetler için destekler sağlamaktadır (Shekelle ve diğ., 2006).

Buna göre, teşvik edilen araştırma-geliştirme ve üretim faaliyetlerine konu olan tıbbi teçhizat, diğer birçok teknolojik araç gibi, bu ülkelerin modern 'bilgi toplumu' hedefine ulaşmak için belirledikleri 'bilgi teknolojileri (IT) stratejisi' doğrultusunda belirlenmektedir.

Öyle ki, bu desteklere konu olan tıbbi teçhizatın, esas olarak ‘standartlara uygun olmak’, ‘modern bilgisayar ağlarına uyumlu olmak’, ‘birlikte çalışabilir olmak’ ve ‘birbiri yerine kullanılabilir olmak’ gibi modern teknolojik ürünlerden beklenen özelliklere sahip olması beklenmektedir. Bu husus, sahip oldukları yüksek kuruluş ve işletme maliyetleri nedeniyle, özellikle hastalık teşhis ve tedavi süreçlerinde kullanılan yüksek teknoloji ürünü cihazlar için daha da bir önem kazanmaktadır.

1.1 Motivasyon

Dünyadaki bu gelişmeler ışığında, ülkemizde sağlık hizmetleri ile ilgili teknolojik altyapının bugünü ve geleceği ile ilgili bir değerlendirme yapmak gerekirse, ilk bakışta öne çıkan tespitler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

* Ülkemizde modern ‘bilgi toplumu’ hedefine ulaşmaya yönelik çalışmalar, halen devletin belirli bir IT strateji planı çerçevesinde belirlediği ve ‘e-devlet projesi’ olarak adlandırılan kapsamlı bir proje çalışması çerçevesinde yürütülmektedir,

* Kapsamlı e-devlet projesi, devletin yürüttüğü birçok hizmetlerle ilgili sektörel faaliyet alanlarını kapsamaktadır. Bu sektörel faaliyet alanlarından birisi de sağlık hizmetleri ile ilgili olanıdır. Öyle ki, ülke çapındaki bütün hastane, eczane ve diğer sağlık kuruluşlarının, yerel bilgi ağları ve internet üzerinden birbiri ile bilgi alış verişi yapmasına imkân sağlayan ve halen ‘e-sağlık’ projesi altında geliştirilmeye çalışılan bu sistem sayesinde gelecekte sağlık hizmetlerinin daha koordineli bir şekilde verilmesi amaçlanmaktadır (Kamar ve Ong’ondo, 2007),

* Hastanelerimiz ve diğer sağlık kuruluşlarımız e-sağlık projesi kapsamında bir taraftan kendi çevrelerine hizmet sunacak yerel ‘hastane bilgi sistemleri’ni kurup geliştirmeye çalışırken, diğer taraftan da ülke çapında bir ‘sağlık bilgi sistemi’nin kuruluşuna katkı sağlamaktadır,

* Hastanelerimizde ve diğer sağlık kuruluşlarımızda hastalıkların teşhis ve tedavisi için kullanılan teçhizatın standartlara uygunluğu ve kurulmakta olan hasta bilgi sistemleri ve sağlık bilgi sistemleri üzerinden bilgi paylaşımına imkân sağlaması gibi beklentilerin gerçekleşmesi için, bu cihazların gerekli teknik şartlara uygunluk denetimleri oldukça etkili bir şekilde yapılmaktadır.

Bütün bu gelişmeler, ülke olarak gelecekte sağlık hizmetleri ile ilgili artacak talebin karşılanması açısından yeterince hazırlıklı olduğumuzun bir göstergesini teşkil etmekte ve geleceğimiz adına umutlu olmamızı sağlamaktadır. Ancak, bu kadar olumlu gelişmeye rağmen, özellikle hastalık teşhis ve tedavi süreçlerinde kullanılan ve birçoğu yüksek teknoloji ürünü olan teçhizatın halen neredeyse tümüyle ithal ediliyor olması çok önemli bir eksiklik olarak dikkat çekmektedir (TOBB, 2009).

Bu durum, ülkemizde kaynakların tasarruflu kullanımına yönelik gayretleri başarısız kılabilecek olumsuz bir tablo olarak karşımızda durmaktadır. Bu görünüş, ülkemizin ekonomik gelişmesi açısından hayati bir öneme sahip olan ithal cihazlar yerine yerli teknolojik ürünlerin geliştirilmesi ve ikame edilmesinin önemini göstermesi açısından çok önemli bir örnek teşkil etmektedir. Buna göre, bu cihazların ülkemizde üretilmesi için yapılacak araştırma-geliştirme çalışmalarının gerek devlet, gerekse akademik ve endüstriyel çevreler tarafından güçlü bir şekilde desteklenmesi ve bu hususlarda gerekli teşviklerin yapılması çok büyük önem arz etmektedir.

Çok yüksek teknolojik birikim gerektiren cihazların tasarımı ile ilgili teşebbüsler için gecikme bir mazeret olarak kabul edilebilecek olsa dahi, halen büyük oranda ithal edilen pek çok elektronik teçhizat, günümüzde hızla gelişen gömülü sistem çözümleri ve programlama gayretleri ile ülkemizde üretime hazırlanabilir. Bu hususta gerekli yetişmiş insan gücümüz, gerekli araştırma-geliştirme ve üretim çalışmalarını başarı ile yürütebilecek potansiyele sahiptir. Buna göre, akademik çevrelerin ülkemizdeki mevcut insan gücü potansiyelini iyi değerlendirerek yapabileceği çokça ürün geliştirme faaliyet alanları bulunmaktadır.

Bu kapsamda günümüzde öne çıkan ve çok yaygın olarak kullanılan tıbbi cihaz çeşitlerinden birisi 'hasta izleme sistemleri' şeklinde nitelenebilecek olan ve çok geniş bir cihaz spektrumunu kapsayan cihazlardır. Bu cihazlarla insanların sağlık durumunu yansıtan temel fizyolojik parametrelerin gerçek zamanlı olarak ölçülmesi, izlenmesi ve kaydedilmesi; hastalıkların teşhisi ve hastalık süreçlerinin takibi açısından vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu amaçla kullanılan cihazlar, günümüzde işlem gücü yüksek ve güç harcaması düşük gömülü sistem çözümlerinin hızla gelişimine paralel olarak daha esnek bir şekilde tasarlanmakta ve üretim süreçlerine aktarılabilmektedir.

Hasta izleme sistemlerinin günümüzde en yaygın olarak kullanılanları, ‘hastabaşı monitörü’ olarak da bilinen ve tek başına bir hastayı izlemek amacıyla kullanılabilirdiği gibi, bir ağ yapısı içerisinde merkezi bir izleme sistemine entegre edilerek de kullanılabilen cihazlardır. Buna göre, hasta başı monitörünün merkezi izleme sistemine IP tabanlı bir haberleşme altyapısı üzerinden bağlanması, hem hasta ve hem de sağlık personeli açısından birçok avantajlar sağlar. Örneğin hasta, doktor ve/veya hemşire tarafından gerektiğinde hastane içi veya dışındaki uzak bir yerden gerçek zamanlı olarak izlenebilir; geçmişe ait bilgiler bir veri tabanı üzerinde tutularak hastalığın seyrine ilişkin uzun vadeli değerlendirmeler yapılabilir.

Bu tez çalışmasında ülkemizde sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan bu tür cihazların tasarım ve üretimi için bir potansiyel oluşturma gayretlerine katkı sağlamak düşüncesi ile IP tabanlı bir hasta izleme sisteminin tasarlanması planlanmıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında modern bir hasta izleme sistemine ilişkin donanım ve yazılım altyapısının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Sistem donanımını oluşturan birimlerden analog işaret elde etme ile ilgili olanların kısmen mevcut ürünlerle oluşturulması planlanmıştır. Merkezi işlem birimi (CPU) ise, bir gömülü sistem tasarımı yerine standart bir PC üzerinde geliştirilerek, PC üzerinde kayıt yapılan işaretlerin çeşitli algoritmik yapılara göre değerlendirilebilmesi için esnek bir işaret işleme modülünün oluşturulması planlanmıştır.

Bu kapsamda, sistemde EKG, IBP, NIBP ve solunum gibi çeşitli hayati parametrelere ilişkin verilerin kaydedilerek farklı algoritmik yaklaşımlarla işlenmesi suretiyle, ‘aritmi’ ve ‘uyku apnesi’ gibi belirli hastalıkların tespitinde kullanılabilecek uygulamaların geliştirilmesine hizmet edecek bir altyapının oluşturulması amaçlanmıştır.

Böylece, bu tez çalışmasının temel amaçlarından birinin ülkemizde sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan bu tür cihazların tasarlanması gayretlerine katkı verilmesi olduğu söylenebilir.

Ayrıca, sistemin hasta birimini oluşturan bileşenlerden işaret işleme modülü üzerinde özellikle uyku apnesi hastalığının tespitine yönelik farklı algoritmik yaklaşımlar öne-

rilip test edilmek suretiyle, gerçekleştirilecek olan sistemin günümüzde apne teşhisi için halen yaygın olarak kullanılan polisomnografi cihazına alternatif olarak kullanılacak bir ürün olma özelliğine kavuşturulması amaçlanmıştır.

1.3 Literatür Araştırması

Hastaların takibi amacıyla doktorların hastaya ait bilgileri ve bir önceki gözlemlerini hatırlamak için çeşitli kâğıtlar üzerine not tutmaları 19. yüzyılda başlamıştır (Shortliffe, 1999). Bu yıllarda hastalar çalışmalarını bu şekilde yürüten doktorları tercih etmeye başlamıştır (Tipton ve Krause, 2004). Bununla birlikte, geleneksel kağıt tabanlı klinik kayıtlar üzerinde çeşitli tartışmalar süregelmiştir (Milholland, 1989). Bu tartışmalarda ileri sürülen problemlerden biri orijinal dokümana ilişkin yalnız bir kopyanın olmasıdır (Hunter, 2002). Dolayısıyla doküman çeşitli zamanlarda birçok farklı insan tarafından kullanılmakta ve sonucunda da doküman kaybolmaktadır. Diğer bir problem ise, orijinal dokümanın bir kopyasının olmadığı ve herhangi biri tarafından kullanımda olduğu bir anda oluşabilecek acil durumlarda dokümana erişimin olmamasıdır.

Zaman içinde hasta kayıtlarının daha organize edilmiş bir şekilde saklandığı ve kayıtlara istenilen zamanda erişimin mümkün kılındığı bir sistem üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Waegemann, 2003). Bu çalışmalar neticesinde bilgisayar tabanlı sistemler geliştirilmiştir (Milholland, 1989). Hastane içinde bilgisayar kullanımı 1960' lı yılların başlarında başlamıştır. Ancak kullanım amacı hastane içerisindeki yönetim ve mali kontrol faaliyetlerinin gerçekleştirilmesidir.

Günümüzde ise elektronik ve yazılım alanlarındaki gelişmelerin neticesinde karar alımını geliştiren ve medikal hataları azaltan, aynı zamanda medikal bilgiye erişimin daha hızlı olduğu, bilgisayarların daha etkin kullanıldığı klinik işlem sistemi geliştirilmiştir (Hunter, 2002). Oluşturulan bu sistem kritik bakım ünitelerinde kağıt tabanlı olarak kullanılan sisteme ait bütün fonksiyonları içermekte, aynı zamanda hastadan aldığı verileri kaydetmekte ve organize etmektedir (Berner ve diğ., 2005). Bu sistem literatürde günümüze kadar farklı isimlerle anılmış olsa da en yaygın olarak kullanılan ismi elektronik sağlık kaydıdır.

Elektronik sağlık kaydı, sağlık hizmeti sağlayıcısı tarafından oluşturulmakta ve elektronik olarak hastaya ilişkin medikal bilgiler kayıt altına alınmaktadır (Blobel ve diğ., 2002). Medikal kayıt içerisinde hastaya ait fiziki bilgiler, ulaşım, teşhis, ilaç ve test bilgilerinin yanı sıra hastadan alınan fizyolojik bilgiler de yer almaktadır. Hastaların fizyolojik parametrelerinin lölmesi işlemleri hasta izleme sistemleri ile gerçekleştirilmektedir.

Hasta izleme sistemlerinin temelleri 1800'lü yıllara dayansa da modern anlamda elektronik özömlerle desteklenmiş, veriyi alan ve CRT monitör üzerinde göröntüleyen ilk hasta izleme sistemi 1952 yılında gerçekleştirilmiştir (Himmelstein,1952). Bu sistemde hastadan alınan EKG verisi anlık olarak CRT monitör üzerinde göröntülenmekte ve kalbin atım anları arasındaki geçen sürenin hesaplanmasıyla anlık kalp atım hızı belirlenmektedir. Bu sistemden sonra çeşitli firmalar EKG verisini göröntüleyen izleme sistemi geliştirmişlerdir.

İlk defa 1960 yılında kullanılmaya başlanan ilk izleme sistemlerinden biri Dr. Norman J. Holter tarafından geliştirilen Holter cihazıdır. Bu sistem yaklaşık 24 saat veri alınmasına olanak sağlayan giyilebilir ve taşınabilir bir EKG cihazıdır. Bu sistemde verinin alınmasından sonra doktor tarafından verinin kaydedilmesi, düzeltilmesi ve işlenmesi gerekmektedir. 1965 başlarından itibaren yoğun bakım ünitelerindeki kalp rahatsızlığı olan hastaların EKG değerlerinin otomatik olarak lölmesi yaygınlaşmıştır (Thomas ve diğ.,1979). Geliştirilen bu sistemler, uzun süreli kayıt edilmiş EKG verisi üzerinde aritmi analizleri yapabilmektedir. 1970'li yıllarda elektronik alanındaki gelişmelerle birlikte EKG verisini alan, göröntüleyen ve kaydedebilen izleme sistemi gerçekleştirilmiştir (Glaeser ve Thomas, 1975). Bu sistemde verinin kaydedilmesi işlemi 128 kilobaytlık bellek üzerinde yapılmakta ve birimler arasındaki haberleşme seri arayüz ile sağlanmaktadır.

1970'li yılların sonlarına doğru medikal personel tarafından ekran üzerindeki sinyalin daha detaylı incelenebilmesi için değişken tarama hızına ve ani durumlarda alarm özelliğine sahip hasta izleme sistemleri geliştirilmiştir (Url-2).1980'li yıllarda daha modöler ve işlem gücü daha yüksek hasta izleme sistemleri geliştirilmiştir (Evaluation of Operating Room Monitors, 1982). Bu yıllara kadar geliştirilen hasta izleme sistemlerinin işlem kapasitesi sınırlı olmakla birlikte boyutları itibari ile taşınması zahmetli ve kullanımları da pratik olmayan sistemlerdir.

1990'lı yıllardan itibaren birden fazla parametre ölçebilen, bir ağ vasıtası ile veriyi uzak bir mesafeye aktarabilen, boyutları itibari ile de daha küçük mobil hasta izleme sistemleri üretilmeye başlanmıştır (Physiologic Monitoring Systems Evaluation, 1999).

Yeni algılayıcı türlerinin geliştirilmesiyle birlikte ölçülen fizyolojik sinyaller de çeşitlenmiş, SpO₂, IBP, NIBP gibi yeni parametreler literatüre girmiştir (Hay ve diğ., 2002). 2000'li yıllardan itibaren farklı fizyolojik sinyallerin ölçülmesi ve işlenmesi suretiyle hastalık tanısında kullanılacak yeni algoritmik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Elektronik alanındaki hızlı ilerlemelerle birlikte kullanıcı dostu, dokunmatik renkli ekranlı, daha hızlı ve güvenilir hastalık tanısına ve alarm algoritmasına sahip hasta izleme sistemleri geliştirilmiştir (Lepape ve diğ., 1990, Tsien ve Fackler, 1997, Chambrin ve diğ., 1997, Imhoff ve Kuhls, 2006, Hagenouw, 2007). 2000' li yıllarda internet ve intranet aracılığıyla uzak bir mesafeye gerçek zamanlı veri aktarabilme özelliğine sahip hasta izleme sistemi geliştirilmiştir (Pollard ve diğ., 2001). Bu sistemde hasta başı biriminden alınan parametreler internet ya da intranet üzerinden merkezi izleme birimine gönderilmekte, hastalık tanısı bu birim üzerinden medikal personel tarafından gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda ise medikal personelin izleme sistemlerinden alınan verinin hasta defterine kayıt edilmesinde yaşadıkları olumsuzlukların ve hataların giderilmesi için otomatik hastalık tanısına sahip izleme sistemlerinin geliştirilmesine dönük çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Bsoul, M., 2011).

