



Sürekli Vucut Sıcaklığı Ölçümü İçin Biyotelemetri Cihaz Tasarımı The Design of a Biotelemetry Device for Continuous Body Temperature Monitoring

Ahmet Mert¹, Ömer Seçgin², Aydın Akan³

¹ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Piri Reis Üniversitesi

amert@pirireis.edu.tr

² Gemi Makinaları İşletme Mühendisliği Bölümü
Piri Reis Üniversitesi

osecgin@pirireis.edu.tr

³ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
İstanbul Üniversitesi

akan@istanbul.edu.tr

Özet

Bu çalışmada özellikle bebekler ve çocuklar için tasarlanan sürekli ateş ölçer ve özellikleri tarif edilmiştir. Vucuda bağlanan ölçüm cihazı ile ateş bilgisi sürekli olarak masa tipi gösterge cihazına veya mobil cihaz için geliştirilen yazılıma aktarılacaktır. Kullanıcı ayarlı alt ve üst sınır değerlerini aşması durumunda alarm devreye girerek ebeveyni uyaracaktır. Böylece bebeklerin ve çocukların yüksek ateşe bağlı rahatsızlık geçirmesinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Ebeveyn açısından sağladığı konfor ile bahçeden, diğer odalardan vb. uzak yerlerden ateş kontrolünü yapmak mümkün kılacaktır. Cihazlar temel olarak düşük güç mikrodenetleyici, Bluetooth, temassız sıcaklık sensörü ve grafik göstergeden oluşan gömülü sistem tasarımından oluşmaktadır.

Abstract

In this study, continuous body temperature monitoring devices for babies and children with its specifications are described. Body mounted measurement device transfers the temperature to the monitoring device or a mobile device with developed software. When the temperature exceeds the user defined minimum and maximum limits, the alarm will be active to warn parents. Thus, the objective is to prevent babies from fever related illness. This design also facilitates to observe body temperature from long distance such as rooms and garden. Both devices consist of low power mikrocontroller, contactless temperature sensor, Bluetooth and graphical liquid crystal display.

1. Giriş

Vucut sıcaklığı her yaşta birey için hastalık teşhisinde kullanılan bir bulgu olmakla birlikte, küçük yaşlarda sıklıkla karşılaşılan yüksek ateş vucutta geri dönüşü olmayan hasar bırakabilmektedir. Bu sebepten ötürü ebeveynler bebeklerinin veya çocuklarının sıcaklığını sürekli kontrol ederek olası yaşamsal prob-

lemlerin önüne geçmeyi amaçlamaktadır. Günümüzde klasik yöntem civalı termometrelerin yerini alından ve kulaktan ölçüm yapan elektronik termometreler alıyor olmasına rağmen bu cihazlar ile ebeveynler bebeğin başında bekleyerek ölçüm yapması ve sonuçları gözlemlemesi gerekmektedir.

İşlevsel olarak çok farklılık olmamasına rağmen temaslı sıcaklık ölçerler için ısı transferinin civa haznesine veya termistör yönünde dengeye gelmesi vakit aldığından dolayı temassız sensörlerin kullanılması sıcaklık değişiminin algılanmasında daha elverişlidir. Temassız sensörlerin diğer avantajı ise, alın ve kulak içi gibi açıkta olan bölgelerden hızlıca ölçüm alabilmeye imkan vermesidir [1]. Böylece uzun süre bekleme, ağızdan ve koltuk altından ölçümlerde hijyen sorunu gibi istenmeyen durumların önüne geçilebilmektedir. Fakat kulak ve alından ölçüm yapan cihazlarda düzeltme katsayısının doğru belirlenmesi gerekmektedir [2, 3].

Biyotelemetri vucuda bağlı ölçüm sistemi ile elde edilen verilerin uzaktaki sisteme aktarılmasıdır [5]. Gelişen teknoloji ile küçülen sistemler sayesinde taşınabilir hasta tıbbi ölçüm değerlerinin takibi ve kaydı yapılabilmektedir [4]. Yetişkinler için solunum hızı, elektrokardiogram (EKG), elektromiyogram (EMG) ve vucut sıcaklığı gibi birden çok ölçüm değerlerinin hatasız en uzak mesafelere iletilmesi için haberleşme tekniklerini inceleyen çalışmalar [1, 4, 6] ile birlikte benzeri verilerin internet tabanlı takibini kapsayan çalışmalar bulunmaktadır [4].

