

## Mobil cihaz kontrollü EKG holteri

İlhan İLHAN\*,<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya

Makale Gönderme Tarihi: 08.09.2016

Makale Kabul Tarihi: 31.10.2016

### Öz

*Kalbin çalışması esnasındaki elektriksel aktivite ile meydana gelen ve vücudun belirli yerlerinden elektrotlar yardımıyla algılanan sinyallere Elektrokardiyografi (EKG) denir. EKG sinyalleri birçok kalp hastalığının teşhisi için çok değerli bilgiler içermektedir ve Elektrokardiyograf denilen cihazlar yardımıyla kayıt altına alınmaktadır. EKG cihazları muayene sırasında görülmeyen, ancak gün içerisinde kısa süreli de olsa kendini farklı şekillerde belli eden ritim bozukluklarının tespiti için kullanılamaz. Bu tip durumlarda ritim holter adı verilen cihazlar kullanılır. Bu cihazlar 24-48 saat süreyle EKG kaydı yaparlar ve hasta üzerinde taşınırlar.*

*Bu çalışmada, mobil cihazların günümüzde sahip oldukları popülarite göz önünde bulundurularak mobil cihaz kontrollü bir EKG holteri geliştirilmiştir. Geliştirilen holter, veri toplama ve mobil cihaz olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Veri toplama cihazı, elektrotlardan gelen EKG sinyallerini almak ve bluetooth iletişim aracılığıyla mobil cihaza göndermek için tasarlanmıştır. Mobil cihaz ise geliştirilen arayüz aracılığıyla gösterge, kontrol ve kayıt cihazı olarak kullanılmıştır. Bu arayüz, Android ve IOS işletim sistemli bütün telefon ve tabletlerle uyumlu olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır.*

*Geliştirilen mobil cihaz kontrollü EKG holteri üç farklı modda çalışabilmektedir. Sinyallerin anlık olarak izlenilmesi gerektiği durumlarda EKG cihazı modu, 24-48 saat süreyle EKG sinyallerinin kaydedilmesi gerektiği durumlarda ise EKG holteri modu seçilmelidir. Sadece hastanın şikâyeti olduğu durumlarda ilgili düğmeye basılarak kayıt yapılması istenildiğinde ise olay kaydedici (event recorder) modu kullanılmalıdır.*

*Mobil cihaz kontrollü EKG holteri pil ömrü, bluetooth bağlantısının sürekliliği ve ölçüm sonuçlarının güvenliği açısından test edilmiştir. Test sonuçları, bu üç farklı açıdan bakıldığında önerilen cihazın, klasik bir EKG holterinde bulunması gereken özellikleri karşılayabildiğini göstermiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** EKG; EKG Holteri; Mobil Cihaz; Bluetooth; Mobil Programlama.

## **Giriş**

Telefon ve tabletler, yüksek hızlı işlemciler, yüksek çözünürlüklü kameralar ve farklı algılayıcılar (hız ölçer, ışık sensörü, yön sensörü vb) ile donatılmış durumdadırlar. Bu nedenle bu cihazlar, günümüzde giderek artan oldukça yaygın bir kullanıma sahiptirler. Çünkü insanlar artık fotoğraf çekmek, internete bağlanmak, yol tarifi almak, radyo dinlemek gibi işlemleri ya doğrudan bu cihazların sahip olduğu özellik veya algılayıcıları ya da bu cihazlara takılan ilave aparatları kullanarak yapabilmektedirler (İlhan vd., 2016a).

Bir pazar araştırma şirketi olan eMarketer'ın raporuna göre 2015 yılında 1.91 milyar insan akıllı telefon (tablet hariç) kullanmaktadır. Bu rakamın 2016 yılı sonuna kadar %12.6'lık bir artışla 2.16 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (eMarketer, 2014). Başka bir ifadeyle, bu yıl içerisinde dünya nüfusunun yaklaşık 1/3'üne yakın bir bölümü akıllı telefon sahibi olacaktır. Bu veriler, bu cihazlar göz önünde bulundurularak geliştirilen biyomedikal uygulamaların hedef kitlesini oluşturması bakımından önem arz etmektedir (İlhan, 2016b).

