

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA BULUT BİLİŞİM İLE SERVİS KALİTESİNİN ARTIRILMASI

Burcu ATEŞ (*brc_ates@hotmail.com*)

*Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Tezli,
Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul, Türkiye*

Ediz ŞAYKOL (*ediz.saykol@beykent.edu.tr*)

*Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü, İstanbul, Türkiye*

ÖZET

Günümüzde, kablosuz algılayıcı ağlar (kaa) sağlık, askeriye, çevre, endüstri gibi birçok önemli alanda kullanılmaktadır. Ancak, kablosuz algılayıcı ağların bellek, enerji, hesaplama, iletişim ve ölçeklenebilirlik açısından sahip oldukları kısıtlar, bu alanlarda elde edilen çok sayıda kablosuz algılayıcı ağ verilerinin etkin yönetilebilmesinde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Geleneksel kablosuz algılayıcı ağlar, ağ kapsamında bulunan çevresel bilgileri algılamak, toplamak ve işlemek için kullanılır. Toplanan verinin büyük ölçekte oluşu sebebiyle, belirli zamanlarda veri tabanlarından geçmiş veriler temizlenir. Bu durum geçmişe dönük raporların alınamamasına ve ileriye dönük tahmin hesaplarının tutarsız olmasına neden olur. Bu çalışmada, bulut bilişim, düşük maliyetle ölçeklenebilir ve sanallaştırılmış şekilde esnek hesaplama, depo alanı ve yazılım altyapısı hizmeti sağlaması sebebiyle umut verici bir teknoloji olmaktadır. Geliştirilen sistem yüksek hesaplama gücü ve sınırsız depolama kapasitesi içermesiyle, herhangi bir akıllı cihazla çevresel bilgilerin gerçek zamanlı olarak her yerden izlenebilmesini sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: KAA, Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Bulut Bilişim.

ENHANCED QUALITY OF SERVICE IN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING CLOUD COMPUTING

Burcu ATEŞ (*brc_ates@hotmail.com*)

*Beykent University, Institute of Sciences & Engineering, M.Sc. Student in
Computer Engineering Department, Istanbul, Turkey*

Ediz ŞAYKOL (*ediz.saykol@beykent.edu.tr*)

*Beykent University, Faculty of Engineering-Architecture, Computer Engineering
Department, Istanbul, Turkey*

ABSTRACT

Nowadays, wireless sensor network (WSN) applications have been used in several important areas, such as healthcare, military, environment, and industry. However, due to the limitations of WSNs in terms of memory, energy, computation, communication, and scalability, efficient management of the large number of WSNs data in these areas is an important issue to deal with. Traditional WSNs are used to perceive, collect and process information of the environmental in the network covered areas. Because of that the data collected is very big, previous data is deleted from databases in certain periods. This situation causes forward looking estimates to be inconsistent and retrospective reports not to be received. In this study, cloud computing is becoming a promising technology to provide a flexible stack of massive computing, storage, and software services in a scalable and virtualized manner at low cost. The developed system provides for any smart device to monitor real-time environmental information anywhere by including high computing power and unlimited storage capacities.

Keywords: WSN, Wireless Sensor Networks, Cloud Computing.

1. GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağları, uzun yıllardır süregelen araştırmalara konu olan endüstriyel, çevresel, ulaşım, askeri, sağlık, ticari vb. alanlar için geliştirilen yeni çözümlerin temelini oluşturan bir mimarıdır. Kablosuz algılayıcı ağları, ihtiyaca göre belirlenen sayıda, birbirleriyle haberleşen ve bilgi alışverişi yapan algılayıcı düğümlerden oluşur [1]. Altyapıya ihtiyaç duymamaları, organize çalışabilmeleri, herhangi bir bakım, onarım veya düzenleme gerektirmemeleri ve düşük maliyet, küçük boyut, düşük güç tüketimi, programlanabilirlik özellikleri, gözlem için algılayıcı düğümleri ve onların oluşturduğu kablosuz algılayıcı ağları tercih etme sebebi olmaktadır [2]. Günümüzde daha fazla işleme, hesaplama gücü, artan veri sayısı, hızlı bir şekilde artırılabilir/azaltılabilir algılayıcı sayısı gibi etmenler gerektiren uygulamalara olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Bu durumda kısıtlı hafıza, enerji, iletişim, ölçeklenebilirlik, etkili yönetim günümüzde kablosuz algılayıcı ağların tek başına çözüm getiremediği eksikliklerdir. Algılayıcı ağların bu bahsedilen kısıtları ölçeklenebilirlik ve kıvraklık eksikliği olarak iki ana başlıkta özetlenebilir. Yapılan çalışma kapsamında, kablosuz algılayıcı ağlarının sahip olduğu kısıtlı hafıza, kısıtlı enerji, iletişim, ölçeklenebilirlik, etkili yönetim eksikliği problemlerinin bulut bilişim ile sanallaştırma teknolojisi kullanılarak aşılması amaçlanmaktadır. Bu sayede kablosuz algılayıcı ağlarının daha etkin kullanılması sağlanacaktır.

Algılayıcı ağları oluşturan algılayıcı düğümlerinin konuşlandırıldıkları bölgeden topladıkları verileri yerel olarak saklamaları yerine bulut üzerine gönderip bulut veri merkezinde saklamaları bellek yönetimi probleminin önüne geçecektir. Bulutun sahip olduğu etkili depo alanı altyapısı ile anlık olarak toplanılan veriler depolanmaya devam ederken eski tarihlere ait verilere de ulaşılabilir. Bu sayede veriler üzerinde gerçek zamanlı ve çevrimdışı

işlemler (veri analizi, veri madenciliği gibi) yapılabilecektir. Veri madenciliği teknikleri ile bulut veri merkezinde saklanmış tüm veriler kullanılarak geleceğe yönelik tahminler yapmak ya da varsa kusurlu veri sonuçlarını tolere etmek mümkün olacaktır. Düşük maliyet ile isteklere cevap veren bulut sayesinde, ihtiyaç durumunda verilerin saklandığı bulut kaynakları üzerinde hızlı kaynak artışı ya da azaltımı mümkün olacaktır. Bulut, sanallaştırma ve kablosuz algılayıcı ağların beraber kullanımı ile elde edilen önemli veriler kaybedilmeden kullanılabilir. Öte yandan sanallaştırılan algılayıcı verilerinin bulut üzerinde monitör edilmesi ve başka platformlarda ve başka uygulamalarda kullanılması sağlanır.

Günümüzde bir kablosuz algılayıcı ağı kurabilmek için birçok donanım altyapısı bulunmaktadır. Fakat kablosuz algılayıcı ağların verimli çalışabilmesi için ihtiyaçların doğru belirlenmesi ve bu ihtiyaçlara uygun yapılandırmanın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında tasarlanan sistemde, kablosuz algılayıcı ağı maliyetinin mümkün olduğunca düşük maliyete sahip olması hedeflenmiş ve kablosuz algılayıcı ağı düğümlerinin birbirlerine en fazla 250 metre mesafede konumlandırılması çalışma için yeterli görülmüştür. Bu ihtiyaçlardan yola çıkılarak kablosuz algılayıcı ağı düğümü olarak Arduino Uno geliştirme kartı ve bu düğümlerin birbirleriyle kablosuz olarak iletişim kurabilmesi için NRF24L01 modülü seçilmiştir.

Kablosuz algılayıcı düğümlerin birbirleriyle iletişimini sağlamak için Zigbee, Bluetooth, Wifi, RF teknolojileri kullanılabilir. Zigbee modülünün bluetooth ile kıyaslandığında uzak mesafeli haberleşme yeteneği fazladır fakat maliyet fazlalığı Wifi teknolojisine benzerlik gösterir [3,4]. NRF24L01 modülü ise 250 metre mesafeye kadar ölçüm yapabilmesi ve fiyat avantajıyla kablosuz algılayıcı ağı maliyetini düşürmektedir [5]. Bu motivasyon noktasından yola çıkılarak kurulan kablosuz algılayıcı ağı içerisinde yer alan algılayıcı düğümler birbirleriyle NRF24L01

modülü sayesinde haberleştirilmiştir. Seçilen bu donanımlar ile yıldız topolojisi kurulması amaçlanmıştır. Yapılandırılan ortamda üç adet Arduino Uno R3 board kullanılmış, üzerlerine NRF24L01 modülü entegre edilmiş ve NRF24L01 modüllerinin birbirleri ile haberleşmesi için gerekli yapılandırma Arduino Uno R3 üzerinde yazılan program ile sağlanmıştır. Kullanılan arduino cihazlardan iki tanesi uç düğüm olarak çalışırken, üçüncü arduino cihaz ise merkez düğüm olarak çalışmaktadır. Uç düğümler üzerlerinde barındırdıkları sıcaklık algılayıcıları ile konumlandırıldıkları bölgenin sıcaklık değerini ölçüp merkez düğüme göndermekle görevlidir. Merkez düğüm'ün uç düğümlerden topladığı sıcaklık bilgisinin yerel olarak saklanması yerine bulut üzerinde oluşturulan veri tabanına gönderilmesi ve bulut kaynakları üzerinde barındırılması amaçlanmıştır. Bulut veri merkezlerinin sağladığı sınırsız depo alanı sayesinde kablosuz algılayıcı ağların sahip olduğu kısıtlı depo alanı engeli ortadan kaldırılmak istenmiştir.