Doktorların medikal tanı ve reçete yazımını desteklemek için birçok akıllı destek sistemi geliştirilmiştir (Corchado ve diğ., 2008, Turban E., 2007). Bu kapsamda geliştirilen akıllı destek sistemlerinden olan polisomnografi cihazı, uyku apnesi hastalığı tanısında kullanılmaktadır (Chang Da-Wei ve diğ., 2012). Polisomnografi cihazının hastalık tanısını gerçekleştirebilmesi için hastadan gece boyunca kayıt alınması gerekmektedir. Dolayısıyla bu işlem hem hasta hem de medikal personel için zahmetli ve vakit alıcı olmaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte hasta izleme sistemleri hastadan alınan EKG, SpO₂, solunum gibi fizyolojik parametrelerin bir ya da birkaçının işlenmesiyle anlık olarak uyku apnesi hastalığı tanısı koyabilmektedirler (Oliver ve Flores-Mangas, 2006, Khandoker ve diğ., 2009, Patangay ve diğ., 2007, Raymond ve diğ., 2000, Chazal ve diğ., 2003). Oliver ve Flores-Mangas SpO₂ sinyalini, Patangay ve diğ. kalp ses sin-

yali ile EKG sinyalinini kullanarak uyku apnesi hastalığını görüntülemiştir. Dakika bazlı uyku apnesi hastalığı tanısı için geliştirilen bu algoritmaların doğruluk oranları %80 ile %90 arasında değişmektedir.

1.4 Tezin İçeriği

Belirtilen amaca uygun olarak tezin içeriği aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

Birinci bölümde problemin tanımlanmasına, tezin amacı ve kapsamına değinilmiştir.

İkinci bölümde sağlık bilgi sistemlerinin genel yapısı ve içinde yer alan hastane bilgi sistemleri ile hasta izleme sistemleri ile ilgili temel tanımlar verilmiştir.

Üçüncü bölümde modern bir hasta izleme sistemini oluşturan birimlere ilişkin detaylı bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde tez kapsamında gerçekleştirilen hasta izleme sistemindeki hastabaşı birimi ve merkezi izleme birimi tanıtılmıştır.

Beşinci bölümde bu tez çalışmasına özgün olarak oluşturulan işaret işleme modülü ve uyku apnesi hastalığı için geliştirilen algoritmik yaklaşımlar anlatılmıştır.

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

2. SAĞLIK BİLGİ SİSTEMLERİ

Bilgisayar tabanlı bilgi sistemlerinin hasta bakım hizmetlerinde kullanımı 1960'lı yıllarda başlamıştır. 1960 ve 1980 yılları arasında kullanılan sağlık bilgi sistemleri laboratuvar, radyoloji ve yönetim gibi birimlere ait yazılım uygulamalarından oluşmaktadır (Haux, 2006). 1990'lı yıllarda yapılan çalışmaların ve ticari uygulamaların amacı hasta merkezli veri işleme yapısına sahip yerel ve ulusal sağlık sisteminin entegre çalıştığı bir yapının oluşturulmasıdır (Haux, 2006).

Elektronik sağlık kayıtlarının güvenli bir şekilde oluşturulması, sağlık hizmeti sağlayıcıları arasında verinin paylaşımı ve hasta bakım hizmetlerine dayanan bilgi tabanının oluşturulması günümüzde bu alandaki çalışmaların ana konularındandır. Sağlık bilgi sistemi, içerisinde haberleşme ve karar alma amacıyla sağlık hizmeti bilgisi ve verisini işleyen, barındıran ve paylaşabilen donanım ve yazılım araçlarını içeren bir bütündür (Goodman, 2005). Modern sağlık bilgi sistemleri finans, idari, kaynak yönetimi, birim yönetimi, karar alımı ve sağlık bilgi tabanı fonksiyonlarını oluşturan çeşitli servisleri sağlamaktadır (Ayers ve diğ., 2006). Sağlık bilgi sistemi içerisinde veri paylaşımı hastaneler, eczaneler ve klinikler gibi bölgesel birimler arasında olmasının yanı sıra ulusal ölçekte merkezi kurumlar arasında da olmaktadır (Haux, 2006). Her iki durumda da veri birçok sağlık kuruluşu arasında paylaşılmaktadır.

Bilgi, bakım hizmetlerinde karar alımı için çok büyük öneme sahiptir. Bununla birlikte verinin zamanında oluşturulması ve güvenilir olması bakım hizmetleri içerisindeki değerini arttırmaktadır. İyi yapılandırılmış güvenli bir sağlık bilgi sisteminde güvenli veriye erişimin mümkün olmasının yanı sıra hastalar, doktorlar ve idari personel için avantajlar sağlanmaktadır. Sağlık bilgi sistemleri içerisinde oluşturulan veri tanı ve tedavi işlemlerinde, karar alımını desteklemede, ileri düzey araştırmalarda ve medikal eğitiminde, sağlık planları ve sigortalarının yönetimi için ihtiyaç duyulan bilgiye erişimi mümkün kılmaktadır (Conrick, 2006).

Klasik sistemlerde hastaya ilişkin veriler kâğıt tabanlı kayıt altına alınmakta, tarihlerine göre düzenlenmektedir ve saklanmaktadır. Kâğıt tabanlı sistemlerde veriler yıllara, hasta isimlerine ve diğer bilgilere göre sınıflandırılmakta ve dolaplarda saklanmaktadır. Hastanelerde, kliniklerde medikal personelin hastalık sürecini takip edebilmesi için ilgili dosya ya da klasörün kendisine getirilmesini beklemektedir. Dolayısıyla bu süreç hem hasta hem de medikal personel için hem vakit alıcı hem de zahmetli olmaktadır.

Günümüzde sağlık bilgi sistemleri içerisinde, bilgi ve haberleşme teknolojilerinin gelişimi ile birlikte bahsedilen olumsuzlukları gideren bir elektronik kayıt sistemi geliştirilmiştir. Elektronik sağlık kaydı olarak adlandırılan bu sistemde hastaya ilişkin bilgiler elektronik ortamda kaydedilmekte ve her hastalık sürecinde otomatik olarak güncellenmektedir. Hastaya ilişkin bilgilerin elektronik olarak kaydedilmesinde hastane bilgi sistemleri önemli bir yere sahiptir.

2.1 Hastane Bilgi Sistemleri

Hastane bilgi sistemleri (HBS), hastane hizmetlerinin bilgisayar aracılığı ile gerçekleştirilmesi, elektronik ortamda bilgi alışverişinin otomatik olarak yapılması gibi, tıbbi, finansal ve mali hizmetler açısından ortaya çıkan detaylı bilgilerin bilgisayara dayalı bir enformasyon sistemi ile kayıt altına alınıp, bilgiye dönüştürme işlemi olarak tanımlanmaktadır (Köksal ve Esatoğlu, 2005). HBS, hastanenin idari ve tıbbi bilgilerinin yönetimini kolaylaştırmak ve sağlık hizmetlerinin kalitesini yükseltmek için düzenlenmiş bir bilgi sistemi olarak da tanımlanabilir. İdari ve tıbbi bilgileri iç içe, bir arada tutabilen sistemlere bütünlük HBS denilmektedir (Yılmaz ve Aloğlu, 2002).

Başlangıçta sadece doğru faturalama ve irsaliye yazılımı gereksiniminden doğan HBS, zamanla tüm hastane işlemlerini (hastanın kimlik, tetkik, muayene bilgilerinin kaydı; randevu verme; reçete ve rapor hazırlama; laboratuvar sonuçlarının aktarılması; elektronik hasta kayıtları; stok takibi; yönetim raporları; kalite verilerinin irdelenmesi; vb.) kapsayan süreçlere dönüşmüştür (Rodoplu, 2007-2008). Dolayısıyla HBS'nin ana işlevi, ait olduğu kuruluşun bilgi taleplerini doğru, zamanında ve eksiksiz bir biçimde karşılamaktır (Işık ve Akpolat, 2010). Bu kapsamda, bir hastaneye ait günlük rutin uygulamalar, hastaya yapılan tanı ve teda-

viye ilişkin uygulamalar, genel yönetim işlemleri ve mali işlemlerin gerçekleştirilmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Köksal ve Esatoğlu, 2005).

HBS'nin temel amacı bir hastanenin yönetiminde gerekli bilgilerin tam, doğru ve zamanında karşılanmasıdır (Işık ve Akpolat, 2010). Bir hastanenin bilgi ihtiyacı, çok çeşitli alanlarda kendini göstermektedir. Bilgi sistemlerinin stratejik planlama, hizmet geliştirme ve pazarlamaya sağladığı destek ile talepler, kullanım oranları ve pazarın niteliği hakkındaki bilgilere ulaşılmaktadır (Işık ve Akpolat, 2010). Stratejik planlama ve sürekli kalite geliştirmeye sağladığı destek ile hasta memnuniyeti; tıbbi hizmetlerin maliyeti, kalite ve etkinlik göstergelerinin takibi ile teşhis ve tedavi planlarının yapılması için uzman tıbbi veri tabanları sağlanmaktadır (Işık ve Akpolat, 2010). Verimlilik analizi ve iyileştirme desteği ile her bir ana maliyet merkezi için belirlenmiş performans standartlarının karşılaştırılmasına, ayrıca tıp profesyonelleri ile ilişkilerin iyileştirilmesine sağladığı destek sayesinde hastane ile tıp profesyonellerinin (doktor, laboratuvar, uzman merkezler, sigorta şirketleri) arasında elektronik bağlantıların kurulmasına imkân vermektedir (Austin ve diğ., 1995). HBS içerisinde önemli bir yere sahip olan klinik bilgi sistemleri; kurum içerisinde entegrasyonu geliştirmeli, kalitenin geliştirilmesine ve verimliliğin artışına katkı sağlamalı, hasta ve hekim memnuniyetini artırmalı, hekimlerin mevcut ağ içerisinde kalmasını sağlamalı, kurumların akademik misyonuna destek olmalı ve hizmet hatlarını desteklemelidir (Kuperman ve diğ., 2000).

Klinik bilgi sistemlerinin temelinde hastadan veri alınması işlemlerinin gerçekleştirildiği hasta izleme sistemleri yer almaktadır.

2.2 Hasta İzleme Sistemleri

Hastaların fiziksel ve fizyolojik durumlarını belirten güvenilir parametreler medikal personel tarafından hastalık tanı ve tedavisinde ihtiyaç duyulan çok önemli bilgidir. Hastaya ait fizyolojik parametrelerin sürekli olarak kayıt edilmesi ve geçmişe dönük verilerin incelenmesi gerekmektedir. Bu işlemin medikal personel tarafından sağlanması çok güç olmakla birlikte insan faktöründen dolayı verilerde hatalar olabilmektedir. Bu kapsamda uzman sistemler medikal personele verilerin sağlanmasında çok önemli rol üstlenmiştir (Special issue on Intelligent Systems for Patient Monitoring and Management, 1993). Günümüzde hastanelerde bir uzman sistem olarak hasta izleme sistemlerinin kullanımı vazgeçilmez bir unsurdur.

Hasta izleme sistemi (HIS) EKG, solunum, kan basıncı, kandaki oksijen oranı (SpO₂) ve vücut sıcaklığı gibi fizyolojik sinyallerin görüntülenmesi amacıyla kullanılan çok önemli cihazlardır. HIS'te fizyolojik sinyallerin elde edilebilmesi için EKG elektrotları, SpO₂ parmak algılayıcısı, sıcaklık algılayıcısı gibi çoklu elektrotlar ve algılayıcılar kullanılmaktadır. Sürekli gelişen teknoloji ile birlikte HIS'ler, fizyolojik parametrelerin ilgili personel tarafından anlaşılacak bilgilere dönüştürülmesinin yanı sıra ölçümlerin basitleştirilmesi ve sonucunda da hastaların izlenmesi verimliliğini artmıştır.

Günümüzde ölçümlere ve bilgi aktarımına ilişkin teknolojik gelişmeler daha kapsamlı ve kaliteli HIS ürünlerinin üretilmesine öncülük etmiştir. Geçmişte baskın medikal cihaz üreticileri tek parametrelili ürünler geliştirmekteydi. Ancak günümüzde çok parametrelili HIS'lerin yaygın bir şekilde kullanılmasından dolayı endüstride HIS'ler iki kategoride sınıflandırılmaktadır.

2.2.1 Tek Parametrelili Sistemler

Tek parametrelili HIS'ler sadece tek bir fizyolojik parametrenin ölçülmesi için tasarlanmıştır. Oldukça eski bir teknoloji olmasına karşın halen birçok gelişmekte olan ülke tarafından kullanılmaktadır. Tek parametrelili HIS'lerin maliyeti düşük olmakla birlikte üretimi ve bakımı çok kolaydır.

Tek parametrelili HIS'ler insan vücudundaki farklı fizyolojik parametrelerin görüntülenmesi amacıyla EKG monitörü, SpO₂ monitörü vb. olarak kullanılmaktadır.

2.2.2 Çok Parametrelili Sistemler

Çok parametrelili HIS'ler çoklu kritik fizyolojik parametrelerin EKG, solunum oranı, kan basıncı gibi hayati bilgilere dönüştürülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Dolayısıyla çok parametrelili HIS medikal cihaz sektörü içindeki çok önemli yerini korumaktadır. HIS, süregelen gelişim sayesinde medikal personel tarafından çoklu fizyolojik parametrelerin alınmasına yardımcı olmaktadır.

Günümüzde birden çok fizyolojik parametrenin tek bir cihaz içinde işlenmesini ve görüntülenmesini sağlayan çok parametrelili HIS'ler fizyolojik parametrelerin ölçülmesini kolaylaştırmakla beraber bu parametrelerin görüntülenmesi ile ilgili verimliliği de arttırmıştır. Örnek bir çok parametrelili hasta izleme sistemi Şekil 2.1'de verilmiştir.

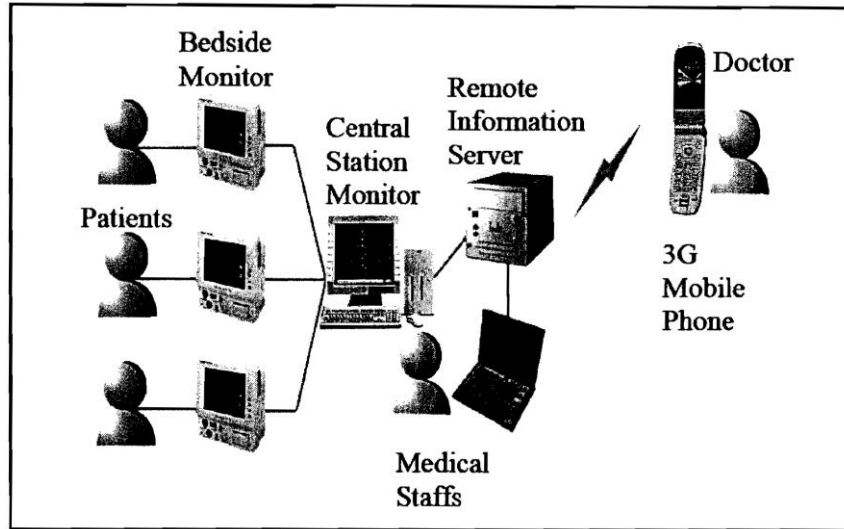


Şekil 2.1 : Çok parametrelı hasta izleme sistemi (Ur1-3).

3. MODERN BİR HASTA İZLEME SİSTEMİNİN YAPISI

Hasta bakım konseptleri 1960'lı yıllarda başlamıştır. Başlarda hasta bakıcılar gerekli tedaviyi kendi içgüdüleri ile uygulamaktaydı. Birçok kavramla birlikte hastane ortamında kritik karar ve tanı için hasta izleme sistemleri gelişmiştir. Geçen süre içinde, hasta izleme sistemleri kan basıncı, glikoz seviyesi, karbondioksit hacmi, kalp atım hızı ve diğer biyometrik değerlerin ölçüldüğü taşınabilir izleme sistemleri haline almıştır. Günümüzde, hastabaşı monitörleri taşınabilen, farklı klinik uygulamalara uyum sağlayabilen, çeşitli kablolu ve kablosuz arayüzleri destekleyen sistemler olarak üretilmektedir.

Modern hasta izleme sistemlerinin en önemli özellikleri taşınabilir olması, kullanımının kolay olması ve hastaya ait bilgileri farklı konumlardaki ilgili birimlere aktarılabilmesidir. Modern hasta izleme sistemleri farklı medikal cihazlar ile uyum sağlayan arayüzlere sahiptir. Modern hasta izleme sistemlerinin kullanım kolaylığı dokunmatik ekranlar ve hastadan alınan hayati parametrelerden üretilen farklı istatistiki bilgilere göre oluşturulan farklı menü profilleri ile sağlanmıştır. Yüksek nüfuslu yerel ve uzak bölgelerdeki hasta bakım hizmetleri, ekonomik dengelerin sağlanabilmesi için uzaktan izleme ve tele tıp sistemleri kullanılmaktadır.



