

## **ELEKTROKARDİYOGRAM (EKG) İŞARETLERİNİN OPTİK BİYOTELEMETRİ KULLANARAK İLETİMİ**

Leyla ÇAKIR<sup>1</sup>, Nihal Fatma GÜLER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Bölümü, Ankara

leylackr@mynet.com

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik-Bilgisayar Bölümü, Ankara

fnguler@gazi.edu.tr

### **Özet**

Günümüzde ani ölümlerin büyük çoğunluğunun sebebi kalp rahatsızlıklarıdır. Gelişen tıp alanında ve hastanelerde teşhis ve tedavi için birçok alet ve cihaz kullanılır. Elektronik cihazlar ile kardioloji alanında kalbin elektriksel faaliyeti ve kalp sesleri ölçülebilir. Bu çalışmada, kalbin elektriksel aktivitesi sonucu ortaya çıkan EKG işaretleri vücut yüzeyinden elektrotlar kullanılarak algılanarak, iletişime uygun genlik ve frekans değerine getirilmiştir. İletişim ortamı olarak kablosuz optik kullanılmıştır. İletim sonrası EKG sinyalleri USB girişinden arayüz programına alınarak grafiğe dönüştürülmüş, görüntülenmesi ve kaydedilmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Optik, Biyotelemetri, EKG

## **ELECTROCARDIOGRAM (ECG) TRANSMISSION USING OPTICAL BIOTELEMETRY**

### **Abstract**

Nowadays, heart diseases are accounted for most of sudden deaths. Various tools and equipments are used for diagnosis and treatment in developing medicine field and hospitals. Electrical activity and noise of the heart can be measured by electrical devices in cardiology field. In this study, ECG signals generated as a result of electrical activity of the heart were detected by using electrodes on the body surface and converted to amplitude and frequency that is suitable for transmission. Optical wireless

communication system was used. ECG signals were transferred to interface program from USB input port following transmission and converted to graphics, viewed and recorded.

**Keywords:** Optical, Biotelemetry, ECG

## 1. Giriş

Canlılar yaşam fonksiyonlarını gerçekleştirirken bazı elektriksel işaretler üretir. Bu işaretler hücrelerin elektrokimyasal olaylarının sonucunda üretilir. Hücrelerin elektrokimyasal aktivitesi sonucunda oluşan bu işaretlere biyoelektrik potansiyeller denir. Doku ve organların çalışmalarının anlaşılabilmesi için biyoelektrik işaretlerin önemi büyüktür. Genellikle vücut yüzeyi üzerinden ölçülen bu işaretler kaynaklarına göre isimler alır [1]. İnsan vücudu üzerinde algılanabilen ve kalbin elektriksel aktivitesi sonucu olarak ortaya çıkan belli tipteki biyolojik işaretlere elektrokardiyogram EKG işaretleri denir [2]. EKG sinyallerinin incelenmesi ve takibi dolaşım sisteminde meydana gelebilecek herhangi bir düzensizliğin teşhis edilmesini kolaylaştıracaktır. Bu nedenle EKG sinyallerini izleme amacıyla elektrokardiyograf cihazları geliştirilmiştir [3].

Biyoelektrik sinyalleri bilgi işleme için erişilmesi ya da bulunulması güç olan ortamdan, işleme veya inceleme ortamına gürültüsüz olarak taşınması veya aktarılması biyoteleometri olarak adlandırılır. Biyotelemetrinin amacı, insan ve hayvanlardan hareketlerini kısıtlamadan ve normal yaşamlarını sürdürürken verimli biyolojik ve fizyolojik işaret verileri alıp verilerin işleneceği ve gözlemleneceği ortama gürültüsüz olarak aktarmaktır [4, 5]. Biyotelemetride, radyo dalgası (RF) iletim ortamı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Biyoteleometri alanındaki birçok yeni isteğe cevap verebilmek ve radyo telemetride karşılaşılan problemleri ortadan kaldırabilmek için optik biyoteleometri olarak adlandırılan teknolojik yöntem ilgi odağı olmuştur. 1960' lı yıllarda lazer ışımalarının bulunması, yeni yarıiletken bileşenlerinin üretilmesi ve optoelektronik alanında sağlanan teknolojik gelişmeler de optik iletişime ilgiyi arttırmıştır. Işığın iletim ortamı olarak kullanılmasıyla, biyoelektrik sinyallerin iletiminin daha hızlı olması ve elektromanyetik girişim problemlerinin çözülmesi optik

biyotelemetrinin uygulanabilirliğini ve yararlılığını kısa zamanda ortaya koymuştur [6].

Optik iletimin uygulamada tercih edilmesini sağlayan önemli avantajlar şunlardır [6];

