

Biyomedikal Uygulamaları için Nesnelerin İnterneti Tabanlı Veri Toplama ve Analiz Sistemi

Faruk AKTAŞ¹, Celal ÇEKEN², Yunus Emre ERDEMLİ¹

¹ Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
{faruk.aktas, yunusee}@kocaeli.edu.tr

² Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Sakarya Üniversitesi
celalceken@sakarya.edu.tr

Özetçe

Kablosuz teknolojiler ile hastane ortamından uzakta ve ev ortamında, hasta üzerine giydirilebilen veya vücuduna yerleştirilebilen algılayıcılar sayesinde fizyolojik veriler, hastaya acı vermeden ve günlük hayatına devam ederken toplanabilmektedir. Kablosuz vücut alan ağları kullanılarak hastalardan toplanan fizyolojik veriler genellikle izleme amaçlı kullanılmaktadır. Bu kapsamda kablosuz sistemlerin hasta açısından en büyük avantajı, hareket sınırlılığını ortadan kaldırması ve hasta inisiyatifine bırakılmadan ölçümlerin yapılabilmesidir. Bu bildiride, ev veya hastane ortamında bulunan hastalarda olası problemlere hızlı müdahalede bulunma ve sektörde çalışan doktorların daha doğru teşhis ve tanı yapabilmeleri amacıyla, “nesnelerin interneti” tabanlı kablosuz vücut alan ağları ve bu ağlara entegre edilecek RFID sistemler kullanılarak uzaktan hasta izleme ve veri analiz sistemi sunulmaktadır.

1. Giriş

Dünya üzerindeki nüfusun yaşlanmasıyla birlikte, kronik hastalıkların, ruhsal sorunların, yaralanmaların ve ölümcül bulaşıcı hastalıklara yakalanan kişilerin sayısının artması, sağlık hizmetlerinin kullanımını ve maliyetini arttırmıştır. Bununla birlikte, hastane ortamındaki uzun süreli tedaviler, insanlar üzerinde hastaneye yatış ile ilgili birçok fiziksel, psikolojik ve sosyal sorunlara neden olabilmektedir. Yukarıda belirtilen sorunların azaltılabilmesi için tansiyon, kan şekeri vb. gibi tıbbi ölçümlerin kişinin günlük yaşamını değişikliğe uğratmadan ve kullanıcı konforu gözetilerek yapılması gelişmekte olan kablosuz teknolojilerin kullanımı ile mümkün olmaktadır. Kablosuz teknolojilerin en büyük avantajı sağlık hizmetlerinin sağlık tesisleri dışında da verilebilmesidir. Uzaktan bakım hizmetinin kablosuz teknolojiler kullanılarak verilmesi, sağlık hizmeti veren yerlerin iş yükünün azalmasına yardımcı olmaktadır [1].

Kablosuz algılayıcı ağlar (KAA), dış ortama ait ışık, sıcaklık, basınç, ses, hareket vb. birçok fiziksel büyüklüğü toplama, toplanan verileri işleme ve haberleşme yapabilme becerisine sahip düğümlerden oluşan bir ağ sistemidir. KAA'ların bir türevi olan kablosuz vücut alan ağları (KVAA) ile bireylere ait fizyolojik veriler toplanabilmektedir (Şekil 1). KVAA'lar ile hasta üzerine giydirilebilen veya vücuduna yerleştirilebilen algılayıcılar sayesinde fizyolojik veriler,

istenilen aralıklarda, hastaya acı vermeden ve günlük hayatına devam ederken toplanabilmektedir.

Sağlık sektöründe kullanılan KVAA'ların temel amacı kalite ve verimliliğin artırılmasının yanında tıbbi acil durumlar meydana gelmeden önce önleyici tedbir alınmasını mümkün hale getirmektir. KVAA'lar hayati sinyallerin belli bir eşik değerinin altına inmesi veya üzerine çıkması halinde ilk yardım hizmetini verecek olan kişilere uyarıda bulunabilirler. Bu durumda, bilinç kaybı yaşayan, şokta olan veya kalp krizi geçiren bir bireyin durumu ve yeri hakkında kesin bilgiler elde edilerek gereken tıbbi müdahale gerçekleştirilebilir [1].

