

Nesnelerin İnterneti Yapısında Kullanılabilecek Kablosuz Sensör Ağı Tasarımı

Design of Wireless Sensor Network for Internet of Things Structure

Ramazan Çetin¹, Tefrik Kadioğlu², Evren Cesur², Umut Engin AYTEN¹

¹Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Yıldız Teknik Üniversitesi
ramazancetinnn@gmail.com, ayten@yildiz.edu.tr

² Nesta Tasarım Üretim Elektronik Yazılım Ar-Ge Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.
tk@nestaelektronik.com, ec@nestaelektronik.com

Özet

Bu çalışmada nesnelerin interneti yapısına uygun kablosuz sensör ağı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem çeşitli sensörler barındıran bir sensör düğümü ve sensör düğümünün internete bağlanabilmesini sağlayan bir ağ geçidinden oluşmaktadır. Sensör düğümü ile çeşitli veriler toplanıp, bu veriler ZigBee kablosuz haberleşme protokolü ile ağ geçidine iletilmektedir. Ağ geçidi de üzerinde bulunan Wi-Fi modülü ile bu verileri İnternete iletmektedir. İnternet üzerinde bulunan bir bulut sistemi aracılığı ile bu veriler izlenmekte ve sensör düğümüne kadar müdahale sağlanabilmektedir.

Abstract

In this study, a wireless sensor network design for internet of things (IoT) is realized. The designed system consists of a sensor node that contains lots of sensors and a sensor gateway. Sensor nodes collect variety of real world data, than transmits these data into sensor gateways using ZigBee wireless communication protocol. Sensor gateway sends these data into cloud through Wi-Fi module which is a part of the sensor gateway. Data can be observed by the cloud system on the internet, also all systems can be managed from sensor gateway to the sensor node.

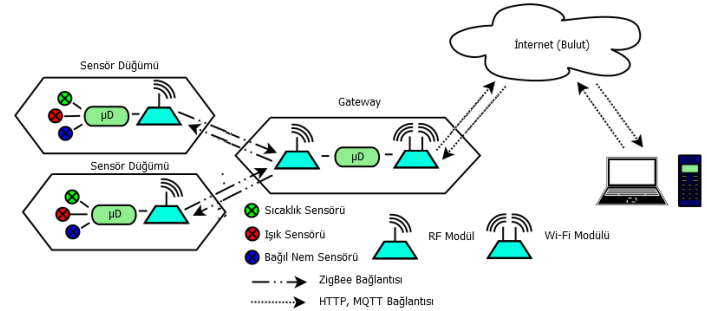
1. Giriş

Kablosuz sensör ağları, çeşitli sensörler aracılığıyla çevreleri ile etkileşime girebilme, yerel olarak bilgi işleyebilme ve bu bilgiyi kablosuz olarak çevresindeki düğümlere veya varsa ağ geçitlerine aktarabilme özelliklerine sahip, kullanılacağı amaca göre geliştirilen sensör düğümlerinden ve varsa ağ geçitlerinden oluşmaktadır [1]. Bu çalışmada tasarlanan sensör ağında çeşitli sensörler bulunan, yerel olarak bilgi işleyebilen ve topladığı verileri kablosuz olarak ağ geçidine yollayabilen bir sensör düğümü ve sensör düğümünden gelen verileri işleyebilen, ayrıca bu verileri çift yönlü olarak bulut sistemine gönderebilen bir ağ geçidi bulunmaktadır.

Konu ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin; Dayioğlu (2013), Bluetooth ile haberleşen iki adet sensör düğümü tasarlamış ve bu verileri seri port yoluyla bilgisayara aktarmıştır [2]. Özcan (2011), PIC mikrodenetleyici tabanlı 2.4GHz'te haberleşen RF modül

kullanarak bir sensör düğümü tasarlamıştır [3]. Bu bildiride tasarlanan sistemin bu sistemlerle benzer yanları vardır. Farklı olarak ta tasarlanan sistem modüler bir sistem olup daha sonra üzerine sensörler eklenmesi ve ayrıca farklı bulut sistemlerine entegre olması mümkündür. Bunun yanı sıra sadece tek bir düğüm olmayıp bütünüyle bir sensör ağı sistemidir.

