

6LoWPAN Kullanan Bir Algılayıcı Ağ Sistemi

A Wireless Sensor Network System Using 6LoWPAN

Bilal Demir¹, Gökhan Ayrancıoğlu², Cengiz Gezer², Necip Gözüağık²

¹Yazılım Mühendisliği – Teknoloji Fakültesi
Fırat Üniversitesi
bilalvdemir@gmail.com

²Netaş Telekomünikasyon A.Ş.
İstanbul, Türkiye
gokhana@netas.com.tr, cgezer@netas.com.tr, gozuacik@netas.com.tr

Özet

Kolay erişilebilen düşük maliyetli düğümler sayesinde nesnelerin İnterneti giderek daha çok ilgi duyulan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Tipik bir nesnelerin İnterneti uygulamasında, düğümler tarafından algılanan bilgiler genellikle daha merkezi cihazlara gönderilerek toplanır. Bu merkezi cihazlar diğer ağlara doğru ağgeçidi olarak davranabilir. Bu sayede veriler işlenerek gerekli görülen görevleri yerine getirmek üzere tetikleyiciler kontrol edilebilir. Bu tür ağlarda 6LoWPAN, RPL protokolü ile birlikte bir gerçekleyici teknoloji olarak kullanılabilir. Bu çalışmada, düğümlerde bulunan değişik algılayıcılardan gelen bilgiler, Contiki işletim sistemi kullanılarak bir 6LoWPAN ağı üzerinden toplanmıştır. 6LoWPAN ağımda düğümler algılayıcı verisi içeren UDP paketlerini bir UDP sunucuya göndermişler ve bu veriler düşük maliyetli bir hızlı prototipleme cihazının veritabanında depolanmıştır.

Abstract

Internet of Things is getting wide-spread attention since it became easily accessible with the low costs nodes. In a typical internet of things application, the data sensed by nodes is usually sent to a central device which collects the information and can act as a gateway towards other networks. In this way the data can be processed in order to command the actuators to perform special tasks. In such networks 6LoWPAN together with RPL protocol can be used as an enabler technology. In this study we implemented a 6LoWPAN network using Contiki operating system in order to collect information coming from different sensors residing in nodes and stored this information in a database to be accessed by Internet. In our 6LoWPAN network nodes send UDP packets to a UDP Server located in a low cost rapid prototyping device.

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler ile devasa boyutlarda olan bilgisayarlar küçülmüş, veri iletim hızı ve kapasitesi artmıştır. Bilgisayarlar ve internet ağları eğitimden sağlığa birçok alanda kullanılabilirlikte kritik işlevleri kısa süreler içerisinde gerçekleştirebilmektedir. İşlem gücü yüksek cihazların

küçülmesiyle fiziksel olayları gözlemleme imkanı sunacak, elde ettiği verileri işleyip iletebilme yeteneklerine sahip aygıtlardan oluşan bir yapı oluşturma fikri ortaya atılmıştır. Farklı ortamlarda ısı, sıcaklık, nem, basınç, gürültü düzeyi, hava kalitesi, titreşim vb. ölçümleri mevcut donanımları yardımı ile yapabilen çeşitli cihazları içeren kablosuz ağlara “Kablosuz Algılayıcı Ağı (Wireless Sensor Network WSN)”[1] denir.

Binlerce algılayıcı düğümünden oluşan bu ağlar, geniş alanlara yayılabilmektedir.[2] Buna olanak sağlayan örgü (mesh) network yapısıdır. Algılayıcı ağları olarak adlandırılan yapılar, insan müdahalesi olmaksızın üzerlerindeki donanımlar yardımı ile amaçlanan verileri elde edilebilmekte, dahili işlemcileri sayesinde işleyebilmekte ve alıcı/verici üniteleri ile belirlenen cihazlara bilgiyi gönderebilmektedir. Algılayıcılar günümüzde, sağlık, askeri, endüstriyel, güvenlik gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. [3]. Algılayıcı ağlarının enerji tüketimi minimize edilerek yıllarca dahili bataryaları üzerinden çalışabilmeleri sağlanmaktadır. Elde ettikleri verileri kablosuz olarak belirlenen cihazlara göndererek kablo karmaşasından uzak çalışabilen bu cihazların gelecekte her alanda faaliyet göstermesi beklenmektedir. Cisco tarafından yapılan bir araştırmaya [4] göre internete bağlanabilen nesnelerin sayısının 2015’de 25 milyar, 2020 yılında ise 50 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Birbiri ile etkileşime geçebilen milyarlarca cihaz önümüzdeki yıllarda birçok yaşamsal faaliyetin kontrolünü ve güvenliğini sağladığı görülecektir.