Bu çalışmada yetişkinler ve çocuklar için vucut sıcaklığı ölçümü yapıp takibini sağlayacak biyotelemetrik cihaz tasarımı yapılmıştır. Benzer cihazlar gibi vucut sıcaklığını ölçebilecek ve bu verileri Bluetooth ile masa tipi cihaza veya Android tabanlı sisteme iletecektir. Kullanıcı tarafından ayarlanabilen bu cihaz ve yazılım sayesinde belirli aralıklarda ölçülen vucut sıcaklığı uzak mesafeye transfer edilecektir. Alarm sistemi ile ebeveynlerin gözünden kaçması muhtemel sıcaklık artışına bağlı olası sağlık problemlerinin önüne geçilebilecektir ve ebeveyn-

Biyotelemetri

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)

kolaylık sağlanacaktır.

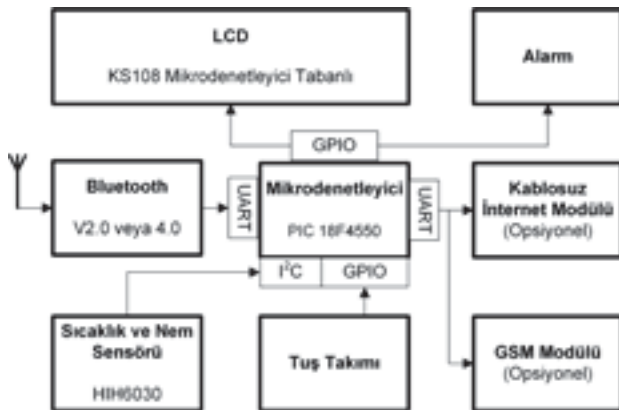
2. Sistem Mimarisi

Tasarlanan sistem temel olarak vucuda bağlanacak cihaz ile tercihe bağlı uzak mesafede yer alabilen masa tipi gösterge veya Android işletim sistemi tabanlı mobil cihazdır. Ölçüm ve gösterge/mobil cihazları olarak anılacak olan bu cihazlardan ölçüm cihazı, belirli aralıkta vucut sıcaklığını ve bu sistemi besleyen pilin voltaj değerini Bluetooth ile gönderecektir. Masa tipi cihaz veya mobil cihaz Bluetooth ile aldığı ham verileri işleyip ekranda gösterecek ve kayıtları saklayacaktır. Kullanıcı girişi ile alt ve üst sıcaklık değerleri belirlenecek ve bu sınırlar dışında ise alarmı etkin hale getirecektir. Bu ölçüm cihazının çalışmasını izah eden blok diagramı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Ölçüm cihazı blok diagramı

Bu cihaz için besleme kaynağı olarak bir adet CR 2032 pil, sıcaklık sensörü, köle modunda çalışan Bluetooth verici ve bu sistemi kontrol eden mikrodenetleyici kullanılmıştır. Bu cihazın dizayn kriterleri arasında vucuda en kolay şekilde monte edilebilecek bir kasa tasarımı yer almaktadır. Cihaz mikrodenetleyicinin ilgili çevresel modülleri (I²C, ADC ve UAR) ile vucut sıcaklık değeri, pil seviyesi okunmakta ve gönderilmektedir. Gösterge cihazı olan masa tipi cihaz için çalışma blok diagramı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Masa tipi gösterge cihazı blok diagramı

Masa tipi ölçüm cihazı efendi modunda çalıştırılan Bluetooth modülünden alınan ham verilerin işlenmesi ve göster-

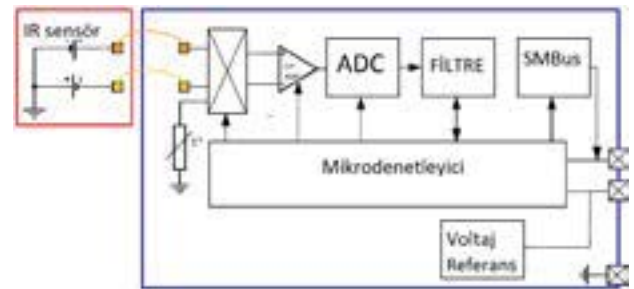
ilmesi işlevini yürütmektedir. Kullanıcı tuş takımı ile ayarları yapabilmekte ve geçmiş kayıtları gösterilmesini sağlamaktadır. En önemli özelliği ise sıcaklık alt ve üst limitleri belirlenip alarm cihazının aktive edilmesini sağlamasıdır. Toplam olarak cihaz içinde bulunan oda içi sıcaklık ve nem sensörü ile birlikte Bluetooth üzerinden alınan pil seviye ve vucut sıcaklık sensörü verileri LCD ekran üzerinde gösterilir ve grafiği çizdirilir. Opsiyonel olarak kullanılan kablosuz internet ve GSM modülü ile bu verilerin çok uzak mesafelere taşınması mümkün olabilmektedir. Kullanılan elektronik komponentler ayrıntılı olarak bir sonraki alt bölümlerde açıklanmıştır.