Radyo frekans tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) canlıları veya nesnelere radyo dalgaları ile tanımlamak için kullanılan teknolojilere verilen genel isimdir. RFID teknolojileri sağlık sektöründe hasta tanımlama, envanter takibi, ilaç ve reçete takibi, giyilebilir algılayıcı tasarımı vb. uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadırlar [2].

KVAA ve RFID teknolojilerini de kapsayan nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT) yapısı yeni bir teknoloji olmakla beraber günümüzde kullanılan alanları gittikçe artmaktadır. Akıllı ev sistemlerinden [3], tarım otomasyonuna [4], güvenlik sistemlerinden [5], enerji tüketim uygulamalarına kadar birçok alanda kullanılan IoT yapısının uzaktan sağlık hizmetleri alanında da birçok uygulaması bulunmaktadır [6].



Şekil 1: Fizyolojik veri toplama ve analizi [7]

Bu çalışmada, IoT kapsamında KVAA ve bu ağlara entegre edilecek RFID sistemler kullanılarak uzaktan hasta izleme ve tıbbi veri analiz platformu önerilmektedir. Önerilen platformun temel amaçları şunlardır:



Biyotelemetri

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

- IoT bileşenlerinden olan KVAA kullanarak hastalardan fizyolojik verilerin (EKG, EEG, EMG sinyalleri, pals oksimetresi, nabız, solunum vb.) toplanmasını sağlamak (Şekil 1),
- Hastalardan gelen bu verilerin daha sonra işlenmek üzere depolandığı hasta bilgi toplama modülü oluşturmak,
- IoT yapısının diğer bir bileşeni olan RFID sistemi kullanarak hastalara ait kişisel bilgilerin tutulmasını sağlamak,
- Hastalardan gelen bilgilere göre oluşacak acil durumlar için alarm verecek, ayrıca gelen bilgileri değerlendirip teşhis ve tanı yapılmasına yönelik bir modül oluşturmak,
- Geliştirilecek genel amaçlı teşhis ve tanı modülünün özel hastalıklara yönelik uygulanabilir olmasını sağlamak.

Bildiri metni şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2’de IoT ve bileşenleri KVAA ve RFID sistemleri hakkında bilgi verilmektedir. Bölüm 3’te önerilen sistem mimarisi tanıtılmakta; önerilen platformun yazılım bileşenleri, öncü bir benzetim çalışması ile birlikte Bölüm 4’te sunulmaktadır. Son bölümde ise çalışma özetlenmekte ve gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2. Nesnelerin İnterneti

“Nesnelerin İnterneti” (Internet of Things - IoT) kavramı ilk kez, 1999 yılında Kevin Ashton tarafından bir şirketin tedarik zincirinde RFID teknolojisi uygulamasının firmaya faydalarının sıralandığı ve kullanımının önerildiği bir sunumda kullanılmıştır [8]. IoT; insan müdahalesine ve veri girişine gerek olmadan cihazların, makinelerin kendi aralarında veri iletişimi yaptığı, bilgi topladığı ve toplanan bilgiler ile karar verdiği bir ağ yapısı olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle IoT, çeşitli yollarla adreslenebilir nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, çok geniş çapta yaygın bir ağ ve bu ağda bulunan nesnelerin belirli bir protokol ile birbirleriyle iletişim içinde olmaları olarak da tanımlanabilmektedir [9].

RFID sistemler, kablosuz algılayıcı ağlar, adresleme şemaları, veri depolama/analizi ve görüntüleme sistemleri temel IoT bileşenleri olarak sayılabilir [10]. Şekil 2’de IoT uygulama alanları görülmektedir [11].