- Kullanılan optik ışın dalgasının kısa, frekansının yüksek olması nedeni ile bant genişliği, RF sistemlere göre daha geniştir. Bant genişliği, optik algılayıcı olarak kullanılan elemanın elektriksel özellikleri ile sınırlıdır. Sonuç olarak çok daha yüksek veri iletim hızlarına ulaşılabilir.
- RF tabanlı sistemler, radyo dalgalarının temel özellikleri nedeni ile uygulamanın gerçekleştirildiği ortam içinde elektromanyetik spektrumun kullanılan bant genişliği kadar bölümünü doldururlar. Dolayısı ile sistem kullanımı için resmi izin gereklidir. Buna karşılık optik iletim için iletişim ortamı aynı frekans bandında birden fazla kişi tarafından kullanılabilir ve resmi izin gerekmez.
- Optik spektrumda yer alan dalgalar, RF sinyaller gibi saydam olmayan yüzeyleri geçemez ve kapalı alan dışına çıkamazlar. Bu özellik gizlilik isteyen bazı uygulamalarda güvenli veri aktarımı için oldukça faydalı olabilir.
- Optiksel iletişim sistemlerinin elektromanyetik spektrumda kapladığı bölge sadece optik ışın yayıcı olarak kullanılan malzemenin (LED, lazer diyot, vb.) çıkış frekans cevabı ile sınırlıdır.
- Noktadan - noktaya optiksel bağlantıda terminaller, birbiri ile aynı görüş ekseninde olmalıdır. Bu şart aynı zamanda sistemin veri güvenliği açısından önemli bir avantajdır.
- Noktadan – noktaya yapılan optiksel iletişimde çoklu yol bozulması olarak karşılaşılan bozucu etken gözlenmez.
- RF tabanlı sistemler ile girişim oluşmaz.

Belirtilen olumlu özellikler yanında optiksel iletişimin RF tabanlı sistemlere göre sergilediği dezavantajlar ise [6];

- Kullanılan optik dalga boyu ve uygulamanın durumuna bağlı olarak çevreden kaynaklanan ve özellikle alıcı sistemin optik bileşenlerinin etkilenebileceği güneş etkisi gibi çevre ışınmaları sistemin performansını olumsuz yönde etkileyebilir.
- RF tabanlı sistemlere göre iletişim uzaklığı daha kısadır.

Optik biyotelemetri konusunda hem teoride hemde uygulamada birçok çalışma mevcuttur. 1992 yılında yayınlanan Çok kanallı fizyolojik sistemlerin kızılötesi telemetri ile aktarılması çalışmasında, darbe konum modülasyonu (PPM) kullanılarak

EKG, sıcaklık ve solunum sinyallerini ileten üç kanallı optik telemetri sistemi geliştirilmiştir [7]. 1994 yılında yayınlanan Hareket halindeki taşıtlarda optik biyotelemetri çalışmasında, ambulanstaki bir hastanın, kablolarla bağlanmaksızın, çeşitli fizyolojik verilerini ölçmeyi sağlayan optik biyotelemetri geliştirilmesi fikri ortaya konulmuştur. Bu çalışmada uygulamada kullanılan sensör biriminin büyüklüğü günlük uygulamalar için problem oluşturmuş ve gelecek çalışmalarda sensör biriminin küçültülmesi gerekliliği vurgulanmıştır [8].

1998 yılında yayınlanan Elektrokardiyogramların (EKG) ölçümü için 4-denek 4-kanal optik telemetri çalışmasında, CMOS IC kullanılarak gürültü ve güç tüketiminin azaltılması, aynı zamanda kısa mesafede çift yönlü kızılötesi iletişimin kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır [9].

Bu çalışmada vücut yüzeyinden tek kullanımlık elektrotlarla alınan EKG sinyallerini yükseltme ve filtreleme işlemleri sonrası verici ortamdan alıcı ortama optik veri yolu kullanarak aktaran optik biyotelemetri sistemi tasarım ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada RF tabanlı biyotelemetrilerin dezavantajlarını ortadan kaldıracak, düşük maliyetli, kolay taşınabilir ve USB aracılığıyla hızlı ve güvenilir veri transferi sağlayacak bir sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan veriler istenildiğinde saklanabilecek, çıktı alınabilecek ve internet aracılığı ile uzak noktalara gönderilebilecektir. Çalışmanın ikinci bölümünde, geliştirilen sistemin yapısı, üçüncü bölümünde ise yapılan çalışmadan çıkarılan sonuç ve öneriler hakkında bilgi verilmektedir.

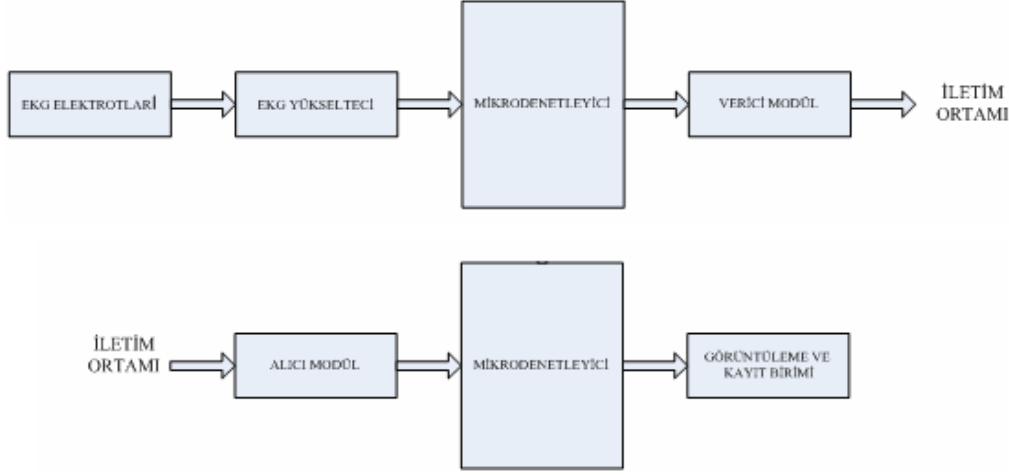
## **2. Materyal ve Metot**

Tasarlanan sisteme ait donanım: Elektrot, EKG Yükselteç ve Filtre Katları, Optik Verici Kısım, Optik Alıcı Kısım ve Monitörden oluşmaktadır. Şekil 1' de sisteme ait blok diyagram görülmektedir.