Dünyada ölümlere neden olan hastalıkların en başında kalp rahatsızlıkları gelmektedir. Kalp hastalıkları Türkiye'de de binlerce insanın ölümüne neden olmakta ve maalesef, ülkemizi bu konuda Avrupa ülkeleri arasında birinci sıraya yerleştirmektedir. Bu durum Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2015 yılında yayınlanan raporda da tespit edilmiş ve tüm ölüm vakaları içerisinde dolaşım sistemi hastalıklarından ölenlerin oranı %40.3 olarak bulunmuştur (TUİK, 2015). Bu nedenle bu hastalıkların teşhisinde kullanılan EKG görüntüleme ve kayıt cihazlarının önemi gittikçe artmıştır. Erken teşhis ve tedavi açısından kolay ulaşılabilir ve kullanılabilir olmaları çok daha önemli vazgeçilmez bir özellik haline gelmiştir.

Son zamanlarda mobil cihazlar kullanılarak EKG sinyallerini görüntülemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Babu vd., 2016; De Lucena vd., 2015; Wu vd., 2016). Bu çalışmalardan ilkinde

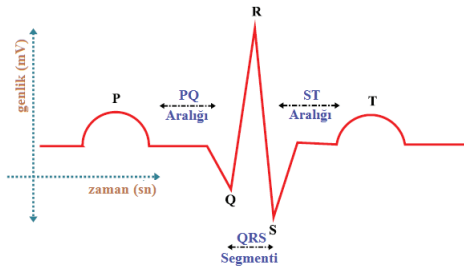
Android işletim sistemli mobil cihazlarla bütünleşik olarak çalışabilen düşük maliyetli ve etkili bir EKG ölçüm sistemi geliştirilmiştir (Wu vd., 2016). Bu sistemde non-invasive sensörlerden alınan EKG sinyalleri LabVIEW programı yardımıyla işlenmekte ve gürültüler temizlenmektedir. Mobil cihaz sinyal ölçüm ve görüntüleme sistemi olarak çalışmaktadır. Veriler LabSQL veritabanı aracı kullanılarak kayıt altına alınmaktadır. İkinci çalışmada ise üç farklı alt sistemden oluşan bir EKG görüntüleme sistemi önerilmiştir (De Lucena vd., 2015). Bu görüntüleme sistemindeki ilk alt sistem analog EKG sinyallerini okumak için kullanılır. İkinci alt sistem ise mikrodenetleyici ve bluetooth modülünden oluşur ve EKG sinyallerini dijitale dönüştürmek ve Android işletim sistemli telefona iletmek için kullanılır. Üçüncü alt sistem ise EKG sinyallerini uygun grafikler aracılığıyla görüntülemek için kullanılan telefonun kendisidir. Konuyla ilgili olarak yapılan son çalışmada ise LabVIEW kullanılarak gerçek zamanlı hasta görüntüleme sistemi önerilmiştir (Babu vd., 2016). Bu sistemde, vücut sıcaklığı, nabız değerleri ve EKG sinyalleri DAQ (Data Acquisition) kartı aracılığıyla bilgisayar ortamına alınmakta ve LabVIEW programı ile işlenmektedir. Ayrıca hastalarla ilgili medikal kayıtlar da oluşturulmaktadır. Kaydı tutulan bilgiler, değerlendirilmek üzere, konuyla ilgili uzman doktorun telefonuna Bluetooth aracılığıyla iletilmektedir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada, mobil cihaz kontrollü bir EKG holteri geliştirilmiştir. Geliştirilen holter, veri toplama ve mobil cihaz olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Veri toplama cihazı, elektrotlardan gelen EKG sinyallerini almak ve bluetooth iletişim aracılığıyla mobil cihaza göndermek için tasarlanmıştır. Mobil cihaz ise geliştirilen arayüz aracılığıyla gösterge, kontrol ve kayıt cihazı olarak kullanılmıştır. Bu arayüz, hem Android hem de IOS işletim sistemli bütün telefon ve tabletlerle uyumlu olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Ayrıca, geliştirilen mobil cihaz kontrollü EKG holteri üç farklı modda çalışabilmektedir. Sinyallerin anlık olarak izlenmesi gerektiği durumlarda EKG cihazı modu, 24-48 saat süreyle EKG sinyallerinin kaydedilmesi gerektiği durumlarda EKG holteri modu, sadece hastanın şikâyeti olduğu durumlarda kayıt yapılması istenildiğinde ise olay kaydedici (event recorder) modu kullanılabilir.

