

İvmealgılayıcı Kullanarak Farklı Pozisyonlara Göre Soluma Sinyallerinin Elde Edilmesi

Detection of Respiratory Signals According to Different Positions Using Acceleration Sensor

Harun Sümbül
Elektronik ve Otomasyon Bölümü
ONDOKUZ MAYIS Üniversitesi
Samsun, Türkiye
harun.sumbul@omu.edu.tr

A. Hayrettin Yüzer
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
KARABÜK Üniversitesi
Karabük, Türkiye
hayrettinyuzer@karabuk.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada solunum sırasında meydana gelen diyafram hareketlerinin gözlenebilmesi için bir veri toplama ve kaydetme sistemi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen mikrodenetleyicili devrede, pozisyonu kartezyen koordinat sistemine göre tanımlayan 3 eksenli dijital çıkış verebilen yarı iletken ivme algılayıcısı kullanılmıştır. Algılayıcıdan elde edilen bilgiler, veri toplama kartı üzerinde bulunan eeproma kaydedilmekte ve veri aktarım kartı aracılığı ile USB üzerinden bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayara alınan bu veriler, C# 'da geliştirilen bir arayüz programı sayesinde eksenlerine ayıklanmakta ve grafiğe dökülmektedir. İlgili grafikten soluma sinyalleri yanında hasta pozisyonu da elde edilebilmektedir. Böylelikle hastanın hangi süre içerisinde, hangi pozisyonda ne kadar soluma hareketi sarf ettiği rahatlıkla izlenebilmektedir. Bu ise bizlere sistemin Uyku Apnesi ve KOAH çalışmalarında da kullanılabilme avantajını sağlar. Ayrıca okunan bu veriler metin dosyasına kayıt edilerek MATLAB programına da taşınabilmekte ve zaman ve frekans analizleri yapılabilmektedir. Sistemin portatif olması ve kaydedebilme özelliği, farklı amaçlar içinde kullanımını mümkün kılar.

Anahtar Kelimeler — İvme Algılayıcısı; veri toplama kartı; diyafram; soluma.

Abstract—In this study, a data acquisition system that recording of the movement of diaphragm was designed. At this microcontroller circuit, an acceleration which has ability to define position by using 3-axis Cartesian coordinate systems was used. The information obtained from the sensor, saved to the internal eeprom and transferred to the computer via USB. These data which were received to the computer, were grouped to the axis and plotted by the computer program which is developed at C # programming language. Patient position can be detected as well as the breathing signals form corresponding graph. Hence, it is easy to monitor, at which position and at which duration the

patient is making effort. This ability gives us advantage to use this system for sleep apnea study. Meantime, the data transferred to the computer can also be saved in a text file in order to use in Matlab program to investigate both time and frequency analyzes. Since the developed system is portable, it can be used for a number of other study and research.

Keywords — Acceleration Sensor; data acquisition card; diaphragm; respiratory.

I. GİRİŞ

Canlılar hayatlarını devam ettirebilmek için sürekli nefes alıp vermek zorundadırlar. Canlılar için vazgeçilmez olan soluk alma, karın ve göğüs boşluklarını ayıran kas tabakası olan diyaframın kasılması ile sağlanmaktadır. Kasılma işlemi sırasında diyafram boyutlarında değişimler olmaktadır. Diyafram boyutu, soluk alma ve verme esnasında değişim göstermektedir. Solunum kasları ile alakalı olan bu değişimlere bakılarak birçok hastalık (diyafram evantrasyonu, alt lob atelektezisi, dispne gibi) hakkında fikir sahibi olunabilir[1,2].

Bu çalışmada, 3-eksenli entegre MEMS (iMEMS) ivmeölçer kullanılarak diyafram hareketleri hakkında bilgi toplamaya yardımcı ölçme sistemi geliştirilmiştir. Önerilen yöntem oldukça sade ve ucuza mal edilebilmesinin yanında ölçme için özel bir ortam kurmaya ihtiyaç duymamaktadır. Bir ivme ölçer ile bağlantısı kurulmuş bir dizüstü bilgisayarın bulunduğu ev ortamında bile diyafram ile ilgili ölçümlerin yapılabilmesi en önemli avantajlarındandır.

II. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

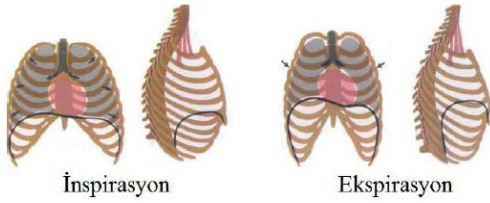
A. Diyafram Hareketleri ve Solunum

Bilindiği üzere canlılar nefes alırken (O_2)'yi alıp, nefes verirken de (CO_2)'i atmosfere verirler. Yapılan bu nefes alıp-verme (inspirasyon / ekspirasyon) işleminin bütününe solunum fonksiyonu denilmektedir. Solunum, sağlıklı canlılarda istem dışı olarak kendiliğinden gerçekleşirken,

akciğer rahatsızlığı ve solunum yetmezliği gibi rahatsızlığı olan canlılarda ise yardımcı sistem aracılığıyla gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Solunuma yardımcı sistem ventilatör olarak isimlendirilmiş ve yapılan işleme de ventilasyon denilmiştir [3].

Diyaframın en önemli anatomik fonksiyonu toraks ve abdomen boşluklarını ayırmak, en önemli fizyolojik fonksiyonu ise solunuma olan katkısıdır [4].

Diyaframın her 1 cm' lik dikey hareketi, normal solunum sırasında 300 ila 400 ml hava alımını sağlamaktadır. Diyafram kubbesinin aşağıya inişi ile torakal hacimde genişleme ve intraabdominal basınçta artış meydana gelir. Artan intraabdominal basınç nedeniyle alttaki kotlarda dışa doğru açılma oluşur. Kotların dışa doğru açılması ise torakal genişlemeye sebep olur [5]. Bu durum şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1. İspirasyon ve ekspirasyonun şematizasyonu [6]

B. İvme Algılayıcısı

ADXL345 Analog Devices firması tarafından üretilen düşük maliyetli, düşük güç tüketimine sahip (ölçüm modunda 23 µA, standby modunda 0.1 µA), her bir eksen için (X, Y ve Z) dijital çıkış üreten üç eksenli ivme ve açı ölçebilen bir entegredir. Hem dinamik ivmelenmeyi (titreşim), hem de statik ivmelenmeyi (yerçekimi) ölçebilen bu algılayıcı ±16 G aralığında ölçüm yapabilmektedir. ADXL345 3mm×5mm×1mm boyutunda, 14 bacaklı plastik kılıflı olarak piyasada bulunmaktadır [7].

Askeri alandan sağlık sektörün çok geniş bir spektrumda kullanım alanına sahip X, Y ve Z eksenlerinde açı ve ivme durumlarını ölçebilen bu ivme ölçer MEMS yarıiletken teknolojisi ile mikromekaniksel yapıda imal edilmiştir [8-10].

III. TASARIM

Veri kaydetme ve aktarma sistemi 3 kısımdan oluşmaktadır;

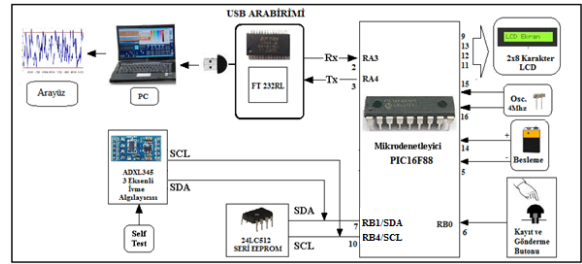
- Mikrodenetleyicili veri toplama ünitesi
- Veri aktarma ünitesi
- Yazılım

Geliştirilen tasarımın önemli bir özelliği, üzerinde bulunan LCD ekran sayesinde ivme algılayıcıdan gelen verilerin gerçek zamanlı (real-time) izlenmesi ve yine kart

üzerinde bulunan kayıt tuşu sayesinde istenilen anda kayda girilebilmesidir. Yine bu tuş sayesinde veri aktarma kartı aracılığı ile veriler bilgisayara aktarılabilir. Yine bu tuş sayesinde veri aktarma kartı aracılığı ile veriler bilgisayara aktarılabilir.