Bulut üzerinde yazılan servis ile eski tarihli ölçüm verilerinden faydalanılarak ileriye dönük tahminler yapılması amaçlanmıştır.

1.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlar

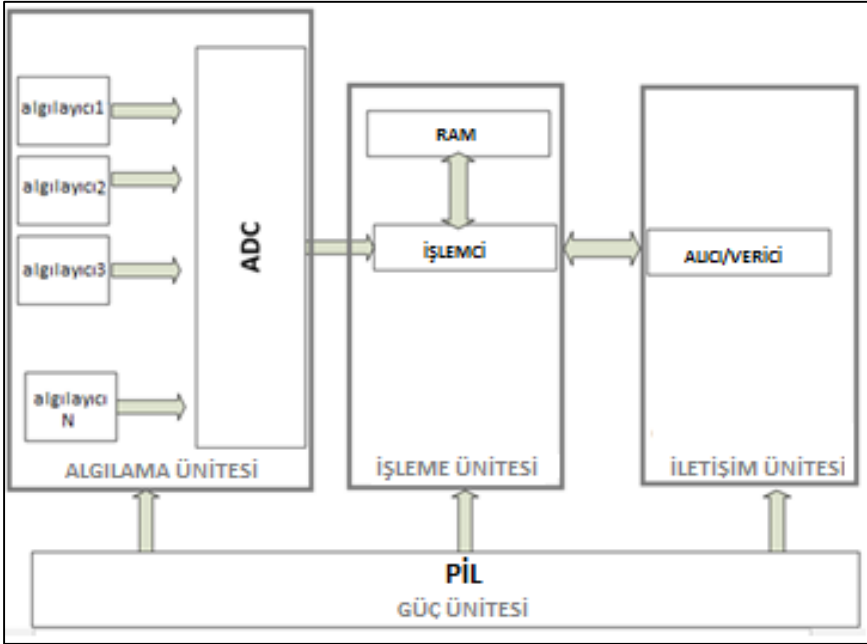
Kablosuz algılayıcı ağlar 1978'lerden günümüze kadar süregelen araştırmalara konu olmuş bir mimaridir. İlk olarak 1978 yılında, Amerikan savunma bakanlığının askeri araştırma ve uygulamalarında kullanılmış [2] olan bu mimari, kablosuz ağ teknolojilerinin ve elektroniğin gelişmesiyle günümüzde tasarlanması ve gereksinimleri için daha az maliyet, daha küçük boyut ve daha az güç tüketimine ihtiyaç duymaktadır. Kablosuz algılayıcı ağların günümüzde bahsedilen bu avantajlara sahip olmaları nedeniyle artık sadece askeri alanda değil endüstriyel, çevresel, ulaşım, sağlık, ticari vb. alanlarda da yeni çözümlerin temelini oluşturmaktadır [1].

Kablosuz algılayıcı ağlar, ihtiyaca göre belirlenen sayıda, birbirleriyle haberleşen ve bilgi alışverişi yapan algılayıcı

düğümünden oluşur. Algılayıcı düğümlerin çalışma prensibi algılama, işleme, iletişim olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. Gözlemlenmek istenen bölge üzerine yerleştirilen algılayıcı düğümler ile ses, ısı, sıcaklık, basınç, hareket, titreşim, kirlilik, toprak bileşeni, nesne hareketleri gibi fiziksel ve çevresel koşullar üzerinde kolektif bir şekilde gözlem yapılabilmektedir [6-8].

1.1.1. Algılayıcı Düğüm

Kablosuz algılayıcı ağların temel bileşeni olan algılayıcı düğümler, dört üniteden oluşmaktadır. Bu birimler algılama ünitesi (sensing unit), işleme ünitesi (processing unit), iletişim ünitesi (radio unit) ve güç ünitesidir (power unit). Algılayıcı düğümler temel çalışma prensibi olan algılama, işleme ve iletişim işlemlerini bu üniteler vasıtasıyla gerçekleştirirler ve algılama, işleme, iletişim için ihtiyaçları olan enerjiyi de güç ünitesinden sağlarlar. Temel bir algılayıcı düğümün yapısı Şekil 1’de görülmektedir [3,9].



Şekil 1. Algılayıcı Düğüm Yapısı

Şekil 1’de de görüldüğü gibi her ünite kendi görevi gereği belirli bileşenlerden oluşmaktadır. Algılayıcı ünitesinde (sensing unit) algılayıcılar bulunmakta ve algılayıcı düğümün bulunduğu ortamdaki sıcaklık, nem, basınç, eğim, hız gibi değişken verilerin algılanmasını sağlamaktadır. Algılayıcı ünitesindeki algılayıcılar tarafından algılanan veriler, işlenmesi için bir sonraki ünite olan işleme ünitesine gönderilir. İşleme ünitesinde yerleşik bir mikroişlemci ve bellek bölümleri bulunmaktadır. Mikroişlemci, algılayıcı ünitesinden gelen verileri işlerken bellek ise uygulamaya göre ihtiyaç duyulan bellek alanını yönetir. İşleme ünitesinde işlemde geçen veriler, ilgili başka bir algılayıcı düğümüne gönderilebilmek için iletişim ünitesine gönderilirler. İletişim ünitesi algılayıcı düğüm ile algılanan ve işlenen veriyi başka bir algılayıcı düğümüne iletmek için standart kablosuz iletişim teknolojileri kullanır. Son ünite olan güç ünitesi ise diğer ünitelerin işlevlerini yerine getirebilmeleri için onlara gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Algılayıcı düğümlerin güç ünitesi olarak kullanılan piller, genellikle kısıtlı kapasitelidir. Sahip olunan kısıtlı güç kapasitesi nedeniyle, algılayıcı düğümde yerleşik olarak bulunan mikroişlemciler, algılayıcıdan gelen veriler üzerinde karmaşık işlemler yapmak yerine çoğunlukla veriyi iletme görevi görürler. Veriyi başka algılayıcı düğümüne iletmek için kullanılacak kablosuz iletişim teknolojisi de yine kısıtlı güç kapasitesi göz önünde bulundurularak seçilmektedir. Günden güne daha fazla işleme, hesaplama gücü, artan veri sayısı gibi etmenler gerektiren uygulamaların hızla artması kablosuz algılayıcı ağlarda kullanılan pillerin de evrimleşmesine sebep olmuştur. Kablosuz algılayıcı ağlarda geliştirilecek uygulamaların ihtiyacı doğrultusunda elektrokimyasal, kinetik, hibrit model piller kullanılabilir [11]. Pillerin evrimleşmesine rağmen yine de kablosuz algılayıcı ağlar için sınırsız bir güç kapasitesinden bahsetmek mümkün değildir. Bahsedilen pil türleri çoğunlukla algılayıcı düğümlerin konumlandırıldıkları çevrenin kısıtları nedeniyle değiştirilememekte ya da şarj edilememektedir. Fakat

güneş panelleri, rüzgar ve hidro jenaratörler, elektromanyetik, akustik ve piezo-elektrik gibi çeşitli enerji kazanımlı mekanizmaların kablosuz algılayıcı ağlara entegrasyonu ile pil kullanım süreleri uzatılabilmektedir [12]. Kablosuz algılayıcı ağın topolojisinin doğru belirlenmesi ve gereklilik durumunda dinamik olarak değişebiliyor olması yine pil tasarrufuna yardımcı olmaktadır. Tablo1’de günümüzde kullanılan bazı algılayıcı düğümlerin örnek listesi bulunmaktadır.

Tablo1. Örnek Algılayıcı Düğüm Tablosu [17]

| İSİM | ÜRETİCİ | İŞLEMCI TİPİ | İŞLEMCI | İŞLETİM SİSTEMİ |
|---------------------|---|--------------|---|------------------|
| ANT | Dynastream Innovation Inc | RISC | TI MSP430F1232 | ANT |
| AquisGrain | Philips Research | AVR | Atmel ATmega128L | N/A |
| Arduino | Arduino | AVR | Atmel ATmega328 | Arduino IDE/Java |
| AS-XM1000 | AdvanticsSys | AdvanticsSys | TI MSP430F2618 | N/A |
| AVRaven | Atmel | AVR | Atmel ATmega1284p | Atmel Studio |
| AWAIRS1 | Rockwell | ARMv4 | Intel StrongARM SA-1100 | MicroC/OS |
| BEAN | Universidade Federal de Minas Gerais | RISC | TI MSP430F149 | YATOS |
| BSN Node v2 | Imperial College London/Sensixa | RISC | TI MSP430F149 | N/A |
| BSN Node v3 | Imperial College London/Sensixa | RISC | TI MSP430F1611 | BSNOS |
| Btnode | Btnode | AVR | Atmel ATmega128L | N/A |
| BTnode rev3 | Btnode | AVR | Atmel ATmega128L | N/A |
| CENS Medusa MK2 | University of California, Los Angeles | AVR/ARM7TDMI | Atmel ATmega128L/Atmel AT91FR4081 | Palos; uCos-II |
| CITsensor node | Cork Institute of Technology | N/A | Microchip PIC16F877 | N/A |
| Cookies | Universidad Politécnica de Madrid | N/A | Analog Device ADuC841/Xilinx Spartan3 XC3S200 | N/A |
| CoSeN/MantaroBlocks | University of Maryland Baltimore County/Mantaro | AVR | Atmel ATxMega32A4 | Atmel Studio |
| Cricket | MEMSIC/Massachusetts Institute of Technology | AVR | Atmel ATmega128L | N/A |
| Dalian WSN | Dalian University of Technology | ARM7TDMI | Atmel ATmega128L | N/A |
| Dot | University of California, Berkeley | AVR | Atmel ATmega163 | N/A |
| DSRPN | Chinese Academy of Science | ARM | TI OMAP5912/TMS320C55x | N/A |
| DSYS25 | University College Cork, Ireland | AVR | Atmel ATmega128 | N/A |
| e-Watch | Carnegie Mellon University | ARM7TDMI-S | Philips LPC2106 | N/A |
| Egs | Harbin Institute of Technology | ARMv7-M | Cortex®M3 | N/A |
| Ember EmberNet | Ember | AVR | Atmel ATmega128L | EmberNet |

