T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ TAŞINABİLİR UZAKTAN SAĞLIK İZLEME SİSTEMİ: MOBİL SAĞLIK DANIŞMANI

Tezi Hazırlayan
Rifat KURBAN

Tezi Yöneten
Yrd. Doç. Dr. Veysel ASLANTAŞ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBT-06-26 kodu ile desteklenmiştir.

Temmuz 2006
KAYSERİ

Yrd. Doç. Dr. Veysel ASLANTAŞ danışmanlığında **Rifat KURBAN** tarafından hazırlanan **"Kablosuz Taşınabilir Uzaktan Sağlık İzleme Sistemi: Mobil Sağlık Danışmanı"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

19/07/2006

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Kenan DANIŞMAN

Üye : Prof. Dr. Derviş KARABOĞA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Veysel ASLANTAŞ

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 01/08/2006 tarih ve 2006/20-07 sayılı kararı ile onaylanmıştır.
02/08/2006.

Prof.Dr. M. Kemal APALAK

Enstitü Müdürü V.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Veysel ASLANTAŞ'a, öğrenci arkadaşlarım Tuba ÇAĞLIKANTAR, Bekir ÖZPOZAN, Burak SARICA ve Mehmet İkbal KARLI'ya, çalışmaya doğrudan ya da dolaylı olarak katkıda bulunmuş tüm arkadaşlarıma, değerli hocalarıma ve hayatımın her döneminde desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

KABLOSUZ TAŞINABİLİR UZAKTAN SAĞLIK İZLEME SİSTEMİ: MOBİL SAĞLIK DANIŞMANI

Rifat KURBAN
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2006
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Veysel ASLANTAŞ

ÖZET

Kablosuz haberleşme ve gömülü hesaplama teknolojisindeki gelişmelere birlikte uzaktan sağlık izleme ve teletıp konusu son yıllarda gittikçe önem kazanmıştır. Buna paralel olarak düşük maliyetli ve taşınabilir sağlık izleme sistemleri mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada, kişinin elektrokardiyogram (EKG), vücut ısısı ve nabız gibi sağlık parametreleri, tasarlanan gömülü sistem ile toplanarak, IEEE 802.15.1 Bluetooth kablosuz haberleşme standartında, ağ geçidi olarak ayarlanmış bir kişisel sayısal asistan (PDA) cep bilgisayara aktarılması, bilgilerin cihaz üzerinde görüntülenmesi, değerlendirilmesi ve uzun dönemli olarak depolanması, acil durum sözkonusu olduğunda bilgilerin merkezi sunucuya GSM/GPRS ve wi-fi teknolojileri ile gönderilmesi ve uzaktan gerçek-zamanlı olarak kişinin izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede kişinin hastane dışından kritik bilgileri takip edilmekte ve olası sorunlara karşı erken müdahale edilebilmektedir. Diğer bir yandan GPS alıcısından elde edilen konum bilgileri sayısal harita üzerinde gösterilmekte ve ilgili birimlere kişinin konumu bildirilmektedir.

Mobil Sağlık Danışmanı, hem bir taşınabilir izleme, acil durum ve uyarı sistemi, hem de kişi için bir danışma ve diyet/ilaç/egzersiz hatırlatma sistemi olarak hasta, hamile, sporcu, iftaiye eri, asker, polis gibi sağlık durumunun izlenmesi gerekli olan kişilerin hayatlarını kolaylaştırmakta ve hastane dışından izlemeye imkan sunmaktadır. Ayrıca bu sistem, kalp ritim bozukluğu ve stres izleme çalışmalarında, uzun dönemli taşınabilir veri toplayıcısı olarak da kullanılabilmektedir

Anahtar Kelimeler: Teletıp, EKG, Kablosuz Haberleşme, Uzaktan Sağlık İzleme.

WIRELESS PORTABLE REMOTE HEALTH MONITORING SYSTEM: MOBILE HEALTH ASSISTANT

Rifat KURBAN
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, July 2006
Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Veysel ASLANTAŞ

ABSTRACT

Due to the developmets in the areas of technologies such as wireless communication and embedded computing, recently remote health monitoring and telemedicine have got more importance. Therefore, low cost and portable health monitoring devices become more feasible. In this thesis, human's elecrocardiogram (ECG), body temperature and heart rate information are acquired by an embbeded system. Then these information are standartised by IEEE 802.15.1 Bluetooth wireless communication and sent to the personal digital assistant (PDA) used as a gateway. The data can be analysed and stored by the PDA and results can be displayed on the PDA screen. If an emergency situation occurs, the PDA sends the information to the central server using wi-fi or GSM/GPRS wireless technology. In this way, real-time remotely monitoring can be achieved. Not only, people can be monitored from outside of the hospital, but also an early treatment is possible. On the other side, locational data obtained from GPS receiver is shown on the digital map and individual location is informed to the related units.

The developed portable monitoring system detects and reminds neccesary information such as taking drugs, making excercise and diet etc. Thus the proposed system makes the daily life more easier for the patients, pregnants, extreme sportives, firemen, soldiers and police. The system also provides health monitoring outside of the hospital. Furthermore the system can be used as a long time and portable data storing unit in arhythmia diagnosis and stress monitoring.

Keywords: Telemedicine, ECG, Wireless Communication, Remote health monitoring.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
TABLOLAR LİSTESİ viii
ŞEKİLLER LİSTESİ ix

1. BÖLÜM
GİRİŞ
1.1. Tezin Amacı 2
1.2. Tezin Organizasyonu 4

2. BÖLÜM
TELETIP, TELESAĞLIK ve UZAKTAN SAĞLIK İZLEME SİSTEMLERİ
2.1. Literatür taraması 5
2.2. Teletıp 8
2.3. Telesağlık 9
2.3.1. Teletıp Sistemlerinin Gelişim Aşamaları 10
2.4. Uzaktan Sağlık İzleme 12

3. BÖLÜM
ÖLÇÜLEBİLİR TIBBİ PARAMETRELER
3.1. Vücut Isısı 15
3.2. Elektrokardiyogram (EKG) 17
3.2.1. EKG'nin Kullanım Alanları 17
3.2.2. Elektrod Yerleşimleri 18
3.2.3. Normal Bir EKG İşareti 21
3.2.4. EKG Ölçümleri 23
3.2.5. Tarihçesi 24
3.3. Kan Basıncı (Blood pressure) 24
3.4. Darbe Oksimetresi (Pulse Oximetry) 28
3.5. Hareket Aktivitesi (Motion Activity) 31

4. BÖLÜM
MOBİL SAĞLIK DANIŞMANI
4.1. Donanım Tasarımı 39
4.1.1. Elektrokardiyogram Algılayıcısı Tasarımı 39
4.1.2. Taşınabilir İzleme Birimi 44
4.1.3. Gömülü Yazılım 46
4.2. Yazılım Tasarımı 52
4.2.1. Sistemin Genel İşleyişi 52
4.2.2. Veritabanı Yapısı 53
4.2.3. Web Servisleri 54
4.2.4. Mobil Kullanıcı Yazılımı 56
4.2.5. Acil Yardım Ekip Programı 58
4.2.6. Acil Durum Müdahale Programı 62
4.2.7. Mobil Sağlık Danışmanı Web Uygulaması 68

5. BÖLÜM
SONUÇ VE TARTIŞMA 75

KAYNAKLAR 77
ÖZGEÇMİŞ 82

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Bazı peryotların ortalama süreleri.....22
Tablo 3.2. Her iki cinsiyet için Kornea boyutları.....25
Tablo 4.1. Tipik bir EKG algılayıcısının özellikleri 39
Tablo 4.2. LF353 entegresinin özellikleri 41
Tablo 4.3. IIR Butterworth 50 Hz bant-durduran filtre katsayıları. 50
Tablo 4.4. Tam sayılara çevrilmiş filtre katsayıları. 50

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Önerilen yaklaşımın genel işleyiş diyagramı. 2
Şekil 3.1. Örnek bir EKG çıktısı. 17
Şekil 3.2. 12 derivasyonlu EKG elektrod yerleşimleri ve EKG çıktıları. 20
Şekil 3.3. Normal EKG işaretinin (sinüs ritmi) şematik gösterimi 21
Şekil 4.1. Önerilen yaklaşımın genel işleyiş diyagramı 38
Şekil 4.2. EKG algılayıcısının blog diyagramı. 40
Şekil 4.3. EKG algılayıcısı devre şeması. 42
Şekil 4.4. Tasarlanan EKG algılayıcısı devresinin prototipi. 43
Şekil 4.5. Tasarlanan devreden elde edilen EKG grafikleri. 44
Şekil 4.6. Taşınabilir İzleme Birimi blok diyagramı. 44
Şekil 4.7. Taşınabilir İzleme Birimi devre şeması. 45
Şekil 4.8. Taşınabilir İzleme Birimi ve EKG algılayıcısı prototip devreleri. 46
Şekil 4.9. Gömülü yazılımın kod çatısı. 47
Şekil 4.10. Haberleşmede kullanılan paket tipleri. 48
Şekil 4.11. Tasarlanan filtrenin frekans tepkisi. 49
Şekil 4.12. Nabız bulma algoritması. 51
Şekil 4.13. Veritabanı şeması. 53
Şekil 4.14. Mobil uygulama ekran görüntüleri. 57
Şekil 4.15. Kişi ve 112 istasyonunun harita üzerinde görüntülenmesi. 59
Şekil 4.16. Kişi ve istasyon arasındaki en kısa yolun bulunması. 60
Şekil 4.17. Acil durumun detayları. 61
Şekil 4.18. Acil durum müdehale programı ana ekranı. 63
Şekil 4.19. Acil durum detay ekranı. 64
Şekil 4.20. İzlenen kişinin ayrıntıları 65
Şekil 4.21. Kişinin geçmiş acil durumları. 66
Şekil 4.22. Web uygulaması ana sayfası. 70
Şekil 4.23. Web uygulaması kişi arama & ekleme sayfası. 71
Şekil 4.24. Web uygulaması periyodik öneriler sayfası. 73
Şekil 4.25. Web uygulaması raporlama sayfası. 74

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Kişinin sağlık bilgilerinin telemetri yöntemleri ile elde edilmesi ve uzak bir merkeze aktarılması teletıp sahasında önemli bir çalışma konusudur. Haberleşme ve bilişim alanındaki gelişmelerle birlikte, taşınabilir, kablosuz, düşük maliyetli uzaktan sağlık izleme sistemlerini gerçekleştirmek mümkün hale gelmiştir. Bu sistemler kişilerin hastane dışından takibini mümkün kılmakta, acil durumlarda ilgili kurumları hızlı bir şekilde uyarmakta, bazı hastalıkların teşhisinde uzun dönemli kayıt sistemi olarak kullanabilmekte ve en önemlisi insanın yaşam stantartını yükseltmektedir.

İlk sağlık izleme sistemleri, 20. yüzyılın başlarında analog EKG sistemleri olarak geliştirilmiş ve kullanılmıştır [1]. Zamanla sağlık izleme sistemleri önemli derecede ilerleme kaydetmiş ve sayısal, taşınabilir izleme cihazları ortaya çıkmıştır. Kablosuz teknolojilerin hayatımıza girmesiyle birlikte birçok kablosuz tıbbi izleme cihazı ticari olarak satılmaya başlanmıştır [2-6]. Fakat kablosuz uygulamaların sunduğu, hastanın taşıdığı algılayıcı sistem ile alıcı cihaz arasındaki kablolu haberleşmenin yerine, kablosuz iletişim tekniklerinin kullanılması, yani sadece aradaki kablonun kaldırılmasından ibarettir [7].

Kişilerin, kablosuz ve giyilebilir özellikteki hayati fonksiyon algılayıcıları ile donatılması, kişilerin fizyolojik durumu ile ilgili kritik bilgilerin gerçek-zamanlı toplanması işlemini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Bu sayede kişilerin sağlık durumlarının uzaktan izlenmesi ve bakımı mümkün hale gelmektedir.

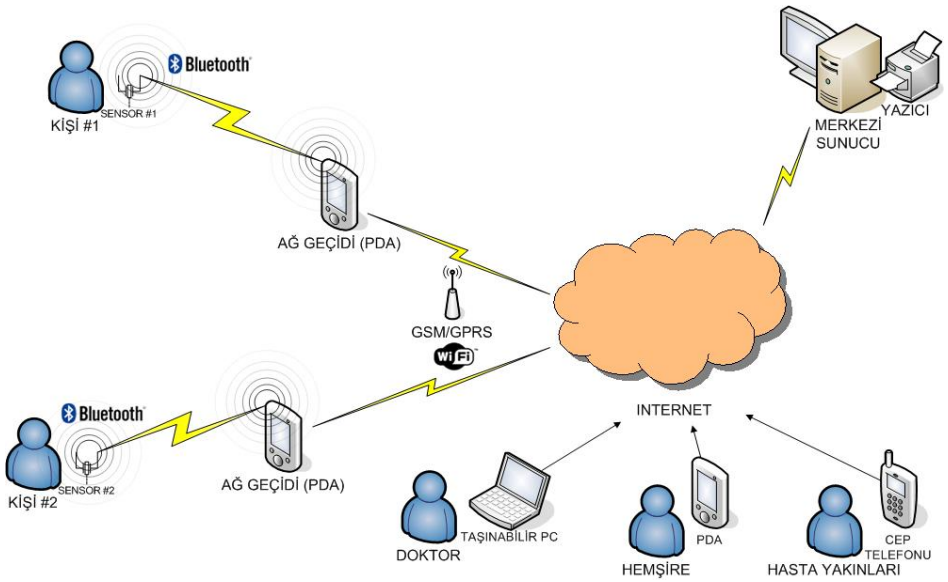
Bu çalışmada, hasta, hamile, yaşlı, sporcu, asker, polis vs. gibi sürekli sıhhi takibi gereken kişilerin EKG, vücut ısısı ve nabız gibi sağlık parametrelerinin, taşınabilir bir gömülü sistem aracılığıyla elde edilmesi ve bu verilerin bir ağ geçidi cihaz (PDA, cep telefonu, dizüstü bilgisayar vs.) aracılığıyla merkezi sunucuya kablosuz olarak

aktarılması amaçlanmaktadır.

Yaşam kalitesinin yükseltilmesi hedefi doğrultusunda hazırlanan TÜBİTAK Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi'nde uzaktan sağlık hizmetleri verilebilmesine imkan sağlayan, uzaktan hasta izleme cihaz ve sistemlerini geliştirip üretebilmek konusu vurgulanmıştır [8]. Bu bağlamda önerilen bu çalışmanın, mevcut teknolojilerin etkin kullanımını artıracak yeni kuramsal yaklaşımlar ortaya koyarak sağlık izleme sistemleri konusunda ülkemizin uluslararası pazarlardaki rekabet gücünü artıracağı düşünülmektedir.

1.1. Tezin Amacı

Bu proje ile, tıbbi verilerinin sürekli izlenmesi gereken kişilerin EKG, vücut ısısı, nabız, kandaki oksijen miktarı ve haraketlilik gibi bazı parametrelerinin giyilebilir bir algılayıcı sistem ile elde edilmesi ve bunların bazı ağ geçidi cihazlar kullanarak kablosuz olarak merkeze iletilmesi amaçlanmaktadır. Bu dağıtık mimari sayesinde, kişinin hareket özgürlüğü artmakta ve gerçek zamanlı, uzun dönemli bir izleme mümkün olabilmektedir. Önerilen bu yaklaşım sayesinde oluşabilecek sakıncalı durumlara karşı önlemler daha öncesinden alınabilecek ve acil durumlarda ilgili kişiler ve kuruluşlar bilgilendirilebilecektir.



Şekil 1.1. Önerilen yaklaşımın genel işleyiş diyagramı.

Şekil 1.1'de önerilen yaklaşımın genel işleyiş diyagramı görülmektedir. Bu yaklaşımda, her bir algılayıcı için bir adet ağ geçidi cihaz bulunmalıdır. Bu sistemin avantajı, algılayıcı ile ağ geçidinin birbiriyle kısa-mesafeli kablosuz haberleşmesiyle, kişinin hareket özgürlüğünün artırılmasıdır. Kişi yatağında yatarken veya ev içerisinde gezinirken, ağ geçidi cihaz evin içinde herhangi bir konumda bulunabilir. Ya da kişi günlük yaşamına devam ederken, iş ortamında veya hareket halindeyken de sistemi kullanabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında;

- Düşük maliyetli, düşük güç tüketimli; 3-elektrodlu EKG algılayıcısı tasarımı,
- Sadece tek tip algılayıcılardan değil genel amaçlı her türlü tıbbi algılayıcılardan aldığı verileri (vücut ısısı, tansiyon, nabız, vs.) IEEE 802.15.1 haberleşme standartlarına uygun olarak kablosuz iletebilen, düşük maliyetli, küçük boyutlu, giyilebilir/taşınabilir bir gömülü sistem tasarımı,
- Ağ geçidi cihazlardan gelen verileri platform bağımsız olarak alan, dağıtan, yönlendiren, sistemi yöneten ve sunan merkezi sunucu ve mobil uygulama yazılım çatısı tasarlanmıştır.

Tezin amacı şu şekilde özetlenebilir:

- Gerçek zamanlı ve sürekli tıbbi izlemenin sağlanması,
- Olası acil durumlarda ilgili kişi ve kurumların (doktor, hastane) bilgilendirilmesi,
- Meydana gelebilecek rahatsızlıklara karşı erken müdahale,
- Hastaneye yatma ve doktor kontrolü sayılarının azaltılması,
- Hastane dışında bakımın ve izlemenin mümkün hale gelmesi ,
- İzlenen kişilerin hareket özgürlüğünün artırılması yani taşınabilir bir sistem tasarlanması,
- Kişinin günlük faaliyetlerini sınırlamadan sağlık takibinin gerçekleştirilmesi,
- Toplanan verilerin otomatik analizi yapılarak hastaya geri bildirimlerin sunulması,
- Diğer teletıp sistemleri ile ortak bir standart üzerinden veri alış-verişi yapılabilmesi,

- İnsanın yaşam kalitesinin yükseltilmesi,
- Düşük güç tüketimli, düşük maliyetli, giyilebilir tıbbi algılayıcıların geliştirilmesi,
- Yerli yeni teknolojiler üreterek ülkemizin uluslararası pazarda rekabet gücünün artırılması şeklinde özetlenebilir.

1.2. Tezin Organizasyonu

Teletıp, telesağlık ve uzaktan sağlık izleme konuları ile ilgili genel bilgiler ve yapılmış çalışmalar 2. Bölüm'de verilmiştir.

3. Bölüm'de uzaktan sağlık izleme sistemlerinde kullanılan, insan vücudu üzerinden ölçülebilen tıbbi parametreler anlatılmıştır.

4. Bölüm'de önerilen yaklaşım ve gerçekleştirilen uygulama sunulmuştur.

5. Bölüm'de elde edilen sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

2. BÖLÜM

TELETIP, TELESAĞLIK VE UZAKTAN SAĞLIK İZLEME SİSTEMLERİ

Bu bölümde teletıp, telesağlık, tıbbi telemetri ve uzaktan izleme sistemleri ve bu alanlar da yapılmış çalışmalar ve yaklaşımlar anlatılacaktır. Sunulan yaklaşımların avantajları ve dezavantajları belirtilecek ve bu sahadaki doldurulması gerekilen boşluklara değinilecektir.

2.1. Literatür Taraması

Kablosuz haberleşmede geliştirilen yeni teknikler, tıbbi telemetri sahasını da yakından etkilemektedir. Bir çok kablosuz tıbbi izleme cihazı şu anda ticari olarak satılmaktadır. Bunlar EKG'ler [2-4], darbe oksimetreleri [5,6] ve tansiyon cihazlarıdır [9,10]. Bu cihazların pek çoğu Bluetooth, Kablosuz Tıbbi Telemetri Servisi (WMTS) veya IEEE 802.11 standartında haberleşme yapmaktadırlar [11].

Sağlık izleme sistemlerinde yapılan çalışmaların bir bölümü, tıbbi algılayıcı ağlarını incelemektedir. Bu çalışmaların bir çoğu, ev [12] veya hastane [13] ortamında, günlük aktiviteler [14] süresince, tıbbi verilerin izlenmesini sağlayan, giyilebilir tıbbi algılayıcıların [15-17] geliştirilmesi ile ilgilidir.

WiiSARD ekibi IEEE 802.11 (Wi-Fi) donanımlı bir kişisel sayısal asistan (PDA) kullanarak bir Pulse Oximeter (nabız ve kandaki oksijen miktarı ölçümü) prototipi geliştirmiştir [18]. SMART ekibi de giyilebilir bir EKG sistemi geliştirmiştir [17]. CodeBlue ekibi ise algılayıcı ağlar kullanan bir sağlık izleme sistemi önermiştir [7]. A.B.D. ordusuna bağlı USARIEM ve USAMMRC tarafından yürütülen psikolojik durum izlenmesi (WPSM) projesinde kalp atış hızı, yürürken sarfedilen metabolik enerji, ten sıcaklığı, GPS (Küresel Konumlama Sistemi) ile konum bilgisi ve hareketlilik algılayıcıları bulunmaktadır [19].

D'Arbeloff laboratuvarındaki bilim adamları MIT bilgi sistemleri ve teknoloji için "zil sensörü" adı verilen, PPG sinyallerini kullanarak sürekli olarak nabız ölçümü yapan ve bu bilgileri kablosuz olarak sunucu bilgisayara gönderen bir sistem tasarlamışlardır [20]. Kansas Devlet Üniversitesi'ndeki araştırmacılar ise Bluetooth teknolojisine sahip, giyilebilir taşınabilir bir sağlık izleme sistemi geliştirmişlerdir [21]. Bu sistemlerin hedefi: genel bir endüstri standartına uygun, tak-çalıştır kullanılabilen algılayıcıları çalıştıran bir tasarım yapmaktır. Sayısal Melek (Digital Angel) adı verilen ticari sistem, durum ve pozisyon değişikliğinde e-posta veya telefon uyarısı vermekte, Sontra Medical Corporation firmasının ürettiği Symphony Diabetes Management System adı verilen sistemi non-invazif sürekli glikoz izleme ve diğer bazı analizleri gerçekleştirmektedir.

Deri altına yerleştirilebilen algılayıcılar, şeker hastalığı gibi kronik hastalıkların izlenmesindeki birçok problemi ortadan kaldırmaktadır [22]. Zeki algılayıcıların tasarımında; boyut, güç tüketimi ve verimli kablosuz iletişim kıstasları göz önünde bulundurulmalıdır. İletişim frekansının seçimi, anten boyutunu dolayısıyla algılayıcı sistemin tamamının boyutunu belirler. Buna ek olarak, bu verilerin güvenli olarak transferi, araştırmacıların karşılaştığı en önemli sorunlardan birisidir.

Washington, Caltech ve Case Western Reserv Üniversitelerindeki araştırmacıların devam eden projelerinde minyatür ve vücuda implante edilebilen mikrobilgisayarlar geliştirilmiştir [23]. Bu algılayıcı, hayvanların normal aktivitelerindeki sinir ve kas sinyallerini kaydedebilme yeteneğine sahiptir. Michigan Üniversitesi Kablosuz Tümleşik Mikrosistemler merkezindeki araştırmacılar BiCMOS kablosuz uyartım yongası [24] adı verilen, uyartım mikroproblarında kullanılan bir sistem geliştirmişlerdir. Given Imaging firması, Given Diagnostic System adı verilen, gastrointestinal gırtlaktan geçen ve kablosuz olarak hastanın belindeki alıcıya video ve resim gönderen, tek kullanımlık görüntüleme kapsülü (M2A, 11x26 mm) geliştirmiştir. Sinyaller, kapsülün bulunduğu yeri tam olarak saptayan bir anten dizisi tarafından alınmaktadır.

Bu sistemlerin bazıları giyilebilir özellikte tasarlansa bile, çoğu, hastanedeki yatağa tümleşik durumdadır. Ticari olarak satılan bazı kablosuz ambulans ürünleri de oldukça

büyük ve kullanışsızdır. Örneğin Welch-Allyn Micropaq izleme sistemi [6] 18cm x 8.8cm x 4cm boyutlarında ve yarım kilo ağırlığındadır. Sonuçta, zaman senkronizasyonu [25,26] ve enerji yönetimi [27] gibi, iletişim modellerindeki [28,29] önemli gelişmelerin bir çoğu, verilen bu gereksinimlere göre yeniden değerlendirilmelidir.

Bir hastanede ya da klinikte, her bir hastanın küçük, giyilebilir hayati fonksiyon algılayıcıları ile donatılması, doktor, hemşire yada diğer bakım ve muayene uzmanlarının bu hastaları sürekli olarak izleyebilmesine olanak tanımaktadır. Aynı teknoloji, bir acil durum yada felaket senaryosunda da tıbbi müdahalenin çok sayıda yaralıya verimli olarak ulaştırılmasını mümkün kılmaktadır [30]. Uzmanlar, solunum rahatsızlıkları yada kalp krizi atakları gibi hastanın durumundaki ani değişimleri hızlı bir şekilde haber alabilmektedirler. Kablosuz algılayıcılar fiziksel rehabilitasyon veya uzun-dönemli ambulans izleme gibi var olan pek çok kablolu telemetri sistemlerinin yerini almaktadır.

Kişisel tıbbi izleme sistemleri, genellikle sadece veri toplamak için kullanılmaktadır. Bu sistemlere örnek olarak EKG ve EEG sistemleri verilebilir. Kablosuz zeki algılayıcılara gerçekleştirilen tıbbi izleme sistemleri, hastaya sürekli gerçek zamanlı geri-bildirim yapabilmekte, ya da olası acil durumlar öncesi uyarı verebilmektedir [31-33]. Bu sistemler, adeta bir koruyucu gibi, acil durumları tespit edip uyarı vermesiyle ve gerekli yerlerle iletişime geçebilme özelliği ile hastaneye yatma ve genel kontrol sayılarında önemli derecede azalmalar sağlayabilmektedir [34].

Tıbbi telemetrinin küçük, giyilebilir kablosuz algılayıcılar ile artırılan kabiliyeti, klinik pratikte pek çok alanda belirgin bir etki oluşturmuştur. Acil tıbbi bakım ve yoğun bakım üniteleri, hastaların hayati fonksiyonlarının sürekli izlenmesinden büyük fayda sağlamaktadır. Böylece kişinin sağlık durumunun kötüye gitmesi anında acil uyarılar alabilirler. Algılayıcı verileri sonradan incelenmek üzere elektronik olarak da kaydedilebilmektedir. Ambulans veya evde izleme gibi pek çok klinik çalışmada, kablosuz algılayıcılar yüksek kararlılıklı ve mevcut klasik sistemlerden daha uzun süreli veri toplamaya izin vermektedir [1].

Bunların yanı sıra, manuel hasta izleme oldukça monoton ve sıkıcı bir görevdir.

Bununla beraber insan hataları oldukça fazla yapılmaktadır. Bu işlemin otomatikleştirilmesi daha gelişmiş cihazlar kullanarak mümkün hale gelmiştir. Kalp atışı ölçen ve bu değerler belli limitleri aştığında alarm verebilen sistemler önerilmiştir [35]. Bu sistemler oldukça faydalı olmalarına karşın çoğu kez yanlış alarmlar vererek uzmanları yanlış yönlendirmektedirler. Bu yüzden aneztesi uzmanlarının %70'i yanlış alarmlardan dolayı, kullandıkları cihazların alarm verme özelliklerini iptal etmektedirler [36].

Hasta izleme sistemlerini bu sıkıntısını ortadan kaldırmak amacıyla uzmanın yeteneklerini taklit etmeye çalışan zeki hasta izleme sistemleri geliştirilmeye çalışmıştır [37,38]. Bu amaçla, bilgi tabanlı uzman sistemler [39,40], yapay sinir ağları [41,42] ve bulanık mantık [43] gibi yapay zeka tekniklerini içeren yöntemler önerilmiştir.

Bu alandaki sürekli artan ilgi ve yapılan çalışmalar olmasına karşın, tıbbi izlemenin gereksinimleri henüz tam olarak karşılanabilmiş durumda değildir. Tıbbi izleme: yüksek veri aktarım hızı, güvenli bir iletişim, çoklu ve sabit olmayan alıcılar (örneğin doktorların ve hemşirelerin ellerinde taşıyacakları PDA cihazları gibi) ve yine sabit olmayan, serbestçe dolaşabilen algılayıcılar gerektirir.