Bu bildiride ikinci bölümde kablosuz algılayıcı ağını oluşturmak üzere kullandığımız 6LoWPAN ve RPL’nin temel özelliklerinden bahsedildikten sonra üçüncü bölümde 6LoWPAN kullanarak gerçekleştirilmiş veri toplama sisteminin mimarisi ve bileşenleri anlatılmıştır. Bu mimaride çeşitli model Zolertia düğümleri üzerlerindeki algılayıcılardan topladıkları verileri UDP paketlerine çevirerek Raspberry Pi üzerindeki UDP sunucuya göndermektedirler. UDP sunucu aldığı verileri gönderen cihazların IPv6 adreslerini eşsiz belirleyici olarak kullanarak veri tabanına yazmaktadır. Dördüncü bölümde ise sistemin başarımını gözlemlemek üzere kullandığımız Wireshark ağ protokol analizörü ile elde ettiğimiz paketler ve gözlemlediğimiz paket hata oranı belirtilmiştir.

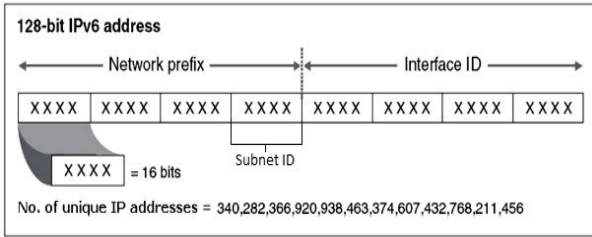
2. 6LoWPAN ve RPL

Kablosuz algılayıcı ağlarını oluştururken kullanılacak teknolojilerden birisi de 6LoWPAN'dır. 6LoWPAN fiziksel ve ortam erişim katmanlarında IEEE 802.15.4 standardı üzerine tanımlanmış bir adaptasyon katmanıdır. Algılayıcı ağlarında yeni nesil IPv6 kullanabilmek için gerekli adaptasyon bu katman aracılığıyla yapılır. RPL Protokolü ise algılayıcı düğümlerinin birbirleri arasındaki yolları örgü yapısında bulabilmeleri için geliştirilen yönlendirme protokolüdür.

2.1. IPv6

Gelişen teknolojiler, elektronik cihazların İnternet ağları aracılığı ile çeşitli hedeflerle etkileşime girmesi sağlanmaktadır. İnternet ağında bulunan cihazlar birbirleri ile direk olarak bağlantı gerçekleştirebilmek için benzersiz IP adreslerine sahip olmalıdırlar.

Milyarlarca benzersiz IP ihtiyacını karşılayabilmek için geliştirilen hexadecimal tabanda 128 bit adresleme yapan IPv6 İnternet Protokolü Versiyon 6, 2^{128} adet benzersiz adresleme desteklemektedir[5]. Şekil 1'de IPv6 adresleme yapısı gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 1: IPv6 Yapısı [6]

Yerel bir ağda benzersiz olarak IPv6 adresi elde etmek için ağ bağdaştırıcıların MAC adresleri kullanılmıştır. IPv6 adreslemesinde bulunan arayüz numarası (Interface ID), organizasyonların kendi yerel adres hiyerarşisini oluşturması içindir. EUI-64-bit metodu ile 48 bitlik MAC adresinin tam ortasına 16 bitlik FFFE değeri eklenerek eşsiz olarak otomatik hesaplanır. [7]

2.2. 6LoWPAN

6LoWPAN[8], IPv6 Over Low Power Wireless Personel Networks protokolü IEEE'nin 802.15.4[9] standartlarına uygun olarak çalışan birden fazla sayıda cihazın fiziksel dünyadaki cihazlarla (algılayıcı, tetikleyici vb.) iletişime geçebilmesi ve daha az enerji ile geniş yelpazeye yayılan veri tiplerini aralarında kullanabilmelerine olanak sağlayan bir iletişim protokolüdür.

