



Yeni bir Sinyal İşleme Aracı ve Gerçek Zamanlı EMG ve EKG analizi

A New Signal Processing Toolbox and Real-Time EMG and ECG Analysis

Haydar OZKAN, Ebrar Selva URAL, Aleyna KALENDER, Fatma Elif TUNCER

Biyomedikal Mühendisliği
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi
İstanbul, Turkey

haydarozkan79@gmail.com, ebrar.selva@gmail.com, aleynakalender1@gmail.com, tuncerfatmaelif@gmail.com

Özetçe—Biyomedikal sinyallerin doğru ve yüksek kalite ile elde edilmesi, işlenmesi ve görselleştirilmesi birçok hastalığın teşhisinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Söz konusu amaca yönelik olarak bu çalışmada, MATLAB Graphical User Interface (GUI) kullanılarak bir sinyal işleme aracı dizayn edilmiştir. Gerçek zamanlı medikal sinyallerin elde edilerek zaman ve frekans domenlerinde analizlerinin gerçekleştirilebildiği bu araç ile önceden kaydedilmiş veya kullanıcının kendi oluşturacağı bir boyutlu herhangi bir sinyalin de analizleri yapılabilmektedir. Geliştirilen araç sayesinde EMG ve EKG kartlarından alınan ve Arduino mikroişlemcisinde sayısallaştırılan veriler, gerçek zamanlı olarak bilgisayar ekranında gösterilmiştir. Ayrıca EKG sinyalindeki yüksek frekanslı gürültüler, alçak geçiren Parks-McClellan FIR filtre tasarlanarak yok edilmiştir. Gürültüsü azaltılmış EKG sinyalinden R pik noktalarının otomatik tespiti ve dakikadaki sayısı belirlenerek yüksek doğrulukta nabız hesaplanmıştır. Geliştirilen sinyal işleme aracının kullanılmasıyla her türlü genel veya medikal sinyaller daha ayrıntılı ve hızlı analiz edilebilecektir.

Anahtar Kelimeler — biyomedikal sinyal işleme; EMG görüntüleme; EKG görüntüleme, nabız hesabi

Abstract— Biomedical signals acquisition, processing and visualizing with accurate and high quality play a very important role in the diagnosis of many diseases. For this purpose, in this study, a one-dimensional signal processing toolbox has been designed using the MATLAB Graphical User Interface (GUI). Real-time medical signals can be obtained and analyzed in time and frequency domains. This toolbox can be used to analyze a signal that is pre-recorded or one dimensional that is created by a user. Due to the toolbox developed, the data which are acquired from EMG and ECG cards and digitized in the Arduino microprocessor are displayed in real time on the computer screen. Also, the high-frequency noises in the ECG signal have been eliminated by designing a Parks-McClellan low pass FIR filter. Heart rate has been calculated with high accuracy by counting R peak points per minute from the noise reduced ECG signal automatically. By using the developed signal processing toolbox, any kind of general or medical signals can be analyzed in more detail and fast.

Keywords — biomedical signal processing; EMG monitoring; ECG monitoring, heart rate.