## EKG Sinyali ve Holteri

Kalbin çalışması esnasındaki elektriksel aktivite ile meydana gelen ve vücudun belirli yerlerinden elektrotlar yardımıyla algılanan sinyallere Elektrokardiyografi (EKG) denir. EKG sinyalleri birçok kalp hastalığının teşhisi için çok değerli bilgiler içermektedir ve Elektrokardiyograf denilen cihazlar yardımıyla kayıt altına alınmaktadır. Şekil 1'de P dalgası, QRS dalgası ve T dalgasından oluşan normal bir EKG sinyali görülmektedir (Yakut vd., 2014). P dalgası atrial kasılmanın depolarizasyonu tarafından üretilen akıma göre oluşur. QRS dalgası ise ventriküler kasılmadan önceki depolarizasyona bağlı olarak üretilir. Son olarak T dalgası ise ventriküler depolarizasyon ile oluşur. Bu dalgaların şeklinde meydana gelen herhangi bir değişiklik doktorlara kalp hastalığı konusunda önemli ipuçları verir. Hatta bu düzenli dalgalardan farklı olarak yeni dalgalardan görülmesi veya dalgalar arasındaki sürelerde değişikliklerin tespit edilmesi de çeşitli kalp rahatsızlıklarını işaret eder.



Şekil 1. EKG sinyali

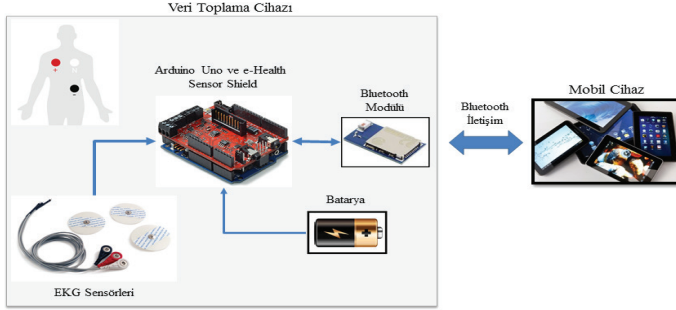
EKG cihazları muayene sırasında görülmeyen, ancak gün içerisinde kısa süreli de olsa kendini farklı şekillerde belli eden ritim bozukluklarının tespiti için kullanılamaz. Bu tip durumlarda ritim holter adı da verilen EKG holteri kullanılır. Bu cihazlar 24-48 saat süreyle EKG kaydı yaparlar ve hasta üzerinde taşınırlar. Böylece gün içerisinde çeşitli fiziksel ve psikolojik değişikliklerin etkisi, kullanılan bazı ilaçların kalp ritminde oluşturduğu değişimler izlenebilir. Alınan kayıtlar bilgisayara yüklenerek analiz edilir ve kalp ritmi grafiğine bakılarak birçok parametrenin değerlendirilmesi mümkün olur. EKG holter incelemesi çoğunlukla kalbin elektriksel aktivitesindeki sorunların tespit edilmesi amacıyla yapılır.

Holter cihazı sürekli kayıt aldığı için çoğunlukla 24-48 saat süreyle takılı tutulabilmektedir. Fakat sıklığı daha az olan şikâyetlerde (5-6 günde bir olan çarpıntı, bayılma vb.) holter cihazının takılı olduğu süre boyunca hastanın şikâyeti olmayabilir. Bu gibi durumlarda olay kaydedici cihazı kullanılır. Bu cihaz görünüş ve takılış tekniği bakımından holter cihazına benzerdir. Ancak sürekli kayıt yapmazlar. Bunun yerine hastanın şikâyeti olduğu durumlarda belirlenmiş süre boyunca kayıt yaparlar. Hastanın kaydı başlatılabilmesi için üzerinde kaydetme düğmesi bulunur. Böylece hastanın şikâyeti olduğunda kalpte ritim ile ilgili bir problem olup olmadığı kesin olarak anlaşılır.

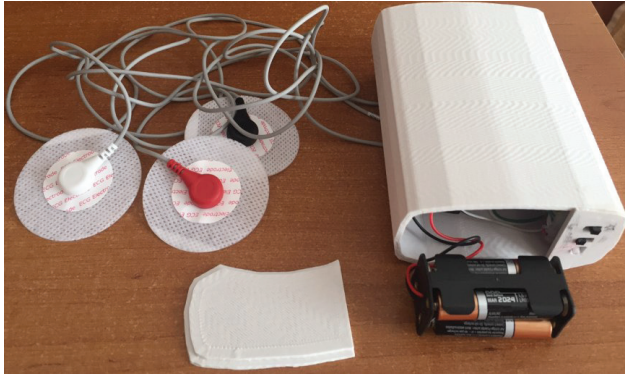
## Materyal ve Yöntem

### Önerilen Sistem

Önerilen sistemin blok diyagramı Şekil 2'a da verilmiştir. Şekilden de görülebildiği gibi sistem, veri toplama ve mobil cihaz olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden ilki EKG sinyallerinin toplanması için ikincisi ise gösterge, kontrol ve kayıt cihazı olarak kullanılmaktadır. Yaklaşık 210 gr ağırlığında olan veri toplama cihazı, kemerde veya elbise içerisinde omuzdan asılarak bel bölgesinde taşınabilmektedir. 3 boyutlu yazıcı kullanılarak üretilen veri toplama cihazının genel görünümü