Tablo1 (Devam). Örnek Algılayıcı Düğüm Tablosu [17]

| | | | | |
|--------------------------|---|-----------|---------------------|---|
| EnOcean TCM120 | Helmut Schmidt University/EnOcean GmbH | N/A | Microchip PIC18F452 | N/A |
| ENS | University of Edinburgh - School of Informatics | RISC | TI MSP430F2410 | ENS NETWORK |
| EPIC mote | University of California, Berkeley | RISC | TI MSP430F1611 | N/A |
| eXtreme Scale Mote (XSM) | The Ohio State University/Crossbow | AVR | Atmel ATmega128L | N/A |
| EYES | University of Twente | RISC | TI MSP430F149 | PEEROS |
| eyesIFxv2.1 | Infineon/Technische Universität Berlin | RISC | TI MSP430F1611 | N/A |
| FemtoNode | Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Harvard | FemtoJava | API-WIRELESS |
| G-Node G301 | SOWNet Technologies/Technical University of Delft | RISC | TI MSP430F2418 | N/A |
| iBadge | University of California, Los Angeles | AVR | Atmel ATmega128L | Palos; Sylph |
| iMote1 | Intel | ARM7TDMI | Zeevo ZV4002 | N/A |
| iMote2 | Crossbow | ARM* V5te | Intel PXA271 Xscale | SOS; Linux |
| iSense Core Module 3 | Coalesenses | RISC | Jennic JN5148 | iSense Free RTOS; MoteRunner TM; MEMSIC Kiel; RTOS; IAR Systems LEAP software framework |
| Lotus | MEMSIC | ARMv7 | Cortex®M3 | Java J2ME CLDC 1.1 |
| LEAP | University of California, Los Angeles | ARM* V5te | Intel PXA255 | N/A |
| SunSpot | Oracle | ARMv4T | Atmel ARM920T | N/A |
| TinyNode 584 | EPFL/TinyNode | RISC | TI MSP430F1611 | N/A |
| ZigBit ZDM-A1281-B0 | MeshNetics | AVR | Atmel ATmega1281V | ZigBit Development Kit |

1.1.2. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojileri

Kablosuz algılayıcı ağlarda, ağın topolojisi veri transferi sırasında yaşanan gecikme, sınırlı enerji, iletişim kalitesinde kaynak krizi gibi çeşitli kısıtlamaları azaltmak için en önemli role sahip elementtir [9]. Algılayıcı düğümlerin sahip oldukları iletim mesafesi ve komşu düğüm sayısı gibi ağ parametreleri, minimum toplam enerji ihtiyacı ve arızalanan algılayıcı düğümün tolere edilmesi gibi tercihler ağ topolojinin belirlenmesine katkıda bulunur. Bir kablosuz algılayıcı ağda çift, yıldız, karmaşık ve ağaç topoloji olmak üzere kullanılabilecek dört adet ağ topolojisi mevcuttur [13].

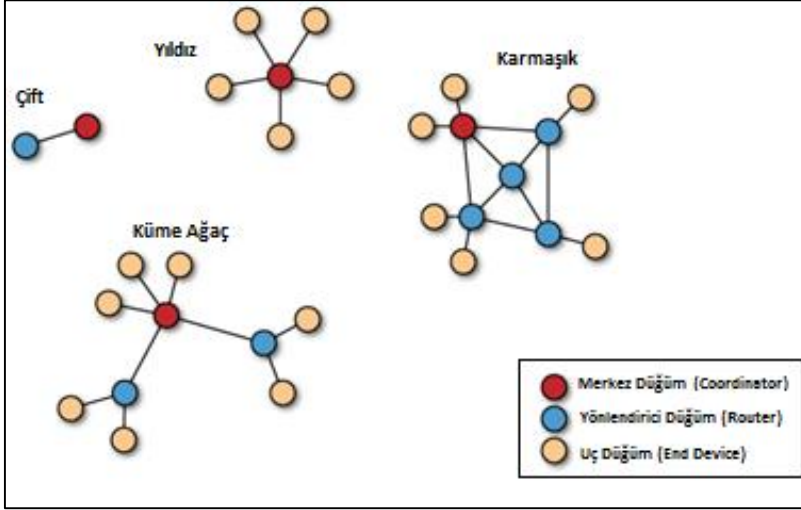
•Çift: Çift ya da diğer adıyla noktadan noktaya topoloji iki algılayıcı düğüm arasında özel uzun menzilli, yüksek kapasiteli kablosuz bağlantı oluşturur. Anahtarlamalı noktadan noktaya topoloji geleneksel ağların temelidir. Bu topoloji kablosuz algılayıcı ağlarda kullanılan en yaygın topoloji olmuştur. Bu topolojinin en temel avantajı ve dezavantajı tek bir veri iletişim kanalının bulunmasıdır. İletişimin ancak bu iki düğüm arasında bulunan tek bir veri iletişim kanalı ile sağlanması güvenlik avantajı oluştururken, bu kanalın bozulması iki düğüm arasındaki iletişimin kesilmesine neden olacaktır [13,14].

•Yıldız Topoloji: Yıldız topolojinin düzenlenmesi oldukça basittir. Bir merkez düğüm merkezde konumlanır diğer düğümler merkezde olan düğüme bağlanır. Uçlarda bulunan bu düğümler ölçtükleri verileri merkez düğüme gönderirler. Uç düğümlerin birbirleriyle iletişimi yoktur. Yıldız topoloji düşük güç tüketimi sağlar ve ağa yeni uç düğümler eklemek kolay olduğundan ölçeklenebilir bir topolojidir. Merkezde bulunan düğümün arızası uç düğümler arasında alternatif bir yol bulunmadığından tüm ağın çalışmamasına sebep olacaktır [13,15].

•Karmaşık Topoloji: Karmaşık topolojisinde uç düğüm ve merkez düğüme ek olarak yönlendirici düğümler vardır. Merkez düğüm ağı yönetmek için vardır. Ağda merkez ve yönlendirici düğümlere bağlı olan uç düğümler vardır. Uç düğümler ölçtükleri verileri direkt merkez düğüm ile bağlantıları varsa merkez düğüme, yönlendiricilere bağlantıları varsa yönlendiricilere iletirler. Yönlendiriciler belirlenen güzergahı izleyerek aldıkları veriyi bir sonraki yönlendirici düğüme ve ardından merkez düğüme iletirler. Ağ üzerinde çok fazla gereksiz yol bulunuyor olabilir bu sebeple gecikme ve enerji tüketimi artacaktır [13,16].

•Ağaç Topoloji: Karmaşık Topolojinin değişikliğe uğramış halidir. Ağ üzerinde merkez düğüm, uç düğümler ve yönlendirici düğümler bulunur. Ağda yine merkez ve yönlendirici düğümlere bağlı olan uç

düğüm vardır. Uç düğümler ölçtükları verileri direkt merkez düğüm ile bağlantıları varsa merkeze, yönlendirici düğümlerle bağlantıları varsa onlara iletirler. Yönlendirici düğümler aldıkları verileri direkt bağı oldukları merkez düğüme iletirler. Yönlendirici düğümlerin arızası uç düğümlerin iletişiminin kopmasına yol açacaktır [13].



Şekil 2. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi

1.1.3. Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları

Kablosuz algılayıcı ağ uygulamaları izleme ve takip olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. İzleme uygulamaları askeri, doğa, ticari, kamu/endüstriyel, sağlık ve çevre alanlarında kullanılabilmekte ve iç/dış mekan, sağlıklı yaşam, enerji, envanter konumu, fabrika ve işlem otomasyonu, sismik ve yapısal izlemeyi içermektedir. Takip uygulamaları doğa, askeri, kamu/endüstriyel, ticari alanlarda kullanılabilmekte ve nesne takibini içermektedir [22].

İzleme ve takip kategorilerinin uygulama alanlarına bakıldığında iki kategorinin de ortak uygulama alanlarında yer bulabildiği görülmektedir. Dolayısıyla uygulama alanlarını izleme ve takip uygulamaları olarak kategorize etmek yerine kullanım sıklığından yola çıkılarak askeri uygulamalar, çevresel uygulamalar, sağlık

uygulamaları, ev uygulamaları ve endüstriyel uygulamalar olarak kategorize etmek bu çalışma kapsamında uygun olacaktır.