Tasarlanan kablosuz sensör ağının amacı sahadan sensör düğümü aracılığı ile toplanan verilerin kablosuz olarak ağ geçidine yollanması ve ağ geçidinden de bu verilerin internete çıkarılmasıdır. Toplanan veriler internet üzerinden bir arayüz aracılığı ile kullanıcıya sunulacaktır. Kullanıcı istediğinde sahadan toplanan verileri gözlemleyebilecek ve sensör düğümüne eklenecek olan bazı sistemlere bulut sistemi üzerinden müdahale edebilecektir. Bu çalışmada tasarlanan ve gerçekleştirilen sistemin genel blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Sistemin genel blok diyagramı.

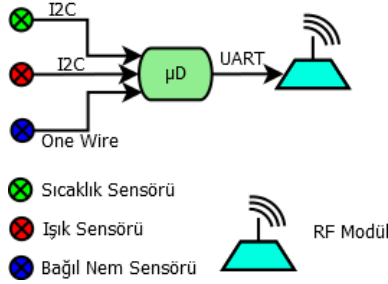
Çalışmanın ikinci bölümünde, kablosuz sensör ağının temel unsurları olan sensör düğümü ve ağ geçidi donanımlarının gerçekleştirilmesi anlatılmıştır. Bu donanımlarda hangi elektronik devre elemanlarının ve modüllerinin kullanıldığı sırasıyla açıklanmıştır. Üçüncü bölümde ise sensör düğümü ve ağ geçidi donanımlarında çalıştırılan yazılımların algoritmaları anlatılmıştır. Son bölümde de çalışmada elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2. Donanım

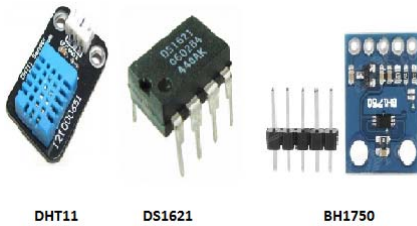
Kablosuz sensör ağ yapısı oluşturulurken sensör düğümü ve sensör ağ geçidi donanımı tasarlanmış ve baskı devreleri gerçekleştirilmiştir.

2.1. Sensör Dügümü Donanımı

Tasarlanan sensör düğümü donanımının blok diyagramı Şekil 2’de verilmiştir [4]. Tasarımda üç adet sensör kullanılmıştır. Bu sensörler D-Robotics firması tarafından üretilen DHT11 sıcaklık ve bağıl nem sensörü, MAXIM firması tarafından üretilen DS1621 sıcaklık sensörü ve ROHM firması tarafından üretilen BH1750 ışık şiddeti sensörüdür. Bu sensörlerin yanı sıra toplanan verileri işleyebilmek için yeni nesil düşük güç tüketen bir mikrodenetleyici olan PIC18F46K22 kullanılmıştır. Şekil 3’te sensör düğümünde kullanılan sensörler verilmiştir.



Şekil 2: Sensör düğümü donanımı blok diyagramı.



Şekil 3: Sensör düğümünde kullanılan sensörler.

Sensörlerden veri toplamak için her sensörün haberleşme protokolüne göre belirli kütüphaneler hazırlanarak kodlar oluşturulur. Veriler toplandıktan sonra ağ geçidine gönderilmek üzere RF modüle gönderilmiştir. Tasarımda kullanılan RF modül XBee modülüdür. Şekil 4’te XBee modülü gösterilmiştir. XBee modüller Digi firması tarafından geliştirilmiş 2.4 GHz frekansında çalışan 802.15.4 ve ZigBee haberleşme protokolüne uygun kablosuz haberleşme modülleridir [5].

