

İnternet Üzerinden Hasta Takibi Amaçlı PIC Mikrodenetleyici Tabanlı Kablosuz Pals-Oksimetre Ölçme Sistemi Tasarımı ve LabVIEW Uygulaması

Ömer ERİŞ^a, Hayriye KORKMAZ^b, Kenan TOKER^b, Ali BULDU^b

^a Elektrik Bölümü, İnegöl MYO, Uludağ Üniversitesi, Bursa
^b Elektronik-Bilgisayar Eğt. Bölümü, Tek. Eğt. Fak., Marmara Üniversitesi, İstanbul

PIC Microcontroller Based Wireless Pulse-Oximeter Measurement System Design for Patient Monitoring over WEB and LabVIEW Applications

Abstract: In this paper, three vital signs of a patient are monitored wirelessly: oxygen saturation percentage, heart rate and body temperature. A finger type SpO₂ sensor having a model of 8000AA manufactured by Nonin is used to measure oxygen saturation percentage and, heart rate. Body temperature is measured using a DS18B20 sensor manufactured by Dallas. The user interface has been developed in LabVIEW 7.1. Coverage area has been enhanced by using internet in the local network. Three vital signs of the maximum ten individual patients are monitored remotely by using developed portable wireless device and application. The system is also able to alert over user interface by text messages when unexpected data is read. In addition, the necessity of the clinician and the patient must be in the same place at the same time is removed.

Keywords: Wireless Measurement; Oxygen Saturation Percentage; SpO₂ Sensor; Remote Patient Monitoring

Özet: Bu çalışmada bir hasta üzerinden kablosuz olarak algılanan üç adet yaşamsal işaret izlenmektedir: Oksijen saturasyonu yüzdesi, Nabız ve vücut sıcaklığı. Nonin firması tarafından üretilen 8000AA modelindeki parmak tipi algılayıcı, SpO₂ ve nabız ölçümünü gerçekleştirmektedir. Vücut sıcaklığı ölçümü için Dallas firması tarafından üretilen DS18B20 sayısal sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. Kullanıcı arayüzü LabVIEW 7.1 kullanılarak geliştirilmiştir. Ağ içerisinde internet altyapısı kullanılarak kapsama alanı genişletilmiştir. Geliştirilen hasta üzerinde taşınabilir kablosuz aygıt ve mobil uygulama ile aynı anda en fazla 10 adet hasta verilerinin uzaktan takibi sağlanarak; beklenmeyen bir veri algılandığında arayüz üzerinden alarm vermesi sağlanmıştır. Ayrıca klasik yöntemde olduğu gibi hasta ve doktorun aynı anda aynı mekanda bulunma zorunluluğu da ortadan kaldırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz Ölçme; Oksijen Saturasyonu Yüzdesi; SpO₂ Algılayıcı; Uzaktan Hasta Takibi

1. Giriş

Önceleri sadece askeri alanda kullanılan kablosuz iletişim teknolojileri ve algılayıcıları; zamanla iletişim teknolojilerinin gelişimi ve maliyetlerinin düşmesi ile çevre, sağlık, ev ve diğer ticari alanlarda olmak üzere yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. [1]. Bu alanlarda kablosuz algılayıcılar modül halinde bulunmaktadır. Böylelikle klasik tip bir algılayıcı ve bu veriyi tercih edilen kablosuz iletişim teknolojisine göre etrafa yayan bir verici modülün birlikte kullanımı hem donanımsal bir yük; hem de buna bağlı olarak ek bir maliyet getirmektedir.

Zamandan ve mekandan bağımsız, ihtiyaçları her zaman her yerde karşılama gereksinimi, sağlık alanında da kablosuz iletişim teknolojileri ve algılayıcılarının kullanımını kaçınılmaz kılmıştır.

Hastanelere gelen hasta sayısının veya gelme sıklığının azaltılması, coğrafi konumlarından ötürü uzman bir hekime ulaşma zorluğu bulunan hastaların takibi, sürekli kontrol altında tutulması gereken hastalara ait verilerin depolanması ve analiz edilmesi gibi durumlar mobil sağlık kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Mobil sağlık uygulamalarında hasta nerede olursa olsun hastaya ait yaşamsal veriler uzman kişiler tarafından istenildiği anda izlenebilmektedir [2].