### *2.1. EKG kısmı*

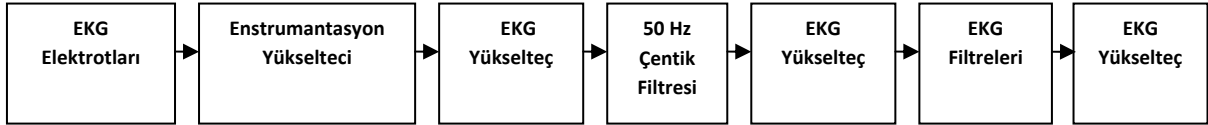
Bu devre temelde iki bölümden oluşmaktadır (Şekil 2). Birinci bölüm hastanın vücut yüzeyinden alınan 2–3 mV genliğe sahip EKG işaretlerini yükseltmek için kullanılan EKG yükselteç devresi, ikinci bölüm hasta vücudundan alındığında çok yüksek gürültü bileşenlerine sahip olan EKG işaretlerini gürültüden arındırmak için

kullanılan filtre devreleridir. Filtre devreleri kullanarak tasarlanan sistem için 0.05 – 150 Hz arasında bir bant genişliği önerilmiştir [3, 4, 10].



Şekil 1. Tasarlanan EKG işaretinin optik biyotelemetri kullanarak iletimi devresi blok diyagramı

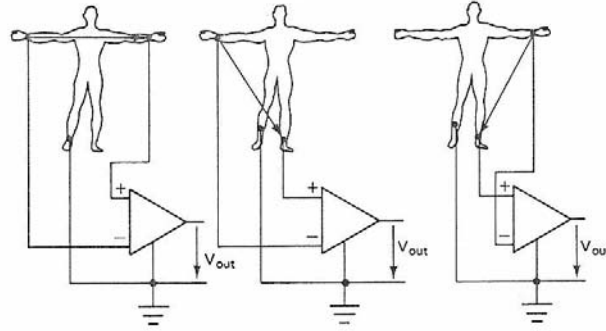
Şekil 2’ de gerçekleştirilen EKG kısmı blok şeması verilmiştir.



Şekil 2. EKG kısmı blok şeması [10]

EKG sinyalinin görüntülenebilmesi için, beden yüzeyinin değişik bölgelerine elektrotlar yerleştirilir ve bu elektrotlar kablolar aracılığı ile elektrokardiyografa bağlanır. Bu şekilde oluşturulan elektriksel devrelere derivasyon denir [11]. Standart derivasyonlar Bipolar ya da Unipolar olarak düzenlenirler. Tasarlanan sistemde Bipolar sağ bacak sürücülü bağlantı tercih edilmiştir [10]. Tasarlanan sistemde tek kullanımlık elektrotlar kullanılmıştır. Şekil 3’ de Bipolar derivasyonların vücuda uygulama şekilleri gösterilmektedir.

Vücuttan alınan EKG işaretlerinin görüntülenmesi, yorumlanması ve işlenebilmesi için genliklerinin yeterli seviyede tutulması gerekmektedir. Vücuttaki işaretler fark sinyalleri şeklindedir ve bu işaretlerin kuvvetlendirilmesi için özellikle CMRR (Ortak Mod İşaret Bastırma Oranı) yüksek enstrumantasyon yükselteç kullanılmıştır [12].



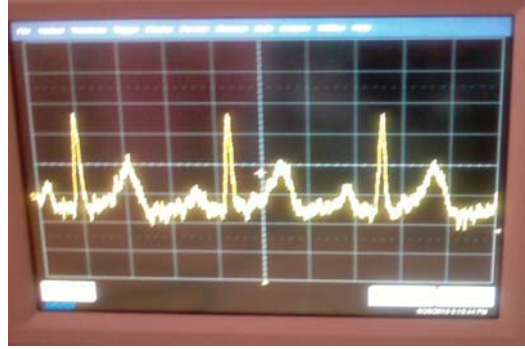
Şekil 3. Bipolar bağlantılar [10]

Bu çalışmada ana yükseltme Burr Brown firması tarafından üretilen bir enstrumantasyon yükselteç olan ve kazanç ayarı yapılmasını sağlayan INA128 ile gerçekleştirilmiştir.

EKG işaretinin vücuttan elektrotlar yardımıyla alınıp yükselteç devresi ile yükseltilmesinden sonra net bir EKG sinyali elde etmek ve bu sinyali bir sonraki ünite olan amaca yönelik işaret işleme devresinde kullanabilmek için, EKG işaretinin oluşabilecek gürültülerden (çevrede çalışan diğer elektriksel düzenler, elektriksel alanlar, uygun olmayan toprak bağlantıları, manyetik alan, hastanın o anki psikolojik ve fizyolojik durumu ve vücuttaki diğer elektriksel işaretler,..) arındırılması gerekmektedir [12]. EKG sinyalinden istenmeyen sinyalleri arındırmak için filtre düzenleri kullanılmıştır. Filtre devreleri sağ bacak sürücüsünden sonra eklenmiştir. Bu devreler sırasıyla: yüksek geçiren ve alçak geçiren filtrelerden oluşan bant geçiren filtre devresi ve bant durduran filtre devresidir.