I. GİRİŞ

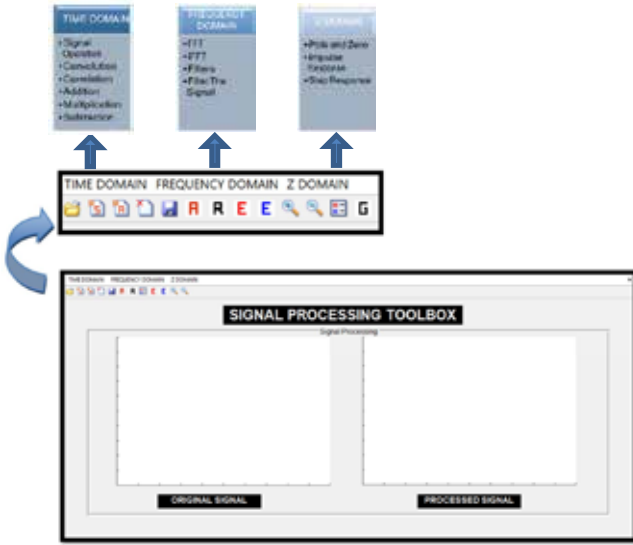
Biyomedikal sinyal işleme alanında; farklı formatlardaki sinyallerin doğru bir şekilde elde edilmesi, çeşitli nedenlerle oluşan gürültülerin yok edilmesi ve görüntülenmesi, üstesinden gelinmesi gereken en önemli zorlukların başında gelmektedir. Son yıllarda bu işlem basamaklarını kolayca yapabilecek kullanımı kolay ara yüze sahip araçların geliştirilmesi çalışmaları ön plana çıkmaktadır. Vidaurre ve arkadaşları BioSig ismini verdikleri MATLAB ve Octav tabanlı bir arayüz geliştirmişler ve EKG, EMG, electrocorticogram (ECoG), electrooculogram (EOG) sinyallerinin analizlerini gerçekleştirmişlerdir [1]. Munoz ve arkadaşları, MATLAB GUI ile PhysioLab ismini verdikleri bir araç geliştirmişler ve EKG, EMG ve electrodermal activity (EDA) sinyallerini görselleştirmişlerdir [2]. Ramapure ve arkadaşları MATLAB GUI ile bir ara yüz geliştirmiş ve EKG, EMG ve electroencephalogram (EEG) sinyallerinin görselleştirilmesini ve analizini gerçekleştirmişlerdir [3]. Bu üç çalışmada da geliştirilen ara yüzde söz konusu biyo-sinyaller için ayarlama butonları ve ekranları yer almıştır. Önerilen bu çalışmada ise medikal sinyal işlemenin yanı sıra her türlü bir boyutlu sinyaller için genel amaçlı bir sinyal işleme aracı geliştirilmiştir. Bazı çalışmalarda MATLAB GUI kullanılarak sadece EKG sinyaline özel bir ara yüz geliştirilmiş ve EKG sinyalinin görselleştirilmesi ve analizleri gerçekleştirilmiştir. [4-7]. EKG sinyal analizi ile beraber sinyalin R tepelerinin otomatik tespiti ve bu tepelerin bir dakikadaki sayısı ile belirlenen nabız bilgisinin de görselleştirilmesi, kalp hastalıklarının teşhisinde oldukça önem arz etmektedir [8-10].

Bu çalışmada MATLAB GUI ile hem biyomedikal sinyaller ve hem de her türlü genel bir boyutlu sinyaller için bir sinyal işleme aracı geliştirilmiştir. Bu aracın araştırmacılar tarafından kullanılmasıyla, gerçek zamanlı biyomedikal sinyal analizlerinin yanı sıra önceden kaydedilmiş herhangi bir sinyalin de analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca ara yüz ekranından isteğe bağlı olarak oluşturulacak bir boyutlu genel sinyallerin de (sinus, kosinüs, kare dalga, teste dişi dalga vb.) hem zaman ve hem de frekans domenlerinde analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Geliştirilen araç ile EMG ve EKG

sinyallerinin elde edilmesi, görselleştirilmesi ayrıca da EKG sinyalindeki gürültülerin kaldırılması ile beraber nabız bilgisinin de otomatik çıkartılması ve raporlanması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sinyal işleme aracı ile genel ve biyomedikal sinyallerin analizleri daha kolay doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

II. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada MATLAB GUI ile bir sinyal işleme aracı tasarlanmıştır. Şekil 1'de geliştirilen aracın ara yüzüne ait ön panel ve menülerin ayrıntıları görülmektedir.