• **Askeri Uygulamalar:** 1978 yılında kablosuz algılayıcı ağlarının ilk kullanımının askeri uygulama alanında olması sebebiyle, askeri uygulamalar kablosuz algılayıcı ağların birincil uygulama alanı olarak kabul edilmektedir [2,20]. Kablosuz Algılayıcı Ağlar, yoğun dağıtıma dayalı ve düşük maliyetli olmaları, ağ içerisindeki bazı düğümlerin imhası ya da kaybının askeri operasyonları etkilememesi nedeniyle geleneksel yöntemlere göre çok daha güvenli yaklaşımlar sunmaktadır. Askeri uygulamalarda kullanılan algılayıcı düğümler akustik, deprem, manyetik, kızılötesi, elektro-optik, elektromanyetik algılayıcılar içerebilmekte ve bu ve benzer algılayıcılar ile kontrol, iletişim, keşif, istihbarat, hasar değerlendirme, biyolojik ve kimyasal saldırı tespiti ve hedef tespiti yapılabilmektedir [18,20]. Bilinen askeri uygulama projelerine bakıldığında Smart Dust, Boomerang Sniper Algılama Sistemi, Omni kuşu ve VigilNet göze çarpan projelerdir [18,19].

• **Çevresel Uygulamalar:** Kablosuz algılayıcı ağlarda kullanılan çevresel algılayıcıların istenilen bölgeye konumlandırılması ile çevre koşullarının izlenmesi (buzul izleme, güneş radyasyonu haritalama, nehirler, su havzaları ve ekosistem haritalama, çevresel kirlilik izleme gibi), doğal afetlerin algılanması ve tahmin yapılabilmesi (yangın, sel, tsunami gibi), toprak ve yeraltı gözlemi ile verimli madencilik ve tarım alanlarının tespiti ve kontrolü sağlanabilmektedir [23,24].

• **Sağlık Uygulamaları:** Kablosuz iletişim Teknolojileri ile Mikro Elektro Mekanik Sistemlerin (Micro-Electro-Mechanical Systems - MEMS) harmanlanmasıyla, büyük ölçekli, düşük güç, çok fonksiyonlu ve düşük maliyetli ağlar kurulabilmekte ve ağlar etkin bir şekilde hastaların yaşam kalitesini artırmak için ve aynı zamanda sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak için kullanılabilir.

•Kablosuz algılayıcı ağlarla geliştirilen sağlık uygulamalarında, entegre hasta ve hastane envanteri izleme, hastalık teşhisi, hastanelerde ilaç yönetimi, hastanın fizyolojik verilerinin izlenmesi, engelliler için sağlık uygulama ara yüzlerinin sağlanması ve doktor hasta iletişimi için ara yüzlerin tasarımı sağlanabilmektedir [18,21]. CareNet, Caregiver's assistant, WISP, LiveNet, mPCA kablosuz algılayıcı ağlarla geliştirilen örnek sağlık uygulamalarıdır [21-23].

•Ev Uygulamaları: Kablosuz algılayıcı ağlar ile gerçekleştirilen ev uygulamaları ile ev otomasyonu (perdeler, ışıklar, gaz/su vanaları, garaj kapısı), alarm sistemi (hareket algılayıcıları, kapı manyetikleri, siren), kamera sistemi (iç ve dış mekan görüntü algılayıcıları, ve kayıt cihazları), ses sistemleri (ev sinema sistemleri ve diğer ses sistemleri), ev ısı sistemleri (ısıtma ve soğutma) kontrol edilebilmektedir. Tüm bunları barındıran ev uygulamaları, istenilen yerden erişilip, yönetilebilmektedir [26].

•Endüstri Uygulamaları: Kablosuz algılayıcı ağ teknolojileri endüstriyel otomasyon dâhil olmak üzere pek çok endüstriyel uygulama alanında başarıyla kullanılmaya başlanmıştır [25]. Malzeme yoğunluğunun izlenmesi, envanter yönetimi, ürün kalitesinin izlenmesi, otomatik üretim ortamlarında robot kontrol ve rehberlik, fabrika kontrol ve otomasyonu, fabrika enstrümantasyonu, sanal klavye, akıllı yapılar, akıllı ofis alanlarının inşa edilmesi, ofis, bina ve çevre kontrolü, makine tanıma, ulaşım, araç izleme ve algılama gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır [1,18].

1.2. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, günümüzde ölçeklenebilirlik ve kıvraklık denildiğinde akla gelen, her geçen gün gelişmekte olan bir paradigmadır. Bulut bilişim henüz gelişmekte olduğundan tanımları, kullanım örnekleri, temel teknolojileri, sorunları, risk ve yararları kamu ve özel sektör tarafından esinlendirici bir tartışmayla netleştirilecektir [27].

NIST'e (National Institute of Standards and Technology) göre bulut bilişim asgari yönetim çabası veya servis sağlayıcı etkileşimiyle hızla tahsis edilebilen ve serbest bırakılabilen, yapılandırılabilir bilgiişlem kaynaklarının (örneğin, ağlar, sunucular, depolama, uygulamalar ve hizmetler) paylaşılan bir havuzuna talep üzeri kolay ağ erişimi sağlayan modeldir. Bu bulut modeli erişilebilirliği teşvik eder ve beş temel nitelik, üç hizmet modeli ve dört konuşlandırma modelinden oluşur [28]. Bu bağlamda bulut bilişim uygulama ve servisleri internetteki sunucular üzerinde barındırılması, internet bağlantısı olan herhangi bir cihaz vasıtası ile bu uygulama ve servislerin çalıştırılması olarak ifade edilebilir. Bulutun ölçeklenebilirliği, esnekliği ve uzaktaki son kullanıcılar tarafından engelsiz biçimde kullanılabilir olmasının altında yatan en temel teknoloji sanallaştırma'dır.

Popek ve Goldberg'e göre sanal makina, gerçek makinanın etkili ve soyutlanmış bir kopyasıdır [29]. Sanallaştırma, fiziksel bir makinayı çeşitli yazılımlar vasıtası ile birkaç ayrı makinanın eşdeğeri halinde bölme sürecini kapsamaktadır. Bu makinalar bağımsız olarak çalışırken birbirlerini etkilemeden tek bir fiziksel makinanın donanım kaynaklarını paylaşırlar. Bu sebeple sanallaştırma bulut veri merkezlerinin temelini oluşturmaktadır. Sanallaştırma sayesinde bir bulut hizmeti birçok kullanıcıya, bu kullanıcıların birbirlerinin sistemlerine müdahale etmelerini önleyerek, eşzamanlı hizmet verebilmektedir.

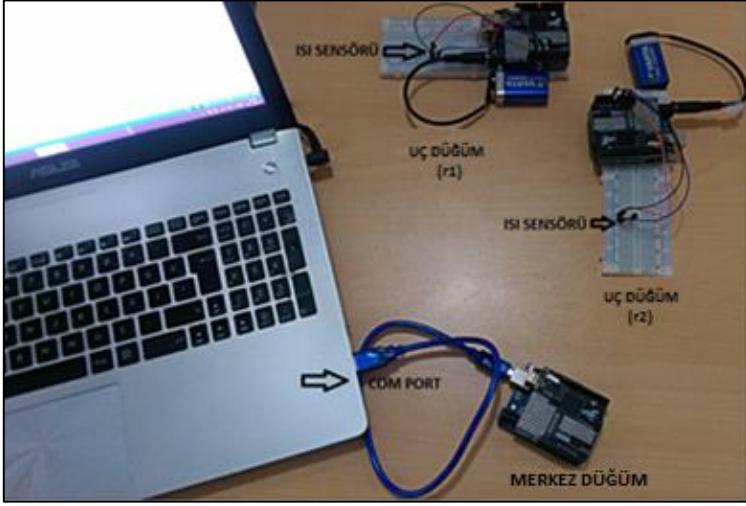
2. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ PLATFORMU: ARDUINO VE BİLEŞENLER

Bu çalışma kapsamında tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ yapısı içerisinde algılayıcı düğüm olarak Arduino Uno'dan yararlanılmıştır. Arduino Uno'nun USB'den programlanabilme ve düşük akım gerektiren işlemler için USB ile beslenebilmesi, ihtiyaç durumunda 7 ile 12V arasında çıkış verebilen bir adaptör ile ve adaptör girişinden ya da kart üzerinde bulunan Vin pininden 12V'a

kadar besleme verilebilmesi, analog pin giriş sayılarının yeterli oluşu, arduino zırhlarının birçoğuna uygun olması ve fiyat avantajı algılayıcı düğüm olarak arduino çeşitlerinden Arduino Uno'nun seçilmesini sağlamıştır. Oluşturulan kablosuz ağ yapısında ağ topolojisi olarak yıldız topoloji kullanılmıştır. Yıldız topolojinin gerektirdiği şekilde algılayıcı düğüm olarak seçilen Arduino Uno'lara uç düğüm ya da merkez düğüm görevi tanımlanmıştır. Uç düğüm görevi görecek Arduino Uno sayısı iki iken, bir adet de merkez düğüm olarak çalışan Arduino Uno kullanılmıştır. Uç düğüm olarak çalışan Arduino Uno'lar ortamın sıcaklığını, ısı algılayıcısı ile ölçerek merkez Arduino'ya göndermekle görevlendirilmiştir. Kullanılan ısı sensörü LM35 serisidir. LM35, ortam sıcaklığına göre potansiyel fark oluşturan bir entegredir. Yarı iletken bir yapıya sahip olan LM35 hassas ve küçük değerli sıcaklık ölçümleri için kullanılmaktadır. -55 derece ile 150 derece arasında çalışabilen LM35 ısı sensörü çıkış geriliminin sıcaklık farkına göre değişmesi prensibi ile çalışır. Bir derece değişim çıkış voltajını 10 mV değiştirir. 4 ile 20 V arasında giriş voltajı uygulanabilen sensör, 0.5 derece hassasiyete sahiptir [30].