2.1. Mikrodenetleyiciler

Ölçüm cihazında kullanılan mikrodenetleyici düşük voltaj ve düşük güç tüketimine sahip 8 pinli PIC 12LF1822'dir[7]. 2KB program hafızasına sahip olmasına rağmen uygulama için gerekli asenkron seri port (UART), I²C gibi iki telli iletişim modülünü ve analog dijital çeviriciyi(ADC) bir arada bulundurması sebebiyle diğer düşük güç ve voltaj mikrodenetleyiciler içinden tercih edilmiştir. Verileri ham olarak göndermesi sebebiyle program hafızası yeterli olmaktadır. Masa tipi gösterge cihazında ise hızlı ve üst mimari özellikli PIC 18F4550 tercih edilmiştir. 32 KB program hafızası, 2 KB hafızası (SRAM) ve 256 B EEPROM hafızası ile özellikle grafik LCD uygulamaları için gerekli işlem gücü ve kapasiteyi sağlayabilmektedir. 40 genel amaçlı giriş-çıkış (GPIO) desteği vermekte ve bu pinlere bağlı I²C, UART çevresel donanımları işletebilmektedir. Örnek olarak grafik LCD için 8 pin veri hattı ve 6 adet kontrol hattı gerekmektedir, diğer bağlantılarla beraber bu sayı PIC 18F4550[8] ile karşılanabilmektedir.

2.2. Temassız Sıcaklık Sensörü

Vucut sıcaklığını ölçmek için Melexis marka MLX 90615 [9] termopil temassız sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Bu sensör 3.6 mm yarıçapında olması, kalibrasyon ve ilave komponent gerektirmemesi sebebiyle tercih edilmiştir. Diğer bir avantajı ise temassız ölçüm sebebiyle hızlı ölçüm yapılabilmesi ve olası ölçüm cihazının vucut üzerine montaj esnekliği sağlayabilecek olmasıdır. Bu sensörün blok diagramı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3: MLX 90615 temassız sıcaklık sensörü blok diagramı[9].

IR sensör ile ölçülen değer gömülü mikrodenetleyici ile işlenerek ve filtrelenerek I²C uyumlu SMBus haberleşme protokolü ile dijital olarak sıcaklık verisini iletilmektedir. 16

Biyoteleometri

bit çözünürlüklü analog dijital çeviricisi ile 0.01 çözünürlüğe ve $\pm 0.2^{\circ}C$ 'ye sahip doğruluğa sahiptir. I^2C protokolü ile MLX90615 sıcaklık sensörünün 0xB7 hafıza adresine ölçülüp kaydedilen sıcaklık verisi okunur. $sıcaklık = 0xB7 * 0.02 - 273.15$ formülü ile $^{\circ}C$ cinsinden sıcaklık bulunur.

2.3. Grafik Gösterge

Masa tipi gösterge cihazında kullanılan 128*64 piksel çözünürlüğe sahip grafik LCD'dir. MikroElektronika firmasının MikroC derleyicisi ile uyumlu ve hazır kütüphanesi bulunması sebebiyle KS108 mikrodenetleyici veya muadili temelli GLCD kullanılmıştır. Benzer ürünleri içerisinde negati voltaj ve harici pasif komponent gereksinimleri yüzünden 4 bit SPI ile haberleşen modeller tercih edilmemiştir. Bunun yerine 8-bit veri ve 6 bit kontrol hattına sahip olan modeller tercih edilmiştir.