Şekil 3.1 : Modern hasta izleme sistemi (Zhang , 2007)

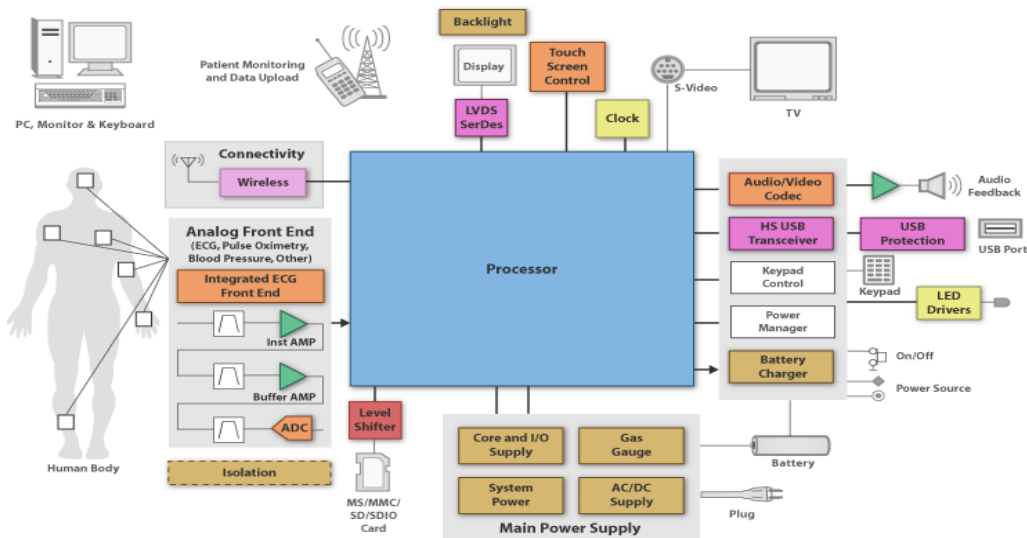
Hastanın tedavisi ve izlenmesi amacıyla kullanılan cihazların geliştirilmesindeki zorluklar cep telefonlarındakine benzerdir. Güçlü bir haberleşme altyapısının, işlemcinin ve iyi geliştirilmiş yazılımların bu cihazlarda kullanılmış olması gerekmektedir.

Modern bir hasta izleme sistemi içerisinde hastadan fizyolojik parametreleri alan ve çeşitli analizleri gerçekleştirebilen ve kaydedebilen, aynı zamanda bir sunucuya gönderebilen hasta başı birimi, bir klinikteki ya da hastane içerisindeki bir bölümde yer alan hasta başı birimlerinden gelen verileri görüntüleyen, kaydedebilen ve uzak izleme birimine gönderebilen merkezi izleme birimi, doktor ya da yetkilendirilmiş kişilerin hastabaşı biriminden alınan verilere erişimini sağlayan uzak izleme birimi bulunmaktadır (Şekil 3.1).

3.1 Hasta Başı Birimi

Hasta başı birimi hastadan fizyolojik parametreleri alan ve çeşitli analizleri gerçekleştirebilen ve kaydedebilen, aynı zamanda bir sunucuya gönderebilen modern bir hasta izleme sistemi içerisindeki en temel birimdir. Hastaya ait fizyolojik parametreleri çoklu olarak görüntüleyebilmesinden dolayı başta ameliyathaneler olmak üzere yoğun bakım üniteleri, acil servisler gibi sürekli takip gerektiren durumlarda hastane içerisinde ve mobil olarak ambulanslarda kullanılabilir.

3.1.1 Sistemin Blok Şeması

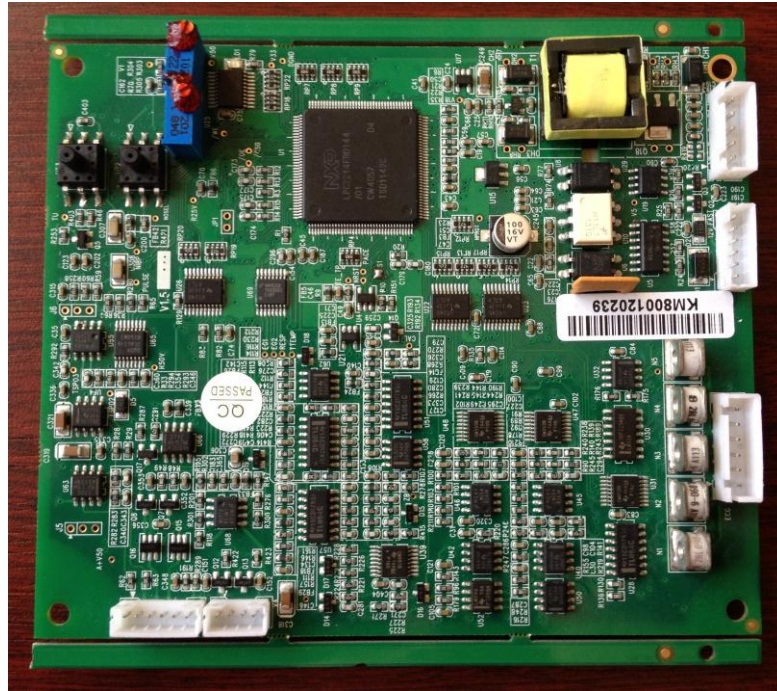


Şekil 3.2 : Hasta başı birimi blok diagramı (Url-4).

Hastabaşı birimi temel olarak hastadan parametrelerin alınmasını sağlayan analog ön devrelerden, tüm işlemlerin kontrol ve yönetiminin sağlandığı merkezi işlem biriminden, bu birimin diğer çevre aygıtlarla bağlantılarını sağlayan giriş-çıkış birimlerinden, istatistik bilgileri kullanıcıya görüntüleyen ekran biriminden ve güç biriminden oluşmaktadır (Şekil 3.2).

3.1.2 Analog Ön Devreler

Hastalardan veri alma sistemlerinde, özellikle de hasta izleme sistemlerinde, yüksek gerilimlerden daha ziyade düşük elektrik sinyallerinin ölçülmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir. Analog-ön devreler alınan sinyal üzerinde gerekli sayısal işlemeyi yaparak diğer çevre birimleriyle haberleşmeyi sağlamaktadır. İzleme sistemlerinde elektriksel ve mekaniksel ölçüm yöntemleri, klinik ve klinik olmayan ortamlarda tanı, izleme ve bilimsel amaçlar için kullanılmaktadır. Analog-ön devreler hasta izleme sistemi çeşidine göre hastadan aldığı EKG, SpO₂, solunum, vücut sıcaklığı gibi sinyalleri sayısal hale getirerek ilgili çevre birimine aktarmaktadır. Hastadan birden fazla fizyolojik parametreyi alarak oluşturduğu bilgileri seri port üzerinden ilgili çevre birimine aktaran örnek bir analog-ön devre Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 : Analog-ön devre örneği (Url-5).

İnsanın kalbinin atmasıyla kalpten vücudun diğer bölgelerine elektriksel bir akım yayılır. Yayılan elektrik akımı vücudun farklı noktalarında biyolojik algılayıcılarla ölçülebilecek farklı potansiyeller oluşturur. 3 ya da 5 farklı noktadan alınan potansiyel değerlerine göre yapılan hesaplamalarla kalbin atım hızı bulunmaktadır.

Hastaların kulak, ayak ya da el parmaklarına bağlanan algılayıcı ile birlikte kandaki oksijen oranı hesaplanmaktadır. Algılayıcıda karşılıklı olarak kızılötesi ve kırmızı ışık yayan diyot ile ışık emen diyot yerleştirilmiştir. Oksijeni az olan hemoglobin daha fazla kızılötesi ışığın karşı tarafa geçmesine izin verecek ve daha fazla kırmızı ışık emilecektir. Dolayısıyla emilen ışık miktarına göre hemoglobindeki oksijen oranı hesaplanmaktadır.

Solunum bilgisinin hesaplanması ise oksijen tüplerindeki valfin öncesine ve sonrasına konulan iki adet basınç algılayıcısı ile yapılmaktadır. Bu iki algılayıcıdan alınan veriye göre hesaplamalar işlemci tarafından gerçekleştirilmekte ve hastanın solunum hızı bulunmaktadır.

Katater aracılığıyla basınç borusuna bağlanan basınç algılayıcısı invaziv olarak hastanın kan dolaşımına bağlanır. Kan dolaşımının damarlarda oluşturduğu basınç, basınç borusundaki bir sıvı sütunuyla basınç algılayıcısına aktarılır. Algılayıcı bu basınç bilgisini elektriksel sinyale dönüştürür. Elektriksel sinyal ile yapılan hesaplamalarla kan basıncı bulunmuş olur.

3.1.3 Merkezi İşlem Birimi

Merkezi işlem birimi, çevresindeki bütün birimlerin yönetimini gerçekleştirmekte, işlemlerin koordinasyonunu sağlamakta ve hastabaşı birimindeki genel işlemleri yürütmektedir. Dolayısıyla merkezi işlem biriminin işlem gücü yüksek olmalıdır. Günümüzde elektronik alanındaki gelişmelerle birlikte modern hasta izleme sistemlerinde ARM tabanlı işlemciler kullanılmaktadır. İşlemci içerisinde işlemlerin koordineli bir şekilde yürütülmesi için kullanılan gerçek zamanlı saat, çevre aygıtlar ile iletişimin sağlanabilmesi için haberleşme birimleri, analog-sayısal dönüştürücüler gibi gömülü sistemlerde ihtiyaç duyulan tüm donanımlar bulunmaktadır.

3.1.4 Haberleşme Altyapısı

Hastabaşı biriminde işlemlerin yürütülmesi, kaynakların etkili kullanımı, verinin paylaşımı amaçlarıyla seri haberleşmeden çeşitli ağ sistemlerine kadar farklı haberleşme protokolleri kullanılmaktadır. Analog-ön devreler aracılığıyla hastalardan alınan fizyolojik parametreler seri haberleşme aracılığıyla merkezi işlem birimine aktarılmaktadır. Merkezi işlem biriminde, çeşitli algoritmaların uygulanmasıyla elde edilen istatistiki bilgiler görüntülenmek üzere grafik birimine ya da merkezi izleme birimine bir ağ vasıtasıyla gönderilmektedir.

3.1.5 Veri Depolama

Modern hasta izleme sistemlerinde geçmişe dönük olarak hastadan alınan fizyolojik parametrelerin detaylı olarak incelenebilmesi için veriler kayıt altına alınmaktadır. Geçmişe dönük maksimum kayıt süresi üretici firmalara göre farklılık göstermekle birlikte geliştirilen son ürünlerde bu rakam 120'dir. Kayıtlar bir sabit disk üzerinde ya da dahili bellek üzerinde saklanmaktadır.

3.1.6 İşaret İşleme

Hasta izleme sistemlerinde alınan sinyaller üzerinde çeşitli algoritmaların uygulanmasıyla farklı hastalık çeşitlerinin tanısı konulabilmekte ve beklenmeyen durumlarda kullanıcıya sesli ve görsel uyarı verilmektedir. Algoritmaların uygulanması son geliştirilen sistemlerde verilerin alındığı analog ön devrelerde gerçekleşmektedir.

3.2 Merkezi İzleme Birimi

Merkezi izleme birimi birden fazla hastabaşı biriminden gelen fizyolojik parametreleri, istatistiki bilgileri, alarm durumlarını görüntülemekte ve kullanıcı tarafından belirlenen sürede geçmişe dönük bilgiler kaydedilmektedir. Merkezi izleme birimine yapılan hastabaşı birimi bağlantı sayısı değişiklik gösterse de geliştirilen son ürünlerde bu sayı 32'dir. Merkezi izleme birimiyle hastabaşı birimi arasındaki bağlantı günümüzde kablolu ya da kablosuz olarak yapılmaktadır. Merkezi izleme birimine gelen veriler uzak izleme birimi tarafından da görüntülenebilmesi için uzak izleme sunucusuna kaydedilmektedir. Merkezi izleme birimi olarak geliştirilmiş örnek bir sistem Şekil 3.4 'te verilmiştir.



Şekil 3.4 : Merkezi izleme birimi (Url-6).

3.3 Uzak İzleme Birimi

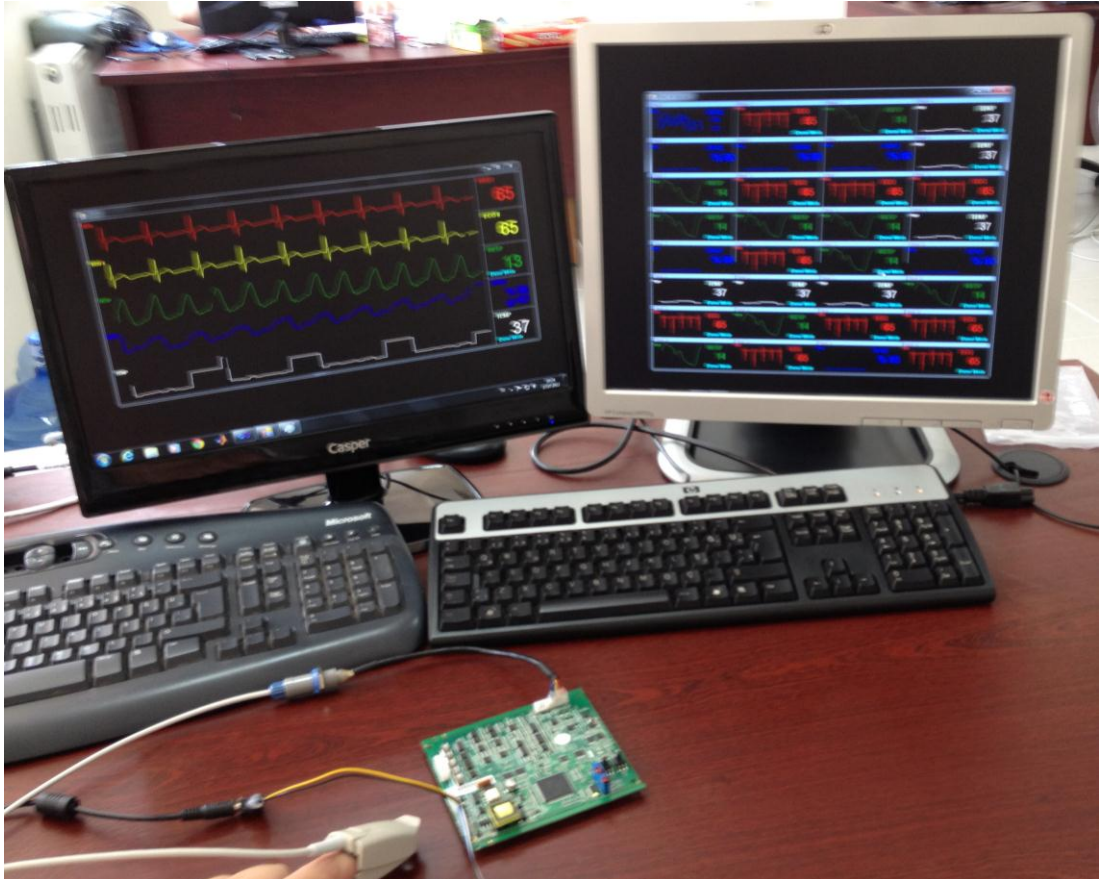
Uzak izleme birimi, internet ortamında hastane içerisindeki uzak izleme sunucusuna bağlantı imkânı veren bilgisayar, tablet bilgisayar ya da cep telefonu olabilir. Bu cihazlar medikal personel ya da hasta tarafından kullanılarak hastaya ait bilgiler anlık ya da geçmişe dönük olarak izlenebilmektedir. Doktorlar tarafından izlenen bilgiler doğrultusunda uzak izleme birimine tedavi süreciyle ilgili gerekli direktifler gönderilebilmektedir. Uzak izleme birimi olarak geliştirilmiş tablet bilgisayar ve cep telefonuna ilişkin örnekler Şekil 3.5’te verilmiştir.