Kablosuz algılayıcı ağlarda bulunan algılayıcı düğümlerin birbirleri ile haberleşmesi, karşılıklı olarak veri aktarımı ve senkron çalışması gerekmektedir. Bu gereksinimle yola çıkılan uygulamaların birçoğunda ZigBee, Wifi, bluetooth, infrared modüller kullanılmaktadır. ZigBee modüller uzun mesafeli iletişimi desteklemeleriyle diğer modüllere göre avantaj sağlasa da birim fiyatının fazlalığı algılayıcı düğümlerin ucuza mal edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple ucuz haberleşme sistemleri algılayıcı düğümlere entegre etmek için tercih sebebi olmaktadır. Bundan yola çıkılarak çalışma kapsamında birden fazla arduino'nun haberleşmesini sağlamak için NRF24L01 haberleşme modülü tercih edilmiştir. Tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ topolojisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Ağ topolojisine göre r1 adındaki birinci uç düğüm ve r2 adındaki ikinci uç düğüm üzerlerindeki LM35 ısı algılayıcısı ile

ölçtükları sıcaklık değęerlerini mesaj olarak kablosuz haberleşme modülü NRF24L01 aracılığıyla merkez düğüme göndermektedirler. Algılayıcı düğümlerin gönderdikleri mesaj içeriğinde kendi adları ve anlık sıcaklık ölçüm değęerleri vardır. Merkez düğüm yani coordinator kendi üzerinde de bulunan kablosuz haberleşme modülü NRF24L01 aracılığıyla r1 ve r2 adındaki uç düğümlerinin yolladıkları mesajları alabilmektedir.

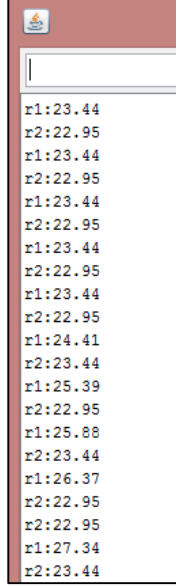


Şekil 3. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi

Ağ topolojisi oluşturulduktan sonra uç düğümler (r1, r2) ve merkez düğüm'ün yapılandırılması Arduino IDE üzerinden yapılır. Üç düğümde de bulunan kablosuz haberleşme modülü NRF24L01 için nrf24L01p kütüphanesi kullanılmıştır. Uç düğümlerin aynı merkez düğüme veri gönderebilmesi için hepsinde ortak bir kanal (örneğin; channel 90) seçilmiştir. Uç düğümler sıcaklığı celsius cinsinden ölçüp gönderebilmek için Şekil 4'teki işlemi gerçekleştirir ve bu değęerin önüne kendini adını da ekleyerek hazırladığı mesajı merkez düğüme gönderir.


```
analogDeger = analogRead(lm35analogPin);  
analogDeger = ((analogDeger / 1024.0)*5000);  
  
sicaklik = (analogDeger / 10.0);
```

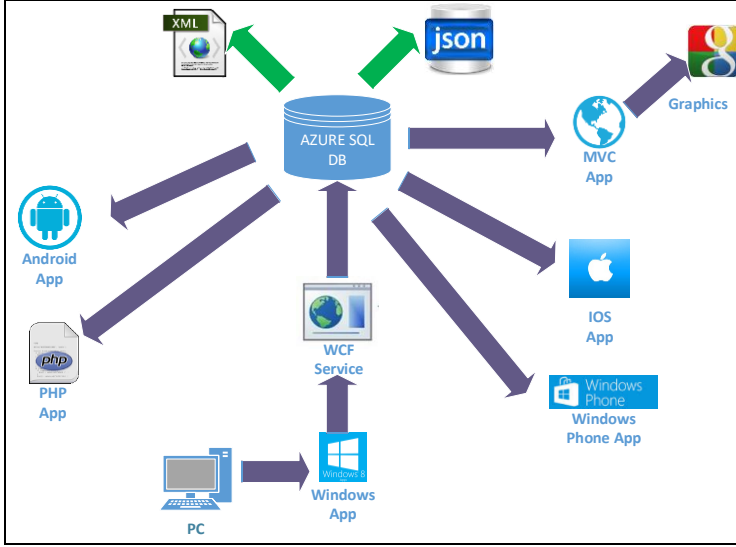
Şekil 4. Celsius Dönüşümü



Şekil 5. Merkez Düğümün Seri Portuna Gelen Mesajlardan Bir Kesit

Merkez düğüm Şekil 5’te gösterildiği şekilde kendi seri portundan (örneğin; COM5) uç düğümlerin gönderdikleri mesajları almaya başlar.

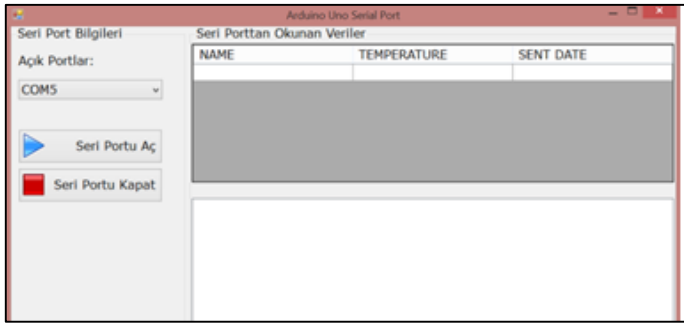
3. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞIN YAZILIM MİMARİSİ VE BİLEŞENLERİ



Şekil 6. Yazılım Mimarisi ve Bileşenler

3.1. Windows Uygulaması

Proje kapsamında yazılmış olan Windows Uygulaması ile merkez düğümün seri port'una gelen verilerin bilgisayar ortamına alınması ve monitör edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 7. Windows Uygulaması

3.2. Verileri Bulutta Saklamak

Bu çalışmada, kablosuz algılayıcı ağların sahip olduğu hafıza, enerji, iletişim, ölçeklenebilirlik, etkin yönetim gibi kısıt ve problemlerin bulut bilişim ve sanallaştırma teknolojisi kullanılarak aşılması amaçlanmıştır. Bu sayede kablosuz algılayıcı ağların daha etkin kullanılması sağlanmıştır.

Klasik yaklaşımda kablosuz algılayıcı ağları oluşturan algılayıcı düğümlerin konuşlandırıldıkları bölgeden topladıkları verileri kendi üzerlerine yerleştirilmiş bir hafıza kartı üzerine kaydetmeleri ya da merkez olarak belirlenen ayrı bir algılayıcı düğüme yollamaları gerekmektedir. Şayet veriler merkez düğüme gönderiliyorsa, verilerin o merkez düğümün hafıza kartına kaydedilmesi ya da aynı bölgedeki bir bilgisayar üzerine gönderilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım ile kurulan kablosuz algılayıcı ağların hali hazırda sahip olduğu kısıtlar ve problemler artmakta ve kurulan ağ bir süre sonra çıkmaza girmektedir. Şöyle ki, ağ içerisine yerleştirilen düğümlerin ölçtükleri verileri kendi üzerlerine kaydedilmesi istendiğinde ya da kablosuz teknolojiler ile bu verileri bir bilgisayara göndermeleri gerektiğinde sahip oldukları kısıtlı hafıza ve kısıtlı enerjilerini daha da fazla kullanmak zorunda kalmaktadırlar. Bir süre sonra düğümlerin veri kaydedecek yeri kalmayacak ve çalışabilmesi için gerekli olan enerjisi bitecektir. Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi kablosuz algılayıcı ağ içerisindeki düğümlerin, enerjileri bittiğinde çoğunlukla o bölgeye gidip düğüme yeni bir batarya takmak söz konusu olamamaktadır. Her ne kadar enerji tasarrufu için yöntemler denense de bu kablosuz algılayıcı ağ için sonsuz bir enerji sağlayamamaktadır. Aynı durum düğümlerin sahip oldukları hafıza için de geçerlidir. Her düğümün ya da merkez kabul edilen düğümün bir hafıza kartına sahip olması kablosuz algılayıcı ağın maliyetini arttırdığı gibi hafıza dolduğunda yeni verilere yer açmak için eski verilerin silinecek olması önemli bir bilgi kaybına yol açabilmektedir.

Kablosuz algılayıcı ağları oluşturan algılayıcı düğümlerin konuşlandırıldıkları bölgeden topladıkları verileri yerel olarak saklamaları yerine merkez kabul edilen bir düğüme yollamaları ve merkez düğümünün topladığı verileri usb üzerinden bağlı olduğu bilgisayara iletebiliyor olması ve oradan da verilerin bulut üzerine gönderilip bulut veri merkezinde saklanmaları bellek yönetimi probleminin önüne geçecektir.

Tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ içerisinde sadece algılayıcı düğümler batarya ile çalışmaktadır. Merkez düğüme bir bilgisayara usb üzerinden bağlı olduğu için sınırsız bir enerjiye sahiptir.

