

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA BULUT BİLİŞİM İLE
SERVİS KALİTESİNİN ARTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

BURCU ATEŞ

İstanbul, 2015

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA BULUT BİLİŞİM İLE
SERVİS KALİTESİNİN ARTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

BURCU ATEŞ

Öğrenci No:

130820007

Danışman:

Yrd.Doç.Dr. Ediz ŞAYKOL

İstanbul, 2015

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Bulut Bilişim ile Servis Kalitesinin Artırılması” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 25/06/2015

Burcu ATEŞ

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ/PROJE SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez/proje adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 130820007 no'lu BURCU ATEŞ 'in 19/6/15 tarihinde yapılan tez/proje savunma sınavı¹ sonucunda 45 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi/projesi hakkında² oybirliğiyle, KABUL kararı verilmiştir.

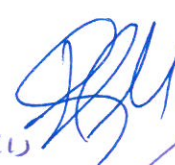
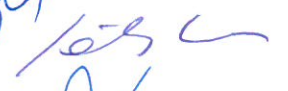
Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı	: BİLGİSAYAR MÜH.
Programı	: BİLGİSAYAR MÜH.
Tez/Proje Başlığı ³	: KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA BULUT BİLİŞİM İLE SERVİS KALİTESİNİN ARTIRILMASI

Tez/Proje Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Ediz SAYILIOĞLU
Üye : Doç. Dr. Göktuğrul SİLİHTAR OĞLU
Üye : Yrd. Doç. Dr. Turhan KURUĞÜL

İmza




¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığını yazılması gerekmektedir.

Adı ve Soyadı : Burcu ATEŞ

Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL

Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans / Tez, 2015

Alanı : Bilgisayar Mühendisliği

Anahtar Kelimeler : KAA, Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Bulut Bilişim

ÖZET

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA BULUT BİLİŞİM İLE SERVİS KALİTESİNİN ARTIRILMASI

Günümüzde, kablosuz algılayıcı ağlar 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 alınmasını veya ileriye dönük tahmin hesaplarının tutarsız olmasına sebep olmaktadır. Bu senaryoda, bulut bilişim, düşük maliyetle ölçeklenebilir ve sanallaştırılmış şekilde esnek hesaplama, depo alanı ve yazılım altyapısı hizmeti sağlaması sebebiyle umut verici bir teknoloji olmaktadır. Tez kapsamında geliştirilen sistem ile tüm ölçüm verisi Microsoft SQL Azure bulut veri tabanı üzerinde kapasite sorunu olmadan depolanabilmektedir. Ölçüm verileri farklı uygulamalarda ve uygulama platformlarında kullanılabilmektedir. Bulutun hesaplama ve depolama avantajları ile herhangi bir akıllı cihaz ile gerçek zamanlı olarak çevresel bilgilerin her yerden izlenebilmesi sağlanmaktadır.

Name and Surname : Burcu ATEŞ

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL

Degree and Date : Master, 2015

Major : Computer Engineering

Key Words : WSN, Wireless Sensor Networks, Cloud Computing

ABSTRACT

ENHANCED QUALITY OF SERVICE IN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING CLOUD COMPUTING

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 reports looking back to be received. In this scenario, 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. In this thesis all measuring data can be stored on Microsoft SQL Azure cloud database without having a capacity problem. Measuring data can be used in different applications and various application platforms. The benefits of this system include basic computing hardware and reasonable storage capacities making it suitable for any smart device which can monitor real-time environmental information anywhere.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlar	3
2.1.1. Sensör Düğüm.....	3
2.1.2. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojileri	7
2.1.3 Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları	9
2.2. Bulut Bilişim	12
2.2.1. Bulutun Temel Nitelikleri.....	13
2.2.2. Hizmet Modelleri.....	14
3. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞIN DONANIMI.....	16
3.1. Arduino.....	16
3.1.1. Arduino Çeşitleri.....	17
3.1.2. Arduino Zırhları (Shield).....	19
3.2. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ Platformu: Arduino Uno ve Bileşenler ..	20
3.2.1. Isı Sensörü.....	21
3.2.2. BreadBoard (Deney Tablası)	21
3.2.3. NRF24L01 Haberleşme Modülü	22
3.2.4. Arduino Communication Shield	24
3.2.5. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi	25
4. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ İÇİN BULUT BİLİŞİM ..	26
4.1. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ İçin Seçilen Bulut Platformu: Microsoft Azure	27
5. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞIN YAZILIMI	31
5.1. Arduino Düğümlerde Uygulama Geliştirme	32
5.2. Windows Application.....	36
5.3. SQL Azure Üzerinde Veri Saklama	37
5.4. İnternet Bağlantı Kontrolü.....	41

5.5. K En Yakın Komşu Algoritması ile İleriye Dönük Tahminlerin Yapılması...	45
5.6. Azure Web Portal	46
6. SONUÇ	48
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil.1. Temel Sensör Düğüm Yapısı	4
Şekil.2. Sensör Düğüm Listesi	7
Şekil. 3. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojileri	9
Şekil. 4. Bulut Bilişim Hizmet Modelleri	15
Şekil. 5. Bulut Bilişim Devrimi	15
Şekil. 6. Arduino Uno Pin Çıkışları	16
Şekil. 7. Arduino Çeşitleri.....	18
Şekil. 8. Arduino Zırh Çeşitleri.....	19
Şekil. 9. Farklı Üreticilere Ait Zırh Örnekleri	20
Şekil. 10. LM35 Isı Sensörü ve Bacakları	21
Şekil. 11. Breadboard'un Üstten ve Alttan Görünümü	22
Şekil. 12. Bir Alıcı ile Altı Vericinin Haberleşmesi	23
Şekil. 13. ArduCom	24
Şekil. 14. Tasarlanan Kablosuz Ağ Topolojisi.....	25
Şekil. 15. Microsoft Azure Bileşenleri.....	28
Şekil. 16.Uygulama Çalıştırma Seçenekleri.....	29
Şekil. 17. Yazılım Mimarisi Ve Bileşenler	31
Şekil. 18. Router1 Arduino IDE.....	32
Şekil. 19. Router2 Arduino IDE.....	33
Şekil. 20. Coordinator Arduino IDE	34
Şekil. 21. Celsius Hesabı.....	35
Şekil. 22. Coordinator Serial Monitor	36
Şekil. 23. Windows Application	37
Şekil. 24. Servis Olarak SQL ile Sanal Makine Üzerinde SQL çalıştırma farkı	39
Şekil. 25.Connection String	40
Şekil. 26.Microsoft Azure Veritabanı	41
Şekil. 27. MSMQ Tarihçesi	43
Şekil. 28. MSMQ ile Microsoft Azure Veritabanına Gönderilemeyen Verilerin Depolanması.....	44
Şekil. 29. Temperature Forecast By Using KNN.....	46

Şekil. 30. Azure Web Portal.....	47
Şekil. 31. Günlük Sıcaklık Grafiği	47

1. GİRİŞ

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

Sensör ağıları oluşturan sensör 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 yapılabilecektir. (veri analizi, veri madenciliği gibi). 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 sensör ağların beraber kullanımı ile elde edilen önemli veriler kaybedilmeden kullanılabilir.

Öte yandan sanallaştırılan sensörler verileri bulut üzerinde monitör edilebilir ve başka platformlarda başka uygulamalarda kullanılması sağlanır.

Günümüzde bir kablosuz algılayıcı ağı kurabilmek için birçok donanım altyapısı bulunmaktadır. Fakat kablosuz sensör ağların verimli çalışabilmesi için ihtiyaçların doğru belirlenmesi ve bu ihtiyaçlara uygun yapılandırmanın gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Kablosuz sensör düğümlerin hesaplama, depo alanı, uzak mesafeli haberleşme yenekleri kısıtlı olduğundan ölçülen verileri barındırmak ve gözlemlemek en büyük problemdir. Bu tez kapsamında tasarlanan sistemde kablosuz sensör ağı düğümü olarak Arduinio Uno geliştirme kartı ve bu düğümlerin birbirleriyle kablosuz olarak iletişimi kurabilmesi için NRF24L01 modülü seçilmiştir.

Literatür örneklerinin çoğunda kablosuz sensör düğümlerin birbirleriyle iletişimini sağlamak için XBee, Bluetooth ve Wifi kullanılmıştır. Xbee modülünün bluetooth ile kıyaslandığında uzak mesafeli haberleşme yeteneği fazla, fakat fiyat fazlalığı Wifi teknolojisine benzerlik gösterir. NRF24L01 modülü ise 250 metreye mesafeye kadar ölçüm yapabilmesi ve fiyat avantajıyla kablosuz algılayıcı ağın maliyetini düşürmektedir. Bu motivasyon noktasından yola çıkılarak kurulan kablosuz sensör ağı içerisinde yer alan sensör düğümler birbirleriyle NRF24L01 modülü sayesinde haberleştirilmiştir. Seçilen bu donanımlar ile Star topolojisi kurulması amaçlanmıştır. Yapılandırılan ortamda üç adet arduino uno r3 board kullanılmış ve üzerlerine NRF24L01 modülü entegre edilmiş ve NRF24L01 modüllerinin birbirleri ile haberleşmesi için gerekli yapılandırma Arduino Uno üzerinde yazılan program ile sağlanmıştır. Kullanılan arduino cihazlardan iki tanesi router olarak çalışırken, üçüncü arduinio cihaz ise coordinator olarak çalışmaktadır. Routerlar üzerlerinde barındırdıkları ısı sensörü ile konumlandırıldıkları bölgenin ısı değerini ölçüp coordinatora göndermekle görevlidir. Coordinatorın router'lerden topladığı ısı bilgisinin yerel olarak saklanması yerine bulut üzerinde oluşturulan veritabanına 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 kaldırılmıştır.

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

2. GENEL KISIMLAR

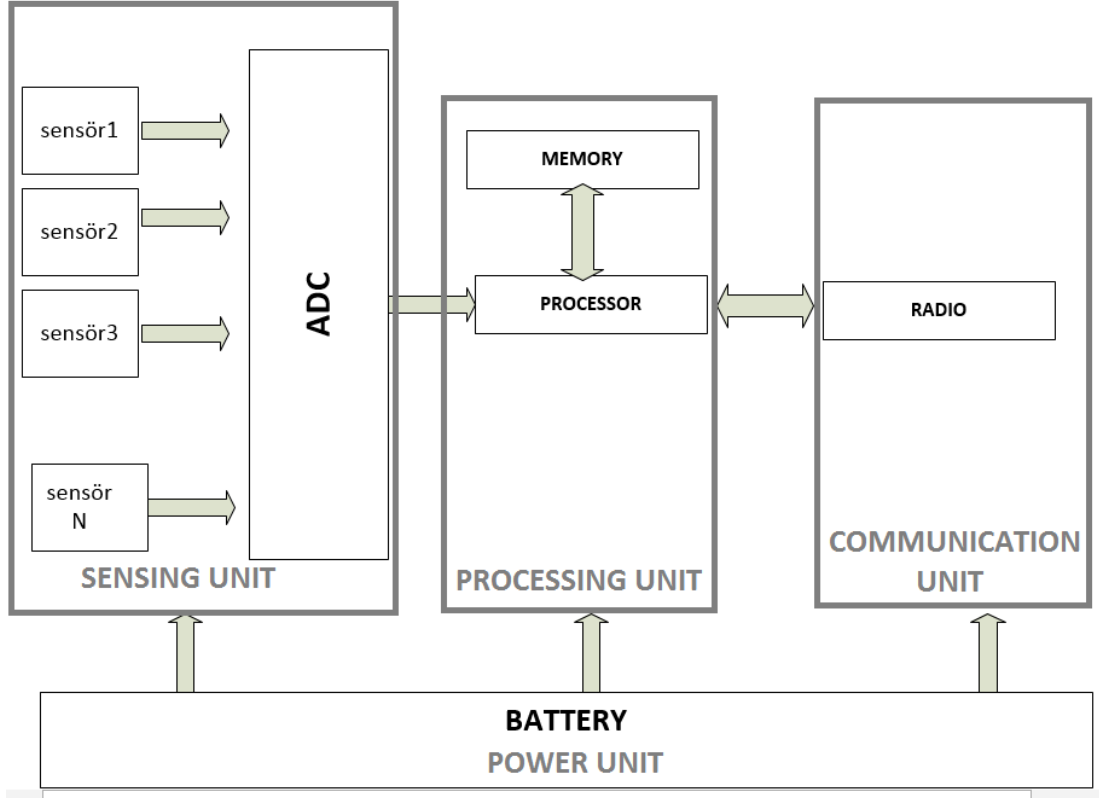
2.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlar

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[1] 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[2].

Kablosuz algılayıcı ağlar, ihtiyaca göre belirlenen sayıda, birbirleriyle haberleşen ve bilgi alışverişi yapan sensör düğümlerden oluşur. Sensör düğümlerin çalışma prensibi algılama, işleme, iletişim olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. Gözlemlenmek istenen bölge üzerine yerleştirilen sensör düğümler ile ses, ısı, sıcaklık, basınç, hareket, titreşim, kirlilik, toprak bileşeni, nesne hareketleri gibi fiziksel ve çevresel koşullar üzerinde kolektif bir şekilde gözlem yapılabilir[2, 3, 4, 5]. Sensör düğümlerin, altyapıya ihtiyaç duymamaları, organize çalışabilmeleri, herhangi bir bakım, onarım veya düzenleme gerektirmemeleri ve düşük maliyet, küçültülen boyut, düşük güç tüketimi, programlanabilirlik özellikleri, gözlem için sensör düğümleri ve onların oluşturduğu kablosuz algılayıcı ağları tercih etme sebebi olmaktadır.

2.1.1. Sensör Düğüm

Kablosuz algılayıcı ağların temel bileşeni olan sensör düğümler, dört üniteden oluşmaktadırlar. Bu birimler algılama ünitesi (sensing unit), işleme ünitesi (processing unit), iletişim ünitesi (radio unit) ve güç ünitesidir (power unit). Sensör 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 sensör düğümün yapısı şekil 1'de görülmektedir.



Şekil.1. Temel Sensör Düğüm Yapısı

Şekil 1’de de görüldüğü gibi her ünite kendi görevi gereği belirli bileşenlerden oluşmaktadır. Algılayıcı ünitesinde(sensing unit) sensörler bulunmakta ve sensör düğümün bulunduğu ortamdaki sıcaklık, nem, basınç, eğim, hız gibi değişken verilerin algılanmasını sağlamaktadır. Algılayıcı ünitesindeki sensörler 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 sensör düğümüne gönderilebilmek için iletişim ünitesine gönderilirler.

İletişim ünitesi sensör düğüm ile algılanan ve işlenen veriyi başka bir sensör düğümüne iletmek için standart kablosuz iletişim teknolojilerinden IEEE802.11, IEEE802.15.1/Bluetooth, WiBree, IEEE802.15.4, ZigBee, Wireless HART, ISA-SP100.11, Z-Wave, 6LoWPAN teknolojilerini kullanabilir[6].