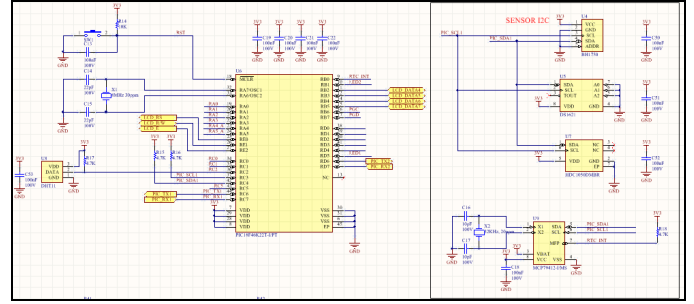


Şekil 4: XBee S1 modülü.

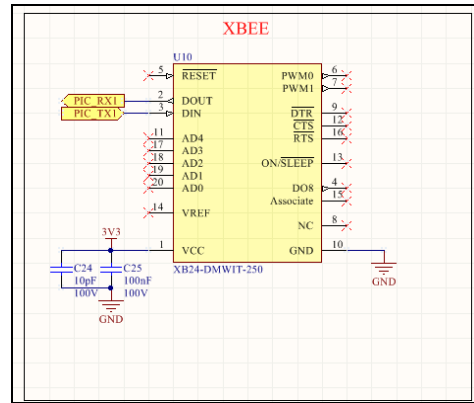
XBee modülü, noktadan noktaya veya çok noktalı ağlar içerisinde haberleşmeyi desteklemektedir. ZigBee protokolüne bağlı olarak tek sıçramalı ağ (yıldız topoloji) veya çok sıçramalı ağ (mesh topoloji) yapısı oluşturulabilir [6].

Kurulacak sensör ağında iki sensör düğümü ve bir ağ geçidi bulunduğundan, bu yapı yıldız topolojisine uygundur. Ancak eklenecek daha fazla sensör düğümü ve ağ geçidi olursa yapı mesh ağ topolojisine uygun hale getirilebilir. XBee modülleriyle herhangi bir ZigBee topolojisinin gerçekleştirilmesi için modüllerin tek tek o topolojiye göre yapılandırılması gerekir. Sensör düğümünde bulunan XBee modülü “Uç cihaz” olarak yapılandırılmıştır. Uç cihaz sadece veri gönderip almaktan sorumludur.

Sensör düğümünün şematik çizimleri Şekil 5 ve Şekil 6’da verilmiştir.

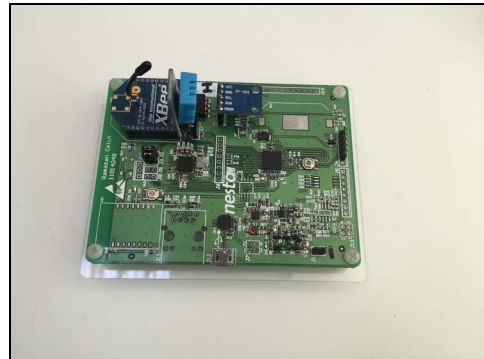


Şekil 5: Mikrodenetleyici ve sensör bağlantıları.



Şekil 6: Mikrodenetleyici ve XBEE bağlantıları.

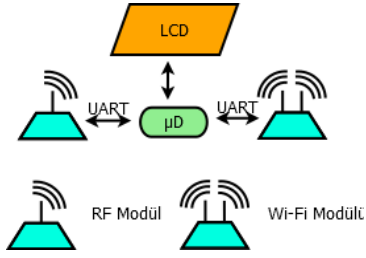
Tasarlanan sensör düğümünün baskılı devresi Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7: Sensör düğümü kartı.

2.2. Sensör Ağ Geçidi Donanımı

Ağ geçidi donanım tasarımında bir adet RF modül, bir adet Wi-Fi modül ve LCD kullanılmıştır. Bunların dışında mikrodenetleyici ve güç katı elemanları vardır. Sensör ağ geçidi yapısının blok diyagramı Şekil 8'de verilmiştir.