2.2. Teletıp

Teletıp terimi, sağlık hizmetlerine ulaşımı kolaylaştırmak amacıyla, bilgi ve iletişim teknolojilerinin tıp bilimine uygulanması ve böylece alışıla gelmiş doktor hasta karşılaşmalarının ortadan kaldırılması anlamına gelmektedir [44].

Ayrıca National Library of Medicine Medical Subject Headings tarafından teletıp, “uzaktan iletişim aracılığıyla sağlık servislerinin dağıtılması” olarak tanımlanmıştır. Etkileşimli konsültasyon ve teşhis servisleri içerebilir. Teleradyoloji ve telepatoloji, teletıpın birer kollarıdır. Bununla birlikte birçok teletıp servisi eğitimi kapsayan birçok amaç için, yönetim ve araştırma için kullanılır.

Teletıp sistemleri, önceleri sadece sağlık merkezlerine uzak kırsal bölgelerde yaşayanlara hitap etmekteydi. Fakat gelişen bu sistemlerin kapsamları da genişlemiş ve evde sağlık hizmetleri, işyerinde sağlık hizmetleri gibi çeşitli uygulamaları gündeme gelmiştir.

Teletıp sisteminde hasta ve doktor birbirlerinden çok uzakta olabilirler. Hastalıkla ilgili tüm verilerin, görüntülerin ve seslerin doktora iletilmesi ve doktorun da bu verileri inceleyerek teşhis koyması ve tedavi önermesi mümkün olmaktadır. Bu anlattığımız olaya telekonsültasyon denmektedir.

Teletıp ile şunlar amaçlanır:

- Sağlık merkezlerine uzak bölgelerde yaşayanların sağlık hizmetlerine ulaşmasının kolaylaştırılması.
- Doktor-hasta karşılaşmasını azaltarak hastaya daha etkili sağlık hizmeti sunulması.
- Doktorun iş yükünün azaltılması.

Teletıp sistemleri veri, ses, görüntü ve video aktarımı yapan servisler içerebilir. Bu servislerle teletıp sistemleri aşağıdaki görevleri yerine getirebilmektedir.

- Hastanın tıbbi parametrelerin izlenmesi ve sağlık birimlerine gönderilmesi
- Ses aktarımı
- Canlı görüntü aktarımı
- Tıbbi görüntülerin paylaşılması ve hastaya gönderilebilmesi

1920'li yıllarda teletıpla ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmış, fakat bu terim ilk defa 1970 yıllarında kullanılmıştır. İlk yıllarında, teletıp sistemleri sadece etkileşimli video ile gerçekleştirilen danışmanlık servislerini tanımlamak için kullanılıyordu. Fakat bu sistemlerin kullanımı artık çok genişlemiştir ve görüntü, çoklu ortam, internet ve web tabanlı uygulamalar içerebilir hale gelmiştir.

2.3. Telesağlık

Telesağlık terimi teletıpa göre daha geniş bir kullanım alanına sahiptir. Teletıp terimi sadece uzaktan tıbbi teşhis ve hasta bakımı için kullanırken, telesağlık, teletıp ağlarının sağlık eğitimi, klinik veritabanlarının oluşturulması ve paylaşılması, sağlık ve hasta kayıtları, yönetimsel destek ve yapay zeka için kullanılması anlamına gelmektedir. Yani telesağlık, iletişim teknolojileriyle sağlanan sağlık ağlarını ve sağlık hizmet servislerini, tıbbi eğitim programlarını, iş birliği içinde olan araştırmaları, toplantıları ve hasta konsültasyonlarını, kısacası sağlığı korumayı ve geliştirmeyi amaçlayan tüm servisleri içerebilir.

Teletıp ve telesağlık sistemlerinin gelişmesi elektronik, robotik, bilgisayar, iletişim teknolojilerine ve bu alanlardaki ilerlemelere bağlıdır. Son yıllarda internet alanında yaşanan gelişmeler sayesinde teletıp sistemleri farklı bir boyut kazanmış, web tabanlı uygulamalar ön plana çıkmış ve bilgiye her yerden ve her zaman ulaşma imkanı sağlanmıştır.

Teletıp sistemleri senkron servisler veya asenkron servisler içerebilirler. Senkron servisler gerçek zamanlı çalışırlar. Çift yönlü ses aktarımı, etkileşimli videolar, ve canlı görüntü aktarımı mümkündür bu yüzden bu servisler etkileşimli iletişim gerektiği zamanlarda, telekonsültasyon amacıyla, devam eden eğitimlere ve toplantılara katılmak amacıyla kullanılır. Senkron sistemlerin elde taşınabilir mobil ve kablosuz uygulamaları da hasta kayıtları, reçeteler vb. için kullanılabilir.

Asenkron servislerde ise veriler iletildiği andan farklı bir zamanda görüntülenmektedir. Hastanın etkileşimli iletişim için hazır olmasının gerekmediği durumlarda uygundur. Genelde email, video klipler ve görüntüler içerir. Daha çok radyoloji, patoloji gibi anlık iletim gerekmeyen zamanlarda, depola-gönder mantığı ile çalışan servislerdir.

2.3.1. Teletıp Sistemlerinin Gelişim Aşamaları

Teletıp aslında çok yeni değildir, 1920'li yıllarda telefonun icat edilmesiyle ortaya çıkmıştır. Teletıpın ilk örneği 1920'li yıllarda, gemilere yardım için tasarlanmıştır. Sahildeki istasyonlarda bulunan uzmanlar, acil durumlarda gemidekilere yardım etmek için radyo aracılığıyla bağlantı kurmuşlardır [45]. Chouinard [46] ise ECG iletiminin 1930'lu yıllarda telefon hatları üzerinden iletilmeye başlandığını belirtti. Fakat yinede o zamanların iletim sistemleri yetersiz ve kalitesizdir. Philadelphia'da 1950 yılında iki doktor, telefon hattı üzerinden haberleşebilen bir teleradyoloji sistemi geliştirdiler [47]. 1959'da Nebraska Psychiatric Institute tıp öğrencilerinin kampüs içinden eğitimi için etkileşimli televizyon kullandılar [48]. Bird [49], ilk geniş teletıp sisteminin 1967'de Teletıpın Boston Logan Havaalanı ile Massachusetts general hastanesi arasında kurulduğunu belirtti. 1970 öncesi yıllarda teletıpta ses tabanlı ve kablo televizyon teknolojileri kullanılmıştır.

1970'li yıllarda değişik teknolojiler ortaya çıkmıştır, Kanada ve Amerika Birleşik

Devletleri'nde hükümet destekli, uydu ve mikrodalga teletıp uygulamaları geliştirilmiştir. 1976'da Bashshur ve Lovett [44], ABD'de çeşitli projeler tanıttı. Bu projelerde, geniş band televizyonlar, görüntülü telefonlar, anahtarlamalı ağlar ve kablo televizyon gibi birçok yeni teknoloji kullanıldı. 1971'de National Library of Medicine's Lister Hill ulusal merkezi, güvenli bir biyomedikal haberleşmenin kırsal bölgelerde sağlığı geliştirebileceğini görmek için Alaska'da 26 bölüm seçildi. ATS uydusu (Alaska ATS-6 Satellite Biomedical Demonstration) 1975'de kullanıma hazır hale geldi. Amaç kırsal bölgelerde sağlık hizmetlerini iyileştirmek için video konsültasyon yönteminin kullanılması idi. WAMI [50], ATS-6 uydusunu kullanarak, Washington, Alaska, Montana ve Idaho'daki kırsal alanlar ile Seattle'daki Washington Üniversitesi arasında bağlantı kurdu. WAMI projesi, özel konsültasyon sağlamasının yanında, ayrılmış kırsal alanlardaki doktorların tıbbi eğitime katılmaları ve devam etmelerini sağlayan ilk projedir. STARPAHC (Space Technology Applied to Rural Papago Advanced Health Care) [51,52], teletıp alanındaki ilk denemelerden birisidir. STARPAHC ile Arizona'daki Papago Indian Reservaton'a sağlık hizmeti dağıtılmaktadır. Bu proje 1972-1975 yılları arasında oluşturulmuş, National Aeronautics and Space Administration (NASA) tarafından düşünülmüş, NASA ve Lockheed tarafından hayata geçirilmiş, Papago halkı, hint sağlık servisi üzerinde değerlendirilmiştir. Amacı uzaydaki astronotlara ve Papago yerlilerine sağlık hizmeti sağlamaktır. Bu servis doktor olmadan sağlık sağlayıcısı ve taşınabilir donanım üzerinde durmaktadır.

1980'ler yıllarda, teletıpın basitleştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. 1970'lerde birkaç Kanada'lının çalışması teletıp servisi için farklı teknolojileri karşılaştırmaktadır. Birçok rapor [53-55] farklı kanallardan sunulan hasta konsültasyonları arasında önemli teşhis tutarsızlığı olmadığını fark etmişlerdir. Araştırmalarının bir sonucu olması için, pahalı olmayan teknolojilerin (telefon ve siyah-beyaz yavaş tarayan televizyon) daha verimli çözüm olduğu sonucuna varmışlardır.

1970'lerden beri devam eden projelerin 1980'lerde basitleştirilmesine başlanmıştır. Teletıp Kanada, Toronto General Hospital, projelerin en büyüğü ve en eskisiydi. Bu proje başlangıçta, Kanada'nın uzak bölgelerine konsültasyon servislerini dağıtıyor ve eğitim programlarına devam ediyordu. Şu anda Teletıp Kanada, Kanada içinde 935 yere bu gibi programları sağlıyor [56]. Newfoundland'deki Memorial Üniversitesi, yavaş

taramalı televizyon aracılığıyla devam eden eğitimler ve konsültasyonlar gerçekleştirmiştir [57,58].

1990'lı yıllarda, etkileşimli video ön plana çıkmıştır. 1980 ve 1990 yıllarından sonra teletıpın gelişimi artmıştır. Texas Tech MEDNET'te [59,60], Texas Teletıpta [61], Medical Collage of Georgia ve West Virginia, Kansas, Oregon, Oklahoma, Montana ve ABD'de dijital iletişimi ve T1 ağını kullanan yeni projeler başlamıştır. 1990'ların başlarında, teletıp uygulamaları çoğunlukla, sayısal sıkıştırılmış teknolojiler aracığıyla senkron video konferans sistemini kullanmıştır. T1 ağında ISDN hatları kullanılmıştır. 1990'ların ortalarında ise ATM ağlarıyla projeler yapılmaya başlanmıştır.

Teletıp sistemlerinin, sağlık hizmetlerini artırma, sağlık hizmet sağlayıcıları arasında ayrımı azaltma, hasta hizmetlerini artırma, sağlık hizmet fiyatlarını azaltma, bilgi servislerini tamamlama gibi amaçları olabilir.

Aşağıda teletıp sistemlerinin bazı özellikleri sıralanmıştır:

- Teknolojiler : Teletıp, hızla değişen donanım, yazılım, çevresel elemanlar ve ağ teknolojilerini kullanır.
- Çevre : Teletıp dağıtımının local alanı, kırsal, kentsel, akademik, klinik, hastane, hapishane, bakımevi vb. olabilir.
- Klinik Uygulamalar : Radyoloji, patoloji, dermatoloji, psikiyatri, ameliyathane, oftalmoloji vb. olabilir.
- Yönetim, organizasyon ve servislerin dağıtımı için metotlar : Kim servisleri kabul ediyor ve dağıtıyor, ne kaydediliyor, bireyler nasıl eğitilmiş, ve projede neler değerlendirilmiş gibi kriterler teletıp sistemlerinin yönetimsel değişkenleridir.
- Kullanıcı Özellikleri : teletıp sistemlerinden sağlanan fayda öğrenme şekli ve yeniliği kabul etme özelliklerine göre değişir, bu nedenle program kişiye özeldir.

2.4. Uzaktan Sağlık İzleme

Hayati fonksiyonların izlenmesi, önceleri sadece yoğun ve koroner bakım ünitelerindeki hastalara yönelik temel bir hizmet olarak görülmüştür. Şimdiye kadar artan imkanlarla izleme sistemlerinde büyük gelişmeler sağlanmış ve artık hastane dışında da örneğin evde veya işte hastanın çeşitli tıbbi parametrelerinin izlenmesi mümkün olmaktadır.

Mora'ya [62] göre hasta izleme, alarm durumlarını tanımak için alınan veriyi yorumlayabilmeyi gerektirir. Frost ve Sullivan'a göre [38], izleme sistemi terimi, hastanın durumuyla ilgili bilgi almayı sağlayan, bu bilginin depolandığı veya depolanmadığı tüm araçları kapsar.

1974 yılından beri Massachusetts Enstitüsü Teknoloji Laboratuarı yöneticisi olan Michael L.Dertouzos "What Will Be" [63] adlı kitabında ilginç bir senaryo anlatır. Bu senaryoda, evli bir çift Alaska'nın uzak bir bölgesinde tatildedir. Adam nefes almada zorluklar yaşamaktadır ve bir akşam durumu birden bire kötüleşir. Kadın yardım çağırır ve adam hemen otel içindeki tıbbi müdahale odasına taşınır. Bir teknisyen, adamın nabzını, kan basıncını, vücut ısısını ve solunum hızını kaydetmeye başlayan, makineyi yönetir. Üstelik, hastanın tıbbi tanıtım kartı makineye tanıtılır, daha sonra hastanın ülkenin tam zıt yönünde oturan ve o an nöbette olan aile doktoru aranır. Doktor teknisyene bir göğüs röntgeni çekip çekemeyeceğini sorar. Teknisyenin yönetimi altında, makine röntgeni çeker ve yorumlaması için bir uzmana gönderir. Solunum ve oksijen testlerinin yapılmasıyla analiz tamamlanır. Sonuçta hastanın aile doktoru şu değerlendirmeyi yapar: solunum hızı yüksek, oksijen seviyesi düşük ve düşmeye devam ediyor, saniyede soluk verme miktarı anormal düşük. Teşhis şiddetli astımdır ve eğer hasta acil yardım almasaydı, 6 saatten daha az bir zamanda bu ölümüne neden olabilirdi.

Bu senaryo, elektronik, robotik, bilgisayar, iletişim teknolojilerine ve bu alanlardaki ilerlemelere bağlıdır. Bu alanlardaki:

- Çok sayıda fizyolojik değişkeni kusursuz olarak kaydedebilen yeni sensörlerin tasarlanması,
- Hastanın tıbbi geçmişini saklayabilen smart kartların kullanımı ile sistemlerin minyatürleştirilmesi,
- Neredeyse anlık olarak çok büyük miktarda bilginin iletilmesini sağlayan, yeni iletişim şekillerinin geliştirilmesi,
- Hastanın izlenmesiyle elde edilen bilgiye her yerden ulaşma imkanı

gibi gelişmeler yaşanmasıyla hasta izleme sistemleri daha güvenilir, yaygın, etkili, ucuz çözümler olarak karşımıza çıkacaktır.

Uzaktan sağlık izleme sistemleri ile tıbbi parametrelerin her yerden sürekli izlenmesi ve

bu izleme bilgilerine her yerden erişim hedeflenmektedir. Kablosuz haberleşme ağlarının maliyetindeki azalma ile, izleme sistemlerinin bu tip ağlara daha yaygın olarak bütünleştirilmesi, cihazlara dolayısıyla hastalara daha fazla hareketlilik (mobility) sağlanması anlamına gelir. Bu sistemler bir LAN sistemi ile çift yönlü iletişime izin verir. Bu sistemler ile hastalar hastane içinde hareket halinde iken izlenmesi veya evde, işte izlenmesini sağlar. Hastanelerdeki haberleşme için, bu sistemlerde bir kablosuz LAN kartı vardır ve bu kartlar hastaneye yerleştirilmiş erişim noktaları ile bağlantı halindedir. Ev veya iş gibi uzak yerlerden izleme de veriler taşınabilir cihazdan bluetooth veya gprs gibi kablosuz bir teknolojiyle bir telefona veya bir cep bilgisayarına (PDA) aktarılabilir. Buradan da internet ile merkeze iletilebilir.

Hasta izleme sistemlerini aşağıdaki gruplara ayırabiliriz:

- Başucu donanımı : Hastanelerin yoğun ve koroner bakım ünitelerinde bulunan, hastadan ECG, ısı, kan basıncı, nabız, oksijen seviyesi gibi bilgileri almaya ve izlemeye yarayan sistemlerdir.
- Evde İzleme Sistemleri : Taşınabilen veya taşınamayan sistemler mevcuttur. Taşınamayan sistemlerde, izleme yapılabilmesi için hastanın yatağa bağımlı olması gerekmektedir. Dolayısıyla bu sistemlerin yeterince etkili bir çözüm olmadığı görülmektedir. Taşınabilir yani mobil sistemlerde ise hastaya hareket özgürlüğü tanınmıştır. Hastanın normal yaşantısına devam etmesi sağlanmıştır.
- Tıbbi Bilgi Sistemleri : Başucu cihazlarından elde edilen bilginin yanında diğer ilgilenilen bilgiler de görüntülenebilir ve daha iyi sonuç alınması, hasta izlenmenin her yönden yapılması sağlanır. Hastanın giriş, çıkış ve fatura bilgilerine izleme bilgilerinin eklenmesiyle elde edilen tüm klinik bilgileri pratik olarak bütünleştirmeyi sağlar.
- Zeki İzleme Sistemleri : Zeki izleme sistemleri, sinyaller ve parametreler üzerinde analiz yapabilmeli, bahsedilen konulara dikkat çekebilmeli, açıklayıcı hipotezler ve iyileştirici faaliyetler önermeli, aldığı net tıbbi bilgileri kullanabilmeli, oldukça gelişmiş raporlar hazırlayabilmeli ve hastanın fizyolojik durumuyla ilgili ayrıntılı bir yorum yapabilmelidir.

3. BÖLÜM

ÖLÇÜLEBİLİR TIBBİ PARAMETRELER

İnsan vücudundan pek çok tıbbi parametre ölçülebilmektedir. Bu ölçümler teşhis, tanı ve tedavi aşamalarında kullanılmaktadır. Bu bölümde uzaktan sağlık izleme sistemlerinde kullanılabilecek bazı tıbbi parametreler ve bunların ölçüm yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Vücut Isısı

İnsan vücudunun normal şartlardaki ısısı 36,5 °C dir. Bu değer bebeklerde ve küçüklerde 36,8 °C olabilir. Vücut tüm fonksiyonlarını, bu ısı değerleri arasında yerine getirdiği için "ateş" diye adlandırılan vücut ısısının yükselmesi, vücudun normal dengelerinde bir bozulma olduğunu gösterir. Ateş, kendi başına bir hastalık değil, hastalık belirtilerinden bir tanesidir. Bir enfeksiyon, ödem, doku hasarı veya aşı gibi nedenlerle vücut ısısını düzenleyen ısı düzenleyici merkezdeki dengenin bozulması sonucu ateş oluşur.

Çocukların kulaktan ve ağızdan ölçülen ateşleri 36 - 36,8 °C ise bu normal vücut ısısıdır. Koltuk altından 37 °C, ağızdan 37,5 °C ve rektal olarak 38 °C ve üzerinde ölçümler alınıyorsa, bu yüksek ateş olarak tanımlanabilir. Ateşi yükselen çocuklar için; ateşi kontrol altına almaya yönelik müdahalelerin yapılması gerekmektedir. Ateşe neden olabilen bakteri, virüs gibi mikroorganizmalar vücuda girmekte ve pirojen adı verilen çeşitli maddeler salgılamaktadırlar. Cevap olarak vücutta endojen adı verilen maddeler salgılanır. Vücut ısısını dengede tutan termoregülatör bölge harekete geçer.

Kontrol altına alınamayan uzun süreli yüksek ateşlerde ve havale belirtilerinin görülmeye başlandığı anda hemen en yakın sağlık kuruluşuna başvurup çocukların, doktor kontrolüne alınması gerekir.

Hipertermi; çevresel faktörler nedeniyle, içinde bulunulan ortam ısısının artmasıyla vücut ısısının yükselmesidir. Hipertermi, yüksek ateşle karıştırılmamalıdır. Hipertermi nedeniyle, kişiler terler ve soğuk bir şeyler içmek isterler. Ateşi yükselen kişiler üşüdüğünü, hipertermik kişi ise vücudunun ısındığını hisseder.

Hipotermi ise; vücut sıcaklığının 35 derecenin altına düşmesidir ve hayatı tehdit eden bir olaydır. Özellikle, küçük çocuklarda, yaşlılarda ve bazı hastalarda vücut ısı dengesinin hassas olması nedeniyle hipotermi, ciddi durumlara neden olur. Ateş düşmesinin belirtisi titreme, derinin soğuk ve soluk olması, bitkinlik, konuşma güçlüğüdür. Halk arasında donma olarak bilinen ve dağcılık sporu ile ilgilenenlerin sık karşılaştıkları ateş düşmelerinin nedeni genel olarak, aşırı soğuğa mağruz kalmadır. Bazı ilaçların (ağrı kesici - ateş düşürücü gibi) yan etkisi olarak da meydana gelebilir. Hipotermi olan kişilerde tüm giysiler çıkarılır ve kişi normal sıcaklıktaki bir odaya alınır. Bir battaniye yardımı ile yavaş yavaş ısıtılır. Çok sıcak olmayan içecekler verilir. Sık aralıklarla, örneğin; yarım saatte bir ateş ölçümü yapılarak doktora ulaşana kadar ısıtıcı önlemlerle devam edilmelidir.

Ateş çeşitli şekillerde ölçülebilir.

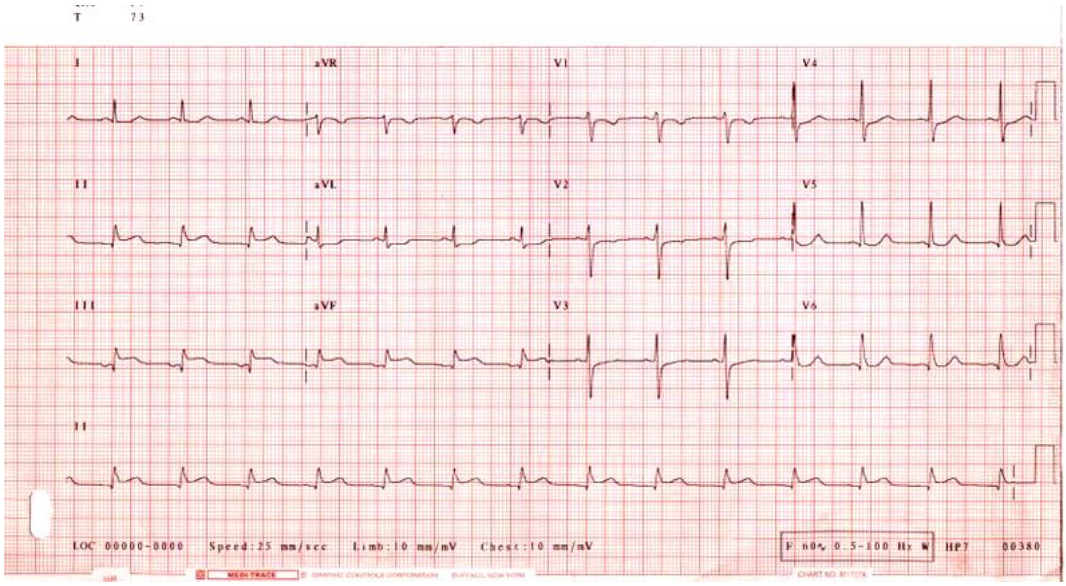
- Koltuk altı
- Rektal (makattan ölçüm)
- Timpanal (kulaktan ölçüm)
- Oral (ağız içinden ölçüm)

Ölçümünde hangi yöntemin uygulanacağı çocuğun yaşına göre belirlenebilir. Bebeklerde rektal ölçümler, daha büyük çocuklarda ise koltuk altından ateş ölçülmesi daha doğru olmaktadır. Genellikle koltuk altına oranla rektal yoldan alınan ölçümler 0,5-1 °C daha yüksek bulunur. Koltuk altı ölçümü yapılırken terleme varsa önce kurulanmalı sonra cıvalı kısım koltuk altına gelecek şekilde yerleştirilmelidir. Tercihen kucakta tutularak 3 dakika termometre kapalı koltuk altında tutulmalıdır. Civalı termometreler en güvenilir ölçümlerin yapıldığı termometredir. Yaralanmalara neden olabileceğinden, kırılmaması için dikkat edilmelidir.

Hızlı ölçüm yöntemlerinden biri de timpanik termometrelerle kulaktan yapılan ölçümlerdir. Termometre kulak içine dikkatlice yerleştirilip ölçüm yapılabilir[64].

3.2. Elektrokardiyogram (EKG)

Elektrokardiyogram, (ECG veya EKG) kalpteki elektriksel voltajı sürekli bir grafik şeklinde kaydeden elektrokardiyograf cihazı tarafından üretilen bir grafiktir. Bu cihaz, kalp elektrofizyolojisindeki en temel elemandır ve kardiyovasküler rahatsızlıkların teşhisinde ve görüntülenmesinde çok önemli bir görevi vardır. Elektrokardiyogram kalp kasılmasıyla ilgili herhangi bir bilgi vermez.



Şekil 3.1. Örnek bir EKG çıktısı.

Şekil 3.1'deki 12 derivasyonlu EKG çıktısında II, III ve aVF derivasyonlarında ST segmentinde akut miyokardiyal enfarktüs (kalp krizi) belitileri görülmektedir.

3.2.1. EKG'nin Kullanım Alanları

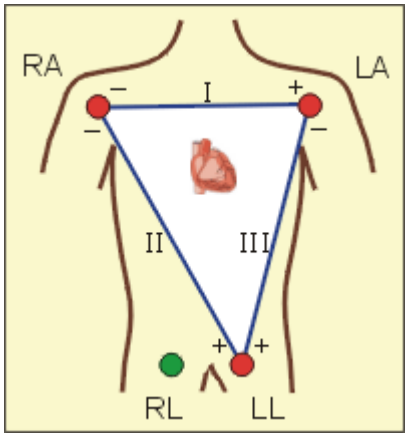
- Kalbin normal çalışıp çalışmadığını veya bazı anormal durumların olup olmadığını saptar (ritm bozukluğu (aritmi), kalp atışlarının gereğinden fazla veya az olması gibi).
- Ani gelişen veya daha önceki kalp krizlerinin zararlarını belirler.
- Potasyum, kalsiyum, magnezyum ve diğer elektrolit rahatsızlıkların belirlenmesinde kullanılabilir.
- İletim anormalliklerinin belirlenmesi sağlar (kalp tıkanıklığı gibi).
- Ischaemic kalp rahatsızlığı için egzersiz dayanıklılık testi sırasında bir

görüntüleme aracıdır.

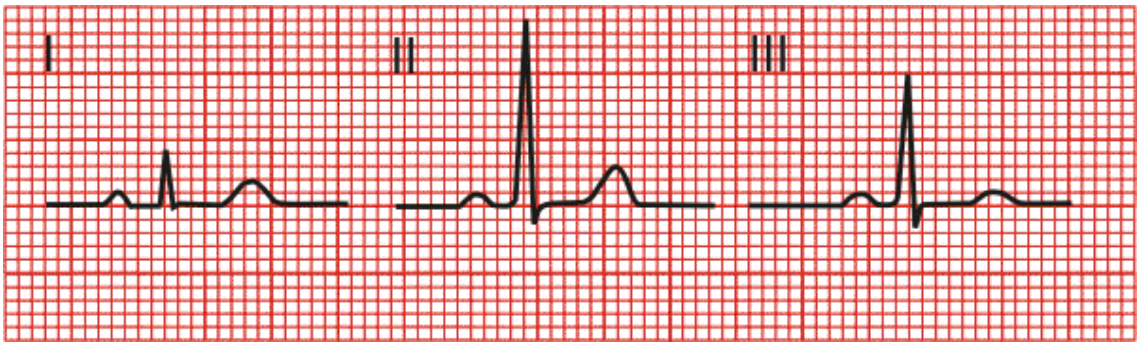
- Kalbin fiziksel durumu hakkında bilgi verir (sol ventriküler hipertropi, mitral stenosis gibi).
- Kalple ilgili olmayan bazı rahatsızlıkları da belirleyebilir(pulmonary embolism, hypothermia gibi)

3.2.2. Elektrod Yerleşimleri

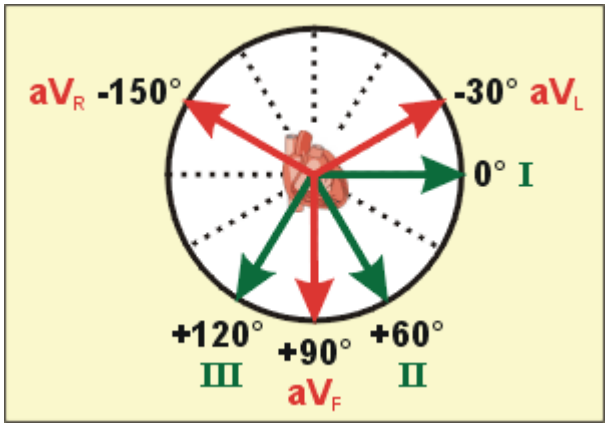
EKG, bir galvanometre kullanılarak vücudun çeşitli noktaları arasındaki elektriksel potansiyelin ölçülmesiyle oluşturulur. Derivasyon I, II ve III -kol ve bacaklar üzerinden ölçülür. I. derivasyon sağ koldan sol kola, II. derivasyon sağ koldan sol bacağa ve III. derivasyon sol koldan sol bacağa doğrudur. Buradan, kalbin üzerinde göğsün tam ortasında yerleşmiş V sanal noktası oluşturulur. Diğer dokuz derivasyon, bu nokta ile üç adet kol bacak derivasyonları ve altı prekordiyal derivasyon (V_{1-6}) arasındaki potansiyelden elde edilir(aVR, aVL ve aVF).