2.4. Nem ve Sıcaklık Sensörü

Bebeğin kaldığı odanın sıcaklık ve nem oranı bebeğin sağlığını etkilemesi sebebiyle masa tipi gösterge cihazına sensör eklenmiştir. HIH 6030 sensörü fiyat performans açısından makul olmakla birlikte 2.3-5.5V geniş besleme voltajı aralığı ile birçok sisteme entegre edilebilir. Bu çalışmada I^2C haberleşme protokolünü kullanan modeli tercih edilmesine rağmen SPI protokolüne sahip olan modelleri mevcuttur. ± 4.5 bağıl nem hatasına ve $\pm 1^{\circ}C$ sıcaklık hatasına sahip 8 pinli bir yüzey montaj entegredir.

2.5. Haberleşme Modülleri (Bluetooth, GSM ve Kablosuz İnternet)

Bluetooth modülleri bu standartlar gereği lisanslanmış ilgili protokol onaylı hazır modüllerdir. Yüzey montaj olarak devreye monte edilebilen bu modüller UART arabirimi ile mikrodenetleyici ile haberleşmektedir. Modele göre 9600 veya 38400 kbps hızında iki Bluetooth modülü arasında seri veri iletimini kablosuz olarak yapmaya imkan sağlamaktadır. Ölçüm cihazındaki köle (slave) modunda, gösterge cihazındaki ise efendi (master) modunda çalıştırılır. Masa cihazı aktif edildiğinde ölçüm cihazını bulur ve otomatik olarak bağlanır. V2.0 uzak mesafe haberleşmeye imkan vermekle birlikte V4.0 medikal cihazlar, spor salonu cihazları ve dedektör gibi uygulamalarda düşük güç tüketimi ve hızlı bağlantı gibi özellikleri ile öne çıkan düşük enerjili Bluetooth versiyonu olarak anılmaktadır. Bu sebeple medikal uygulamalar için önerilmektedir. 4.0 versiyonu maalesef geri dönük uyumlu değildir, v4.0 cihazla (özellikle Android ve IOS tabanlı cihazlar) haberleşebilirken, bilgisayar (çoğunlukla V2.0 kullanılıyor) ile haberleşme için V2.0 kullanılması günümüz teknolojileri ile gereklidir. Fakat her iki tip için (v2.0 için HC-05, V4.0 için DBM01 modelleri) de ortak kullanımı UART haberleşme protokolü ile mikrodenetleyici ile haberleşmesidir. Diğer opsiyonel GSM ve kablosuz internet modülleri ise benzer şekilde UART modülü kullanarak PIC 18F4550 ile haberleşmektedir. Farklı terminal komutları ile IP adresi ve GSM numaraları modüllere transfer edilerek sıcaklık değerlerinin uzak mesafelere iletimi mümkün olabilmektedir.

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)

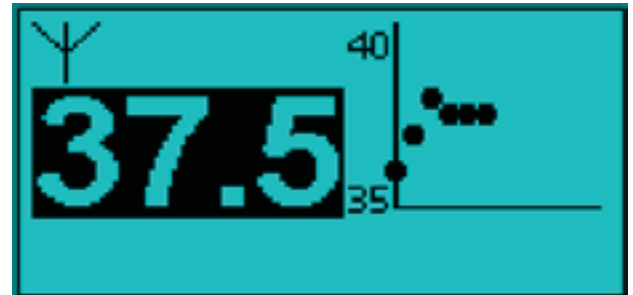
3. Sonuçlar ve Tartışma

Ölçüm cihazı için düşük voltaj (3V) devre tasarlanmıştır. Bluetooth modülü ve MLX 90615 sıcaklık sensörü ile uyumlu UART, I^2C protokolleri ile haberleşebilecek PIC 12LF1822 kodları MikroC derleyici yazılmıştır. Bu mikrodenetleyici içerisinde 2.048 V voltaj referans modülü analog-dijital çevirici için referans değer olarak kullanılmıştır. CR2032 pil voltaj bölücü ile tam doluyken 1.5 V olarak okunmaktadır. Pil seviyesi ve sıcaklık sensörü verileri bu mikrodenetleyicide işlenerek ASCII karakteri olarak Bluetooth ile iletilir. Bu devrenin prototipi denenerek bilgisayarda Bluetooth terminal programı üzerinden verilerin doğruluğu kontrol edilmiştir. Tıbbi yönüyle bu cihazın vucut üzerine nasıl monte edileceği ve özellikle bebek için ergonomik dizaynın önemli kriter olması sebebiyle yüzey montaj baskı devre tasarımından sonra net karar verilecektir. Koltuk altı bağlantı en popüler aday olmakla birlikte, göbük veya alın bandı şeklinde vucut bağlantıları seçenekler arasındadır. Koltuk altı bağlantı için örnek Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4: Koltuk altı örnek bağlantı görünüşü