Şekil 3.5 : Uzak izleme birimi (Url-7)

4. GERÇEKLEŞTİRİLEN SİSTEM

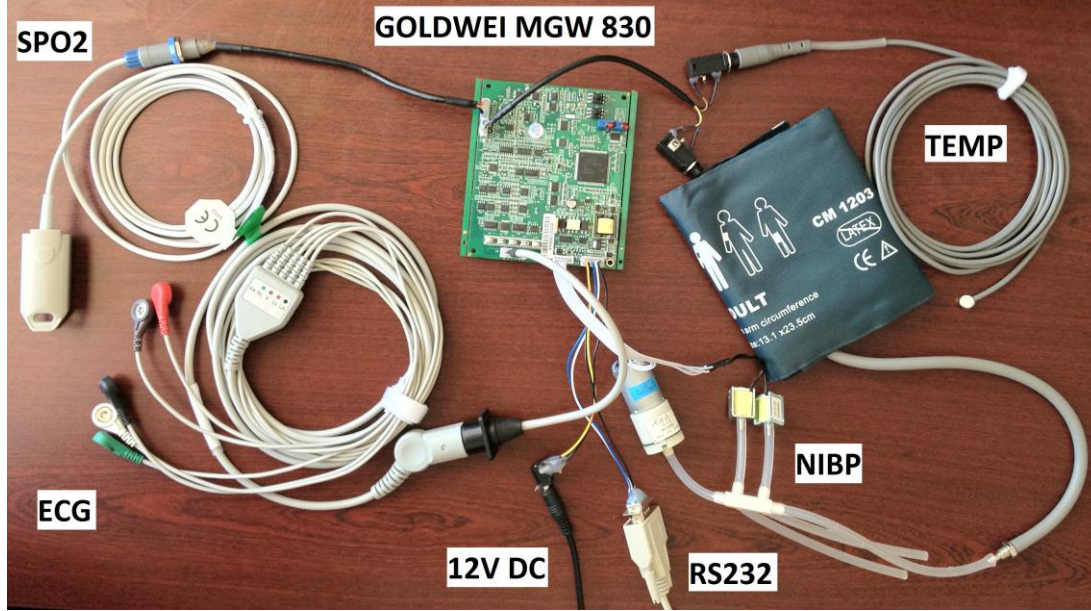
Modern hasta izleme sistemleri içerisinde yer alan hasta başı ve merkezi izleme birimi bu tez kapsamında gerekli donanım ve yazılım tasarımları, donanım altyapısı kısmen hazır çözüm kullanılarak, gerçekleştirilmiştir. Sistem hastabaşı birimi ve merkezi izleme birimi olmak üzere iki temel ögeden oluşmaktadır. Hastabaşı biriminde hastadan alınan veriler görüntenlenmekte, kaydedilmekte ve merkezi izleme birimine gönderilmektedir. Merkezi izleme biriminde ise hastabaşı birimden gelen veriler görüntenlenmekte ve kaydedilmektedir. Gerçekleştirilen sisteme ait görünten Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Gerçekleştirilen sistemin görüntenü

Sistemin hasta başı biriminde hastadan veri alınabilmesi için Goldwei firmasının geliŐtirimiŐ olduğu MGW830 çok parametrelili modül kullanılmıştır (Goldwei User

Manual, 2012). Kullanılan modül halen yine bu firmanın geliştirdiği hastabaşı monitörlerinde analog-ön devre olarak kullanılmaktadır. Modül hastadan SpO₂, EKG, vücut sıcaklığı ve NIBP bilgilerini alarak seri port arabirimini kullanarak merkezi modüle göndermektedir. Modülün tüm algılayıcıları ile bağlantıları yapılarak çekilen görüntüsü Şekil 4.2 'de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Kullanılan analog-ön devre

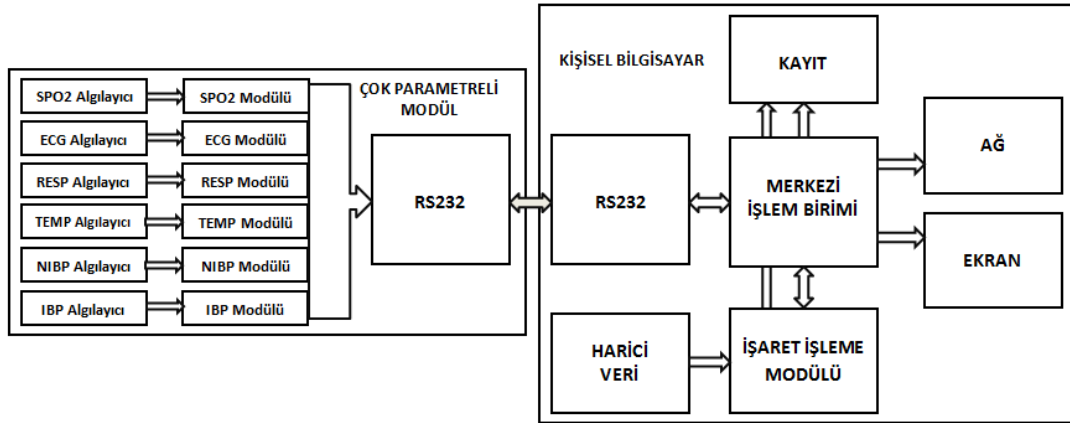
Seri port seri bir bağlantı noktası, seri iletişim, her seferinde içeriye veya dışarıya doğru bir bit bilgi transfer eden fiziksel bir ara yüzdür. Kişisel bilgisayarların tarihi boyunca terminaller veya modemler gibi cihazlar ile bilgisayarlar arasındaki veri transferi çoğunlukla seri bağlantı noktaları üzerinden sağlanmıştır. Fare, klavye, diğer çevre birimleri de bu yolla bilgisayara bağlanmaktadır. Bilgisayar üzerindeki seri port, asenkron alıcı-verici devresine sahiptir. Bilgisayarlardaki birden fazla asenkron seri iletişim birimi, birbirinden bağımsız olarak çalışabilirler. Bu birimler com1, com2 şeklinde isimlendirilirler.

Alıcı-verici devresi, alma-gönderme gibi kendisine atanmış görevleri yerine getirmek, asenkron seri iletişim için gerekli denetim işaretlerini üretmek ve aktarımın ne aşamada olduğunu gösteren durum bilgilerini tutmak için birçok iç saklayıcıya sahiptir. Bu saklayıcılar üzerinden veri bit bit karşı tarafa gönderilir; yeni bir bit gelip gelmediği anlaşılır ve gelen bit okuma işlemi yapılanaya kadar tutulur. Bu saklayıcılara erişmek için belirlenmiş adresler vardır; bu adreslere yapılacak okuma ve yazma işlemleriyle bu iç saklayıcılara erişilir.

4.1 Hasta Başı Birimi

Gerçekleştirilen hasta başı birimi çok parametrelili modül ve bilgisayar olmak üzere iki temel ögeden oluşmaktadır (Şekil 4.3). Hazır bir çözüm olarak kullanılan çok parametrelili modül hastadan aldığı SpO₂, EKG, solunum, vücut sıcaklığı ve NIBP fizyolojik parametrelerinin üzerinde çeşitli algoritmaları uygulayarak istatistiki bilgileri oluşturmaktadır. Çok parametrelili modül oluşturduğu istatistiki bilgileri seriport arabirimini kullanarak saniyede yaklaşık 6500 bayt boyutunda çıktı olarak vermektedir.

Bilgisayar kısmında ise asenkron olarak çok parametrelili modülden alınan veriler senkronize edilerek ekrana çizim, kayıt, uzak bir merkeze ağ üzerinden gönderim ve oluşturulan sinyal işleme modülü ile hastalık tanı işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu tez çalışmasına özgün olarak uyku apnesi hastalığı tanısı için esnek bir sinyal işleme modülü oluşturulmuştur. Bu kapsamda geliştirilen algoritmik yaklaşımlar bir sonraki bölümde anlatılacaktır.



Şekil 4.3 : Hasta başı birimi blok diyagramı

4.1.1 Yazılım Tasarımı

Hasta başı ve merkezi izleme biriminde Microsoft firması tarafından geliştirilen .NET Framework v4.0 kütüphanesi kullanılarak yazılım tasarımı gerçekleştirilmiştir. .NET Framework açık internet protokolleri ve standartları üzerine kurulmuş bir uygulama geliştirme platformudur.

Buradaki uygulama kavramının kapsamı çok geniştir. Bir masaüstü uygulamasından bir web tarayıcı uygulamasına kadar her şey bu platform içinde düşünülmüştür ve desteklenmiştir. Bu uygulamaların birbirleriyle ve geliştirildiği ortam fark etmeksizin

dünyadaki tüm uygulamalarla iletişimi için kolayca web servisleri oluşturulmasına imkân verilmiştir. Bu platform, işletim sisteminden ve donanımdan daha üst seviyede taşınabilir olarak tasarlanmıştır.

.Net mimarisi, ortak bir yürütme ortamı (runtime environment), ortak bir değişken tür sistemi ve devingen bağlantılı kütüphanelerden oluşur. İçerisinde sınıflandırılmış ve programcılar için hazırlanmış çok sayıda fonksiyon ve sınıf yer almaktadır.

Hasta başı biriminde gerçek zamanlı veri alınması, alınan veriden çeşitli istatistiki bilgilerin elde edilmesi, verinin ekran üzerinde görüntülenmesi ve uzak bir mesafeye gönderilmesi gibi işlemlerin senkronizasyonu ve herhangi bir gecikme olmadan gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir. Bu işlemlerin gerçek zamanlı olarak yapılabilmesi için çok hassas bir zamanlayıcı kullanılması ve işlem süresinin hesaplanması gerekmektedir. .Net mimarisi içerisinde yer alan zamanlayıcılar masaüstü ve kişisel bilgisayarlar için geliştirilen işletim sistemlerinin gerçek zamanlı olmamasından dolayı yaklaşık olarak 15 milisaniye çözünürlükte tasarlanmıştır. Bu çözünürlük hasta başı birimindeki işlemler için oldukça düşüktür. Bu sorunu çözebilmek için. Net mimarisi kullanılarak 1 mikro saniye çözünürlüğe ve yapılan işlemlerde geçen süreyi mikro saniyeler seviyesinde hesaplayabilen yeni bir zamanlayıcı tasarlanmıştır.

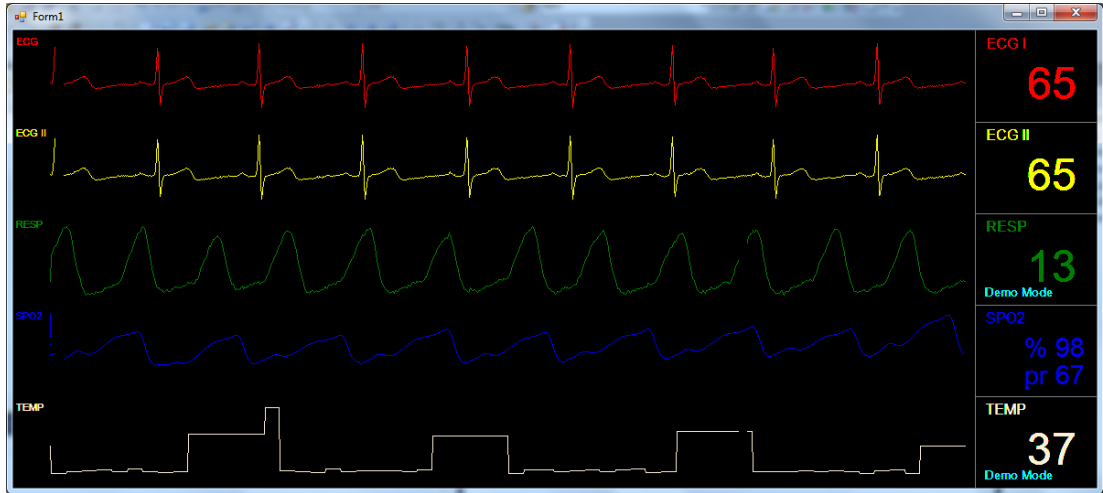
Sadece hassas bir zamanlayıcı ile işlemlerin zamanında ve birbirini etkilemeden çalışması mümkün değildir. Dolayısıyla her bir sinyale ilişkin çizim, kayıt ve merkezi izleme birimine veri aktarımı işlemlerinin aynı anda birbirlerini etkilemeden çalışmalarının sağlanması için iş parçacıkları (thread) kullanılmıştır. İşlemci üzerinde çalışan tek bir program işlem (process) olarak adlandırılmaktadır. Bir işlem içerisinde yapılması gereken alt yordamların (metot, fonksiyon) çalıştırılması işlemi ise iş parçacığı ya da alt işlem olarak adlandırılmaktadır. Bu kapsamda yazılım içerisinde zamanlayıcı, kayıt, çizim ve ağ üzerinden veri aktarımı işlemlerinin her biri ayrı bir iş parçacığı olarak tanımlanmış ve bunların birbirleri ile çakışmalarını için öncelik seviyelerine ilişkin gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Hastabaşı biriminde çok parametrelili modülden seri port aracılığıyla asenkron olarak veri alınmaktadır. Verinin alınması işlemi bit bit gerçekleştirilmektedir. Gelen verinin okunması işleminde her veri paketine ait bitlerin bir araya getirilebilmesi ilgili fonksiyonlar yazılım içerisinde oluşturulmuştur.

4.1.2 Grafik Ekranı

Geliştirilen yazılımda hastadan alınan verilerin ekranda görüntülenmesi için grafik aygıt arabirimi (GDI – graphics device interface) kullanılmıştır. GDI Microsoft işletim sistemleri üzerinde programcıların kendi bileşenlerini daha kolay geliştirmeleri amacıyla kullanabilecekleri grafik kütüphanesidir. GDI, ekranda özel çizimleri kontrol etmek için ulaşılabilir olan. NET sınıflarından oluşan bir set içermektedir. Bu sınıflar, ilgili verinin ekrana çizilmesi için grafik cihaz sürücülerine gönderilecek uygun komutlar için ayarlanırlar. Bilgisayar ekranında çizim işlemi ekran kartına gerekli komutların gönderilmesiyle gerçekleşmektedir. Günümüzde birçok farklı ekran kartı bulunmaktadır ve bunların çoğu farklı komut setlerine ve yeteneklerine sahiptir. Eğer bu durum dikkate alınarak her ekran kartı sürücüsü için özel kod yazılması gerekseydi, herhangi bir uygulama yazılması neredeyse imkânsız olurdu. GDI, Microsoft Windows işletim sistemlerinin ilk sürümlerinden itibaren bu sebeplerden dolayı kullanılmaktadır.

Geliştirilen grafik ekranına ait görüntü Şekil 4.4' te verilmiştir. Grafik ekranında hastadan alınan EKG, solunum, vücut sıcaklığı ve SpO₂ sinyalleri ve bu sinyallere ilişkin istatistiki bilgiler ilgili sinyalin sağında ekrana çizdirilmiştir. Gerektiğinde medikal personelin daha detaylı inceleme yapabilmesi için bu sinyallerin çizim işlemleri farklı tarama hızlarında gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 4.4 : Hasta başı birimi grafik ekranı

4.1.3 Veri Depolama

Son 120 saate ilişkin hastadan alınan parametrelerden elde edilen istatistiki bilgiler, hastaya ilişkin cinsiyet, yaş gibi bilgiler, alarm durumları her dakika sonunda metin dosyalarına kayıt edilmektedir.

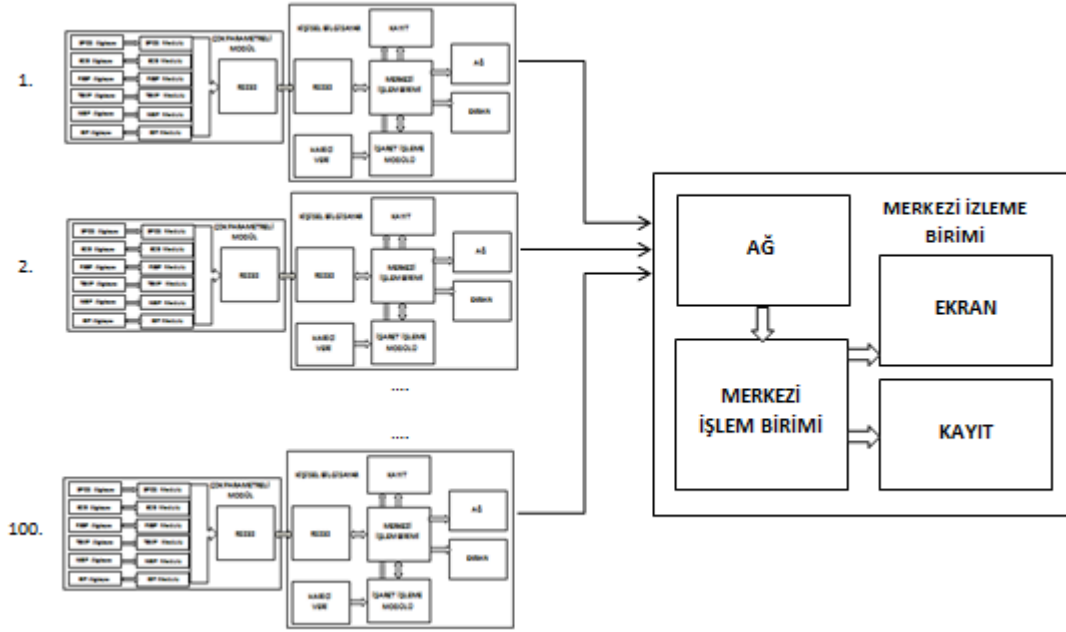
4.1.4 Haberleşme

Modern hasta izleme sistemlerinde hasta başı, merkezi ve uzak izleme birimi arasındaki veri aktarımı TCP/IP (Haberleşme Kontrol Protokolü/İnternet Protokolü) yapısı kullanılarak sağlanmaktadır. TCPI/IP bilgisayarlar arası veri iletişiminin kurallarını koymaktadır. TCP/IP model yaklaşımı HIS'ler için açık kaynak bir haberleşme yapısı sağlamaktadır. TCP/IP modelindeki protokol yapısı yeni modüllerin eklenebilmesine, donanım birimlerinin ve belirlenen protokol yapısının güncellenebilmesine imkân sağlamaktadır. TCP/IP modeli kullanılarak hasta başı ve merkezi izleme birimi için haberleşmeyi sağlayan sınıflar ve fonksiyonlar .NET mimarisi kullanılarak oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen yazılımda haberleşme asenkron olarak sağlanmaktadır. Diğer bir deyişle hasta başı biriminde işlenen veri aynı anda hem merkezi izleme birimine gönderilmekte hem de kayıt ve ekrana çizim işlemleri gerçekleşmektedir.