Son ünite olan güç ünitesi ise diğer ünitelerin işlevlerini yerine getirebilmeleri için onlara gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Sensör düğümlerin güç ünitesi olarak kullanılan piller, genellikle kısıtlı kapasitelidir. Sahip olunan kısıtlı güç kapasitesi nedeniyle, sensör düğümde yerleşik olarak bulunan mikroişlemciler, algılayıcıdan gelen veriler üzerinde karmaşık işlemler yapmak yerine çoğunlukla veriyi iletme görevi görürler.

Veriyi başka sensör düğüme iletme 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 kullanılabilmektedir[7]. Pillerin evrimleşmesine rağmen yine de kablosuz algılayıcı ağlar için sınırsız bir güç kapasitesinden bahsetmek mümkün değildir. Bahsedilen pil türleri çoğunlukla sensör düğümlerin konumlandıkları çevrenin kısıtları nedeniyle değiştirilememekte ya da sarj edilememektedir. Fakat güneş panelleri, rüzgar ve hidro jeneratörler, elektromanyetik, akustik ve piezo-elektrik gibi çeşitli enerji kazanımlı mekanizmaların kablosuz algılayıcı ağlara entegresi ile pil kullanım süreleri uzatılabilmektedir[8]. Kablosuz algılayıcı ağın topolojisinin doğru belirlenmesi ve gereklilik durumunda dinamik değişebiliyor olması yine pil tasarrufuna yardımcı olmaktadır. Tablo1’de günümüzde kullanılan sensör düğümlerin örnek listesi bulunmaktadır.

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	AdvanticSys	AdvanticSys	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
CIT sensor 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	NXP Semiconductors LPC2138	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
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
Lotus	MEMSIC	ARMv7	Cortex®M3	Free RTOS; MoteRunnerTM; MEMSIC Kiel; RTOS; IAR Systems
LEAP	University of California, Los Angeles	ARM* V5te	Intel PXA255	LEAP software framework
SunSpot	Oracle	ARMv4T	Atmel ARM920T	Java J2ME CLDC 1.1
TinyNode 584	EPFL/TinyNode	RISC	TI MSP430F1611	N/A
ZigBit ZDM-A1281-B0	MeshNetics	AVR	Atmel ATmega1281V	ZigBit Development Kit

Şekil.2. Sensör Düğüm Listesi

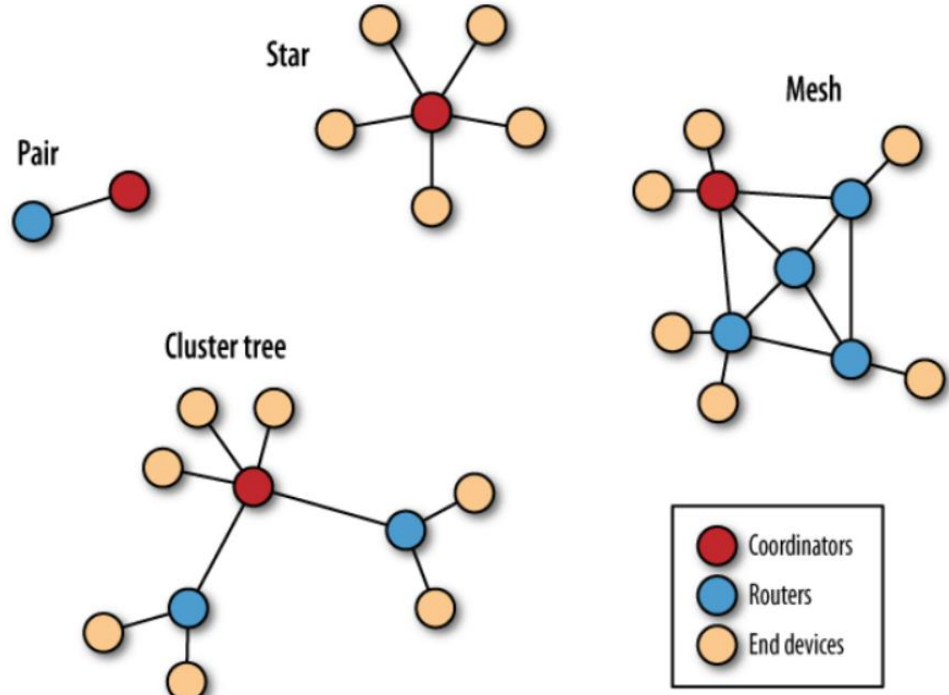
2.1.2. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojileri

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[18]. Sensör düğümlerin sahip oldukları iletim mesafesi ve komşu düğüm sayısı gibi ağ parametreleri, minimum toplam enerji ihtiyacı ve arızalanan sensör düğümün tolere edilmesi gibi tercihler ağ topolojinin belirlenmesine katkıda bulunur. Bir kablosuz algılayıcı ağda point to point, star, mesh ve tree topoloji olmak üzere kullanılabilecek dört adet ağ topolojisi mevcuttur[14].

- **Point to Point Topoloji (Pair):** Point to point topoloji iki sensör düğüm arasında özel uzun menzilli, yüksek kapasiteli kablosuz bağlantı oluşturur. Anahtarlama noktasız 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[14, 15].
- **Star Topoloji:** Star topolojinin düzenlenmesi oldukça basittir. Bir coordinator düğüm merkezde konumlanır diğer düğümler merkezde olan coordinator düğüme bağlanır. Uçlarda bulunan bu düğümler ölçtükleri verileri coordinatora gönderirler. Uç düğümlerin birbirleriyle iletişimi yoktur. Star topoloji düşük güç tüketimi sağlar ve ağa yeni uç düğümler eklemek kolay olduğundan ölçeklenebilir bir topolojidir. Merkezde bulunan coordinator düğümün arızası uç düğümler arasında alternatif bir yol bulunmadığından tüm ağın çalışmamasına sebep olacaktır [14,16].
- **Mesh Topoloji:** Mesh topolojisinde uç düğüm ve coordinator düğüme ek olarak router düğümler vardır. Coordinator ağı yönetmek için vardır. Ağda coordinator ve router düğümlere bağlı olan uç düğümler vardır.

Uç düğümler ölçtükleri verileri direkt coordinator ile bağlantıları varsa coordinatora routerlara bağlantıları varsa routera iletirler. Routerlar belirlenen güzergahı izleyerek aldıkları veriyi bir sonraki routera ve ardından coordinatora iletirler. Ağ üzerinde çok fazla gereksiz yol bulunuyor olabilir bu sebeple gecikme ve enerji tüketimi artacaktır[14,17].
- **Tree Topoloji:** Mesh Topolojinin değişikliğe uğramış halidir. Ağ üzerinde coordinator, uç düğümler ve routerlar bulunur. Ağda yine coordinator ve router düğümlere bağlı olan uç düğümler vardır.

- Uç düğümler ölçtükleri verileri direkt coordinator ile bağlantıları varsa coordinatora routerlara bağlantıları varsa routera iletirler. Routerlar aldıkları verileri direkt bağlı oldukları coordinatorlara iletirler. Router arızası uç düğümlerin iletişiminin kopmasına yol açacaktır[14].



Şekil. 3. Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojileri

2.1.3 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, hayvan, insan, araç 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 tez 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[1, 23]. 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 sensör düğümler akustik, deprem, manyetik, kızılötesi, elektro-optik, elektromanyetik sensörler içerebilmekte ve bu ve benzer sensörler ile kontrol, iletişim, keşif, istihbarat, hasar değerlendirme, biyolojik ve kimyasal saldırı tespiti ve hedef tespiti yapılabilmektedir[19, 23]. Bilinen askeri uygulama projelerine bakıldığında Smart Dust, Boomerang Sniper Algılama Sistemi, Omni kuşu ve VigilNet göze çarpan projelerdir[19, 20, 21].
- Çevresel Uygulamalar: Kablosuz algılayıcı ağlarda kullanılan çevresel sensörlerin istenilen bölgeye konumlandırılması ile çevre koşulların 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 [26, 27].
- 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 kullanılabilmektedir.

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 hastaciletişimi için ara yüzlerin tasarımı sağlanabilmektedir. [19, 24] CareNet, Caregiver's assistant, WISP, LiveNet, mPCA kablosuz algılayıcı ağlarla geliştirilen örnek sağlık uygulamalarıdır. [24, 25, 26]

- Ev Uygulamaları: Kablosuz algılayıcı ağlar ile gerçekleştirilen ev uygulamaları ile ev otomasyonu(Perdeler, ışıklar, gaz/su vanaları, garaj kapısı), alarm sistemi (hareket sensörleri, kapı manyetikleri, siren), kamera sistemi(iç ve dış mekan görüntü algılayıcılar, 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[29].
- Endüstri Uygulamaları: Kablosuz algılayıcı ağ teknolojileri endüstriyel otomasyon dâhil olmak üzere pek çok endüstriyel uygulama alanında başarıyla kullanılmaya başlanmıştır[28]. 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[2, 19].

2.2. 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[9].

NIST'e göre bulut bilişim asgari yönetim çabası veya servis sağlayıcı etkileşimiyle hızla tahsis edilebilen ve serbest bırakılabilen, yapılandırılabilir bilgişlem 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[10]. 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.

Popek ve Goldberg'e göre sanal makina, gerçek makinanın etkili ve soyutlanmış bir kopyasıdır[11]. 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.

2.2.1. Bulutun Temel Nitelikleri

- Talep üzeri self-servis(on-demand self service): Tüketici, sunucu zamanı ve ağ depolamagibi bilgiişlem yeteneklerini, her hizmetin sağlayıcısıyla insan etkileşimi gerektirmeden otomatik olarak ihtiyaç duyuldukça, tek taraflı tahsis edebilir[10].
- Geniş ağ erişimi(broad network access): Kaynaklar ağ üzerinde mevcuttur ve bunlara erişim heterojen işlemci platformları (örneğin, mobil telefonlar, dizüstü bilgisayarlar ve PDA'lar) vasıtasıyla kullanımı teşvik eden standart mekanizmalar yoluyla sağlanır[10].
- Kaynak havuzu(resource pooling): Sağlayıcının bilgiişlem kaynakları, farklı fiziksel ve sanal kaynakların tüketici talebi doğrultusunda dinamik olarak atandığı çok kiracılı bir model kullanılarak çok sayıda tüketiciye hizmet etmek üzere havuz haline getirilir. Burada, müşterinin sağlanan kaynakların kesin mahalli üzerinde genellikle kontrol ve bilgisi olmadığı için bir soyutlama (örneğin, ülke, eyalet, veya veri merkezi)düzeyinde mahalli belirleyebilir. Kaynaklara örnekler depolama, işlem, bellek, ağ, bant genişliği ve sanal makinalardır. [10]
- Çevik esneklik (rapid elasticity): Kaynaklar, ölçekleri hızla büyüyecek ya da küçülecek şekilde, çok çabuk ve esnek bir biçimde, bazı durumlarda otomatik olarak, tahsis edilebilir. Tahsis edilebilecek kaynaklar tüketiciye genellikle sınırsız görünür ve herhangi bir miktarda satın alınabilir. [10]
- Ölçülen hizmet (measured service): Bulut sistemleri hizmetin türüne (örn. Depolama, işlem, bant genişliği, aktif kullanıcı hesapları) uygun düşen bir soyutlama düzeyinde bir ölçüm yeteneği geliştirerek kaynak kullanımını otomatik olarak kontrol ve optimize eder.

- Kaynak kullanımı gözlemlenebilir, kontrol edilebilir ve rapor edilebilir, böylece yararlanılan hizmetlerin hem sağlayıcı hem de tüketici için şeffaflığı sağlanır. [10]

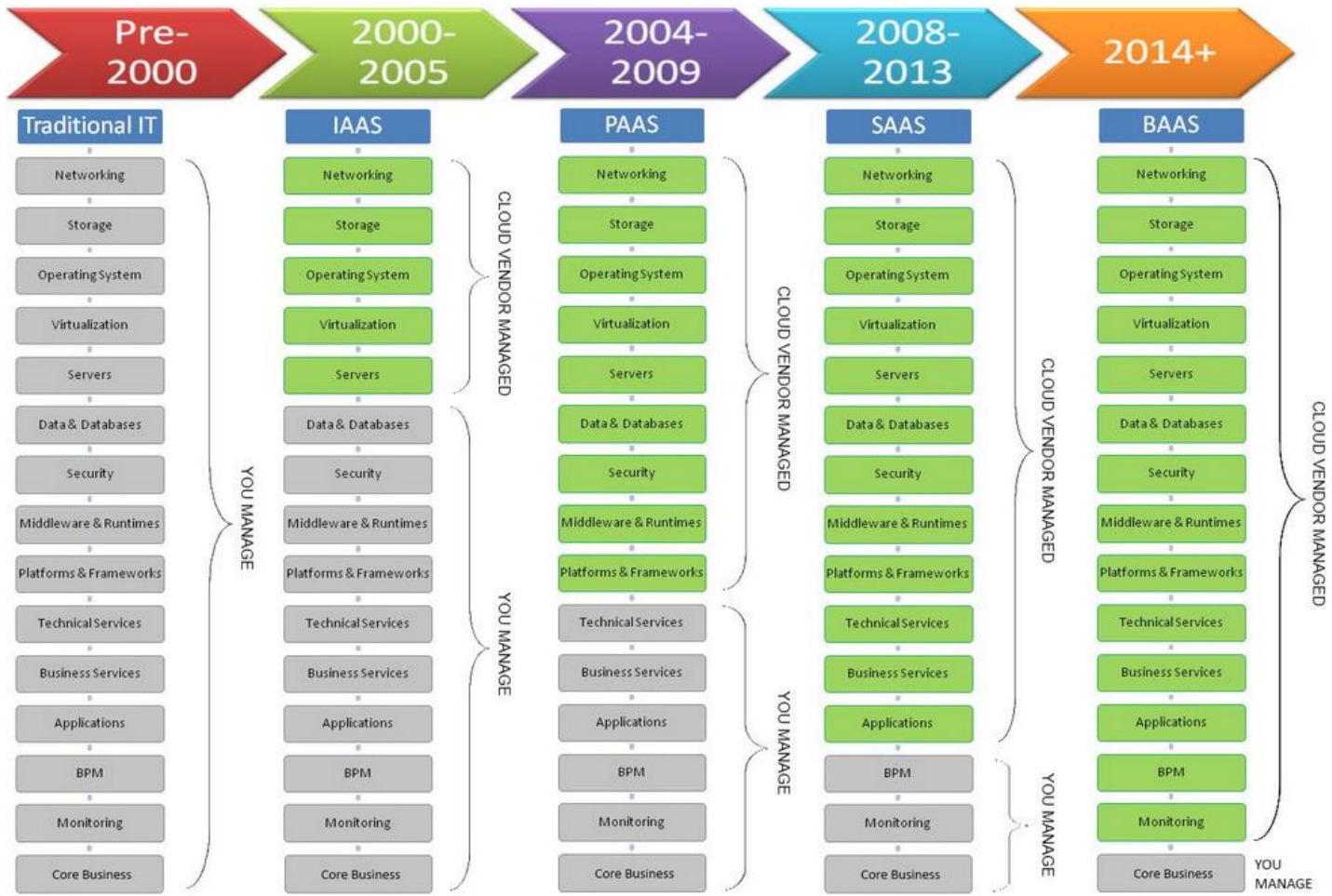
2.2.2. Hizmet Modelleri

Yazılımın servis olarak sunulması (SAAS) ile tüketiciye, hizmet sağlayıcının bulut altyapısı üzerindeki uygulamalarını kullanabilme imkanı verilmektedir. [10] Uygulamalara, basit bir istemci arayüzü olan bir web tarayıcısı yoluyla, muhtelif istemci cihazlarından erişmek mümkündür. Tüketici hizmet sağlayıcı tarafındaki ağın altyapısını, sunucularını, işletim sistemlerini, depola alanını kısacası bulut altyapısını yönetemez veya kontrol edemez. Tüketici SAAS hizmeti ile sadece hizmet sağlayıcıdan talep ettiği uygulamayı kullanabilme hakkına sahip olur. SaaS uygulamalarından Office 365, Salesforce.com, e-posta hizmetleri, WebEx, dropbox, Google docs en bilindik örneklerden birkaçıdır.