Masa tipi cihazı ölçüm cihazına kıyasla çok daha fazla ve kapsamlı yazılımdan oluşmaktadır. Kullanıcı için basit ve etkin bir arayüz sunarken, temel işlevi olan çevresel birimlerden gelen verileri hatasız olarak gösterebilmesidir. Sırası ile vucut sıcaklığı, pil seviyesi, bağlantı durumu, oda sıcaklığı, nem ve kalıcı bellekte bu verilerin kaydedilmesinden sorumludur. Bu cihaz için dizayn aşamaları devam etmekle birlikte simülasyonu yapıp doğruluğu test edilen kısmı Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Masa tipi gösterge cihazı.

Oda sıcaklığı, nem ve kullanıcı girişleri hariç olmasına rağmen 128*64 piksel grafik LCD için mümkün olan en geniş alanı vucut sıcaklığı ve geçmiş değerlerle birlikte grafiği için ayırdık.



Biyotelemetri

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (11.45-13.00)

Alt ve üst kısımlara küçük puntolar ile pil seviyesi, nem ve oda sıcaklığı eklenecektir. Planlanan mobil cihaz yazılımı ile masa tipi göstergere cihazına ihtiyaç duyulmadan tasarlanacak kullanıcı arayüzü ile benzer fonksiyonlar yerine getirilecektir.

Bu cihazların ve yazılımların tamamlanıp uygun kasa dizaynı ile uzaktan bebek ve çocukların sıcaklıklarını gözlemleyebileceğimiz ve yüksek ateş durumunda ebeveyle uyarıp olası havele vb. durumun önüne geçilmesi sağlanmış olacaktır.

4. Sonuç

Tasarlanan ve geliştirilmesi devam eden bu ölçüm ve gösterge cihazlarını yardımıyla özellikle bebeklerin ve çocukların vücut sıcaklığı belirli aralıklarda Bluetooth aracılığı ile gönderilecektir. Gösterge cihazı, bebeklerin yüksek ateş durumunda ebeveyle büyük yardımcısı olacaktır. Sürekli ölçüm ve alarm özelliği ile taşınabilir olması, bebeklerin ateşinin yükseldiği durumlarda ebeveyle uyaracaktır. Böylece bebek başında beklemeye veya sabahlamaya gerek kalmadan bebek ve çocukların sağlıklarını korumaya yardımcı olacak bir cihaz tasarımı gerçekleştirilmiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Özgören, M., Mustafa, Ş. ve Öviz, A., “Vücut sıcaklığının gözlemlenmesi için temaslı-temassız sensör ağı”, *BiYOMUT 2010*, 2010, 1-4.
- [2] İlçe, A. ve Karabay, O., “Ateş ölçümünde dört farklı vuc-

cut bölgesinin karşılaştırılması ve hasta tercihinin incelenmesi”, *Düzce Üniv. Tıp Fak. Dergisi*, 11(3), 5-10, 2009.

- [3] Yağcı-Küpeli, B. ve Küpeli, S., “Body temperature Measurement skills and fever knowledge of caregivers with a child having cancer”, *Cukurova Medical Journal*, 38(4), 706-711, 2013.
- [4] Eriş, Ö., Korkmaz H., Toker, K. ve Buldu, A., “İnternet üzerinden hasta takibi amaçlı PIC mikrodenetleyici tabanlı kablosuz pals-oksometre ölçme sistemi tasarımı ve LabVIEW uygulaması”, *VII. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi*, 16-25, 2010.
- [5] Fidan, U. ve Güler, N.F., “4 Kanallı biyotelemetri cihazı tasarımı”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 22(1), 7-12, 2007.
- [6] Kim, C. ve Nooshabadi, S., “A 200Mbps, 0.66nJ/b DTR UWB receiver for high data rate wireless biotelemetry applications”, *Biomedical Circuits and Systems Conference*, 21 - 24, 2010.
- [7] PIC 12LF1822 klavuzu, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001413D.pdf>, Erişim Temmuz 2014.
- [8] PIC 18F4550 klavuzu, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>, Erişim Temmuz 2014.
- [9] Melexi MLX90615 klavuzu, <http://www.melexis.com/Assets/IR-sensor-thermometer-MLX90615-Datasheet-5477.aspx>, Erişim Temmuz 2014.