Şekil 2: IoT uygulama alanları

IoT uygulamalarına örnek olarak; evdeki buzdolabı, biten gıda maddelerini süpermarkete ihtiyaç olarak bildirebilir; trafikteki tıkanıklığı algılayan araba trafikteki kişinin ailesine

veya toplanacağı kişilere varışında gecikme olacağını duyurabilir; şehirlerde, algılayıcılardan gelen veriler ile saptanan boş park yerleri sürücülere bildirebilir; seralarda topraktaki nem miktarını ölçen algılayıcılar gereken sulama miktarını ayarlayabilir; sürekli kan basıncını ölçen taşınabilir cihaz kişinin doktoruna tansiyonun yükseldiğini kısa mesajla bildirebilir; evinde düşen yaşlı bir hasta duvarlarda yer alan algılayıcılar tarafından algılanıp bakım merkezi uyarılabilir; vücuttaki EKG algılayıcıları aracılığıyla kalple ilgili faaliyetler izlenebilir ve bireyin akıllı telefonunda son durumla ilgili güncel veriler toplanarak özeti gösterilebilir [12]. IoT’nin sağlık hizmetleri ile ilgili uygulamaları genel olarak; nesnelerin ve insanların (hasta veya personel) takibi, kimlik tanımlama ve doğrulama, otomatik veri toplama ve uzaktan algılama olarak sınıflandırılabilir [13].

2.1. Kablosuz Vücut Alan Ağları

Küçük boyutlu, hareketli, düşük maliyetli, düşük enerji gereksinimli ve çok fonksiyonlu algılayıcı düğümlerin verileri işlemek, çevreyi gözetlemek ve fiziksel dünya ile iletişimi sağlamak amacıyla kablosuz olarak haberleştiği ortama kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) denilmektedir. IoT yapısının bir bileşeni olan kablosuz vücut alan ağları (KVAA: Wireless Body Area Network - WBAN) ise, bireylere ait fizyolojik sinyalleri algılama özelliğine sahip, kablosuz haberleşebilen, veri işleyebilen küçük boyutlara getirilmiş akıllı cihazlardan meydana gelirler. Sağlık alanındaki KVAA uygulamalarında kullanılan donanımların başında vücut içerisine yerleştirilen algılayıcılar, hap şeklinde yutulabilir kameralar, yapay retina, giyilebilir EKG/EMG/EEG/SpO₂, kan basıncı ve sıcaklık ölçerler gelmektedir [1]. KVAA teknolojisi ile kronik rahatsızlığı bulunan veya hayati risk taşıyan bireyler zaman ve mekân kısıtlaması olmadan izlenebilmektedirler.

2.2. Radyo Frekans Tanımlama

IoT yapısının en önemli bileşenlerinden olan radyo frekans tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID); canlıları veya nesnelere radyo dalgaları ile tanımlamak için kullanılan teknolojilere verilen isimdir. RFID, bir okuyucu ve bir etiketten meydana gelmektedir. Etiketin içinde bir mikroçip ve bir mikroşerit anten bulunmaktadır. Okuyucu ile etiket arasında, elektromanyetik dalgalar aracılığıyla iletişim kurulmaktadır. Okuyucunun yaydığı elektromanyetik dalgalar, bir enerji olarak çiple buluşup onu harekete geçirmekte ve etiketten okuyucuya veri transferi yapılmaktadır. Tüm bunlar belli bir mesafede, bir temas olmadan ve kablosuz olarak gerçekleşmektedir. Okuyucu, aldığı veri dalgasını sayısal dalga biçimine dönüştürerek bilgisayara iletmektedir [14]. RFID okuyucular 30 kHz’den 3 GHz’in üzerine kadar farklı frekans aralıklarında okuma gerçekleştirebilirler. Frekans arttıkça mikroçipteki verilerin okunma uzaklığı da artar.

RFID etiketleri aktif, yarı aktif ve pasif olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir. Aktif etiketler bilgiyi koruyabilmek için pil kullanırlar ve okuma menzili bakımından pasif etiketlere göre daha verimlidirler. Pasif etiketler ise güç kaynağına sahip değildirler. Okuyucudan yayınlanan radyo frekansı ile enerjilenip, okuyucudan gelen komutu değerlendirir ve cevabını gönderirler. Pasif etiketler bir RFID okuyucunun etki alanına girdiklerinde sinyal yayar ve bilgi gönderirler. RFID okuyucular 1 ile 3 metre arasında etkili bir elektromanyetik alan oluştururlar. Okuyucu