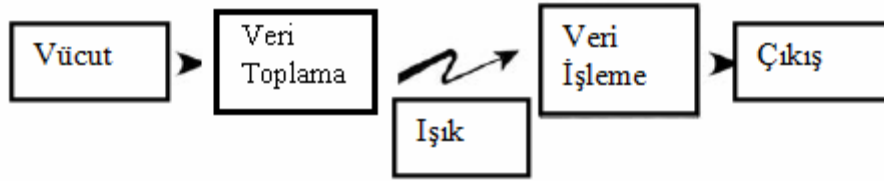
Şebeke kaynaklı işaretlerin insan vücudu aracılığı ile toprağa akması sonucu meydana gelen şebeke gürültülerini engellemek amacı ile kullanılan devrenin adına “sağ bacak sürücüsü” denilmektedir. Sağ bacak elektrodu tüm ölçümler için referans elektrodu olarak kullanılmaktadır. Sağ bacak sürücü devresinde vücut üzerindeki ortak mod gerilimi kuvvetlendirildikten sonra hastanın sağ bacağına geri beslenir [10]. Sağ bacak sürücü çıkışından elde edilen sinyal 3. dereceden alt kesim frekansı 0.05 Hz olarak belirlenmiş yüksek geçiren filtre devresinden geçirilerek alt kesim frekansı belirlenir. Bant geçiren filtrenin ikinci bölümü olan 3. dereceden alçak geçiren filtreden geçirilerek sistemin üst kesim frekansı 150 Hz olarak belirlenir. 50 Hz’ lik şebeke gürültüsü EKG işareti üzerinde gürültü oluşmasına ve EKG sinyalinin bozulmasına neden olur. EKG sinyalinin şebeke gürültüsünden arındırılması için bant durduran filtre

devresi kullanılmıştır. Tasarlanan devrede gürültü oluşumunu azaltmak ve frekans kararlılığı sağlamak amacıyla toleransı düşük Yüzey Montaj Teknoloji (Surface Mount Technology - SMT) devre elemanları kullanılmıştır [4, 10, 12]. İletim öncesi vücuttan alınan yükseltme ve filtre katlarından geçirilen EKG sinyali osilaskop ile görüntülenerek Şekil 4' te gösterilmiştir.



Şekil 4. İletim öncesi EKG sinyali

## 2.2. Optik kısmı

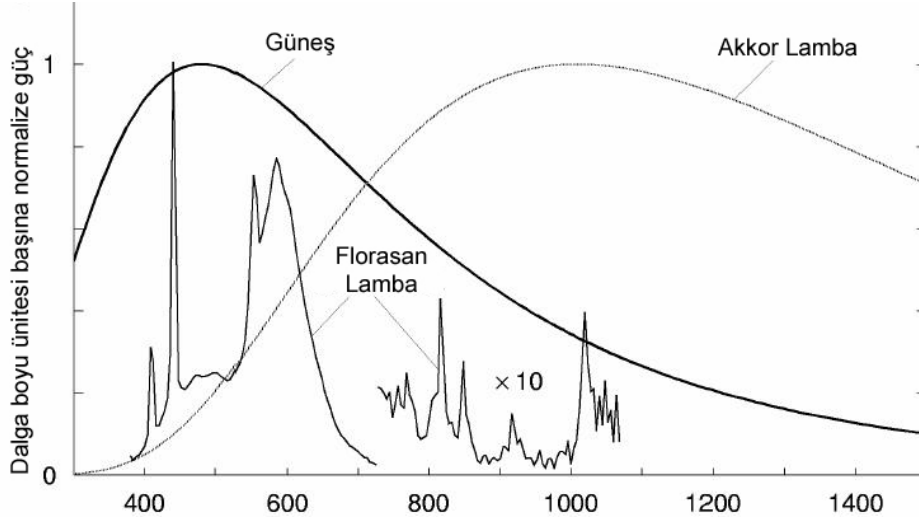


Şekil 5. Optik biyoteleminin blok diyagramları [13]

Şekil 5' te optik biyoteleminin blok diyagramı verilmiştir. Optik kısım alıcı, iletişim ortamı ve verici ünitelerden oluşmaktadır. Optik kısım modülasyon ve demodülasyonun yapıldığı kısımdır.

Verici kısımda EKG kısmından elde edilen EKG sinyalinden 2 milisaniye aralıklarla 1200 örnek alınmaktadır. Mikrodenetleyici alınan örnekleri analog dijital çevirici (ADC) katında dijital sinyale çevirmekte ve hardware uartdan seri olarak göndermektedir. CD4069 entegresi ile tasarlanan 38Khz' lik sinyal ile mikrodenetleyicinin seri olarak göndermiş olduğu veriler modüle edilerek kızılötesi LED (IR LED) 'e uygulanır. Modülasyon sonrası EKG sinyali daha uzağa gönderilebilir ve alıcı olarak kullanılan fotodiyot sadece modüleli sinyal frekansına duyarlı olur [14]. Mat ve siyah yüzeyler, normal ışığı emip yansıtmadığı halde, dalgaboyu 900 nm' nin üzerinde olan kızılötesi ışınları yansıtır bu durum oda içinde verici ve alıcı elemanların doğrudan birbirini görmediği durumlarda bile haberleşmenin mümkün olmasını

sağlamıştır. Güneşten ve diğer ışık kaynaklarından gelen kızılötesi radyasyon seviyesinin düşük ve değişim hızının yavaş oluşu, oda içinde, güvenli olarak telemetri çalışmalarının yapılmasına olanak sağlamıştır [15]. Güneş ve diğer ışık kaynaklarının optik güç spektrumları Şekil 6' de gösterilmiştir.