Algılayıcı düğümler sadece veri ölçme ve bu verileri kablosuz ağ teknolojilerinden biri ile yakınında bulunan merkez düğüme gönderme işlemi yapacaktır. Algılayıcı düğümler karmaşık hesaplar yapmayacağından enerjisini de daha etkin kullanabilir. Bulutun sahip olduğu etkili depo alanı altyapısı ile de anlık olarak merkez düğümden toplanılan veriler depolanmaya devam ederken eski tarihlere ait verilere de ulaşılabilir. Bu sayede veriler üzerinde gerçek zamanlı ve çevrimdışı işlemler (veri analizi, veri madenciliği gibi) yapılabilecektir. Veri madenciliği teknikleri ile bulut veri merkezinde saklanmış tüm veriler kullanılarak geleceğe yönelik tahminler yapmak ya da varsa kusurlu veri sonuçlarını tolere etmek mümkün olacaktır.

Düşük maliyet ile isteklere cevap veren bulut sayesinde, ihtiyaç durumunda verilerin saklandığı bulut kaynakları üzerinde hızlı kaynak artışı ya da azaltımı mümkün olacaktır.

Klasik kablosuz algılayıcı ağlarda, ağ oluşturan algılayıcı düğümler ve bu düğümlerin topladıkları veriler belirli bir uygulama tarafından kontrol edilmekte ve kullanılmaktadır. Başka uygulamalar aynı verilere ihtiyaç duysa bile bu verileri kullanamayacaklardır. Aynı veriyi kullanacak her uygulama için aynı bölgeye algılayıcı düğüm ekleyip yeni kablosuz algılayıcı ağlar oluşturmak gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında önerilen bulut teknolojisi ile verilerin

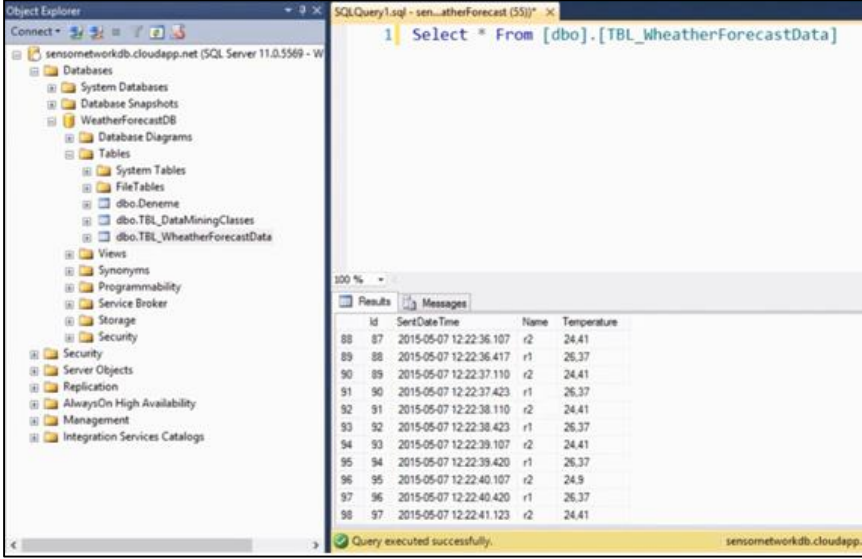
sanallaştırılması bu soruna çözüm olacaktır. Ölçüm ve gözlem yapılacak bölgeye yerleştirilen fiziksel algılayıcı düğümler tarafından ölçülen ve bulutta depolanan veriler XML ve JSON formatında dışarıya açılacak ve dünyanın her yerinden istenilen her uygulamaya ataması yapılabilecektir.

3.2.1. Verileri Microsoft Bulutunda Saklamak

Microsoft Azure, Microsoft'un Genel Bulut uygulama ve altyapı platformudur. Bu platform pek çok şekilde kullanılabilir. Örneğin, Microsoft Azure ile verilerini Microsoft veri merkezleri üzerinden çalıştıran ve saklayan bir internet uygulaması hazırlanabilir. Microsoft Azure, verileri genel bulut dışında yani kurum içerisinde kullanan uygulamalar için sadece veri depolamak amacıyla da kullanılabilir. Microsoft Azure geliştirme ve test işlemleri için veya SharePoint ve diğer uygulamaları çalıştırmak amacıyla sanal makineler oluşturmak için de kullanılabilir [31].

Microsoft Azure'un üç aylık deneme sürümünün olması, çalışmada ihtiyaç duyulan ilişkisel depolama için SQL (Structured Query Language) veritabanı, ORACLE veritabanı ve MySQL'e ilave olarak .NET, PHP (Hypertext Preprocessor), Node.js, desteği sunması ayrıca Wordpress, Joomla, Drupal de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalara dahili destek vermesinden dolayı; çalışma kapsamında bulut platformu olarak Microsoft Azure'un kullanılmasına karar verilmiştir.

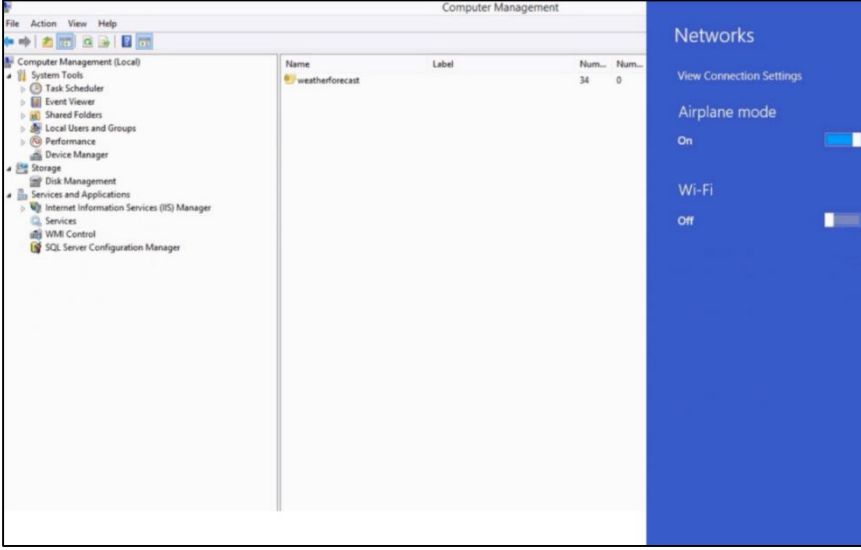
Çalışmada verilerin saklandığı veri tabanı modelinde algılayıcı düğümlerden gelen sıcaklık değerleri, algılayıcı düğümlerin adları, algılayıcı düğümlerin sıcaklığı gönderim tarih ve saatleri, algılayıcı düğümlerin ölçtükleri sıcaklığın hangi sınıfa ait olduğu tutulmaktadır.



Şekil 8. Microsoft Azure Veri tabanı

3.3. İnternet Bağlantı Kontrolü

Çalışmada kurulan kablosuz algılayıcı ağ yapısı içerisinde önceki bölümlerde bahsedildiği gibi iki adet uç düğüm bir adet de merkez düğüm bulunmaktadır. USB üzerinden direkt bilgisayara bağlı olan merkez düğüm, uç düğümlerden aldığı sıcaklık verilerini toplamaktadır. Merkez düğümün topladığı veriler geliştirilen Windows uygulaması ile bilgisayarın seri portundan okunur. Seri porttan okunan sıcaklık verileri, yazılmış olan WCF (Windows Communication Foundation) servis ile bulut üzerine depolanmak üzere gönderilmektedir. Verilerin kayıpsız bir şekilde buluta gönderilip bulut kaynakları üzerinde depolanabilmesi için bilgisayarın sürekli bir internet bağlantısına ihtiyacı vardır. İnternet bağlantısının olmadığı ya da anlık kesintisi durumunda o anda alınan ve bağlantı problemi yüzünden buluta gönderilemeyen verileri kaybetmemek için WCF'in MSMQ (Microsoft Message Queue) ile entegrasyonu sağlanmıştır.