(a)

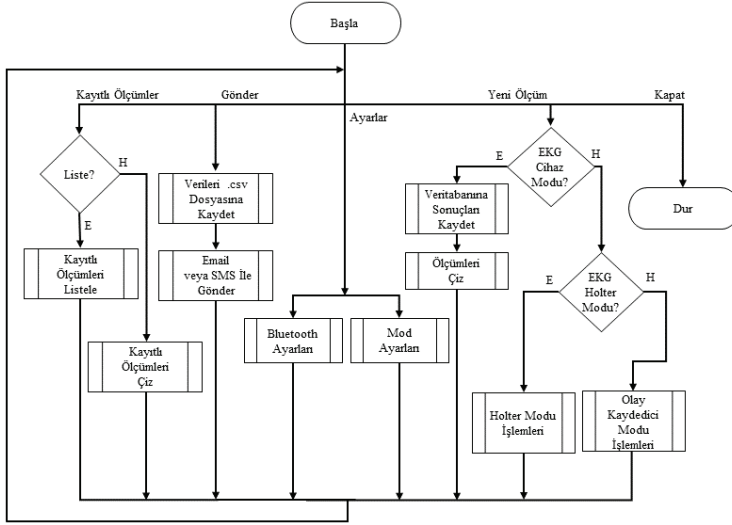


(b)

Şekil 2. a) Sistemin blok diyagramı b) Veri toplama cihazı

Şekil 2b’de verilmiştir. Her iki şekilden de görülebildiği gibi bu cihaz içerisinde Arduino Uno kartı, e-Health Sensor Shield, EKG elektrotları (sensör), bluetooth modülü ve besleme elemanları bulunmaktadır. Bilindiği gibi Arduino Uno kartı üzerinde Atmel firmasının 8 bitlik ATmega328P mikrodnetleyicisi bulunmaktadır. Bu mikrodnetleyici 20 MHz’e kadar çalışma frekansına, 23 adet programlanabilen I/O portuna, 8 adet 10 bitlik 0-VCC voltaj aralığında çalışabilen ADC’e ve düşük güç tüketimine sahiptir (Atmel Corporation, 2016). e-Health Sensor Shield biyometrik / medikal uygulamalar için geliştirilmiş ve Arduino Uno ile bire bir uyumlu olan platform kartıdır (Cooking Hacks, 2016a). Hastanın vücuduna yerleştirilmiş olan EKG

elektrotlarından alınan sinyaller bu kart aracılığıyla Arduino Uno’ya aktarılmaktadır. Aktarım işlemi esnasında e-Health Sensor Shield aracılığıyla filtreleme ve yükseltme işlemi yapılmakta 0-5 V arasında analog çıkış elde edilmektedir. EKG sensörlerinin vücuda bağlantısı Şekil 2a’da görülmektedir (Cooking Hacks, 2016b). Veri toplama cihazı ile mobil cihaz arasındaki iletişim bluetooth aracılığıyla sağlanmaktadır. Veri toplama cihazı üzerinde bluetooth modülü olarak Texas Instruments firmasının düşük enerji özellikli CC2541 Bluetooth 4.0 serisi bluetooth modülü kullanılmıştır (Texas Instruments, 2016). Mobil cihaz ile iletişim bu modül üzerinden 115200 baud rate ile RS-232 seri protokol aracılığıyla sağlanmıştır. Geliştirilen cross-platform arayüz