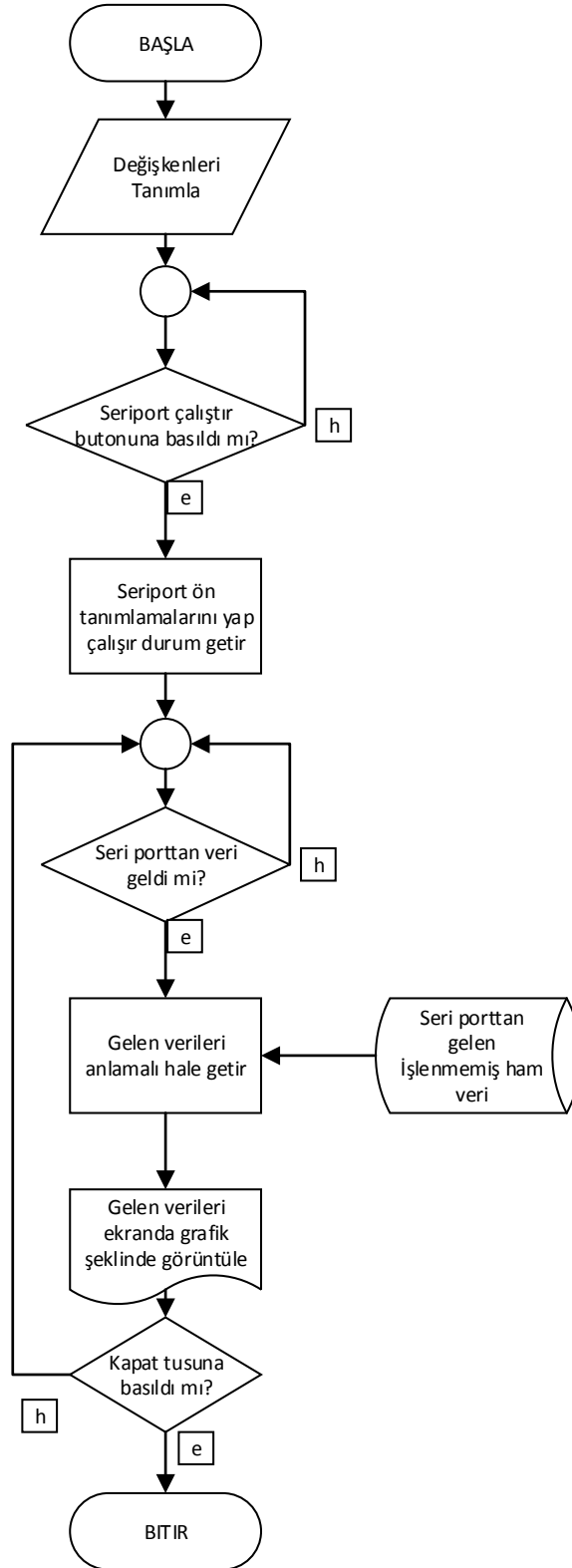
Şekil 6. Yapay ışık kaynaklarının optik güç spektrumları [16]

Güneş ışığının en önemli ani gürültü kaynağı olduğu ve diğer ışık kaynaklarının ürettiği parazit in ışık kaynaklarının tipine bağlı olarak farklı karakteristiklere, yoğunluğa ve bant aralığına sahip olduğu anlaşılmıştır [16].

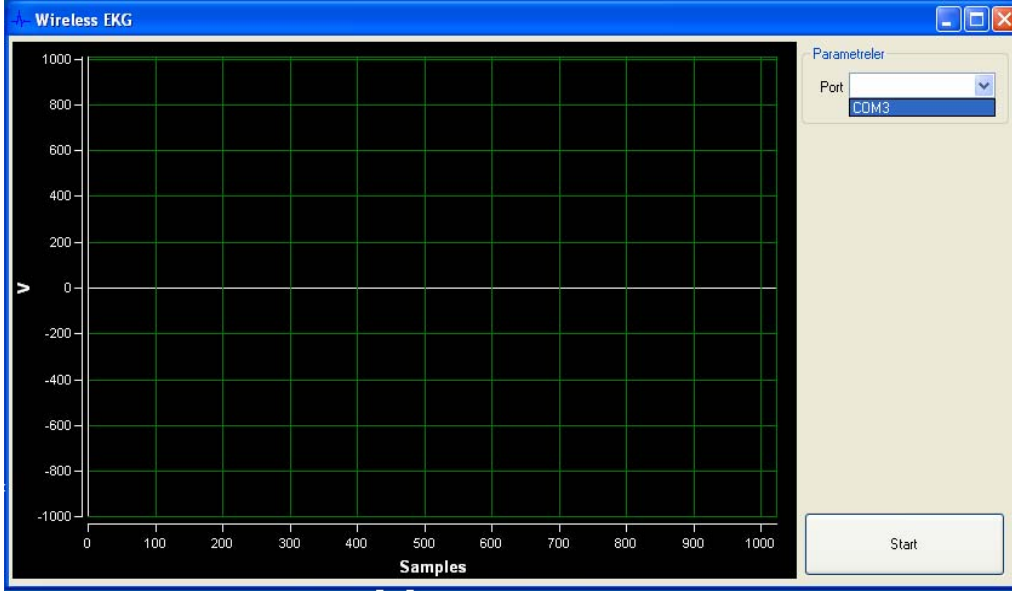
IR LED' in gönderdiği modüleli sinyal TSOP34138 IR alıcı ile alınmakta ve demodüle edilmektedir. Demodüle edilen sinyal içerisinde EKG sinyalinin dijital hali FDTI USB sürücüsünün receiver girişine uygulanır. Verimli veri aktarımı için, alıcı ve verici devrelerin aynı frekansta ve özellikle alıcı ve verici elemanın spektral duyarlılıklarının en yüksek olduğu frekansta çalıştırılması sağlanmıştır [15]. Optik alıcı kısım temel olarak iletişim kanalından alınan optik sinyalin elektriks el sinyale dönüştürülmesi, süzgeçlenmesi, güçlendirilmesi ve demodüle edilmesi işlemlerini gerçekleştirmektedir [6]. Demodüle işlemi sonrası EKG sinyali günümüzde birçok elektronik cihaz tarafından kullanılan USB arabirim tarafından bilgisayar ortamına aktarılmıştır.