Mobil sağlık alanında geliştirilen uygulamalar teknik olarak incelendiğinde, konuların aşağıda sıralanan üç ana başlık altında ele alındığı görülmektedir :

- Ölçülmek istenen yaşamsal veri ve algılayıcı tipi
- Kullanılan iletişim teknolojileri
 - Hasta üzerinden algılanan yaşamsal verinin ana üniteye iletimi
 - Uzman hekimin ana üniteye uzaktan erişimini sağlayan teknoloji
- Yazılım
 - Donanımda yer alan mikrodenetleyicilerin programlanması
 - Hasta verilerinin uzaktan takibi için oluşturulacak WEB arayüzü

Kalp, beyin, akciğer gibi organların fizyolojik durumlarını gösteren yaşamsal işaretler değerlendirilerek, insan vücudundaki değişimler izlenebilir. İzlenmesi gereken önemli yaşamsal işaretler nabız, solunum sıklığı, kan basıncı ve vücut sıcaklığı olarak belirtilmiş olsa da son araştırmalara göre SpO₂ miktarı da beşinci önemli yaşamsal işaret olarak yerini almıştır [3]. Bu çalışmada yukarıdaki bilgilerin ışığında nabız ve SpO₂ yaşamsal verisi kullanılmıştır.

Hastanın üzerine takılabilecek bir arabirim geliştirilerek klasik algılayıcı kablosuz şekle dönüştürülmüştür. Bu çalışmada iki tip iletişim teknolojisi kullanılmıştır:

Hasta üzerinden alınan yaşamsal işaretin, ana üniteye kablosuz iletiminde RF (434 MHz) standardı kullanılmıştır. Kullanılan RF(434 MHz) standardı, manyetik veya optik kablosuz iletişim teknolojilerine göre kapsama alanı açısından daha avantajlıdır [4]. Yaşamsal işaretlerin, ana üniteye kablosuz iletiminde GSM, GPRS, UMTS gibi çeşitli mobil haberleşme sistemleri de kullanılabilir [2,5]

Uzman hekimin ana üniteye erişimini sağlamak için de mevcut internet altyapısı tercih edilmiştir.

Gerekli arabirim geliştirilmesinin yazılım basamağında iki aşamalı işlem gerçekleştirilmiştir :

- Donanımda yer alan mikrodenetleyicilerin programlanması

Hasta verilerinin uzaktan takibi için oluşturulacak WEB arayüzü

Bu çalışmada güdülen amaç, sağlık alanında giderek önem kazanan mekan bağımsız hasta takibi için, klasik bir yaşamsal veri ölçen algılayıcıyı kablosuz şekle dönüştürmek, bunun için gerekli arabirimi geliştirmek ve aynı ağ içinde yer alan başka bir bilgisayar ekranından verileri inceleyebilecek uygun bir arayüz geliştirmektir. Sağlık alanında örnek oluşturabilecek bu uygulama, hem yazılımsal hem de donanımsal açıdan ele alınarak, amaca uygun bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

2. Benzer Çalışmalar

Literatür taraması yapıldığında mobil sağlık, teletıp, uzaktan hasta takibi gibi kavramların günümüzde sıkça ele alındığı görülmektedir. Bu kavramların ele alındığı çalışmalar, giriş bölümünde sıralanan üç başlığa göre farklılık göstermektedir.

Navarro ve arkadaşlarının çalışmasında fizyolojik işaretler olarak ECG, Kan basıncı ve Oksijen Saturasyonu (SpO₂) değerleri UMTS sistemini kullanarak ambulans içerisinden, hastanedeki hekimin takibi sağlayabileceği bir sistem tasarlanmıştır [2,6].

Monon ve arkadaşlarının geliştirmiş oldukları çalışmada ise, bir veya birçok kullanıcıdan bluetooth ile oksijen Saturasyonu (SpO₂) ve nabız işareti alınmakta ve GPRS ile iletilmektedir [2,7].