Şekil 1. Ara yüz ekranı ve menü görüntüleri

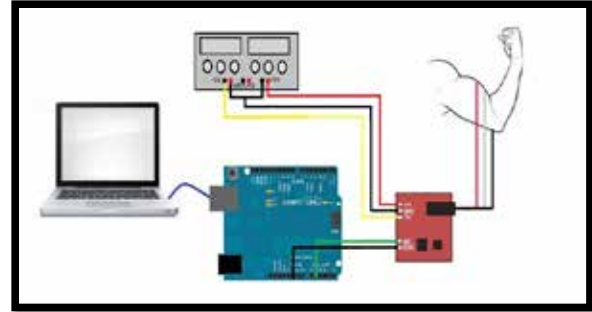
Ara yüzde iki adet sinyal görüntüleme ekranı bulunmaktadır. Sol tarafta; gerçek zamanlı elde edilen, dosyadan okunan veya isteğe göre dizayn edilen (sinüs, kosinüs, kare dalga vb.) sinyaller gösterilirken, sağ tarafta da işlenen sinyaller gözlemlenebilmektedir. Ekranın sol üst köşesinde Time Domain, Frequency Domain ve Z domain olmak üzere üç menü bulunmaktadır. Her bir menünün altında alt menüler ile sinyal işleme işlemleri gerçekleştirilir. Time Domain menüsünün altında; sinyal operasyonları, konvolüsyon, korelasyon, toplama, çıkartma ve çarpma işlemleri gerçekleştirilir. Sinyal operasyonları başlığı ile sinyal üzerinde zaman ve genlik koordinatlarında, ölçekleme ve kayma işlemleri gerçekleştirilebilir. Frequency Domain menüsünün altında; Fast Fourier Transform (FFT), Inverse Fast Fourier Transform (IFFT), Filtre dizaynı (Butterworth, Chebyshev, Parks-McClellan filtre yöntemleri ile; alçak geçiren, yüksek geçiren bandpass, bandstop, filtreleri) gerçekleştirilebilir. Ayrıca sinyaller oluşturulan filtrelerden geçirilip gürültüler temizlenebilir. Z Domain menüsünde oluşturulan filtrelerin kutup ve sıfır noktaları, sistemin birim dürtü cevabı ile adım cevabı da elde edilip incelenebilir.

Menülerin altında kısa yol butonları yer alır. Sırasıyla; dosya okuma, sinyal oluşturma (sinüs, kosinüs, kare dalga vb.), Ayrık zamanlı sinyal oluşturma, silme, kaydetme, annotation (işaret noktaları) koyma, yapılan tüm değişiklikleri resetleme, gerçek zamanlı EKG ve EMG sinyalleri okuma, yaklaştırma,

uzaklaştırma, şekle başlık koyma ve programın kullanımı için önceden oluşturulmuş olan rehberi açma seçenekleri ile kullanıcı kolay ve hızlı sinyal işlemleri yapabilmektedir.

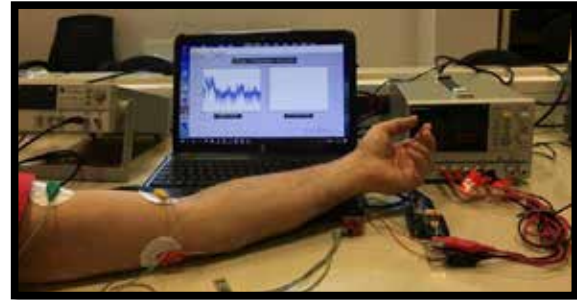
A. EMG sinyalinin elde edilmesi ve görselleştirilmesi

EMG veri analizi için oluşturulan donanım bağlantıları Şekil 2'deki gibidir. Kişinin kaslarına, ikisi sinyal elde etme ve biri referans elektrotu olmak üzere üç adet elektrot bağlanır. EMG cihazına gelen sinyaller burada yükseltilir ve Arduino mikro işlemcisine gönderilir. $\pm 3V$ ile beslenen cihazdan gelen sinyaller Arduino'da sayısallaştırılır ve bilgisayara gönderilir. Gelen sinyaller ara yüzde gösterilir. İstenirse sinyal durdurulabilir, kaydırılabilir, zaman veya frekans domenlerinde analizleri yapılarak kaydedilebilir.