Şekil 9. MSMQ ile Microsoft Azure Veri tabanına Gönderilemeyen Verilerin Depolanması

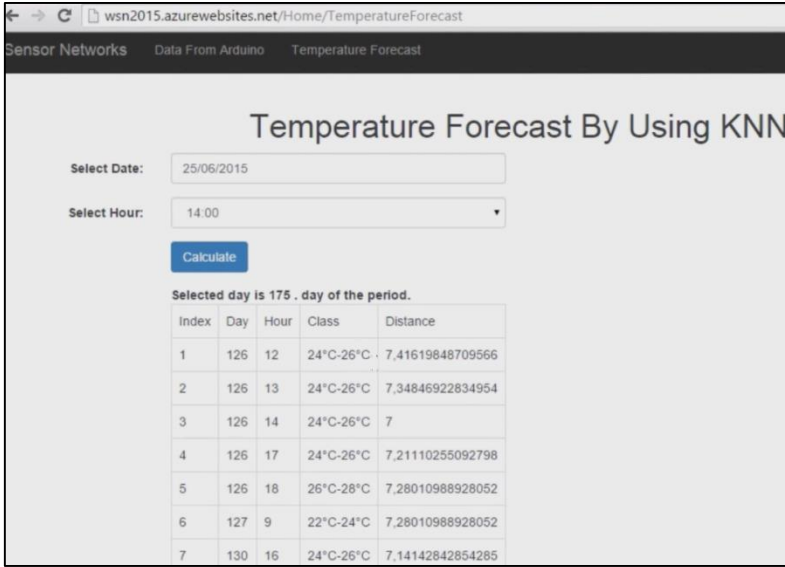
3.4. K En Yakın Komşu Algoritması ile İleriye Dönük Tahminlerin Yapılması

Önceki bölümlerde ayrıntılı olarak bahsedildiği gibi tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ yapısı içerisinde yer alan merkez düğüm, r1 ve r2 adındaki uç düğümlerin yolladıkları sıcaklık verilerini almaktadır. Her uç düğümün saniyede bir ölçüm yaparak merkez düğüme gönderdiği sıcaklık değerleri bir sonraki adımda bulut veri tabanına kaydedilmektedir. Şekil 8'de de gözlemlenebileceği gibi bulut üzerindeki veri tabanına sıcaklık değeri, bu sıcaklık değerinin hangi uç düğüm tarafından ölçüldüğünün bilgisi, ölçümün yapıldığı tarih ve saat bilgisi (yıl, ay, gün, saat, dakika, saniye) girilmektedir.

Yakın komşuluk tabanlı yaklaşımlar veri madenciliğinde en sık kullanılan yaklaşımlardır. Buna rağmen bu yaklaşımların uygulanacağı sistem çok fazla değişkene sahipse hesaplama maliyeti artacak hatta değişken yoğunluğundan dolayı doğru sonuçlar elde edilemeyecektir. Değişken sayısının fazla olduğu durumlarda hesaplama maliyetini düşürmek amacıyla değişken sayılarının

azaltılması yerinde bir tercih olmasına rağmen uygun değişkenleri seçmek de hiç kolay bir işlem değildir [32]. Bu çalışma kapsamındaki sisteme bakıldığında veri tabanına kaydedilen sıcaklık değerlerinin saat ve tarih olmak üzere sadece iki adet değişkeni mevcuttur. Bu iki değişken sonucunda ortaya çıkan sıcaklık değeri de sistemin sınıflarından biridir. Bu nedenle, yakın komşuluk tabanlı yaklaşımlardan k en yakın komşu algoritması bu çalışmada kullanılmaya uygun bir yaklaşımdır. Elde edilen verilerin tarih ve saat bilgisi değişkenler, sıcaklık değeri ise verinin ait olduğu sınıftır. Veri tabanına 48 saat süreyle sürekli olarak işlenmiş sıcaklık değerleri üzerinde varyans hesabı yapılmış olup ikişer derecelik farka sahip sınıflar oluşturulmuştur. (örneğin 22-24 derece, 24-26 derece vb.). Çalışmanın gerçekleştirildiği ortamın fiziki koşulları ve kullanılan sıcaklık sensörlerinin sınır değerleri göz önüne alınarak sıcaklık sınıfları tanımlanmıştır. İlk sıcaklık sınıfı 10-12 derece olup 40-42 derece sınıfı son sıcaklık sınıfıdır. Sınıfların belirlenip tanımlanmasının ardından o ana kadar veri tabanına işlenmiş tüm değerlerin hangi sınıfa ait olduğu hesaplanmıştır. İlerideki bir tarih ve de saatte sıcaklığın kaç derece olabileceği diğer bir değişle sıcaklığın hangi sınıfa ait olabileceğinin bulunması için k en yakın komşu algoritmasından faydalanılmış ve eski sınıflandırılmış verilerin en yakın üç tanesi öklid mesafesi kullanılarak bulunmuştur. Bu eski verilerin tamamı hangi sınıfa aitse ya da çoğunluk olarak hangi sınıfa aitlerse yeni veri de o sınıfa dahil edilmiştir. Öklid mesafesi hesabı için tarih ve saat değişkenleri kullanılmıştır. Bu değişkenler ile doğru ve kolay işlem yapabilmek adına değişkenler üzerinde çeşitli sadeleştirme işlemleri yapılmıştır. Veri tabanında 05.05.2015 şeklindeki formatta bulunan ve değişkenlerden biri olan tarih değerlerini Öklid hesabında kullanılabilme üzere başlangıç olarak kabul edilen 01.01.2015 tarihi veri tabanında bulunan tüm kayıtların tarihinden çıkarılmış böylece 05.05.2015 gibi bir tarihin kaçınıcı gün (125. gün) olduğu hesaplanmıştır. Böylelikle tarih değişkeni öklid hesabına yalın bir

ifade ile sokulmuştur. Veri tabanında hem r1 adındaki uç düğümünden hem de r2 adındaki uç düğümünden aynı gün aynı saat için saniye bazında bir çok değer bulunmakta olduğundan veriler üzerinde ortalama alınarak her saat için bir sıcaklık değeri bulunması sağlanmıştır. Böylelikle saat değişkeni adına da yalınlaştırma işlemi sağlanmıştır. Tarih 18.06.2015 iken ve bu tarihe kadar veritabanına hergün her saat için veri kaydı gerçekleşmiş ise bu değerlerin tamamından yola çıkarak k en yakın komşu algoritması ile 25.06.2015 tarihinde saat 14:00'deki sıcaklığın ne olacağı tahmini Şekil 10'daki şekilde yapılmaktadır.



| Index | Day | Hour | Class | Distance |
|-------|-----|------|-----------|------------------|
| 1 | 126 | 12 | 24°C-26°C | 7,41619848709566 |
| 2 | 126 | 13 | 24°C-26°C | 7,34846922834954 |
| 3 | 126 | 14 | 24°C-26°C | 7 |
| 4 | 126 | 17 | 24°C-26°C | 7,21110255092798 |
| 5 | 126 | 18 | 26°C-28°C | 7,28010988928052 |
| 6 | 127 | 9 | 22°C-24°C | 7,28010988928052 |
| 7 | 130 | 16 | 24°C-26°C | 7,14142842854285 |

Şekil 10. Değişken Sadeleştirme ve Veritabanındaki Her Değer İçin Öklid Hesabı

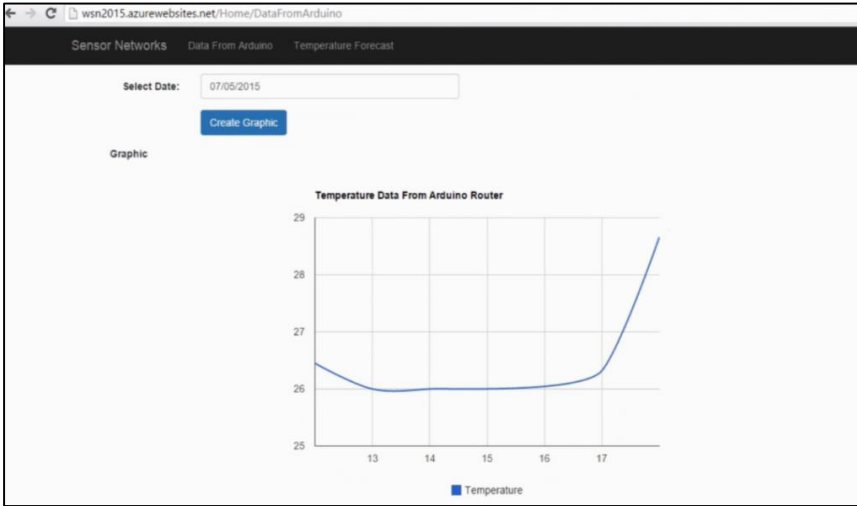
Şekil10'daki işlem sonrasında uzaklık değerleri birbirine en yakın olan üç veri bulunur ve bu üç verinin tamamı ya da çoğunluğu hangi sınıfa aitse 25.06.2015 tarihinde saat 14.00'deki sıcaklık değerinin de o sınıfa ait olacağı hesaplanılarak portal üzerinden kullanıcıya gösterilir.

Her ne kadar yakın komşuluk tabanlı yaklaşımlar ileri tarihli tahminler için makul olsalar da, bu yöntemle bulunan tahminin daha

geçerli olması için toplanan verilerin en az birkaç yıllık olması gereklidir. Yeterli örnek görülmeden yapılacak tahminlerin yanıltıcı sonuçlar verebileceği bilinmesine karşın, burada önerilen yöntemin uygulanabilirliğinin kavramsal ispatı olarak gerçek uygulama üzerinden örnekler verilmiştir.

3.5. Azure Web Portal

Microsoft Azure üzerinde oluşturulan portalda Sensor Networks, Data From Arduino ve Temperature Forecast olmak üzere üç bölüm bulunmaktadır. Sensor Network kısmında kablosuz algılayıcı ağlarla ilgili genel bilgi ve fiziksel ağ topolojisinin resmi bulunmaktadır. Data From Arduino kısmında r1 ve r2 uç düğümlerinden gelen sıcaklık bilgileri bulunmakta bu bilgilere tarih ve saat bazlı olarak ulaşılabilmektedir. Uç düğümlerden alınan sıcaklıklara göre çizdirilen grafikler de yine bu kısım altında görüntülenebilmektedir. Temperature Forecast kısmında ileri tarihteki bir gün ve saat için sıcaklık tahminine ulaşılabilmektedir.