Figueredo ve arkadaşlarının çalışmasında ECG, nabız, kan basıncı, SpO₂, solunum değerleri, vücut sıcaklığı değerleri mobil telefona aktarılmakta ve mobil telefon TCP/IP protokolü ile hastanedeki sunucuya gönderilmektedir. Sunucu tarafında Java tabanlı yazılım, tıbbi verilerin doktorlar tarafından görüntülenmesini, arşivlenmesini, analiz edilmesini; hasta tarafında çalışan istemci yazılım ise kullanıcılar için kullanımı kolay bir arayüz sağlamaktadır [2,8].

Chien ve arkadaşlarının çalışmasında, yaşamsal işaret olarak ECG ve EMG sinyalleri kablosuz iletişim tekniği olarak RF (433.92 MHz) standardı ile alıcı üniteye aktarılmıştır [9].

Cosmonescu ve arkadaşlarının çalışmasında yine ECG ve EMG sinyalleri, bluetooth yardımıyla kablosuz ortama aktarılmıştır. Çalışmada bluetooth ile alınabilecek verilerin MATLAB programı yardımıyla analizinin yapılabileceği önerisi verilmiştir [10].

Reza Fazel-Rezai çalışmasında ECG sinyali, Bluetooth teknolojisi yardımıyla alıcı üniteye aktarılmış ve LabVIEW programı kullanılarak görsellik sağlanmıştır [11].

Oweis ve Barhoum'un çalışmasında ise, ECG sinyali RF (434 MHz) standardı ile kablosuz olarak alıcı üniteye aktarılmış ve MATLAB programı ile aktarılan sinyal görüntülenmiştir [12].

Toral ve arkadaşlarının çalışmasında, Nabız, SpO₂ ve sıcaklık sinyalleri bilgisayara aktarılarak LabVIEW programı ile görüntülenmiştir. Bu çalışmada kablosuz iletişim teknolojileri kullanılmamıştır [13].

Kumar ve Rahman'ın çalışmasında, SpO₂ ve vücut sıcaklığı sinyalleri RF (433 MHz) standardı ile ana üniteye aktarılmış ve ana üniteden GSM altyapısı kullanılarak server üniteye mesajlar (SMS) halinde transfer edilmiştir. Bu sayede oldukça geniş menzilli bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Server üniteye ise LabVIEW programı kullanılmıştır [14].

Bu bildiride sunulan sistemdeki yaşamsal işaretler, ile bu çalışmaya en çok benzeyen Toral ve arkadaşlarının çalışmasında kullanılan yaşamsal işaretler aynıdır. Ancak Toral ve arkadaşlarının çalışmasında herhangi bir kablosuz iletişim teknolojisi

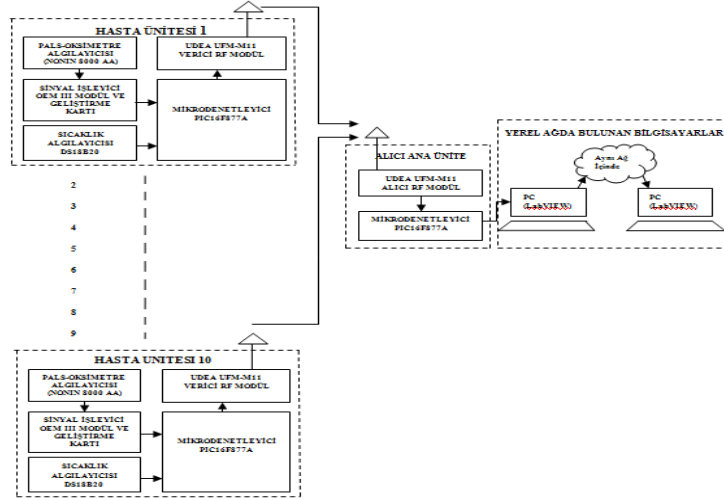
kullanılmamıştır. Hazırlanan elektronik ünitelerden alınan yaşamsal işaretler doğrudan bilgisayara transfer edilip, LabVIEW’de izlenmiştir [13].