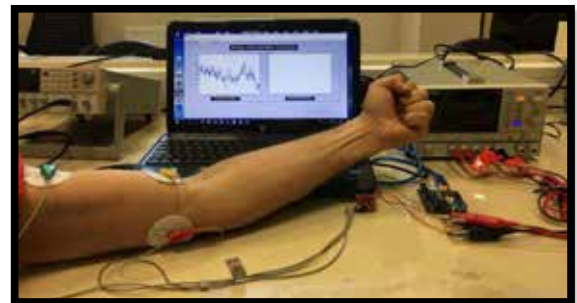


Şekil 2. EMG sinyali için donanım bağlantı şeması

Şekil 3'de biceps kasına ait EMG verisinin görselleştirilmesi görülmektedir. Şekil 3a'da kişinin kasi serbestken EMG verisi gösterilmiştir. Şekil 3b'de ise kişi yumruğunu sıkıldığında elde edilen EMG verisi görselleştirilmiştir.



a)



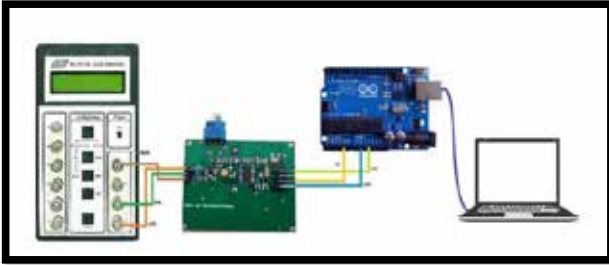
b)

Şekil 3. Biceps kası EMG sinyali a) serbet durum b) yumruk sıkma durumu

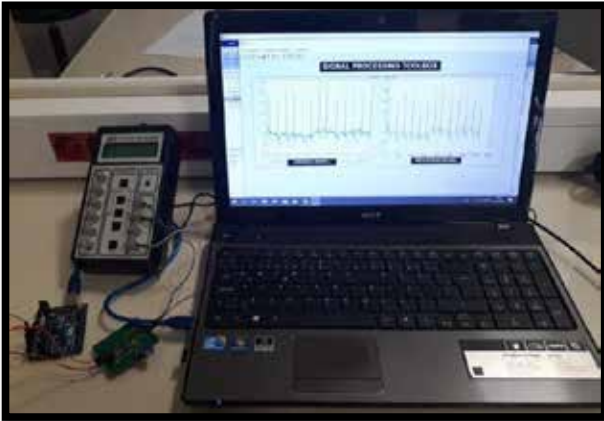
Şekil 3a'da kişinin elini serbest bırakması durumunda görülen sinyalde elektriksel iletimde rastgele sinyaller gürültü oluşturmaktadır. Şekil 3b' de yumruk sıkma anında rastgele gürültülü sinyallerin azaldığı ve sinyalin genlik değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Eğer kasta bir problem varsa hekim kastaki iletimi, sinyalin genlik değerlerinin değişimini kontrol edebilecek ve varsa rahatsızlıklar hızlıca tespit edilebilecektir.

B. ECG Analizi ve nabız hesabı

EKG veri analizi için oluşturulan donanım bağlantıları Şekil 4'de ve gerçek zamanlı EKG verilerinin elde edildiği düzenek Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 4. EKG sinyali için donanım bağlantı şeması

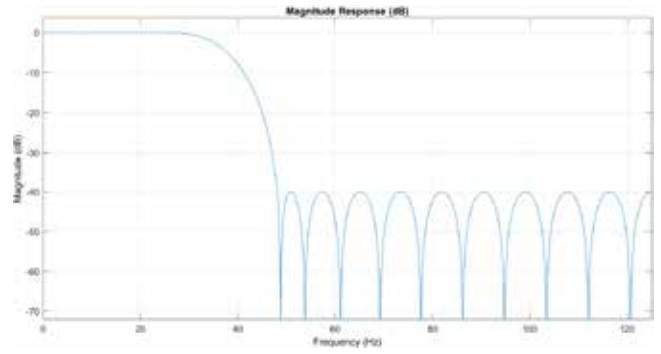


Şekil 5. Gerçek zamanlı elde edilen EKG ve filtrenilmiş EKG sinyalleri

EKG simülatöründen üç bağlantı noktası: RA (right arm, (sağ kol)), LA (left arm (sol kol)), LL (left leg (sol bacak)), Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi laboratuvarlarında geliştirilen EKG kartına bağlanmıştır. EKG kartında yükseltile ve analog olarak filtrelenen sinyaller, Arduino mikroişlemcisine gönderilmiştir. Burada sayısallaştırılan sinyaller bilgisayara gönderilip ara yüzde orijinal sinyal bölümünde görünmesi sağlanmıştır.