Şekil 2' de tasarlanan ve gerçekleştirilen sisteme ait blok diyagram görülmektedir. Eeprom, ivme algılayıcısı ve mikrodenetleyici arasında veri aktarımı için, oldukça hızlı veri aktarımına olanak tanıdığından dolayı I²C protokolü kullanılmıştır. Bu protokol, bir arada çalışan, belirli aralıklarla birbirleriyle haberleşen çeşitli çevresel cihazların minimum hârici donanım gereksinimiyle haberleşmelerini sağlar. Basit, düşük bant genişliğine sahip, kısa-mesafe protokolüdür. Mevcut I²C cihazlarının çoğu 400kbps' ye kadar hızlarda çalışmaktadır.

Sistem örnekleme frekansı 20Hz' dir. Alınan her bir veri içerisinde x, y ve z datası mevcuttur. Bu datanın her biri 32 bitlik float tipindedir. Dolayısı ile aktarılan verinin bant genişliği $20 \times 3 \times 32 = 1920$ bit/sn olup, kablosuz bir aktarıma da uygundur.

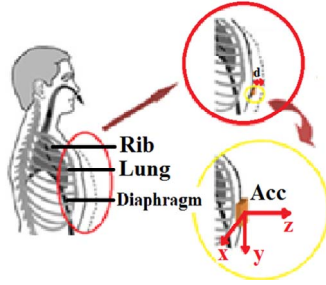


sensör kullanılmaktadır. Her iki sensörün de hasta vücuduna bağlanması şekil 4’ de görülmektedir.



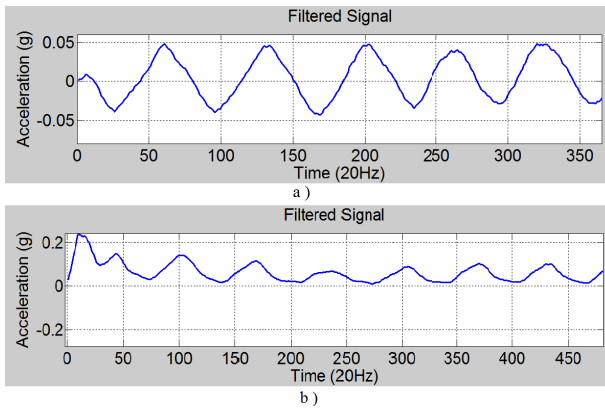
Şekil 4. Sensörlerin vücuda bağlanması[11]

Yapılan çalışmada ise, tek bir ivmealgılayıcı sensör kullanılarak hem soluma sinyalleri elde edilmiş, hem de hasta pozisyonu tespit edilebilmiştir. Kullanılan sensörün hasta üzerine bağlantısı şekil 5’te görülmektedir.



Şekil 5. İvme algılayıcının diyafram üzerine yerleştirilmesi[12]

Bu çalışma da ölçülen diyafram hareketleri aksenal bir harekettir. Yapılan ölçümler, soluma sonucu göğüs kafesinde meydana gelen yer değiştirme (d mesafesindeki değişim) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 6. Farklı fiziksel özelliklerdeki bireylerden ölçülen soluma sinyalleri a) Yaş: 64, boy: 180cm, ağırlık: 105kg b) Yaş: 25, boy: 190cm, ağırlık: 90kg

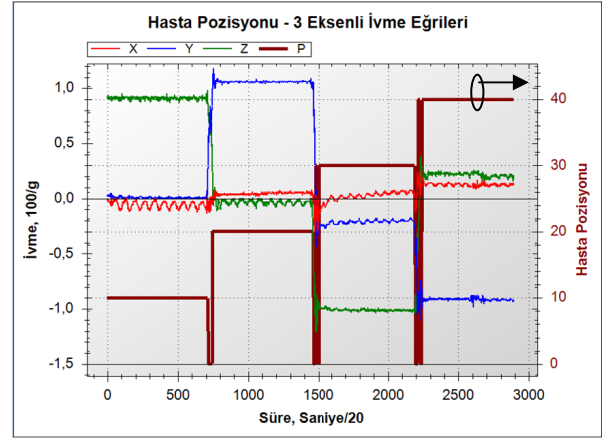
Pozisyon bilgisi için ise Kartezyen koordinat sistemine göre 3 eksendeki ivme değerleri kullanılarak bir algoritma geliştirilmiş ve buna göre, hasta üzerinden 5 farklı pozisyon durumuna göre statik ivme değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 1’de listelenmiştir.