3. PIC Mikrodenetleyici Tabanlı Kablosuz Pals-Oksimetre Ölçme Sistemi

Bu çalışmada geliştirilen mobil sağlık uygulaması donanım ve yazılım olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır.

Donanım

Şekil 1’de geliştirilen sisteme ait blok şema görülmektedir. Sistem üç ana ünitelerden oluşmaktadır: Hasta Ünitesi, Alıcı Ana Ünite ve Yerel Ağda bulunan bilgisayarlar.



Şekil 1-Sistem Genel Şeması

Hasta Ünitesi

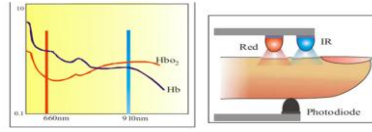
Hasta üzerinde taşınabilen modül beş kısımdan oluşmaktadır: Pals-Oksimetre algılayıcı, işaret şartlandırıcı (NONIN OEM III Modül ve Geliştirme Kartı), temsili vücut sıcaklığı algılayıcısı, denetleyici ve verici üniteleri. Bu çalışmada hasta sayısı bir, ölçülen yaşamsal veri sayısı da 2 adet olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak RF modül Tablo 1’den de görüldüğü üzere 10 adet farklı frekans kanalına sahip olduğundan hasta sayısı 10 adete kadar artırılabilir.

Tablo 1-RF Modül kanallarına göre çalışma frekansları [17]

| | |
|---------|------------|
| Kanal 0 | 433.05 MHz |
| Kanal 1 | 433.25 MHz |
| Kanal 2 | 433.45 MHz |
| Kanal 3 | 433.65 MHz |
| Kanal 4 | 433.85 MHz |
| Kanal 5 | 434.05 MHz |
| Kanal 6 | 434.25 MHz |
| Kanal 7 | 434.45 MHz |
| Kanal 8 | 434.65 MHz |
| Kanal 9 | 434.85 MHz |

Pals-Oksimetre Algılayıcısı

Pals-oksometre yöntemi, Şekil 2’de görüldüğü gibi SpO_2 ölçümü, kırmızı ve kızılötesi spektrumdaki HbO_2 (oksijene olmuş hemoglobin) ve Hb (indirgenmiş hemoglobin) moleküllerinin birbirinden farklı olan bu soğurma karakteristiklerinden yararlanılmaktadır [15].



Şekil 2-Pals-Oksimetrenin Çalışma Mantığı [15]

Pals oksimetreler, SpO_2 konsantrasyonu ile beraber nabızı da hesaplar [15].

Düzeneğin optik dönüştürücü birimini oluşturan prob, kızılötesi ve kırmızı ışık yayan iki LED diyot ve her iki ışığın dalga boyuna da duyarlı olan bir foto dedektörden oluşmaktadır. Fotodedektör çıkışından elde edilen ışık verisi akım-gerilim dönüştürücüsü vasıtasıyla gerilime dönüştürülür. Örnekleme ve tutma devreleriyle, LED diyotlar anahtarlandığında foto dedektörden elde edilen ışık bilgisinin, anahtarlama işareti ile eş zamanlı olarak örneklenmesini ve bir sonraki anahtarlama işaretine kadar kaybolmadan tutulması sağlanır. Bu devrenin çıkışı, DC bileşeni kaldırmak ve yüksek frekans gürültüsünü kesmek için aktif bir bant geçiren filtreyle donatılmış bir amplifikatör katında işlenir. Sistemde elde edilen ışık bilgileri bir analog sayısal dönüştürücü vasıtasıyla 8 bitlik sayısal işarete dönüştürülerek, mikroişlemcili sisteme aktarılabilir [15]. Veriler, OEM III geliştirme kartı üzerindeki seri porttan mikrodenetleyiciye aktarılırken Şekil 3’de görülen 1 numaralı veri formatı kullanılmıştır. Bunun dışında iki ayrı veri formatı seçeneği mevcuttur. Bu formatta, OEM III geliştirme bordunun seri portundan veri saniyede üç byte şeklinde iletilmektedir.