6LoWPAN İletişim Protokolünün Avantajları;

- Kod ve belleğin minimum şekilde kullanımı
- Doğrudan uçtan uca (end-to-end) internet entegrasyonu
- Çoklu topoloji seçenekleri
- Uzun batarya ömrü (1000 güne kadar)

- Yüksek veri kapasitesi
- Orta mesafe kapsama alanı (75m)
- Düşük güç ve maliyet gereksinimi sağlar.

6LoWPAN protokolü katman yapısı Şekil 2'de verilmiştir.

UYGULAMA	CoAP	
TAŞIMA	UDP	
AĞ	IPv6	RPL
ADAPTASYON	6LoWPAN Adaptasyon	
MAC	IEEE 802.15.4	
FİZİKSEL	IEEE 802.15.4	

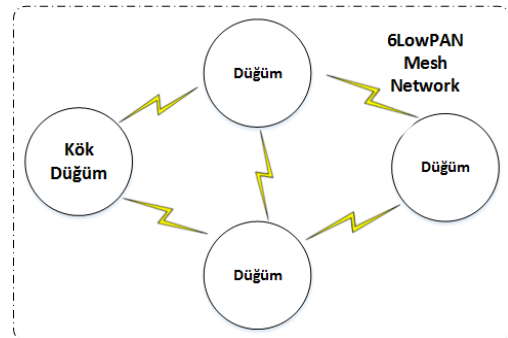
Şekil 2: 6LoWPAN Protokol Yapısı [10]

6LoWPAN Özellikleri;

- 16 ve 64 bitlik 802.15.4 adreslemeyi destekler
- Verimli header sıkıştırma (IPv6 tabanı sayesinde) "Komşu Keşif" metodu ile otomatik ağ konfigürasyonu
- Unicast, multicast ve broadcast desteği
- Fragmentasyon (1280 byte'lık IPv6 maksimum iletim birimini 127 byte'lık 802.15.4 çerçeveleri şeklinde parçalama)
- IP routing desteği
- Link katmanında mesh yapısı desteği (802.15.5)

2.3. RPL

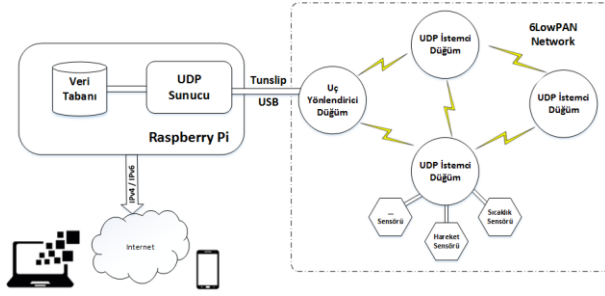
Çok atlamalı (multi-hop) ağ topolojilerinde sıklıkla oluşan hareketlilikler nedeniyle yönlendirme işlemleri zorlaşmaktadır. Bu soruna en etkili çözüm getiren, İnternet Engineering Task Force (IETF) tarafından geliştirilen RPL [12] (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks "Düşük Güç ve Kayıplı Ağlar Üzerinde Yönlendirme") IPv6 yönlendirme protokolüdür. Örgü yapısında bir kablosuz ağ yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Kablosuz Algılayıcı Ağı Örgü Yapısı