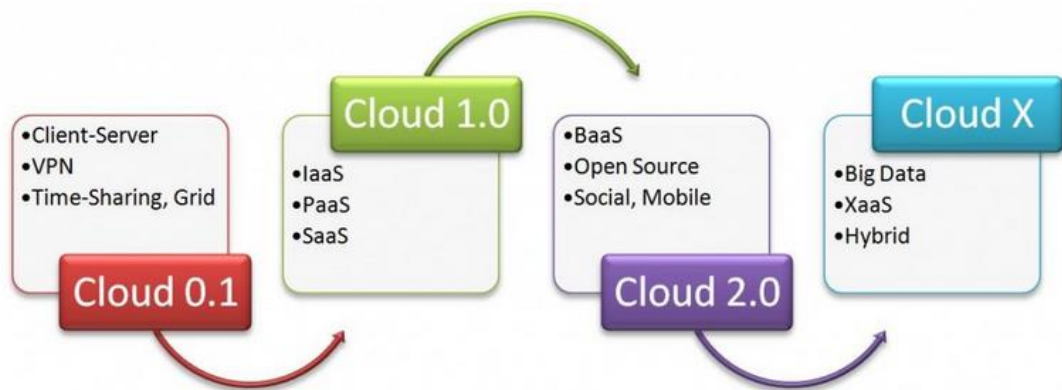
Platformun servis olarak sunulması(PAAS) ile tüketiciye tüketici tarafından, programlama dilleri ve sağlayıcının verdiği araçlar kullanılarak yaratılmış ya da edinilmiş olan uygulamaları bulut altyapısına konuşlandırma hizmeti verilmektedir. [10] Tüketici hizmet sağlayıcı tarafındaki ağın altyapısını, sunucularını, işletim sistemlerini, depola alanını kısacası bulut altyapısını yönetemez ama konuşlandırılmış uygulamalar ve uygulamaların barındırıldığı ortamın yapılandırması üzerinde kontrole sahiptir.

Altyapının servis olarak sunulması (IAAS) ile tüketiciye işlemci, bellek, depolama alanı ve bant genişliği gibi bilgisayar kaynakları bulut üzerinden tahsis edebilmektedir[10]. Tüketici hizmet sağlayıcının temel bulut yapısını yönetemez veya kontrol edemez ama işletim sistemleri, depolama alanı, işletim sistemi üzerinde barındırılan uygulamalar ve bazı ağ bileşenleri (örn. güvenlik duvarları) üzerinde kısıtlı kontrole sahiptir.

2014 yılı ile bulut hizmetleri arasında yerini almaya başlayan ve ilerleyen yıllarda da adından daha çok söz ettirecek diğer bir servis ise işletmenin servis olarak sunulmasıdır. (Business As A Services-BAS)



Şekil. 4. Bulut Bilişim Hizmet Modelleri

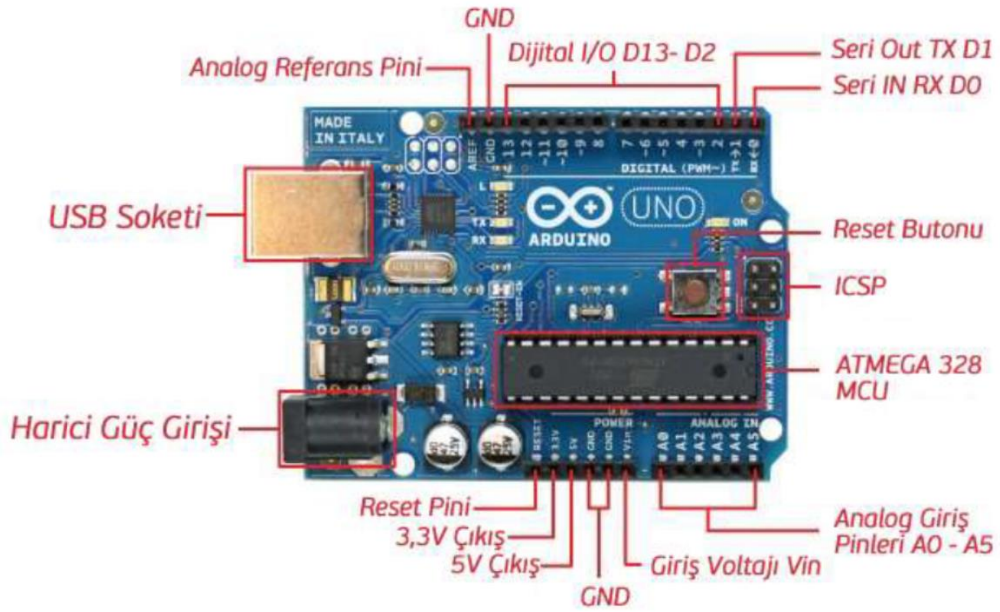


Şekil. 5. Bulut Bilişim Devrimi

3. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞIN DONANIMI

3.1. Arduino

Arduino kullanım kolaylığına ve esnek bir donanım/yazılım mimarisine sahip, açık kaynaklı elektronik geliştirme kartıdır. Arduino kartlarının donanımında bir adet Atmel AVR mikrodenetleyici, 5 voltluk regüle entegresi ve 16MHz kristal osilator yada seramik rezonatörün yanında programlama ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunur. Şekil 6'de Arduino çeşitlerinden Arduino Uno kartının pin çıkışları gösterilmektedir.



Şekil. 6. Arduino Uno Pin Çıkışları

Arduino geliştirme ortamı olarak JAVA programlama dilinde yazılmış bir uygulama olan Arduino IDE kullanılmaktadır. Arduino IDE kod editörü ve derleyici olarak görev yapar, aynı zamanda derlenen programı karta yükleme işlemini gerçekleştirir.

Arduino IDE bu iş süreçlerini gerçekleştirebilmek için Arduino bootloader (Optiboot), Arduino kütüphaneleri, AVR Dude ve AVR-GCC bileşenlerinden oluşur. Optiboot bileşeni Arduino 'nun bootloader bileşenidir. Bu bileşen, Arduino kartlarının üzerindeki mikrodenetleyicinin programlanmasını sağlar. AVR Dude bileşeni Arduino üzerindeki mikrodenetleyiciyi programlayan yazılım bileşenidir. AVR-GCC bileşeni ise derleyici olarak çalışmaktadır.

3.1.1. Arduino Çeşitleri

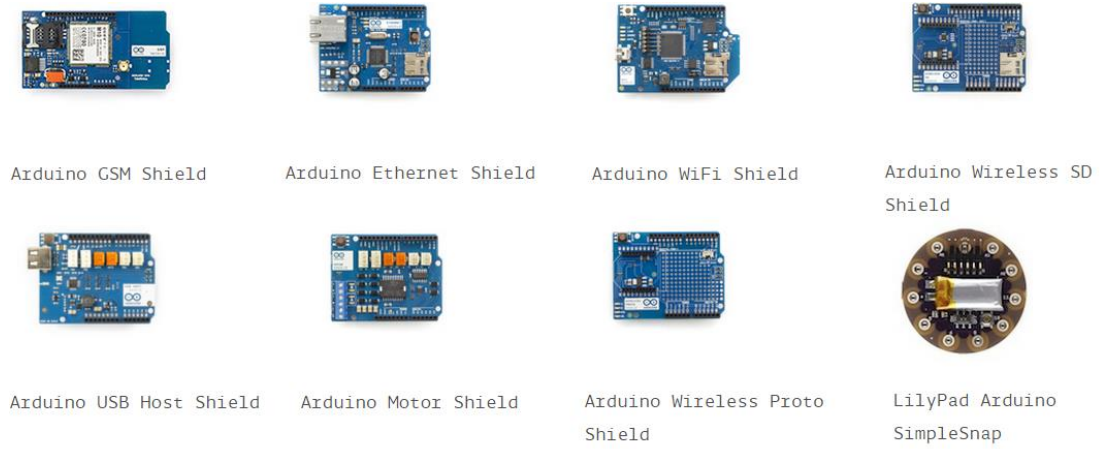
Arduino 'nun farklı ihtiyaçlara çözüm üretebilmek için tasarlanmış çeşitli kartları ve modülleri mevcuttur. Geliştirilecek uygulama bir giyilebilir e-tekstil uygulaması olacaksa ya da 32 bit arm çekirdekli mikroişlemci, bluetooth, wireless, GSM, RF ihtiyacı gibi farklı ihtiyaçlara sahipse kullanılacak arduino çeşidi bu ihtiyaçlara göre seçilebilmektedir. Şekil 4.'de Arduino çeşitlerinin listelendiği bir tablo görülmektedir.

Name	Processor	Operating Voltage/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [KB]	SRAM [KB]	Flash [KB]	USB	UART
Uno	ATmega328	5 V/7-12 V	16MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1
Due	AT91SAM3X8E	3.3 V/7-12 V	84 MHz	12/2	54/12	-	96	512	2 Micro	4
Leonardo	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
Mega 2560	ATmega2560	5 V/7-12 V	16MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Mega ADK	ATmega2560	5 V/7-12 V	16MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Micro	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
Mini	ATmega328	5 V/7-9 V	16MHz	8/0	14/6	1	2	32	-	-
Nano	ATmega168	5 V/7-9 V	16MHz	8/0	14/6	0.512	1	16	Mini-B	1
	ATmega328					1	2	32		
Ethernet	ATmega328	5 V/7-12 V	16MHz	6/0	14/4	1	2	32	Regular	-
Esplora	ATmega32u4	5 V/7-12 V	16MHz	-	-	1	2.5	32	Micro	-
ArduinoBT	ATmega328	5 V/2.5-12 V	16MHz	6/0	14/6	1	2	32	-	1
Fio	ATmega328P	3.3 V/3.7-7 V	8MHz	8/0	14/6	1	2	32	Mini	1
Pro (168)	ATmega168	3.3 V/3.35-12 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	1
Pro (328)	ATmega328	5 V/5-12 V	16MHz	6/0	14/6	1	2	32	-	1
Pro Mini	ATmega168	3.3 V/3.35-12 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	1
		5 V/5-12 V	16MHz							
LilyPad	ATmega168V	2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
	ATmega328V	V/2.7-5.5 V								
LilyPad USB	ATmega32u4	3.3 V/3.8-5V	8MHz	4/0	9/4	1	2.5	32	Micro	-
LilyPad Simple	ATmega328	2.7-5.5 V	8MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
		V/2.7-5.5 V								
LilyPad SimpleSnap	ATmega328	2.7-5.5 V	8MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
Yun	ATmega32u4	5 V	16MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1

Şekil. 7. Arduino Çeşitleri

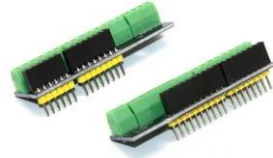
3.1.2. Arduino Zırhları (Shield)

Uygulama gereksinimlerine göre farklı ihtiyaçlara cevap veren özelleştirilmiş Arduino çeşitleri mevcut olmakla beraber elimizde mevcut olan arduino kartlarının üzerine takabileceğimiz Arduino zırhları ile Arduino kartlarının işlevi arttırılabilmektedir.



Şekil. 8. Arduino Zırh Çeşitleri

Şekil 8’de gösterilen Arduino zırhları dışında farklı üreticilere ait özelleştirilmiş farklı zırhlar da mevcuttur. Şekil 9’da farklı üreticilere ait zırh örneklerinden bazıları görülmektedir.



Arduino Klemens Shield



Arduino LCD Shield



Arduino ProtoShield



Arduino Communication Shield

Şekil. 9. Farklı Üreticilere Ait Zırh Örnekleri

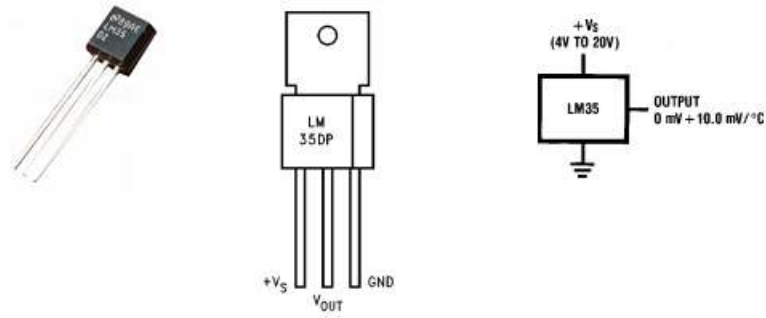
3.2. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ Platformu: Arduino Uno ve Bileşenler

Tez kapsamında tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ yapısı içerisinde sensör 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 bir çoğuna uygun olması ve fiyat avantajı sebebiyle sensör düğüm olarak arduino çeşitlerinden Arduino Uno'nun seçilmesine karar verilmiştir.

Oluşturulan kablosuz ağ yapısında iki adet router görevi görecek Arduino Uno ile bir adet coordinator olarak çalışan Arduino Uno kullanılmıştır. Router olarak çalışan Arduino Uno'lar ortamın sıcaklığını, ısı sensörü ile ölçerek coordinator Arduino'ya göndermekle görevlendirilmiştir. Isı sensörü ile Arduino arasında kurulacak devre için breadboard'dan yararlanılmıştır.