| Byte 1 - Status | | | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| BIT7 | BIT6 | BIT5 | BIT4 | BIT3 | BIT2 | BIT1 | BIT0 |
| 1 | SNSD | OOT | LPRF | MPRF | ARTF | HR8 | HR7 |
| *Note: Bit 7 is always set | | | | | | | |

| Byte 2 - Heart Rate | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| BIT7 | BIT6 | BIT5 | BIT4 | BIT3 | BIT2 | BIT1 | BIT0 |
| 0 | HR6 | HR5 | HR4 | HR3 | HR2 | HR1 | HR0 |
| *Note: Bit 7 is always clear | | | | | | | |

| Byte 3 - SpO2 | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| BIT7 | BIT6 | BIT5 | BIT4 | BIT3 | BIT2 | BIT1 | BIT0 |
| 0 | SP6 | SP5 | SP4 | SP3 | SP2 | SP1 | SP0 |
| *Note: Bit 7 is always clear | | | | | | | |

Şekil 3- 1 numaralı seri veri formatı [16]

SNSD : Algılayıcı oksimetre cihazına bağlı değil (Sensor Disconnect)

OOT : Peş peşe gelen darbe sinyallerinin olmaması

LPRF : Düşük perfüzyon

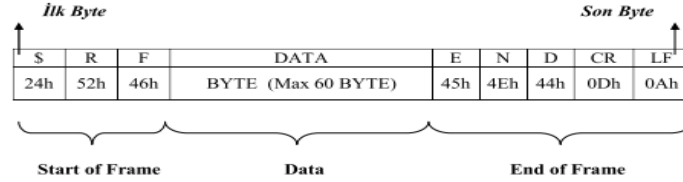
Perfüzyon : Kanın dokulardan belirli hız ve basınç altında geçmesi

MPRF : Marjinal Perfüzyon (Perfüzyon sınırda)

ARTF : Geçerli nabız aralığı ile tespit edilen nabız eşleşmemesi (Artifact)

RF Modül Ünitesi

RF Modül ünitesinde kullanılan UFM-M11 modem modüller, 434 MHz UHF bandında üretilmiş modüllerdir. İletişim Tipi Asenkron (UART) ve hızı 9.6Kbps'dir. Genel data formatı Şekil 4'de görüldüğü gibidir. İletişim data formatı olarak 8 veri bitine sahiptir, eşlik biti yoktur, stop biti 1 ve akış kontrolü yoktur [17].



Şekil 4-RF Modül Genel Data Formatı [17]

Alıcı Ana Ünitesi

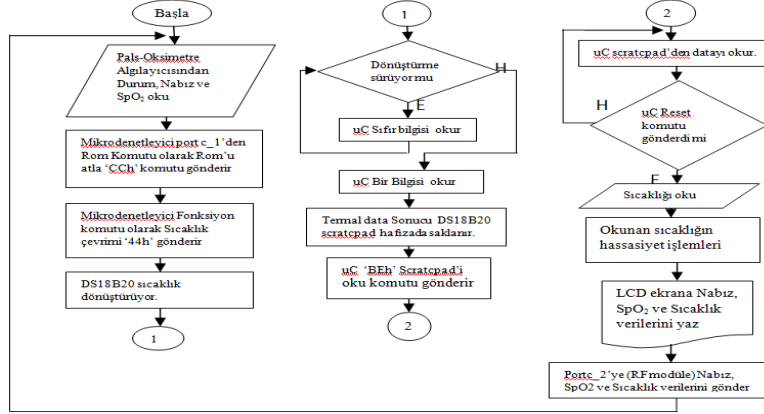
Alıcı ana ünitesi Şekil 1'de görüldüğü gibi donanım açısından 2 alt üniteden oluşmaktadır: RF modül ünitesi ve Kontrol ünitesi.