Hasta başı biriminde gönderime hazırlanan veri paketler halinde ve belirli zaman aralıklarında merkezi izleme birimine gönderilmektedir. Hastadan alınan fizyolojik parametreler, istatistiki bilgiler, alarm durumları birbirlerinden farklı oldukları için her veri paketini tanımlayıcı kodlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kodlara göre merkezi izleme biriminde veriler ayrıştırılarak görüntüleme ve kayıt işlemleri gerçekleştirilmektedir.

4.2 Merkezi İzleme Birimi

Merkezi izleme biriminde 100 farklı hasta başı biriminde oluşturulan verileri IP tabanlı olarak alan, görüntüleyen ve kaydeden bir sistem gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen merkezi izleme biriminin blok diyagramı Şekil 4.5'te verilmiştir.



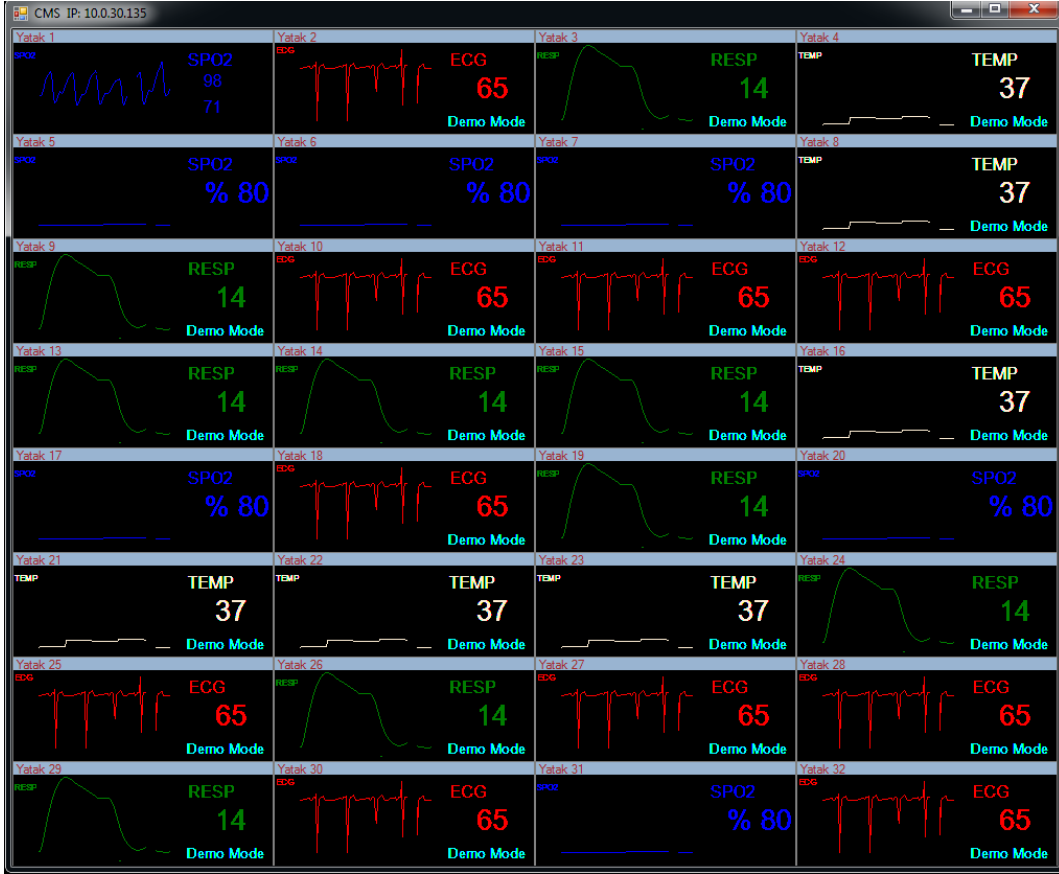
Şekil 4.5 : Merkezi izleme birimi blok diyagramı

4.2.1 Yazılım Tasarımı

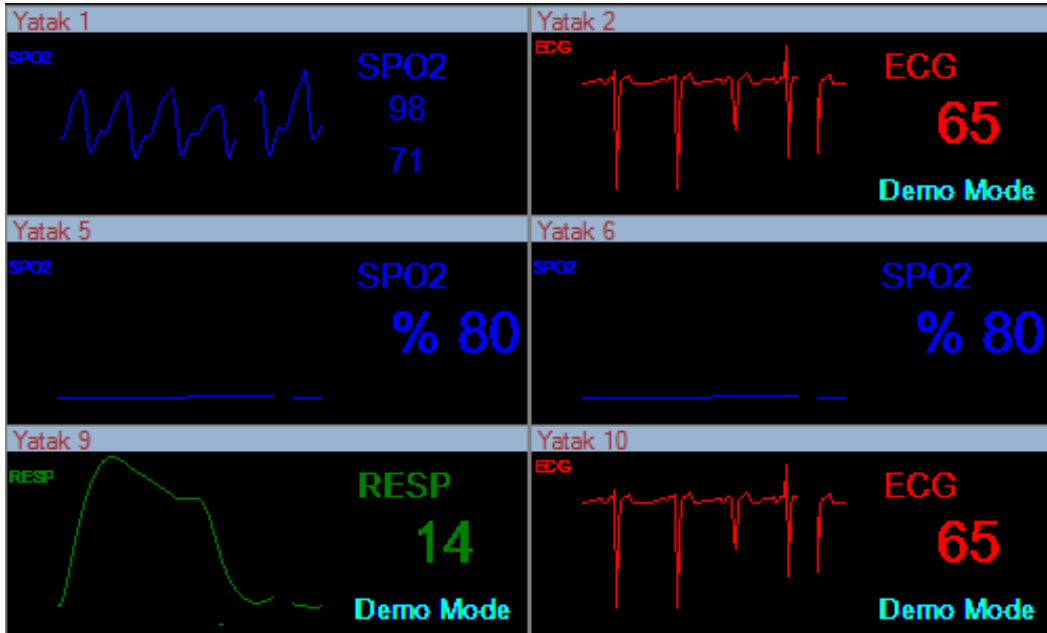
Merkezi izleme biriminde hasta başı birimlerinden ağ üzerinden verilerin alınması, görüntülenmesi ve kaydedilmesi işlemlerinin gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmesi aynı zamanda işlem süresinde gecikmelerin olmaması için her hasta başı birimi için farklı iş parçacıkları oluşturulmuştur. Yazılım tasarımı kapsamında oluşturulan hassas zamanlayıcı merkezi izleme birimi yazılımında da kullanılmıştır.

4.2.2 Grafik Ekranı

Günümüzdeki merkezi izleme sistemlerinin 32 hasta başı birimine göre tasarlanmış olmalarından dolayı bu tez çalışmasında da 32 hasta başı birimine göre ekran konfigürasyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan ekran konfigürasyonuna ilişkin görüntü Şekil 4.6'da verilmiştir. Ekran konfigürasyonu modüler bir yapıda tasarlanmıştır. Öyle ki her hasta başı biriminden alınan veriler merkezi izleme biriminden seçilebilmekte, ekran üzerindeki konumları, renk, yazı tipleri ve boyutları değiştirilebilmektedir. Hasta başı biriminden gelen sinyallere ilişkin istatistikî bilgiler ilgili oldukları sinyalin sağ tarafında konumlandırılmıştır. Her hasta başı biriminden alınan verilerin çizim yerleri bölümlendirilmiş ve alındıkları birime ilişkin bilgilerde üst kısımlarında belirtilmiştir. Ekran üzerindeki çizim işlemleri hasta başı biriminde olduğu gibi GDI ile birlikte, NET mimarisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.6 : Merkezi izleme birimi grafik ekranı



Şekil 4.7 : Merkezi izleme birimi grafik ekranı detayı

4.2.3 Veri Depolama

Son 120 saate ilişkin hastabaşı biriminden gelen hastalara ilişkin parametrelerden elde edilen istatistiki bilgiler, hastaya ilişkin cinsiyet, yaş gibi bilgiler, alarm durumları her dakika sonunda metin dosyalarına kayıt edilmektedir.

4.2.4 Haberleşme

Hasta başı biriminde gönderime hazırlanan veri, paketler halinde ve belirli zaman aralıklarında merkezi izleme birimine gönderilmektedir. Hastadan alınan fizyolojik parametreler, istatistiki bilgiler, alarm durumları birbirlerinden farklı oldukları için her veri paketini tanımlayıcı kodlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu kodlara göre merkezi izleme biriminde veriler ayrıştırılarak çizim ve kayıt işlemleri gerçekleştirilmektedir. Merkezi izleme biriminde aynı anda birden fazla hasta başı biriminin bağlantı yapmasına izin veren bir yapı oluşturulmuştur. Her hasta başı birimi için dinamik bir sınıf oluşturularak aynı anda birden fazla bağlantının gerçekleşmesi ve bu bağlantılar neticesinde ilgili işlemlerin aynı anda çalışması sağlanmıştır.

4.3 Sistemin Uzaktan İzlenmesi ve Diğer Fonksiyonlar

Sistemin uzaktan izlenebilmesi için içerisinde veri tabanı bulunan bir uzak izleme sunucusunun oluşturulması gerekmektedir. Sisteme uzak izleme sunucusu üzerinden gerekli direktiflerin verilmesi için gerekli yazılımın oluşturulması gerekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında uzak izleme sunucusu gerçekleştirilmemiştir.

5. İŞARET İŞLEME MODÜLÜ VE UYGULAMALAR

Tez çalışması kapsamında merkezi işlem birimi standart bir PC üzerinde geliştirilmiştir. PC üzerinde kayıt edilen işaretler üzerinde çeşitli analizlerin gerçekleştirilebilmesi için işaret işleme modülü oluşturulmuştur.

5.1 İşaret İşleme Modülünün Genel Yapısı

Geliştirilen sistemde EKG, IBP, NIBP ve solunum gibi çeşitli hayati parametrelere ilişkin verilerin kaydedilerek farklı algoritmik yaklaşımlarla işlenmesi suretiyle, ‘aritmî’ ve ‘uyku apnesi’ gibi belirli hastalıkların tespitinde kullanılabilecek uygulamaların geliştirilmesine hizmet edecek bir altyapı oluşturulmuştur.

5.2 Bir Uygulama Örneği: Uyku Apnesi Hastalığı

Normal solunum işleminde oluşan bozukluklar çeşitli metabolik, organik, merkezi sinir sistemi ve fiziksel düzensizliklere neden olabilmektedir (Varady ve diğ., 2007). Solunumun görüntülenmesi sürekli ölçümlere ve solunum dinamiklerinin analizine imkân vermektedir. Böylelikle çeşitli düzensizliklerin tespiti gerçekleştirilebilmektedir. Çok sayıda solunum düzensizliği olmakla birlikte uyku apnesi sendromu (UAS) en yaygın olanıdır. UAS'nin yaşları 30 ile 60 arasında değişen insanlarda görülme sıklığı erkeklerde %2 ve kadınlarda %4'tür (Young, 1993). UAS solunumun uyku süresince geçici olarak durması olarak nitelenmiştir (Guilleminault, 1978).

5.2.1 Uyku Apnesi Hastalığının Çeşitleri

UAS obstrüktif uyku apnesi (OUA) ve merkezi uyku apnesi (MUA) olarak 2 ana kategoride değerlendirilmektedir. Bazı çalışmalarda OUA ve MUA'ın kombinasyonu olarak bileşik uyku apnesi (BUA) ayrı bir kategori olarak değerlendirilmektedir.

5.2.1.1 Obstrüktif Uyku Apnesi

OUA solunum esnasında hava akışının fiziksel engellerden dolayı tekrarlayan kesilmelerin olması olarak nitelenmiştir. Hava akciğerlere dolmaya başladığında üst havayolu geçici olarak kapanır. Bu durumda, üst havayolunda tekrarlayan kapanmalar olur. Bu durumlardan bazıları uyku bölünmesi, hypoxemia ve hypercapnia'dır (Khandoker, 2009).

5.2.1.2 Merkezi Uyku Apnesi

MUA merkezi sinir sistemi nedeniyle oluşan solunumdaki eksiklikler olarak nitelenmiştir. Bu durumda, beyindeki solunum kontrol merkezleri uyku süresince dengesizdir (Epstein, 2009).

5.2.1.3 Birleşik Uyku Apnesi

BUA normal solunumdan %50 ve daha fazla oranda bir solunum oranının olduğu durumlardır. BUA'nde solunum düzensizliği sığdır ve hava akışında bütünüyle bir kesilme olmamaktadır (Yen, 1997).

5.2.2 AHI Standardı

Apnea/Hypopnea Index (AHI) (apne/birleşik apne indeksi) bir saat içerisindeki UAS olan dakikaların sayısıdır ve hastalığın, hastalık çeşidinin ve seviyesinin belirlenmesinde anahtar rol üstlenmektedir (American Sleep Disorders Association Task Force, 1998).

5.2.3 Veri

Uygulama için gerekli veri Amerikan Ulusal Sağlık Enstitüsü'nün desteklediği web tabanlı PhysioNet veri bankasında bulunan Apnea-ECG veri tabanından elde edilmiştir (Url-8). Veri yeterli sayıda hasta ve sağlıklı kişinin bulunması, bu kişilerin uzman medikal personel tarafından izlenerek kayıtlarının alınması ve bilimsel doğruluklarının sağlanması zorluklarından dolayı PhysioNet veri bankasından alınmıştır.

5.2.3.1 Physionet Veri Bankası

Physionet açık kaynak web erişimli veri bankası olmakla birlikte içerisinde barındırdığı ücretsiz araçların kullanımı ile verilere erişim ve verilerin düzenlenmesinde kolaylık sağlamaktadır.

Physionet veri bankasında yer alan veri tabanları akademik çalışmaların birer ürünü olmakla birlikte veri tabanlarında yer alan hastalara ait fizyolojik bilgiler gerekli izinler dâhilinde alındığından etik açıdan bilimsel çalışmalar için bir engel oluşturmamaktadır.

5.2.3.2 Veriler ve Özellikleri

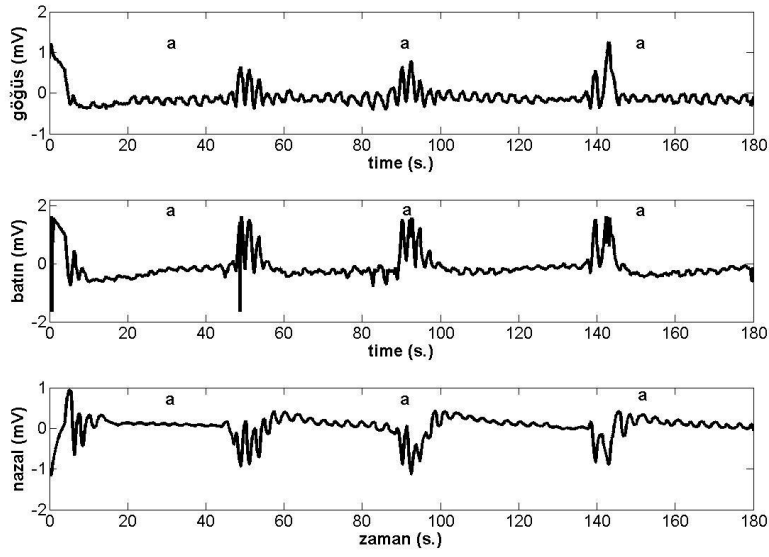
Uyku apnesi hastalığı teşhisinde hastalardan gece boyunca alınan polisomnografi kayıtları kullanılmaktadır. Polisomnografi kayıtları EKG, elektromiyogram (EMG) ve çeşitli solunum sinyallerinden oluşmaktadır (Avcı ve Akbaş, 2012).