3.2.1. Isı Sensörü

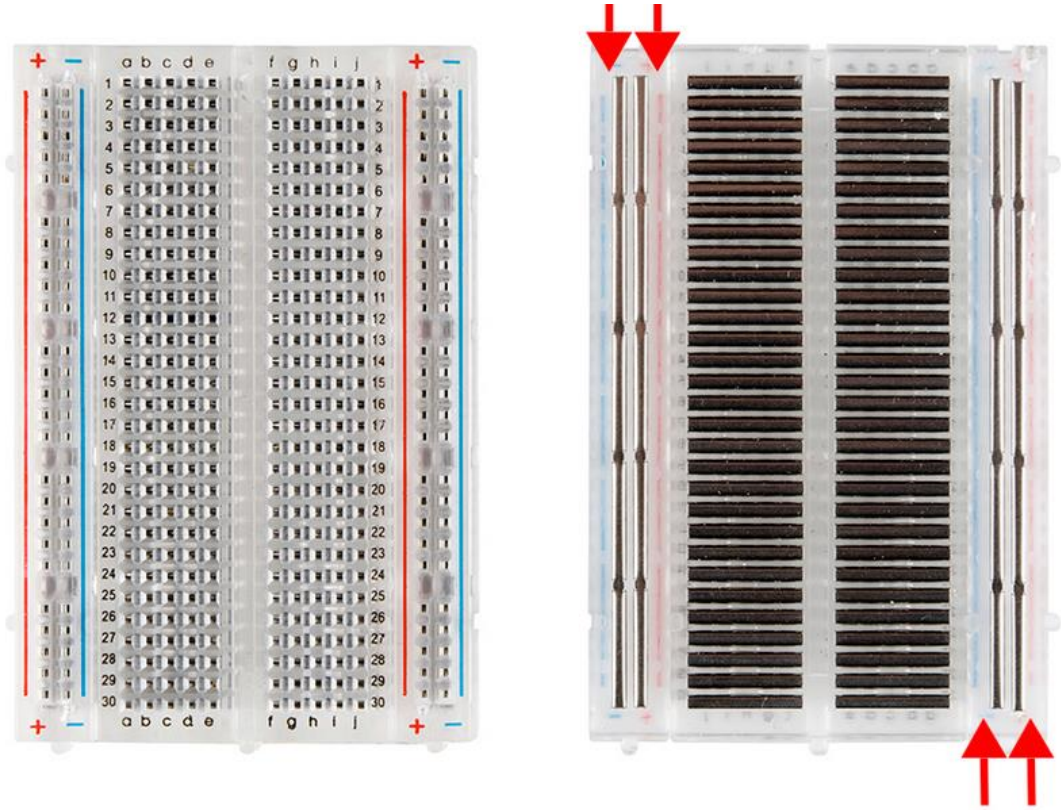
Isı sensörü olarak LM35 serisi ısı sensörü seçilmiştir. LM35, ortam sıcaklığına göre potansiyel fark oluşturan bir entegredir. Yarı iletken bir yapıya sahip olan LM35 hassas ve küçük değerli sıcaklık ölçümleri için kullanılmaktadır. -55 derece ile 150 derece arasında çalışabilen LM35 ısı sensörü çıkış 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[12].



Şekil. 10. LM35 Isı Sensörü ve Bacakları

3.2.2. BreadBoard (Deney Tablası)

Breadboard yatay ve dikey olarak konumlandırılmış iletken metal çubukları barındıran delikli bir plastik alettir. Bir elektronik devreyi breadboard üzerinde tasarlamakla baskı devresi çıkarmaya gerek kalmadan, lehim yapmadan devreyi çalıştırabilmekteyiz. Breadboard üzerinde kurulan devrenin devre tasarımından kaynaklı hataları kolay tespit edilebildiği gibi breadboarda bağlanılmak istenen malzemelerin ayakları kesilip, lehimlenmediği için tekrar tekrar kullanılabilir.

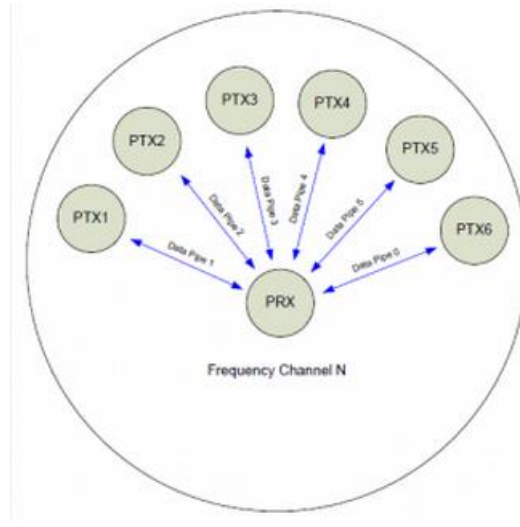


Şekil. 11. Breadboard'un Üstten ve Alttan Görünümü

3.2.3. NRF24L01 Haberleşme Modülü

NRF24L01, gömülü Enhanced ShockBurst protokol motoru ile düşük güç kablosuz uygulamalarda çalışması için tasarlanmış, 2,4 GHz frekans bandında alıcı ve verici olarak çalışan bir modüldür. NRF24L01 2.400 – 2.4835GHz frekans aralığında 1Mhz çözünürlükte 126 farklı kanaldan yayın yapmaktadır. Beraber çalışacağı mikroişlemci üzerinde SPI (serial peripheral interface) kütüphanesi ile kullanılmaktadır ve 2 Mbps hızıyla seri haberleşme sağlamaktadır. NRF24L01 haberleşme modülü power down mode, stanby mode, rx mode (alıcı) ve tx mode(verici) olmak üzere dört modda çalışabilmektedir[13]. Modülün hangi modda çalışacağı mikroişlemci üzerinden programlanmalıdır.

NRF24L01 modülü alıcı olarak programlandığında 2 Mbps veri aktarım hızıyla 12,3 mA, verici olarak programlandığında ise 11,3 mA akım çekmektedir. Programmasına bağlı olarak birden çok vericiye bir alıcı hizmet verebilmektedir. Alıcı olan bir modül altı farklı verici modül ile altı farklı adresten veri alışverişinde bulunabilmektedir.

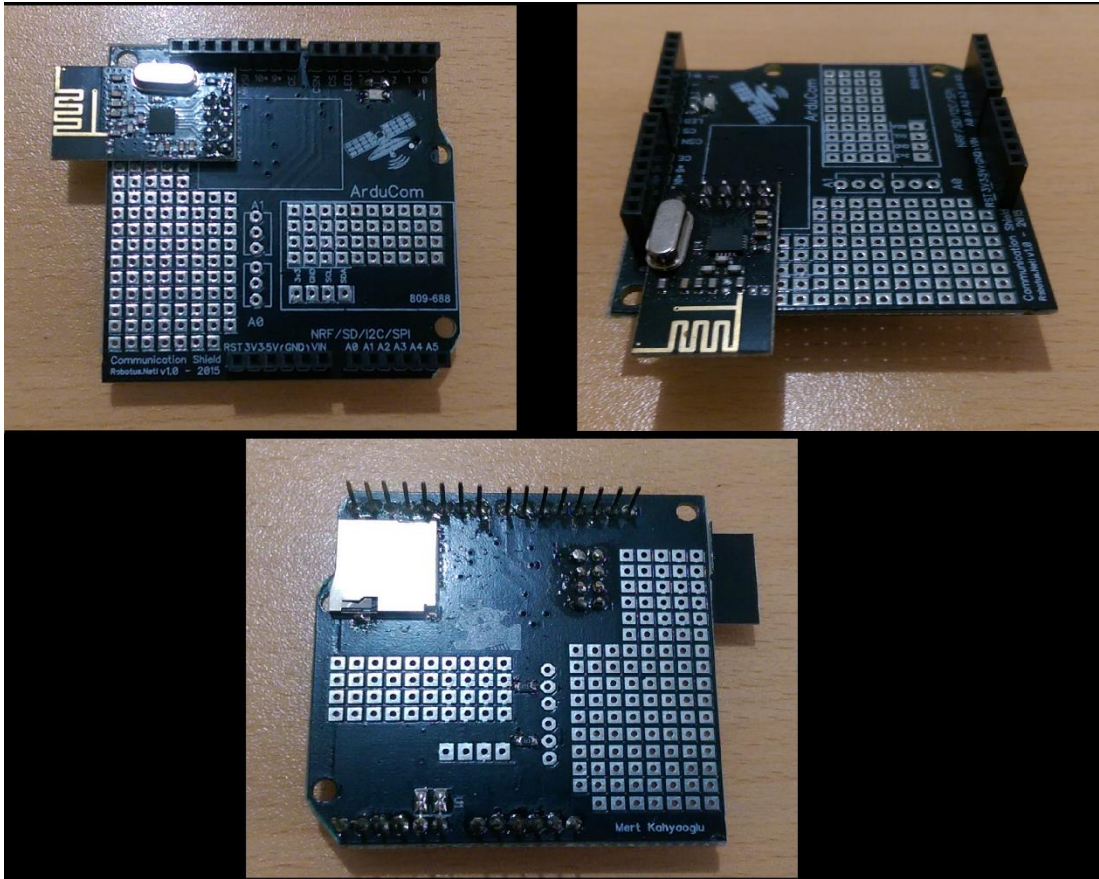


Şekil. 12. Bir Alıcı ile Altı Vericinin Haberleşmesi

Kablosuz algılayıcı ağlarda bulunan sensör düğümlerin birbirleri ile haberleşmesi, karşılıklı olarak veri aktarımı ve senkron çalışması gerekmektedir. Bu gereksinimle yola çıkılan uygulamaların birçoğunda xbee, wifi, bluetooth, infrared modüller kullanılmaktadır. Xbee modüller uzun mesafeli iletişimi desteklemeleriyle diğer modüllere göre avantaj sağlasa da birim fiyatının fazlalığı sensör düğümlerin ucuza mal edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple ucuz haberleşme sistemleri sensör düğümler için tercih sebebi olmaktadır. Bundan yola çıkılarak tez kapsamında birden fazla arduino'nun haberleşmesini sağlamak için NRF24L01 haberleşme modülü tercih edilmiştir.

3.2.4. Arduino Communication Shield

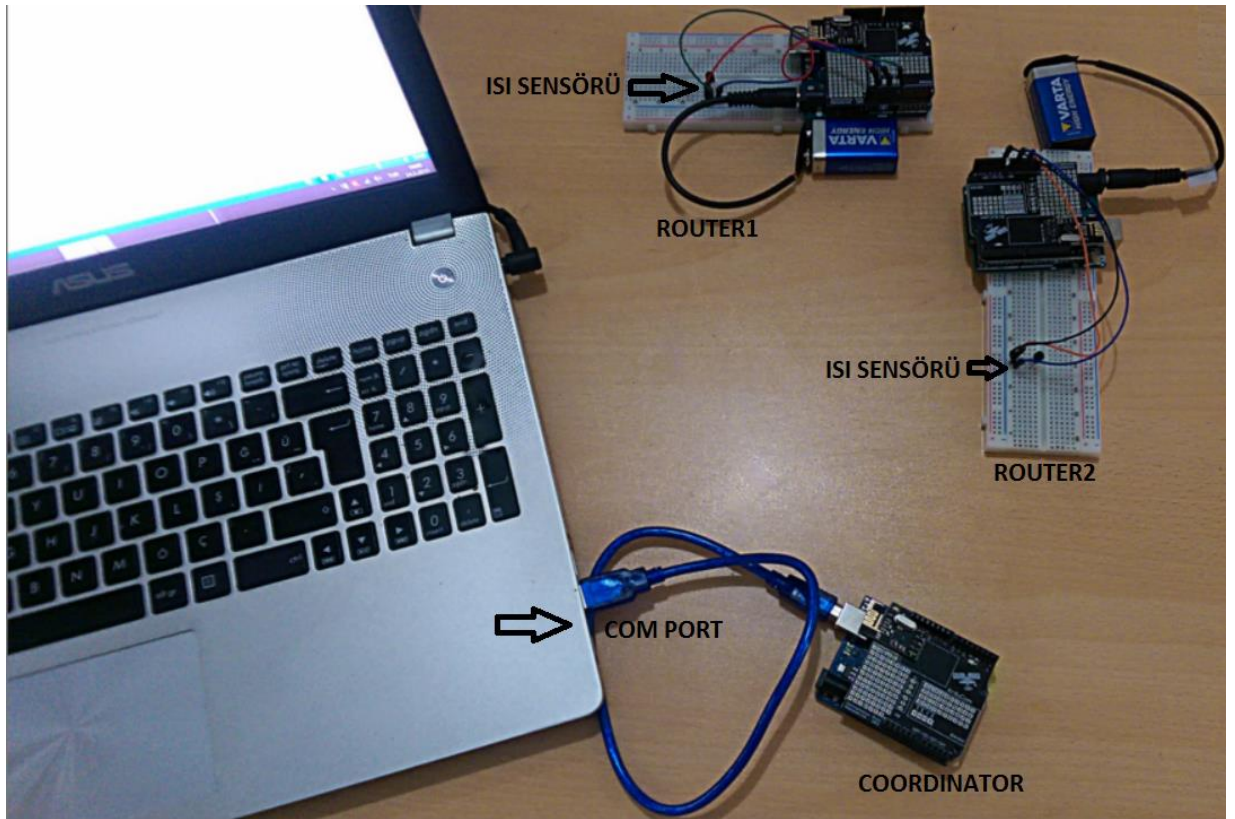
Arduino Communication Shield kablosuz haberleşme modülü NRF24L01'i destekleyen, SD kart ve I2C haberleşme pinleri ile çeşitli sensörlerin bağlanabildiği Arduino Uno'ya uyumlu bir Arduino zırhıdır. Geliştirilen kablosuz algılayıcı ağ içerisinde yer alacak sensör düğümlerde, NRF24L01 haberleşme modülünü desteklemesi ve Arduino Uno'ya uyumlu olması sebebiyle tercih edilmiş, router olarak çalışan iki Arduino'ya ısı sensörü olarak bağlanmak istenen LM35'in bağlantısı için de yine üzerinde bulunan analog pinler kullanılmıştır.



Şekil. 13. ArduCom

3.2.5. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ Topolojisi

Tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ topolojisi şekil.10'da gösterilmiştir. Uygulanmaya karar verilen ağ topolojisi star topoloji olmuştur. Ağ topolojisine göre r1 adındaki birinci sensör düğüm(router1) ve r2 adındaki ikinci sensör düğüm(router2) üzerlerindeki lm35 sıcaklık sensörü ile ölçtükleri sıcaklıkları mesaj olarak kablosuz haberleşme modülü NRF24L01 aracılığıyla merkez düğüme(coordinator) göndermektedirler. Sensör düğümlerin gönderdikleri mesaj içeriğinde kendi adları ve anlık sıcaklık ölçüm değerleri vardır. Merkez düğüm kendi üzerinde de bulunan kablosuz haberleşme modülü NRF24L01 aracılığıyla sensör düğümlerin yolladıkları mesajları alabilmektedir.