Yazılım

Verici ve Alıcı birimlerde kontrolü sağlayan birer adet mikrodenetleyici kullanılmış ve mikrodenetleyiciye yüklenmek üzere bir adet yazılım hazırlanmıştır. Yazılımlar PicBasic Pro programlama dilinde geliştirilmiş ve MicroCode Studio programında derlenmiştir. Bilgisayara alınan verilerin görüntülenmesi için LabVIEW 7.1 sürümünde bir kullanıcı arayüzü hazırlanmıştır.

Verici Ana Kontrol PIC16F877A Yazılımı

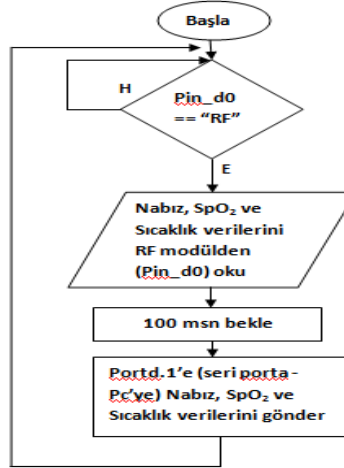
Şekil 5’de verici birim mikrodenetleyicisinde yazılmış olan programın akış şeması görülmektedir.



Şekil 5-Verici Birim Akış Şeması

Alıcı Ana Kontrol PIC16F877A Yazılımı

Şekil 6’da alıcı birim mikrodenetleyicisinde yazılmış olan programın akış şeması görülmektedir.



Şekil 6-Alıcı Birim Akış Şeması

LabVIEW Kullanıcı Arayüz Tasarımı

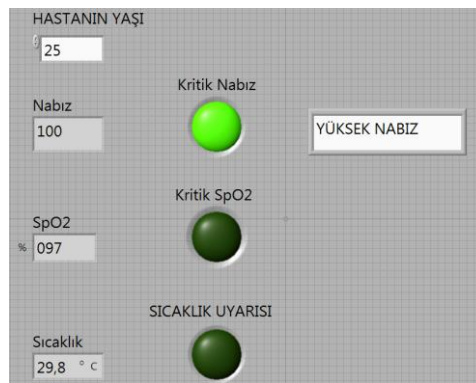
LabVIEW VISA, çeşitli portlardan giriş ve çıkış düzenlemelerinin gerçekleştirildiği bir giriş – çıkış nesnesidir [18]. Şekil 7’de LabVIEW kullanıcı arayüzü ve Şekil 8’de

gerçekleştirilen LabVIEW uygulamasına ait blok diyagram penceresi görülmektedir. LabVIEW uygulamasında gerçekleştirilen işlemleri basamaklar halinde yazacak olursak :

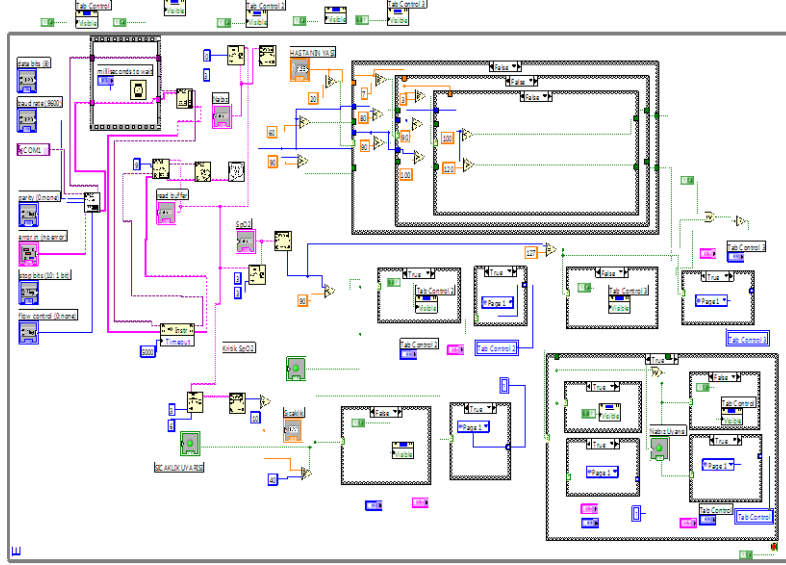
1. Seri Port Konfigürasyon Sanal nesnesi aracılığıyla alıcı donanımından veriler bilgisayara eşzamanlı olarak alınır.
2. Sürekli üç byte arka arkaya gelen verileri kaçırmamak için “VISA SERIAL” ile “VISA Read” arasında “VISA Flush I/O buffer” ve bir “zaman aşımı (timeout) property node” kullanılmıştır.
3. Gelen her nabız, SpO₂ ve sıcaklık verisi 1'er byte ve her byte 3 basamak olarak geldiği için 9 basamaklık veri, “String Subset” nesnesi ile 3'er basamak olarak ayrılmaktadır.
4. Nabız verisi, Tablo 2'de verilen aralıklar doğrultusunda değerlendirilerek; uygun olmama durumunda ışıklı ve mesajlı uyarı kullanıcı ön panelinde belirmektedir.
5. Gelen SpO₂ verisi %90 değerinin altında ise “hastanın solunum desteğine ihtiyacı vardır” şeklinde uyarı mesajı ve kritik SpO₂ ledi ile gerekli uyarının ön panelde verilmesi sağlanmıştır [15].
6. Ayrıca Pulse oksimetre algılayıcısının parmağa takılı olmadığı durum da kontrol edilerek; ilgili uyarı mesajı da ekranda belirmektedir.