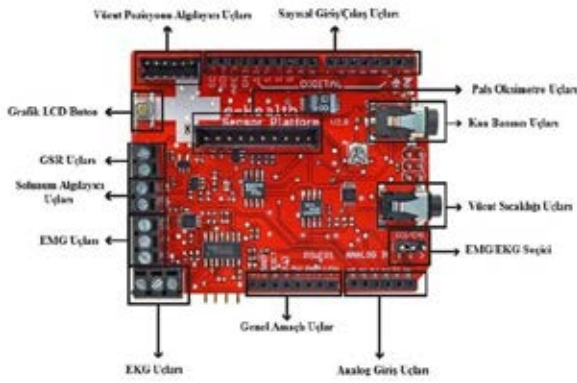
Biyotelemetri

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

etiketten gelen sinyali olarak bağlı olduğu bilgisayara iletir. Yarı aktif etiketler güç kaynağını çipin devrelerini harekete geçirmek için kullanırken, iletişim kurmak için okuyucudan uyarı alırlar [2].

2.3. IoT Platform Örneği

Bu çalışmada, Libelium firmasının medikal uygulamalar için geliştirdiği e-health algılayıcı platformu kullanılması öngörülmektedir. Şekil 3'te görülen bu platform üzerinde çok sayıda fizyolojik veriyi toplama yeteneğine sahip algılayıcıların bağlanabileceği uçlar bulunmaktadır. Ayrıca, Şekil 4'te görüldüğü üzere, bu platform üzerinde Arduino ve Raspberry Pi işlemcilerin bulunduğu gömülü sistem bordları ile birleştirilerek kullanılabilir [7].



Şekil 3: E-health algılayıcı platformu



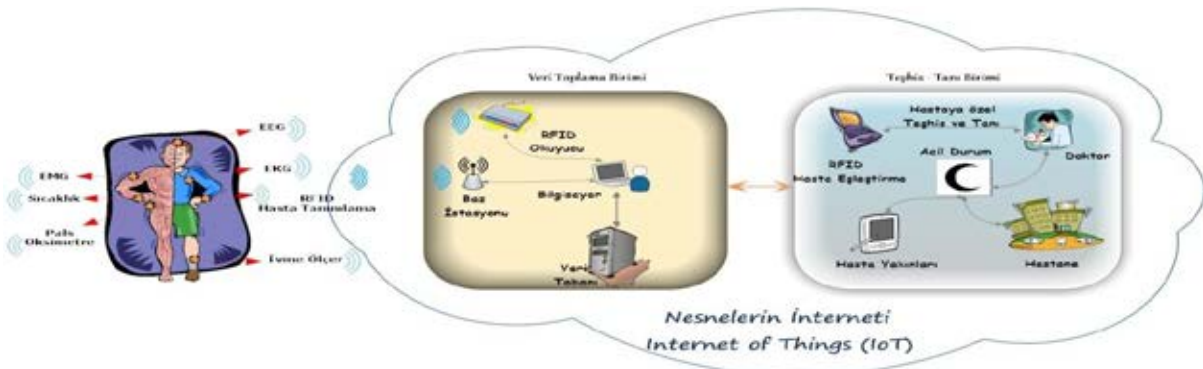
Şekil 4: Platformun Arduino ve Raspberry Pi gömülü sistemlerle birleştirilmiş hali

Sekiz adet girişimsiz (non-invasive - vücut yüzeyinden), bir adet girişimli (invasive) algılayıcı bağlanabilen bu platformun gömülü sistemlerle birlikte kullanılmasıyla yapılabilecek uygulamalar şunlardır: Kan şekeri ölçümü ve veri depolanması, EKG/EMG sinyallerinin izlenmesi, hastaların solunum durumlarının kontrolü, vücut sıcaklık verilerinin alınması, galvanik deri tepkisinin ölçülmesi, vücut pozisyonunun tespiti, pals oksimetre fonksiyonu ve kan basıncının ölçülmesi. Platforma ait ara yüz ile çoklu olarak veri izlenmesi gerçekleştirilebilmektedir. Gömülü sistem bordları üzerine kablosuz haberleşme için Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee/802.15.4, GPRS ve 3G modülleri bağlanabilmektedir. [7]. Platforma eklenecek RFID modüller sayesinde ise hastaya ait fizyolojik veriler doktor tarafından gerçek zamanlı olarak görülebilmektedir. Ayrıca, kullanılacak veri tabanı sunucusu ile hastalardan elde edilen fizyolojik verilere internetten ve internete bağlanabilen tüm cihazlardan erişim mümkün olabilecektir.