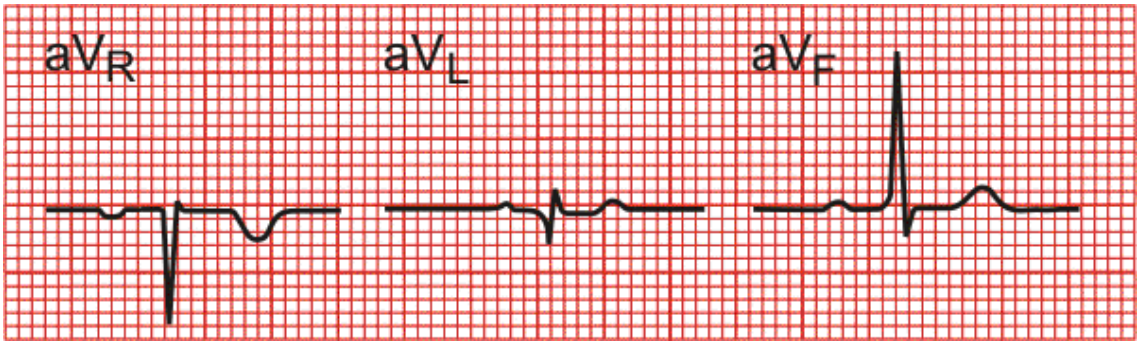
(a) Derivasyon I, II ve III elektrod yerleşimleri.



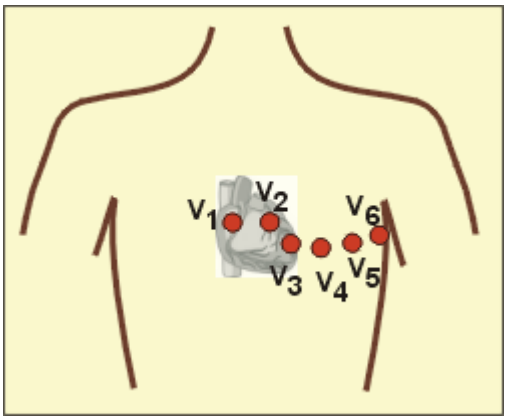
(b) Derivasyon I, II ve III EKG çıktıları.



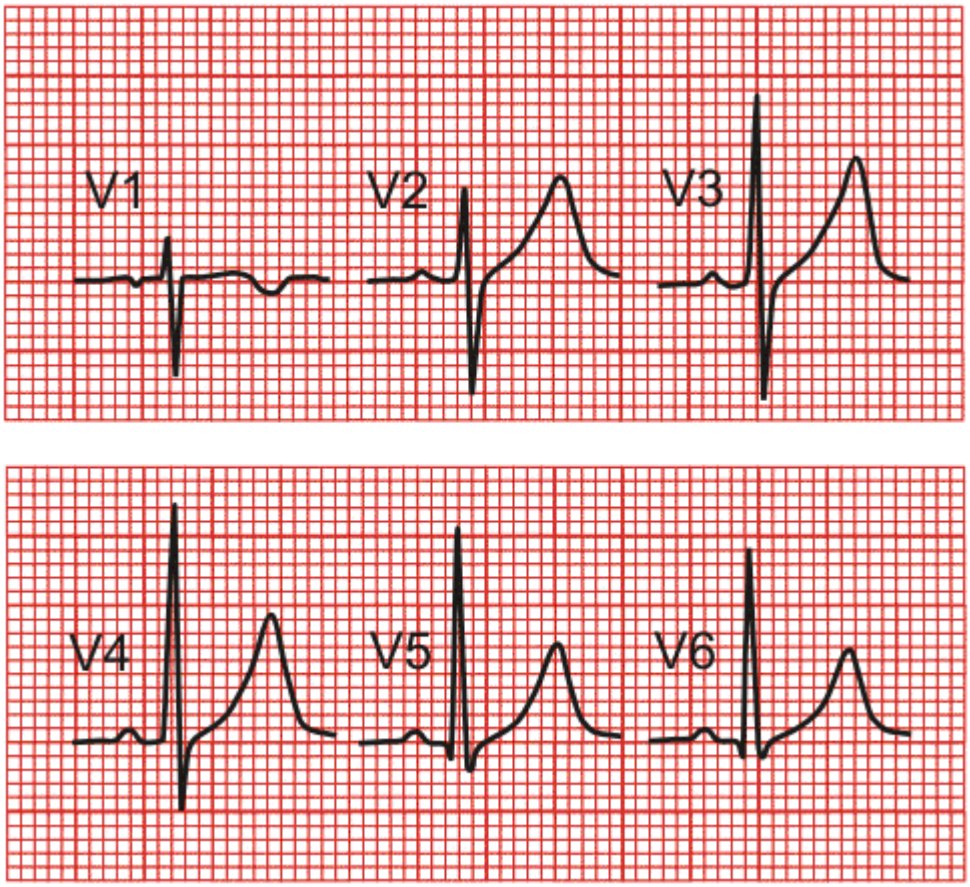
(c) aVR, aVL ve aVF derivasyonları için elektrod yerleşimleri.



(d) aVR, aVL ve aVF derivasyonlarının EKG çıktıları.



(e) $V_{1\text{-}6}$ derivasyonları için elektrod yerleşimleri.



(f) V_{1-6} derivasyonları için EKG çıktıları.

Şekil 3.2. 12 derivasyonlu EKG elektrod yerleşimleri ve EKG çıktıları.

Bu nedenle, toplamda 12 derivasyon vardır. Elektrodların yerleşimi ve temsili EKG çıktıları Şekil 3.2'de verilmiştir. Herbir derivasyon, özellikleri gereği, kalbin belirli noktalarından bilgi çıkarır.

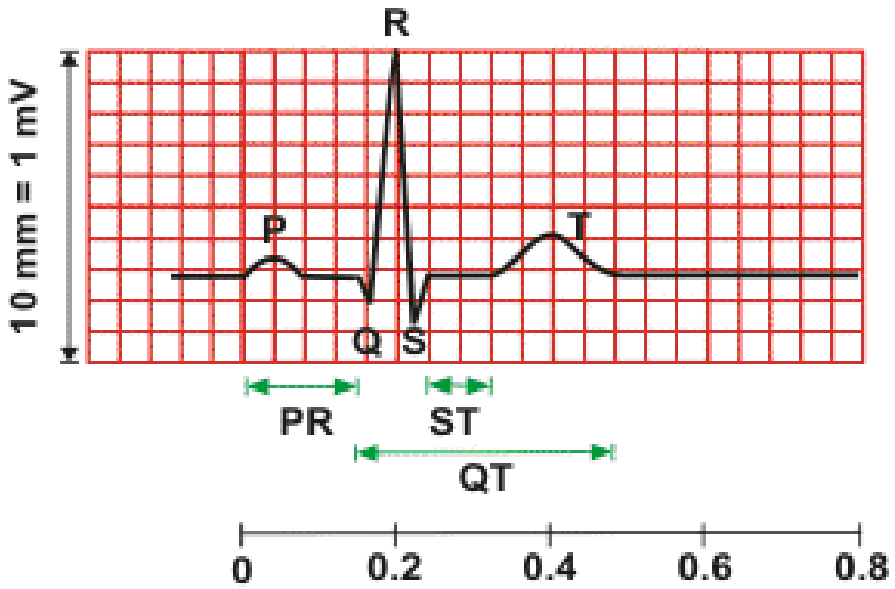
- Aşağıdaki derivasyonlar (II,III ve aVF) kalbin aşağı bölümündeki(duvar) üst noktadan elektriksel faaliyeti kontrol eder.
- Yan derivasyonlar (I, aVL, V_5 ve V_6) kalbin yan duvarındaki üst noktadan elektriksel faaliyeti kontrol eder.
- Ön derivasyonlar, V_1'den V_6'ya kadar ve kalbin ön duvarını veya sol karıncağın ön duvarını simgeler.
- aVR, eğer ECG derivasyonları hasta vücuduna düzgün yerleştirilmişse, nadir olarak tanı bilgisi için kullanılır.

Depolarizasyonun ve repolarizasyonun alışılmış ve anormal yönleri veya vektörleri

anlama, önemli tanı bilgisi sağlar. Sağ karıncığın çok küçük kas yığını vardır. Bu, EKG'de sadece küçük bir iz bırakır, bu da sol karıncıktaki değişikliklere göre daha zor bir teşhis yapılmasına sebep olur.

Derivasyonlar, belirli bir andaki kalbin hareket potansiyelleri toplamından üretilen ortalama elektriksel faaliyeti ölçer. Örneğin, kulakçıkların kasılması sırasında, elektriksel faaliyetin toplamı, SA düğümünden AV düğümüne doğru olan ve sağ kulakçıktan sol kulakçığa doğru uzanan bir elektriksel vektör üretir (SA düğümünün sağ kulakçıkta bulunduğundan beri). Bu EKG' deki, II,III ve aVR' ye dik olan (genel elektriksel faaliyet bu derivasyonlara doğru gittiğinden beri), ve aVR'de ters çevrilen (derivasyonlardan ayrıldığından beri) P dalgasını dönüştürür.

3.2.3. Normal bir EKG İşareti



Şekil 3.3. Normal EKG işaretinin (sinüs ritmi) şematik gösterimi

Normal kalp atışının tipik bir EKG işareti, P dalgası, QRS kompleksi ve bir de T dalgası içerir. Küçük U dalgası ise genelde görünmez. Şekil 3.3'de EKG peryotları ve dalgalar gösterilmiştir. Tablo 3.1'de ise bu peryotların ve dalgaların uzunlukları saniye cinsinden verilmiştir.

Tablo 3.1. Bazı peryotların ortalama süreleri

P dalgası	0.08-0.10 sn
P-R arası	0.12-0.20 sn
QRS	0.06-0.10 sn
Q-T arası	<0.44 sn

3.2.3.1. Eksen (Axis)

Eksen, kalbe doğru olan elektriksel gücün genel yönüdür. Çok uzun insanlarda sağa ve obez insanlarda sola sapmasına rağmen, genelde sol alta doğrudur.

- Aşırı sapmalar normal değildir ve dal bloğu (bundle branch block), ventriküler hipertropi veya sağda ise pulmonary embolism olduğunu belirtir.
- Kalbin yüzeyindeki dekstrokardi veya yönün ters dönmesini teşhis edebilir. Aslında bu durum çok nadirdir ve genelde başka yollarda teşhis edilir (göğüs röntgeni gibi).

3.2.3.2. P Dalgası

Kulakçıkların kasılmasına sebep olan akımın elektriksel işareti P dalgasıdır. Sol ve sağ kulakçıkların kasılması eş zamanlı olur. QRS kompleksiyle ilişkisi bir kalp bloğunun varlığını belirler. Düzenli olmayan veya hiç olmayan P dalgaları ritm bozukluğunu gösterir. P dalgalarının şekli kulakçık derivasyonlemlerini gösterir.

3.2.3.3. QRS

QRS kompleksi, kulakçığa göre daha güçlü olan ve daha fazla kas yığını içeren, sol ve sağ karıncığın kasılmasına neden olan akımı belirtir. Böylece büyük bir EKG sapması ile sonuçlanır. QRS kompleksi boyunca genelde 0.10 saniyeye eşittir veya daha azdır.

- Q dalgası, ortaya çıktığında, küçük yatay akımı (soldan sağa) temsil eder, çünkü hareket potansiyeli karıncıklar arasındaki bölgede ilerler.
- Çok geniş ve derin Q dalgalarının septal başlangıcı yoktur, fakat çok derin miyokardiyum içeren ve yara izi bırakan, miyokardiyal enfarktüs belirtir.
- R ve S dalgaları miyokardiyum kasılmasını belirtir.
- QRS kompleksindeki anormallikler dal bloğu (bundle branch block), tachycardia, ventriküler hipertropi ve bazı diğer karıncık anormalliklerini

gösterir.

- Perikard iltihabında veya perikard efüzyonunda QRS genelde küçüktür.

3.2.3.4. T Dalgası

Karıncıkların repolarizasyonunu belirtir. QRS kompleksi genelde kulakçık repolarizasyon dalgasını gizler, ve görünmez olur. Elektriksel olarak, kardiyak kas hücreleri sıkıştırılmış yay gibidir. Küçük bir kuvvet onları kararlı hale getirir, depolarize olurlar ve kasılırlar. Yayı yeniden kurma repolarizasyondur. Birçok derivasyonda, T dalgası pozitiftir. Ters bir T dalgası V_1'de normal olsa bile, T dalgasını ters çevirme(negatif)bir rahatsızlığın belirtisi olabilir(ve Afrika-Amerika/Afro-Karayip içinV_2 -V_3) T dalgasındaki anormallikler, hyperkalemia veya hypokalemia gibi elektrolit rahatsızlıkları belirtisi olabilir. ST bölümü QRS kompleksine ve T dalgasına bağlanır. Bu bölüm genellikle 0.08 saniye devam eder ve genelde PR bölümü ile aynı seviyededir. Yükselen ve alçalanların yer değişimi kardiyak kasa zararı veya karıncıklarıdaki gerilmeyi belirtir. Ishhemia'da bastırılmıştır ve miyokardiyal enfarktüste yükseltilmiştir, digoxin kullanımında ise yukarı eğimlidir.

3.2.3.5. U Dalgası

U dalgası her zaman görülmez. Oldukça küçüktür ve T dalgasını yakından takip eder. Papiller kasların veya Purkinje fiberlerin repolarizasyonunu belirttiği düşünülür. Belirgin U dalgaları, hypokalemia 'da sık sık görülür, fakat hypercalcemia, thyrotoxicosis veya digitalis, epinephrine ortaya çıkarma ve Sınıf 1A ve 3 antiaritmikler, doğuştan uzun QT sendromu olanlar ve intracranial kanamalarda da T dalgası görülür. Ters çevrilmiş bir U dalgası miyokardiyal ischemia veya sol karıncık hacminin aşırı büyüdüğünü gösterir.

3.2.4. EKG Ölçümleri

3.2.4.1. QT Aralığı

QT aralığı, QRS kompleksinin başından, T dalgasının sonuna kadar ölçülür. Normal bir QT aralığı genelde 0.40 saniyedir. Düzeltilmiş QT aralığı uzun QT sendromu ve kısa QT sendromu teşhisinde çok önemlidir. QT aralığı kalp hızına göre değişir ve kalp hızı için QT aralığını düzenleyici birçok düzeltme faktörü geliştirilmiştir.

Kalp hızı için QT aralığını düzeltmede genellikle en çok kullanılan yöntem Bazett tarafından 1920' de geliştirilmiştir.

$$QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR}} \tag{3.1}$$

olarak ifade edilir. Burada QTc, QT aralığının kalp hızı için düzeltilmiş halidir ve RR ise bir QRS kompleksinden, bir sonraki QRS kompleksine kadar olan aralıktır ve saniye ile ölçülür. Bununla birlikte, bu formül doğru olmayan yüksek kalp hızını ve düşük kalp hızını düzeltmeye hizmet eder.

3.2.4.2. PR Aralığı

PR aralığı, P dalgasının başından QRS kompleksinin başına kadar ölçülür. Genelde 0.12 saniyeden 0.20 saniyeye kadardır. Kısa süreli PR, Wolff-Parkinson-White sendromundaki gibi karıncığı önceden depolarize eden yardımcı yığını gösterirken, uzun süreli bir PR birinci derece bir kalp bloğunu gösterir,

3.2.5. Tarihçesi

19. yüzyılda kalbin elektrik ürettiği daha net anlaşıldı. Kalple ilgili elektriksel olarak ilk yaklaşım Paddington, Londra' dan St Mary's Hospital' da çalışan Augustus Waller tarafından ortaya atılmıştır. 1911'de hala kendi işi için çok küçük klinik uygulama olduğunu gördü. Buluş, Willem Einthoven Hollanda' da kendisi tarafından 1901'de geliştirilen ve daha önce Waller'in kullandığı kılcal damar elektrometreden daha hassas olan galvanometre ile çalışırken ortaya çıktı. Einthoven, P,Q,R,S ve T harflerini çeşitli sapmalar için kullandı ve birkaç kardiyovasküler hastalık için elektrokardiyografik özelliklerini tanımladı. Bu buluşundan dolayı 1924' de Tıp Fizyolojisi için Nobel ödülü aldı [65].

3.3. Kan Basıncı (Blood pressure)

Kalbimiz atar damarlarımıza düzenli ve sürekli olarak kan pompalar. Kan önce büyük atar damarlara (arterler), daha sonra küçük atar damarlara (arterioller) ve oradan da kılcal damarlara (kapillerler) geçer. Kapillerler aracılığıyla kan tüm dokulara dağılır ve

böylece dokuların oksijen ve gıda gereksinimleri karşılanır. Dokularda oluşan atık maddeler ve karbondioksit yine kapillerler aracılığıyla kana geçer ve bu kirli kan toplar damarlar (venler) aracılığı ile kalbe döner. Bu sırada kalp, geri dönen kanı toplamak için gevşemiştir. Daha sonra kalp kasılır ve kirli kanı temizlenmek üzere akciğerlere gönderir. Akciğerlerde temizlenen kan yeniden kalbe döner ve ardından yeniden arterlere pompalanır. Bu süreç dakikada ortalama 80 kez tekrarlanır. Kan her defasında kalbin kasılmasından doğan bir basınç ile arterlere gönderilir. Bu basınç, damarlarımızın duvarında da devam eder ve kan akışının sürdürülmesi için gereklidir. Kanın damar duvarına yaptığı basınç, kan basıncı olarak adlandırılır. Kan basıncı kalbimizin kasılması sırasında artar ve gevşemesi sırasında azalır. Kasılma sırasında, artmış olan kan basıncına sistolik kan basıncı ya da büyük tansiyon, gevşeme sırasında azalmış olan kan basıncına ise diyastolik kan basıncı ölçülebilir ve mmHg (civa basıncı) olarak ifade edilir.

Kan basıncı için normal değerler büyük tansiyon için 140 mmHg'nın, küçük tansiyon için 90 mmHg'nın altıdır. İlerleyen yaşla birlikte normal kan basıncı değerleri değişmez. Yani 30 yaşında da 80 yaşında da normal değerler aynıdır.

Kan basıncı genellikle sabah saatlerinde yüksek iken uyku sırasında daha düşüktür. Gün içerisindeki çeşitli aktiviteler kan basıncı değerlerini belirgin şekilde etkiler. Örneğin toplantılarda, çalışma sırasında, seyahatlerde ve yürüyüşlerde kan basıncında önemli yükselmeler kaydedilebilir. Bu değişimler Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Her iki cinsiyet için Kornea boyutları

	Sistolik (büyük) tansiyon (mmHg)	Diyastolik (küçük) tansiyon (mmHg)
Toplantı	+20	+15
Çalışma	+16	+13
Seyahat	+14	+9
Yürüyüş	+12	+6
Giyinme	+11	+10
Ev işleri	+11	+10
Telefon konuşması	+10	+7

Yemek	+90	+10
Konuşma	+7	+7
Masa işi	+6	+5
Okuma	+2	+2
Televizyon izleme	0	+1
Uyku	-10	-8

Küçük atar damarlar (arterioller) bazı sinirsel ve kimyasal uyaranlarla daralıp genişleyebilme özelliğine sahiptir. Genişlediklerinde kan rahatça ilerler, kalp kanı rahatça pompalar, daraldıklarında ise, kanın ilerlemesi güçleşir ve kalbin kanı çok daha güçlü ve yüksek basınçla pompalaması gerekir. Bu durumda kan basıncı yükselir.

Kan basıncı yüksekliği (hipertansiyon) kalbin iş yükünü artırır ve atar damarlarda zarara yol açar. Zaman içerisinde özellikle kalp, böbrek, göz ve beyine kan götüren atar damarlarda harabiyet oluşur. Kalp, böbrek, göz ve beyin damarları bu yüksek basınca uzun yıllar boyunca sessizce direnebilir. Bu nedenle kan basıncındaki yükselme yıllarca, belirti vermeden, tamamen sessiz, sinsi, ilerleyebilir. Ancak bu hastalara zarar vermediği anlamına gelmez. Yüksek kan basıncı (hipertansiyon) inme, kalp krizi ve böbrek yetersizliğinin önemi, kilit nedenlerinden biridir.

Hastaların yaklaşık %90'ında, hipertansiyonun nedeni bilinmez. Buna esansiyel veya primer hipertansiyon denir. Daha az bir oranda (hastaların %10'unda) hipertansiyonun nedeni ortaya konabilir. Buna da sekonder hipertansiyon adı verilir.

En sık rastlanan sekonder hipertansiyon nedenleri şunlardır:

- Çok tuzlu gıdaların tüketilmesi (özellikle tuza hassas kişilerde)
- Böbrek hastalıkları
- Böbrek üstü (adrenal) bezlerinin hastalıkları
- Böbrek damarlarının daralması
- Doğuştan büyük atar damarın (aortun) bir bölümünün dar olması (aortkoarktasyonu)
- Trioid bezi hastalıkları (hipertiroidi)

Bu problemlerin çoğu girişimsel yöntemlerle veya ilaç tedavisi ile çözümlenebilir. Örneğin böbrek damarlarına giden atar damardaki darlık, balonla açılabilir veya cerrahi olarak düzeltilebilir. Hipertiroidi ise ilaç tedavisiyle ortadan kaldırılabilir. Bu nedenle, özellikle kan basıncı yüksekliği ilk olarak tesbit edildiğinde hekimler detaylı bir öykü ve muayene sonrasında bazı laboratuvar tetkikleri isterler. Bazen de özel testlere gerek duyabilirler. Bu testler yapılırken genellikle hastanede yatmak gerekmez.

Yüksek tansiyon toplumda oldukça sık görülen bir durumdur. Türkiye'de her üç erişkinden birinde hipertansiyon söz konusudur. Kadınlarda daha sık görülmekte, artan yaşla birlikte gerek kadınlarda ve gerekse erkeklerde sıklığı da artmaktadır. Görülme sıklığı açısından kırsal ve kentsel kesimler arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Erkeklerde görülme oranı Marmara ve Karadeniz bölgelerinde en yüksek, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde en düşük bulunmuştur. Kadınlarda görülme oranı ise Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde en yüksek, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde en düşüktür.

Ülkemiz ile ilgili bir diğer saptama da hipertansiyon hastalarının yalnızca üçte birinin tedavi görmekte olması ve bunların da ancak yarısında kan basıncının kontrol altında olmasıdır. Hipertansiyonu olduğu halde tanı konmayan kişiler de dikkate alındığında toplum sağlığı açısından tablonun ne kadar olumsuz olduğu açıktır.

Yüksek tansiyon riskini arttıran bir çok faktör söz konusudur:

- Yaş: Yüksek tansiyon görülme oranı ilerleyen yaşla birlikte artar. Buna karşın tansiyon yüksekliği genellikle ilk olarak 35-50 yaşlarında saptanır.
- Cinsiyet: 50 yaşın altındaki grup ele alındığında erkeklerde daha sık görülür. 50-55 yaş grubunda görülme sıklığı eşitlenir. 55 yaşından sonra ise kadınlarda görülme sıklığı daha fazladır.
- Kalıtım: Yüksek tansiyonlu kişilerin yaklaşık %60'ında ailede de tansiyon yüksekliği söz konusudur.
- Şişmanlık: Şişmanların yaklaşık %40'ında yüksek tansiyon görülmektedir. Genç hastaların yaklaşık üçte biri şişmandır.
- Şeker hastalığı: Şeker hastalarında yüksek tansiyona çok sık rastlanır.
- Aşırı tuz tüketimi: Yüksek tansiyona yol açan nedenlerden biridir.
- Fiziksel aktivitelerin azlığı: Hipertansiyon görülme olasılığı arttırır.

- Alkol tüketimi: Alkol kullananlarda hipertansiyon görülme sıklığı artar.
- Stres: Yüksek tansiyonun ortaya çıkmasını kolaylaştırabilir.

Kan basıncını ölçmek için farklı tipte aletler kullanılabilir. Cıvalı aletler en doğru ölçümlere olanak tanıyanlardır. Ancak bunların taşınmaları güçtür, genellikle hastanelerde, polikliniklerde ve muayenehanelerde kullanılırlar. Manometreli tansiyon aletleri daha pratiktir. Hastalar evlerinde manometreli tansiyon aletlerini kullanabilecekleri gibi daha pratik olan, bilekten ya da koldan ölçüm yapan elektronik aletlerden de yararlanabilirler [66].

3.4. Darbe Oksimetresi (Pulse Oximetry)

Oksijen, kandaki hemoglobin moleküllerine tutunarak taşınır. Oksijen doygunluğu (saturation) kanın ne kadar oksijen taşıdığının maksimum oksijen taşıma miktarına oranıdır. Bir hemoglobin molekülü en fazla dört oksijen molekülü taşıyabilir. Eğer bir hemeglobin üç tane oksijen molekülü taşıyorsa maksimum kapasitesinin ¾'ü yani 75%'si kadar oksijen taşıyor demektir.

Yüz tane hemoglobin molekülü en fazla 400 adet oksijen molekülü taşıyabilir. Eğer bu 100 hemoglobin molekülü 380 adet oksijen molekülü taşıyorsa, taşıyabileceği maksimum oksijen molekülünün 95%'sini taşıyor demektir. Diğer bir değişle 95% doymuştur. Oksijen doyumu pek çok zaman SpO_2 olarak da ifade edilmektedir.

Bu değerler orantısal oksijen doyumu olarak adlandırılmaktadır. Yani hemoglobin moleküllerinin taşıdığı oksijen oranının maksimum taşıma kapasitelerine oranıdır. Bu da tam olarak bir miligram hemoglobin molekülü için 1.39 mililitre oksijen molekülü anlamına gelmektedir.

Fakat pratikte hemoglobin görevini tam olarak yapamaz ve bunun yanı sıra oksijenden başka bazı moleküller de taşır. Bu yüzden yukarda verilen orantısal doyum oranı yerine işlevsel doyum oranı dediğimiz bir oran kullanılır. Bu da bir miligram hemoglobin için 1.34 mililitre oksijen taşınması anlamına gelir.

Normal bir insanda oksijen doyum oranı 95-99% civarındadır. Ancak bu değer yaşa, kiloya ve kişinin bulunduğu yüksekliğe göre değişmektedir.

Darbe oksimetreleri bir kişiden sadece bir örnek alınarak kullanılabileceği gibi uzun bir süre içinde belli peryodlarda ölçüm yapılarak da kullanılabilir. Fakat tek ölçüm genelde pek kullanışlı değildir. Uzun bir peryotdaki eğilim daha çok bilgi vermektedir.