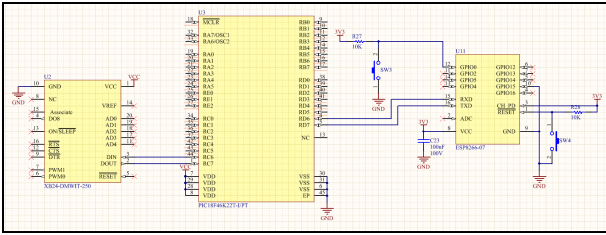
Şekil 8: Sensör ağ geçidi blok diyagramı.

Tasarlanan sensör düğümü kartından gönderilen sensör verileri ağ geçidinde öncelikle XBee RF modülü ile alınmıştır. Bu kısımda kullanılan RF modül koordinatör olarak yapılandırılmıştır. Koordinatör kullanılacak frekans seçmekten, ağ PAN ID'sini belirlemekten ve başka cihazların ağa katılmasından sorumludur.

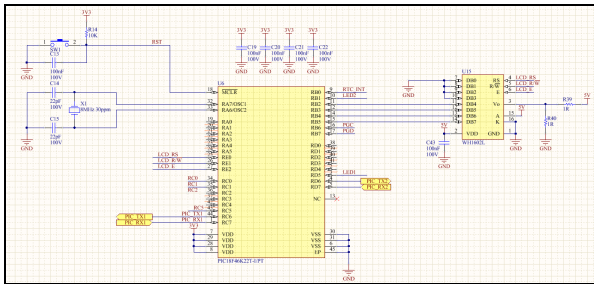
Alınan veriler seri haberleşme ile mikrodenetleyiciye iletilmektedir. Burada bazı zamanlamalar yapıp yine seri haberleşme ile veriler Wi-Fi modülüne aktarılmaktadır.

Ağ geçidi tasarımında Wi-Fi modülü olarak ESP8266-07 modülü kullanılmaktadır. Bu modülün en önemli özelliği piyasadaki Wi-fi modüllerinden çok daha ekonomik olmasıdır. Ayrıca dahili olarak programlanabilir bir mikrodenetleyiciye sahiptir. Bu mikrodenetleyici içerisinde IoT haberleşme protokolü olan MQTT protokolünün kütüphanesi çalıştırılmaktadır ve veriler MQTT protokolü [7] aracılığı ile buluttaki arayüze gönderilmektedir.

Şekil 9 ve 10'da ağ geçidi donanımının bazı kısımlarının şematik gösterimleri verilmiştir.

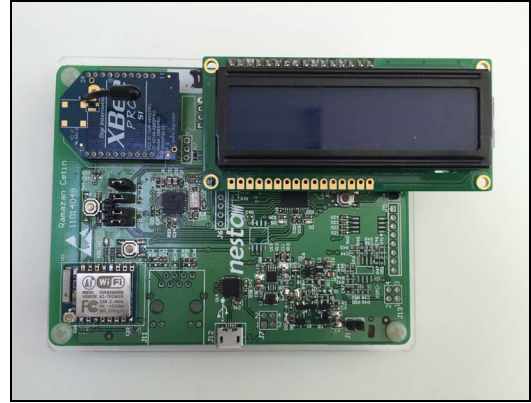


Şekil 9: Mikrodenetleyici - Wi-Fi modül - RF modül bağlantıları.



Şekil 10: Mikrodenetleyici - LCD bağlantısı.

Gerçeklenen sensör ağ geçidi donanımının baskılı devresi Şekil 11'de verilmiştir. Bu baskılı devre tasarım aynı zamanda sensör düğümü olarak da kullanılmaya uygun şekilde gerçekleştirilmiştir.