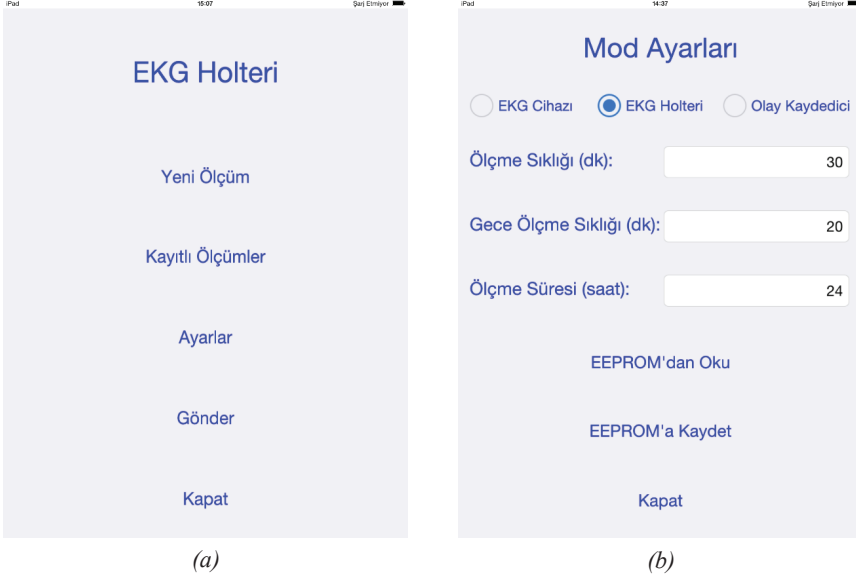
Şekil 3. Genel akış diyagramı

aracılığıyla gösterge, kontrol ve kayıt cihazı olarak bluetooth özellikli mobil cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz üzerinde Android veya IOS işletim sistemlerinden herhangi biri kurulu olabilir.

Geliştirilen sistemin genel akış diyagramı Şekil 3’de verilmiştir. Bu şekil mobil cihaz için geliştirilen arayüz ile mikrodenetleyici için geliştirilen yazılımın entegre olarak çalışmasını göstermektedir. Şekilden de görülebildiği gibi geliştirilen sistem EKG cihazı, EKG holteri ve olay kaydedici modu olmak üzere üç farklı moda çalışabilmektedir. EKG cihazı modunda ölçüm sonuçları mobil cihaz ekranında kullanıcıya anlık olarak gösterilir ve aynı zamanda veritabanına kaydedilir. EKG holteri modunda ise daha önce ayarlanan süre boyunca belirlenen aralıklarla otomatik olarak ölçüm yapılır ve ölçüm sonuçları veritabanına düzenli olarak kaydedilir. Olay kaydedici modunda ise, holter modundan farklı olarak, sürekli kayıt yapılmaz. Sadece hasta kaydet düğmesine bastığında daha önce ayarlanan süre boyunca kayıt yapılır ve sonuçlar veritabanına kaydedilir.

### Mobil Cihaz Arayüzü

Arayüz, hem Android hem de IOS işletim sistemli mobil cihazlarla uyumlu olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece akıllı mobil dünyanın yaklaşık %96’sında rahatlıkla kullanılacaktır. Çünkü tarafsız araştırma kuruluşları tarafından yayınlanan son raporlara göre Android ve IOS işletim sistemli mobil cihazlar piyasanın büyük bir çoğunluğuna hâkim durumdadır (Net Applications, 2015; Strategy Analytics, 2015). Geliştirilen arayüz, cross-platform özelliği nedeniyle Embarcadero Delphi 10 Seattle program geliştirme ortamı kullanılarak kodlanmıştır. Mobil cihaz arayüzü, Ayarlar, Gönder, Kayıtlı Ölçümler ve Yeni Ölçüm olmak üzere temel dört farklı seçeneği içermektedir (Şekil 4a). Bluetooth cihazlarının taranması ve veri toplama cihazı ile bağlantı kurulması işlemi ilk seçenek olan Ayarlar penceresinde yapılmaktadır. Çalışma modu seçimi ve seçilen moda özel ayarların belirlenmesi ve bu değerlerin mikrodenetleyici içerisindeki EEPROM’a kaydedilmesi işlemi de yine bu pencerede yerine getirilmektedir (Şekil 4b). Gönder penceresinde ise daha önce kaydedilmiş