3. Önerilen Sistem Mimarisi

Bu çalışmada önerilen IoT platform mimarisi Şekil 5'te görülmektedir. Önerilen sistemde, hastalardan fizyolojik verilerin toplanacağı bunların depolanacağı ve işleneceği bir veri toplama birimi tasarlanması planlanmaktadır. Bu birim içerisinde gelen verilerin depolanacağı bir veri tabanı oluşturulacaktır. Hem oluşturulacak veri tabanına erişim hem de gelen verileri anında izlemek amacıyla web tabanlı bir ara yüz geliştirilecektir. Sisteme RFID entegre edilerek hastaların sisteme kimlik tanımlamaları yapılacak ve hastalarla ilgili geçmiş dönemde yaşadığı hastalıklar, gördüğü tedaviler, alerjisi olduğu ilaçlar ile ilgili bilgiler hasta ile ilgili etikete yine web tabanlı ara yüz ile işlenebilecektir.

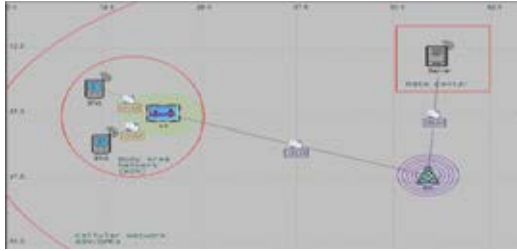
Tasarımı planlanan diğer bir bileşen ise teşhis ve tanı yapılmasına yönelik birimdir. Bu birim sayesinde, hastalardan gelen veriler ışığında, yaşanabilecek herhangi olumsuz bir durumda aktive olacak alarm mekanizması ile ilgili kişi ve kurumların bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu birimin, RFID etiketleri içerisinde yazılacak hastanın daha önce geçirdiği rahatsızlıklar, alerjisi olduğu ilaçlar vb. bilgilere bakılarak doktorlar tarafından hasta ile ilgili teşhis ve tanı koymaya yardımcı bir birim olması düşünülmektedir. Geliştirilecek genel amaçlı teşhis ve tanı biriminin modüler olarak tasarlanması ve tüm hastalıklara uyarlanabilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 5: Önerilen IoT platform mimarisi

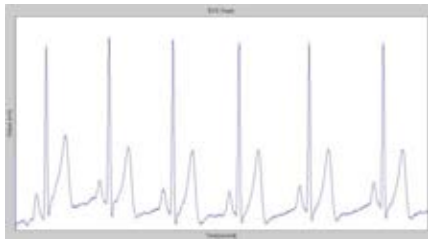
4. Deneysel Ön Çalışma

Bu bölümde, önerilen IoT tabanlı veri toplama ve analiz sistemine yönelik olarak gerçekleştirilen öncü bir benzetim çalışması sunulmaktadır. Örnek bir EKG sinyalinin hasta üzerinden okunup, kablosuz algılayıcı ağ üzerinden iletilerek anlık olarak izlenmesine yönelik bu deneysel çalışma, kablolulu/kablosuz ağların başarımlarını değerlendirmesinde dünyada güvenilirliği tartışmasız hale gelen OPNET Modeller benzetim programında gerçekleştirilmiştir. Şekil 6'da ilgili senaryoya ait benzetim modeli görülmektedir.