Şekil 5'de sol tarafta görülen orijinal EKG sinyali yüksek frekanslı gürültü ihtiva etmektedir. Gürültüyü yok etmek için 15. dereceden Parks-McClellan alçak geçiren FIR filtre tasarlanmıştır. Parks-McClellan algoritması iteratif olarak optimum Chebyshev FIR filtre tasarlama yöntemidir. Sinyalin

örnekleme frekansı 250 örnek / saniye ve Nyquist frekansı 125 Hz'dir. Şekil 6'da tasarlanan filtrenin genlik cevabı görülmektedir. Filtrenin kesim frekansı 25 Hz, durdurma bandı hata oranı -40 dB olarak belirlenmiştir.

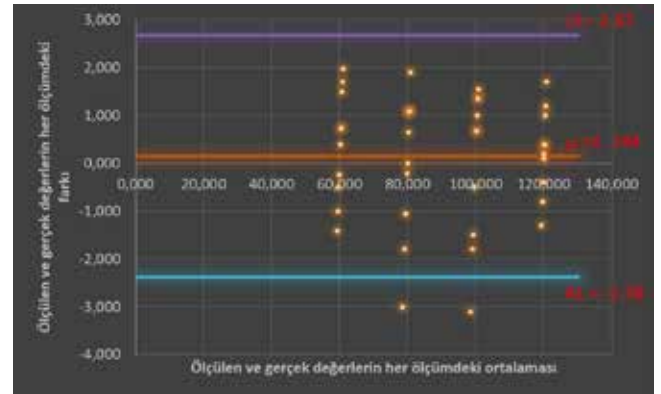


Şekil 6. Dizayn edilen Parks-McClellan FIR filtrenin genlik cevabı

Gürültüden temizlenmiş EKG sinyalinden nabız hesabı yapabilmek için R pik noktalarının dakikadaki sayısının belirlenmesi gerekmektedir. Sistemin otomatik nabız belirlemesi için öncelikli olarak sinyal verilerinin türevi alınmıştır. Türev işlemi art arda gelen veriler arasındaki farkı verir. Farkın pozitiften negatife değiştiği en yüksek nokta, R piki olarak belirlenmiş ve 10 sn. boyunca elde edilen piklerin 6 katı nabız bilgisi olarak raporlanmıştır. Sisteme EKG simülatöründen değişik zamanlarda değişik değerlerde nabız ihtiva eden EKG sinyalleri gönderilerek yüksek doğrulukta nabız sonuçları elde edilmiştir.

III. DENEYSEL SONUÇLAR

EKG simülatöründen sisteme nabız girdisi, değişik zaman aralıklarında sırasıyla 60-80-100-120 bps (beat per second) olarak verilmiştir. 10 sefer tekrarlanan bu döngüde hem simülatörden verilen gerçek nabız değerleri ve hem de sistemden otomatik ölçülen nabız değerleri kaydedilmiştir. Bu kaydedilen veriler kullanılarak ölçülen nabızın doğruluk derecesi belirlenmiştir. Bland-Altman grafiği [10, 11] çizilerek sistem doğruluk oranı belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kırk adet nabız verisine ait Bland-Altman grafiği