*Şekil 4. a) Ana ve b) Mod Ayarları pencereleri*

veriler üzerinde tarih ve saat bazında çeşitli sorgulamalar yapılabilmektedir. Sorgu sonuçları .csv dosya formatına dönüştürülerek e-mail veya kısa mesaj (SMS) olarak ilgili kişiye (doktor vb.) gönderilebilmektedir. Daha önce kaydedilmiş olan verileri liste veya grafik olarak görüntülemek için ise Kayıtlı Ölçümler penceresi kullanılmaktadır. Veriler SQLite veritabanına kaydedilmiş durumdadır. Başlangıç ve bitiş noktası belirtilerek liste veya grafiğin, tarih ve saat bazında yapılan sorgu sonucuna göre hazırlanması sağlanabilmektedir. Şekil 5 daha önce kaydedilmiş verilerin liste şeklinde, Şekil 6 ise yakınlaştırılmış grafik şeklindeki sunumunu göstermektedir. Yeni bir ölçüm yapılması için ise Yeni Ölçüm düğmesine tıklanması gerekmektedir. EKG cihazı, EKG holteri ve olay kaydedici modu olmak üzere üç farklı modda 200 Hz'lik örnekleme frekansı ile EKG ölçümü yapılabilmektedir. EKG cihazı modunda anlık ölçüm yapılarak sonuçlar kullanıcıya grafik olarak gösterilir ve aynı zamanda veritabanına kaydedilir. EKG holteri modunda ise daha önce ayarlanan süre boyunca belirlenen aralıklarla otomatik olarak ölçüm yapılır ve ölçüm sonuçları

veritabanına düzenli olarak kaydedilir. Son mod olan olay kaydedici modunda ise kayıt işlemi sadece kullanıcı, arayüzde bulunan Kaydet düğmesine bastığında daha önce ayarlanan süre kadar yapılır ve sonuçlar veritabanına kaydedilir. Holter ve olay kaydedici modlarında, geliştirilen arayüz kapatılsa bile bluetooth bağlantısı sürekli olarak kontrol edilmekte ve veri toplama cihazından alınan ölçüm değerlerinin eksiksiz olarak veritabanına kaydedilmesi sağlanmaktadır. Bu işlem için Android ve IOS işletim sistemlerinin sırasıyla Service ve Background Fetch uygulama komponentleri kullanılmıştır.

### **Uygulama ve Tartışma**

Mobil cihaz kontrollü EKG holteri hem Android hem de IOS işletim sistemli iki farklı mobil cihazda test edilmiştir. Üzerinde Android 4.4.2 Kitkat işletim sistemi kurulu ilk mobil cihaz (LG G3 D855) Quad-core 2.5 GHz Krait 400 işlemci mimarisine ve 3 GB RAM'e, IOS 8.0 işletim sistemi kurulu ikinci mobil cihaz (iPad Mini 3) ise ARMv8 işlemci mimarisine ve 1 GB RAM'e sahiptir.

### Mobil cihaz kontrollü EKG holteri

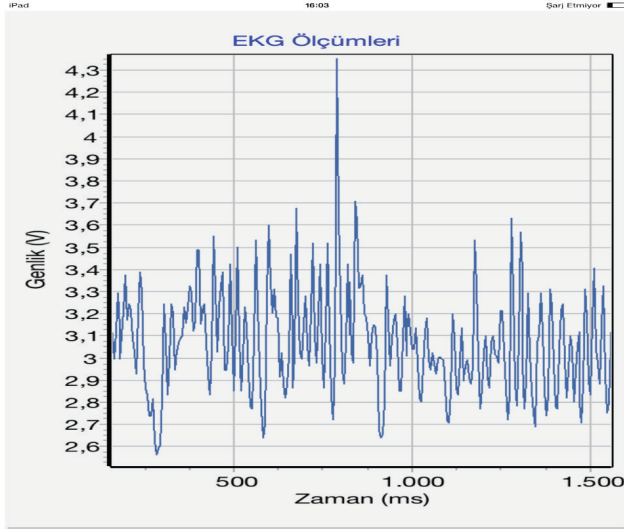
NO	Tarih	Saat	EKG Değeri	Sarı Etmiyor
1	7.09.2016	13:30:56	2,944	
2	7.09.2016	13:30:56	2,976	
3	7.09.2016	13:30:56	3,008	
4	7.09.2016	13:30:56	3,024	
5	7.09.2016	13:30:56	2,88	
6	7.09.2016	13:30:56	3,024	
7	7.09.2016	13:30:56	3,12	
8	7.09.2016	13:30:56	3,072	
9	7.09.2016	13:30:56	2,848	
10	7.09.2016	13:30:56	2,896	
11	7.09.2016	13:30:56	2,992	
12	7.09.2016	13:30:56	3,04	
13	7.09.2016	13:30:56	2,912	
14	7.09.2016	13:30:56	3,024	
15	7.09.2016	13:30:56	3,056	
16	7.09.2016	13:30:56	2,96	
17	7.09.2016	13:30:56	2,992	
18	7.09.2016	13:30:56	3,12	
19	7.09.2016	13:30:56	3,264	
20	7.09.2016	13:30:56	2,992	
21	7.09.2016	13:30:56	3,04	
22	7.09.2016	13:30:56	3,184	
23	7.09.2016	13:30:56	3,024	