Şekil 11. Günlük Sıcaklık Grafiği

4. SONUÇ

Uzun yıllardır kendine birçok uygulama alanı bulan kablosuz algılayıcı ağlar kablosuz haberleşme teknolojilerinin ve elektroniğin günden güne gelişmesi ile yeni alanlarda yeni çözümlerin temelini oluşturmaya başlamıştır. Günümüzde bir veriye ulaşmak kadar o veriye hızlı bir şekilde ulaşabilmek, kolay yönetebilmek ve güvenli olarak saklamak da önem arz etmektedir. Yaşadığımız koşullarda daha fazla işleme gücüne sahip, fazla veri sayısı ile baş edebilen, dinamik bir ağ yapısına sahip, az maliyetli uygulamalara ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyaçların tamamı göz önüne alındığında kısıtlı hafızaya, enerjiye, iletişime ve hesaplama gücüne sahip kablosuz algılayıcı ağlar tek başına günümüz ihtiyaçlarına çözüm getirememektedir. Bu çalışma ile kablosuz algılayıcı ağların bulut teknolojileri ile beraber kullanılarak güncel ihtiyaçlara cevap verebilir hale gelmesi sağlanmıştır.

Kablosuz algılayıcı ağların buldukları çevreden topladıkları verileri yerel olarak kendi üzerlerinde tutmak yerine bunların bulut kaynakları üzerine gönderilip orada barındırılması sağlanmıştır. Böylelikle ağın sahip olduğu limitli hafıza boşu boşuna doldurulmadığı gibi bulut üzerinde bulunan veriler XML ve JSON formatında dışarıdan erişime de açılmıştır. Bulut kaynakları üzerinde herhangi bir limitimiz olmadığı için en eski tarihli veriler bile kaybedilmeden bulut üzerinde barındırılacak, ihtiyaç durumunda bu veriler kullanılabilir.

Öte yandan bulut üzerindeki verilerin dışarıdan erişime açılmış olması aynı verileri kullanacak her uygulama ve her şahıs/kurum için aynı bölgeye algılayıcı düğüm ekleyip yeni kablosuz algılayıcı ağlar oluşturma gereksinimi ortadan kaldırmıştır. İnternet erişimi olan herhangi bir bölgeden bu verilere ulaşılabilir, platformdan bağımsız olarak bu veriler android, php, java, windows, ios, windows phone uygulamalarında istenilen amaçlarla kullanılabilir.

Bulut servisi olarak yazılan WCF servis ile kablosuz algılayıcı ağdan toplanan veriler Microsoft Azure veritabanına gönderilmiş ve orada barındırılması sağlanmıştır. Geliştirilen MVC uygulaması ile ölçüm yapan algılayıcı düğümlerin ölçüm değerleri tarih ve saat bazlı olarak kullanıcıya gösterilmekte ve ilgili değerler için grafikler çizdirilmektedir. Aynı zamanda yeterli örnekler görülmüş olması durumunda, eski tarihli verilerden yola çıkılarak ileriye yönelik tahminler yapılabilmektedir.

Bulut teknolojisinin kullanılması ile bahsedilen bu işlemleri hepsi internet bağlantısı olan bir cihazın web tarayıcısıyla görüntülenebilmekte herhangi bir eklenti, program kurmaya gerek kalmamaktadır. Mobil kullanıcıların da olacağı düşünülerek uygulama Windows phone ve ios uygulaması olarak da hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın devamında çalışılabilecek konular; bilgisayarı ağ topolojisinden kaldırıp yerine raspberry pi koyarak kablosuz algılayıcı ağa daha minimal ve az maliyetli bir karakteristik kazandırmak ve kablosuz algılayıcı ağ içerisindeki algılayıcı düğümlerden hatalı ölçüm yapan düğümlerin tespit edilmesiyle genel hesaplamalarda o düğümlerin ölçüm değerlerinin tolere edilebilmesi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Akyıldız, I.F., Su, W., Sankarasubramaiaam, Y., Cayırcı, E., (2002), “A survey on sensor networks”, IEEE Communications Magazine , 40 102–114.
- [2] Dargie, W. and Poellabauer, C., (2010), “Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice”, ISBN 978-0-470-99765-9, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Sohrawy, K., Minoli D., Znati T., (2007), “Wireless Sensor Networks Technology, Protocols, and Applications”, ISBN 978-0-471-74300-2, John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Abinayaa V., Jayan A., (February 2014) “Case Study on Comparison of Wireless Technologies in Industrial Applications”, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 2.
- [5] NRF24L01 Datasheet
<http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01>
- [6] Hac, A., (2003), “Wireless Sensor Network Designs”, ISBN 0-470-86736-1, John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Romer, K. and Mattern, F., (December 2004) “The Design Space of Wireless Sensor Networks,” IEEE Wireless Communications, vol.11, no. 6, pp. 54–61.
- [8] Haenselmann, T., (September 2005) “An FDL’ed Textbook on Sensor Networks” GNU Free Documentation License.
- [9] Stojmenovic, I., (2005), “Handbook of Sensor Networks: Algorithms and Architectures”, ISBN 0-471-68472-4, John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Akyıldız, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayırcı, E., (2002), “Wireless sensor networks: A Survey”, Computer Networks, vol 38 (4), pp. 393–422.
- [11] Rohner, C., Feeney, L., Gunninberg, P. (2013) “Evaluating Battery Models in Wireless Sensor Networks”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg , pp 29-42.

- [12] Azevedo, J.A.R, Santos, F.E.S. (2013), “Energy Harvesting From Wind and Water for Autonomous Wireless Sensor Nodes”, *Circuits, Devices & Systems, IET*, vol 6, pp 413-420.
- [13] Babcock, C., (2010), “Building Wireless Sensor Network”, ISBN: 9780596807733, O'Reilly Media.
- [14] Li, N., Hou, J. C. (September 2004), FLSS: “A fault-tolerant Topology Control Algorithm for Wireless Networks”, In *Proceedings of the ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom)*, Philadelphia, Pennsylvania.
- [15] Wang, X. Zhan, Y.Z. and Wang, L., (2008), “STCP: Secure Topology Control Protocol for WSNs Based on Hexagonal Mesh.” *Wireless Comm, Networking and Mobile Computing*.
- [16] Cao, L., Jiang W., Zhang Z., (November 2009), “Automatic Meter Reading System Based on Wireless Mesh Networks and SOPC Technology”, *Second International Conference on Intelligent Networks and Intelligent Systems*, pp. 142-145.
- [17] WSNPlatforms
http://wsn.oversigma.com/wiki/index.php?title=WSN_Platforms
- [18] Akyıldız, I.F. and Vuran M.C., (2010), “Wireless Sensor Networks”, ISBN: 978-0-470-03601-3, 1st ed.: John Wiley & Sons, Inc.
- [19] Hussain, M., Khan, P., Sup, K., (February 2009), “WSN Research Activities for Military Application”, *11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT*, Phoenix Park, Korea, vol. 1, 2009, pp. 271-274.
- [20] Winkler, M., Tuchs, K.D., Hughes, K., Barclay, G., (2009), “Theoretical And Practical Aspects Of Military Wireless Sensor Networks”, *MILCOM'09 Proceedings of the 28th IEEE Conference on Military Communications*, pp. 911-917.
- [21] Khan, P., Hussain, M., Kwak, K.S., (2009), “Medical Applications of Wireless Body Area Networks”, *International Journal of Digital Content Technology and Its Applications*, vol 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, pp. 185-193.

- [22] Alemdar, H.Ö., (2004), “RFID Enhanced Wireless Sensor Networks for Healthcare Monitoring”, İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [23] Alemdar, H., and Ersoy, C., (2010), “Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey”, Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, vol 54, Issue 15, pp. 2688-2710.
- [24] Nallusamy, R., Duraiswamy, K., (2011), “Solar Powered Wireless Sensor Networks for Environmental Applications with Energy Efficient Routing Concepts: A Review”, Information Technology Journal, vol 10, Issue: 1, pp. 1-10.
- [25] Chen, F., German, R., Dressler, F, (2009), "QoS-oriented Integrated Network Planning for Industrial Wireless Sensor Networks", Rome, Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks Workshops.
- [26] M. Mohammad El-Basioni, Sherine M. Abd El-kader and Mahmoud Abdelmonim Fakhreldin, (2013), "Smart Home Design using Wireless Sensor", Network and Biometric Technologies.
- [27] Babcock, C. (2010), “Management Strategies for the Cloud Revolution: How Cloud Computing Is Transforming Business and Why You Can't Afford to Be Left Behind”, ISBN: 978-0071740753, Publisher: McGraw-Hill Education, pp 187.
- [28] Mell, P., Grance, T., (2011), “The NIST Definition Of Cloud Computing”, NIST Special Publication 800-145.
- [29] Popek, G.J., Goldberg, R.P., (1974), “Formal Requirements for Virtualizable Third Generation Architectures”, Communications of the ACM, vol 17 (7), pp. 412–421.
- [30] LM35 Datasheet <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [31] Chappell, D., (2012), Introducing Windows Azure, E-book. http://www.davidchappell.com/writing/white_papers/Introducing_Windows_Azure_v2.0-Chappell.pdf

- [32] Chen, H., Chang, K.C., (2008), “K-Nearest Neighbor Particle Filters for Dynamic Hybrid Bayesian Networks”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 44, No. 3.