Arteriyal kandaki O_2 satürasyonunu noninvaziv olarak, oksimetri ve pletismografi prensiplerinin kombinasyonu ile ölçümüdür. 1930'lu yılllardan bu yana bilinen bu yöntem, 1970'li yılların sonlarına doğru cihazların geliştirilmesi ile günümüzde anestezi ve yoğun bakımda vazgeçilmez nesneler haline gelmiştir.Bir ışık kaynağı ve ışık dedektöründen oluşan sensörün arasına parmak ucu, kulak memesi gibi iyi perfüze olan dokuların yerleştirilmesi ile ölçüm yapılabilir. Kapiller dolaşımda arteriyoler pulsasyon olması dolayısıyla bu yönteme "pulse oksimetri" adı verilmiştir. Oksimetrede temel kural, oksijene ve redükte hemoglobinin ayırt edilmesidir. Bu ayrım kızıl ve kızılötesi ışınların absorbsiyon oranın bir mikroprosesör yardımıyla analiz edilmesi sonucunda noninvaziv olarak pulse eden arteriyel oksijen satürasyonu (SpO_2) ölçülebilir. Pulse etmeyen venöz kan ve dokulardan, arteriyel pulsasyonun ayrıt edilebilmesi için pletismografi yöntemi kullanılır[67].

Darbe oksimetre yöntemi günümüzde anestezi sırasında, yoğun bakımda, anestezi sonrası bakım ünitelerinde, endoskopik girişimlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. SpO_2 eğer %70'den fazla ise standart sapma (SD)±-%2 civarındadır. Eğer SpO_2 %50-70 arasında ise standart sapma ±-%3 olmaktadır. Yapılan çalışmalarda da gösterilmişti ki; düşük satürasyon durumunda hatalı okuma oranı artmaktadır. Normal koşullarda O_2 satürasyonu %100'e yakındır. Bu durum oksi hemoglobin-disosiasyon eğrisi ile bağlantılıdır. Satürasyon ve parsiyel basınçta meydana gelen düşüşler aynı paralelde olmaz. Örneğin satürasyon %90 olduğunda PaO_2 65 mm. Hg'dan daha düşüktür.

Erişkin bir insan kanında dört tür hemoglobin vardır:

1- Oksi hemoglobin (HbO_2)
2- Redükte hemoglobin (hb)
3- Methemoglobin (MetHb)
4- Karboksi hemoglobin (CoHb)

Methemoglobin ve karboksi hemoglobin çok az miktarda bulunmaktadır. Değişik dalga boylarında absorbe edilen bu hemoglobin türlerinin miktarları arttığı zaman hatalı

satürasyon değerleri elde edilebilir. Örneğin methemoglobinemi söz konusu ise kızıl ve kızıl ötesi ışınlar aynı katsayıda 1/1 oranında absorbsiyon oranından dolayı yaklaşık %85 satürasyon elde edilecektir. Oysa gerçek Hb satürayonu daha yüksek bir değerdedir. Bir diğer hatalı; arteriyel O_2 satürasyonu ile, periferik O_2 satürasyonu arasındaki değişikliğin gecikmiş olarak pulse oksimetreye yansımasıdır. Kulak probları genellikle satürasyon değişikliklerini, parmak problarından daha erken gösterir. Bunun nedeni akciğer-kulak arasındaki dolaşım zamanının daha kısa olmasıdır. Ayrıca parmakta digital sinir blokajı, periferik vazokonstriksiyon, hipotansiyon, düşük ortam ısısı SpO_2'de hatalı sonuçlar verir. Yine SpO_2'de hatalı düşük değerler elde edilme nedenleri arasında şunlar sayılabilir :

- Ortamın bol ışıklı fazla aydınlık olması
- Metilen mavisi, tırnak cilası, kına
- Hareket
- Ölçüm yapılan ekstremitede venöz pulsasyon olması
- Düşük perfüzyon (kalp debisinde düıme, Hb çok düşük olması, hipotermi, sistemik vasküler dirençde azalma)
- Sensorun yanlış uygulanması (yetersiz temas sonucu optik şant oluşumu)
- Pigmentasyon (derin pigmentasyon sinyallerde azalma yapar)
- Yapıştırıcı bantlar (cilt ve sensor arasında sinyallerin geçişini bozar)

Pulse oksimetrenin kontrendikasyonu yoktur. Komplikasyon olarak uygulandığı bölgede ısı artışı nedeniyle bebekde bildirilen yanık vakası vardır. Oksimetri teknolojisinin iki uzantısı günümüzde pratik uygulamada yer almaktadır:

1- Mixed venöz O_2 satürasyonu ölçümü
2- Moninvaziv beyin O_2 satürasyonu ölçümü

Mixed venöz O_2 satürasyonu : Pulmoner arter içine fiberoptik sensor içeren özel bir kateter yerleştirerek, pulmoner arter oksijen satürasyonu (SvO_2) ölçülebilir. Bu işlem bir anlamda pulse oksimetrenin teknolojik temelde benzeridir. Çünkü SvO_2, Hb konsantrasyonu, kalp debisi, $PaCO_2$ ve tüm vücut O_2 tüketimindeki değişikliklerden etkilenir.

Serebral oksimetre (rSO_2) :Alın bölgesine yerleştirilen bir sensor yardımıyla beyinde oksijen satürasyonu ölçümü yapılabilir. Serebral oksijen dinamiğini araştıran

noninvaziv optik bir yöntemdir. Genellikle pediatrik ve erişkin cerrahide, karotidendarterektomide ve yenidoğan resusitasyonunda kullanılmaktadır. Bu yöntemin esası kısmen saydam olan biyolojik dokulardan, kızıl ötesi ışınlara yakın dalga boyundaki (700-900 nm) ışınların absorbsiyonudur. Böylece oksijene olmuş ve oksijene olmamış hemoglobinin farklı spektrumlarda ışığı absorbe etmesi mümkün olur. Bu yöntemle beyin dokusunun oksihemoglobin satürasyonu hakkında bilgi sahibi olunabilir. Pulse oksimetriden önemli farkı sadece arteriyel satürasyonun değil, arter ve venlerin karışık satürasyonunun göstergesidir. Serebral oksimetrede dramatik düşük değer nedenleri arasında; kardiak arrest, serebral emboli, derin hipotermi, ciddi hipoksi sayılabilir[68].

3.5. Hareket Aktivitesi (Motion Activity)

Klinik yürüyüş analizi alanında, tıp uzmanları özürlü kişilerin yürüyüş modellerinin yorumlanmasını tedavi protokollerinin (örn. fiziksel tedavi ve cerrahi müdahale) planlanması için temel bilgi olarak kullanır ve klinik uzmanlarının bireyin yürüyüş modelinin daha önce teşhis edilmiş bir hastalık tarafından ne derece etkilendiğini tespit etmesine izin verir. Spor alanında da atletler ve koçları bir yandan yaralanmaları önlemede ve performansı artırmak için yapılan sürekli tetkiklerde hareket analiz sistemlerini kullanmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamalarında ve bilgisayar karakterlerinin animasyonlarında hareket yakalama (motion capture) yönteminin kullanılması daha yenidir. Elde edilen bilgi insanın uzaydaki pozisyonunun olduğu kadar genel olabileceği gibi yüzde ve kas kütlelerindeki deformasyonlar kadar kompleks de olabilir. İnsan hareketlerinin bilgisayar karakterlerine kopyalanması yeni bir fikir değildir. *Snow White* filminde insan karakterlerinin hareketlerinin daha inandırıcı olması için Disney Stüdyoları gerçek oyuncuların sahneledikleri oyunlarını animasyon üzerine uyarladılar. Rotoscoping olarak adlandırılan bu metot insan karakterlerine başarılı şekilde uygulanmaktadır. 1970'lerin sonunda, bilgisayarla karakter animasyonu olanaklı olmaya başladığı zaman animatörler rotoscoping'i de içeren geleneksel teknikleri kullandılar. Genellikle hareket analizi veri koleksiyon protokolleri, ölçüm hassasiyeti ve veri redükleme modelleri özel ayarlar için gereksinimlerini karşılamaya yönelik geliştirildi. Örneğin normal yürümeye göre spor değerlendirmeleri hız artışından dolayı daha yüksek yüzdeli veri kazancına gerek duymaktadır. Sanal gerçeklik uygulamalarında, gerçek zamanlı takipte kullanıcının gerçekçi deneyimi için

gerçek zamanlı takip temeldir. Yani zaman gecikmesi minimumda tutulmalıdır. Yıllar süren teknolojik gelişmeler, vücut bölümlerinin pozisyonlarını ve parçalar arasındaki açıyı ölçen bir çok sistem ile sonuçlanmıştır. Bunlar mekanik, optik, manyetik, akustik ve atalet olarak kategorize edilebilir. İnsan vücudu eklemlerle bağlı esnek olmayan bağlantılardan oluşan bir sistem olarak kabul edilmektedir. İnsan vücudunun parçaları gerçekten esnek olmayan bir yapı değildir ama insan hareketi çalışmalarında öyle kabul edilmektedir.

Fiziksel takipler, kullanıcılar tarafından giyilen sert ya da esnek açı ölçerler yapılır. İskelet bağlantılarındaki açı ölçerler, kullanıcının eklemleriyle genel bir uyuma sahiptir. Bu açı ölçen araçlar, vücut duruşunu tespit etmede kullanılan kinematik algoritmalara eklemlerin açı verisini sağlar. Vücut tabanlı bağlantılar, açı ölçer yerleştirilmesi gibi bir çok probleme yol açarlar. Vücudun esnek yüzeyi vücutta herhangi bir hareket meydana geldiğinde bağlantıların ona göre konumlanmasına izin verir. Bu değişikliklerin dışında bile açı ölçerlerin vücut eklemleri ile hareket etmesi zordur. Bu dirsek gibi oynar eklemler için doğrudur. Antrpometrik ölçümlerdeki farklılıklar yüzünden vücut tabanlı sistemler her kullanıcı için özelleştirilmelidir.

Optik algılama geniş ve çeşitli teknoloji koleksiyonunu kapsamaktadır. Resim tabanlı sistemler söz konusu kişinin vücut parçasındaki kemiklere göre konumlandırılmış ve önceden tanımlanmış noktaların tespiti için kameralar kullanılarak pozisyonu belirlenir. Stereometrik teknikler her resim üzerindeki takip noktaları ve takip objeleri ile resim ve kamera parametreleri arasında ilişki kurarak pozisyonu hesaplarlar. İşaretler pasif (reflective) olabileceği gibi aktif (light emitting) de olabilir. Yansıtıcı (reflective) sistemler kızıl ötesi geçiş filtresi kullanılan kamera lenslerinin etrafına kızılötesi LED'ler yerleştirilir ve işaretlerden yansıyan ışık ölçülür. Optik sistemler, vücut parçasının üzerine yerleştirilen LED'lerin ne kadar kızıl ötesi ışık yaydığı ölçer. İşaretçilerin yardımı olmadan da objeler doğal şekilde kameralar ile takip etmek de mümkündür. Bu da desen tanıma teknolojisine dayalıdır ve genellikle yüksek hesaplama kaynaklarına ihtiyaç duyar.

Yapısal ışık sistemleri, resmi baştan başa tarayan bir ışık düzlemi oluşturabilmek için lazerleri ve ışık demetlerini kullanılmakta olup eşleştirme uygulamalarında insan vücudunun hareketlerinin dinamik takibinden daha uygundurlar. Optik sistemler,

gerekli ışık yolu kapalı olduğunda emilme problemleri meydana geldiğinden değer kaybederler. Diğer ışık kaynaklarından veya yansımalardan kaynaklanan bu çakışma sözde hayalet işaretlerle (ghost markers) sonuçlanan bir problem oluşturabilir. Manyetik hareket yakalayan sistemler, bir verici kaynak tarafından sağlanan alçak frekanstaki manyetik alanları ölçmek için vücuda yerleştirilen alıcılardan faydalanırlar. Verici kaynak üzerinden akım geçtiğinde manyetik alan oluşturan üç dikey halkadan yapılmıştır. Akım, bu halkalara sırayla gönderilir böylece her ölçme devrinde halkalar üzerinde dikey alanlar yaratılmış olur. 3D alıcıları her halkanın verici topluluğu alanından uzaklığı ile orantılı olarak bu alanların gücünü ölçer. Alıcılar ve kaynaklar her alıcının dokuz ölçülmüş alan değerine dayanan yer ve yön hesaplamalarını yapan bir işlemciye bağlıdırlar. Manyetik sistemler, görüş alanındaki sınırların etkisiyle değer kaybetmezler çünkü insan vücudu manyetik alanlar için geçirgendir (şeffaftır). Bununla beraber, manyetik takip sistemlerinin bir dezavantajı vardır. Manyetik alanların fiziksel karakterleriyle doğrudan ilişki kurmalarıdır. Üretici kaynak artarken manyetik alan kuvvet içerisinde azalır ve böylece ölçülen hacim içinde ferromanyetik malzemeler kolaylıkla dağıtılabilir.

Akustik takip sistemleri, ultra sonik titreşimleri kullanırlar ve konumu titreşimlerin hareket saati ve nirengi noktalarıyla baştan sona tayin edebilir. Hem dışardan içeriye hem içeriden dışarıya gerçekleştirimler mümkündür yani verici hem vücudun belli bir bölümünde olabilir ya da ölçüm yapılan yerde sabitlenebilir. Ses limitinin fiziği, oranları günceller ve akustik takip sistemlerini sınıflandırır. Görüş alanına net bir sınır sağlanmalıdır ve takip sesin yansımaları ile bozulabilir.

Atalet alıcıları, sırasıyla güçler ya da dönüş momenti tarafından bozulmadıkça çevirim ve dönüş hızını sabitleyebilmek için insan vücudunun özelliklerini kullanırlar. Denge sistemleri, iç kulağa yerleşmiş 3D atalet (eylemsiz) alıcılardan oluşmaktadır ve açısal hareketleri başın doğrusal ivmeleri kadar iyi algılarlar. Denge sistemleri gözün çevreyle olan ilgisinin stabilizasyonunu ve dengeyi sağlamalarından ötürü önemlidir. Özellikle hız sensörleri ve silikon akselerometrelerde kullanılan mikro mekanizma sensör teknolojisinin ilerlemesiyle pratik atalet takibi mümkün olmuştur. Küçük sensör üniteleri vücudun takip edilecek bölümlerine yerleştirilir. Eğer açının zamanla değişimi önceden bilinen açıyla bütünleşmişse, hız ciroskopu açısal hızı ölçer. Akselerometre yerçekimi ivmesini de hesaba katarak ivmeleri ölçer.

Eğer sensörün açısı bilinene dikeylikte ise; yerçekimi bileşenlerinin yerleri ve konumları nümerik integrasyonla belirlenebilir ve yerleri değiştirilebilir. Gürültü ve eğim hataları; eğer telafisi yoksa küçük ve ucuz sensörleri uzun zaman dilimlerinde konum ve yön takibi için elverişsiz yapar.

Vikon (reflective markers) veya optotrak (active markers) gibi ticari optik sistemleri, insan hareket sistemleri içinde altın standart olarak dikkate alınırlar. Bu sistemler, doğru konumu (± 1 mm hatayla) sağlamalarına rağmen bazı önemli sınırlandırmaları vardır. En önemli faktörler; yüksek fiyatlar ve sınırlı ölçüm sesleridir. Ergonomik çalışmaların iş yükünün değerlendirilmesinin kontrolü ve günlük yaşam aktiviteleri gibi birçok uygulamayı sabit araçlarla engellenmesi ihtisas laboratuarlarını kullanımıyla olur. Geçtiğimiz birkaç yılda, hastaların kendi ortamlarında iyileştirilmesi ve görüntülenmelerinde sağlık koruma sistemleri popüler olmuştur. Bu ise taşınabilir ve giyilebilir sistemlerin büyük gelişmelerinde değer sağlar.

Kalp hızı ve kan basıncı gibi fizyolojik parametrelerin yanı sıra, vücut duruşu ve aktiviteleri önemli bilgi sağlarlar. Atalet sensörleri laboratuar dışındaki ölçümlerde başarılı bir şekilde uygulanırlar. Yön; günümüzde mikro mekanizma ciroskoplarının her saniye için derece hatalarının artışının tipik olarak gösterilmesiyle bulunur. Manyetometre, akselerometre ve 3D ciroskoplarından gelen sinyalleri değişik yöntemlerle yorumlayarak doğru konumu bulurlar. Akselerometreler, yer çekimi yüzünden hissedilen ivme tarafından yerel dikeyliğin yönünü belirlemede kullanılırlar. Manyetik sensörlerle pusula gibi dünyanın oluşturduğu manyetik alanının hissedilen yönü tarafından yatay düzlemde dengesi sağlanır. Tümleyen açı sensörlerinden gelen bilgiler hız sensör bilgileri tarafından elde edilen oryantasyonların düzeltilirken sürekli sürüklenmelerin elimine edilmesi için kullanılırlar. Bu tamamlayıcı sensörlerden gelen veri hız sensor verisinden elde edilen yerleşimin sürekli düzeltilmesinden kaynaklanan kaymaları önlemek için kullanılabilir. Günümüzde, vücuttaki uzaklıkların ilişkisi bölüm oryantasyon ölçümlerine bağlı atalet sensörleri ile kombine edilmiş eklem karakteristiklerini ve uzuv uzunluklarının anatomik bilgilerini kullanarak ölçülür.

Sırt ve omuz gibi esnek vücut parçaları ve kompleks eklemlerin olduğu durumlar memnuniyet verici değildir. Üstelik bu kinetik zincir eklemlerin model ve oryantasyon hatalarını vücut parçalarına bağlı pozisyon hatalarıyla toplayabilir. Vücut bölümleri

arasındaki uzaklıklar çoğunlukla yalnızca atalet sensörleri ile tayin edilemezler. Sadece kısa zamanlı ölçümlerde saniyedeki konum değişikliklerinin ölçümlerinde bilinmeyen başlangıç pozisyonu ve sürüklenmeler yüzünden tam sonuç bulunabilir. Bunun sonucunda, atalet konum ölçümleri yeterince kesin doğru sonucu üreten ve düzgün metotlarla belki daha yavaş kombine edilmelidir.

Ciroskoplar açısal hareketlerin ölçümü için kullanılan aletlerdir. İki temel çeşidi vardır:

- Mekanik Ciroskoplar,
- Optik Ciroskoplar.

Bu çeşitlerle birlikte daha bir çok kullanılabilir çeşidi daha bulunmaktadır. İlk mekanik ciroskop 1852 yılında platform kendi etrafında dönerken açısal momentum sebebiyle boşlukta sabit kalan bir tekerlek şeklinde Foucault tarafından yapılmıştır. Mekanik ciroskoplar açısal momentumun yönündeki değişikliğin hissedilmesi ile korunan temel açısal momentum üzerinde işlem gerçekleştirir.

Atalet sensörlerin geleneksel uygulama alanları askeri sistemlerin stabilizasyonu ve idaresi kadar iyi şekilde ilerlemektedir. GPS, radar ve barometre ve benzeri ölçüm aletleriyle kombine şekilde geniş ciroskoplar ve ivme ölçerlerle pozisyon, hız ve durum bilgileri bulunmaktadır. Kazanç miktarının bulunması için genellikle bu aletlerden gelen sinyaller Kalman filtre ile birleştirilir.

Kalman filtre, farklı birçok dolaylı ve gürültülü ölçümlerden gelen verilerin birleştirilmesi için kullanılır. Her sensörden gelen verilerin en iyi şekilde kullanılması için modellerine dayanan sinyal karakteri bilgilerini, kaynak bilgilere eklemektedir. Mükemmel bir sensör yoktur, her sensörün güçlü ve zayıf olduğu noktalar vardır. Örneğin ölçüm oryantasyonunda dikey eksenle ilgili ciroskop integrasyon sürüklenmesini önlemek için manyetik sensörler referans olarak kullanılır. Ama demir ve diğer manyetik materyaller yerel manyetik alanı ve önlem olarak ölçüm oryantasyonunu bozacaktır. Manyetik karışıklığın uzaysal ve geçici özellikleri ciroskopun sürüklenme hatalarıyla alakalı olanlardan farklı olacaktır. Bu bilgi öncelikli kullanılarak karışıklığın ve sürüklenişin etkileri minimize edilir. Atalet navigasyon sistemindeki (Inertial Navigation System-INS) atalet sensörleri, araç üzerinde sabit bir konuma dengeli olarak yerleştirilebilir. Bu sistem 3 eksen üzerinde bulunan çemberler

ve sensörlere dayanmaktadır. Bu sitemin (INS) diğer bir çeşidi insan hareketi analizi için uygun olan çember kullanımını elemine eden strapdown sistemidir. Buna göre ciroskoplar ve ivmeölçerler bir araç üzerine takılabileceği gibi vücudun çeşitli parçalarına bağlanmaktadır. Bu ölçümlerde yuvarlama, derece ve sapma açısı referans olarak alınır. Tıbbi referans sistemi parçasal harekette anatomik olarak anlamlı tanımlamalar sağlar [69].

4. BÖLÜM

MOBİL SAĞLIK DANIŞMANI

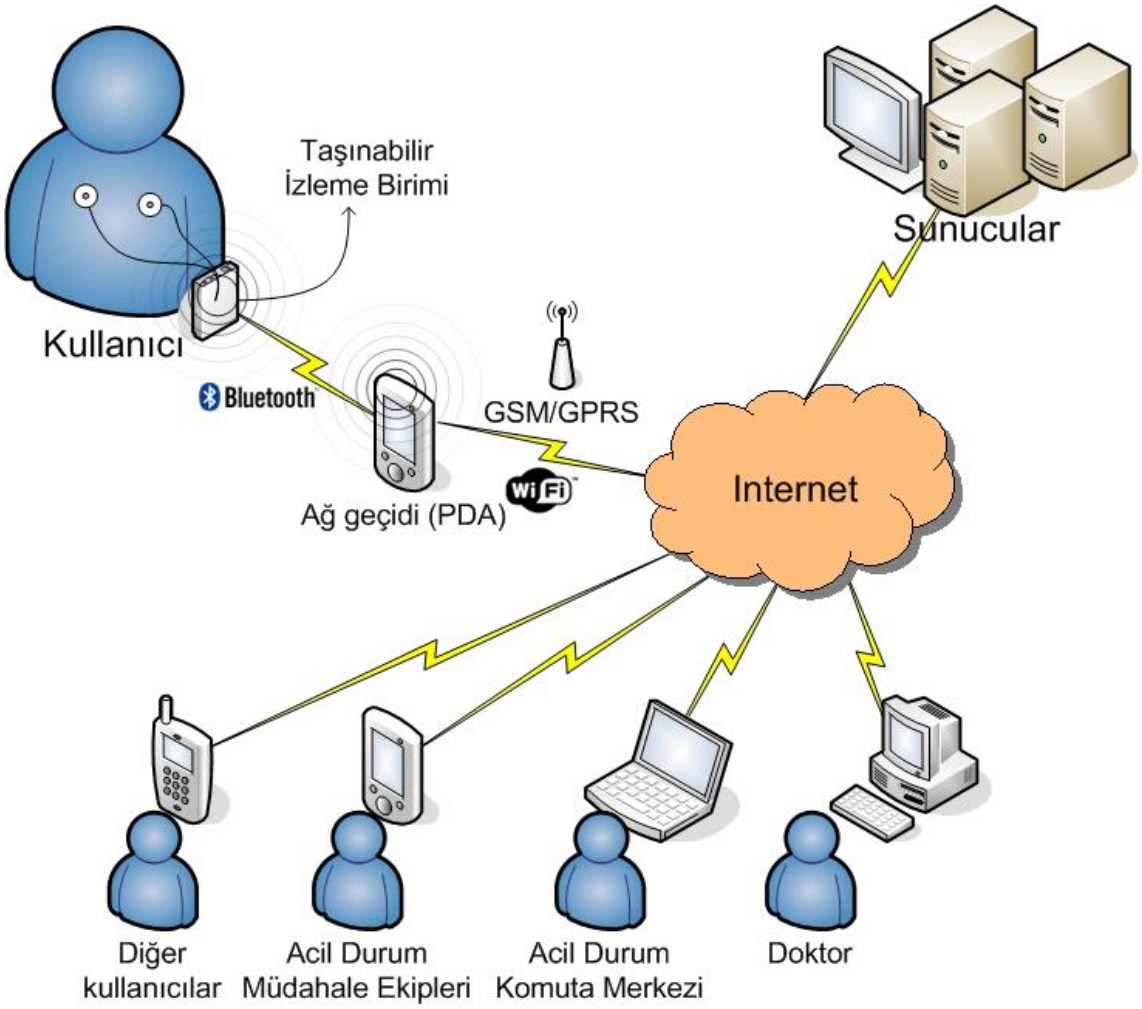
Yapılan çalışma, donanım ve yazılım tasarımı olmak üzere iki ana bölümde ele alınmıştır. Donanım tasarımı kısmında, elektrokardiyogram algılayıcısı tasarımı, taşınabilir izleme birimi tasarımı ve gömülü yazılım tasarımı olmak üzere üç temel alt bölüm vardır. Yazılım tasarımı kısmında ise, genel yazılım mimarisi, Web servisleri, mobil yazılımlar ve Windows uygulamaları yer almaktadır.

Önerilen yaklaşımın genel çalışma prensibi Şekil 4.1'görülmektedir. Kişinin üzerindeki taşınabilir izleme birimi vasıtasıyla çeşitli tıbbi parametreler elde edilmekte ve bu bilgiler IEEE 802.15.1 Bluetooth kablosuz haberleşme standartı kullanılarak ağ geçidi cihaz olarak görevlendirilmiş olan bir kişisel sayısal asistan (PDA) cep bilgisayarına aktarılmaktadır. Bu cihaz üzerinde çalışan mobil yazılım aynı zamanda küresel konumlanma sistemi (GPS) yardımıyla kişinin bulunduğu yeri de tespit etmektedir. PDA üzerinde yerel bir veritabanı sunucusu bulunmakta ve cihaz internete bağlanamadığı durumlarda kişiden gelen tıbbi veriler PDA üzerinde depolanabilmektedir. Sistem bu haliyle bir uzun dönemli depolama aygıtı olarak da kullanabilmektedir.

Diğer bir yandan PDA, kendi üzerinde dahili olarak bulunan IEEE 802.11 Wi-Fi protokolü vasıtasıyla veya kablosuz Wi-Fi ağının bulunmadığı yerlerde de yine kendi üzerinde bulunan GSM/GPRS teknololojisi ile cep telefonu şebekesi üzerinden internete bağlanmakta ve kullanıcıdan gelen verileri otomatik olarak XML Web servisleri vasıtasıyla merkezi sunuculara aktarmaktadır. Bu sayede gerçek-zamanlı bir izleme sistemi oluşturulmuştur.

Ayrıca doktorun kullanıcı için tanımladığı ilaç hatırlatmaları, egzersiz ve diyet önerileri gibi bazı bilgiler de PDA üzerinde çalışan mobil yazılım vasıtasıyla kullanıcıya sesli ve

görsel olarak hatırlatılmaktadır. Bu anlamda önerilen sistem, taşınabilir izleme birimi olmaksızın bir danışman ve hatırlatma aracı olarak da kullanılabilmektedir.



Şekil 4.1. Önerilen yaklaşımın genel işleyiş diyagramı

Sistem, kişi üzerinden elektrokardiyogram (EKG) işaretleri ve vücut ısısı bilgilerini toplamakta ve aktarmaktadır. Ancak tasarlanan esnek donanım ve yazılım mimarisi sayesinde yeni bir algılayıcı sisteme kolayca entegre edilebilmektedir.

Sistemde elektrokardiyogram algılayıcısı ve taşınabilir izleme birimi olmak üzere tasarlanan iki adet donanım bulunmaktadır. Ayrıca taşınabilir izleme birimi üzerinde çalışan gömülü sistem yazılım, kişinin taşıdığı PDA'da çalışan mobil uygulama, acil durum müdehale ekiplerinin kullandığı mobil yazılım, acil durum komuta merkezinin kullandığı windows tabanlı yazılım, doktor ve uzmanların kullandığı web uygulama

yazılımları ve tüm yazılımların kullandığı XML web servisleri olmak üzere altı adet yazılım tasarlanmıştır. Ancak taşınabilir izleme birimi üzerinde çalışan gömülü yazılım ilgili olduğu konu açısından donanım tasarımı kısmında anlatılacaktır. Diğer yazılımlar ise yazılım tasarımı kısmında anlatılacaktır.