Tablo 2-Yaş – Nabız İlişkisi [19]

| Yaş | Nabız |
|------|---------|
| 0-1 | 120-140 |
| 1-3 | 90-120 |
| 3-7 | 90-100 |
| 7-20 | 80-90 |
| >20 | 60-80 |



Şekil 7-LabVIEW uygulaması ön paneli



Şekil 8-LabVIEW uygulama blok diyagramı

Web Üzerinden Yayınlama ve Erişim

Hazırlanan arayüzün aynı ağ içerisinde “Web Publishing Tool” nesnesi ile yayını gerçekleştirilerek; ölçülen verilerin takibini yapacak doktorun, kablosuz modülün kapsama alanı içerisinde kalma zorunluluğu ortadan kaldırılmıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

RF modüller ile kapalı alan içerisinde maksimum 40m, açık alanda ise 100m’lik bir kapsama alanı içerisinde alıcı ana üniteye transfer edilen yaşamsal veriler, LabVIEW ortamında geliştirilen arayüzün web ortamında yayımlanması ile internet üzerinden izlenebilmektedir. Bu çalışmada ölçülen yaşamsal veriler ve kapsamı alanı artırılarak daha verimli hale getirilebilir. UDEA firmasının yeni ürünü UFM-M12 RF modülü kullanılarak hasta ünitesi ile alıcı ana ünite arasındaki kapsama alanı 1km’ye kadar genişletilebilir. Ya da maliyeti daha yüksek olan GSM modüller kullanılarak ta mesafe artırılabilir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Marmara Üniversitesi BAPKO tarafından desteklenmiş ve FEN-C-YLP-300609-0224 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür.

6. Kaynakça

- [1] Karasulu B, Toker, L, Korukoğlu, S. ZigBee – IEEE 802.15.4 Standardı Temelli Kablosuz Algılayıcı