3. Veri Toplama Sistemi Mimarisi ve Bileşenleri

Bu bölümde sistemin genel mimarisi ve bileşenleri incelenecektir. Gerçekleştirilen sistemde farklı model düğümler kendi aralarında örgü ağ kurarak, algılayıcılar yardımıyla elde edilen verileri belirlenen formatlara çevirip UDP paketler halinde sunucuya iletmektedir. UDP sunucu, istemcilerden gelen paketleri dinlemekte ve gerekli kontroller ve işlemler tamamlandıktan sonra veri tabanına kaydetmektedir. Kullanıcıların isteklerine veya tasarlanacak sistemin gerekliliklerine göre ihtiyaç duyulan veriler, veri tabanından SQL sorguları ile çekilebilir, web ara yüzü vb. görsel platformlara veriler gönderilebilir. Sistemin genel şeması Şekil 4'te gösterilmiştir. Düğümler üzerinde Contiki işletim sistemi [19] kullanılmıştır. Contiki, nesnelerin İnterneti uygulamaları için geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir işletim sistemidir. Düşük maliyetli, düşük enerjili mikro işlemcileri internete bağlar ve karmaşık kablosuz sistemler kurmak için güçlü bir araçtır. Bu çalışmada Şekil 4'te gösterilen mimari gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.



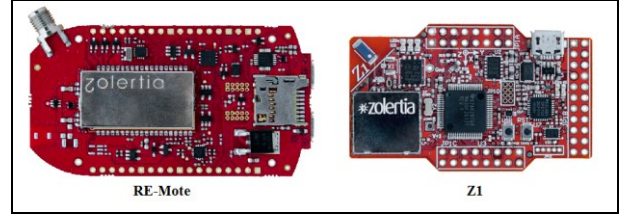
Şekil 4: Veri Toplama Sistemi Mimarisi

3.1. UDP İstemci Düğüm

UDP istemci düğüm üzerinde algılayıcıları bulunduran düğümdür. Bu düğüm sahip olduğu analog sayısal çevirici vasıtasıyla bağlanan algılayıcıların ürettikleri bilgileri örnekler daha sonra bu verilerden oluşturduğu paketi uç yönlendirici düğüme iletilerek Raspberry Pi üzerindeki UDP sunucuya ulaştırır. UDP istemci düğüm olarak Zolertia firması tarafından geliştirilen iki farklı tipteki cihaz (Re-Mote ve Z1) aynı anda beraber kullanılmıştır.

3.2. UDP İstemci Düğüm Donanımsal Özellikleri

Bu çalışmada, kullanılan düğümler 6LoWPAN standartlarına uygun, Zolertia [13] firmasının geliştirdiği Re-Mote ve Z1 gömülü sistem cihazlarıdır. Şekil 5'te Zolertia firmasının kullanılan cihazları gösterilmektedir.



Şekil 5: Zolertia Re-Mote / Z1 Gömülü Sistem Cihazı

Re-Mote ve Z1 gömülü sistem cihazlarının donanımsal özellikleri ve farkları Şekil 6'da ve Şekil 7'de listelenmiştir;

Platform	ROM	RAM	Frequency	Lowest current draw	# Radios	Maximum Radio Range
Z1	92KB	8KB	16MHz	3.5-18uA	1	10 mts(0dBi antenna, LOS)
RE-Mote	512KB	32KB	32MHz	150nA(shutdown mode)	2	20 Km (868/915MHz, LOS)

Şekil 6: Zolertia Z1/RE-Mote Donanımsal Özellikleri [14]

Platform	Z1	RE-Mote
Sensörler ve Donanımlar	TMP102 (sıcaklık), ADXL345 (ivmeölçer), voltage (iç voltaj)	CC2538 internal (işlemci sıcaklığı, voltaj)
Harici Hafıza	M25P16 (2MB)	MicroSD (8GB'a kadar)
Radio Arayüzü	2.4GHz	2.4GHz ve 868/915MHz
Butonlar	Kullanıcı ve Reset	Kullanıcı ve Reset
LED'ler	3 LED (Kırmızı,Yeşil,Mavi)	RGB LED (HTML Renkleri)
Hata Ayıklama/Programlama	Seri - USB çevirici	Seri - USB çevirici
Gerçek Zamanlı Süre Hesaplayıcı	Yok	Mevcut
Sürekli Harici Zamanlayıcı	Yok	Mevcut
USB 2.0	Yok	Mevcut
Çift Radio	Yok	Mevcut
Donanımsal Güvenlik Hızlandırıcı	Yok	Mevcut
Simülasyon Uygulaması	Cooja	Yok