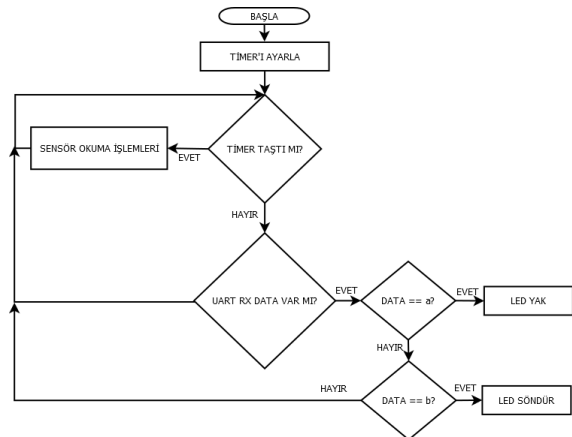
Şekil 11: Ağ geçidi kartı.

3. Yazılım

Bu bölümde donanım tasarımı verilen kısımların yazılım algoritmaları verilecektir. Ayrıca toplanan verilerin gönderildiği bulut sisteminden kısaca bahsedilecektir. Yazılımda sensör düğümü ve sensör ağ geçidi mikrodenetleyicilerinde C programlama dili kullanılmıştır. Derleyici olarak ta CCS C derleyicisi kullanılmıştır.

3.1. Sensör Düğümü Yazılım Algoritması

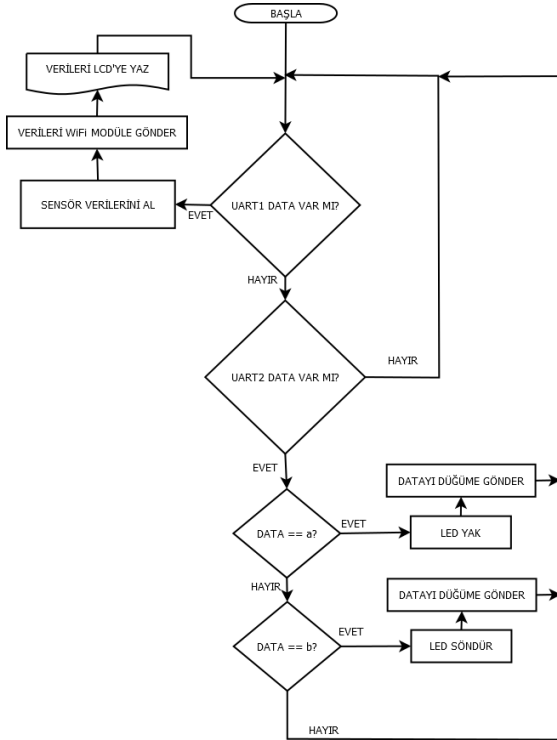
Sensör düğümü yazılımının algoritması akış diyagramı biçiminde Şekil 12'de verilmiştir. Sistemde hem sensör verilerini okuyup ağ geçidine göndermek, hem de ağ geçidinden gelecek olan bulut mesajları kontrol edebilmek için mikrodenetleyicinin zaman kesmeleri kullanılmıştır. Böylece mikrodenetleyici sadece UART RX verisini kontrol etmek durumundadır. Arka planda da mikrodenetleyici zaman kesmesi ile sensör verilerini okuyup ağ geçidine yollamaktadır.



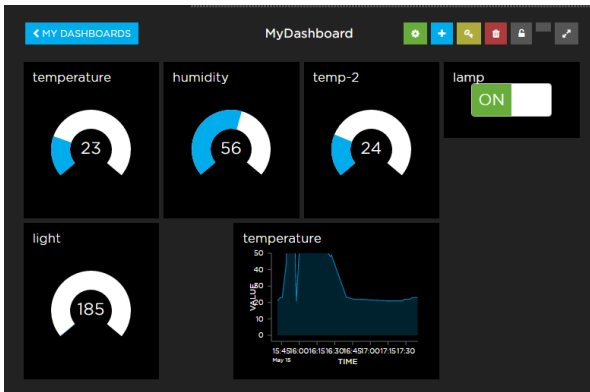
Şekil 12: Sensör düğümü yazılımının algoritması.