- Ağları, XIV. Türkiye’de İnternet Konferansı, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Dolapdere, İstanbul, 2009 (4)
- [2] Hakan İA, Güler, İ. Teletıpta Mobil Uygulama Çalışması ve Mobil İletişim Teknolojilerinin Analizi, 2010 : 1Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt:3, Sayı:1, (OCAK), <http://www.be.gazi.edu.tr/dergi/sayi/volume3-1.pdf>
- [3] Tonatiuh, R.T.; Ruben, A.P.; Takahashi M.C.: “ Vital Signs Monitoring Through Internet”, 17th International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP’07), 0-7695-2799-X/07, (2007)
- [4] Paksuniemi, M.; Sorvoja, H.; Alasaarela, E.; Myllyla, R.: “ Wireless sensor and data transmission needs and Technologies for patient monitoring in the operating room and intensive care unit”, Proceedings of the 2005 IEEE, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, September 1-4 (2005) 5182-5185
- [5] (omer13)
- [6] Navarro, E. A. V.; Mas, J. R.; Navajas, J. F.; Alcega, C. P.: “ Enhanced 3G-Based n-Health System”, IEEE EUROCON 2005, Belgrado, Serbia, (2005), 1332-1335.
- [7] Moron, M. J.; Casilari, E.; Luque, R.; Gazquez, J. A.: “A Wireless Monitoring System for Pulse-oximetry Sensors”, IEEE Proceedings of Systems Communications, (2005), 1-6.
- [8] Figueredo, M. V. M.; Dias, J. S.: “Mobile Telemedicine System for Home Care and Patient Monitoring”, 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, USA, (2004), 3387-3390.
- [9] Chien, C.N.; Hsu, H.W.; Jang, J.K.; Rau, C.L.; Jaw, F.S.: “Microcontroller-based wireless recorder for biomedical signals”, Proceedings of the 2005 IEEE, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, September 1-4, (2005) 5179-5181
- [10] Cosmanescu, A.; Miller, B.; Magno, T.; Ahmed, A.; Kremenic, I.: “ Design and Implementation of a Wireless (Bluetooth) Four Channel Bio- Instrumentation Amplifier and Digital Data Acquisition Device with User-Selectable Gain, Frequency, and Driven Reference”, Proceedings of the 28th IEEE, EMBS Annual International Conference Newyork City, USA, Aug 30- Sept3, (2006)
- [11] Fazel-Rezai, R.: “ A Low- Cost Biomedical Signal Transceiver based on a Bluetooth Wireless System”, Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS Cite Internationale, Lyon, France, August 23-26, (2007)
- [12] Oweis, R.J.; Barhoum, A.: “PIC microcontroller-based RF wireless ECG monitoring system”, Journal of Medical Engineering & Technology, Vol. 31, No.6, doi : 10.1080/03091900600703560, (2007) 410-418
- [13] Toral, T.R.; Palomares, R.A.; Iturriaga, M.C.Y.T.: “Vital Signs Monitoring Through Internet”, 17th International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP’07) 0-7695-2799-X/07, (2007)
- [14] Kumar, A.; Rahman, F.: “Wireless Health Alert and Monitoring System”, Intl. Conf. On Biomedical and Pharmaceutical Engineering, (2006)
- [15] Akan, H.; Şişman, M.; Taş, Ü.; Akbaş, A.: “Solunum Fonksiyonlarının Gerçek Zamanlı Değerlendirilmesi İçin Gerçek Zamanlı Bir Ölçme Düzenine Tasarımı”, I. Uluslar arası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Göztepe, 34722, İstanbul, (5-7 Eylül 2005) 1174-1180
- [16] “OEM III Module Spesification and Technical Information”, Nonin Medical, 13700, 1st Avenue North Plymouth, Minnesota 55441-5443, USA, (2007), <http://www.nonin.com/documents/OEM%20III%20Module%20Specifications.pdf>
- [17] “UFM-M11 Modem Modul Datasheet”, Udea, Ankara, (10 Mayıs 2010) <http://www.udea.com.tr/dokumanlar/UFM-M11.pdf>
- [19] “LabVIEW VISA Tutorial”, (15 Nisan 2010), <http://www.ni.com/support/visa/vintro.pdf>
- [20] “Kalbin Hızlı Atması Taşikardi ve Tedavisi”, (10 Temmuz 2010), <http://www.saglikhastalik.com/kalbin-hizli-atmasi-tasikardi-ve-tedavisi-20.html>

7. Sorumlu Yazarın Adresi

Doç. Dr. Hayriye Korkmaz, Marmara Üniversitesi, Tek. Eğt. Fak. Elektronik-Bilgisayar Eğt. Böl. D Blok 513 nolu oda, Göztepe Yerleşkesi, İstanbul, TÜRKİYE.
Eposta: hkorkmaz@marmara.edu.tr, URL: mimoza.marmara.edu.tr/~hkorkmaz