USB girişine aktarılan EKG sinyallerini grafik olarak izlemek için Microsoft Visual Studio derleyicisi kullanılmıştır. Arayüz programında 1200 dijital verinin grafikte gösterilmek için analog karşılığı hesaplanır ve ekranda gösterilir. Şekil 7' de arayüz programına ait akış diyagramı verilmiştir. Şekil 8' de ekranda görülen EKG grafik arayüzü verilmiştir.



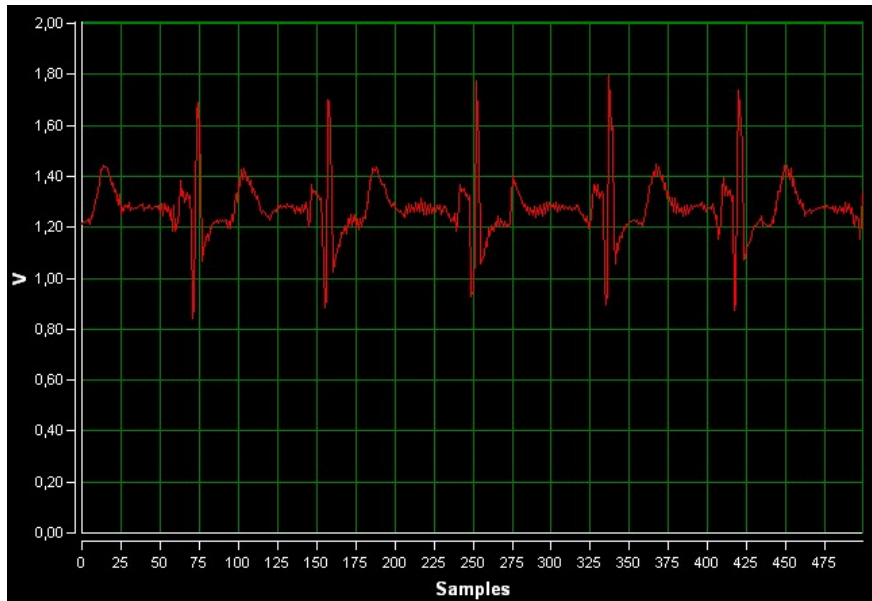


Şekil 7. EKG sinyalinin bilgisayar ortamında görüntülenmesi için geliştirilen arayüz programı akış diyagramı