Veriler Physionet Veribankası'nda yer alan Apnea-ECG veritabanından alınmıştır. Physionet apnea-ECG veritabanı polisomnogram ölçümlerinden elde edilen kayıtlardan oluşmaktadır. Veritabanı Philips Üniversitesi tarafından sağlanmıştır ve herbirinde 35 kayıttan oluşan iki veri seti bulunmaktadır. Her veri setinde 20 apneli hasta, 5 sınır değerlere sahip hasta ve 10 sağlıklı kişiye ilişkin kayıtlar yer almaktadır. Toplamda 70 kayıt olan veri tabanında sadece 8 kayıtta EKG ile birlikte solunum sinyalleri de kaydedilmiştir. 70 kaydın her biri 100 Hz ile örneklenmiş olup uzunlukları 401 dakika ile 578 dakika arasında değişmektedir. Veri tabanındaki kayıtlar yaşları 27 ile 63 ve ağırlıkları 53 ile 135 kg arasında değişen bay ve bayan hasta yada sağlıklı kişilerden alınarak oluşturulmuştur.

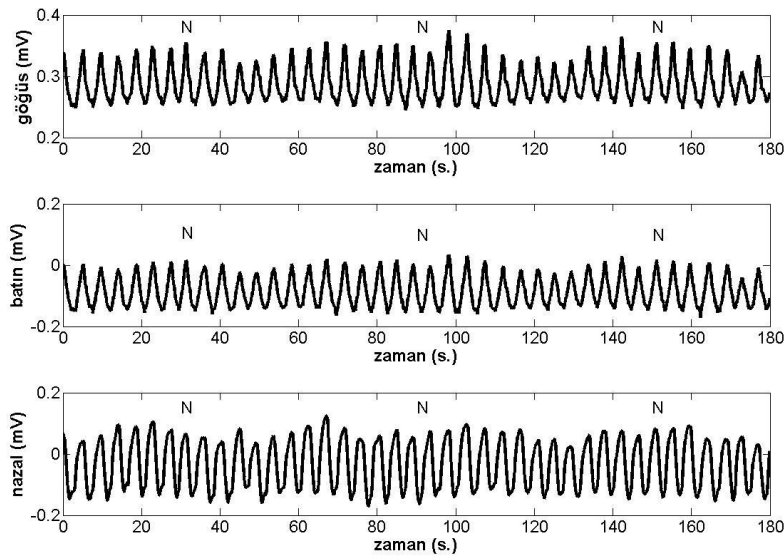
Veri tabanında uyku uzmanı tarafından görsel olarak tetkik edilen hastaların kayıtlarında her dakika için AHI standardına göre uyku apnesi notu düşülmüştür. Kaydın her dakikasının başında devamında UAS olup olmadığına göre apneli bir dakika ise apneli; apneli olmayan bir dakika ise normal olarak not düşülmüştür. Veri tabanında yer alan bu notların sayımı ile AHI standardına göre kayda konu olan kişinin apne hastası olup olmadığına karar verilmektedir.

Veri tabanına konu olan kişilerin durumları A,B ve C olmak üzere üç sınıf halinde değerlendirilmişlerdir. A sınıfında yer alan kayıtlarda 1 saatlik zaman dilimi içerisinde 10 ve daha fazla apneli dakika olmakla birlikte kaydın tamamının en az

100 dakikası apnelidir. B sınıfında yer alan kayıtlar hastalık açısından sınır değerlerdedir. Bu sınıfta 1 saatlik zaman dilimi içerisinde en az 5 ya da daha fazla apneli dakika olmakla birlikte kaydın tamamındaki toplam apneli dakika sayısı da 99 ile 5 arasındadır. C sınıftaki kayıtlarda ise toplam apneli dakika sayısı 5 in altında olup kayıtların alındığı kişiler sağlıklıdır. Şekil 5.1’ de 3 dakika uzunluğundaki apneli dakikalara ilişkin solunum sinyalleri ve Şekil 5.2’de 3 dakika uzunluğundaki apnesiz dakikalara ilişkin solunum sinyallerinin grafikleri verilmiştir.



Şekil 5.1 : 3 dakika uzunluğundaki apneli dakikalara ilişkin solunum sinyalleri



Şekil 5.2 : 3 dakika uzunluğundaki apnesiz dakikalara ilişkin solunum sinyalleri

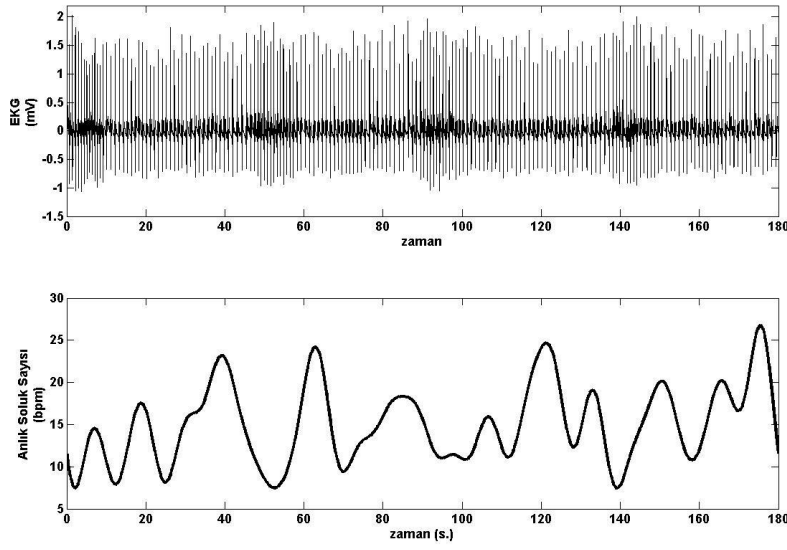
5.2.4 EDR Sinyallerinin Türetilmesi

Uyku apnesinin teşhisinde solunum sinyalleri kullanılarak gerçekleştirilen yöntemler en güvenilir olanlardır (Avcı ve diğ., 2012b). Ancak, hastanın gerekli kayıtların alınabilmesi için bir ya da daha fazla gecesini belirlenen cihazlar ve medikal personelle birlikte uyku laboratuvarında geçirmesi bu yöntemleri zahmetli kılmaktadır. EKG sinyallerinden türetilen (EDR – ECG derived respiratory) sinyali ile geliştirilen yöntemler uyku apnesi hastalığının teşhisinde solunum sinyallerine göre daha az zahmetlidir.

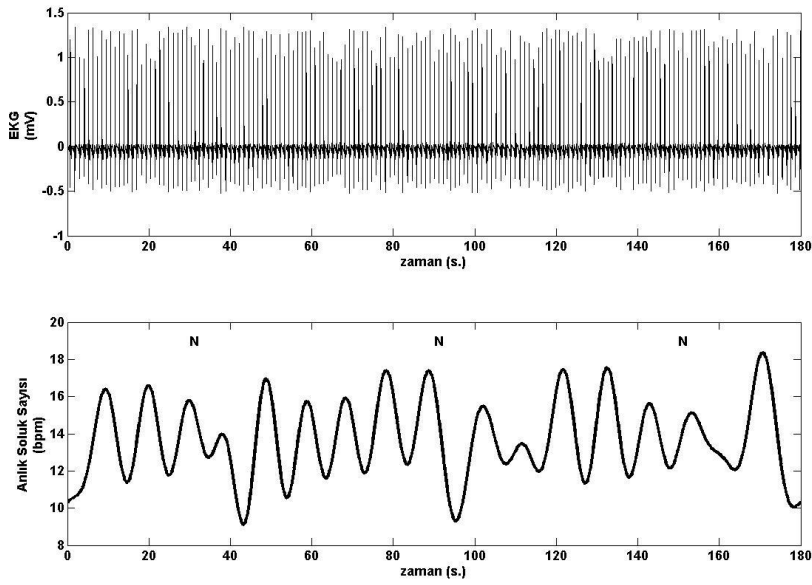
Literatürde EDR sinyalinin türetilmesi için gerçekleştirilen birçok çalışma bulunmaktadır (Chazal ve diğ., 2004, O'Brien ve Heneghan, 2007, Mietus ve diğ., 2007, Cysarz ve diğ., 2008). Devam eden çalışmalarda bant geçiren filtre yöntemi ile geliştirilen algoritmik yaklaşımların en iyileri olduğu belirlenmiştir (Avcı ve diğ., 2011, Correa ve diğ., 2009).

İlk EDR sinyali EKG sinyalindeki solunum frekans bandına (0.2-0.4 Hz) göre geliştirilen algoritma ile oluşturulmuştur. Boyle ve diğ., 2009 yılında yapmış oldukları çalışmanın sonuçlarına göre 0.2-0.8 Hz bant geçiren filtre ile geliştirilen yöntemin daha doğru EDR sinyali oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında da 0.2-0.8 Hz bant geçiren filtre kullanılarak EDR sinyali türetilmiştir. Anlık soluk sayısının tespiti amacıyla 3 dakika uzunluğundaki EDR sinyalindeki tepe değerlerinin arasındaki geçen sürenin hesaplanması için tepe bulma algoritması kullanılmıştır. Algoritmanın kaynak kodu EK A'da verilmiştir.

Tahmin edilen anlık soluk sayısı dizisi her 3 dakikalık EDR sinyali için gerçekleştirilmiştir. Özellik çıkarma işleminde elde edilen dizinin kullanılabilmesi için dizi 2 Hz ile yeniden örneklenmiştir. 3 dakika uzunluğunda yeniden örneklen sinyaller ile ilişkili oldukları EKG sinyalleri Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te verilmiştir. Şekil 5.3'te apneli dakikalar ve Şekil 5.4'te de apnesiz dakikalar yer almaktadır.



Şekil 5.3 : 3 dakika uzunluğundaki apneli kişiye ait EKG ve EDR sinyali



Şekil 5.4 : 3 dakika uzunluğundaki sağlıklı kişiye ait EKG ve EDR sinyali

5.2.5 Wavelet Analizi

Dalgacık (Wavelet) analizi kullanım olarak oldukça yeni olmasına karşın, temelleri 1805 yılında Joseph Baptiste Fourier tarafından atılmıştır. Fourier'in çalışmasının temelini oluşturan frekans analizi konusunun sonraları hem önemli hem de etkili bir yöntem olduğu ispatlanmıştır. Uygulamada günümüzde sıkça karşımıza çıkmaktadır.

Sadece frekans analizinin yeterli olmadığı kanaatine varılarak, frekans analizinden ölçek analizine geçiş yapılmıştır. Çünkü ölçülen ortalama dalgalanmaların farklı ölçeklerdeki analizleri gürültüye daha az duyarlı olduğu açıkça görülmüştür.

Yani zaman dizilerinin geneline ilişkin kararlar vermek yerine bölgesel ölçekte oluşan küçük dalgalanmaların önemli olabileceği gündeme gelmiştir. Dolayısıyla kullanıcılar için dalgacık analizi seçenek olmuştur.

Şimdiki kullanımıyla dalgacık sözü ilk kez Alfred Haar'ın (1909) doktora tezinin ekler kısmında kullanılmıştır. Paul Levy, Brownian hareketini (parçacıkların raslantısal hareketini) modelleyerek dalgacık teorisine katkı sağlamıştır. Levy, parçacıkların rastlantısal hareketini Haar'ın ölçek değişkenli temel fonksiyonlarının (Haar dalgacığı) Fourier temel fonksiyonlarına oranla daha iyi modellediğini ispat etmiştir.

Dalgacık teorisinin esasları hakkındaki ayrıntılar ilk defa Jean Morlet ve Alex Grossmann yönetimindeki Marsilya Teorik Fizik Merkezi çalışma grubu tarafından 1985 yılında ortaya atılmıştır.

Dalgacık analizi yöntemleri Yves Meyer ve meslektaşları tarafından geliştirilmiştir. Ana algoritma Mallat (1988)'in çalışmasına dayanmaktadır. Bundan sonra dalgacık analizi konusunun uluslararası bir yön kazandığı görülür. Özellikle Daubechies, Coifman ve Wickherhouser adlı araştırmacılar önemli çalışmalarlarıyla konuya ivme kazandırmışlardır. Bu aşamadan sonra literatürde sıkça duyulmaya başlanmıştır.

Dalgacık analizi değişken boyutlu bölgelerde pencereleme tekniğidir. Ayrıca hem uzun zaman aralığında alçak frekans bilgisini hem de kısa zaman aralığında yüksek frekans bilgilerini belirlememize yardımcı olur. Yani bir bakışta hem ormanı hem de ağaçları görmektir (Graps, 2006).

5.2.5.1 Ayırık Wavelet Dönüşümlerinin Uygulanması

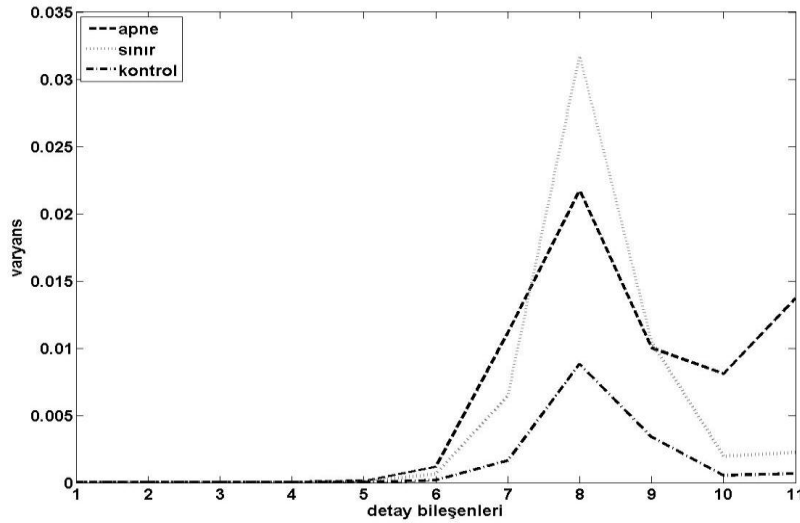
Ayrık wavelet dönüşümleri veri tabanından alınan 3 dakikalık ve 1 dakikalık solunum sinyalleri ile 3 dakikalık EDR sinyalleri üzerinde uygulanmıştır. Her iki uygulamada da Daubechies (db3) dalgacığı kullanılmıştır. Dönüşümlerin uygulanması solunum sinyalleri için 11. ve EDR sinyalleri için 6. seviyeye kadar gerçekleştirilmiştir.

5.2.5.2 Hastalık Teşhisi İçin Belirleyici Özelliklerin Tespiti

Veri tabanında tüm sınıflara ait 3 ve 1 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerine uygulanan ayrık dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen ortalama varyans bilgileri Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelgelerdeki verilerin MATLAB ortamında çizilen grafiklerinden (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6) anlaşılacağı üzere 10. ve 11. seviyeye ait ortalama varyans değerleri solunum sinyalleri ile dakika bazlı uyku apnesi hastalığı tespiti için belirleyici özellik olarak kullanılabilir.