Şekil. 14. Tasarlanan Kablosuz Ağ Topolojisi

4. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ İÇİN BULUT BİLİŞİM

Tez kapsamında kablosuz sensör ağları sahip olduğu hafıza, enerji, iletişim, ölçümlenebilirlik, 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 sensör düğümlerin konuşlandırıldıkları bölgeden topladıkları verileri kendi üzerine yerleştirilmiş bir hafıza kartı üzerinde saklamaları, merkez olarak belirlenen ayrı bir sensör düğüme yollamaları verilerin o sensör düğümün hafıza kartına kaydedilmesi ya da aynı bölgedeki bir bilgisayar üzerine göndermeleri gerekmektedir. Bu yaklaşım ile kurulan kablosuz algılayıcı ağların hali hazırda sahip olduğu kısıtlar ve problemler artmakta ve kurulan ağ bir süre sonra çıkmaza girmektedir. 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 sensörlerin 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 sensör düğümlerinin konuşlandırıldıkları bölgeden topladıkları verileri yerel olarak saklamaları yerine merkez(coordinator) 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.

Kablosuz algılayıcı ağ içerisinde sadece sensör düğümler batarya ile çalışmaktadır. Merkez düğümse bir bilgisayara usb üzerinden bağlı olduğu için sınırsız bir enerjiye sahiptir.

Sensör düğümler sadece veri ölçme ve bu verileri kablosuz ağ teknolojilerinden biri ile yakınında bulunan merkez düğüme gönderme işlemi yapacaktır. Sensör 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 yapılabilecektir. (veri analizi, veri madenciliği gibi). 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, ağı oluşturan sensör 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 sensör düğüm ekleyip yeni kablosuz sensör ağlar oluşturmak gerekmektedir. Bu tez kapsamında önerilen bulut teknolojisi ile verilerin sanallaştırılması bu soruna çözüm olacaktır. Ölçüm ve gözlem yapılacak bölgeye yerleştirilen fiziksel sensör düğümler tarafından ölçülen ve bulutta depolanan veriler XML ve JSON formatında dışarıya açılacak ve dünyanın her yerinden istenilen her uygulamaya ataması yapılabilecektir.

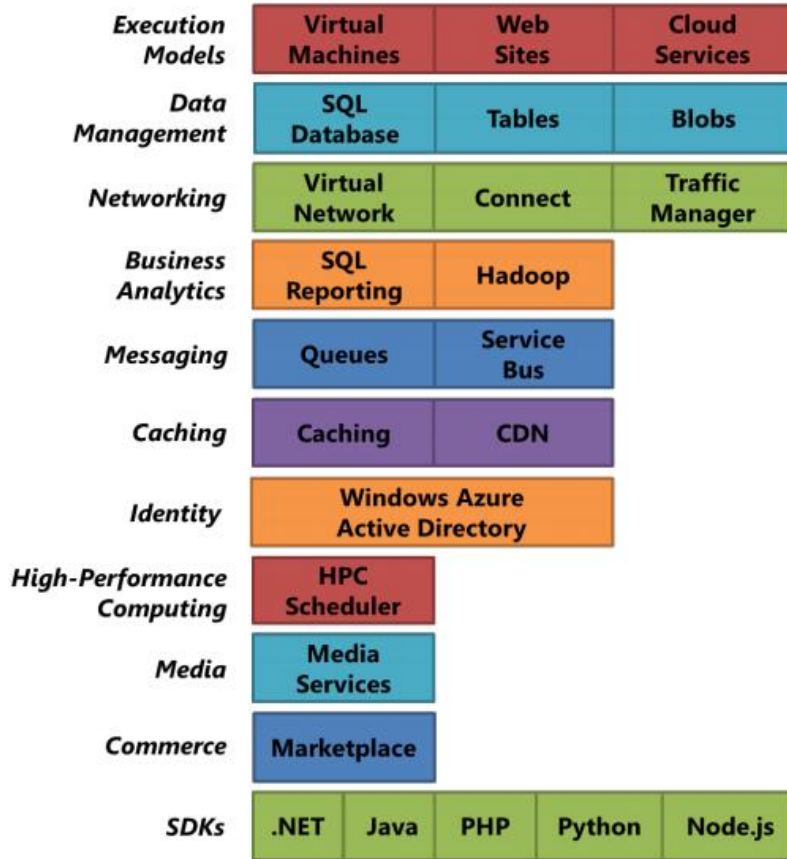
4.1. Tasarlanan Kablosuz Algılayıcı Ağ İçin Seçilen Bulut Platformu: Microsoft Azure

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[30].

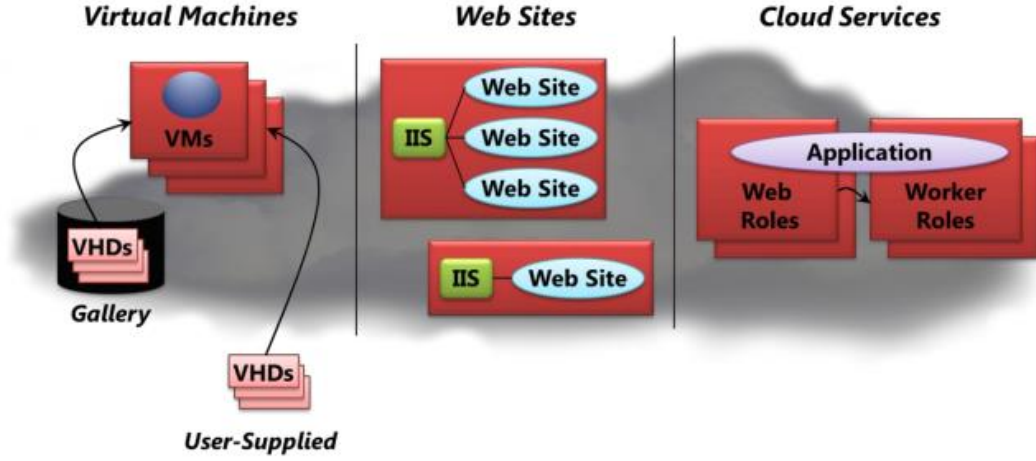
Çok geniş bir PaaS hizmeti sunmakta olan Microsoft Azure .NET geliştiricileri için web ve Windows tabanlı kütüphane kullandırabilmekte ASP.NET MVC, WCF, WWF, ADO.NET gibi .NET teknolojileri ile uyumlu avantajına sahip olduğu gibi Java, PHP ve Node.js API'lerini de kullanmaktadır.

Şekil 15'de Microsoft Azure bileşenleri ile Azure hizmet modelleri gösterilmiştir.



Şekil. 15. Microsoft Azure Bileşenleri

Bir bulut platformunun gerçekleştirdiği en temel işlerden birisi uygulamaları çalıştırmaktır. Microsoft Azure bunu sağlayabilmek için üç hizmet modeli sunar. Bu seçenekler Şekil 16'de gösterilmektedir.



Şekil. 16.Uygulama Çalıştırma Seçenekleri

Şekil 12’de görünen sanal makine, internet siteleri, bulut servisleri seçenekleri ayrı ayrı kullanılabildiği gibi bu yaklaşımları birlikte kullanabilecek bir uygulama da hazırlanabilmektedir. Sanal makine hizmet yaklaşımı ile kullanıcı belirleyeceği bir imaj ile talep tabanlı saat başına ücretlendirmeye tabi bir sanal makine oluşturulabilmektedir. Microsoft Azure kullanıcılara sanal makine hizmeti vermekle ile IAAS olarak tanımlanan hizmeti sunmaktadır[30].

Bulut üzerinde yapılan en genel işlerden birisi internet siteleri ve uygulamalarını çalıştırmaktır. Microsoft Azure sanal makine hizmeti ile bu işlem yapılabilir fakat bir veya birden fazla sanal makine gerekli olduğunda bunların yönetim sorumluluğu yine kullanıcıya ait olacaktır. Yönetimin de Microsoft Azure tarafından yapılması istendiğinde Azure’dan internet sitesi hizmeti almak gerekmektedir. Bu hizmette Internet Information Services(IIS) kullanılmakta ve mevcut internet sitesinin Microsoft Azure üzerine değiştirilmeden taşınabilmesi veya bir yenisinin direkt bulut üzerinde oluşturulması sağlanabilmektedir. İnternet sitelerinin ihtiyaç duyacağı ilişkisel depolama için SQL veritabanı, ORACLE veritabanı ve MySQL’e ilave olarak .NET, PHP, Node.js, desteği sunmakta ayrıca Wordpress, Joomla, Drupal de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalara dahili destek vermektedir[30].

Sanal makine ve internet sitesi hizmetleri dışında Microsoft Azure tarafından verilen diğer bir hizmet bulut servisleridir.

Bulut servisleri ölçeklenebilir, güvenilir ve düşük seviyede yönetim gerektiren uygulamaları destekleyecek şekilde tanımlanmış PAAS olarak hizmet vermektedir. Kullanıcı tarafından geliştirilmiş C#, Java, PHP, Python, Node.js veya başka bir teknolojiyi kullanan bir uygulamanın bulut ortamındaki bir sanal makinede çalıştırılması ile sağlanmaktadır[30].

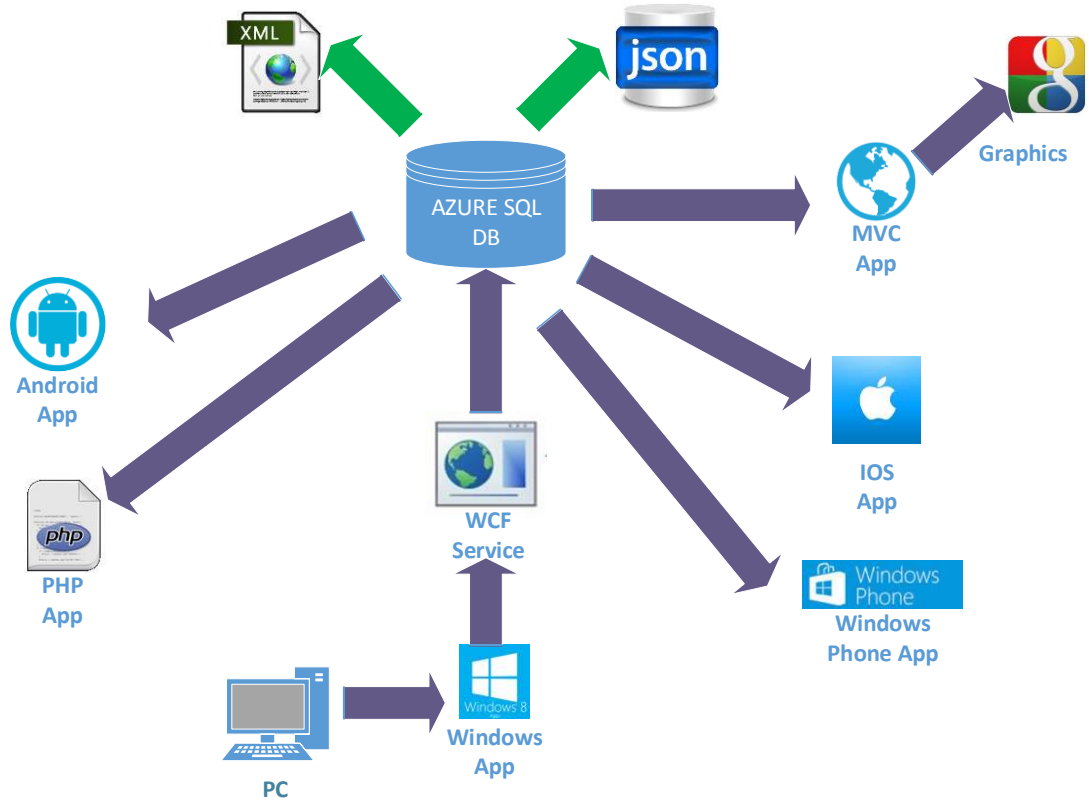
Microsoft Azure'un üç aylık deneme sürümünün olması, tez kapsamında ihtiyaç duyulan PAAS hizmetini verebilmesi .NET teknolojilerini kullanmaya imkân vermesinden dolayı; tez kapsamında bulut platformu olarak Microsoft Azure'un kullanılmasına karar verilmiştir.

Microsoft Azure platformu üzerinde geliştirme yapabilmek için Microsoft Visual Studio yazılımı üzerine Microsoft Azure SDK'sı kurulmalıdır. Visual Studio 2012 ya da 2013 kullanılıyorsa kurulması gereken Azure SDK versiyonu 2.3 olmalıdır. Azure SDK 2.3'ün minimum gereksinimleri şu şekildedir[31];

- Windows 7 SP1(Windows 7 Home Basic hariç) sonrası işletim sistemi
- Microsoft Visual Studio 2012/Microsoft Visual Studio 2013 VEYA Microsoft Visual Web Developer 2012/Microsoft Visual Web Developer 2013 (yalnızca Windows Azure Araçları'nı kurarken).
- ASP.NET ile IIS7, WCF HTTP Etkinleştirilmesi, Statik İçerik, IIS Yönetim Konsolu ve HTTP Yeniden Yönlendirme.
- WebDeployment Tools 2.1 veya üstü

5. TASARLANAN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞIN YAZILIMI

Tez kapsamında tasarlanan kablosuz algılayıcı ağı yazılım mimarisi ve bileşenleri şekil 17’de gösterilmiştir.