Şekil 7 :Zolertia Z1/RE-Mote Algılayıcıları [15]

Uyku Modu (Sleep Mode): Sleep Mode sayesinde bataryadan sadece 150nA akım çekilerek çok daha uzun sürelerde dahili batarya ile çalışması sağlanmaktadır. Z1 cihazının çektiği en düşük akım ise 3,5 ile 18uA arasında değişmektedir.

Sub 1 GHz ve 2.4GHz Yayın: Zolertia Z1 cihazı 2.4 GHz frekansında yayın yapabilmektedir ve iç ortam kapsama alanı yaklaşık 30 m ile kısıtlıdır. Re-Mote cihazlarda ise 2.4GHz ve Sub1 GHz desteği bulunmaktadır.

Analog Sayısal Çevirici: Analog Sayısal Çevirici (ADC) , portlar üzerinden okunan analog sinyalleri, sayısal değerlere çeviren birimdir. Sistemde kullanılan sıcaklık ve batarya algılayıcıları sayısal veriler üretirken, hareket ve alev algılayıcıları ADC portlarından analog tipte bilgi göndermektedir.

Analog veri üreten algılayıcılardan gelen değerler I/O verisine çevrilirken sayısal veriler de direkt olarak kendi değerleriyle UDP paketi halinde sunucuya gönderilmektedir.

3.3. UDP İstemci Düğüm Algılayıcıları

Z1 ve Re-Mote düğümlerine çeşitli algılayıcılar bağlanabilir. Bu çalışma kapsamında sıcaklık, batarya, hareket ve alev algılayıcıları kullanılmıştır.

- **Sıcaklık Algılayıcısı:** Zolertia Z1 ve Re-Mote cihazlarında dahili olan sıcaklık algılayıcıları, Celsius tabanlı sıcaklık ölçüm verisi göndermektedir. Alınan bu veri onluk tabanda ve dijital veri formatındadır. Contiki kütüphaneleriyle birlikte sıcaklık verileri alınarak Celsius birimine dönüştürülmektedir.
- **Batarya Algılayıcısı:** Zolertia Z1 ve Re-Mote cihazlarındaki dahili bataryaların voltaj değerini sayısal olarak ölçebilen algılayıcıdır. Bu algılayıcıdan toplanan veriler kullanılarak, kritik seviyedeki bataryaların tespiti uzaktan kontrol mekanizmaları yapılabilir ve şarj sorunlarının giderilebilir.
- **Hareket Algılayıcısı:** Harici hareket algılayıcısı, mesafesi ayarlanabilir kızıl ötesi hareket algılayıcı mekanizması ile belirlenen alana odaklanıp, yaptığı ölçümlerden elde ettiği bilgiyi 1/0 (Hareket Var/Yok) olarak iletmektedir.
- **Alev Algılayıcı:** Alev ve parlama algılayıcısı ortamda oluşabilecek yüksek derecede parlama veya alev görülmesi durumlarında sayısal olarak veri gönderen harici algılayıcıdır. Yaptığı ölçümleri 1/0 (Var/Yok) biçiminde gönderir.

3.4. UDP Paket Biçimi

Bu çalışmada UDP istemciler, hareket, sıcaklık, alev ve batarya algılayıcılarından gelen verileri aynı anda toplamak tek bir paket içerisinde göndermek üzere programlanmıştır. Bu sayede 4 farklı algılayıcıdan gelen veriler tek bir düğüm üzerinden gönderilmektedir. UDP paketinin gönderilmesi için bütün algılayıcılardan veriler toplanır, aralarına “;” ayracı eklenir.