Çizelge 5.1 : 1 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının son 7 seviyesindeki A, B ve C gruplarına göre ortalama değerler

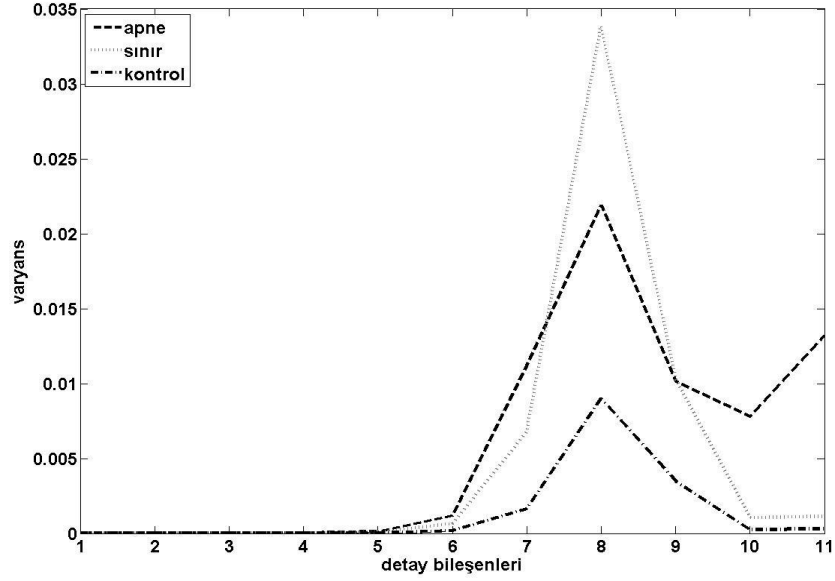
Ortalama Varyans							
sınıf	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}
A	0,000	0,001	0,011	0,022	0,010	0,008	0,014
B	0,000	0,001	0,006	0,032	0,010	0,002	0,002
C	0,000	0,000	0,002	0,009	0,003	0,001	0,001



Şekil 5.5 : 1 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının bütün seviyelerine ilişkin ortalama varyanslar

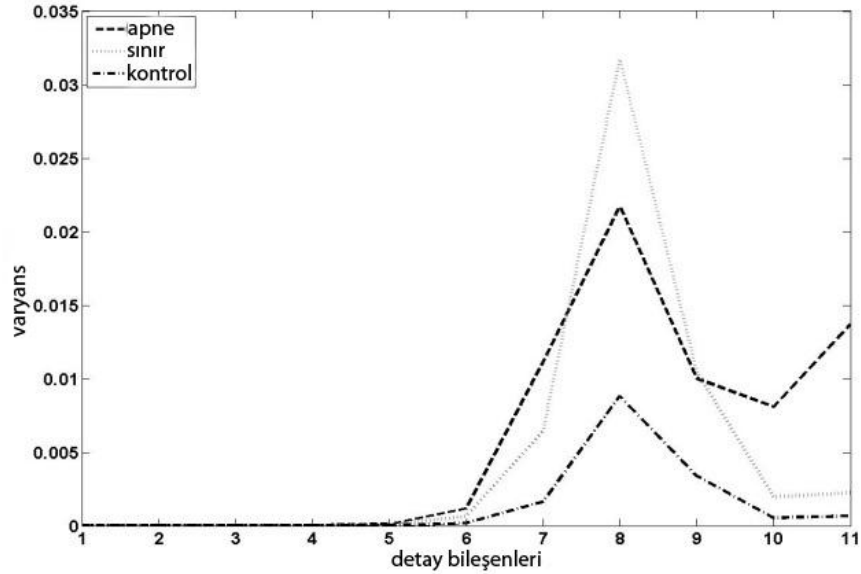
Çizelge 5.2 : 3 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının son 7 seviyesindeki A, B ve C gruplarına göre ortalama değerler

Ortalama Varyans							
sınıf	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}
A	0.000	0,001	0,011	0,022	0,010	0,008	0,013
B	0,000	0,001	0,007	0,034	0,010	0,001	0,001
C	0,000	0,000	0,002	0,009	0,003	0,000	0,000



Şekil 5.6 : 3 dakika uzunluğundaki solunum sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının bütün seviyelerine ilişkin ortalama varyanslar

Veri tabanında tüm sınıflara ait 3 dakika uzunluğundaki EDR sinyallerine uygulanan ayrık dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen ortalama varyans bilgileri Çizelge 5.3'te verilmiştir. Çizelgedeki verilerin MATLAB ortamında çizilen grafiğinden (Şekil 5.7) anlaşılacağı üzere 3., 4., 5. ve 6. seviyeye ait ortalama varyans değerleri EDR sinyalleri ile dakika bazlı uyku apnesi hastalığı tespiti için belirleyici özellik olarak kullanılabilir.



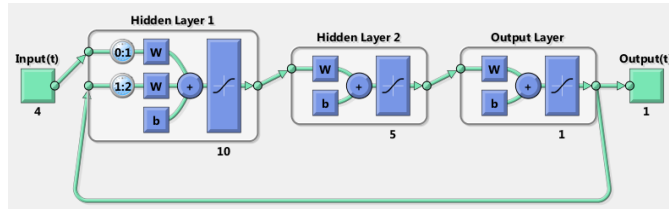
Şekil 5.7 : 3 dakika uzunluğundaki EDR sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının bütün seviyelerine ilişkin ortalama varyanslar

Çizelge 5.3 : 3 dakika uzunluğundaki EDR sinyallerinden hesaplanan detay elemanlarının 6 seviyesindeki A, B ve C gruplarına göre ortalama değerler

Ortalama Varyans						
sınıf	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6
A	0,01	0,03	1,43	6,74	6,12	4,35
B	0,01	0,02	0,75	3,67	3,16	2,47
C	0,01	0,02	0,56	2,12	1,79	0,96

5.2.6 Yapay Sinir Ağı ile Sınıflandırma

EDR sinyallerinden elde edilen verilerin sınıflandırılması için lineer olmayan oto-regresif (NARX – non-linear auto regressive) tipi yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Kullanılan modelde giriş katmanında 10 nöron, gizli katmanda 5 nöron ve çıkış katmanında 1 nöron bulunmaktadır (Şekil 5.8).

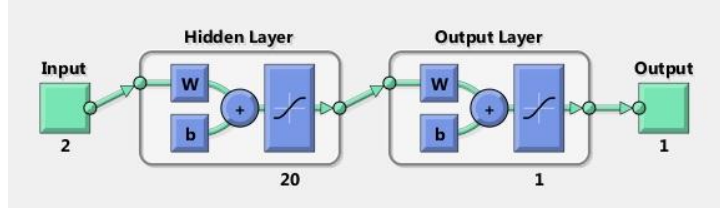


Şekil 5.8 : NARX tipi yapay sinir ağı modelinin MATLAB konfigürasyonu

Giriş katmanı, ağırlıklandırılmış geçmiş ilk ve ikinci veri ile o ana ait olan veriyi giriş verisi olarak almaktadır. Katmanlardaki transfer fonksiyonu tan-sigmoid olarak seçilmiştir. Ağın eğitim sürecinde adaptif öğrenme fonksiyonu ile birlikte hatanın geriye yansıtılmasını sağlayan Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır.

Ağın eğitim sürecinde eğitim veri setinden türetilen özellik vektörleri kullanılmıştır. Ağın test sürecinde ise hem eğitim hem de test veri setinden türetilen özellik vektörleri kullanılmıştır.

Solunum sinyallerinden elde edilen verilerin sınıflandırılması için 20 nöronlu gizli katmana ve tek nöronlu çıkış katmanına sahip ileri yönlü yapay sinir ağı kullanılmıştır. Gizli katman gerçek girişlerden verileri alarak ağırlıklandırır. Yapay sinir ağı modelinde tan-sigmoid fonksiyonu Şekil 5.9’ da görüleceği üzere tüm düğümlerde kullanılmıştır.



Şekil 5.9 : İleri beslemeli yapay sinir ağı modelinin MATLAB konfigürasyonu

Veri tabanından alınan 8 solunum sinyallerinden türetilen özellik vektörleri ağıın eğitimi ve testi için kullanılmıştır. Giriş ve hedef vektörlerinin %50'si eğitim, %15'i doğrulama ve %35'i ise test işlemi için kullanılmıştır. Doğrulama işlemi için ayrılan veri ağıın genelleştirilmesi için kullanılmakla birlikte genelleşmenin bittiği anda eğitim süreci devam etmektedir. Yapay sinir ağıın genelleştirilmesi için eğitim, doğrulama ve test işlemleri tüm veriden elde edilen 5 farklı dizilimle tekrarlanmıştır.

5.2.7 Uygulama Performansının Değerlendirilmesi

Veri setinden türetilen EDR sinyallerinden toplamda 13933 eğitim ve 13756 test veri seti için özellik vektörleri çıkarılmıştır. İlişkili oldukları çıkış verileri ile birlikte eğitim veri seti NARX tipi yapay sinir ağı modelinin eğitilmesinde kullanılmıştır. Eğitilmiş yapay sinir ağı kullanılarak eğitim ve test veri setinin her ikisi için sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işleminden elde edilen dakika bazlı sonuçlar Çizelge 5.4'te verilmiştir. AHI standardına göre yapılan değerlendirmelerle elde edilen kişi bazlı sınıflandırma sonuçları ise Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.4 : EDR sinyalleri ile gerçekleştirilen dakika bazlı sınıflandırma sonuçları

Veri seti	Doğru sınıflandırılan dakika sayısı		Veri tabanındaki dakika sayısı		Toplam dakika sayısı		Doğruluk oranı
	<i>aneli</i>	<i>apnesiz</i>	<i>apneli</i>	<i>apnesiz</i>	<i>doğ sınıf.</i>	<i>veri tab.</i>	
eğitim	4702	6810	5762	8171	11512	13933	%82,6
test	4576	6195	5588	8168	10771	13756	%78,3

Çizelge 5.5 : EDR sinyalleri ile gerçekleştirilen kişi bazlı sınıflandırma sonuçları

Veri seti	Doğru sınıflandırılan kişi sayısı		Veri tabanındaki kişi sayısı		Toplam kişi sayısı		Doğruluk oranı
	<i>aneli</i>	<i>apnesiz</i>	<i>apneli</i>	<i>apnesiz</i>	<i>doğ sınıf.</i>	<i>veri tab.</i>	
eğitim	19	10	20	10	29	30	%96,66
test	19	9	20	10	28	30	%93,33

Çizelge 5.4'te elde edilen sonuçlara göre eğitim verisi kullanılarak yapılan değerlendirmelerde toplam 11152 dakika doğru sınıflandırılmıştır. Test verisi ile yapılan değerlendirmelerde ise 10771 dakika doğru sınıflandırılmıştır. Çizelge 5.5'te ki sonuçlara göre ise kişi bazlı sınıflandırmada eğitim verisi için %96,66 ve test verisi için %93,33 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Veri setinden 1 ve 3 dakikalık solunum sinyallerinden özellik vektörleri çıkarılmıştır. Toplamda 3235 ve 3219 adet 1 ve 3 dakikalık özellik vektörleri elde edilmiştir. İlişkili oldukları orijinalinde etiketlenen çıkışları ile birlikte rasgele elde edilen 5 farklı dizilimdeki veri seti ileri yönlü yapay sinir ağının konfigüre edilmesinde ve eğitilmesinde kullanılmıştır. 1 ve 3 dakikalık analizlere göre elde edilen sınıflandırma sonuçları Çizelge 5.6 ve Çizelge 5.7 'de verilmiştir.

Çizelge 5.6'da verilen sonuçlara göre, batın solunum sinyali en iyi sınıflandırma sonucuna sahiptir. Çizelge 5.7'deki sonuçlara göre ise nazal solunum sinyali en iyi sınıflandırma yüzdesine sahiptir. Bununla birlikte 1 ve 3 dakikalık analizlerin her ikisinde de göğüs solunum sinyali en düşük değerlere sahiptir.

Çizelge 5.6 : 1 dakikalık solunum sinyallerinin analizlerine göre sınıflandırma doğrulukları

Veri seti	Sınıflandırma Doğruluk Oranı (%)					
	Göğüs		Nazal		Batın	
	<i>eğitim</i>	<i>test</i>	<i>eğitim</i>	<i>Test</i>	<i>eğitim</i>	<i>test</i>
D1	79.5	82.1	89.4	89.5	93.0	92.7
D2	81.1	77.2	89.9	89.4	92.3	93.2
D3	78.3	79.2	90.1	87.8	92.8	93.5
D4	80.3	81.4	88.9	91.1	92.0	94.0
D1	79.5	82.1	89.4	89.5	93.0	92.7

Çizelge 5.7 : 3 dakikalık solunum sinyallerinin analizlerine göre sınıflandırma doğrulukları

Veri seti	Sınıflandırma Doğruluk Oranı (%)					
	Göğüs		Nazal		Batın	
	<i>eğitim</i>	<i>test</i>	<i>eğitim</i>	<i>test</i>	<i>eğitim</i>	<i>test</i>
D1	83.1	83.8	95.2	95.6	94.1	93.8
D2	85.8	84.3	96.0	94.4	93.8	94.3
D3	86.3	82.9	96.1	94.6	94.4	94.0
D4	84.9	83.6	94.9	95.7	94.8	93.0
D5	84.1	85.9	95.3	94.8	93.8	94.0

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

6.1 Sonuç

Genellikle medikal personel tarafından genel bakımdaki hastaların hayati durumları gözlenmektedir. Bununla birlikte bu işlem medikal personel kişisel görüşlerine dayanmaktadır. Ayrıca, hasta takibi yoğun emek gerektirmektedir. Yetersiz sayıda medikal personel ile bu işlemin hastane içerisinde yürütülmesi hastaların gerekli bakım ve ilgiyi görememesine neden olmaktadır.

Hasta takibindeki gelişmeler neticesinde hastaneler tedavi hizmetlerinin zamanında ve uygun bir şekilde yürütülebilmesi için kâğıt tabanlı erken uyarı sistemine geçiş yapmaya başlamışlardır. Bu sistemde hastaların takibi için ilgili medikal personelin hastaların buldukları ortama gitmeleri gerekmektedir. Elektronik alanındaki gelişmeler neticesinde bahsedilen sistemin yerini hastaların uzaktan izlenmelerine, gerektiğinde direktiflerin verilebilmesine imkân veren modern hasta izleme sistemleri geliştirilmiştir.

Modern bir hasta izleme sistemi içerisinde hastadan fizyolojik parametreleri alan ve çeşitli analizleri gerçekleştirebilen ve kaydedebilen, aynı zamanda bir sunucuya gönderebilen hasta başı birimi, bir klinikteki ya da hastane içerisindeki bir bölümde yer alan hasta başı birimlerinden gelen verileri görüntüleyen, kaydedebilen ve uzak izleme birimine gönderebilen merkezi izleme birimi, doktor ya da yetkilendirilmiş kişilerin hastabaşı biriminden alınan verilere erişimini sağlayan uzak izleme birimi bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında böyle bir modern hasta izleme sistemi içerisinde yer alan hastabaşı ve merkezi izleme birimi oluşturulmuştur. Hastabaşı biriminde hastadan fizyolojik parametrelerin alınmasını gerçekleştiren analog ön devre için hazır çözüm kullanılmıştır. Hastabaşı biriminde CPU ise bir gömülü sistem tasarımı yerine standart bir PC üzerinde geliştirilmiştir. PC üzerinde kayıt yapılan hastalardan alınan işaretlerin çeşitli algoritmik yapılara göre değerlendirilebilmesi için esnek bir işaret işleme modülü oluşturulmuştur.

Bu kapsamda, sistemde EKG, NIBP ve solunum gibi çeşitli hayati parametrelere ilişkin verilerin kaydedilerek farklı algoritmik yaklaşımlarla işlenmesi suretiyle, ‘aritmî’ ve ‘uyku apnesi’ gibi belirli hastalıkların tespitinde kullanılacak uygulamaların geliştirilmesine hizmet edecek bir altyapı oluşturulmuştur. Sistemin hasta birimini oluşturan bileşenlerden işaret işleme modülü üzerinde özellikle uyku apnesi hastalığının tespitine yönelik farklı algoritmik yaklaşımlar önerilip test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar göre uyku apnesi hastalığının hem solunum hem de EKG sinyali ile yapılan analizlerle konulan hastalık teşhisi geçerli doğruluk oranlarına sahiptir. Gerçekleştirilen sistem günümüzde apne teşhisi için halen yaygın olarak kullanılan polisomnografi cihazına alternatif olarak kullanılacak bir ürün olma özelliğine kavuşmuştur.

Merkezi işleme biriminde ise 100 farklı hastabaşı biriminden gelen verileri değerlendirebilen, kaydedebilen ve görüntüleyebilen bir sistem geliştirilmiştir. Gelişmiş teknolojiye uygun olarak yazılım tasarımı ve ekran konfigürasyonu yapılmıştır. Hastabaşı birimi ve merkezi işleme birimi arasındaki haberleşme TCP/IP protokolü kullanılarak sağlanmıştır. Dolayısıyla iki birim arasındaki haberleşme kablolu ya da kablosuz olarak gerçekleşebilmektedir.

Böylece, bu tez çalışması ile ülkemizde sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan bu tür cihazların tasarlanması gayretlerine katkı verilmiştir.

6.2 Tavsiyeler ve Gelecek Çalışmalar

Hasta izleme sisteminde yer alan hastabaşı ve merkezi izleme birimleri bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilmiştir. Hastabaşı biriminde yer alan analog-ön devrede hazır bir çözüm kullanılmıştır. Dolayısıyla analog-ön devre tasarımı gerçekleştirilebilir. Hastabaşı biriminin diğer birimlere göndermiş olduğu veri paketlerinin formatı sistemin tasarımcısına göre değişmektedir. Son yıllarda açık mimariye sahip bir formatın geliştirilmesine dönük çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Veri formatının her sistemde farklı olması, farklı üreticilerin ürünlerinin birbirleriyle uyumsuz olmasına dolayısıyla çalışmamasına neden olmaktadır. Bu sorunun çözümü için Avrupa Birliği, Amerikan Sağlık Örgütü gibi farklı kurumların getirmiş olduğu standartlar bulunmaktadır. Geliştirilen sistemde hastabaşı birimi ya da merkezi izleme biriminin farklı üreticilere ait birimlerle haberleşebilmesi için sistem içerisinde bir sunucu oluşturulabilir ya da ilgili birimde gerekli yazılım ihtiyaçları giderilebilir.