Bu grafikte “x” koordinatı her ölçümde gerçek değer ile ölçülen değerlerin ortalama noktasını gösterirken, “y” eksenini ise her ölçümdeki gerçek değer ile ölçülen değer arasındaki farkı verir. Yatay ekseninde ortalama fark çizgisi ile birlikte, verilerin içinde olması gereken üst limit (UL) ve alt limit (AL) çizgilerinin yerleri hesaplanmıştır. Bunun için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$UL=(1.96 \times \sigma)+\mu \quad (1)$$

$$AL=(-1.96 \times \sigma)+\mu \quad (2)$$

σ standart sapma ve μ ortalama fark değerleridir. Buna göre bu test sonucunda elde edilen ortalama fark değeri $\mu = 0.144$, üst limit $UL = 2.67$ ve alt limit $AL = -2.38$ olarak tespit edilmiştir. Şekil 7’de görüldüğü gibi 40 adet ölçülen ve gerçek nabız değerleri arasındaki farkın % 95’i belirlenen limitler arasında kalarak, sadece 2 fark verisi bu limitler dışında kalmıştır.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikli olarak MATLAB GUI kullanılarak biyomedikal veya genel bir boyutlu sinyal analizleri için bir sinyal işleme aracı geliştirilmiştir. Özel olarak gerçek zamanlı EMG ve EKG sinyalleri görselleştirilmiş ve ayrıca EKG sinyalindeki yüksek frekanslı gürültüler kaldırılmıştır. Gürültüleri azaltılmış EKG sinyalinden R tepeleri otomatik olarak tespit edilmiş ve bir dakikadaki sayıları nabız olarak raporlanmıştır. Farklı zamanlarda ve farklı nabız değerlerindeki EKG sinyallerinden hesaplanan nabız ölçümlerinin doğruluk derecesi Bland-Altman grafiği çizilerek ortaya konulmuştur. Sonuç itibarıyla çizilen grafiğe göre gerçek değerlerle ölçülen değerler arasındaki farkların %95’i belirlenen limitler arasında kalmıştır. Genel veya özel amaçlı olarak kullanılacak bu sinyal işleme aracı sayesinde özellikle biyomedikal sinyal işleme işlemleri doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Vidaurre, C., Sander, T.H. and Schlögl, A., 2011. BioSig: the free and open source software library for biomedical signal processing. *Computational intelligence and neuroscience*, 2011.
- [2] Muñoz, J.E., Gouveia, E.R., Cameirão, M.S. and i Badia, S.B., 2018. PhysioLab-a multivariate physiological computing toolbox for ECG, EMG and EDA signals: a case of study of cardiorespiratory fitness assessment in the elderly population. *Multimedia Tools and Applications*, 77(9), pp.11521-11546.
- [3] Ramapure, S.A., Jadhav, P.V. and Kulkarni, S.V., 2017. Technique for Detecting, Measuring & Comparing Bio Signals. *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(5), pp.917-921.
- [4] Gupta, R., Bera, J.N. and Mitra, M., 2010. Development of an embedded system and MATLAB-based GUI for online acquisition and analysis of ECG signal. *Measurement*, 43(9), pp.1119-1126.
- [5] Belgacem, N., Assous, S. and Bereksi-Reguig, F., 2011, May. Bluetooth portable device and Matlab-based GUI for ECG signal acquisition and

analysis. *In Systems, Signal Processing and their Applications (WOSSPA), 2011 7th International Workshop on (pp. 87-90). IEEE.*

- [6] Mahajan, A., Batni, A. and Dongre, M., 2015. Acquisition, Filtering and Analysis of ECG Using MATLAB. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE) Volume, 4.*
- [7] Gabhane, M. and Aalam, Z., Simulation of Wearable ECG Monitoring Device using MATLAB and J2ME Wireless Toolkit. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 21 Number 2 – March 2015*
- [8] AL-Ziarjawey, H.A.J. and Çankaya, I., 2015. Heart rate monitoring and PQRST detection based on graphical user interface with Matlab. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 5(4), p.311.
- [9] Parak, J. and Korhonen, I., 2014, August. Evaluation of wearable consumer heart rate monitors based on photoplethysmography. *In Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE (pp. 3670-3673). IEEE.*
- [10] Zhang, Z., Pi, Z. and Liu, B., 2014. Troika: A general framework for heart rate monitoring using wrist-type photoplethysmographic (ppg) signals during intensive physical exercise. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, (99), pp.1-10.
- [11] Bland J. M., and Altman D., Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, *The lancet*, vol. 327, no. 8476, pp. 307–310, 1986.