3.2. Sensör Ağ Geçidi Yazılımının Algoritması

Ağ geçidi yazılımının algoritması akış diyagramı biçiminde Şekil 13'te verilmiştir. Ağ geçidinde amaç sensör düğümünden gelen verileri alıp LCD de göstermek ve bu verileri Wi-Fi modülüne göndermektir. Ayrıca buluttan gelen mesajları alıp sensör düğümüne iletmek için UART2 modülünü de dinlenmelidir. Buradan gelen bilgiye göre LED yakıp gelen mesajı sensör düğümüne göndermelidir.



Şekil 13: Sensör ağ geçidi yazılımının algoritması.



Şekil 14: Sensör verilerinin bulut sistemindeki gösterimi.

3.3. Bulut Entegrasyonu

Sensörlerden toplanan verilerin gözlenebilmesi için Adafruit Industries şirketinin Adafruit IO bulut sistemi [8] kullanılmıştır. Bu bulut sistemi toplanan verilerin kullanıcıya görsel olarak sunulmasını sağlar. Bu sayede kullanıcı internet

bağlantısı olan herhangi bir yerden sensör verilerine ulaşabilecek ve sensör düğümüne müdahale edebilecektir. Bulut sistemine veriler IoT haberleşme protokolü olan MQTT kullanılarak gönderilmiştir. MQTT kütüphanesi Wi-Fi modülü içindeki mikrodenetleyicide çalıştırılmıştır. Gönderilen sensör verilerinin bulut sistemindeki görüntüsü Şekil 14'te verilmiştir.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada çeşitli sensörler içeren bir sensör düğümü ve sensör verilerini toplayıp bulut sistemine gönderecek bir ağ geçidi tasarlanmıştır. Sensör düğümü ZigBee protokolünü kullanan XBee modüllerini içermektedir. Bu şekilde topladığı verileri kablosuz olarak ağ geçidine gönderebilmektedir. Ağ geçidi XBee modülünün yanında internete bağlanabilmek için bir adet Wi-Fi modülü içermektedir. Sensör düğümü ve ağ geçidi donanımlarının baskılı devreleri gerçekleştirilmiştir. Ardından bu sistemler Adafruit IO bulut sistemine entegre edilmiştir. Sensörlerden toplanan veriler bulut sistemi üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca bulut sistemi üzerinden sensör düğümüne müdahalede bulunulup sensör düğümüne bağlı olan LED, röle gibi elektronik elemanlar kontrol edilmiştir. Bulut sistemi olarak Adafruit IO üzerinde testler yapıлып sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca Microsoft Azure, IBM Bluemix gibi sistemlere de entegre olunabilir.

5. Teşekkür

Yapılan çalışma Tübitak Bideb 2241-A Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir. Ayrıca Yıldızlı Projeler Yarışma 2016' da Mekanik, Mekatronik, Robotik ve Otomasyon dalında üçüncülük ödülü kazanmıştır.

6. Kaynaklar

- [1] Yüksel, M.E. ve Kırbas İ. & İbiloğlu R., "Kablosuz Algılayıcı Ağlar için Güç Tasarruflu Koordinatör", *Akademik Bilişim Konferansı*, 2016, Sayfa 25-28.
- [2] Dayıoğlu M. A., "Seralar için Bluetooth Tabanlı Kablosuz ölçüm sisteminin Tasarımı Prototip Geliştirme ve Uygulama", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, Cilt 9, Sayfa,117-125, 2013.
- [3] Özcan, Ö., "Kablosuz Sensör Ağları İçin PIC Tabanlı Sensör Düğümü Tasarımı", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [4] Nack, Fabian. "An Overview on Wireless Sensor Networks", *Institute of Computer Science (ICS) University*, 2010.
- [5] Boonsawat, V., Ekchamanonta, J., Bumrunghet, K., & Kittipiyakul, S. "XBee wireless sensor networks for temperature monitoring" *The Second Conference on Application Research and Development*, 2010.
- [6] Alliance, ZigBee, "Zigbee overview", 2004.
- [7] Gordon, A. W., "MQTT-S-A Publish/Subscribe Protocol for Wireless Sensor Networks", 2010.
- [8] Cooper J., Adafruit IO. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/adafruit-io/getting-started>