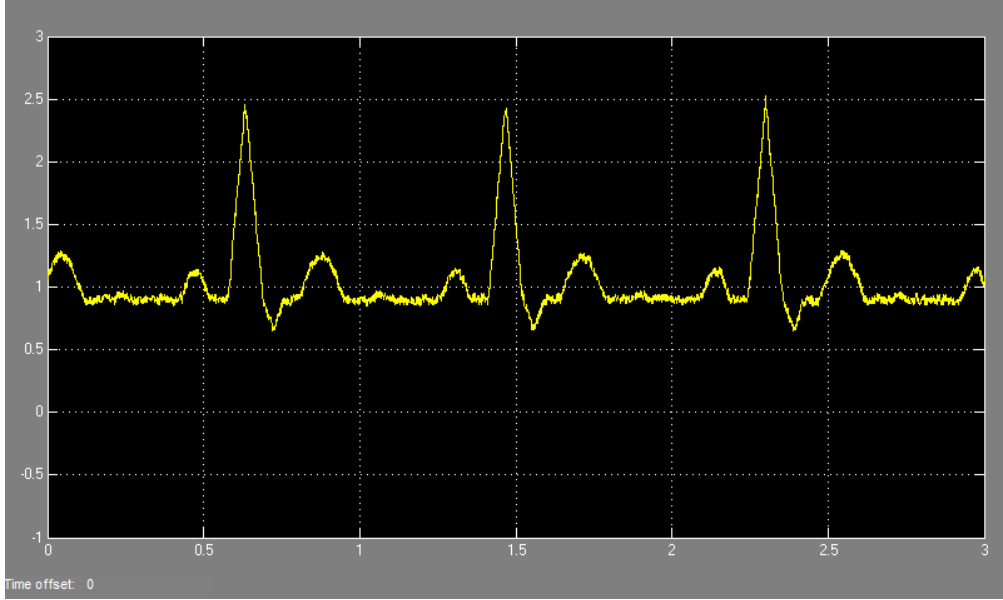
Şekil 8. Arayüz programı

Uygun port seçildikten sonra Start butonuna basılarak EKG sinyallerinin bilgisayar ortamında görüntülenmesi Şekil 9’ da gösterilmiştir. Görüntülenen EKG sinyalleri vücuttan alınan ve iletim ortamına aktarmadan önce osilaskop ekranında görüntülen EKG sinyalleri ile aynı özellik göstermiştir. İstenildiğinde stop butonuna basılarak veri görüntülenmesi durdurulabilmektedir. İletim öncesi ve optik iletim sonrası görüntülenen EKG sinyali Matlab programına aktarılarak karşılaştırma imkanı sunulmuştur.



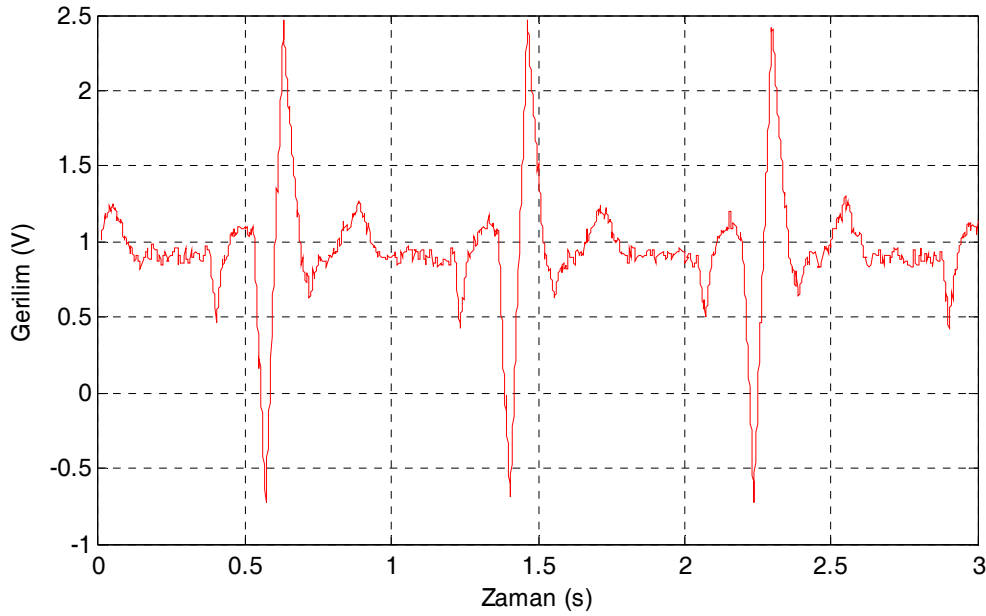
Şekil 9. Bilgisayarda görüntülenen EKG sinyalleri

Şekil 10' da iletim öncesi osilaskop ekranında görüntülenen EKG sinyalinin Matlab programına aktarılmış hali gösterilmiştir.



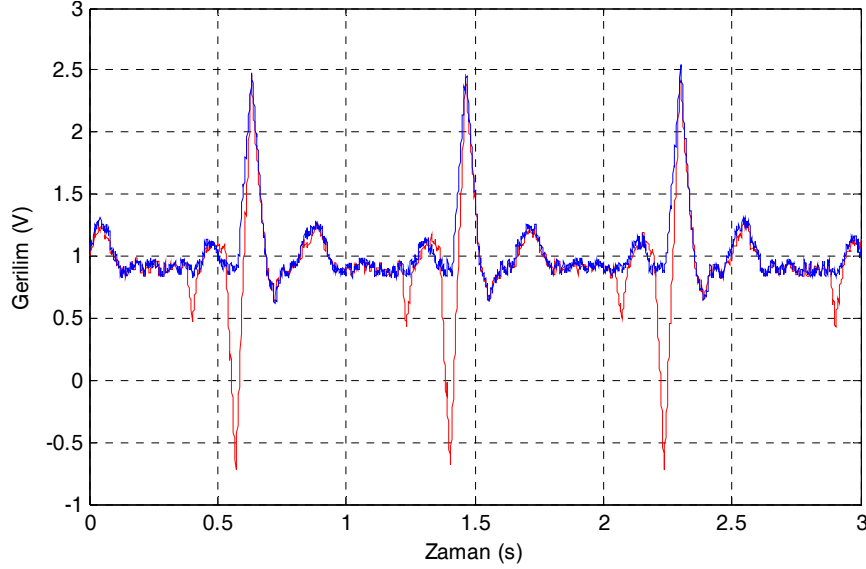
Şekil 10. İletim öncesi EKG sinyalinin Matlab programına aktarılmış hali

Şekil 11' de optik iletim sonrası bilgisayarda görüntülenen EKG sinyalinin Matlab programına aktarılmış hali gösterilmiştir.