Tablo 1. 5 farklı pozisyon durumuna göre statik ivme değerleri

Pozisyon	Eksen verileri		
	X	Y	Z
SIRT ÜSTÜ	0	0	1
SAĞ TARAF	0	-1	0
YÜZ ÜSTÜ	0	0	-1
SOL TARAF	0	-1	0
OTURURKEN	-1	0	0

Örneğin, hasta sırt üstü yatıyor durumunda iken ivme değerleri; x:0, y:0 ve z:1 olarak elde edilmiştir. Hasta sağ tarafa dönünce de, yani sağ omuz üzerine yattığında tablodaki ilgili değerler elde edilmiştir. Tabii dönüş esnasında ivme değerlerinde değişkenlik olmaktadır. Tablo 1’deki değerler, kişi durağan pozisyonda dururken kaydedilen verilerdir.

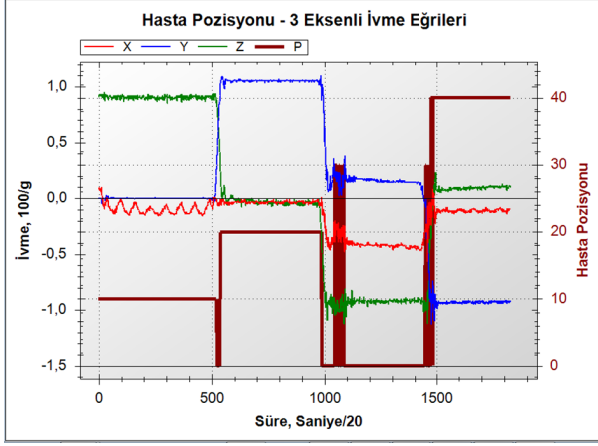
Geliştirilen cihaz, hasta vücuduna 2 ayrı noktaya yerleştirilmiş (thorax ve abdomen) ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Şekil 7, cihaz karın (abdomen) bölgesine bağlı iken elde edilmiştir.



Şekil 7. Solunum ve pozisyon sinyalleri (abdomen)

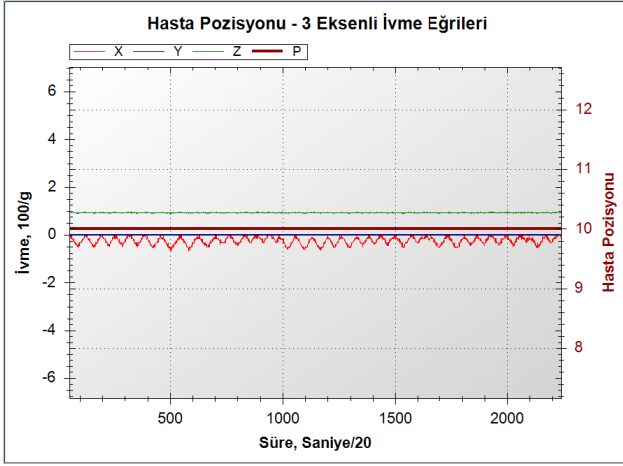
Şekil 7 olarak verilen grafikte kahverengi font ile çizilmiş eğri, hasta pozisyonunu göstermektedir. Grafik incelendiğinde hasta sırt üstü yatarken yaklaşık 30s sonra sağ omuzu üstüne yatmaya başlamış, daha sonra yine yaklaşık 30s sonra pozisyon değiştirerek yüzüstü yatmaya başlamıştır. Aynı şekilde yaklaşık 30s sonra bu sefer sol tarafına yatmıştır.