Şekil 5. Liste şeklinde Kayıtlı Ölçümler penceresi

EKG elektrotlarından alınan analog sinyallerin seviyeleri mV seviyesindedir. Bu sinyaller e-Health Sensor Shield aracılığıyla alınmakta, yükseltme ve filtreleme işlemi uygulanmakta ve Arduino Uno kartına 0-5 V aralığında aktarılmaktadır. Bu nedenle okunan EKG sinyalleri üzerinde herhangi bir düzeltme veya yükseltme işlemine gerek duyulmamakta, sinyaller bluetooth iletişim aracılığıyla doğrudan mobil cihaza gönderilmektedir.

Geliştirilen sistem EKG cihazı, EKG holteri ve olay kaydedici modları için ayrı ayrı test edilmiştir. EKG cihazı modunda veri toplama biriminden gönderilen sinyaller anlık olarak takip edilebilmiştir. EKG holteri ve olay kaydedici modunda ise 12 saatlik ölçümler ile pil ömrü, bluetooth bağlantısının sürekliliği ve ölçüm sonuçlarının güvenliği açısından çeşitli testler yapılmıştır. Pil ömrü açısından alkaline özellikli pillerin 24 ya da 48 saatlik ölçümler için yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç üzerinde veri toplama cihazında kullanılan düşük enerji özellikli CC2541 Bluetooth 4.0 serisi bluetooth modülünün etkisi oldukça büyüktür. Bluetooth bağlantısının sürekliliği ise farklı

deneyler ile test edilmiştir. İlk deneyde, veri toplama cihazı ile mobil cihaz arasındaki bluetooth bağlantısı kopuncaya kadar mobil cihazdan uzaklaşmıştır. İkincisinde ise veri toplama cihazı üzerindeki bluetooth modülü kapatılıp açılarak bluetooth bağlantısı koparılmıştır. Son deneyde ise mobil cihazdaki bluetooth kapatılıp açılarak bağlantının kopması sağlanmıştır. Ancak her üç deneyde de mobil cihaz ile veri toplama cihazı arasındaki bluetooth bağlantısı, mobil cihaz için geliştirilen arayüzdeki özellikler yardımıyla otomatik olarak yeniden kurulmuştur. Böylece veri toplama cihazı tarafından elde edilen ölçüm sonuçlarının herhangi bir kayba uğramadan mobil cihaza aktarılması sağlanmıştır. Ayrıca geliştirilen arayüzde kullanılan Service ve Background Fetch uygulama komponentleri yardımıyla, arayüz kapalı olsa dahi, ölçüm sonuçlarının SQLite veritabanına kaydedilmesi temin edilmiştir. Böylece sadece geliştirilen arayüz aracılığıyla kullanılan veritabanı yapısı içerisinde ölçüm sonuçlarının güvenliği de sağlanmıştır.



Şekil 6. Grafik şeklinde Kayıtlı Ölçümler penceresi

## Sonuç

Bu çalışmada, mobil cihaz kontrollü bir EKG holteri geliştirilmiştir. Geliştirilen holter, veri toplama ve mobil cihaz olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Veri toplama cihazı, elektrotlardan gelen EKG sinyallerini almak ve bluetooth iletişim aracılığıyla mobil cihaza göndermek için tasarlanmıştır. Mobil cihaz ise geliştirilen arayüz aracılığıyla gösterge, kontrol ve kayıt cihazı olarak kullanılmıştır. Bu arayüz, hem Android hem de IOS işletim sistemli bütün telefon ve tabletlerle uyumlu olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Ayrıca, geliştirilen mobil cihaz kontrollü EKG holteri üç farklı modda çalışabilmektedir. Sinyallerin anlık olarak izlenilmesi gerektiği durumlarda EKG cihazı modu, 24-48 saat süreyle EKG sinyallerin kaydedilmesi gerektiği durumlarda ise EKG holteri modu, sadece hastanın şikâyeti olduğu durumlarda ilgili düğmeye basılarak kayıt yapılması istenildiğinde ise olay kaydedici (event recorder) modu seçilmelidir.