Birleştirilen paket içeriği UDP sunucu tarafında ayrıştırılarak işleme alınmaktadır. Şekil 10’da Uç Yönlendirici Düğüm üzerinden 5678 portu üzerinden gözlemlenen trafikte örnek UDP paketleri ve istemciye ait IPv6 bilgisi Şekil 8’de gösterilmiştir.

```

user@user-K55VJ ~/Desktop/SIMPLE_UDP_SERVER $ ./run
----- UDP SERVER -----
Islem: 5678 Port üzerinden yapılmaktadır..
INFO: Bind işlemi gerçekleştirildi..

0-----
Alınan veri: Tmp#33,3;Btr#3,640;AD1#0;AD3#100;Paket İçeriği
Client IP/Port : 2001:1234:dead:beed:212:4b00:616:1003 / 8765

1-----
Alınan veri: Tmp#33,3;Btr#3,624;AD1#0;AD3#100;
Client IP/Port : 2001:1234:dead:beed:212:4b00:616:1003 / 8765

```

Şekil 8 : Uç Yönlendirici Düğüm Üzerinden Geçen UDP Paketleri

3.5. Uç Yönlendirici Düğüm

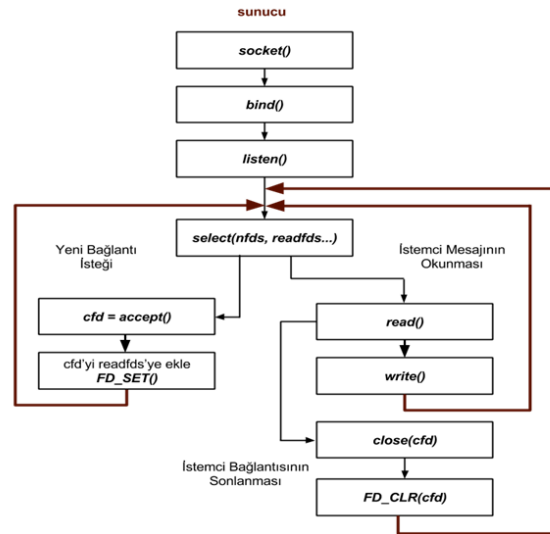
Uç yönlendirici düğüm 6LowPAN ağının kordinatörü rolündedir. Bu ağın oluşturulması ve diğer düğümlerin ilişkilendirilmelerinden sorumludur. RPL protokolünün bir parçası olan DIO paketlerinin gönderilmesi ve ağdaki

düğümlerden cevaben gelen DAO paketlerinin işlenmesi ve DIO/DAO paketleri yardımıyla örgü ağ yapısında yönlendirmenin kontrolü ile sorumludur. UDP istemci düğümler farklı kanallarda çalışabilmektedir. Bu yüzden uç yönlendirici düğüm ile ilişkilenebilmeleri için hem UDP istemci düğümler hem de uç yönlendirici düğüm aynı kanalda çalışır şekilde ayarlanmalıdır.

Uç yönlendirici düğüm, Raspberry Pi ile arasında tunslip6 yazılımı sayesinde bir tünel oluşturur. Bu sayede UDP sunucu, UDP istemci düğümlerinden oluşan 6LowPAN ağına doğrudan ulaşabilir.

3.6. UDP Sunucu

Geliştirmiş olduğumuz UDP sunucu IPv6 ve IPv4 destekli ve platform bağımsız olarak tüm UDP istemcilerinden gelebilecek mesajları dinleyebilir. Bizim çalışmamızda ise UDP paketlerini gönderen cihazlar 6LowPAN ağındaki UDP istemci düğümlerdir. UDP sunucu, paketleri dinleyebilmek için ilk olarak soket açar, bu sokete bağlanır (bind) ve dinlemeye (listen) başlar. Select sistem çağrısı sayesinde birçok istemciden gelen paketler dinlenebilmektedir. Çok sayıda istemci olmasına karşın UDP sunucu çoklu paket dinleyebilmekte ve bu sayede paket kaybının önüne geçilmektedir. “select” sistem çağrısı ile birlikte, tek bir işlev üzerinden birçok istemciye hizmet verilmektedir. Genel olarak “select” yapısının çalışma mantığı Şekil 9’daki diyagram üzerinden gösterilmiştir.