4.1. Donanım Tasarımı

4.1.1. Elektrokardiyogram Algılayıcısı Tasarımı

Kalp dolaşım sistemi vasıtasıyla kanı vücuda pompalamaktadır. Elektrokardiyogram işaretleri, kalbin bir elektriksel aktivitesi olarak ortaya çıkan belli tipteki biyopotansiyellerdir. Bölüm 3'de belirtildiği üzere kollar, bacaklar ve göğüse yerleştirilen elektrodlar vasıtasıyla çeşitli EKG derivasyonları ölçülmektedir. Bu sistemde Bölüm 3'de bahsedilen II.'nolu derivasyon kullanmıştır. Bu derivasyonda dikkat edilirse Q dalgasının şiddeti diğer derivasyonlardakilere göre yüksektir ve nabız bulma algoritması için oldukça elverişlidir. İstenirse elektrodların yerleri değiştirilerek I, II veya III. derivasyonları da elde edilebilir. Ancak aVR, aVF ve aVL gibi yükseltilmiş derivasyonlar veya V1-6 gibi göğüs derivasyonları tasarlanan bu sistem ile ölçülememektedir.

En kuvvetli EKG işaretinin (Q tepesi) genliği 10mV'dan bile daha düşüktür ve ayrıca EKG işaretleri çok yüksek çıkış empedansına sahiptirler. Tipik bir EKG algılayıcısı Tablo 4.1'deki özellikleri sağlamalıdır.

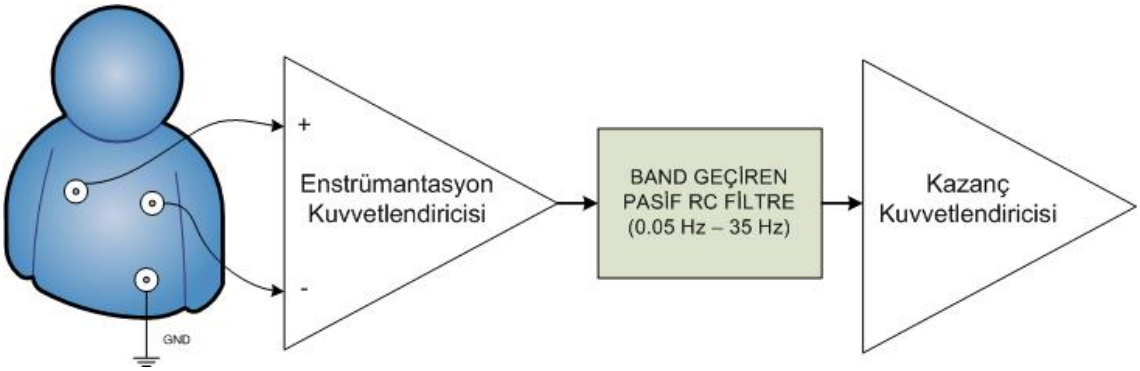
Tablo 4.1. Tipik bir EKG algılayıcısının özellikleri

Yükseltebileceği genlik	0.05 mV – 10 mV
Giriş empedansı	Çok yüksek
Giriş sızıntı akımı	Çok düşük
Düz frekans tepkisi	0.05 – 100 Hz

Algılayıcının düşük maliyetli olması, düşük güç tüketimi ve basit mimariye sahip olması da tasarımda göz önünde bulundurulan diğer kriterlerdir.

Tasarlanan algılayıcının blok diyagramı Şekil 4.2'de verilmiştir. Kişi üzerinden EKG işaretleri Ag-Cl tek kullanımlık elektrodlar vasıtasıyla alınmıştır. Sistem üç elektrodlu

sağ bacak sürücülü (Driven Right Leg) [70] ölçüm sistemini kullanmaktadır. Bu sistem literatürde kabul görmüş ve ortak mod enterferansları ile iyi başa çıkabilen bir metotdur.



Şekil 4.2. EKG algılayıcısının blog diyagramı.

4.1.1.1. Entrümantasyon Kuvvetlendiricisi Katmanı

Enstrümantasyon kuvvetlendiricisi olarak Analog Devices'a ait düşük güç tüketimli ve düşük maliyetli AD620 entegresi kullanılmıştır. Bu entegrenin özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Tek harici direnç ile 1 – 1000 arasında ayarlabilir kazanç
- ±2.3V – ±18V arasında besleme sahası
- Üç op-amp kullanılarak tasarlanan enstrümantasyon kuvvetlendiricilerden daha iyi performans
- 8-lead DIP ve SOIC kılıf
- 1.3 mA maksimum güç tüketimi
- 50 µV giriş ofset voltajı
- 0.6 µV/C◦ giriş ofset kayması
- En az 100 dB CMRR (G=10)
- 1 kHz'de 9 nV/√Hz giriş voltaj gürültüsü
- 100 kHz bant genişliği

4.1.1.2. Filtre Katmanı

Enstrümentasyon katının hemen ardında pasif filtre katı yeralmaktadır. Burada önce fc=0.05 Hz olan bir RC yüksek geçiren filtre hemen ardından da fc=35 Hz olan bir alçak geçiren filtre tasarlanmıştır. Birinci dereceden pasif filtrelerin kesim frekansları

denklem 4.1. yardımıyla elde edilir.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \tag{4.1}$$

Filtre katından hemen sonra bir kazanç kuvvetlendiricisi tasarlanmıştır. Bu kat aynı zamanda aktif alçak geçiren filtre olarak da görev yapmaktadır. Burada National Semiconductor'un LF353 geniş bantlı çift JFET girişli işlemsel yükselteci kullanılmıştır. Bu entegrenin özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

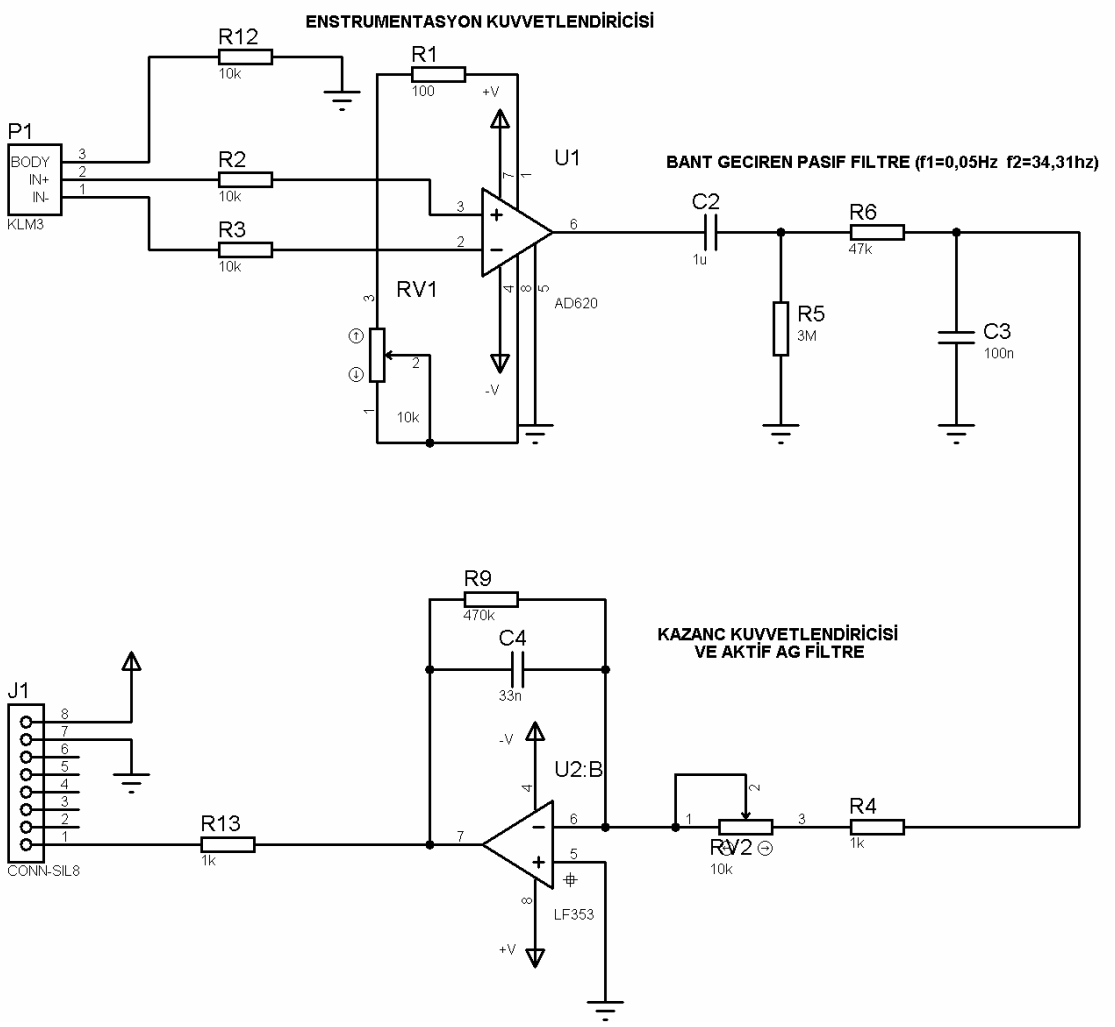
Tablo 4.2. LF353 entegresinin özellikleri

Dahili düzeltilmiş giriş ofset voltajı:	10 mV
Düşük giriş bias akımı:	50pA
Düşük giriş gürültü voltajı:	25 nV/SqrtHz
Düşük giriş gürültü akımı:	0.01 pA/SqrtHz
Yüksek kazanç bant genişliği:	4 MHz
Yüksek slew oranı:	13 V/µs
Düşük güç tüketimi:	3.6 mA
Yüksek giriş empedansı:	$10^{12}\Omega$
Düşük toplam harmonik distorsiyonu :	<=0.02%
Düşük 1/f gürültü köşesi:	50 Hz
Hızlı hazır olma süresi 0.01%:	2 µs

4.1.1.3. EKG Algılayıcısı

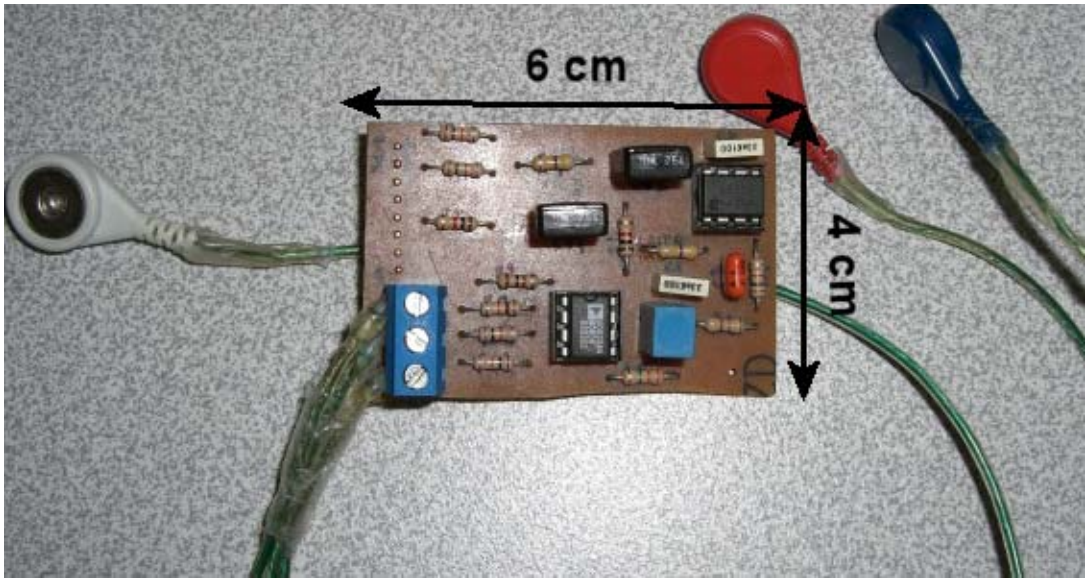
Şekil 4.3'de tasarlanan EKG algılayıcısının devre şeması görülmektedir. P1 klemensine kişi vücuduna bağlı olan elektrodlar takılmaktadır. Burada IN+ girişi AD620'nin + girişine, IN- girişi de AD620'nin – girişine 10K'lık dirençler ile girmektedir. Bu dirençler, devrenin bozulması durumunda vücudu ters sızıntı akımlarından korumak amacıyla konmuştur. BODY girişi, 50 Hz şebeke gürültüsü gibi ortak mod enterferanslarını bastırmak için 10K direnç ile devrenin toprağına bağlanmıştır. R1 direnci AD620'ye sabit bir kazanç sağlarken ona seri olarak bağlanan 10K'lık RV1

trimpotu ile AD620'nin kazancı G=5 – 500 aralığında ayarlanabilmektedir. AD620'nin çıkışı önce yüksek geçiren sonra da alçak gerçiren RC filtrelerden geçip kazanç kuvvetlendiricisi olarak kullanılan LF353'e girmektedir. Bu kattaki kazanç RV2 trimpotu ile G=50 – 500 arasında ayarlanabilirken aynı zamanda C1 kapasitesi yardımıyla işaret tekrar alçak gerçiren filtreden geçirilmektedir. Devre çıkışında, vücuttan alınan EKG işareti 0-5V seviyesinde ve temel gürültülerden arınmış şekildedir.



Şekil 4.3. EKG algılayıcısı devre şeması.

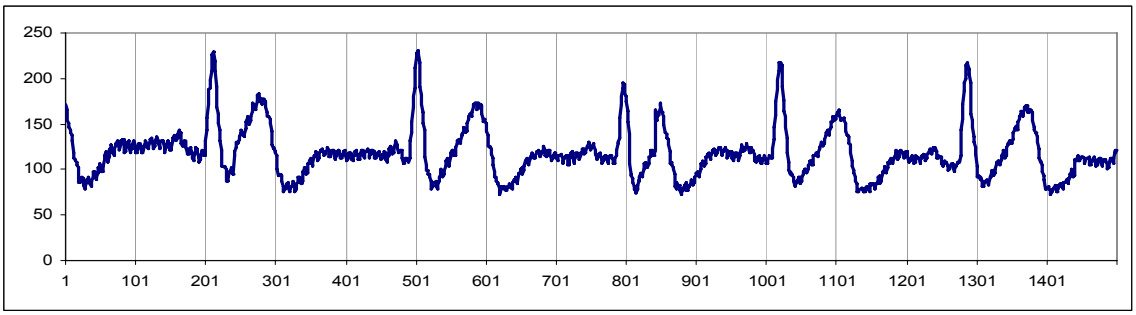
Şekil 4.4'de tasarlanan EKG algılayıcısının PCB üzerine montaj edilmiş hali görülmektedir. Tek yüzlü olarak tasarlanan devrenin büyüklüğü 4cm x 6cm ve güç tüketimi ise 8 mA civarındadır.



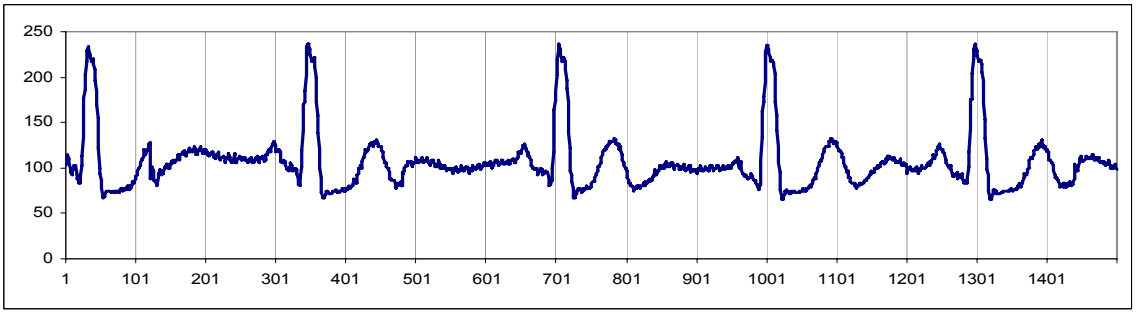
Şekil 4.4. Tasarlanan EKG algılayıcısı devresinin prototipi.

EKG algılayıcısı, taşınabilir izleme birimine bir modül olarak takılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Enerjisini yine taşınabilir izleme biriminden almaktadır. Veri aktarımı 8-pin erkek tek sıra port üzerinden gerçekleşmektedir. İki pin üzerinden enerji alınmakta (5V regüleli besleme ve toprak) ve bir pin'den de elde edilen analog EKG işareti aktarılmaktadır. Diğer pinler bağlı değildir.

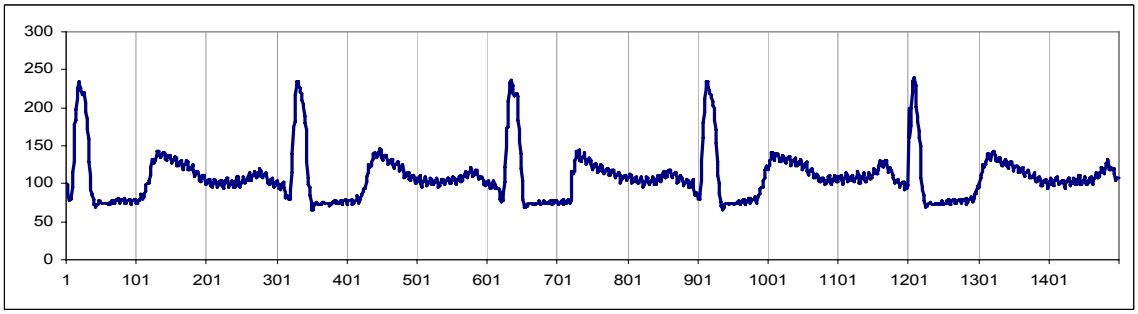
Şekil 4.5'de tasarlanan EKG algılayıcısı ile elde edilen EKG grafikleri verilmiştir.



(a) Derivasyon I



(b) Derivasyon II

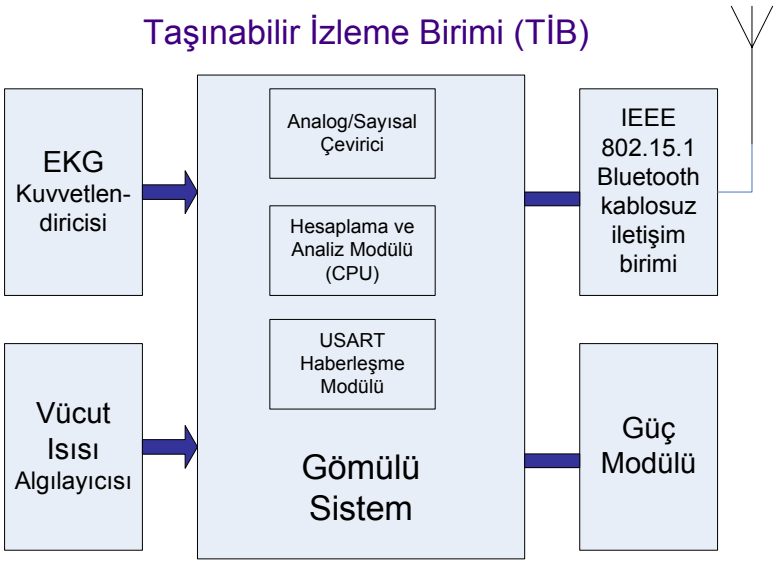


(c) Derivasyon III

Şekil 4.5. Tasarlanan devreden elde edilen EKG grafikleri.

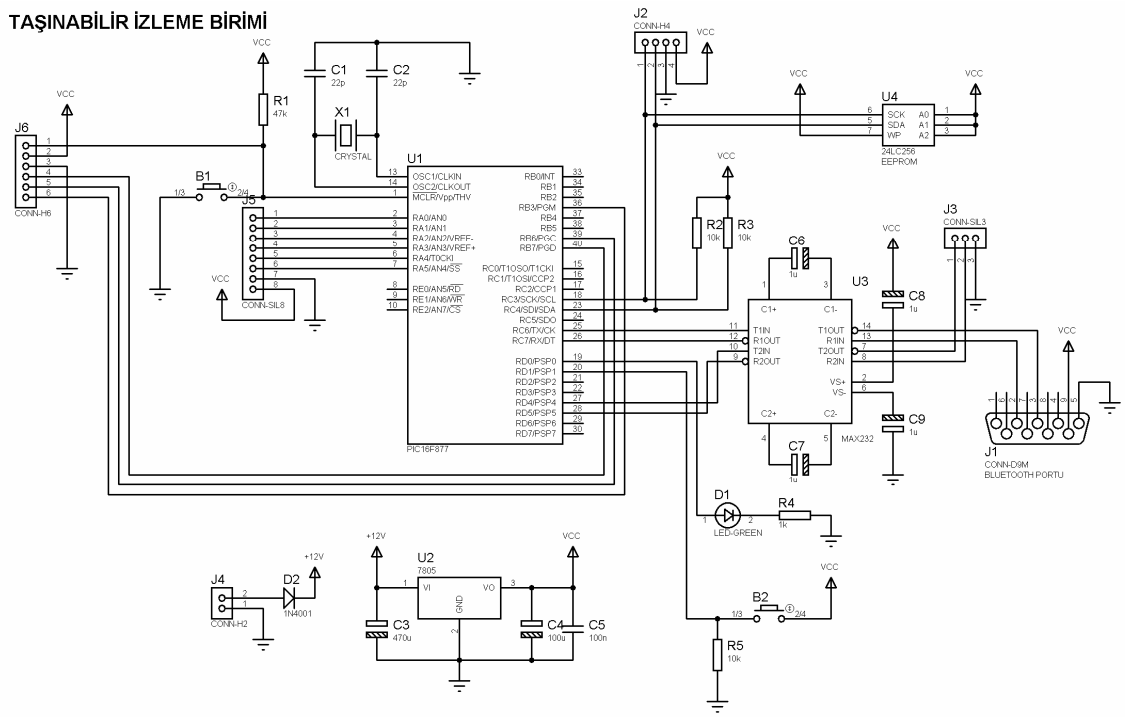
4.1.2. Taşınabilir İzleme Birimi

Taşınabilir izleme biriminin görevi EKG algılayıcısı ile topladığı verileri PDA'ya göndermektir. Şekil 4.6'da taşınabilir izleme biriminin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 4.6. Taşınabilir İzleme Birimi blok diyagramı.

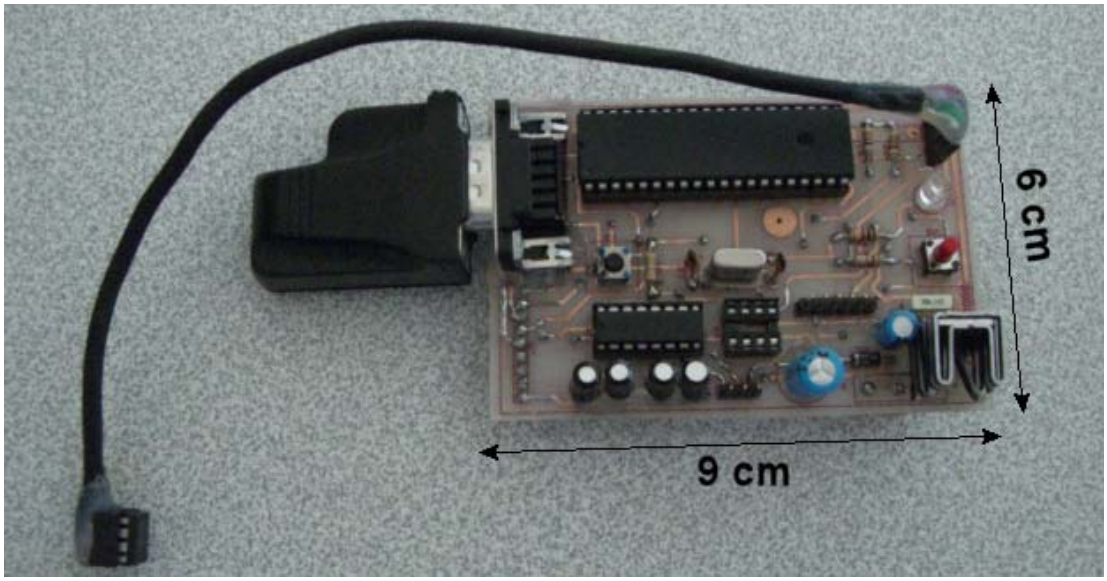
Sistem mikrodenetleyici mimarisi üzerine kurulmuştur. Mikrodenetleyiciler bünyesinde CPU, RAM, ROM, EEPROM, TIMER, WDT, Analog ve Sayısal giriş/çıkış birimleri, USART, I2C ve SPI gibi haberleşme birimleri bulunduran entegrelerdir. Tek bir entegre içerisinde tüm bu birimlerin bir arada bulunmasıyla pek çok gömülü sistem için ideal uygulama geliştirme platformları olmuşlardır. Böylece devrenin boyutları çok küçülmekte ve maliyetler düşmektedir. Çok az harici eleman ile sistem çalışır hale gelebilmektedir. Piyasada pek çok üreticinin mikrodenetleyicileri bulunmasına karşın Microchip'in PicMicro ailesinden 16F877 entegresi seçilmiştir. PIC16F877'nin seçilmesinin sebebi; uygulama geliştirme ortamının pratik ve güçlü olması, entegrenin kolay bulunur ve prototipleme için uygun olan DIP kılıfa sahip olması gösterilebilir.



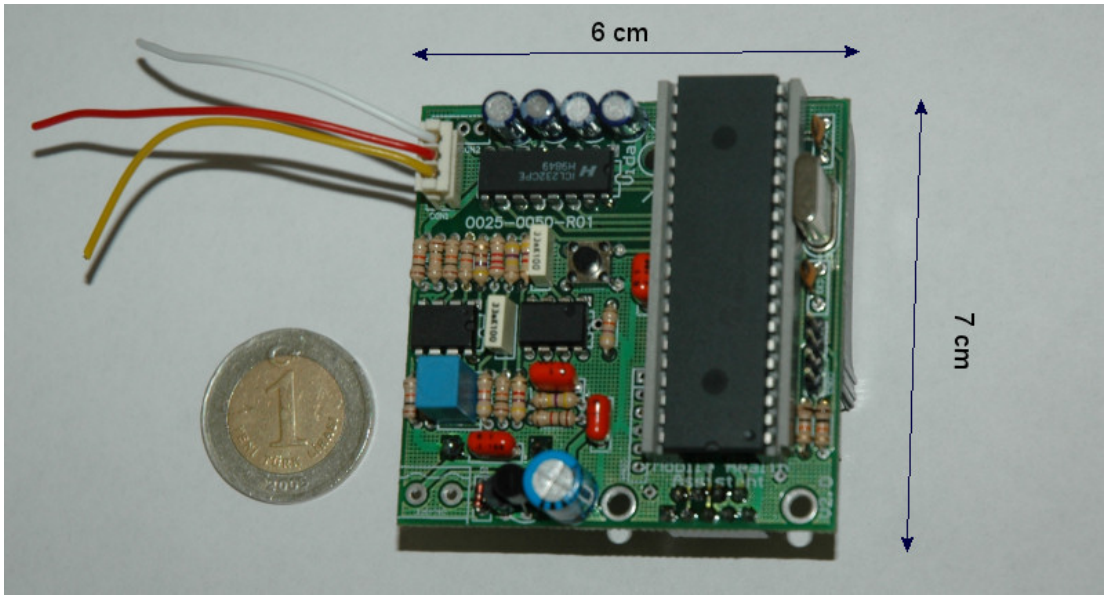
Şekil 4.7. Taşınabilir İzleme Birimi devre şeması.

Taşınabilir İzleme Birimi'nin devre şeması Şekil 4.7'de verilmiştir. Burada, U1 PIC16F877 mikrodenetleyicisi, C1,C2 ve X1 mikrodenetleyicinin harici osilasyon elemanlarını, J6 programlama portunu, R1 ve B1 işlemcinin reset devresini, J5 EKG algılayıcısının bağlandığı portu, J4 besleme portunu, U2, C4 ve C5 voltaj regülasyon devresini, D1 ve R4 harici sayısal çıkış LED'ini, B2 ve R5 hariçi sayısal giriş butonunu, J2 ısı algılayıcısı (DS1621) için harici I2C portunu, R2 ve R3 I2C pull-up dirençlerini,

U4 harici EEPROM hafızayı, U3 RS232 sürücüsünü, J1 ve J2 RS232 çıkışlarını göstermektedir. Geliştirilen prototipler Şekil 4.8'de görülmektedir.



(a) Prototip #1.



(b) Prototip #2.

Şekil 4.8. Taşınabilir İzleme Birimi ve EKG algılayıcısı prototip devreleri.