Geliştirilen sistem pil ömrü, bluetooth bağlantısının sürekliliği ve ölçüm sonuçlarının güvenliği açısından test edilmiştir. Test sonuçları, bu üç farklı açıdan bakıldığında önerilen cihazın, klasik bir EKG holterinde bulunması gereken özellikleri karşılayabildiğini göstermiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Atmel Corporation, (2016). <http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx>, (01.09.2016).
- Babu, M., Raju, R. R., Sylvester, S., Mathew, T. M., ve Abubeker, K. M., (2016). Real time patient monitoring system using LabVIEW parameters, 5, 3, 435-445.
- Cooking Hacks, (2016a). <https://www.cooking-hacks.com/ehealth-sensor-shield-biometric-medical-arduino-raspberry-pi>, (01.09.2016).
- Cooking Hacks, (2016b). <https://www.cooking-hacks.com/electrocardiogram-sensor-ecg-ehealth-medical>, (01.09.2016).
- De Lucena, S. E., Sampaio, D. J., Mall, B., Meyer, M., Burkart, M. A. ve Keller, F. V., (2015). ECG monitoring using Android mobile phone and bluetooth, *Proceedings*, 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1976-1980.
- eMarketer, (2014). <http://www.emarketer.com/Article/2-Billion-Consumers-Worldwide-Smartphones-by-2016/1011694>, (01.09.2016).
- İlhan, İ., Yıldız, İ. ve Kayrak, M., (2016a). Development of a wireless blood pressure measuring device with smart mobile device, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 125, 94-102.
- İlhan, İ., (2016b). Mobile device based test tool for optimization algorithms, *Computer Applications in Engineering Education*, DOI: 10.1002/cae.21747.
- Net Applications, (2015). Desktop operating system market share, *Teknik Rapor*.
- Strategy Analytics, (2015). Global smartphone shipments growth slows to 15 percent in Q2 2015, *Teknik Rapor*.
- Texas Instruments, (2016). <http://www.ti.com/product/CC2541/description>, (01.09.2016).
- TUİK, (2015). Ölüm nedeni istatistikleri, *Teknik Rapor*.
- Yakut, O., Solak, S. ve Bolat, E. D., (2014). Measuring ECG signal using e-Health Sensor Platform, *Proceedings*, International Conference on Chemistry, Biomedical and Environment Engineering, 71-75.
- Wu, M. J., Shieh, S. F., Liao, Y. L. ve Chen, Y. C., (2016). ECG measurement system based on Arduino and Android devices, *Proceedings*, 2016 International Symposium on Computer, Consumer and Control, 690-693.

## Mobile device controlled EKG holter

### Extended abstract

*The signals which result in electrical activity when the heart is active and are perceived through electrode from some specific points of body are called Electrocardiogram (EKG). EKG signals have very valuable information for diagnosis of many heart diseases and are recorded through devices called electrocardiographer. EKG devices cannot be used for the rhythm disorders which are not seen in physical examination but manifest itself during the day. In such cases, the devices called rhythm holter are used. These devices make EKG records for 24-48 hours and are carried on patients' body.*

*In this study, an EKG holter controlled by a mobile device was developed by taking the popularity of mobile devices today into consideration. The developed holter had two parts which were data collection and mobile device. The data collection tool was developed in order to take the EKG signals from electrodes and to send them to the mobile device through bluetooth communication. Mobile device was used as an indicator, control and record device via developed interface. This interface was developed as compatible with all smartphones and tablets with Android and IOS operating system.*

*The mobile device controlled EKG holter can work in three different modes. EKG device mode should be selected when the signals need to be followed instant while EKG holter mode should be on when EKG signals need to be recorded for 24-48 hours. The mode of event recorder should be used when it is desired to make record by pushing related button in the case of the patient has a complaint.*

*The developed system has been tested separately for EKG device, EKG holter and event recorder modes. The signals sent from data collection unit could be followed instant in the mode of EKG device. In the mode of EKG holter and event recorder, various tests were carried out in terms of battery life, continuity of bluetooth connection, and reliability of measurement results. It was observed that the alkaline featured batteries were sufficient for 24 hours measurements. The continuity of bluetooth connection was tested in different scenarios. For each scenario, the bluetooth connection between mobile device and data collection tool were re-installed automatically through the features in interface developed for mobile*

*device. Thus, it was provided that the results of measurements obtained through data collection tool were transferred to mobile device without any loss. Besides, via Service and Background Fetch application components used in interface, the results of measurements were provided to be recorded to the SQLite database even if the interface was off. Hence, the reliability of measurement results were provided in database used through only developed interface.*

*The test results obtained for developed system showed that the proposed device can meet some features that should be included in a classic EKG holter such as battery life, the continuity of bluetooth connection and reliability of measurement results.*

**Keywords:** EKG, EKG Holter, Mobile Device, Bluetooth, Mobile Programming.