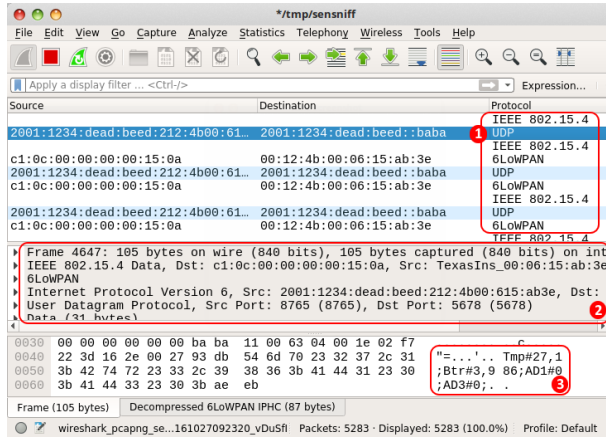
Şekil 9: select sistem çağrısı [20]

Select yapısı ile sistem bloke olmadan bir çok UDP istemcisini dinleyebilir hale gelmektedir.

Bir UDP paketinin tamamı alındıktan sonra 3.4. Bölümde bahsettiğimiz paket biçimini ayrıştırıcı işlev çağırılır böylece algılayıcı bilgileri okunur ve bu bilgiler veri tabanına ilgili benzersiz IP adresi belirleyici olacak şekilde yazılır. Gerçekleştirilen sistemde PostgreSQL veri tabanı kullanılmıştır.

4. Sistem Başarımı Değerlendirmesi

Re-Mote cihazı, düğümler arasındaki paket trafiğini izlemek amacıyla sniffer olarak yapılandırılmış Wireshark[21] ile beraber çalışabilir hale getirilmiştir. Şekil 14'te gösterilen paket trafiği gözlemlenmiştir. Şekilde, uygulamadaki 6LoWPAN ağındaki paket trafiği detaylı olarak Şekil 10'da gösterilmiştir. Bu incelemede şekil üzerindeki, (1) bir 6LoWPAN ağında yer alan protokoller (2) paket trafiğinin hedef ve kaynak cihazlarına ait IP ve MAC adresleri, paket içeriği uzunluğu gibi bilgiler ve (3) UDP mesajının algılayıcıların isim ve değerlerini barındıran içeriği gösterilmiştir.



Şekil 10: Wireshark Paket İzleri Arayüzü

Bu çalışmada ağ içerisinde Re-Mote ve Z1 cihazlarının uyumlu bir biçimde beraber çalışabildiği görülmüştür. Sistemde 5 düğüm ile yapılan testlerde her düğümden 1 saniye aralıklarla paketler gönderilmiştir. Ağ genelinde toplam paket hata oranının %1'in altında olduğu gözlemlenmiştir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, nesnelerin İnterneti ve makineler arası haberleşme sistemlerinde algılayıcı verilerini toplamak üzere kullanılabilecek 6LoWPAN ve RPL protokollerini kullanan bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem oluşturulurken algılayıcı düğümlerde Contiki işletim sistemi kullanılmış 6LoWPAN ve RPL yetenekleri düğümlere kazandırılmıştır. Zolertia firması tarafından geliştirilen Re-Mote ve Z1 isimli iki farklı düğüm aynı 6LoWPAN ağı içerisinde çalıştırılmış üzerlerindeki algılayıcılardan (sıcaklık, batarya, hareket, alev) topladıkları verileri UDP paketine çevirir ve istenilen hedefe gönderebilir hale getirilmiştir. Re-Mote ve Z1'in uyku modu ve analog sayısal çeviricisi'nin Contiki işletim sistemi üzerinden kontrolü ile UDP istemci özelliği geliştirdiğimiz kodda bir araya getirilmiştir. Ayrıca Re-Mote özelinde haberleşme frekansı band (sub-1Ghz yada 2.4 GHz) seçimi özelliği de kontrol edilebilir hale getirilmiştir. 6LoWPAN ağı uç yönlendirici düğüm vasıtasıyla Raspberry Pi üzerinden ulaşabileceğimiz bir tünele dönüşmüştür bu sayede UDP istemci düğümlerin IPv6 adresleri üzerinden kendilerine direk erişim sağlanabilmiştir. Diğer taraftan hızlı prototipleme cihazımız Raspberry Pi üzerinde bir UDP sunucu baştan yazılmıştır. Bu UDP sunucuda Linux sistem çağırısı select() kullanılarak birden çok bağlantıyı eşzamanlı kabul edebilir bir