4.1.3. Gömülü Yazılım

Taşınabilir izleme birimi üzerinde çalışan gömülü yazılım C dili kullanılarak geliştirilmiştir. Derleyici olarak CCS PIC C, PCW C Compiler IDE kullanılmıştır.

PicMicro için uygun makine diline derlenip devrede kullanılan PIC16F877'ye aktarılmıştır. Gömülü yazılım geliştirilirken göz önünde bulundurulan tasarım kriterleri şu şekilde özetlenebilir:

- C dili ile kodlama
- Donanım kesmeleri üzerine kurulu yazılım mimarisi
- A/D dönüşüm, filtreleme, nabız bulma, paketleme ve USART ile gönderme
- Isı algılayıcısı ile I2C protokolünde haberleşebilme
- Toplam program boyutu: 1.8 KWord (toplam hafızanın 22%'si)
- Kullanılan veri hafızası: 308 byte (toplam hafızanın 83%'ü)

Gömülü yazılımın kod çatısı Şekil 4.9'de verilmiştir.

```
#include <PIC16F877.h>
#int_rtcc  //TIMER0 (RTCC) interrupt service routine
clock_isr(){ //2.048 ms'de bir tetiklenir (500 Hz örnekleme hızı)
   ekg_ornekle();
   ekg_filtrele();
   ekg_nabiz_bul();
   isi_oku();  //6 sn'de bir tetiklenir
   paketle_ve_gonder(); //mod=0'da 6sn'de bir küçük paket, mod=1'de 500 ms'de büyük paket
}
#int_rda //USART interrupt service routine, USART'dan veri gelirse tetiklenir
usart_isr(){
   mod_degisimi_yap(); //mod=0 veya mod=1
}
main(){
  set_timer0();
  set_adc();
  enable_interrupts(INT_RTCC|INT_RDA);
  while (true){
  //NOP
  }
}
```

Şekil 4.9. Gömülü yazılımın kod çatısı.

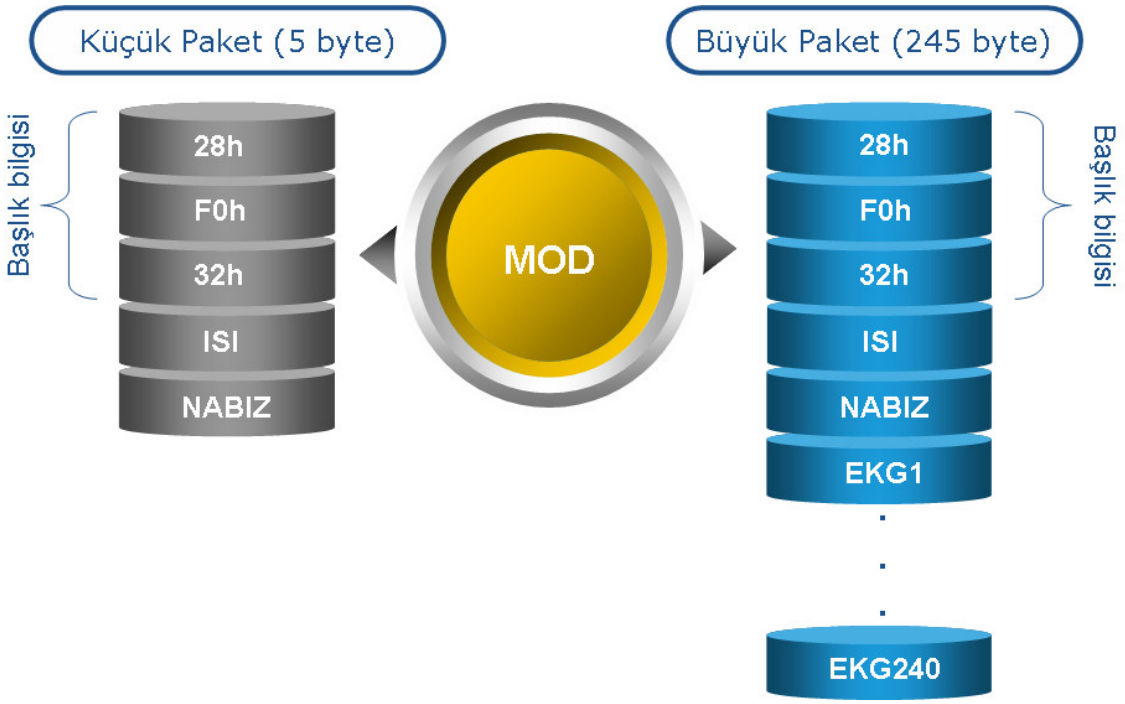
Yazılım iki adet temel donanım kesmesi üzerine kuruludur. INT_RDA kesmesi, seriporttan herhangi bir veri geldiğinde tetiklenir. İlgili alt fonksiyonda mod değişimi

işlemi gerçekleştirilir. Mikrodenetleyici verileri PDA'ya iki farklı paket şeklinde iletir.

Küçük paket: 3 byte başlık bilgisi, 1 byte ısı bilgisi ve 1 byte nabız bilgisini içermektedir.

Büyük paket: 3 byte başlık bilgisi, 1 byte ısı, 1 byte nabız ve 240 byte EKG verisi içerir.

Taşınabilir izleme birimi'nin küçük veya büyük paket göndereceğini PDA seri porttan veri göndererek bildirir. Sistem varsayılan olarak küçük paket göndermeye programlanmıştır. Eğer PDA'dan ASCII 0 değeri gelirse küçük paket, 1 değeri gelirse büyük paket gönderilmektedir. Mod değişimi olarak adlandırılan bu işlem INT_RDA kesmesinin usart_isr isimli hizmet fonksiyonunda gerçekleştirilir. Sistemde kullanılan veri paket yapıları Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Haberleşmede kullanılan paket tipleri.

Yazılımın üzerine kurulu olduğu ikinci donanım kesmesi ise TIMER0/RTCC zamanlayıcı kesmesidir. Bu zamanlayıcı 2ms'de bir taşacak şekilde kurulmuştur. Zamanlayıcı taştığı zaman clock_isr() hizmet fonksiyonu tetiklenir. Yazılımın yaptığı

pek çok görev burada gerçekleştirilmektedir.

4.1.3.1. ekg_ornekle() fonksiyonu

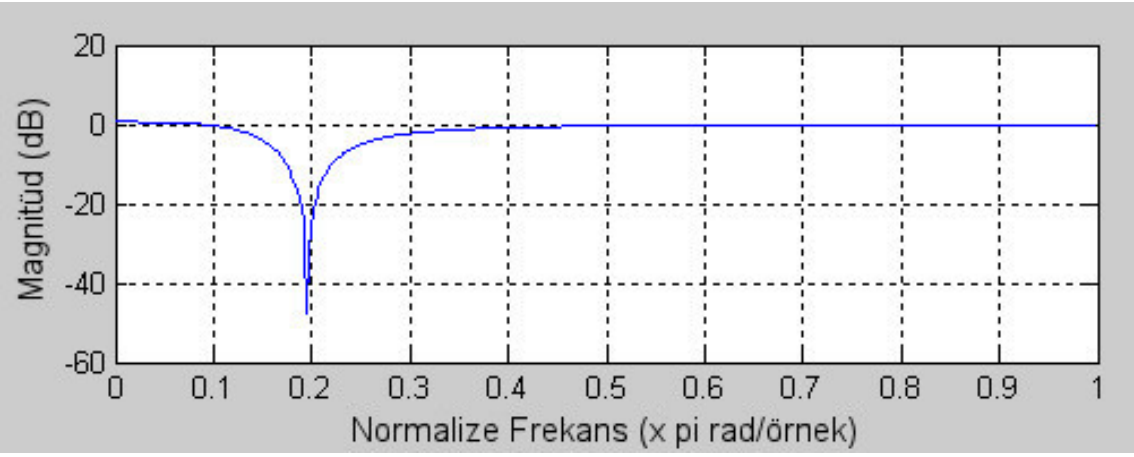
read_adc() fonksiyonu ile mikrodenetleyicinin analog bacağı örneklenir. Örnekleme çözünürlüğü en başta 8-bit olarak ayarlanmıştır. Bu fonksiyon 240 elemanlı bir dizide elde ettiği örnekleri biriktirir.

4.1.3.2. ekg_filtrele() fonksiyonu

Gürültüleri bastırmak için çeşitli sayısal filtreler kullanılmaktadır. IIR filtrelerinin genel ifadesi Denklem 4.1'de verilmiştir.

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \cdots + b(n+1)z^{-n}}{1 + a(2)z^{-1} + \cdots + a(n+1)z^{-n}} \tag{4.1}$$

İşaret üzerindeki 50 Hz şebeke gürültüsünü bastırmak için EKG algılayıcısı üzerinde analog RC filtreler tasarlanmasına rağmen veri üzerinde yine de 50 Hz şebeke gürültüsü görülmektedir. Bu gürültüyü tamamen bastırmak için 3. derecen bir sayısal IIR Butterworth 50 Hz bant durduran filtre tasarlanmış ve mikrodenetleyici içine gömülmüştür. MATLAB ortamında tasarlanan filtrenin katsayıları Tablo 4.3'de verilmiştir. Filtrenin frekans cevabı ise Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11. Tasarlanan filtrenin frekans tepkisi.

Tablo 4.3. IIR Butterworth 50 Hz bant-durduran filtre katsayıları.

B1 = 0.8902	B2 = -1.4667	B3 = 0.8902
A1 = 1.0000	A2 = -1.4667	A3 = 0.7804

Tablo 4.3'de görüldüğü gibi MATLAB'de elde edilen filtre katsayıları kayar noktalı gerçek sayılardır. Float veri tipi mikrodenetleyici içinde kullanıldığında 4 byte yer kaplamakta ve bu tipteki veriler üzerindeki toplama çıkarma gibi matematiksel işlemler hem çok zaman alıcı olmakta hem de çok fazla hafıza kaplamaktadırlar. Gerçek sayılarla filtreleme işlemi mikrodenetleyici üzerinde gerçekleştirilmeye çalışılmış ancak derleyici yeterli hafıza olmadığını söyleyerek derleme işlemini gerçekleştirememiştir. Bu yüzden elde edilen gerçek sayılar tam sayılara dönüştürülmüştür. Elde edilen gerçek sayılar 150 sabiti ile çarpılıp, yuvarlanmıştır. Bu işlem sonucunda Tablo 4.4'deki değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.4. Tam sayılara çevrilmiş filtre katsayıları.

B1 = 133	B2 = -219	B3 = 133
A1 = 150	A2 = -219	A3 = 117

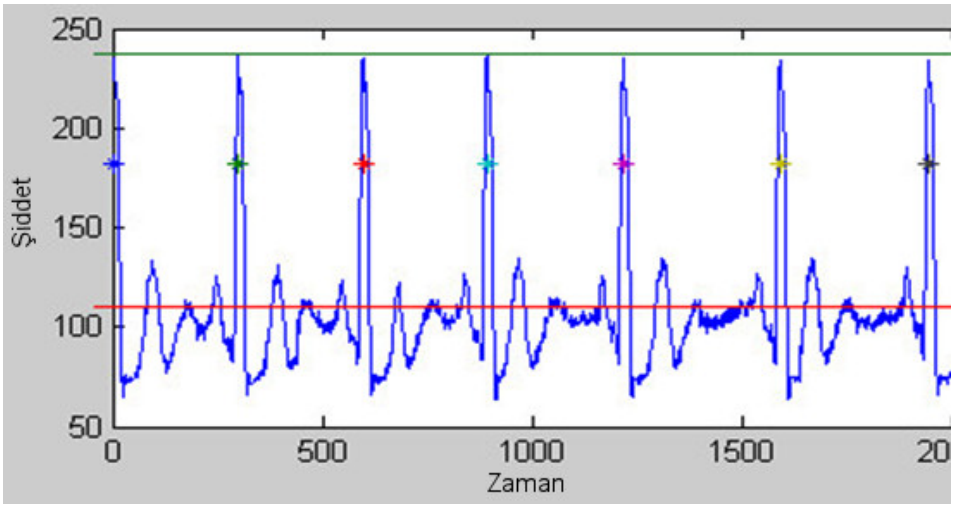
4.1.3.3. ekg_nabiz_bul() fonksiyonu

Nabız bulma işleminde EKG verisindeki Q tepeleri arasındaki uzaklık hesaplanmakta ve enterpolasyon ile 1 dakika içerisindeki frekansı hesaplanmaktadır. Nabız bulma algoritması 6 sn'lik veri üzerinde çalışmaktadır. Bu verinin ilk bir saniyesini öğrenme amaçlı kullanmakta sonraki 5 sn'lik kısımdaki Q tepeleri bulmakta. Her bir tepe arasındaki uzaktığı göz önünde bulundurarak yaklaşık nabız oranlarını hesaplamakta ve bulduğu değerlerin ortalamasını alıp nabız değeri olarak PDA'ya göndermektedir.

Algoritmanın akışı şu şekildedir:

- 1 sn'lik EKG verisinin ortalama değerini bul (ort)
- 1 sn'lik EKG verisinin maksimum değerini bul (max)
- Eşik seviyesini (TR) belirle, TR=(ort+max)/2
- 5 sn'lik kısım için eşik seviyesini geçen tepelerin yerlerini bul

- Tepeler arası mesafelerden orantı kurarak nabızı hesapla
- Eğer nabız 40'dan büyük, 130'dan küçük değilse o değeri yoksay
- Elde ettiğin nabız değerlerinin ortalamasını al
- Bu işlemleri 6 sn'de bir tekrarla



Şekil 4.12. Nabız bulma algoritması.

Şekil 4.12'de algoritmanın EKG verileri üzerinde bulduğu Q tepeleri gösterilmiştir. Burada yeşil çizgi işaretin en yükse değerini, kırmızı çizgi ortalama değeri, renkli * karakterleri ise bulunan Q tepelerinin yerini ve uygulanan adaptif eşik seviyesini göstermektedir.

4.1.3.4. isi_oku() fonksiyonu

DS1621 sayısal ısı sensörüne erişmek için derleyicinin DS1621 kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane ise mikrodenetleyicinin I2C fonksiyonları üzerine kurulmuştur. read_high_temp() fonksiyonu ile elde edilen Fahrenheit cinsinden ısı bilgisi Celcius'a çevrilmiş ve PDA'ya 1 byte ACSII kodu olarak aktarılmıştır.

4.1.3.5. paketle_ve_gonder() fonksiyonu

Şeçilen mod'a göre küçük paket veya büyük paket oluşturulmuş ve printf() fonksiyonu ile oluşturulan paket mikrodenetleyisinin USART modülü üzerinde Bluetooth modülüne aktarılmıştır.

4.2. Yazılım Tasarımı

Bu bölümde sistemin yazılım mimarisinden bahsedilecektir. Sistemde:

- Web servisleri,
- Mobil kullanıcı yazılımı,
- Acil durum müdahale operatörü yazılımı,
- Acil durum müdahale ekibi yazılımı,
- Sistem kontrol ve doktor takip yazılımı,

olmak üzere toplam 5 adet yazılım Microsoft Visual Studio 2005 platformunda .NET teknolojisi ile tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Öncelikle sistemdeki yazılımların genel işleyişi ve aralarındaki ilişkileri özet olarak ortaya konulacaktır. Bu sırada sistemdeki roller de açıkça belirtilip, görevleri sıralanacaktır. Daha sonra veritabanı şeması üzerinde durulacaktır. Sınıf tasarımı da anlatılıp, sistemdeki yazılımlar daha detaylı anlatılacaktır.

4.2.1. Sistemin Genel İşleyişi

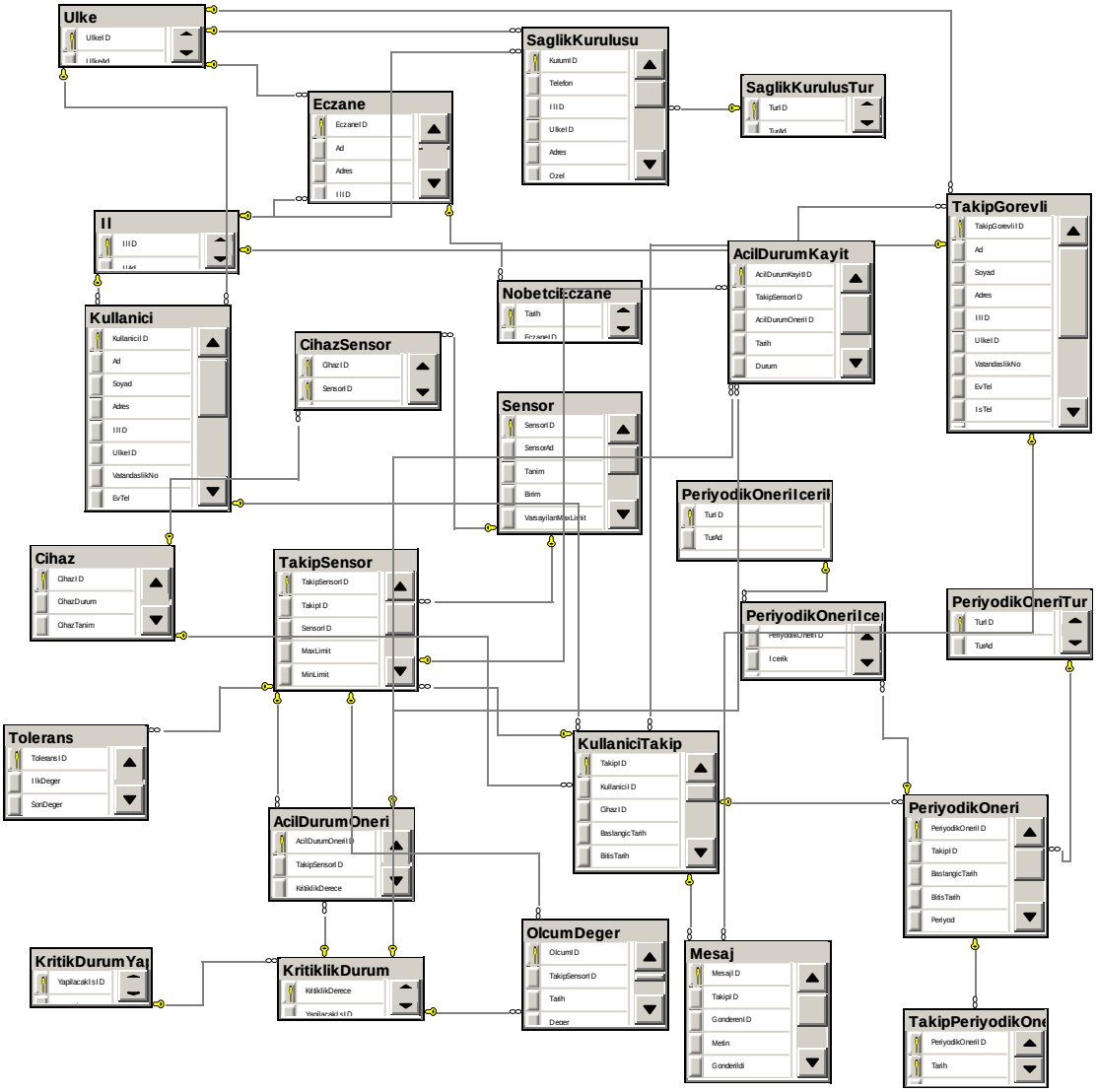
Çözüm olarak sunulan sistemdeki yazılımların daha sağlıklı çalışabilmesi için katmanlı mimari denilen tasarım modeli uygulanmıştır. Ayrıca sistemin platform bağımsızlığını sağlamak için, yazılımlar arası haberleşme ve verilerin akışı web servisleri ile gerçekleştirilmiştir. Bu sayede sisteme birbirinden farklı platformda çalışabilecek yazılımlar kolayca adapte edilebilir.

Öncelikle kullanıcı, taşınabilir izleme birimini giymektedir. Gerekli algılayıcıları uygun şekilde sabitler. Bu çalışmada EKG elektrodlarını ve sıcaklık sensörünü vücuduna bağlar. Taşınabilir izleme birimi Şekil 4.1'de görüldüğü gibi ölçtüğü verileri Bluetooth teknolojisi ile kullanıcı mobil yazılımının bulunduğu bir PDA veya Smartphone'a aktarır. Ölçüm verilerini alıp analize başlayan kullanıcı mobil yazılımı yaptığı analizler sonucunda kullanıcıya öneriler sunar. Yazılım, analizler sonucunda acil bir durum olduğunu belirlediğinde, internet aracılığı ile web servislerinin ve kontrol yazılımının çalıştığı merkezi otomatik olarak bilgilendirir. Acil durum sırasında da analiz edilen verileri eş zamanlı olarak bu merkeze iletir. Takip merkezine bağlanan yetkili kullanıcılar, kullanıcının tıbbi verilerini sürekli izlerler. Örneğin acil müdahale operatörü yazılımını kullanan bir nöbetçi sağlık görevlisi acil durum anında takip edilen

kullanıcının durumunu anlık medikal veriler sayesinde daha iyi yorumlayabilir, durumun ivediliğini daha iyi analiz edebilir. Bu sırada acil durum müdahale ekibi (112 ambulans ekibi) acil durumun yaşandığı yeri ve kendisi ile bu yer arasındaki en kısa yolu harita üzerinde görebilir. Tüm bu anlatılan örnek senaryoda verilerin iletimi için web servisleri alt yapısı kullanılmıştır.

4.2.2. Veritabanı Yapısı

Kullanılan veritabanının şeması Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Veritabanı şeması.

4.2.3. Web Servisleri

Yazılım sistemin çatısını oluşturan haberleşme altyapısını sağlar. Sistemdeki diğer tüm yazılımlar ortak işlevlerini bu yazılıma yaptıkları istekler ve bu isteklere karşı aldıkları cevaplar ile sağlarlar. Web servisleri'ne kabaca world wide web (WWW) üzerinden çalışan birim kütüphaneleri diyebiliriz. Bu yazılımda sunulan işlevler ve amaçları aşağıda belirtilmiştir.

- AcilDurumKaydet : Önceden oluşan fakat takip merkezine iletilememiş acil durumları yönetip merkeze kaydeder.
- AcilDurumOneriListe : Oluşan acil durumun kritiklik seviyesine ve kaynaklandığı sensör tipine göre uygun bir öneri listesi hazırlayıp sunar.
- AcilDurumOperatorIslemDurumDegistir : Acil durum sırasında bu acil durumu izleyen operatörün yaptığı işlemlere göre acil durumun statüsünü değiştirir. Örneğin bir operatör bir acil durumu işleme aldığında diğer operatörlerin aynı acil durum üzerinde işlem yapmasını engeller.
- AcilDurumSinyaliOlustur : Kullanıcı mobil yazılımı bu metodu kullanarak oluşan acil durumu takip merkezine bildirir. Acil durum ile ilgili detayları bu metoda parametre olarak gönderir.
- AmbulansIstekGonder : Kullanıcı mobil yazılımının kritik bir acil durumda ambulans çağrısı yapmasını sağlar.
- AmbulansIstekIsle : Yapılan ambulans isteğini onaylar.
- AmbulansIstekKontrol : Acil durum operatörünün kullandığı yazılım ile ambulans isteklerini görüntülemesini sağlar.
- AmbulansIstekOnayla : Operatörlerin yapılan ambulans isteklerini onaylamasını sağlar.
- AyarSorgula : Kullanıcı mobil yazılımının değişen ayarlarını farketmesini sağlar.
- CihazDurumDegistir : Taşınabilir izleme biriminin uzaktan durumunun görülebilmesi için gereken atamaları yapar.
- EnYakinEczane : Kullanıcının konumuna en yakın eczanenin konumunu getirir.
- EnYakinSaglikKurulusu : Kullanıcının konumuna en yakın sağlık kuruluşunun konumunu getirir.
- KritiklikDereceListe : Kritiklik derecelerini sağlayan metoddur.

- KullaniciBilgi : Kullanıcı bilgilerini sağlayan metoddur.
- KullaniciGelenMesajListe : Kullanıcıya gönderilen mesajları sunan metoddur.
- KullaniciSensorBilgi : Kullanıcı için takipte kullanılan sensörlerin liste ve özelliklerini getirir.
- MesajGonder : Kullanıcıya mesaj gönderilmesini sağlar.
- MesajOkunduIsaretle : Kullanıcının okuduğu mesajı tekrar görmesini engellemek için işaretler.
- NobetciEczaneZamanDilimi : Belirtilen tarihteki nöbetçi eczaneleri sağlayan metoddur.
- OperatorAcilDurumKontrol : Operatörlerin acil durum listelerini tazeler.
- OperatorAcilDurumMudahaleAciklamaGir : Operatörün yönettiği acil durum için açıklamalar girmesini sağlar.
- PeriyodikOneriIcerikListe : Kullanıcıya sunulan periyodik önerilerin içeriklerinin listesini sunar.
- PeriyodikOneriListesi : Kullanıcıya sunulan periyodik önerileri sunar.
- PeriyodikOneriListesiByTur : Kullanıcıya sunulan belli türdeki periyodik önerileri sunar.
- PeriyodikOneriOnay : Kullanıcın bir periydik öneriyi gerçekleştirip gerçekleştirmediğini takip etmek için gereken bilgiyi sisteme iletir.
- SensorAyarBilgisi : Taşınabilir izleme biriminin ayarlarını kullanıcıya özel olarak sunar.
- SensorToleransListe : Sensörlerden alınan verileri yorumlarken kullanılacak tolerans değerlerini sunar.
- TakipGorevliCihazListe : Takip görevlisine bağlı kullanıcıların cihazlarını listeler.
- VeriPaketiGoster : Merkeze kaydedilmiş veri paketlerini çeşitli kriterlere göre getirir.
- VeriPaketiKaydet : Merkeze veri paketlerinin kaydedilmesini sağlar.

Bu web servisleri, sistemi oluşturan yazılımların, endüstri standartı olmuş haberleşme protokolleri üzerinde iletişim kurmasını sağlar. Web servislerini WWW üzerinden hizmet vermesi de, kullanılabilirliği olabilecek en üst seviyeye çıkarmakta yardımcı olur. Güvenlik, yetkilendirme, kimliklendirme gibi işlemlerin tek bir merkez üzerinden

yürütülmesi, takip sisteminin güvenliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynar.

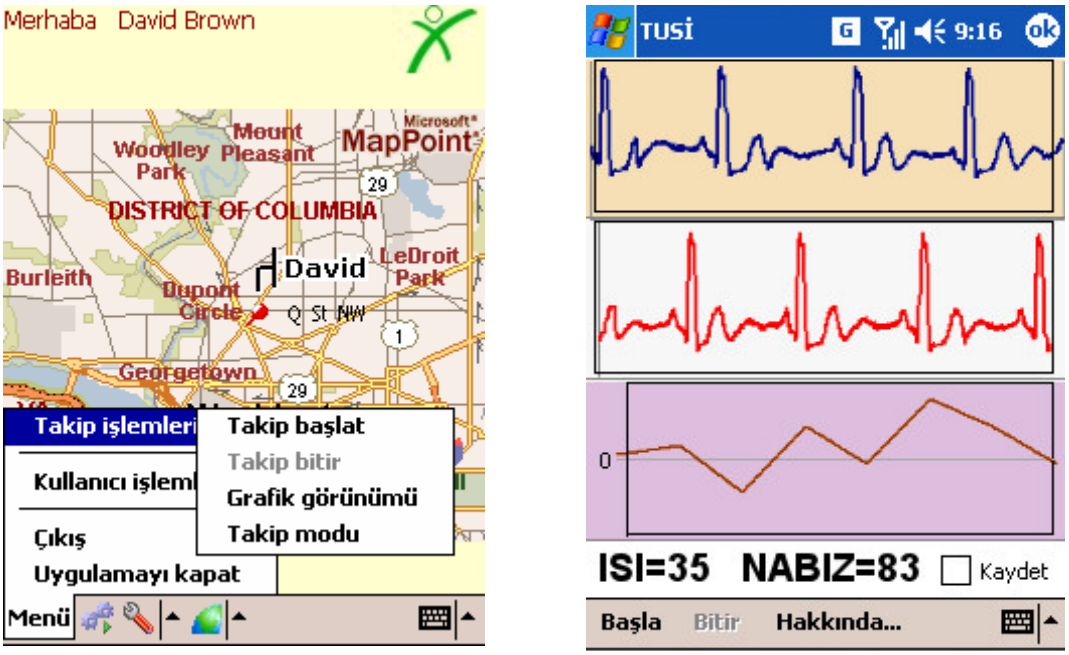
4.2.4. Mobil Kullanıcı Yazılımı

Sistemde geliştirilen bir diğer uygulama ise Mobil Kullanıcı Yazılımı'dır (MKY). MKY, takip edilen kullanıcının taşınabilir cihazında (Personal Digital Assistant - PDA, Smartphone vs.) koşan bir uygulamadır. Sistem için çok büyük öneme sahiptir. Çünkü sistemin acil durum senaryolarını tetikleyen tüm analizler bu uygulamada gerçekleştirilir.