Şekil. 17. Yazılım Mimarisi Ve Bileşenler

router2

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01p.h>

nRF24L01p transmitter(7,8);//CSM,CE

byte myData[5]={18,05,19,89,24};           // 5 Bytes
char *myCharArray="NRF24L01+";           //10 Bytes
int myInts[3]={-311,220,311};             // 6 Bytes
unsigned int myUInt[5]={101,102,103,104,105}; // 10 Bytes +

String ilet1 = "Burcu!";

int lm35analogPin = 0;
float sıcaklik;
float analogDeger;

void setup(){
    delay(150);
    Serial.begin(9600);
    SPI.begin();
    SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
    transmitter.channel(90);
    transmitter.TXaddress("Burcu");
    transmitter.init();

    Serial.print("verici2");

}

String message;
void loop(){

    analogDeger = analogRead(lm35analogPin);
    analogDeger = ((analogDeger / 1024.0)*5000);

    sıcaklik = (analogDeger / 10.0);

    transmitter.txPL(message);
    transmitter.txPL(sıcaklik);

    transmitter.send(SLOW);
    message="r2: ";
    delay(1000);
```

<

Şekil. 19. Router2 Arduino IDE

coordinator

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01p.h>

nRF24L01p receiver(7,8);//CSN,CE

/*
CSN -> 7
CE -> 8
MOSI -> 11
MISO -> 12
SCK -> 13
VCC -> 3.3V
GND -> GND
IRQ -> B05ta
*/

int M1_1=5;
int M1_2=5;

int M2_1=4;
int M2_2=3;

int rst=2;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  SPI.setBitOrder(MSBFIRST);
  receiver.channel(90);

  receiver.RXaddress("Burcu");

  receiver.init();
}

float sicaklik;
long s=0;
void loop()
{
  String message;
  if(receiver.available())
  {
    receiver.read();
    receiver.rxPL(message);
    receiver.rxPL(sicaklik);
    Serial.print(message);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(sicaklik);
  }
}
```

<

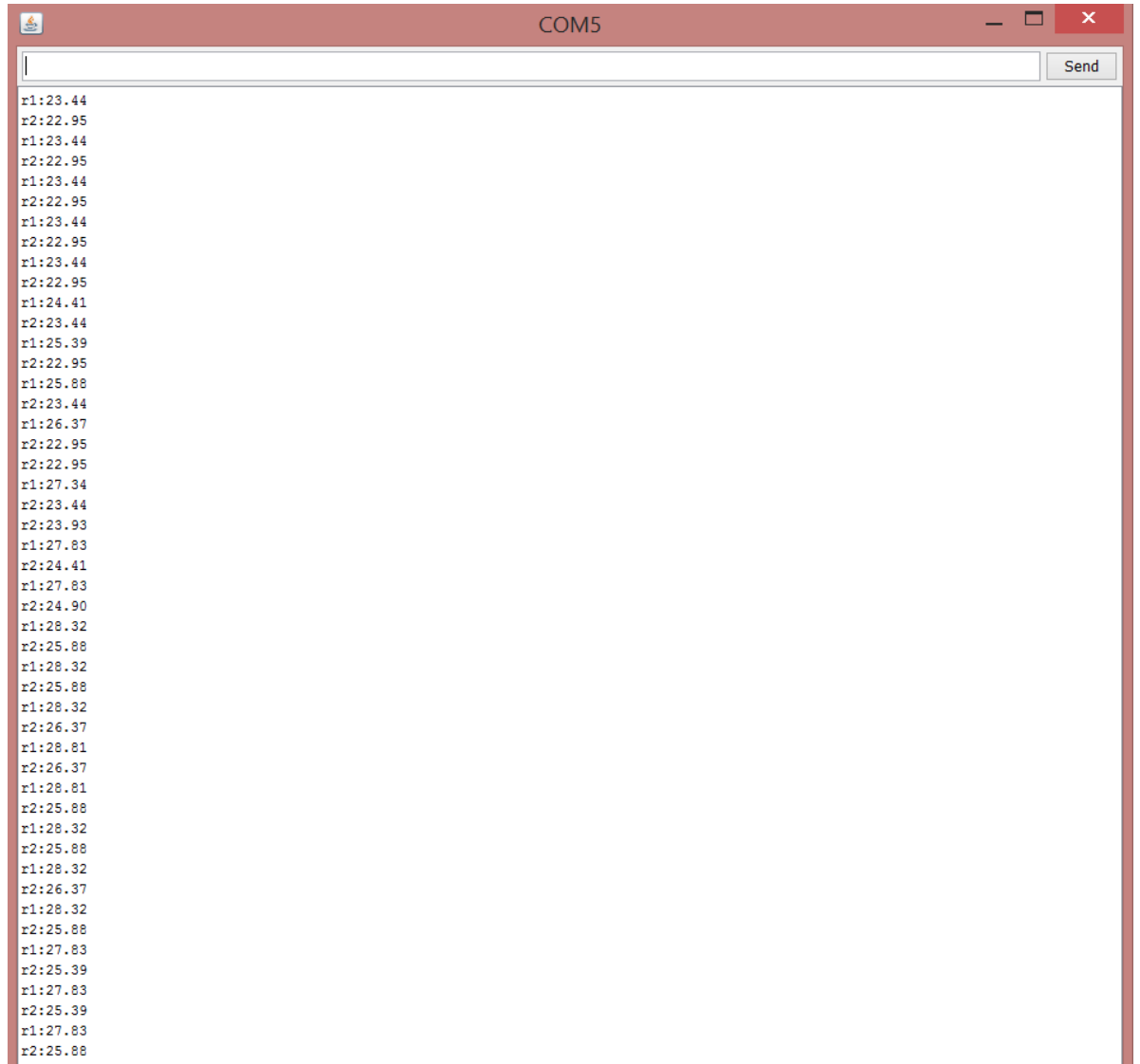
Şekil. 20. Coordinator Arduino IDE

Şekil 18, 19 ve 20’de görüldüğü gibi üç düğümde de kablosuz haberleşme modülü NRF24L01 için nrf24L01p kütüphanesi kullanılmıştır. Routerların aynı coordinatora veri gönderebilmesi için hepsinde ortak bir kanal(channel 90) seçilmiştir. Routerlar sıcaklığı celsius cinsinden ölçüp gönderebilmek için Şekil 21’deki işlemi gerçekleştirir ardından r1 ya da r2 adıyla kendi adlarını da sıcaklık değeri ile coordinatora iletirler.

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

Şekil. 21. Celsius Hesabı

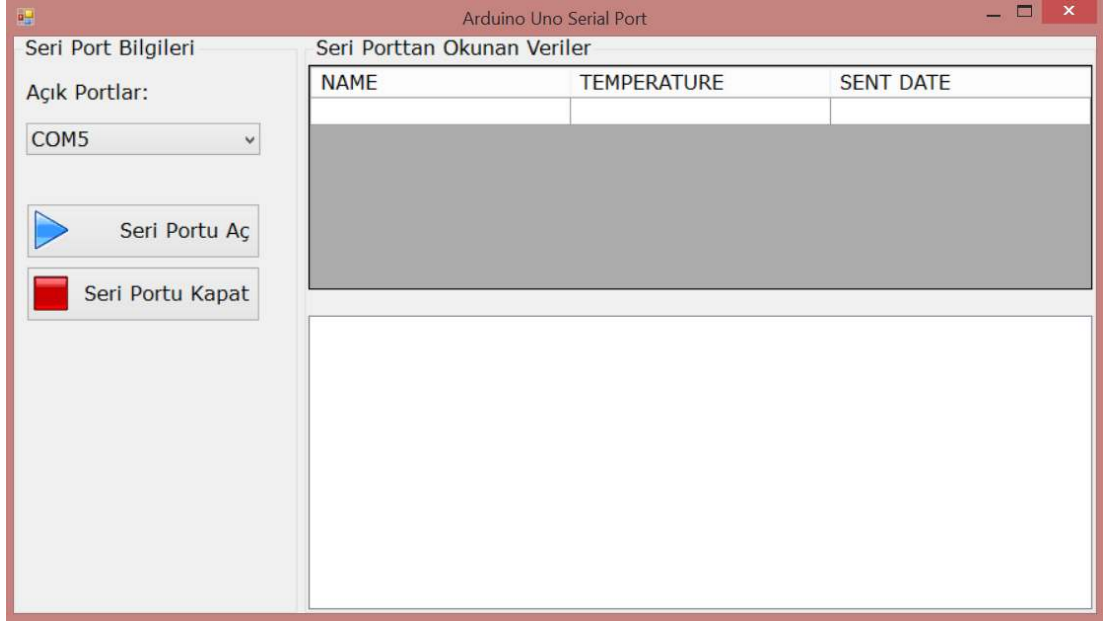
Coordinator şekil 22’de gösterildiği şekilde kendi seri portundan(örneğin COM5) routerların gönderdikleri mesajları almaya başlar.



Şekil. 22. Coordinator Serial Monitor

5.2. Windows Application

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



Şekil. 23. Windows Application

5.3. SQL Azure Üzerinde Veri Saklama

Platform as a Service (PaaS) olarak kullanılan Azure SQL veri tabanı hizmeti yüksek erişilebilirlik özelliği ile web siteleri, mobil hizmetler ve backend iş servisleri için veri tabanı hizmeti sunmaktadır. Bu servis ile kullanılacak olan SQL Server hizmeti bir Microsoft Azure sanal makine üzerinde çalışan SQL Server hizmetini kapsamamaktadır.

Kritik öneme sahip özellikleri ile birlikte Azure SQL veri tabanı, Microsoft Server'ları üzerinde çalışan bulut tabanlı ilişkisel veri tabanı hizmetidir. Azure SQL veri tabanı öngörülebilir performans, ölçeklenebilirlik, iş sürekliliği, veri koruma ve neredeyse sıfır yönetim gereksinimiyle çözüm mimarları, uygulama geliştiriciler ve bulut uygulama geliştiricilere hizmet vermektedir. Aynı zamanda Azure Database var olan SQL Server araçları, kütüphaneleri ve API'lerine desteklerken işinizi buluta taşımaya kolaylık sağlamaktadır. Hızlı bir şekilde Azure SQL veri tabanı ayağa kaldırıp, çalıştırırken arka tarafta hiçbir sanal makine ve altyapı hizmeti ile uğraşmak zorunda kalınmayabilir.

Azure SQL Veri Tabanı hizmeti oluşturulan binlerce veri tabanını kolayca otomatik olarak büyütme ve ölçeklemeye (Scale up ve Scale out) izin verirken aynı zamanda kullanılmadığı durumlarda da otomatik olarak küçültmeye de imkan sunmaktadır. Endüstri standartlarına bağlı kalarak veri tabanlarına %99.99 SLA erişilebilme garantisi verilmektedir. Bu da neredeyse sıfıra yakın bir kesinti demektir. Varsayılan olarak gelen veri koruma ve izleme özellikleri, geri yükleme ve coğrafi olarak yedekleme seçenekleri ile veriler üzerinde güvenlik sağlamaktadır.

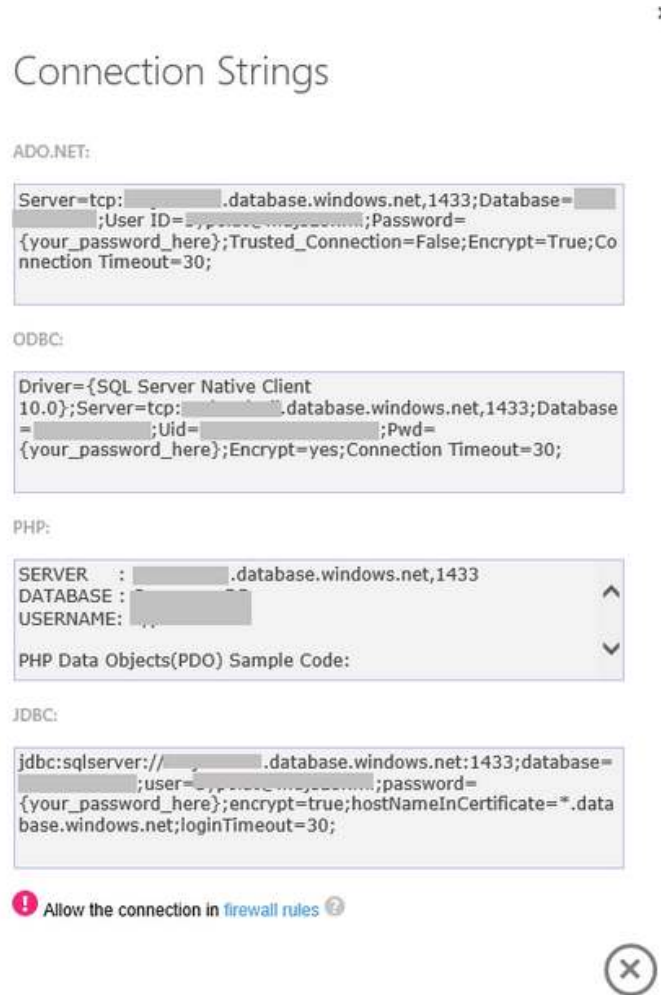
Azure SQL Veri Tabanı Basic, Standart ve Premium seçenekleri ile birlikte farklı servis katmanları hizmeti verirken, yüksek yoğunlukta ve yüksek olmayan yoğunlukta olan iş yüklerine entegre edebilir.

Servis olarak SQL veritabanı hizmeti almak ile Azure sanal makineler üzerinde SQL server çalıştırmak arasındaki farklar aşağıdaki şekil 24’de gösterilmiştir. [32]

	AZURE SQL VERİ TABANI	AZURE VM ÜZERİNDE SQL SERVER
Artıları	- Yeni bulut tabanlı bir uygulama geliştirilmek istendiğinde geliştirmeye ve pazarlamaya daha fazla zaman ayırın - Uygulamalarınızın var sayılan olarak otomatik bir şekilde yüksek erişebilirliğe, felaket kurtarma çözümlerine ve yükseltme mekanizmalarına ihtiyaç duyduğunda - Yüzlerce yada binlerce veri tabanlarınız olduğunda ancak işletim sistemi, donanım ve yapılandırma gibi işlemler yapmak istemediğinizde - Uygulamalarınız Scale Out kullanması durumunda - Veri tabanlarınızın 500 GB'a kadar alana ihtiyaç duyduğunda - Software-as-a-Service uygulamalar geliştirdiğinizde	- Var olan uygulamaların küçük değişiklikler ile bulut ortamına hızlıca geçirilmesi - SQL server uygulamalarının lokal kaynaklara erişimleri gerektiğinde Azure ve kurum içi ağ arasında güvenli VPN bağlantısı gerekir. - Eğer BT ortamınızı özelleştirirken tam yönetici haklarına ihtiyaç duyuyorsanız. - Hızlı geliştirme ve test senaryoları için SQL Server donanımları satın almak istemediğinizde. - Azure sanal makinelerini kurum içi SQL Serverınızın AlwaysON replikaları olarak kullanabilirsiniz. 1TB'dan fazla veri tabanı alanına ihtiyaç duyduğunuzda
Kaynaklar	BT kaynaklarının desteği, bakımı ve alt yapının yönetimi için BT çalışanına ihtiyaç duymadığınız durumlarda	Destek ve bakım için BT çalışanınızın olması durumunda
Toplam sahip olma maliyeti	Donanım maliyetleri ortadan kalkar, yönetim maliyetleri ciddi oranda azalır.	Donanım maliyetleri ortadan kalkar.
İş sürekliliği	Azure SQL veritabanı varsayılan olarak bulunduğu altyapı platformunda hata toleransı seçenekleri ile gelmektedir. Bunlar Point in Time Restore, Geo-Restore ve Geo-Replication özellikleridir.	Veri tabanlarınızın özellikle yüksek erişebilirlik ve felaket kurtarma seçeneklerine ihtiyacı varsa Azure VM'ler üzerinde SQL Server barındırmak en iyi çözümdür.
Hibrit bulut	Kurum içi uygulamalarınız Azure SQL veri tabanlarına erişebilmektedir.	Kurum içi uygulamalarınızın Azure VM'ler üzerinde barınan SQL veri tabanlarına erişebilmesi veya kurum içi veri tabanlarınızın Azure VM'ler üzerinde bulunan SQL server veri tabanları ile replika çalışabilmesi için güvenli bağlantı seçenekleri olan Site-to-Site VPN kurulmalıdır.