Şekil 6: Benzetim modeli

Benzetim ortamında tasarlanan SN1 ve SN2 algılayıcı düğümleri insan vücudundaki biyolojik sinyalleri (EKG, EEG, kan basıncı, kan şekeri, pals oksimetresi vb.) algılayıp erişim noktasına (Access Point - AP) kablosuz olarak gönderebilecek şekilde tasarlanmıştır. Yapılan ilk çalışmadaki senaryoya göre SN1 algılayıcı düğümü insan vücudundan EKG sinyalini algılayarak (daha gerçekçi performans sonuçları vermesi açısından benzetim süresi boyunca değerler "ECG.txt" dosyasından okunmaktadır) kablosuz algılayıcı ağlar arası haberleşme protokollerinden olan ZigBee ile erişim noktasına ilgili değerleri göndermektedir. AP'ye gelen veriler GSM ve GPRS teknolojisi kullanılarak veri merkezi düğümü olan sunucuya gönderilmektedir. AP ve sunucu düğümünde benzetim süresi içinde gelen EKG verilerinin MATLAB ekranında grafiğe dönüştürüldüğü bir ara yüz oluşturulmuştur. Şekil 7'de örnek EKG sinyalinin grafiği görülmektedir.



Şekil 7: MATLAB ara yüzü ile oluşturulmuş örnek EKG grafiği

5. Sonuçlar

Bildiride, ev veya hastane ortamında bulunan hastalarda olası problemlere hızlı müdahalede bulunma ve sektörde çalışan doktorların daha doğru teşhis ve tanı yapabilmeleri amacıyla, "nesnelerin interneti" (IoT) tabanlı uzaktan hasta izleme ve veri analiz sistemi tanıtılmıştır. Önerilen sistemin nihai olarak hayata geçirilmesi ile birlikte hastalardan gelen verilerin anlık olarak tutulduğu ve izlenebildiği bir veri

toplama birimi, olası problemlere hızlı yanıt vererek gerekli yerlere bilgi veren bir acil durum birimi ve hasta bilgileri göz önüne alınarak doktorların daha doğru teşhis ve tanı yapmalarına yönelik bir teşhis ve tanı birimi oluşturulacaktır.

Bildiride, IoT tabanlı platformun ana bileşenleri tanıtılmış ve OPNET Modeller benzetim programı kullanılarak örnek bir EKG benzetimi sunulmuştur. Kullanılan yazılım bileşenleri ve benzetim parametreleri konferansta ayrıntılı olarak incelenecektir. Gelecek çalışmalarda, önerilen sistemin benzetimi farklı senaryolar için uygulanacaktır. Ayrıca, önerilen sistemin gerçek zamanlı uygulamasının gerçekleştirilmesi aşamasında web tabanlı kullanıcı dostu bir ara yüz gerçekleştirilecektir.

6. Kaynakça

- [1] Kırbaş İ., *Online Kablosuz İnkübatör İzleme ve Kontrol Sistemi Tasarımı ve Uygulaması*, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2013.
- [2] Tuğaç B., *Radyo Frekansı ile Kimlik Tanıma - RFID*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [3] Wu C.-L., Tseng Y.-S., Fu L.-C., "Spatio-Temporal Feature Enhanced Semi-supervised Adaptation for Activity Recognition in IoT-based Context-aware Smart Homes", *IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, 2013, 460-467.
- [4] Yan-e D., "Design of Intelligent Agriculture Management Information System Based on IoT", *Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 2011, 1045-1049.
- [5] Pang Z., Chen Q., Tian J., Zheng L., Dubrova E., "Ecosystem Analysis in the Design of Open Platform-based In-Home Healthcare Terminals towards the Internet-of-Things", *15th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2013, 529-534.
- [6] Lopez P., Fernandez D., Jara A. J., Skarmeta A. F., "Survey of Internet of Things Technologies for clinical environments", *27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2013, 1349-1354.
- [7] http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical?utm_source=banner_top10_ehealth&utm_medium=banner#get_kits.
- [8] Kutup N., "Nesnelerin İnterneti; 4H Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her nesne ile bağlantı", *16. Türkiye'de İnternet Konferansı inet-tr' 11*, 2011.
- [9] <http://www.bilisimdergisi.org/s159>.
- [10] Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M., "Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions", *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660, 2013.
- [11] <http://www.satiztpm.it/internet-things/?lang=en>.
- [12] http://siemens.e-dergi.com/pubs/gelecek_ve_trendler/2013/2013_02.html.
- [13] Atzori L., Iera A., Morabito G., "The Internet of Things: A survey", *Computer Networks*, 54, 2787-2805, 2010.
- [14] Kılınç T., *RFID Sistemlerinin İncelenmesi ve Sağlık Sektöründe Kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.