Daha sonra geliştirilen cihaz, hastanın göğüs kısmına (thorax) yerleştirilmiş ve şekil 8 elde edilmiştir.



Şekil 8. Solunum ve pozisyon sinyalleri (thorax)

Son olarak ise sistemin düzgün çalıştığını tespit etmek amacıyla hasta pozisyon değiştirmeden ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu durum şekil 9'da görülmektedir. Buna göre hem pozisyon tespitinin hem de solunum sinyalinin net olarak tespit edildiği görülmüştür



Şekil 9. Solunum ve pozisyon sinyalleri (sırt üstü pozisyonda)

Grafiklerde X, Y, Z'ye karşılık gelen eğriler, solunum sinyalleridir. P ise, hasta pozisyonuna karşılık gelmektedir.

V. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, mems tabanlı yarı iletken bir ivme algılayıcı kullanılarak bir ölçüm sistemi geliştirilmiş ve canlılar için oldukça önemli olan solunum fizyolojisi incelenmiştir. Solunum sırasında fizyolojik hareket sonucu meydana gelen solunum sinyallerinde, bazı pozisyon ve açılara göre bir takım değişimler meydana geldiği görülmüştür. Elde edilen veriler incelendiğinde de hastanın hangi pozisyonda olduğu ve gerçekleştirdiği solunum olayı, başarılı bir şekilde tespit edilmiş ve grafiklendirilmiştir.

Buradan hareketle ileriki çalışmalarda, geliştirilen sistemin KOAH hastalığı ön tanısında sıklıkla kullanılan solunum fonksiyon testleri (SFT) için bir alternatif olabileceği ve bazı parametrelerin (FEV1, FEV6) daha zahmetsiz ölçülebileceği, aynı zamanda UYKU APNESİ hastalığı ön teşhisinde de diyaframa ait bazı parametrelerin (solunum frekansı, hasta pozisyonu) ölçülebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Fındık G., Aydoğdu K., Kaya S., "Trauma sonrası semptomatik hale gelen diyafram evantrasyonu", Türk Göğüs Kalp Damar Cer Derg 2011;19(1):107-109.
- [2] Akyolcu N., "Kanserli Hastalarda Dispne Ve Hemşirelik Bakımı", C.Ü. Hemşirelik Yüksekokulu Dergisi, 6(1),2002.
- [3] Güler H., Ata F., "Tidal Volüm, Solunum Sayısı ve Basınç Değerinin Bulanık Kontrolü" Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,Cilt 14, Sayı 2,98-105, 2010.
- [4] Pacia E.B., Aldrich T.K., "Assessment of diaphragm function." Chest Surg Clin N Am;8(2):225-36, 1998.
- [5] Özkan S., "Diyafram Evantrasyonu ve Cerrahi Tedavisi", Journal of Clinical and Analytical Medicine, 88-98.
- [6] <http://biologia.laguia2000.com/biologia/regulacion-de-la-respiracion>. [Online]. Erişim tarihi: 10/01/2015, saat: 10:23.
- [7] ADXL345 Datasheet, Analog Devices, http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL345.pdf. [Online]. Erişim tarihi: 09/01/2015, saat: 02:03.
- [8] Güler M., "Giyilebilir Algılayıcılar İle Yaşamsal Verilerin Ölçülmesi ve Görüntülenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği, 2007.
- [9] Niazmand K., Somlai I., Louizi S. and Lüth T.C., "Proof of the accuracy of measuring pants to evaluate the activity of the hip and legs in everyday life", International ICST Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare - Mobihealth2010, 2010.
- [10] Roetenberg, D., Luinge, H., Slycke, P., "Moven: Full 6DOF Human Motion Tracking Using Miniature Inertial Sensors", Xsens Technologies, 2007.
- [11] <http://uykubozuklugu.uludag.edu.tr/uykulaboratuvari.htm> [Online]. Erişim tarihi: 19/01/2015, saat: 11:43.
- [12] <http://www.meleklermekani.com/threads/diyafram-nasil-kullanilir.202599/> [Online]. Erişim tarihi: 11/12/2014, saat: 11:51.