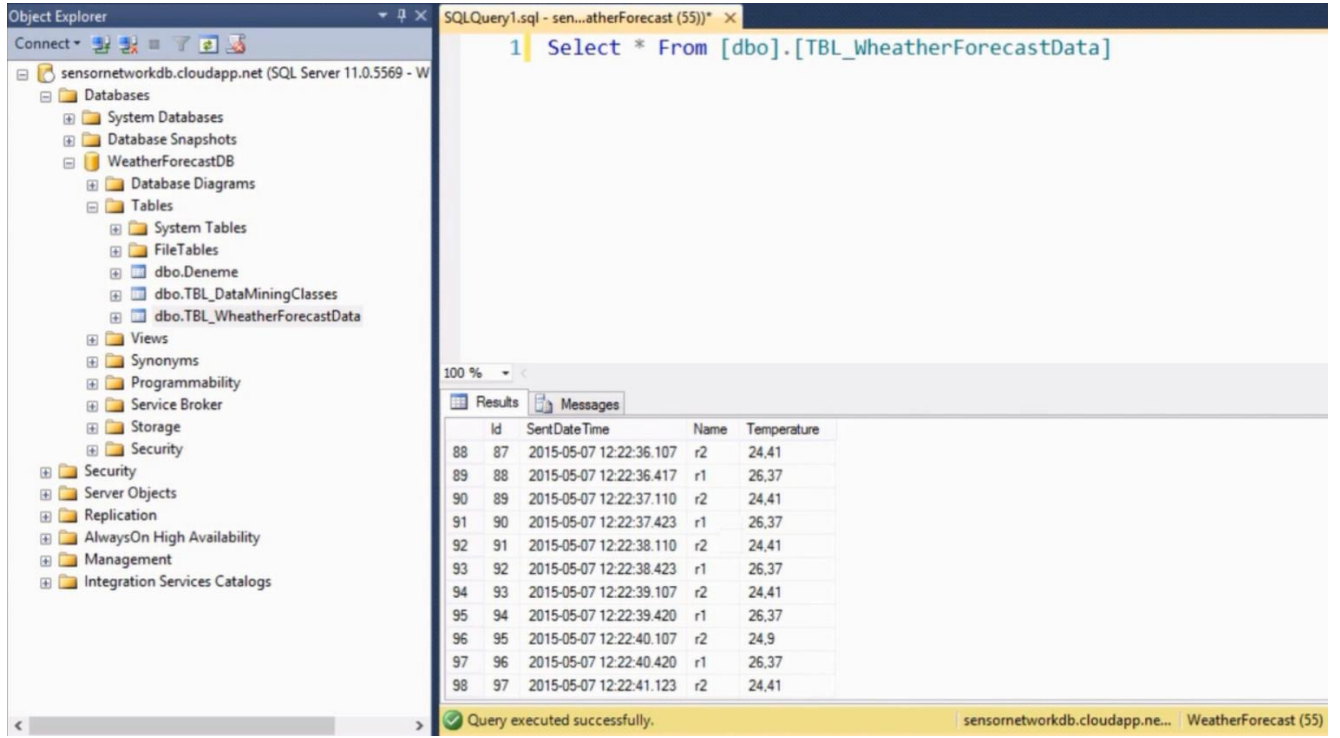
Şekil. 24. Servis Olarak SQL ile Sanal Makine Üzerinde SQL çalıştırma farkı

Microsoft Azure SQL veritabanı oluşturulduğunda otomatik olarak veritabanının toplamda 3 tane online replikası oluşturulur. Failover ve yüksek erişilebilirlik için kullanılan bu online replikaları kullanıcılar görememekte ama kullanıcıların kullandığı birincil replika ile eşleştirilmektedir. Bir web tarayıcı ile azure portal üzerinden üye girişi yapıldıktan sonra yeni bir sql database oluşturulabilir. Fakat Azure üzerinde konumlandırılan SQL sunucusuna dışardan istemci makinelerden erişebilmek için azure portal üzerinden bir Güvenlik Duvarı(Firewall) kuralı eklenmesi gerekmektedir. Oluşturulan kural ile izin işlemi gerçekleşmiş olup istemci bilgisayarlardan SQL Server Management Studio ya da Visual Studio gibi yönetim araçlarından erişilebilir. Azure veritabanına bağlantı için gerekli olacak connection string portal üzerinden görülebilmektedir. Şekil 25’de connction string örneği gösterilmiştir.



Şekil. 25.Connection String

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



Şekil. 26. Microsoft Azure Veritabanı

5.4. İnternet Bağlantı Kontrolü

Tez kapsamında kurulan kablosuz algılayıcı ağ yapısı içerisinde önceki bölümlerde bahsedildiği gibi iki adet sensör düğüm(router) bir adet de merkez düğüm(coordinartor) bulunmaktadır. USB üzerinden direkt bilgisayara bağlı olan merkez düğüm, sensör 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 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.

TCP veya HTTP bazlı iletişimlerde, tarafların aynı zaman dilimi içerisinde çalışıyor olmaları gerekmektedir. Böyle bir mesajlaşma sürecinde taraflardan herhangi birinin çalışmaması, aradaki bağlantının kopması gibi nedenlerden dolayı tüm iletişimin aksaması muhtemeldir. Bazı gerçek hayat senaryolarında, sistemin tarafları olan istemci(client), sunucu(server), ağ(network) bileşenlerinin çökmesi durumlarında dahi işlevselliğin devam edebilmesi istenebilir.

Bunun dışında, çalışan sistemin içerisindeki bileşenlerin sürekli bir bağlantıda olmadığı durumlarda bu tip iletişimleri zorlaştırmaktadır. Bir başka deyişle ağa sürekli olarak bağlanamayan ama offline olarak çalışabilen istemcilerin bu tip bir mesajlaşma sisteminin parçası olması istendiğinde senkronizasyon güçlükleri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle mesajlaşmaların kuyruk(Queue) modeline göre taşındığı bir sistemde yukarıda bahsedilen iletişim sorunlarının yaşanmaması sağlanabilir. Bu yöntemle tez kapsamında yaşanacak olası problemin de önüne geçilmiş olacaktır.

Bu sistem temelde Windows tabanlı bilgisayarlar arasında kuyruk sistemine dayalı bir mesaj alışverişinin tesis edilmesini sağlamaktadır. Bu iletişimde istemci(client), servis(services) ve ağ(network) arasında bir izolasyon sağlamaktadır. Bu izolasyon sayesinde istemci, servis ya da ağ çökse, hata üretse dahi fonksiyonelliklerini devam ettirebileceklerdir. Kuyruk temelli iletişimde güvenilir(Reliable) bir iletişim ortamı tesis edilmekte olup transaction kullanılabilmekte, kuyruğa atılan mesajlar fiziki ya da değişken(volatile) olarak saklanabilmektedir. Kuyruk temelli mesajlaşmanın en bilinen uyarlaması Microsoft Message Queue bileşenidir. Microsoft Message Queue(MSMQ), Windows NT sürümünden beri gelen bir bileşendir. NT işletim sistemi için 1.0 versiyonu duyurulan MSMQ bileşeninin çok kısa tarihçesi aşağıdaki tabloda olduğu gibidir.

MSMQ Versiyonu	Desteklenen İşletim Sistemi(Sistemleri)	Özellikler
1.0	Windows NT	Varsayılan özellikler...
2.0	Windows 2000	• Public mesaj kuyruklarının Active Directory destekli olarak saklanması • 128 bitlik şifreleme desteği • Dijital imza desteği • Tam COM desteği
3.0 *	Windows XP Windows Server 2003	• HTTP , SOAP desteği ile internet üzerinden mesajlaşabilme • IIS için MSMQ desteği • Mesajların Çoklu Dönüştürülebilmesi(MultiCasting)
4.0 **	Vista Longhorn Server	• Alt kuyruk desteği(Subqueue) • Zehirli mesajların ele alınması(Posion Message Handling) • Uzak kuyruklardan transaction bazlı mesaj alma desteği(Transactional Remote Receive)

Şekil. 27. MSMQ Tarihçesi

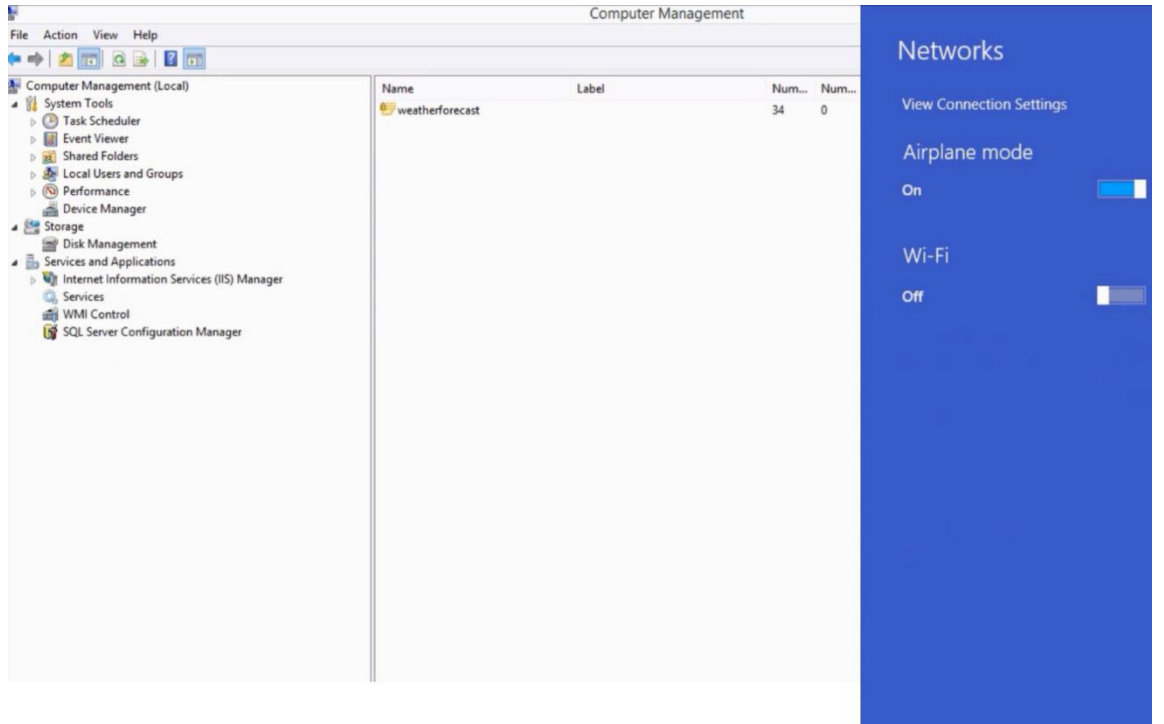
MSMQ Windows tabanlı bir bileşendir. Ancak farklı işletim sistemlerine sahip bilgisayarlar ile de haberleşme olanağı mevcuttur. MSMQ' nun görevi aynen diğer iletişim sistemlerinde olduğu gibi farklı bilgisayarlar arasında mesajlaşmayı sağlayabilmektir. Bu mesajlaşmadaki tek fark, tarafların aynı anda çalışıyor olma zorunluluklarının bulunmayışdır.

Hatta söz konusu tarafta çalışan uygulamalar bir ağa(Network) bağlı olmak zorunda da değildirler. Böyle bir durumda ortaya çıkan soru iletmek istenen mesajların karşı taraf kapalı iken nasıl ulaştırılacağıdır? MSMQ bileşenleri, mesajları, karşı taraf hazır oluncaya kadar bir depoda saklamaktadır. Bu deponun tutuluş yeri varsayılan olarak fiziki bir ortamdır. Ancak istenirse performansı arttırmak adına geçici bir ortamda da saklanabilirler.

Ne var ki Volatile olarak adlandırılan bu mesajlar sistemlerin çökmesi (MSMQ bileşeninin yüklü olduğu bilgisayarın örneğin yeniden başlatılması-restart) halinde kaybolacaktır. Oysaki fiziki saklanan mesajlar korunmaya devam edecektir. Buda

MSMQ' nun mesajlar için uzun süreli bir saklama ortamı kullanabildiği anlamına gelmektedir(durable).

MSMQ bileşenlerine .NET ortamı içerisinde System.Messaging isim alanında(Namespace) bulunan tipler yardımıyla erişilebilmektedir. Bu sebepten programatik olarak C#, VB.Net ve diğer .NET destekli diller yardımıyla kuyruklara bakılması, mesaj eklenmesi ve daha gelişmiş yönetsel işlemlerin yapılması mümkündür. Diğer taraftan MSMQ' nun C/C++ ile yazılmış olan ve COM tabanlı ortamlarda kullanılabilen bir API'side mevcuttur. Elbette WCF içerisinde MSMQ için hazır olan bazı bağlayıcı tipler(Binding Types) kullanılmaktadır. MSMQ sonuç itibariyle taraflar arasında mesaj taşıdığından mesajların boyutları da performans açısından önemlidir. Varsayılan olarak minimum mesaj büyüklüğü 150 byte'dır. Bu mesaj içerisinde, imza(Signature), kaynak ve hedef bilgisayar ID' leri, hedef kuyruğun adı(Target Queue Name), mesaj özellikleri yer alır. Ancak transaction kullanılıyorsa ya da doğrulama(authentication) ve şifreleme(encryption) söz konusu ise bu boyutun artması muhtemeldir.