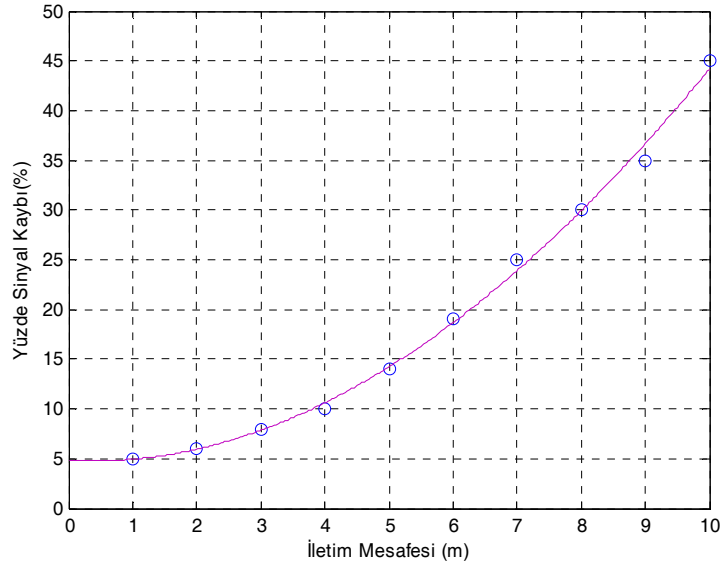
Şekil 11. Bilgisayarda görüntülenen EKG sinyalinin matlab programına aktarılmış hali

Şekil 12’ de İletim öncesi ve optik iletim sonrası görüntülenen EKG sinyalinin Matlab programında karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 12. İletim öncesi ve optik iletim sonrası görüntülenen EKG sinyallerinin birlikte görüntülenmesi

Bu çalışmada EKG işaretinin optik biyotelemetri kullanarak 10 metre mesafeye kadar iletilmesini sağlayan bir sistem tasarlanmıştır. Şekil 13’ te optik iletim sinyal kaybı eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 13. Optik iletim sinyal kaybı eğrisi

### **3. Sonuç ve Öneriler**

Bu çalışmada EKG işaretinin optik biyoteleometri kullanarak 10 metre mesafeye kadar iletilmesini sağlayan kolay taşınabilir, ucuz bir sistem tasarlanmıştır. Optik biyoteleometri kullanarak elektromanyetik girişimlerin etkisinin azaltılması, lisans alma zorunluluğunun ortadan kalkması, maliyette düşme ve güvenilirlik sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan uygulamalarda vücut yüzeyinden alınan EKG sinyalleri öncelikle osiloskop ekranında görüntülenmiştir. Optik iletim sonrası EKG sinyalleri USB girişinden bilgisayar ortamında arayüz programı ile görüntülenmiştir. Alınan EKG sinyallerinin optik iletişim sırasında herhangi bir bozulmaya uğramadığı görülmüştür. Optik biyoteleometri uygulamasında alıcı ünite pozisyonu ve verici ünite pozisyonlarının yerleşimine dikkat edilmelidir. Kullanılan ortamda alıcı üniteye paralel bağlanacak, ayrı konumlandırılmış, alıcı ünitelerin kullanılması sistem mesafesini arttırabilir. Yapay ışıklar ve direkt olmayan güneş ışığı iletişimi olumsuz etkilememiştir. Ancak direkt gelecek güneş ve yapay ışıklar sistem için gürültü kaynağı olacağı için engellenmelidir.

### **Kaynaklar**

- [1] Eşme E. Uzaktan kontrol edilebilen bir kalp cihazı tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [2] Turan MD. Cep telefonunun EKG sinyali kaydederken oluşturduğu gürültünün dalgacık dönüşümü analizi yöntemi ile süzülmesi, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi 2007; 11
- [3] KABALCI E. PC tabanlı kablosuz EKG biyoteleometri sistemi tasarımı ve yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [4] YAZGAN E, KORÜREK M. Elektrokardiyogram İşaretlerinin Ölçülmesi Tıp Elektronikleri. İstanbul: İ.T.Ü. Yayınları; 1994.
- [5] HOLZER W, H. Telemedicine: New Application of Communications Technology, IEEE Transactions On Communications 1974; 22(5): 685-688.
- [6] ARI F. Ses kodlama tekniklerinin serbest ortam optiksel iletişime uygulanması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.

- [7] Baohua W, Chenghua W, Guoxing Y. The infrared telemetry of multichannel physiological signals, Institute of Electrical and Electronical Engineers (IEEE) 1992; 2444-2445.
- [8] Shimzu K, Matsuda S, Miyanaga T, Yamamoto K. Optical biotelemetry in moving vehicles, Institute of Electrical and Electronical Engineers (IEEE) 1994; 579-582.
- [9] Park J, Son J, Seo H, Ishida. 4 subject 4 channel optical telemetry system for use in Electrocardiograms, Institute of Electrical and Electronical Engineers (IEEE) 1998; 251-254.
- [10] Türker GF. Kalp atışının sezilmesi ve alınan sinyalin kablosuz algılayıcı ağlar ile iletimi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [11] Bronzino J D. The Biomedical Engineering Handbook. Principles of Electrocardiography. Canada: Crc Press; 2005.
- [12] AKMAN E. Pic kontrollü kardiyoverter tasarımı, Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, 2007.
- [13] Shimizu K. Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems. USA: Spring US; 2005.
- [14] ÇİÇEK S. CCS ile PIC Programlama. İstanbul: Altaş Yayıncılık; 2009.
- [15] GÜLER İ. Biyomedikal Enstrumantasyon Ders Notları. Ankara: Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi; 2008.
- [16] Atpadkar R , Gholve T, Gajare S. Performance analysis of ambient noise on diffused optical wireless communication systems, In Indoor Environments International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) 2013; 2: 496-500.