Taşınabilir İzleme Birimi (TİB) kullanıcıdan ölçtüğü medikal parametreleri belirli bir periyodda kullanıcının PDA'sına gönderir. Bu gönderim Bluetooth teknolojisi ile gerçekleştirilir. Bluetooth, kablosuz servisler sunan bir iletişim altyapısıdır. Sistemde bluetooth servislerinden SPP yani seri port profili seçildi. Bu servis sayesinde sistemin bluetooth ile haberleşen iki tarafında, haberlerşmenin başlaması ve sürdürülmesi için gereken bluetooth ayar ve ilkdeğerleme prosedürlerinden soyutlanmış olunur. Bluetooth teknolojisi ayrıca haberleşme güvenliğini sağlayacak altyapılar da sunar. Kablosuz iletilen saf paketlerin okunabilirliği çok yüksektir. Bu nedenle bluetooth protokolü istenildiğinden devreye sokulan bir şifreleme altyapısına sahiptir. Bu sayede 3. kişilerin bluetooth haberleşmesini dinleyip çözmesi önlenmiş olur.

TİB ölçüm değerlerini PDA ya gönderdikten sonra PDA üzerinde koşan yazılım (MKY) devreye girer. Yazılımın ana ekranı Şekil 4.14'de verilmiştir. MKY ölçüm değerlerini bluetooth protokolünü çözerek öntanımlı veriyapılarına kaydeder. Bu andan itibaren işlemler bu tampon veri kümesi üzerinde gerçekleştirilir. Veriler MKY nin bir parçası olan analiz motoru tarafından işlenir. Analiz motoru bu değerleri işlerken, takip görevlisinin kullanıcının durumunu yorumladıktan sonra sisteme girdiği tolerans değerlerini kullanır. Analiz motoru, gerçekleştirdiği analizler sırasında, girilen tolerans değerlere göre tehlikeli bir durumla karşılaşırsa, toleransın temsil ettiği kritiklik derecesi ile işaretlenmiş bir acil durum sinyali üretir. Üretilen bu acil durum, acil durum yöneticisi olarak adlandırılan bir başka MKY tarafından yakalanır. Acil durum yöneticisi, üretilen acil durumun kritiklik derecesine göre çeşitli eylemler gerçekleştirir. Örneğin kritiklik derecesi 3 olan bir acil durum için, kullanıcıya özel öneriler belirli bir sıraya göre sunulurken, kritiklik derecesi 5 olan bir acil durum için, kullanıcının konumu ile birlikte acil bir sağlık ekibi isteği ve operatörlerin bu durumu yönetmesi için

gerekli çağrılar yapılır.



(a) Mobil uygulama ana ekran

(b) EKG, ısı ve nabız izleme ekranı

Şekil 4.14. Mobil uygulama ekran görüntüleri.

Oluşan en yüksek dereceli acil durumlarda, MKY ölçüm değerlerini internet üzerinden takip merkezine de aktarır. Böylece takip operatörlerinin kullanıcıyı acil durumda yakından izlemesi ve daha doğru kanaatle adımlar atılması sağlanmış olur. Bu veri aktarımı çok yüksek yoğunluktaki verilerin internet aracılığı ile taşınmasını gerektirir. İnternet günümüzde ne kadar yayılsa da kablosuz teknolojiler hala medikal parametrelerin saf halde iletilmesi için genelde yetersiz kalmaktadır. Teknoloji açısından gelişmiş ülkelerde bu yetersizlik git gide kaybolmuşken, teknolojinin yavaş yavaş olgunluğa erişmeye başladığı ülkemizde bu yetersizlik hala yaygındır. Bu sebeple medikal ölçüm değerlerinin saf olarak iletilmesi bir sorundur. Bu sorunu aşmak için MKY sistemi akıllı iletim motoru isimli çok özellikli bir bileşene sahiptir. Bu bileşenin görevi ölçüm değerlerini kayıpsız sıkıştırma algoritmaları ile sıkıştırıp, boyutlarını düşürerek, verilerin taşınabilirliğini artırmaktır. Yapılan çalışmalarla ölçüm değerleri 20:1 oranında sıkıştırılarak bant genişliği düşük iletim teknolojileriyle bile kolayca iletilebilir hale gelmiştir.

Acil durumlar haricinde, geliştirilen sistem kullanıcıya çeşitli hatırlatmalar da sunar. Bu

hatırlatmalar kullanıcıyı takip eden görevli tarafından girilir. Kullanıcının kullanması gereken ilaçlar, yapması gereken egzersizler hatırlatılarak olası tedavinin seyrini iyileştirmekte yardımcı olunur. Bu hatırlatma işlemlerinin kotrol ve yönetimini MKY'da hatırlatma motoru üstlenir. Hatırlatma motoru, web servisleri ile sunulan kullanıcıya özel hatırlatmaları, MKY'na alarak vakitleri geldiğinde kullanıcıya sunar. Hatırlatmaların içeriği resim ve animasyonlar ile desteklenebilir. Böylece kullanıcıya daha iyi bir kullanım deneyimi yaşatılmış olur.

Sistemde, kullanıcının durumu hakkında bilgilendirilmesi de ayrıca ele alınmıştır. Takip sistemlerinde önemli bir sorun da verinin yorumlanmasıdır. Verinin ham halde kullanıcılara sunulması algılama süresini uzatır. Özellikle son kullanıcının medikal parametrelerin normal değerleri hakkında bilgisinin olması beklenemeyeceğinden, bu kullanıcılara ölçüm değerlerinin durumu hakkında kısa açıklayıcı bilgiler verilmelidir. Örneğin kullanıcıya nabzının 65 olduğunu söylemenin yanında bu değerin o kullanıcı için karşılığını (normal, düşük vs.) da vermek önemlidir. Bu yüzden hazırlanan sistemde veri yorumlama motoru isimli bir bileşen yer alır. Bu bileşen, TİB'den alınan verileri kullanıcılara sunarken yorumlanıp sunulmasını sağlar.

Kullanıcı MKY'nı kullanırken TİB'in çalışır vaziyette ve sensörlerin vücuduna doğru şekilde bağlı olduğuna emin olmalıdır. Aksi takdirde MKY'nin çalışmasında aksaklıklar oluşabilir.

4.2.5. Acil Yardım Ekip Programı

Acil durumlara müdahale edecek 112 acil yardım ekipleri tarafından kullanılacak programdır. Takip edilen kişilerin parametrelerinin acil bir durumu ortaya çıkaracak değerlere ulaşması halinde sisteme acil durum sinyali gönderilmekteydi. Bu sinyali alarak işlem yapan programlardan biriside acil yardım ekip programıdır. Bu program sayesinde acil yardım ekipleri kişinin konumunu harita üzerinde görebilmekte ve hızla olay yerine ulaşabilmektedirler. Olay yerine giderken kişinin EKG, vücut ısısı ve nabız bilgilerini de online olarak takip edebilmektedirler. Bu sayede daha olay yerine gitmeden kişinin durumu hakkında bilgi sahibi olarak gerekli hazırlıklarını yapar ve nasıl müdahale edeceklerini belirleyebilirler.

Bu program acil durumlarda kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu nedenle acil

durum hakkında detaylı bilgi verecek veriler basit ve anlaşılabilir şekilde sunulur.

Program üzerinden şu bilgilere ulaşılabilir:

- Dijital harita üzerinde acil durumu oluşan kişinin ve ekiplerin konumu
- Grafiksel olarak acil durumu oluşan kişinin EKG, vücut ısı ve nabız bilgileri
- Dijital harita üzerinde acil durumu oluşan kişi ile ekipler arasındaki en kısa yol
- Acil durumu oluşan kişi ve acil durum hakkında bilgiler
- Dijital harita üzerinde acil durumu oluşan kişiye en yakın sağlık kuruluşu ve eczaneler

4.2.5.1. Acil Durumu Oluşan Kişinin ve Ekiplerin Konumu

Acil durumu oluşan kişinin sisteme alınan GPS bilgileri sayesinde konum dijital harita üzerinde gösterilebilmektediri. Ayrıca acil yardım ekiplerinin konum bilgileri de aynı şekilde sistemde mevcuttur. Kişinin ve acil yardım ekibinin konumu aynı anda dijital harita üzerinde gösterilir. Ayrıca oluşan ve o ekibi bekleyen tüm acil durumlar harita üzerinde işaretlenir. Şekil 4.15'de bu ekran görülmektedir.

Şekil 4.15. Kişi ve 112 istasyonunun harita üzerinde görüntülenmesi.

4.2.5.2. EKG, Isı ve Nabız Grafikleri

Acil yardım ekiplerinin daha olay yerine giderken durum hakkında ayrıntılı bilgi edinmelerini sağlamak için kişi üzerinden ölçülen EKG, vücut ısısı ve nabız verileri grafiksel olarak gösterilir.

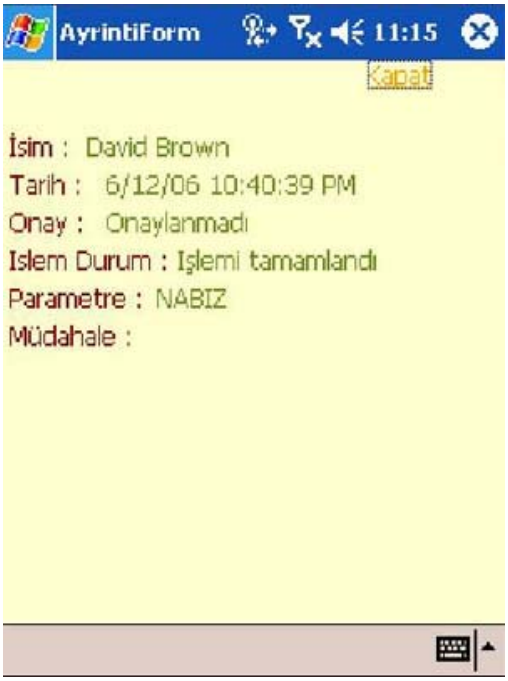
4.2.5.3. En Kısa Yol

Acil yardım ekiplerinin olay yerine hızlı ve zaman kaybetmeden gelebilmeleri için konum bilgisinin eksiksiz olması çok önemli. Bu bilgiyi en iyi şekilde sağlayabilmek için kişi ile ekip arasındaki en kısa yol dijital harita üzerinde gösterilir. Şekil 4.16'da en kısa yol görülmektedir.

Şekil 4.16. Kişi ve istasyon arasındaki en kısa yolun bulunması.

4.2.5.4. Acil Durum Detayları

Acil durumu oluşan kişinin basit kimlik bilgileri gösterilir. Ayrıca oluşan acil durumun ne olduğu (EKG, vücut sıcaklığı) bilgileri de acil yardım ekiplerine Şekil 4.17'deki gibi gösterilir.



Şekil 4.17. Acil durumun detayları.

4.2.5.5. Kişiye En Yakın Sağlık Kuruluşu

Kişiye ulaşan acil yardım ekipleri ilk müdahaleyi yaptıktan sonra kişiyi sevk edecekleri en yakın hastaneyi dijital harita üzerinde görebilmektedir.

4.2.5.6. Acil Durumlarda Programın Kullanımı

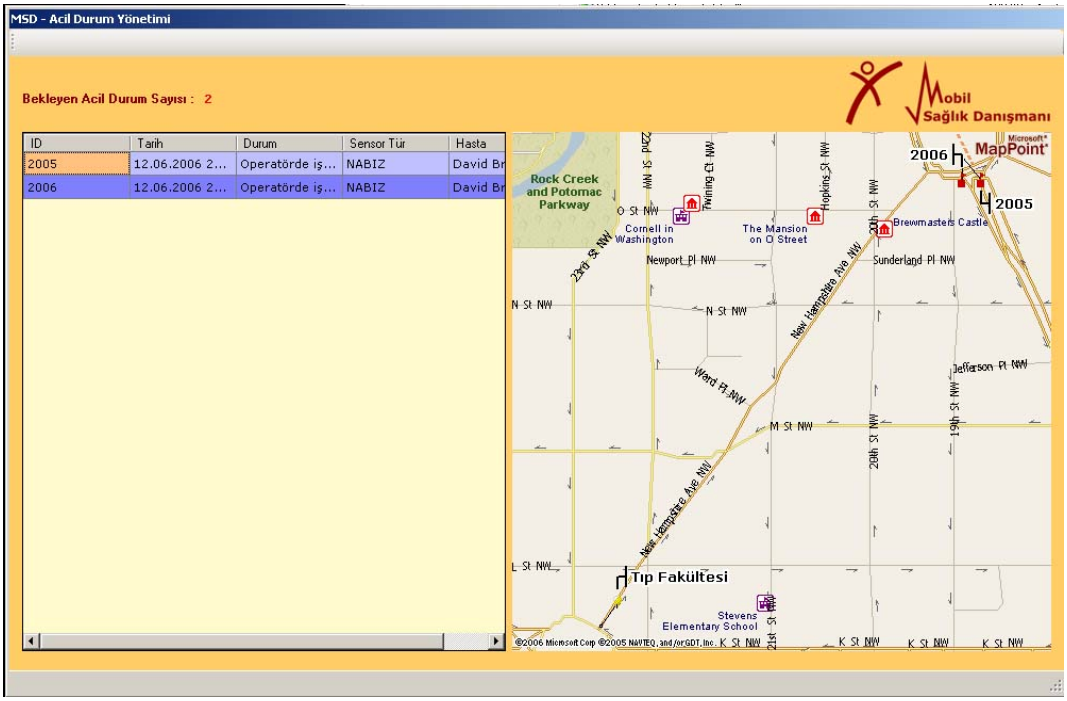
Takip edilen kişilerin üzerine yerleştirilen sistem, sürekli olarak şahsın medikal parametrelerini izlemektedir. Kişiye doktoru tarafından belirlenen sınır değerlerinin üzerine çıkıldığı bir durum oluştuğu anda, sistem duruma daha önceden belirlenmiş adımlarla müdahale etmeye başlar. Bu müdahale, öneri gösterilme işleminden, acil durum sinyali oluşturmaya kadar değişebilmektedir. Bu değişim ise aşılan değerin ne kadar kritik olduğuna bağlıdır. Eğer ki uzman kişilerce biran önce müdahale edilmesi ve sağlık kuruluşlarına sevk edilmesi gerekiyorsa sistem bu işlemleri yerine getirecek birimleri uyarır. Bu uyarı acil durum sinyali olarak adlandırılır. Acil durum sinyalini işlemesi gereken iki birim bulunmaktadır. Bunlar acil durum müdahale operatörleri ve acil yardım (112) ekipleridir. Bu birimlerin acil durumlardan haberdar olmalarını ve etkin biçimde müdahale etmelerini sağlamak amacı ile sisteme entegre programlar verilmiştir. Üretilen acil durum sinyali bu birimleri uyarırken bazı hususları göz önünde bulundurmaktadır. Bunlardan en önemlisi kişinin konumuna en yakın olan birimlerin

uyarılmasıdır.

Acil yardım ekip programı aynı anda birden fazla acil durum sinyalini alabilecek ve işleyebilecek yapıdadır. Sistemden bir sinyal gönderildiğinde ilk olarak sesli şekilde ekibi uyarır. Ekip gelen acil durum sinyalini işleme alarak artık onunla ilgili verileri almaya başlar. Kişinin konum bilgisi sisteme alınabildiği için operatör dijital harita üzerinden kişinin nerede olduğunu ayrıntılı olarak görebilir. Ayrıca kişiyle kendisi arasındaki en kısa yolu da görebilmektedir. Kişiye ulaşmak için yola çıktıktan sonra kişinin EKG, vücut ısısı, nabız gibi bilgilerini grafiksel olarak takip ederek olay hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olur. Kişinin basit kimlik bilgilerini ve acil durum hakkındaki bilgileri de görebilmektedir. Kişinin yanına ulaşan ekipler yine program üzerinde sistemi kişinin yanına ulaştıkları konusunda bilgilendirir. Son olarak kişiyi sevk edecekleri en yakın sağlık kuruluşunu dijital harita üzerinde görerek en kısa zamanda kişinin sağlık kuruluşuna ulaştırılması sağlanır.

4.2.6. Acil Durum Müdahale Programı

Acil durum müdahale programı acil durumlara müdahale edecek operatörler tarafından kullanılır. Takip edilen kişilerin parametrelerinin acil bir durumu ortaya çıkaracak değerlere ulaşması halinde sisteme acil durum sinyali gönderilmekteydi. Bu sinyali alarak işlem yapan programlardan biriside acil durum müdahale programıdır. Bu program sayesinde operatör, takibi yapılan kişinin ölçülen parametrelerini online olarak görür ve sesli iletişime geçerek durumunu daha iyi analiz ederek kişiyi yönlendirir. Böylece kişiye etkin bir müdahale ile durumunun daha da kötüleşmeden sağlık kuruluşlarına iletilmesi sağlanır. Operatör acil durumları dijital harita üzerinde ayrıntılı şekilde görebilir. Yazılımın ana ekranı Şekil 4.18'de görülmektedir.



Şekil 4.18. Acil durum müdehale programı ana ekranı.

Program acil durumlarda kullanılma amacıyla geliştirilmiş olduğundan acil durumlarda erişilmesi gereken bilgileri basit ve erişilebilir şekilde kullanıcıya sunar.

Program üzerinden şu bilgilere ulaşılabilir:

- Takip edilen kişinin harita üzerinde konumu
- Takip edilen kişinin bulunduğu yere en yakın sağlık kuruluşları
- Kişinin sisteme kayıtlı bilgileri
- EKG, sıcaklık ve nabız verileri grafiksel olarak
- Acil yardım ekiplerinin durumu
- Takip edilen kişinin periyodik önerileri ve yapılmışlık durumları
- Takip edilen kişinin oluşan acil durumları

4.2.6.1. Takip Edilen Kişinin Harita Üzerinde Konumu

Takip edilen kişinin üzerindeki GPS cihazından alınan konum bilgilerine göre acil durum oluştuğu andaki konumu dijital harita üzerinde gösterilir. Buna ek olarak durumdan haberdar edilen acil yardım ekiplerinin konumu da harita üzerinde Şekil 4.19'daki gibi gösterilir.

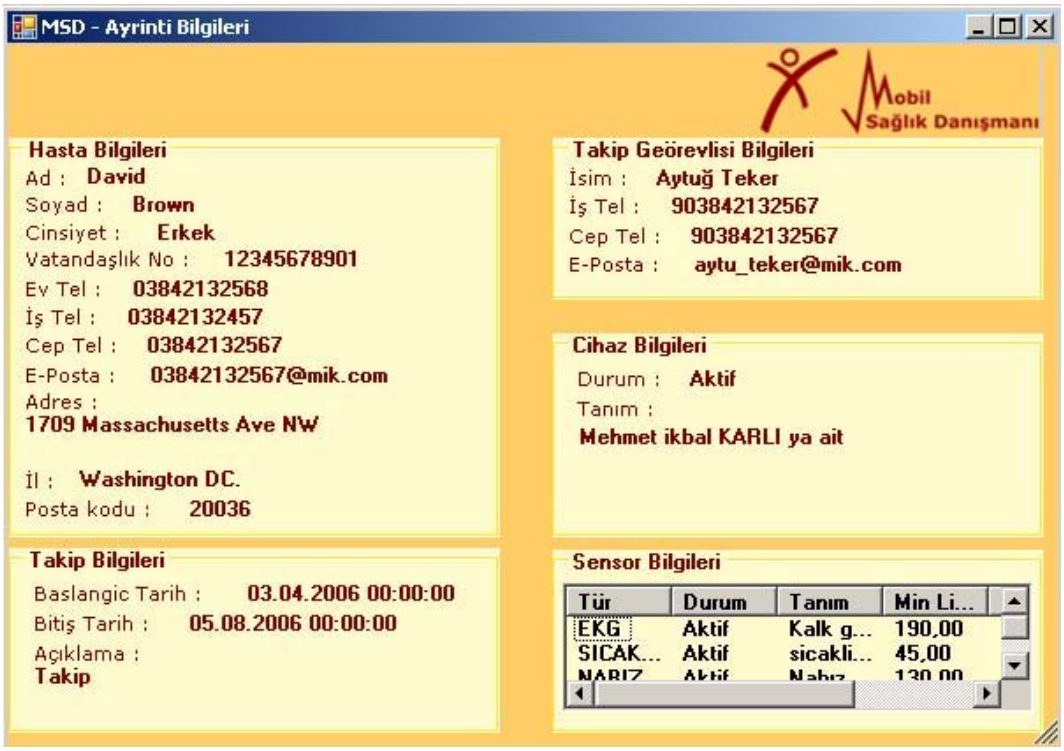
Şekil 4.19. Acil durum detay ekranı.

4.2.6.2. Takip Edilen Kişinin Bulunduğu Yere En Yakın Sağlık Kuruluşları

Takip edilen kişinin konumuna en yakın hastaneler ve haberdar edilen acil yardım ekiplerinin uzaklığı (km), araçla tahmini uzaklığı (dakika) bilgileri gösterilir.

4.2.6.3. Kişinin Sisteme Kayıtlı Bilgileri

Takip edilen kişinin ad, soyad, cinsiyet gibi kişisel bilgileri, takip eden doktorunun bilgileri, üzerindeki sensörlerin cins, alt ve üst limit değerleri bilgileri ve takip bilgileri Şekil 4.20'deki gibi gösterilir.



Şekil 4.20. İzlenen kişinin ayrıntıları

4.2.6.4. EKG, Sıcaklık ve Nabız Verileri

Takip edilen kişinin ölçülen EKG, sıcaklık, ve nabız bilgileri grafik ortamında kolay anlaşılabilir formda gösterilir. Bu bilgiler her beş saniyede bir güncellenmektedir. Kullanıcı 5 saniyelik EKG grafiğini tek seferde grafik olarak görebilmektedir.

4.2.6.5. Acil Yardım Ekiplerinin Bilgilendirilmesi

Sistem acil durumlarda acil yardım ekiplerini de durumdan haberdar etmektedir. Haberdar edilen acil yardım ekibinin hangi ekip olduğu bilgileri kullanıcıya gösterilir. Ayrıca operatör durumu analiz ederek olaya müdahale ettiği bilgisini vermek için onay sinyali gönderir. Acil yardım ekipleri eğer takip edilen kişiye ulaştıysa operatör bu bilgiyi görebilmektedir. Eğer sistem acil yardım ekiplerine sinyal göndermemişse ve durum hakkında acil yardım ekiplerinin uyarılması gerekiyorsa operatör program üzerinden istek sinyali gönderebilir.

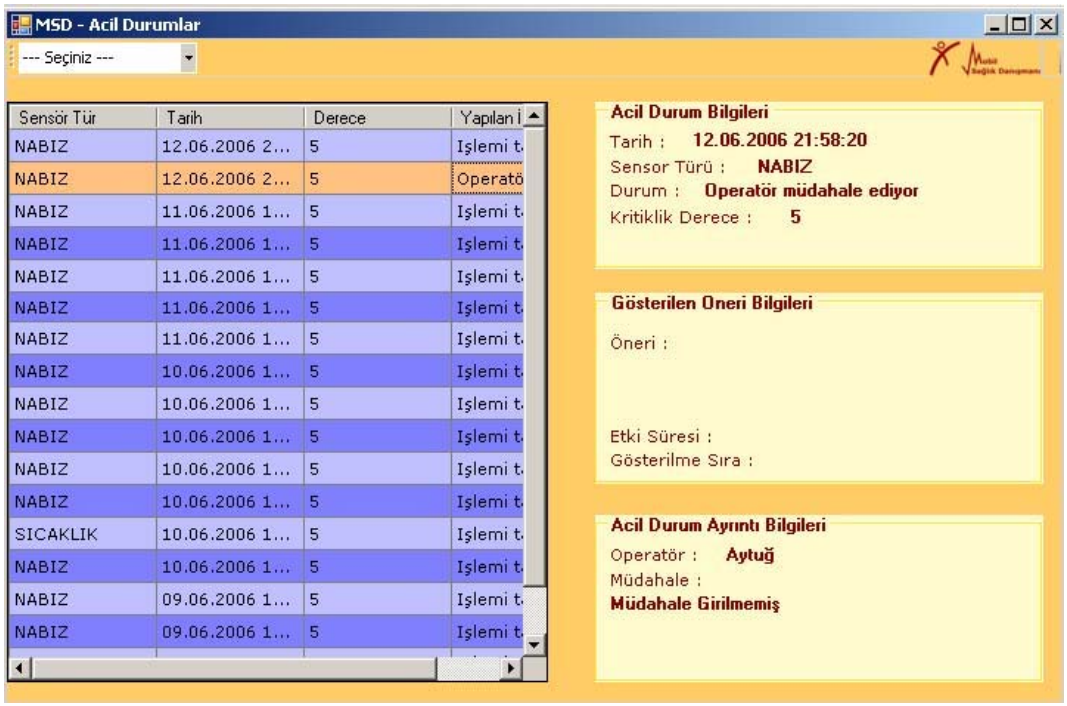
4.2.6.6. Takip Edilen Kişiye Periyodik Öneriler

Takip edilen kişiye doktoru tarafından tanımlanan ilaç, egzersiz, diyet gibi periyodik

önerileri kullanıcıya gösterilir. Böylece kişinin periyodik önerilerini görebilen operatör kişinin durumu hakkında daha iyi bir analiz yapabilir. Buna ek olarak bu önerilerin yapılmışlık durumuna bakarak önerileri ne derece yerine getirdiğini öğrenebilir.

4.2.6.7. Takip Edilen Kişinin Oluşan Acil Durumları

Takip edilen kişinin acil durum oluşmadan önceki parametrelerinin değişimi ve gösterilen önerileri gösterilir. Böylece acil durum oluşmadan önce ne tür aşamaların uygulandığı ve nasıl bir değişim olduğunu operatör daha iyi analiz edebilir. Şekil 4.21'de bu ekran görülmektedir.



Şekil 4.21. Kişinin geçmiş acil durumları.

4.2.6.8. Acil Durumlarda Programın Kullanımı

Takip edilen kişilerin üzerine yerleştirilen sistem sürekli olarak medikal parametreleri izlemektedir. Kişiye doktoru tarafından belirlenen sınır değerlerinin üzerine çıkıldığı bir durum oluştuğu anda sistem duruma daha önceden belirlenmiş adımlarla müdahale etmeye başlar. Bu müdahale öneri gösterilme işleminden acil durum sinyali oluşturmaya kadar değişebilmektedir. Bu değişim ise aşılan değerin ne kadar kritik olduğuna bağlıdır. Eğer ki uzman kişilerce biran önce müdahale edilmesi ve sağlık kuruluşlarına

sevk edilmesi gerekiyorsa sistem bu işlemleri yerine getirecek birimleri uyarır. Bu uyarı acil durum sinyali olarak adlandırılır. Acil durum sinyalini işlemesi gereken iki birim bulunmaktadır. Bunlar acil durum müdahale operatörleri ve acil yardım (112) ekipleridir. Bu birimlerin acil durumlardan haberdar olmalarını ve etkin biçimde müdahale etmelerini sağlamak amacı ile sisteme entegre programlar verilmiştir. Üretilen acil durum sinyali bu birimleri uyarırken bazı hususları göz önünde bulundurmaktadır. Bunlardan en önemlisi kişinin konumuna en yakın olan birimlerin uyarılmasıdır. Ayrıca acil durum müdahale operatörleri uyarılırken, konumlarının yanı sıra yoğunlukların da göz önünde bulundurulur.

Acil durum müdahale programı aynı anda birden fazla acil durum sinyalini alabilecek ve işleyebilecek yapıdadır. Sistemden bir sinyal gönderildiğinde ilk olarak sesli şekilde operatörü uyarır. Operatör, gelen acil durum sinyalini işleme alarak artık onunla ilgili verileri almaya başlar. Operatörün kendisini işleme aldığını algılayan sistem, kişi ile operatör arasında sesli iletişim kurar. Sesli iletişim geçekleşirken operatör kişinin EKG, vücut sıcaklığı ve nabız bilgilerini takip eder. Bu verilerden ve kişinin verdiği bilgilerden yararlanarak analiz yapar. Acil yardım ekipleri eğer durumdan haberdar edilememiş ise bu birimi acil durum hakkında haberdar eder. Eğer acil yardım ekipleri uyarılmış durumda ise onlara hasta ile iletişime geçtiğini belirten bir onay sinyali gönderir.