Bu tez çalışmasında işaret işleme modülü içerisinde yalnızca uyku apnesi hastalığı tanısı için çeşitli algoritmik yaklaşımlar sergilenmiştir. Uyku apnesi hastalığının EKG sinyaliyle geliştirilen algoritmik yaklaşımda dakika bazlı sınıflandırma doğruluğu solunum sinyaliyle geliştirilen algoritmanın sınıflandırma doğruluğuna göre daha düşüktür. EKG sinyali kullanılarak daha yüksek doğruluk oranlarına sahip farklı algoritmik yaklaşımlar sergilenebilir. Uyku apnesi hastalığı dışında aritmi analizlerini gerçekleştiren algoritmalar geliştirilebilir. Bu kapsamda EKG verisinden belirleyici özelliklerin belirlenebilmesi için sinyal üzerindeki önemli noktaların tespitini gerçekleştiren algoritmalar geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akner G.**, Nutrition och fysisk funktion/fysisk aktivitet hos äldre personer. Technical report, Örebro Universitet, April 2009.
- American Sleep Disorders Association Task Force**, "The Chicago criteria for measurements, definitions, and severity of sleep related breathing disorders in adults," in Assoc. Professional Sleep Soc. Conf., New Orleans, LA, 1998.
- Austin C. J., Trimm J. M., Sobczak P. M.**, Information systems and strategic management. Health Care Management Review, 20(3), 26-33, 1995.
- Avcı C., Akbaş A.**, "Comparison of the ANN Based Classification accuracy for real time sleep apnea detection methods", The 9th International Conference on Biomedical Engineering (BIOMED 2012), Innsbruck-Austria, 15-17 February 2012.
- Avcı C., Kösesoy İ., Erbiyık H.**, "Real Time Sleep Apnea Detection with Wavelet Decomposition of Respiratory Signals" The 6th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2012) ,Shanghai-China, 17-20 May 2012.
- Avcı C., Beşli, S., Akbaş, A.**, "Performance of the EDR Methods; Evaluations using the mean and instantaneous respiratory rates", The 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2011, Wuhan-China), 10-12 May 2011
- Ayers D., Soar J., Conrick M.**, Health Information Systems. In M. Conrick (Ed.), Health Informatics: Transforming Healthcare with Technology. Melbourne : Thompson/ Social Science Press, 2006.
- Berner E. S., Detmer D. E., Simborg D.**, Will the Wave Finally Break? A Brief View of the Adoption of Electronic Medical Records in the United States. Journal of the American Medical Informatics Association, 12(1), 3-7, 2005.
- Blobel B., Spiegel V., Pharow P., Engel K., Krohn R.**, Standard Guide for Implementing HL7 Communication Security. In Allaert, F-A., Blobel, B., Louwerse, K. & Barber, B. (Eds.), Security Standards for Healthcare Information Systems: A perspective from the EU ISIS MEDSEC Project (p.). Amsterdam: IOS Press, 2002.
- Boyle J, Bidargaddi N, Sarela A, Karunanithi M.** Automatic detection of respiration rate from ambulatory singlelead ECG. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine;13(6):890–896, 2009.
- Bsoul M., Minn H., Tamil L.**, "Apnea MedAssist: Real-time Sleep Apnea Monitor Using Single-Lead ECG," Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on , vol.15, no.3, pp.416-427, May 2011

- Chambrin M. C., Ravaux P., Calvelo-Aros D., Jaborska A., Chopin C., and Boni-face B.** Multicentric study of monitoring alarms in the adult intensive care unit (icu): adescriptive analysis. *Intensive Care Med*, 25(12):1360-6, 1999.
- ChangDa-Wei, LiuYou-De, YoungChung-Ping, ChenJing-Jhong, ChenYing-Huang, ChenChun-Yu, HsuYu-Cheng, ShawFu-Zen, LiangSheng-Fu,** "Design and Implementation of a Modularized Polysomnography System," *Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on* , vol.61, no.7, pp.1933-1944, July 2012
- Chazal P. de, Penzel T. and Heneghan C.,** "Automated detection of obstructive sleep apnoea at different time scales using the electrocardiogram," *Physiol. Meas*, 25, pp. 967-983., 2004.
- Chazal P. de, Heneghan C., Sheridan E., Reilly R., Nolan P. and O'Malley M.,** "Automated processing of the single-lead electrocardiogram for the detection of obstructive sleep Apnea," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 50, no. 6, pp. 686–696, Jun. 2003.
- Conrick M.,** *Health informatics: transforming healthcare with technology.*Melbourne : Thompson/ Social Science Press, 2006.
- Corchado J. M., Bajo J., Paz Y. D. and Tapia D. I.,**"Intelligent environment for monitoring Alzheimer patients,agent technology for health care," *Decision Support Systems*,Vol. 44, pp.382-396, January 2008.
- Correa L.S., Laciár E., Mut V., Torres A., Jane R.;** , "Sleep apnea detection based on spectral analysis of three ECG - derived respiratory signals," *Engineering in Medicine and Biology Society, 2009. EMBC 2009. Annual International Conference of the IEEE* , vol., no., pp.4723-4726, 3-6Sept.2009.
- Cysarz D., Zerm R., Betterman H., Frühwirth M., Moser M. And Kröz M.** Comparison of Respiratory Rates Derived From Heart Rate Variability, ECG Amplitude, and Nasal/Oral Airflow Ambulatory Single-Lead ECG. *Annals of Biomedical Engineering*, Vol.36, No.12, pp. 2085-2094, 2008.
- Epstein L.J., Kristo D., Strollo P.J.** Clinical guideline for the evaluation, management and long-term care of obstructive sleep apnea in adults. *J Clin Sleep Med.*, pp.5-263, 2009.
- Evaluation of Operating Room Monitors,** ECRI Health Devices, April 1982, Vol. 11, No. 6.
- Fu-Chung Y., Behbehani K., Lucas E., Burk J. and Axe J.,** "A noninvasive technique for detecting obstructive and central sleep Apnea," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 44, no. 12, pp. 1262–1268, Dec. 1997.
- Glaeser D. H. and Thomas Jr. L. J.,** *Computer Monitoring in Patient Care, Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, Vol. 4: 449-476 Jun 1975.
- Goldwei User Manual,** MGW-830 6-in-1 Operating Instructions, 2012.
- Goodman, C.,** 2005, *Health information technology leadership panel final report.* The Lewin Group, Inc.

- Graps, A.**, Introduction to wavelets. World Wide Web, <http://www.amara.com>, 2006.
- Guilleminault, C., van den Hoed, J., and Mitler, 1978, M.**, Clinical overview of the sleep apnea syndromes. In: (Ed.), Sleep Apnea Syndromes Alan R. Liss, New York, pp. 1–11.
- Hagenouw R. R.** Should we be alarmed by our alarms? *Curr Opin Anaesthesiol*, 20(6):590{4, 2007.
- Haux R.**, Health information systems - past, present, future. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4), 268-281, 2006.
- Hay W. W., Rodden D. J., Collins S. M., Melara D. L., Hale K. A. and Fashaw L. M.**, Reliability of conventional and new pulse oximetry in neonatal patients. *J Perinatol*, 22(5):360 6, 2002.
- Himmelstein A. and Scheiner M.** The Cardiotachoscope. *Anesthesiology*. 1952 Jan;13(1):62-4.
- Hunter, K. M.**, Electronic Health Records. In *Health Care Informatics: An Interdisciplinary Approach* (pp. 209-230). Missouri: Mosby, 2002.
- Imhoff M. and Kuhls S.** Alarm algorithms in critical care monitoring. *Anesth Analg*, 102(5):1525{37, 2006.
- Kamar N. and Ong'ondo M.**, 2007, Impact of e-Government on Management and use of Government Information in Kenya. World Library and Information Congress: 73rd ifla general conference and council, 19-23 August 2007, Durban, South Africa.
- Khandoker A. H., Palaniswami M. and Karmakar C.**, "Support vector machines for automated recognition of obstructive sleep Apnea syndrome from ECG recordings," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol 13, no. 1, pp. 37–48, Jan. 2009.
- Khandoker A.H., Gubbi J., Palaniswami M.**, "Automated Scoring of Obstructive Sleep Apnea and Hypopnea Events Using Short-Term Electrocardiogram Recordings," *Information Technology in Biomedicine*, *IEEE Transactions on* , Nov. 2009, vol.13, no.6, pp.1057-1067.
- Köksal A. ve Esatoğlu A. E.**, Ankara ilindeki üniversite ve özel hastanelerde kullanılan elektronik hastane bilgi sisteminin analizi. *Ankara Üniversitesi Dikimevi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 7(1), 53-65, 2005.
- Kuperman G. J., Spurr C., Flammini S., Bates D., Glaser J.**, A clinical information systems strategy for a large integrated delivery network. *Proc AMIA Symp.*, 438-442, 2000.
- Lepape A, Gillibert R. P., Perdrix J. P., Grozel J. M., and Banssillon V.**, Practical aspects of indirect calorimetry in post-anesthesia recovery *Agressologie*, 31(1):74{6, 1990.
- Mietus J. E., Peng C. K., Ivanov P. Ch. and Goldberger A. L.**, "Detection of obstructive sleep apnea from cardiac interbeat interval time series," *IEEE Comp. in Cardiology*; 27, pp. 753-756, 2000.

- Milholland, D. K.**, A measure of patient data management system effectiveness: Development and testing. Unpublished doctoral dissertation, University of Maryland, Baltimore, 1989.
- O'Brien C. and Heneghan C.**, "A comparison of algorithms for estimation of a respiratory signal from the surface electrocardiogram," *Computers in Biology and Medicine*, 37, pp.305-314, 2007.
- Oğuz IŞIK ve Mahmut AKBOLAT**, *BİLGİ DÜNYASI*, 2010, 11 (2) 365-389.
- Oliver N. and Flores-Mangas F.**, "HealthGear: A real-time wearable system for monitoring and analyzing physiological signals," in *Proc. IEEE Int. Workshop Wearable Implantable Body Sens. Netw. (BSN)*, Apr. 2006, p. 4.
- Patangay A., Vemuri P. and Tewfik A.**, "Monitoring of obstructive sleep Apnea in heart failure patients," in *Proc. 29th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. (EMBS) Cit'ı 1/2 Int.*, Lyon, France, Aug. 2007, pp. 1043–1046.
- Physiologic Monitoring Systems Evaluation**, ECRI Health Devices, Jan-Feb 1999, Vol. 28, Nos. 1-2.
- Pollard J.K., Rohman S. and Fry M.E.**, 'A web-based mobile medical monitoring system', *International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*, Crimea, pp.32–35, 2001.
- Raymond B., Cayton R. M., Bates R. A. and Chappell M. J.**, "Screening for obstructive sleep Apnea based on the electrocardiogram—The computers in cardiology challenge," *Comput. Cardiol.*, vol. 27, pp. 267–270, 2000.
- Rodoplu, D.**, Bilgi teknolojileri uygulamalarına karşı çalışan direnci; hastane bilgi sistemi üzerinde bir uygulama. *Review of Social, Economic & Business Studies*, (9)10, 409-438, 2007-2008.
- Shekelle P. G., Morton S. C., Keeler E. B.**, Costs and Benefits of Health Information Technology, *Structured Abstract*. April 2006. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville.
- Shortliffe E. H.**, *The Evolution of Electronic Medical Records*, 1999.
- Special issue on Intelligent Systems for Patient Monitoring and Management.** *IEEE Eng Med Biol Mag* 12(4), 1993.
- Thomas L, Clark K, Mead C, Ripley K:** Automated cardiac dysrhythmia analysis. *Proc IEEE* 69(9):1322-1337, 1979.
- Tipton H. F. ve Krause M. (Eds.)**, *Information Security Management Handbook (Fifth)*, CRC Press LLC, 2004.
- TOBB Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği**, *Türkiye'de Medikal Sektörü*, 2009.
- Tsien C. L. and Fackler J. C.** Poor prognosis for existing monitors in the intensive care unit. *Crit Care Med*, 25(4):614{9, 1997.

Turban E., Aronson J. E. and Liang T. P., Decision Support System and Business Intelligence Systems, Eighth Edition, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ, 2007.

Url-1<<http://www.un.org/esa/population/publications/ageing/ageing2009.htm>> alındığı tarih: 13.06.2012.

Url-2<<http://www.femtosimclinical.com/History%20of%20Physiologic%20Monitors.htm>> alındığı tarih: 13.06.2012.

Url-3<<http://www.medwow.com/med/patient-monitor/mindray/mec-1200/37884.model-spec>> alındığı tarih:18.04.2012.

Url-4<http://www.ti.com/solution/patient_monitoring> alındığı tarih: 12.05.2012.

Url-5<<http://www.goldwei.com/products/item.asp?itemid=457&catid=56>> alındığı tarih:10.05.2012.

Url-6<http://www.risingmed.com/b2b_cpinfo.asp?id=909> alındığı tarih:19.05.2012.

Url-7<<http://mobihealthnews.com/9549/medtronic-inks-deal-with-airstrip/>> alındığı tarih:17.03.2012.

Url-8<www.physionet.org> alındığı tarih: 01.06.2011.

Url-9<<http://www.billauer.co.il/peakdet.html>> alındığı tarih: 01.07.2011.

Várady P., Micsik T., Benedek S. and Benyó Z., 2007, —A novel method for the detection of apnea and hipopnea events in respiration signals| IEEE Trans. on Biomed. Eng., vol 49 no. 9, pp. 936-942.

Varady, P., Benyo, Z. and Benyo, B., 2002, An open architecture patient monitoring system using standard technologies. IEEE transactions on information technology in biomedicine, 6(1), 95-98.

Waegemann, C. P., In HER vs. CPR vs. EMR., 2003.

Yen FC, Behbehani K, Lucas EA, Burk JR, Axe JR. A noninvasive technique for detecting obstructive and central sleep apnea. IEEE Transaction on Biomedical Engineering 1997;44(12):1262–1268.

Yılmaz A. ve Aloğlu E., Hastane Bilgi Sistemleri. 5. Ulusal sağlık kuruluşları ve hastane yönetimi sempozyum kitabı. Eskişehir: 16-19 Ekim, 331-339, 2002.

Young T., Palta M., Dempsey J., et al., 1993, The occurrence of sleep disordered breathing among middle-aged adults. N. Engl. J. Med. 328:1230–1235.

EKLER

EK A : Tepe Bulma Algoritması (Url-9)

EK A

```
lookmaximum = 1
  for index 1 to array.length
    if array(i) > max
      max = array(i)
      maxpos = i
    end
    if array(i) < min
      min = array(i)
      minpos = i
    end
    if lookmaximum
      if array(i) < max-delta
        maxArray = [maxpos max]
        min = array(i)
        minpos = i
        lookmaximum = 0
      end
    else
      if array(i) > min+delta
        minArray = [minpos min]
        max = array(i)
        maxpos = i
        lookmaximum = 1
      end
    end
  end
end
```


ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Cafer AVCI

Doğum Yeri ve Tarihi: BURSA – 05.06.1985

Adres: Yalova Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

E-Posta: cafer.avci at hotmail.com

Lisans Üniversitesi: Marmara Üniversitesi

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

- **2011 – Halen** : Araştırma Görevlisi, Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.
- **2010 – 2011** : Araştırma Görevlisi, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.

Yayın ve Patent Listesi:

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- **Avci, C.**, Beşli, S., Akbaş, A., “Performance of the EDR Methods; Evaluations using the mean and instantaneous respiratory rates”, *The 5th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2011)*, Wuhan-China, 10-12 May 2011.
- Delibasoglu, I. , **Avci, C.**, Akbaş, A. , "ECG Based Sleep Apnea Detection Using Wavelet Analysis of Instantaneous Heart Rates", *4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, ISABEL 2011*, Barcelona, Spain, 26-29 Oct 2011.
- **Avci C.**, Akbaş A., “Comparison of the ANN Based Classification accuracy for real time sleep apnea detection methods”, *The 9th International Conference on Biomedical Engineering (BIOMED 2012)*, Innsbruck-Austria, 15-17 February.
- **Avci C.** ,Delibaşoğlu İ., Akbaş A., “Sleep Apnea Detection Using Wavelet Analysis of ECG Derived Respiratory Signal”, *The International Conference on Biomedical Engineering (ICOBEE 2012)*, Perlis-Malaysia, 27-28 February.
- **Avci C.**, Kösesoy İ., Erbyık H., "Real Time Sleep Apnea Detection with Wavelet Decomposition of Respiratory Signals" *The 6th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (iCBBE 2012)* ,Shanghai-China, 17-20 May 2012.