yapı oluşturulmuştur. UDP istemci düğümlerden gelen veriler IPv6 adresleri benzersiz tanımlayıcı olarak kullanılarak algılayıcı verileri veri tabanına kaydedilmiştir. Raspberry Pi'da depolanan veriler çok çeşitli yöntemler (ör: SQL sorguları, RESTful mimari, v.b.) ile web üzerinde yada bulutta çalışan görselleştirme öğeleri kullanılarak tek bir noktadan ulaşılabilir hale getirilmiştir. Veri toplama sistemi çalışırken gözlemlenen paket hata oranı %1'in altındadır. Gelecek çalışmalarda UDP paketinin içerisine CoAP (Constrained Application Protocol) protokolünün eklenmesi hedeflenmektedir.

6. Bilgilendirme

Bu staj projesi çalışması süresince öğrenciye Netaş tarafından danışmanlık hizmeti verilmiş ve desteklenmiştir.

7. Kaynaklar

- [1] D. Miorandi, S. Sicari, F. D. Pellegrini, And I. Chlamtac, "Internet Of Things: Vision, Applications And Research Challenges," Ad Hoc Networks, Vol. 10, No. 7, Pp. 1497 – 1516, 2012.
- [2] Odtü Bilgisayar Topluluğu Elektronik Dergisi - Kablosuz Sensör Ağları <http://e-bergi.com/y/Kablosuz-Sensor-Aglari>
- [3] İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi (İaüd) Yıl 3, Sayı 12, Sayfa (51 - 68) Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Kullanılan Teknoloji Ve Protokoller Üzerine Bir İnceleme
- [4] D. Evans, "The Internet Of Things How The Next Evolution Of The Internet Is Changing Everything," Apr 2011, White Paper.
- [5] Jaewoo K., Jaiyong L., Jaeho K., Jaeseok Y., "M2M service platforms: Survey, issues, and enabling technologies", IEEE Communications Surveys & Tutorials, cilt 16 - 2014.
- [6] The Source for IPv6 Information, Training, Consulting & Hardware - IPv6 at Glance <http://ipv6.com/articles/applications/Using-RFID-and-IPv6.htm>
- [7] Mac Adresinden Ipv6 Adresinin Elde Edilmesi- https://tr.wikipedia.org/wiki/MAC_adresi
- [8] J. Hui and P. Thubert, "Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks", Sep. 2011.
- [9] "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 15.4: Low Rate Wireless Personal Area Networks," IEEE Std. 802.15.4-2011, 2011.
- [10] Improving Service Management in the Internet of Things - <http://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11888/html>
- [11] Uğurcan Kaşımış - 6LoWPAN Çalışması <https://prezi.com/atvxmhvzoboa/6lowpan/>
- [12] T. Winter, P. Thubert, A. Brandt, J. Hui, R. Kelsey, P. Levis, "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks," RFC 6550 (Proposed Standard), IETF, Mar. 2012.
- [13] Zolertia TM About - <http://zolertia.io/>
- [14] Zolertia Online Resources and documentation <https://github.com/Zolertia/Resources/wiki#the-z1-mote>
- [15] Zolertia Online Resources and documentation <https://github.com/Zolertia/Resources/wiki#the-z1-mote>
- [19] Contiki: The Open Source OS for the Internet of Things - <http://www.contiki-os.org/>
- [20] Linux Sistem Programlama, Birden Çok İstemciyle Çalışma, Murat Demirten <https://demirten.gitbooks.io/linux-sistem-programlama/content/sockets/concurrent.html>
- [21] Wireshark Documentation <https://www.wireshark.org/docs/>