Kişinin konum bilgisi sisteme alınabildiği için operatör dijital harita üzerinden kişinin nerede olduğunu ayrıntılı olarak görebilir. Ayrıca kişiye en yakın sağlık kuruluşlarını ve uyarının gönderildiği acil yardım ekiplerinin nerede olduklarını da görebilmektedir.

Bu bilgilerin dışında kişiye daha önceden tanımlanmış ilaç, egzersiz, diyet gibi periyodik önerileri de görebilmektedir. Kişinin kullandığı ilaçlar da müdahalenin seyrini değiştirecek ve durum hakkında önemli bilgiler verebilecek bir ayrıntıdır. Kişinin daha önceden oluşan acil durumları ve bu durumlara yapılan müdahale şekilleri (öneri) bilgilerine de ulaşabilmektedir. Kişinin sisteme kayıtlı doktoru, kimlik bilgileri, iletişim bilgileri, takibi ile ilgili bilgileri operatör tarafından görülebilmektedir.

Bu bilgilerin tamamından yararlanarak duruma etkin biçimde müdahale edebilen operatör kişinin güvenli ve hızlı bir şekilde sağlık kuruluşlarına sevk edilerek

müdahalesinin yapılmasını sağlamış olur.

4.2.7. Mobil Sağlık Danışmanı Web Uygulaması

Çalışmanın bu bölümünde bir web tabanlı uygulama gerçekleştirildi. Bu web tabanlı uygulama ile sağlık takipçisinin (doktor, diyetisyen vs.) takip edilen kişi ile ilgili bütün tanımlama, görüntüleme ve düzenleme işlemlerini yapabilmesi amaçlandı.

4.2.7.1. Kullanılan Teknolojiler

Bu web uygulaması gerçekleştirilirken yararlanılan platform ve programlama teknolojileri kısa açıklamaları ile birlikte aşağıda listelenmiştir.

- **Visual Studio .NET:** .NET platformu için geliştirilmiş bir uygulama geliştirme platformudur. En büyük özelliklerinden birisi IDE (Integrated Development Environment) denilen ortak bir uygulama geliştirme platformu sunmasıdır.
- **SqlServer 2005:** Entegre iş zekası (BI) araçlarıyla kurumsal sınıf veri yönetimi sağlayan kapsamlı bir veritabanı platformudur. SQL Server 2005 veritabanı motoru, yüksek kullanılabilirliğe ve performansa sahip veri uygulamalarını oluşturup yönetilmesine olanak vererek, ilişkisel ve yapılandırılmış veri için güvenli ve güvenilir depolama sağlar.
- **Asp.NET 2.0:** .NET Framework 2.0 ile gelen ve master pages kavramı, veri, login ve webpart kontrolleri gibi bir çok eklenti özellik içeren web programlama teknolojisidir.
- **XML Web Servisleri:** İşletim sistemi veya programlama dili ne olursa olsun uygulamaların Internet üzerinden iletişim kurabilmesini sağlar. XML Web Servisleri her türlü platformda uygulanabilir. XML Web Servisleri ile uygulamalar verileri sadece paylaşmakla kalmazlar aynı zamanda diğer uygulamalar nasıl oluşturulmuş olursa olsun sağladıkları fonksiyonlardan yararlanılmasını da sağlar.
- **Asp.NET ATLAS Sunucu Script Kütüphaneleri ve Uygulama Servisleri:** Kullanıcı tarafında çalışarak kontrollerdeki ve bileşenlerdeki verilerin sunucu tarafına gönderilmesini ve aynı zamanda server-controller aracılığı ile sunucu tarafında çalışan ASP .NET sayfaları ve web servisleri ile haberleşebilmesini sağlayan teknolojidir.

- **Akıllı İstemci (Smart Client):** Windows uygulamalarının web üzerinden dağıtılmasını ve kolay bir şekilde güncellenebilmesini sağlayan teknolojidir. Eş zamanlı ve çevrimdışı çalışabilmesinden dolayı internet uygulamalarına üstünlük sağlar.

4.2.7.2. Uygulamanın Geliştirilmesi

Web uygulaması geliştirilirken master page teknolojisi kullanılmıştır. Yani ana sayfa ve alt sayfalar için ayrı iki şablon hazırlanıp, tüm uygulama bu şablondan türetilmiştir.

Web uygulamasını yetkisiz müdahalelerden soyutlamak ve güvenliği sağlamak için bir login sistemi kullanılmıştır. Login bilgileri web servislerini kullanmaktadır, böylece tüm sistemin web arayüzü dışındaki diğer bileşenleri ile bir bütünlük sağlanmaktadır. Login sayfasından web uygulamasına oturum açıldıktan sonra gelen ana sayfada takip görevlisinin yapabileceği işlemler ve sisteme kayıtlı kullanıcıların en kritik dereceli acil durumları listelenmektedir. Bu listelenen acil durumlardan herhangi biri seçildiğinde acil durumun hangi kullanıcıda meydana geldiği, hangi sensörden oluştuğu, daha önce bu acil durum için hangi önerinin tanımlandığı ve acil durumun o anki durumu gibi detay bilgileri de görülebilmektedir.

Bu en kritik dereceli acil durumların listelendiği ana sayfada ATLAS teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknoloji sayesinde kullanılan bir timer ile bu acil durum listesi her 10 sn. de bir yenilenmektedir ve bu yenilenme işlemi sayfa tekrar yüklenmeden, kullanıcının fark edemeyeceği bir hızda gerçekleştirilmektedir.

Ana sayfada bulunan bağlantılar ile yapılabilecek işlemler arasında oluşan bütün acil durumları listeleme, sisteme yeni kullanıcı tanımlama, sistemde tanımlı kişileri listeleme, arama yapma ve bu kişiler üzerinde yapılabilecek işlemleri görebilme sayılabilir. Şekil 4.22'de ana sayfa ekranı görülmektedir.

Şekil 4.22. Web uygulaması ana sayfası.

Oluşan bütün acil durumlar listelendiğinde, kritiklik derecesi gözetilmeksizin sisteme dahil kullanıcıların bütün acil durumları, oluşma sırası dikkate alınarak listelenir. Buradan istenilen acil durum seçilmek suretiyle acil durumun bütün detayları listelenebilir. Kişi arama ve ekleme bölümünde ise ilk önce, eğer mevcutsa, sisteme kayıtlı kullanıcıların isimleri bir kontrole doldurulur. İsimlerin listelendiği bu kontrolün hemen yanında ise kullanıcının kişisel bilgilerinin listelendiği bir detay penceresi gösterilmektedir. Bu ekran Şekil 4.23'de görülmektedir. Kişiler listesinde seçilen kullanıcının kişisel bilgileri bu detay penceresinde gösterilir. Aynı zamanda kişiler listesinde bir kullanıcı seçildiği anda bu kullanıcı ile ilgili yapılabilecek işlemlerin gösterildiği bir menü de bu sayfada gösterilir. Kişi ekleme işleminde, kişi ekleme formu doldurulup gönderildiği anda, ATLAS güncelleme paneli kullanıldığı için sayfa yeniden yüklenmeden kişiler listesi güncellenir. ATLAS teknolojisi bu ve benzeri yerlerde kullanılarak performans artışı sağlanmıştır.

Şekil 4.23. Web uygulaması kişi arama & ekleme sayfası.

Yapılabilecek İşlemler bölümünde ise yine sisteme dahil kullanıcılar listelenir ve bu listeden seçilen kullanıcın üzerinde yapılabilecek işlemlerin, tanımlamaların, düzenlemelerin bulunduğu bir işlem menüsü gösterilmektedir. Bu menüde işlem sırası aşağıdaki şekildedir:

- Kişinin Durum Bilgileri
- Acil durumları
- Acil durum önerileri
- Periyodik önerileri
- Sensör parametreleri
- Takip işlemleri
- Mesaj gönderme
- Rapor görüntüleme

4.2.7.3. Durum Bilgileri

Kişinin durum bilgileri sayfasında çevrim içi ya da çevrim dışı olmak üzere iki türlü takip seçeneği sunulur. Çevrim içi takip seçeneğinde o anda verilen bir şifre ile bir

Windows uygulamasına giriş yapılır ve kişinin o andaki değerleri takip edilebilir. Bu kısımda Akıllı İstemci (Smart Client) özelliğinden faydalanılmıştır. Çevrim dışı takip seçildiği takdirde görüntülenen takvim kontrolleri yardımıyla bir zaman aralığı belirlenir ve o zaman aralığında kişi üzerindeki sensörlerden gelen değerler gösterilir.

4.2.7.4. Acil Durumlar

Bu bölümde seçilen kullanıcıya ait acil durumlar listelenmektedir. Acil durumlar isteğe bağlı olarak kritiklik derecesine, oluşma tarihine vs. göre sıralanabilir. Seçilen bir acil durumun bütün detayları görülebileceği gibi her acil durum kaydının yanında anında takip bağlantısı mevcuttur. Bu bağlantı tıklandığında o anda oluşturulan bir şifre ile, açılan Windows uygulamasına login olunur ve kişinin o anki parametreleri anında görüntülenmeye başlanır. Aynı zamanda bu uygulamada kişinin o anki konumu da GPS (Global Position System) verileri yardımıyla harita üzerinde işaretlenebilir. Bu kısımda yine Akıllı İstemci (Smart Client) teknolojisi kullanılmıştır. Anında izleme yapılabilen bu pencere üzerinden acil durum bir açıklama girmek suretiyle sonlandırılabilir ya da var olan konum bilgilerinden yararlanılarak en yakın sağlık kuruluşuna ambulans isteğinde bulunulabilir.

4.2.7.5. Acil Durum Önerileri

Sistemde kullanıcının taşıdığı cihazda bulunan her sensör için acil durum değer aralıkları ve toleranslar belirlenebilir, düzenlemeleri yapılabilir. Acil durum dereceleri her bir sensör için 5 kademede değerlendirilmektedir. Dolayısıyla kişi üzerindeki sensörlerin ölçtüğü her bir değer normal durum ve 1'den 5' e kadar derecelenmiş acil durumlar şeklinde isimlendirilebilir.

Sistem en kritik dereceli acil durumda anında konum tespitini yapıp sağlık kuruluşlarını haberdar ettiği gibi, bu en kritik dereceli acil durumlar oluşmadan önce yani düşük dereceli acil durumlarda kullanıcıya doktoru tarafından önceden tanımlanmış önerileri gösterebilir. Yani, doktor her bir kullanıcı için özel olarak kritik değer aralıklarını ve bu değer aralıklarında kullanıcının yapması gereken işlemleri sisteme tanımlayabilir.

Sonuç olarak acil durum önerileri bölümü, doktorun hastası için acil durum önerilerini tanımlayabildiği, listeleyebildiği ve düzenleyebildiği bir bölümdür.

4.2.7.6. Periyodik Öneriler

Şekil 4.24'de görülen bu sayfada doktor, sistem kullanıcısının ilaç alımı, egzersizleri ve diyet takibi gibi periyodik olarak yapması gereken işlemleri belirleyebilir ve bunların her birinin yapılmış olma bilgisini görüntüleyebilir. Tanımlanan bu periyodik önerilerin türü resim, animasyon, video vs. olabilir.

Şekil 4.24. Web uygulaması periyodik öneriler sayfası.

4.2.7.7. Sensörler ve Parametreler

Bu bölüme tıklandığında, sayfa seçilen kişinin üzerindeki sensörlerin ve bu sensörlerin parametrelerinin bulunduğu bir kontrol ve yeni bir sensörün tanımlanabileceği bir form ile doldurulur. Bu web kontrolünün içinde sensörün adı (EKG, sıcaklık vs.) , açıklaması, en düşük ve en yüksek değerleri, kişi için özel tanımlanmış tolerans değerleri vs. gibi bilgiler bulunur.

4.2.7.8. Takip İşlemleri

Takip işlemleri bölümünde kullanıcının geçerli takibi ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Bu bilgiler arasında hasta bilgileri, takipte kullanılan cihaz, takibin başlangıç tarihi, bitiş tarihi, bu takibin sorumlu kişisi ve takiple ilgili diğer açıklamalar bulunmaktadır.

Bu bölümde takip bir bitiş açıklaması girilmek suretiyle sonlandırılabilir.

4.2.7.9. Mesaj Gönderme

Bu bölümde, takip sorumlusu web arayüzünü kullanarak internet üzerinden takip edilen kişiye mesaj gönderebilir. Bu işlem sırasında web servislerinden faydalanılmıştır. Takip görevlisinin gönderdiği mesaj hastanın üzerinde taşıdığı mobil cihaza gelir. Bu cihaz Smartphone, Pocket PC, PDA vs. olabilir. Ayrıca bu sayfada daha önce gönderilen mesajlar ve bu mesajların okunmuş olma bilgisi de görülebilir.

4.2.7.10. Rapor Görüntüleme

Seçilen kişinin bilgilerinin rapor olarak sunulduğu bu sayfada öncelikle raporun içeriğini belirlenir. Kişisel bilgiler, cihaz & sensör bilgileri, acil durumlar ve takip bilgileri olarak belirlenen dört ana başlıktan istenilen bilgiler işaretlendikten sonra rapor oluşturulur ve istenildiği takdirde yazdırılabilir. Şekil 4.25'de bu ekran görülmektedir.

Şekil 4.25. Web uygulaması raporlama sayfası.

5. BÖLÜM

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, hasta, hamile, yaşlı, sporcu, madenci, iftaiye eri, polis, asker vs. gibi kişilere yönelik taşınabilir bir kablosuz uzaktan sağlık izleme sistemi gerçekleştirilmiştir. IEEE 802.15.1 Bluetooth, IEEE 802.11 Wi-Fi ve GSM/GPRS gibi kablosuz teknolojiler önerilen uzaktan sağlık izleme sisteminde temel haberleşme standartları olarak kullanılmıştır. Düşük maliyetli ve düşük güç tüketimli bir EKG algılayıcısı tasarlanmış ve prototipi üretilmiştir. Dağıtık bir sistem tasarlanarak kişilerin hareket kabiliyetleri artırılmıştır. Sistem hastane dışından izlemeye olanak sunmaktadır. Böylece hastane ve kişi açısından pek çok maliyet düşürülmüş ve ekonomiye katkı sağlanmıştır. Acil durumlarda sistem ilgili kurumları ve kişileri haberdar ederek toplumumuzun en çok öldüren hastalıklarından birisi olan kalp krizi gibi rahatsızlıkların önüne geçmeye çalışacak bir yaklaşım sunulmuştur. Sisteme entegre edilen küresel konumlanma sistemi (GPS) ile kişilerin yerleri uzaktan tespit edilebilmekte ve izlenebilmektedir. Ayrıca sistem doktorun kişiye verdiği ilaçları, yapılması gereken egzersizleri ve uyulması gereken diyetleri hatırlatmakta ve kişinin unutmasına engel olmaktadır. En önemlisi insanın yaşam standartını yükseltecek bir çalışma ortaya konmuştur.

Literatürde ve pazarda benzer çalışmalar olmasına karşın sistem, avantajları ve kullanılan teknolojiler göz önüne alındığında, probleme yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır.

İlerki çalışmalarda darbe oksimetresi, kan basıncı, ventilasyon, hareket aktivitesi gibi yeni algılayıcılar sisteme eklenebilir.

EKG verilerindeki gürültüyü bastırmak için daha düşük maliyetli sayısal filtreler tasarlanabilir.

Sistem daha da küçültülüp ağırlığı düşürülebilir ve güç tüketimi düşürülerek pil ömrü artırılılabilir.

Elde edilen veriler yapay zeka teknikleri ile otomatik olarak yorumlanabilir ve çıkartımlar yapılabilir.

Sonuç olarak bu çalışma, hem bir taşınabilir izleme, acil durum ve uyarı sistemi, hem de kişi için bir danışma sistemi olarak sağlık durumunun izlenmesi kritik olan kişilerin hayatlarını kolaylaştırmakta ve hastane dışından izlemeye olanak sunmaktadır. Ayrıca bu sistem, kalp ritim bozukluğu ve stres izleme çalışmalarında, uzun dönemli taşınabilir veri toplayıcısı olarak da kullanılabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Barro, S., Presedo, J., Félix, P., Castro, D., Vila, J.A., New Trends in Patient Monitoring, Disease Management & Health Outcomes, Volume 10, Number 5, pp. 291-306(16), ISSN 1173-8790, 2002.
2. GMP Wireless Medicine, Inc., LifeSync Wireless EKG System, http://www.wirelessecg.com/, 2002.
3. HealthFrontier, Inc., ecgAnywhere., http://www.healthfrontier.com.
4. GE Healthcare., ApexPro CH., http://www.gehealthcare.com/usen/patient_mon_sys/wireless_and_telemetry/products/ telemetry_sys/products/apexpro_ch.html, 2002
5. Nonin Medical, Inc., Avant 4000 Wireless Wearable Pulse Oximeter, http://www.nonin.com/products/4000.asp,
6. Welch Allyn, Inc., Micropaq Wireless Patient Monitor, http://www.monitoring.welchallyn.com/products/wireless/micropaq.asp.
7. Shnayder,V., Chen, B., Lorincz, K., Fulford-Jones, T.R.F., and Welsh M., Sensor Networks for Medical Care, Harvard University Technical Report TR-08-05, April 2005.
8. TÜBİTAK Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi, S.15, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Kasım 2004.
9. Card Guard, Wireless Blood Pressure Monitors. http://www.cardguard.com/site/products-list.asp?id=20, 2003.
10. A & D Medical, Inc., UA-767 BT Wireless Blood Pressure Monitor http://www.lifesourceonline.com/products/telemonitoring.cfm, 2001.
11. IEEE, IEEE 802.15.4—Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), October 2003.
12. Dishman, E., Inventing wellness systems for aging in place, IEEE Computer, 37(5), May 2004.
13. Laerhoven, K.V., Lo B.P., Ng J.W., Thiemjarus S., King R., et. al., Medical healthcare monitoring with wearable and implantable sensors. In Proc., Sixth International Conference on Ubiquitous Computing, Tokyo, Japan, September 2004.
14. Konstantas D., Jones V., Bults R., and Herzog R., Mobihealth - innovative 2.5/3g

mobile services and applications for healthcare In Proc. Eleventh IST Mobile and Wireless Telecommunications Summit 2002, Thessaloniki, Greece, June 2002.

15. Lo, B. and Yang, G. Z., Key technical challenges and current implementations of body sensor Networks, In Proc., 2nd International Workshop on Body Sensor Networks (BSN 2005), April 2005.
16. Yang, G.-Z. et al, Body Sensor Network Node, http://www.doc.ic.ac.uk/vip/ubimon/bsn_node/index.html, 2000.
17. Shih, E., Bychkovsky, V., Curtis D., and Guttag J., Demo abstract: Continuous, remote medical monitoring, In Proc., Second Annual International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, November 2004.
18. Lenert, L. et al., WiiSARD: Wireless Internet Information System for Medical Response in Disasters, https://wiisard.org, 2002.
19. Hoyt, R.W., Reifman J., Coster, T.S., and Buller, M.J., Combat medical informatics: Present and future in Biomedical Informatics: One Discipline, I.S. Kohane,Ed. Bethesda, MD: AMIA, 2002.
20. Asada, H., Shaltis, P., Reisner, A., Rhee, S., and Hutchinson, R.C., Mobile monitoring with wearable photoplethysmographic sensors, IEEE Eng. Med. Biol. Mag. (Special Issue on Wearable Sensors/Systems and Their Impact on Biomedical Engineering),vol. 22, pp. 28-40, May/June 2003.
21. Barnes, G.E. and Warren, S., A wearable, Bluetooth-enabled system for home health care, in Proc. 2nd Joint EMBS/BMES Conf., Houston, TX, Oct. 23-26, 2002, pp. 1879-1880.
22. Asada, G., Dong, M., Lin T.S., Newberg, F., Pottie, G., and Kaiser, W.J., Wireless integrated network sensors: Low power systems on a chip, in Proc. 1998 European Solid State Circuits Conf., The Hague, The Netherlands, Sept. 1998, pp. 9-16.
23. Diorio C. and Mavoori J., Computer electronics meet animal brains, IEEE Computer, vol. 38, pp. 69-75, Jan. 2003.
24. Ghovanloo, M. and Najafi, K., A BiCMOS wireless stimulator chip for micromachined stimulating microprobes, in Proc. 2nd Joint EMBS/BMES Conf.,Houston, TX, Oct. 23-26, 2002, pp. 2113-2114.
25. Maroti, M., Kusy, B., Simon, G., and Ledeczi, A., The flooding time synchronization protocol, In Proc. SenSys'04, Baltimore, MD, November 2004.
26. Elson, J., Girod, L., and Estrin, D., Fine-grained network time synchronization using

reference broadcasts, In Proc. Fifth Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 2002), Boston, MA, December 2002.

27. Polastre, J., Szewczyk, R., and Culler, D., Telos: Enabling ultra-low power wireless research, In Proc. Fourth International Conference on Information Processing in Sensor Networks: Special track on Platform Tools and Design Methods for Network Embedded Sensors (IPSN/SPOTS), April 2005.
28. Intanagonwiwat, C., Govindan, R., and Estrin, D., Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor Networks, In Proc. International Conference on Mobile Computing and Networking, Aug. 2000.
29. Woo, A., Tong, T., and Culler, D., Taming the underlying challenges of reliable multihop routing in sensor Networks, In Proc. the First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2003), November 2003.
30. Tunçkanat, M., Ayen, A., Aslantaş, V., Karaboğa, D., Sağıroğlu, Ş., Afet kriz yönetimi ve ulusal afet ağı Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği, 11. ULUSAL KONGRESİ ve FUARI, Şişli – İSTANBUL, 22-25 EYLÜL 2005.
31. Agrawal, D.P. and Q. Zeng, Q., Introduction toWireless and Mobile Systems, Pacific Grove, CA: Brooks/Cole, 2003.
32. DARPA Sensor Information Technology: http://dtsn.darpa.mil/ixo/sensit.asp, Jan 2003.
33. NIST SmartSpaces: http://www.nist.gov/Smartspace/SmartSpaces,Jan 2003.
34. Heidenreich, P., Ruggerio, C., and Massie, B., Effect of a home monitoring system on hospitalization and resource use for patients with heart failure, Amer, Heart, J., vol, 138, no. 4, pp. 633-640, 1999.
35. Oyman, I. and Ersoy, C., Overhead Energy Considerations for Efficient Routing in Wireless Sensor Networks, Computer Networks, Vol. 46, No:4, pp 465-478, November 2004.
36. Grandis, S.L., Instrumentation for coronary care, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1981.
37. Block, E., Nuutinen, L., Balast, B., Optimization of alarms: a study on alarm limits, alarm sounds, and false alarms, intended to reduce annoyance, J Clin Monit Comput 1999; 15: 75-83.
38. Frost & Sullivan, European alternate site patient monitoring equipment markets,. http://www.frost.com , 1998.

39. Garfinkel, D., Matsiras, P., Lecky, J. H. et al., PONI: “An intelligent alarm system for respiratory and circulation management in the operating rooms”, Proceedings of 12th Symposium on Computer Applications in Medical Care, 13-17, 1988.
40. Uckun, S., Intelligent systems in patient monitoring and therapy measurement: a survey of research projects, Int J Clin Monit Comput ; 11: 241-53, 1994.
41. Dawant, B.M., Knowledge-based systems for intelligent patient monitoring and management in critical care environments, In: Bronzino JD, editor. The biomedical engineering handbook, Boca Raton (FL): CRC Press, Inc., 1995: 2746-56
42. Silipo R., Marchesi C., Composite neural network architecture for extensive long term ECG analysis, Proc Comput Cardiol 1996: 13-6
43. Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayınevi, 2003, Kayseri.
44. Bashshur, R., Lovett, J., Assessment of telemedicine: results of the initial experience, Aviation, Space and Environmental Medicine (1977)65–70
45. Wheeler, T., Strike up the bandwidth: store & forward vs. interactive video, Telemedicine Today 6 (2) 13, 43–44 ,1998.
46. Chouinard, J., Satellite contributions to telemedicine: Canadian CME experiences, Can. Med. Assoc. J. 128 850–855,1983.
47. Gaumer, G., Grigsby, J., Hassol, A., Exploratory evaluation of rural applications of telemedicine, Abt Associates, 1996.
48. Wheeler, T., A counterpoint, Telemedicine Today 6 (2) 44, 1998.
49. Bird, K., Cardiopulmonary frontiers: quality health care via interactive television, Chest 61 204–205, 1972.
50. Ritchie. C., British army establishes telemedicine unit in Bosnia, Lancet 352 (9121) 46, 1998.
51. Brown, J.H., Telecommunication for Health Care, CRC Press, Boca Raton, FL, 1982.
52. Field, M.J., (Ed.), Telemedicine: A Guide to Assessing Telecommunications in Health Care National Academy Press, Washington, DC, 1996.
53. Conrath, D.W.,. Dunn, E.V, Bloor, W.G., Tranquada, B., A clinical evaluation of four alternative telemedicine systems, BehavioralSciences 22 (1) 12–21, 1977.
54. Dunn, E.V., Conrath, D.W., Bloor, W.G., An evaluation of four telecommunication systems for delivery of primary health care, Health Services Res. 12 19–29 ,1977.

55. Healthcare Information Management Systems Society, 9th Annual Leadership Survey, 1998.
56. Management, J. Med. Educ. 57: (10) Pt 2 (1982) 1–93
57. Higgins, C.A., Conrath, D.W., Dunn, E.V., Provider acceptance of telemedicine systems in remote areas of Ontario, J. Family Practice 18 (2) 285–289, 1984.
58. Providing Ground Tests DOD's Digital Dog Tags, Regulatory Intelligence Data Industry Group 91 ,31 July 1998.
59. Grigsby, J., Sanders, J.H., Telemedicine, Ann. Internal Med. 129 (2) 123–127 ,1998.
60. Moore ,M., Elements of success in telemedicine projects, Report of a Research Grant From AT&T, Graduate School of Library and information Science, University of Texas at Austin, 1993.
61. Moore, M., Hartman, J.T., Information Technology for rural outreach in West Texas, Bull. Med. Library Assoc. 80 (1) 44–46 , 1992.
62. Mora FA, Passariello G, Carrault G, et al. Intelligent patient monitoring and management systems: a review. IEEE Eng Med Biol Mag 1993; 12 (4): 23-33
63. Dertouzos, ML., What will be: how the new world of information will change our lives, New York: HarperEdge Publishers, 1997.
64. GlaxoSmithKline İlaçları A.Ş, http://www.gsk.com.tr/ates/tanitim.asp.
65. Wikipedia, the free encyclopedia, Electrocardiogram, http://en.wikipedia.org/wiki/ECG.
66. Sağlık-Info, Tansiyon, http://www.saglik-info.com/HASTAOKULU/yuksek_tansiyon.asp.
67. PulseOx Info, http://www.pulseox.info.
68. Prof. Dr. Yüksel KEÇİK, http://lokman.cu.edu.tr/anestezi/ii_cag/new_page_1.htm.
69. Daniel Roetenberg PhD, Xsens Technologies B.V., http://www.xsens.com/index.php?mainmenu=technology&submenu=research&subsubmenu=human_motion.
70. Spinelli, E.M., Martinez, N.H., Mayosky, M.A., A transconductance driven-right-leg circuit, Biomedical Engineering, IEEE Transactions on,Volume 46, Issue 12, Page(s):1466 – 1470 , Dec. 1999.

ÖZGEÇMİŞ

Rifat Kurban 1982 yılında Kayseri'de doğdu. 2000 yılında Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi'nden mezun oldu ve aynı yıl Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünü kazandı. 2004 yılında lisans öğrenimini tamamladı ve Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Endüstriyel otomasyon sistemleri ve gömülü sistemler konusunda bir süre özel sektörde yazılım mühendisi olarak çalıştı. 2005 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen bu görevine devam etmektedir.

Adres: Köşk Mah. M.Şimşek Cad.
Tunca Sok. No:6/16
Melikgazi / KAYSERİ

Tel: +90 352 235 32 29
E-posta: rkurban@erciyes.edu.tr