Şekil. 28. MSMQ ile Microsoft Azure Veritabanına Gönderilemeyen Verilerin Depolanması

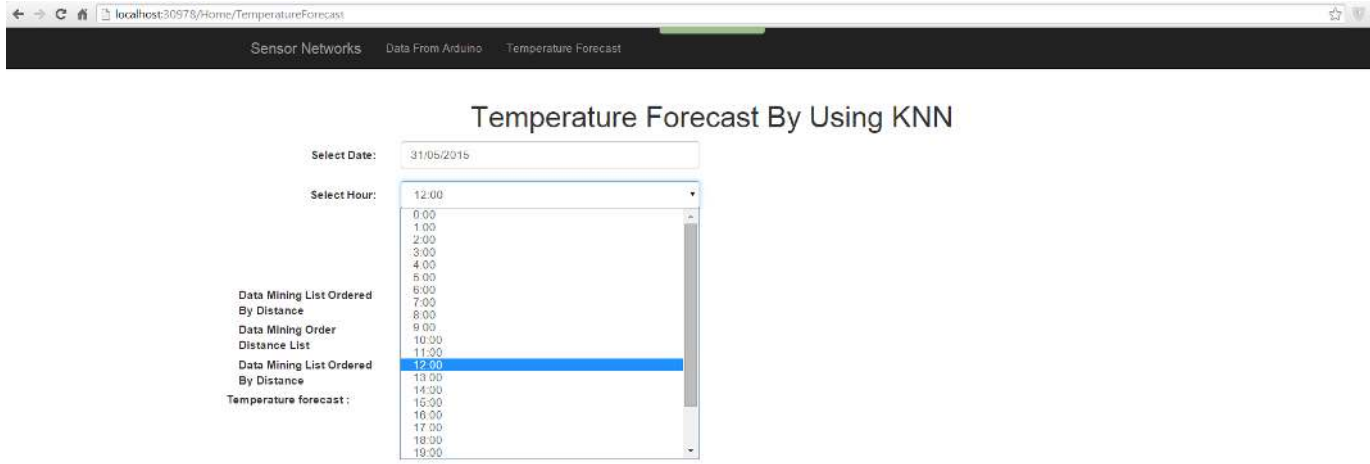
5.5. K En Yakın Komşu Algoritması ile İleriye Dönük Tahminlerin Yapılması

Sınıflandırmada (classification) kullanılan K en yakın komşu algoritmasına göre sınıflandırma sırasında çıkarılan özelliklerden (feature extraction), sınıflandırılmak istenen yeni verinin daha önceki verilerden k tanesine yakınlığına bakılmasıdır.

$k = 3$ için yeni bir veri sınıflandırılmak istenirse eski sınıflandırılmış elemanlardan en yakın 3 tanesi alınır. Bu veriler hangi sınıfa dahil ise, yeni veri de o sınıfa dahil edilir. Mesafe hesabından genelde öklit mesafesi (euclid distance) kullanılabilir.

Tasarlanan kablosuz algılayıcı ağ yapısı içerisinde router1 ve router2 adındaki sensör düğümlerden sıcaklık verileri alınmaktadır. Ölçülmüş sıcaklık değerleri üzerinde varyans hesabı yapılmış olup ikişer derecelik farka sahip sınıflar oluşturulmuştur. (örneğin 22-24 derece, 24-26 derece vb.) 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 bulunmuştur. Bu eski veriler hangi sınıfa aitse ya da çoğunluk olarak hangi sınıfa aitlerse yeni veri de o sınıfa dahil edilmiştir. Mesafe hesabının yapılabilmesi için Öklid mesafesi kullanılmıştır. Öklid mesafesi formülünün hesabı için veritabanında bulunan routerların ölçüm yaptıkları tarih, saat ve sıcaklık sınıfından yararlanılmıştır. Veritabanında 05.05.2015 şeklinde bulunan tarih değerlerinden Öklid hesabında kullanılabilmek üzere başlangıç olarak kabul edilen 01.01.2015 tarihi çıkarılmış ve 05.05.2015 gibi bir tarihin kaçınıcı gün olduğu hesaplanmıştır. Veritabanında hem router1'den hem de router2'den gelen aynı gün aynı saat için saniye bazında bir çok değer bulunmakta olduğundan veriler üzerinde ortalama alınarak her saat için bir sıcaklık değeri bulunması sağlanmıştır.

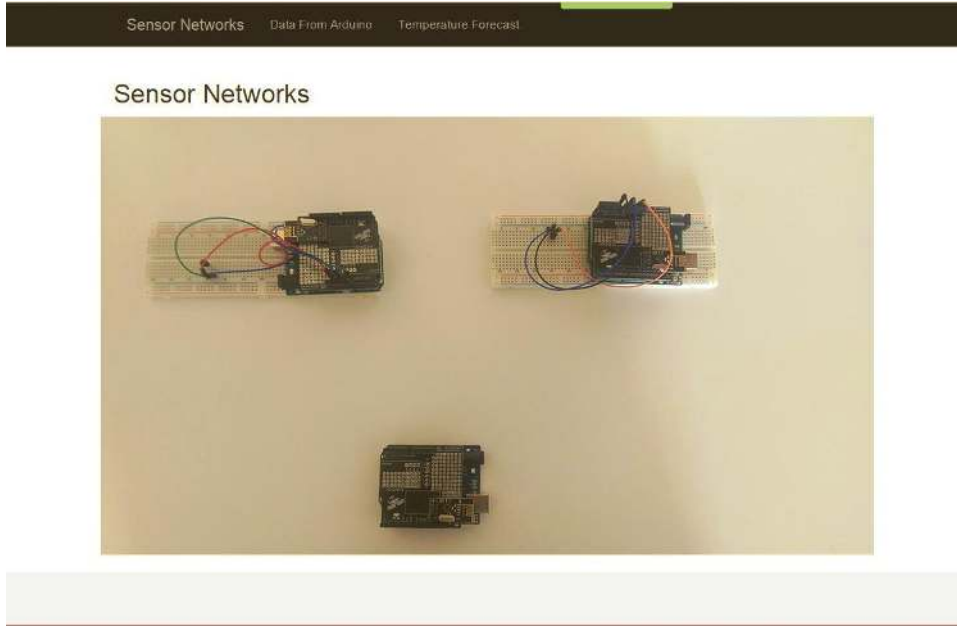
Şekil 16'da gösterilen Azure Web Portal üzerinde yer alan Temperature Forecast kısmından tarih ve saat seçilebilmekte ve veritabanındaki eski verilerden yola çıkılarak sıcaklık tahmini yapılabilmektedir.



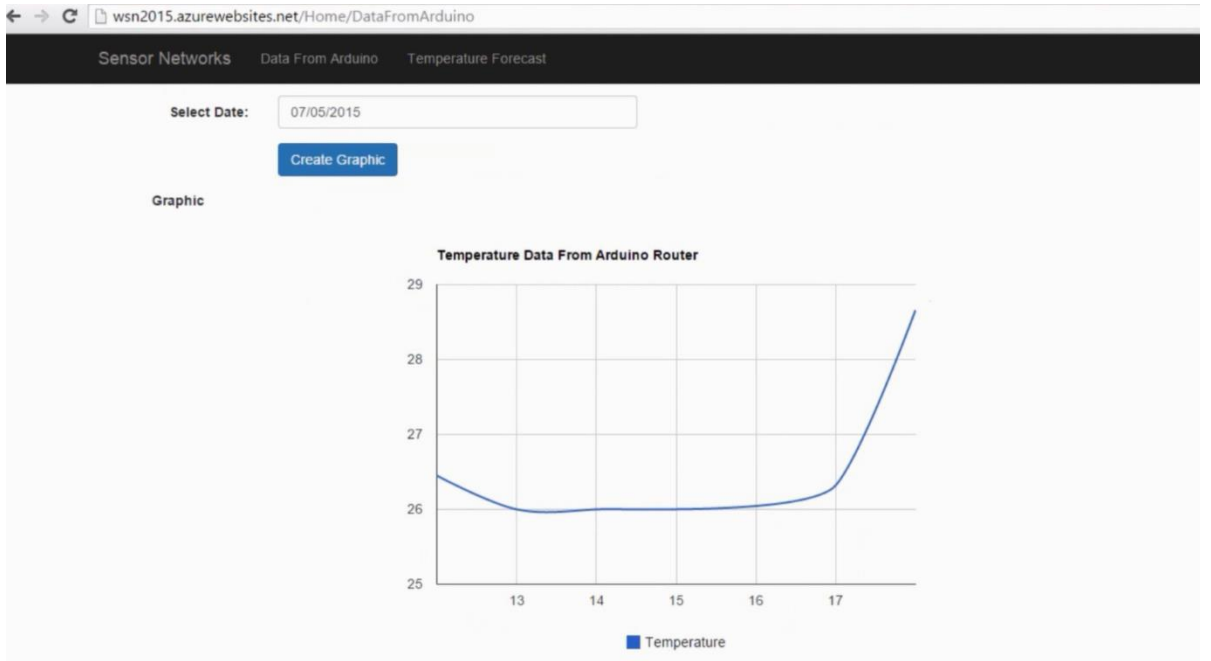
Şekil. 29. Temperature Forecast By Using KNN

5.6. Azure Web Portal

Microsoft Azure üzerinde oluşturulan portal üzerinde 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 router1 ve router2'den gelen sıcaklık bilgileri bulunmakta bu bilgilere tarih ve saat bazlı olarak ulaşılabilir. Routerlardan alınan sıcaklıklara göre çizdirilen grafikler de yine bu kısım altında görüntülenebilir. Temperature Forecast kısmında ileri tarihteki bir gün ve saat için sıcaklık tahminine ulaşılabilir.



Şekil. 30. Azure Web Portal



Şekil. 31. Günlük Sıcaklık Grafiği

6. 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 tez ile kablosuz algılayıcı ağların bulut teknolojileri ile beraber kullanılarak güncel ihtiyaçlara cevap verebilir hale gelmesi sağlanmıştır.

Kablosuz algılayıcı ağların bulundukları 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 barındırılabilir, 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 sensör 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 sensör düğümlerin ölçüm değerleri tarih ve saat bazlı olarak kullanıcıya gösterilmekte ve ilgili değerler için grafikler çizdirilmektedir. Aynı zamanda eski tarihli verilerden yola çıkılarak ileriye yönelik tahminler yapılabilmektedir.

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

Bu tez çalışmasının sonrasında daha ileri seviye olarak 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 sensör düğümlerden hatalı ölçüm yapan düğümlerin tespit edilmesiyle genel hesaplamalarda o düğümlerin tolere edilebilmesi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] DARGIE, W. and POELLABAUER, C. , (2010)“Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice”, Wireless Communications and Mobile Computing, Wiley.
- [2] AKYILDIZ, I.F., SU, W., SANKARASUBRAMANIAM, Y., CAYIRCI, E., (2002), “A survey on sensor networks”, IEEE Communications Magazine , 40 102–114.
- [3] HAC, A.,(2003) “Wireless Sensor Network Designs”, John Wiley & Sons Ltd
- [4] ROMER, K. and MATTERN, F., (2004) “The design space of wireless sensor networks,” IEEE Wireless Communications, vol. 11, no. 6, pp. 54–61,
- [5] T. Haenselmann, (2006)“Sensor networks,” GFDL Wireless Sensor Network textbook.
- [6] AKYILDIZ, I.F., SU, W., SANKARASUBRAMANIAM, Y., CAYIRCI, E., (2002), “Wireless sensor networks: a survey, Computer Networks”, 38(4):393–422.
- [7] ROHNER, C., FEENEY, L., GUNNINGBERG, P. (2013) “Evaluating Battery Models in Wireless Sensor Networks”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, pp 29-42
- [8] 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

[9] 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, pp 187

[10] MELL, P., GRANCE, T., (2011) "The NIST Definition Of Cloud Computing", NIST Special Publication 800-145

[11] POPEK, G. J.; GOLDBERG, R. P. (1974) "Formal requirements for virtualizable third generation architectures". Communications of the ACM 17 (7): 412–421.

[12] LM35 Datasheet

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>

[13] NRF24L01 Datasheet

<http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01>

[14] BABCOCK, C. Building Wireless Sensor Network, 2012

[15] LI, N. and HOU, J. C. 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, September 2004.

[16] WANG, X. ZHAN, YZ. and WANG, L. (2008) STCP: Secure Topology Control Protocol for WSNs Based on Hexagonal Mesh. Wireless Comm, Networking and Mobile Computing

- [17] Liting Cao, Wei Jiang and Zhaoli Zhang. (2009) Automatic Meter Reading System Based on Wireless Mesh Networks and S OPC Technology. Intelligent Networks and Intelligent Systems
- [18] Handbook of Sensor Networks: Algorithms and Architectures, Edited by I. Stojmenovic' ISBN 0-471-68472-4 (2005) John Wiley & Sons, Inc.
- [19] Akyildiz Ian F. and VURAN Mehmet C., (2010) Wireless Sensor Networks, 1st ed.: A John Wiley and Sons, Ltd, Publication.
- [20] Hussain, M., Khan, P., Sup, K., (2009), "WSN Research Activities for Military Application", 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.
- [21] Hussain, M., Khan, P., Sup, K., (2009), "WSN Research Activities for Military Application", 11th International Conference, Advanced Communication Technology, ICACT 2009.
- [22] Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, and Dipak Ghosal, (2008) "Wireless sensor network survey," Computer Networks, vol. 52, no. 2, pp. 2292-2330
- [23] Winkler, M., Tuchs, K.-D., Hughes, K., Barclay, G., (2008), "Theoretical And Practical Aspects Of Military Wireless Sensor Networks", MILCOM'09 Proceedings of the 28th IEEE conference on Military communications, Pages 911-917 .
- [24] KHAN, P., HUSSAIN, M., & KWAK, K. S., (2009), "Medical Applications of Wireless Body Area Networks", International Journal of Digital Content Technology and its Applications, Volume: 3, Issue: 3, Publisher: IEEE, Pages: 185-193.

[25] Alemdar, H. Ö., (2004), "RFID Enhanced Wireless Sensor Networks for Healthcare Monitoring", İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

[26] Alemdar, H., & Ersoy, C., (2010), "Wireless Sensor Networks for Healthcare: A Survey", Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 54, Issue 15.

[27] Nallusamy, R., Duraiswamy, K., (2011), "Solar Powered Wireless Sensor Networks for Environmental Applications with Energy Efficient Routing Concepts: A Review", Information Technology Journal, Volume: 10, Issue: 1, Page No 1-10.

[28] 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.

[29] M. Mohammad El-Basioni, Sherine M. Abd El-kader and Mahmoud Abdelmonim Fakhreldin, (2013), Smart Home Design using Wireless Sensor, Network and Biometric Technologies

[30] Chappell, D. (2012), *Microsoft Azure E-book*

[31] <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=42317>, 2012

[32] DEGER, O. *Microsoft Azure Tabanlı İlişkisel VeriTabanları E-book*

[33] [http://www.buraksenyurt.com/post/WCF-MSMQ\(MicroSoft-Message-Queue\)-ile-Entegrasyon-bsenyurt-com-dan.aspx](http://www.buraksenyurt.com/post/WCF-MSMQ(MicroSoft-Message-Queue)-ile-Entegrasyon-bsenyurt-com-dan.aspx), 2012

ÖZGEÇMİŞ

1 Aralık 1987 tarihi, İzmir doğumluyum. Karşıyaka Atakent Anadolu Lisesinden mezun olduktan sonra ÖSYM bursu ile İstanbul Ticaret Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünü kazandım. 2012 yılında İstanbul Ticaret Üniversitesi'nden mezun olmamla Bilge Adam Akademi'de Sistem ve Ağ Uzmanlığı alanında eğitmenlik yapmaya başladım. Aynı dönemde halen(2015 Mayıs) çalışmakta olduğum Plato Meslek Yüksekokulunda tam zamanlı öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladım. 2013 yılında Beykent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğinde yüksek lisans eğitimine başladım.